

**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE GUAYAQUIL**

CARRERA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA

**TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIA A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE:
INGENIERO ELECTRÓNICO**

**PROYECTO TÉCNICO:
DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN MÓDULO DIDÁCTICO PARA
PRÁCTICAS DE RED PROFIBUS Y PROFINET CON PLCs S71500
APLICADO A MOTORES TRIFÁSICOS**

**AUTORES:
ISAAC LUIGGI CEVALLOS POLO
DAYSILVANA SANTO PROAÑO**

**TUTOR:
ING. VÍCTOR LARCO TORRES MSc.**

**GUAYAQUIL - ECUADOR
2020**

CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA

Nosotros, Cevallos Polo Isaac Luiggi con cédula de identidad N°.0915448468 y Santo Proaño Daysi Silvana con cédula de identidad N°.0988958961, declaramos que este trabajo de titulación “DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN MÓDULO DIDÁCTICO PARA PRÁCTICAS DE RED PROFIBUS Y PROFINET CON PLCS S71500 APLICADO A MOTORES TRIFÁSICOS” ha sido implementado bajo los conceptos, análisis y conclusiones considerando los métodos de investigación, así como también el respeto a los derechos intelectuales a terceros, son de exclusiva responsabilidad de los autores; y la propiedad intelectual de la UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA.

Guayaquil, octubre del 2020



Cevallos Polo Isaac Luiggi
CI: 0915448468



Santo Proaño Daysi Silvana
CI: 0988958961

CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHO

Nosotros, Cevallos Polo Isaac Luiggi con cédula de identidad N°.0915448468 y Santo Proaño Daysi Silvana con cédula de identidad N°.0988958961, manifestamos nuestra voluntad de ceder la titularidad sobre los derechos patrimoniales de este trabajo de titulación "DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN MÓDULO DIDÁCTICO PARA PRÁCTICAS DE RED PROFIBUS Y PROFINET CON PLCS S71500 APLICADO A MOTORES TRIFÁSICOS" a la UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA según lo establecido por la ley de la propiedad intelectual y por la normativa institucional vigente.

Guayaquil, octubre del 2020



Cevallos Polo Isaac Luiggi

CI: 0915448468



Santo Proaño Daysi Silvana

CI: 0988958961

CI: 0988958961

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DE TRABAJO DE TITULACIÓN

Por medio de la presente declaro que bajo mi dirección y asesoría fue desarrollado este trabajo de titulación “DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN MÓDULO DIDÁCTICO PARA PRÁCTICAS DE RED PROFIBUS Y PROFINET CON PLCS S71500 APLICADO A MOTORES TRIFÁSICOS” realizado por los estudiantes CEVALLOS POLO ISAAC LUIGGI con cédula de identidad N°.0915448468 y SANTO PROAÑO DAYSI SILVANA con cédula de identidad N°.0988958961, el mismo que cumple con los objetivos del diseño de aprobación y todos los requisitos pertinentes.

Guayaquil, octubre del 2020



Ing. Víctor David Larco Torres, MSc.

Tutor

DEDICATORIA

Dedico este proyecto de titulación a Dios y a mi hermosa familia que siempre ha estado ahí alentándome para alcanzar esta meta. Incentivándome cada vez q perdí de vista este objetivo.

Se lo dedico a mi amado hijo que es mi principal motor para culminar mi carrera y conseguir este y cualquier nuevo logro ya sea en mi vida profesional o personal. A todos los buenos amigos que con sus palabras supieron alentarme para dar un paso más de superación.

Isaac Luiggi Cevallos Polo.

Le dedico este proyecto de titulación en primer lugar a Dios por haberme dado salud, determinación para llegar hasta este punto y lograr mis objetivos, de la misma manera por su infinito amor estando conmigo siempre.

A mis padres por ser mi pilar y fuente de apoyo tanto económico como emocional, haciendo posible que siga escalando y logrando cumplir mis objetivos.

A mis hermanos, tíos, primos y amigos por brindarme sus mejores deseos e impulsarme a ser constante y disciplinada en todas mis metas.

Daysi Silvana Santo Proaño

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por todos estos años de vida. A mi madre que siempre estuvo a mi lado apoyándome para alcanzar este logro, dándome su cariño y todo lo mejor de su ser. A mi padre que hace muchos años tuvo que partir lejos a buscar un mejor futuro para nosotros, sacrificando cosas muy importantes y sobre todo a sí mismo. A mi amada esposa que en todo momento me impulso y motivo para la obtención de esta anhelada meta. A mi hijo que desde que llego a mi vida ha sido la luz que me ayuda para continuar siempre adelante por desconocido que sea el camino. A mis abuelos que siempre me quisieron como a un hijo más. A mis amigos que siempre me incitaron a continuar adelante y no quedarme en el camino. A mi compañera Daysi que está alcanzando esta meta conmigo y a pesar de apenas conocerla ha demostrado ser excelente ser humano.

Isaac Luiggi Cevallos Polo.

En primer lugar, agradezco a Dios por darme salud y bendecirme con la dicha de la fortaleza durante todo este proceso, en segundo lugar, a mis padres por haberme educado con buenos valores y principios los cuales me han servido para mantenerme firme y constante en cada logro que se ha presentado durante toda la carrera y mis años de estudio.

Agradezco a los docentes de esta universidad por haberme impartido sus conocimientos a lo largo de toda la preparación de nuestra carrera, a mi compañero de este proyecto Luiggi Cevallos por mantenerse pendiente y constante durante todo el proceso, agradezco de manera especial y significativa a los ingenieros David Larco y Cesar Cáceres por ser quienes han estado con nosotros guiándonos con paciencia y disciplina lo cual ha sido valioso para culminar este proyecto.

Daysi Silvana Santo Proaño

RESUMEN

AÑO	ALUMNOS	TUTOR DEL PROYECTO	TEMA DEL PROYECTO
2020	Cevallos Polo, Isaac Luiggi Santo Proaño, Daysi Silvana	Ing. Víctor David Larco Torres MSc.	“Diseño e implementación de un módulo didáctico para prácticas de red PROFIBUS y PROFINET con PLC S71500 aplicado a motores trifásicos”.

Actualmente la tecnología en la automatización de la industria y su rápida evolución nos ha exigido cambiar y adaptarnos para así obtener los más altos resultados en los procesos que se estén desarrollando.

Este proyecto consiste en un módulo didáctico para prácticas de red PROFIBUS y PROFINET con el PLC S71500, el cual va a facilitar constantemente el proceso de aprendizaje optimizando así el uso de mejoras tecnológicas en automatización industrial.

El módulo aparte de incluir el PLC S71500 incluye un motor trifásico y un variador de velocidad E.S.C., mediante estos elementos se logra poner en práctica la teoría que el estudiante conoce acerca de los protocolos de comunicación PROFIBUS Y PROFINET.

Como parte del aprendizaje el proyecto incluye un banco de diez prácticas propuestas para uso integral del módulo y su implementación.

ABSTRACT

YEAR	STUDENTS	PROJECT TUTOR	PROJECT THEME
2020	Cevallos Polo, Isaac Luigi Santo Proaño, Daysi Silvana	Ing. Víctor David Larco Torres MSc.	"Design and implementation of a didactic module for PROFIBUS and PROFINET network practices with s71500 PLCS applied to three-phase motors"

Nowadays, the technology in the automation of the industry and its rapid evolution has required us to change and adapt to obtain the highest results in the processes that are being developed.

This project consists of a didactic module for PROFIBUS and PROFINET network practices with the S71500 PLC, which will constantly facilitate the learning process thus optimizing the use of technological improvements in industrial automation.

The module apart from including the S71500 PLC includes a three-phase motor and an E.S.C. variable speed drive, through these elements the theory that the student knows about the PROFIBUS and PROFINET communication protocols is put into practice.

As part of the learning the project includes a bank of ten practices proposed for integral use of the module and its implementation.

ÍNDICE GENERAL

CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA	II
CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHO	III
CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DE TRABAJO DE TITULACIÓN.....	IV
DEDICATORIA	V
AGRADECIMIENTO	VI
RESUMEN	VII
ABSTRACT	VIII
ÍNDICE DE FIGURAS.....	XII
INTRODUCCIÓN	1
1. EL PROBLEMA	2
1.1. Planteamiento del problema	2
1.2. Antecedentes	2
1.3. Importancia y alcance	3
1.4. Delimitación del problema.....	3
1.4.1. Delimitación espacial	3
1.4.2. Delimitación temporal	4
1.4.3. Delimitación académica	4
1.5. Objetivos	4
1.5.1. Objetivo general.....	4
1.5.2. Objetivos específicos	4
2. MARCO TEÓRICO	5
2.1. Introducción a las redes industriales.....	5
2.2. Protocolo PROFIBUS (Process Field Bus)	6
2.2.1. Tipos de PROFIBUS.....	6
2.2.1.1. PROFIBUS DP (<i>Decentralized Periphery</i>).....	7
2.2.1.2. PROFIBUS FMS (<i>Fieldbus Message Specification</i>)	7
2.2.1.3. PROFIBUS PA (<i>Process Automation</i>).....	7
2.3. Protocolo PROFINET (Process Field Network).....	8
2.3.1. Canales de comunicación PROFINET	9

2.3.2.	Protocolos PROFINET	10
2.4.	Elementos que conforman el módulo didáctico.....	10
2.4.1.	PLC.....	10
2.4.2.	PLC S7-1500	11
2.4.2.1.	Power Supply Module S7-1500	12
2.4.2.2.	CPU.....	12
2.4.2.3.	Módulos de periferia E/S	13
2.4.3.	Human-Machine Interface(HMI).....	14
2.4.3.1.	Panel HMI KTP700.....	14
2.4.4.	Industrial Ethernet Switches SIMATIC NET.....	15
2.4.4.1.	SCALANCE XB005 Industrial Ethernet Switch	15
2.4.5.	Variador de frecuencia(VFD)	15
2.4.5.1.	Variador SINAMICS V20	16
2.4.5.2.	Variador SINAMICS G120.....	16
2.4.6.	Motor trifásico	17
2.4.6.1.	Motor ABB Trifásico M2QA.....	17
3.	MARCO METODOLÓGICO.....	19
3.1.	LÁMINAS DE MONTAJE	19
3.1.1.	Lámina de PLC S7-1500.....	19
3.1.2.	Lámina de Distribución.....	20
3.1.3.	Lámina de Fuente de Alimentación.....	20
3.1.4.	Lámina de Mando y Señalización	21
3.1.5.	Lámina de Variador de Frecuencia V20.....	22
3.1.6.	Lámina de Relés de Interfaz	22
3.1.7.	Lámina de Medidores Digitales.....	23
3.1.8.	Lámina de Panel HMI.....	24
3.2.	Arquitectura de red.....	24
4.	RESULTADOS	27
4.1.	Práctica#1: Control ON/OFF de salidas digitales utilizando Set-Reset.	27
4.2.	Práctica#2: Lecturas de entradas analógicas con funciones de normalizar y escalar.....	28

4.3. Práctica#3: Control de salidas mediante el uso de contadores y comparadores.....	29
4.4. Práctica#4: Simulación de dos semáforos con 6 salidas físicas digitales utilizando un controlador S7-1500.....	30
4.5. Práctica#5: Control secuencial de un motor a través de un variador de frecuencia.....	31
4.6. Práctica#6: Control PID de velocidad mediante panel de operador y s7-1500.....	32
4.7. Práctica#7: Control de variador Sinamics G120 a través de Profinet.....	33
4.8. Práctica#8: Control de variador ABB ACS3555 a través de Profibus.....	34
4.9. Práctica#9: Monitoreo de parámetros de variador ABB ACS3555 a través de PROFIBUS.....	35
4.10. Práctica#10: Implementación de sistema SCADA utilizando WinCC RT Advanced.....	36
5. ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	37
5.1. Diseño estructural y láminas didácticas en formato CAD.....	37
5.2. Montaje de equipos de automatización en láminas didácticas....	38
5.3. Pruebas de funcionamiento de equipos de automatización.....	39
5.4. Manual de prácticas didácticas.....	40
CONCLUSIONES.....	41
RECOMENDACIONES.....	42
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	43
ANEXOS.....	45
ANEXO1: Solución propuesta de la práctica#1.....	45
ANEXO2: Solución propuesta de la práctica#2.....	50
ANEXO3: Solución propuesta de la práctica#3.....	54
ANEXO4: Solución propuesta de la práctica#4.....	61
ANEXO5: Solución propuesta de la práctica#5.....	68
ANEXO6: Solución propuesta de la práctica#6.....	77
ANEXO7: Solución propuesta de la práctica#7.....	85
ANEXO8: Solución propuesta de la práctica#8.....	95
ANEXO9: Solución propuesta de la práctica#9.....	104
ANEXO10: Solución propuesta de la práctica#10.....	110

ANEXO11: Tabla Global de variables utilizadas en el HMI	125
ANEXO12: Tabla Global de variables utilizadas en el PLC	126

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación de la implementación	3
Figura 2. Pirámide de automatización.....	5
Figura 3. Tipos de red PROFIBUS	6
Figura 4. Ejemplo de PROFINET.....	8
Figura 5. Modelo OSI con los diferentes canales en PROFINET.....	9
Figura 6. Configuración básica de un PLC S7-1500	11
Figura 7. Fuente de poder para S7-1500	12
Figura 8. Unidad Central de Proceso S7-1500.....	12
Figura 9. Interconexión de módulos de entrada salida	13
Figura 10. Panel de operador táctil KTP700.....	14
Figura 11. Switch Industrial de 5puertos	15
Figura 12. Variador de frecuencia V20	16
Figura 13. Variador de frecuencia G120.....	16
Figura 14. Motor trifásico ABB	17
Figura 15. Autómata Industrial, conmutador y conexiones de red	19
Figura 16. Protección y distribución de voltaje AC.....	20
Figura 17. Fuentes de corriente continua.....	21
Figura 18. Elementos de entradas y salidas	21
Figura 19. Variador de frecuencia SINAMIC V20	22
Figura 20. Relés de interfaz y conexiones	23
Figura 21. Medidores de voltaje y corriente.....	23
Figura 22. Panel de operador KTP700	24
Figura 23. Arquitectura de red utilizada.....	25
Figura 24. Vista topológica de la red PROFINET	25
Figura 25. Comunicación de dispositivos en red.....	26
Figura 26. Vista isométrica del módulo.....	37
Figura 27. Montaje de láminas en el módulo.....	38
Figura 28. Pruebas iniciales de conexión.....	38
Figura 29. Pruebas de variador de frecuencia.....	39

Figura 30. Distribución de voltaje AC y cableado de motor.....	39
Figura 31. Arquitectura de red – Práctica#1	45
Figura 32. Bloque de función P1.....	45
Figura 33. Variables de bloque de función P1.....	46
Figura 34. Segmento 1 - P1.....	46
Figura 35. Segmentos 2 y 3 - P1	47
Figura 36. Segmento 4 - P1.....	48
Figura 37. Segmento1 – Bloque principal	48
Figura 38. Interfaz humano-máquina – práctica#1	48
Figura 39. Indicador de encendido – P1.....	49
Figura 40. Indicador de salida digital1 – P1.....	49
Figura 41. Arquitectura de red – Práctica#2	50
Figura 42. Bloque de función P2.....	50
Figura 43. Variables de bloque de función P2.....	51
Figura 44. Segmentos1 y 2 – P2	51
Figura 45. Segmento2 – Bloque principal	52
Figura 46. Interfaz humano-máquina – práctica#2	52
Figura 47. Indicador de encendido – P2.....	53
Figura 48. Indicador analógico tipo “slider” – P2.....	53
Figura 49. Arquitectura de red – Práctica#3	54
Figura 50. Bloque de función P3.....	54
Figura 51. Variables de bloque de función P3.....	55
Figura 52. Segmento 1 y 2 – P3	55
Figura 53. Segmento 3 y 4 – P3	56
Figura 54. Segmento 4 y 5 – P3	57
Figura 55. Segmento3 – Bloque principal	58
Figura 56. Interfaz humano-máquina – práctica#3	58
Figura 57. Indicador de encendido – P3.....	59
Figura 58. Indicador1 de dirección para encendido de luces piloto – P3.....	59
Figura 59. Indicador2 de dirección para encendido de luces piloto – P3.....	60
Figura 60. Indicador de la primera salida digital – P3.	60
Figura 61. Arquitectura de red – Práctica#4	61
Figura 62. Bloque de función P4.....	61
Figura 63. Variables de bloque de función P4.....	62

Figura 64. Segmento 1, 2 y 3 – P4.....	62
Figura 65. Segmento 4 – P4.....	63
Figura 66. Segmento4 – Bloque principal	64
Figura 67. Interfaz humano-máquina – práctica#4	64
Figura 68. Indicador de encendido – P4.....	65
Figura 69. Configuración de luz roja para semáforo1 – P4.....	65
Figura 70. Configuración de luz amarilla para semáforo1 – P4.....	66
Figura 71. Configuración de luz verde para semáforo1 – P4.....	66
Figura 72. Configuración de luz roja para semáforo2 – P4.....	67
Figura 73. Configuración de luz amarilla para semáforo2 – P4.....	67
Figura 74. Configuración de luz verde para semáforo2 – P4.....	68
Figura 75. Arquitectura de red – Práctica#5	69
Figura 76. Bloque de función P5.....	69
Figura 77. Variables de bloque de función P1	70
Figura 78. Segmento 1 – P5.....	70
Figura 79. Segmento 2 y 3 – P5	71
Figura 80. Segmento 3 y 4 – P5	72
Figura 81. Segmento5 – Bloque principal	73
Figura 82. Interfaz humano-máquina – práctica#5	73
Figura 83. Indicador de encendido – P5.....	74
Figura 84. Evento pulsar en el botón de marcha – P5.....	74
Figura 85. Evento pulsar en el botón de paro – P5.	74
Figura 86. Selector de modo Manual/Secuencial – P5.....	75
Figura 87. Campo de entrada/salida para fijar la frecuencia deseada – P5.....	75
Figura 88. Campo de salida para frecuencia aplicada al variador – P5.....	76
Figura 89. Parámetros para variador V20 – P5.....	76
Figura 90. Arquitectura de red – Práctica#6	77
Figura 91. Bloque de función P6.....	78
Figura 92. Variables de bloque de función P6.....	78
Figura 93. Segmento 1, 2 y 3 – P6.....	79
Figura 94. Segmento 4 – P6.....	80
Figura 95. Bloque PID_Compact – P6.....	80
Figura 96. Configuración de bloque PID_Compact – P6.....	80
Figura 97. Ajuste de controlador PID – P6.....	81

Figura 98. Prueba de control PID con varias frecuencias – P6.....	81
Figura 99. Segmento6 – Bloque principal	82
Figura 100. Interfaz humano-máquina – práctica#6	82
Figura 101. Indicador de encendido – P6.....	83
Figura 102. Evento pulsar en el botón de marcha – P6.....	83
Figura 103. Evento pulsar en el botón de paro – P6	83
Figura 104. Visor de curva para frecuencias – P6.....	84
Figura 105. Campo de entrada/salida para fijar la frecuencia – P6	84
Figura 106. Campo de salida para frecuencia aplicada al motor – P6.....	85
Figura 107. Direccionamiento PROFINET IO – P7.....	86
Figura 108. Arquitectura de red – Práctica#7	86
Figura 109. Bloque de función P7	86
Figura 110. Parametrización de variador G120 (1) – P7	87
Figura 111. Parametrización de variador G120 (2) – P7	87
Figura 112. Parametrización de variador G120 (3) – P7	87
Figura 113. Bloque de función P7	88
Figura 114. Variables de bloque de función P7.....	88
Figura 115. Segmento 1, 2 y 3 – P7.....	89
Figura 116. Segmento 4, 5 y 6 – P7.....	90
Figura 117. Segmento 7, 8 y 9 – P7.....	91
Figura 118. Segmento7 – Bloque principal	91
Figura 119. Interfaz humano-máquina – práctica#7	92
Figura 120. Indicador de encendido – P7.....	92
Figura 121. Indicador de comunicación – P7.....	92
Figura 122. Evento pulsar en el botón de marcha – P7.....	93
Figura 123. Evento pulsar en el botón de paro – P7	93
Figura 124. Visor de curva para frecuencias – P7.....	93
Figura 125. Campo de entrada/salida para fijar la frecuencia – P7	94
Figura 126. Campo de salida para frecuencia aplicada al motor – P7	94
Figura 127. Direccionamiento PROFIBUS DP – P8.....	95
Figura 128. Arquitectura de red – Práctica#8	95
Figura 129. Archivos GSD para comunicación – P8	96
Figura 130. Librerías para comunicación – P8.....	96
Figura 131. Bloque de función P8	97

Figura 132. Variables de bloque de función P8.	97
Figura 133. Segmento 1 y 2 – P8.	98
Figura 134. Segmento 3, 4 y 5 – P8.	99
Figura 135. Segmento8 – Bloque principal	100
Figura 136. Parámetros de variador ACS355 – P8	100
Figura 137. Interfaz humano-máquina – práctica#8	100
Figura 138. Indicador de encendido – P8.	101
Figura 139. Indicador de error – P8.	101
Figura 140. Evento pulsar en el botón de marcha – P8.	101
Figura 141. Evento pulsar en el botón de paro – P8	102
Figura 142. Visor de curva para frecuencias – P8.	102
Figura 143. Campo de salida para frecuencia aplicada al motor – P8.	102
Figura 144. Campo de entrada/salida para fijar la frecuencia – P8	103
Figura 145. Arquitectura de red – Práctica#9	104
Figura 146. Ubicación de librerías para comunicación – P9.	104
Figura 147. Segmento9 – Bloque principal	105
Figura 148. Parametrización del variador – P9	105
Figura 149. Interfaz humano-máquina – práctica#9	105
Figura 150. Indicador de encendido – P9.	106
Figura 151. Indicador de error – P9.	106
Figura 152. Evento pulsar en el botón de marcha – P9.	106
Figura 153. Evento pulsar en el botón de paro – P9	107
Figura 154. Visor de curva para frecuencias – P9.	107
Figura 155. Campo de entrada/salida para fijar la frecuencia – P9	108
Figura 156. Campo de salida para frecuencia aplicada al motor – P9.	108
Figura 157. Campo de salida para intensidad de corriente – P9.	109
Figura 158. Campo de salida para torque estimado – P9	109
Figura 159. Campo de salida para voltaje DC en el bus – P9	109
Figura 160. Configuración de recetas (1) – P10	110
Figura 161. Configuración de recetas (2) – P10	111
Figura 162. Configuración de alarmas – P10	111
Figura 163. Arquitectura de red – Práctica#10.	111
Figura 164. Bloque de función P10.	112
Figura 165. Variables de bloque de función P10.	112

Figura 166. Segmento 1, 2 y 3 – P10.	113
Figura 167. Segmento 4, 5 y 6 – P10.	114
Figura 168. Segmento 7, 8, 9 y 10 – P10.....	115
Figura 169. Segmento10 – Bloque principal.....	116
Figura 170. Configuración de red para SCADA – P10.....	116
Figura 171. SCADA Pantalla (1) – P10.....	117
Figura 172. SCADA Pantalla (2) – P10.....	117
Figura 173. Configuración de marcha y paro – P10.....	118
Figura 174. Configuración de botón de reinicio – P10.....	118
Figura 175. Configuración de barra indicadora de tiempo – P10.....	118
Figura 176. Alarmas por bit y analógicas – P10.....	119
Figura 177. Visor de alarmas – P10.....	119
Figura 178. Configuración de visor de recetas – P10.....	119
Figura 179. Visor de recetas – P10.....	120
Figura 180. Indicador de frecuencia del motor de la bomba1 – P10.....	120
Figura 181. Indicador de frecuencia del motor de la bomba2 – P10.....	121
Figura 182. Indicador de frecuencia del motor de la bomba3 – P10.....	121
Figura 183. Indicador de flujo en tubería principal – P10.....	121
Figura 184. Indicador de nivel de tanque1 (AI3) – P10.....	122
Figura 185. Indicador de nivel de tanque2 (AI4) – P10.....	122
Figura 186. Indicador de nivel de tanque3 (AI5) – P10.....	123
Figura 187. Indicador de falla de comunicación SINAMIC G120 – P10.....	123
Figura 188. Indicador de falla de comunicación SINAMIC ACS355 – P10.....	124
Figura 189. Tabla de variables HMI.....	125
Figura 190. Tabla de variables PLC (1).....	126
Figura 191. Tabla de variables PLC (2).....	127
Figura 192. Tabla de variables SCADA.....	127

INTRODUCCIÓN

Dentro de los objetivos del proyecto está la puesta en práctica y comprensión por parte del estudiante de la programación, comunicación, protocolos y rango de acción del PLC sobre los actuadores de los que dispone el módulo.

El proyecto consiste en un módulo didáctico para prácticas de red PROFIBUS y PROFINET. Como punto más importante este módulo se tiene el PLC S71500 acompañado una pantalla táctil KTP700, además de un variador de velocidad SINAMICS G120, un motor ½ HP y adicionalmente los elementos de monitoreo y control como son pulsadores y luces indicadoras.

Luego de la introducción se abordan temas preliminares que conllevaron a la creación de este módulo, entre los más destacados el planteamiento del problema, metodologías, técnicas, impacto del proyecto en el desarrollo del laboratorio y aprendizaje de los estudiantes, entre otros puntos de importancia.

Después de estos temas preliminares se expone el marco teórico donde se detallan los conceptos generales, descripciones y características de todos los elementos que se utilizaron durante la realización del proyecto.

Posteriormente se desarrollan las prácticas propuestas para el módulo, lo cual es uno de los puntos más importantes ya que en base a estas prácticas se obtienen las conclusiones para varios escenarios posibles en los que puede trabajar el PLC y demás componentes.

Para finalizar vienen las conclusiones y recomendaciones obtenidas al finalizar la construcción del módulo como tal y del desarrollo de las diez prácticas propuestas.

1. EL PROBLEMA

1.1. Planteamiento del problema

El constante avance de tecnologías se ha derivado en aumentar e innovar los recursos necesarios para satisfacer a los nuevos estudiantes en el aprendizaje de tal forma que este sea óptimo beneficiando a los mismos.

Una condición necesaria es incrementar los recursos en los respectivos laboratorios de la Carrera Ingeniería Electrónica para que se utilice y se genere nuevas experiencias concretas, vivenciales en el ámbito académico y profesional.

El exceso de estudiantes en un curso de autómatas programables y redes industriales en la carrera de Ingeniería Electrónica podría generar una práctica poco frecuente que atenuaría la capacidad de diseñar soluciones de automatización en el campo profesional.

1.2. Antecedentes

Con los avances que se han dado dentro del sector de la industrialización y su aumento para satisfacer la cada vez mayor demanda del ser humano, se ha evidenciado que la Automatización Industrial es el factor determinante en esta tarea.

Como parte integral en la formación de los profesionales de la industria, es necesario para los estudiantes conocer de estas nuevas tecnologías. Para aumentar las opciones en el diseño de soluciones integrales de automatización se plantea este proyecto para profundizar en los controladores lógicos programables de alta gama, S7-1500, en el diseño de interfaces humano-máquina y la interacción con motores trifásicos a través de variadores de frecuencia.

1.3. Importancia y alcance

Debido a los continuos cambios en la llamada cuarta revolución industrial, los centros educativos y universidades se han visto en la obligación de incluir como parte fundamental el control y la automatización de los procesos industriales.

Adicionalmente el creciente uso de accesos remotos y la gestión de datos por medio de interfaces y protocolos globales que permiten que todo este interconectado ha sido determinante para la creación de este módulo.

Mediante este proyecto de titulación se implantó un módulo didáctico con diez prácticas establecidas para que el que estudiante conozca a fondo estos sistemas industriales de automatización.

1.4. Delimitación del problema

1.4.1. Delimitación espacial

Como se muestra en la Figura 1 el proyecto tiene como escenario el Laboratorio de Automatización Industrial ubicado en el tercer piso del bloque E de la Universidad Politécnica Salesiana sede Guayaquil, en el mismo se encuentran los doce módulos para prácticas estudiantiles.

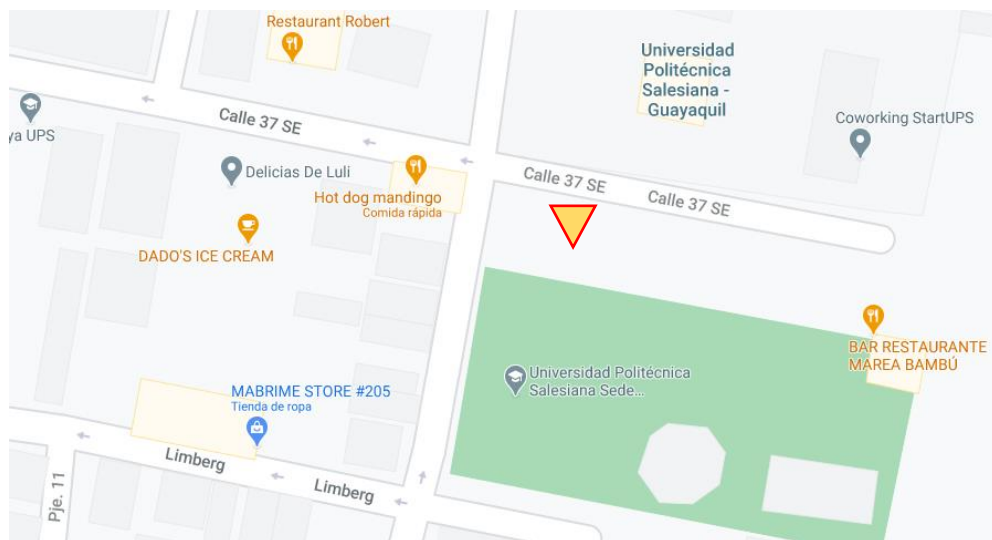


Figura 1. Ubicación de la implementación [1]

1.4.2. Delimitación temporal

El proyecto fue planificado para ser realizado en 6 meses.

1.4.3. Delimitación académica

El proyecto desarrollado tiene como alcance beneficiar en el ámbito académico de los estudiantes de la Carrera de Electrónica de la Universidad Politécnica Salesiana Sede Guayaquil, poniendo en práctica todos los conocimientos adquiridos previamente en la teoría, en especial los recursos que existen en una Red PROFIBUS y PROFINET utilizando para eso el PLC S71500 y sus módulos de comunicación.

La finalidad de este proyecto de titulación es contribuir a diseñar e implementar una herramienta de trabajo, que incluya diez prácticas relacionadas con el estudio en el campo práctico de la Electrónica, específicamente a las asignaturas de la Automatización.

1.5. Objetivos

1.5.1. Objetivo general

Diseñar e implementar un módulo didáctico para prácticas de red PROFIBUS y PROFINET controlados por PLC S71500 en motores trifásicos que serán desarrolladas por los estudiantes de la Universidad Politécnica Salesiana.

1.5.2. Objetivos específicos

- Diseñar la estructura del módulo de entrenamiento en formato CAD.
- Diseñar láminas de entrenamiento para montaje e instalación de equipos con el respectivo cableado de automatización.
- Montar e instalar equipos en láminas de entrenamiento con el cableado respectivo.
- Desarrollar un banco de 10 prácticas planteadas en el módulo de entrenamiento.

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Introducción a las redes industriales

Las redes industriales se han convertido en parte fundamental en el mundo de la automatización para controlar procesos de producción, aportan flexibilidad al implementar sistemas de control-mando, ofrecen innovar en la supervisión de las instalaciones y reducen costos. [2]

Las aplicaciones automatizadas y los nuevos protocolos de comunicación que se muestran en la Figura 2 se han convertido en estándares y continúan evolucionando, otras responden a nichos de mercado y otras provienen de fabricantes que buscan imponer sus soluciones. [2]



Figura 2. Pirámide de automatización [3]

En este sentido el proyecto está enfocado en dos protocolos ampliamente difundidos e implementados, PROFIBUS y PROFINET, estos son diferentes a pesar de haber sido desarrollados por la misma compañía, PI (PROFIBUS & PROFINET International). PROFIBUS es un bus de campo en serie clásico basado en RS-485 y PROFINET es un estándar de Ethernet industrial. Comparten similitudes debido a su origen común, pero PROFINET tiene capacidades adicionales que le permiten ofrecer una comunicación más rápida y flexible. [2]

2.2. Protocolo PROFIBUS (Process Field Bus)

La red de comunicación PROFIBUS es una de las redes de código abierto (sus archivos usan ASCII) más utilizadas en la industria que cubre una amplia gama de aplicaciones, da respuestas rápidas en tiempo crítico y sobre todo fue diseñada para satisfacer las necesidades de comunicación en la automatización de procesos. [3]

El protocolo de comunicación PROFIBUS hace posible la interconexión de dispositivos digitales de campo o sistemas de baja o media prestaciones con sensores, actuadores, PLC, interfaces hombre-maquina. Es también la norma de comunicaciones favorita en el continente europeo además de tener el mayor número de instalaciones operando en el mundo con más de 10 millones de dispositivos conectados en sus diferentes variantes. [3]

2.2.1. Tipos de PROFIBUS

Lo que se muestra a continuación en la Figura 3 son todos los tipos de redes PROFIBUS los cuales se basan en el modelo de comunicación de redes OSI (*Open System Interconnection*), cumpliendo con el estándar mundial ISO 7498. Siendo así se dividen en tres: [4]

- PROFIBUS DP
- PROFIBUS-FMS
- PROFIBUS-PA

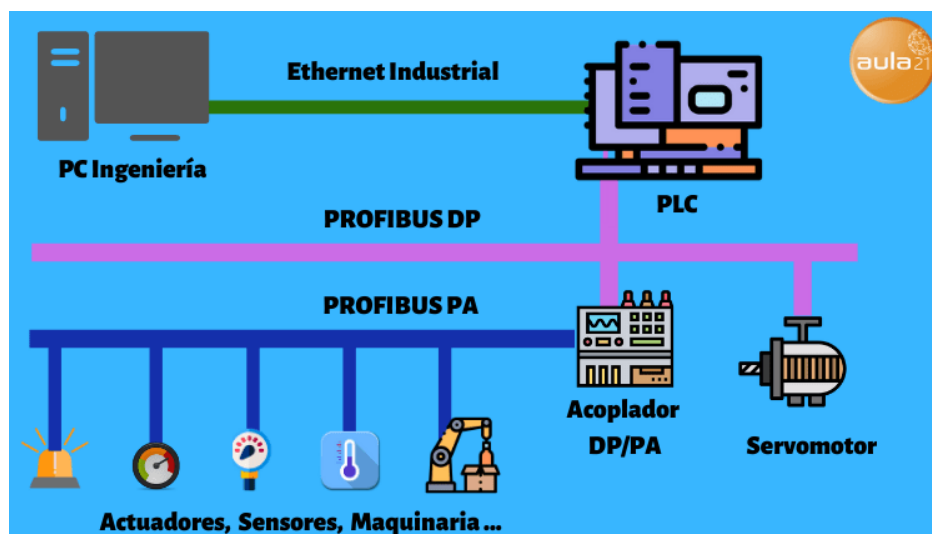


Figura 3. Tipos de red PROFIBUS [5]

2.2.1.1. PROFIBUS DP (*Decentralized Periphery*)

El bus de campo PROFIBUS a través del protocolo PROFIBUS DP, es el más popular y extendido en la industria por su velocidad (velocidades de comunicación de hasta 12 Mb/sg) y bajo costo de implementación, actualmente, 90% de las aplicaciones relativas a esclavos PROFIBUS utilizan el PROFIBUS DP. Está diseñado específicamente para establecer la comunicación crítica entre los sistemas de control-automatización y los equipos periféricos E/S. [5]

2.2.1.2. PROFIBUS FMS (*Fieldbus Message Specification*)

PROFIBUS-FMS sobresale en tareas de comunicación exigente y se acompaña de múltiples funciones avanzadas tipo gerente o alta jerarquía ya que define numerosos servicios de comunicación entre maestros(multimaestro) y maestros - esclavos dando así más comodidades y opciones en comparación de otros tipos. Utilizando el sistema multimaestro puede alcanzar velocidades de transmisión de hasta 1,5 Mb/s. [6]

Es la solución general para tareas de comunicación a nivel de control. Los potentes servicios FMS abren un amplio rango de aplicaciones y proveen de gran flexibilidad. Debido a que su función primaria es establecer la comunicación entre maestros (*peer-to-peer*) y dados los avances del TCP/IP viene perdiendo fuerza y siendo reemplazada por aplicaciones en la Ethernet. [6]

2.2.1.3. PROFIBUS PA (*Process Automation*)

El tipo PROFIBUS PA está orientado a las comunicaciones de instrumentos de proceso. Es decir, equipos que transmiten señales análogas como presión, temperatura, y otros. Maneja una velocidad de transferencia fija 31.25 Kbps. Dado que PROFIBUS PA y PROFIBUS DP son en esencia el mismo protocolo. Es sencillo hacer la conexión entre ambas si la velocidad de PROFIBUS DP es muy cercana la PROFIBUS PA, basta un conversor de medios para establecer la conexión. [6]

Dispone del estándar IEC 61158-2. Define capa física y de servicios. Provee seguridad intrínseca y suministro de energía a los dispositivos a través del bus mediante el simple uso de par cobre, y alimentación a través del mismo bus de comunicaciones. De esta manera, es posible utilizar PROFIBUS en áreas peligrosas. [6]

2.3. Protocolo PROFINET (Process Field Network)

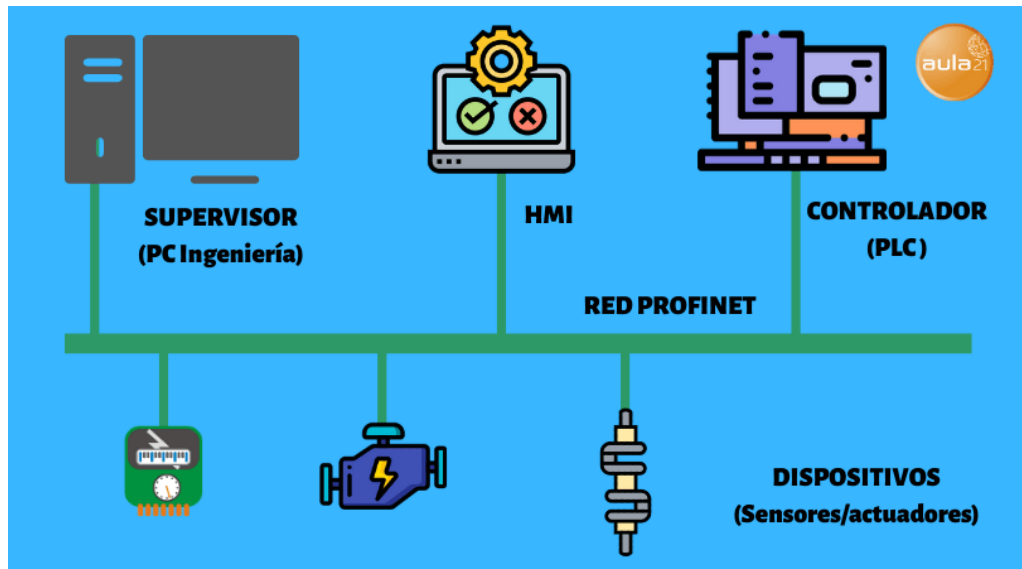


Figura 4. Ejemplo de PROFINET. [7]

Así como se observa en la Figura 4 PROFINET es un estándar de comunicación de código abierto (usa archivos XML) basado en Ethernet industrial. Está en constante evolución debido a que a medida hay avances en el Ethernet comercial PROFINET las aprovecha. Por ejemplo, PROFINET comenzó a funcionar en Ethernet de 100 Mbit/s, hoy en día PROFINET puede ejecutarse en Gigabit Ethernet. Al igual que PROFIBUS fue creado para intercambiar datos entre controladores y dispositivos (bloques de E/S, sistemas de visión, lectores RFID, unidades, instrumentos de proceso, servidores proxy o incluso otros controladores). [7]

La arquitectura PROFINET intercambia datos de forma rápida, en tiempo real y determinista. Las velocidades requeridas varían según la aplicación; los instrumentos de proceso se actualizan en cientos de milisegundos, los

dispositivos de fábrica proporcionan actualizaciones más rápidas (<10 milisegundos) y la sincronización del control de movimiento es aún más exigente. El determinismo significa que los mensajes llegan cuando se supone que deben hacerlo. [7]

2.3.1. Canales de comunicación PROFINET

- **No Real Time (NRT):** este canal de comunicación «no real time» (NRT). Utiliza todas las capas del modelo OSI que se muestran en la Figura 5 y cuenta con direcciones IP. Por lo tanto, los supervisores PROFINET pueden acceder a dispositivos a través de enrutamiento o incluso a través de Internet, lamentablemente sacrificando latencia y jitter. [8]
- **Real Time (RT):** Las capas TCP/IP se omiten para tener un rendimiento determinista para aplicaciones de automatización en el rango de 1-10 ms. Esto representa una solución basada en software adecuada para aplicaciones de E/S típicas, que incluye control de movimiento y requisitos de alto rendimiento.
- **Isochronous Real Time (IRT):** La priorización de señal y la conmutación programada proporcionan una sincronización de alta precisión para aplicaciones como el control de movimiento. Las velocidades de ciclo en rangos de milisegundos son posibles, con jitter (variabilidad temporal durante el envío de señales digitales) en el rango de microsegundos. [8]

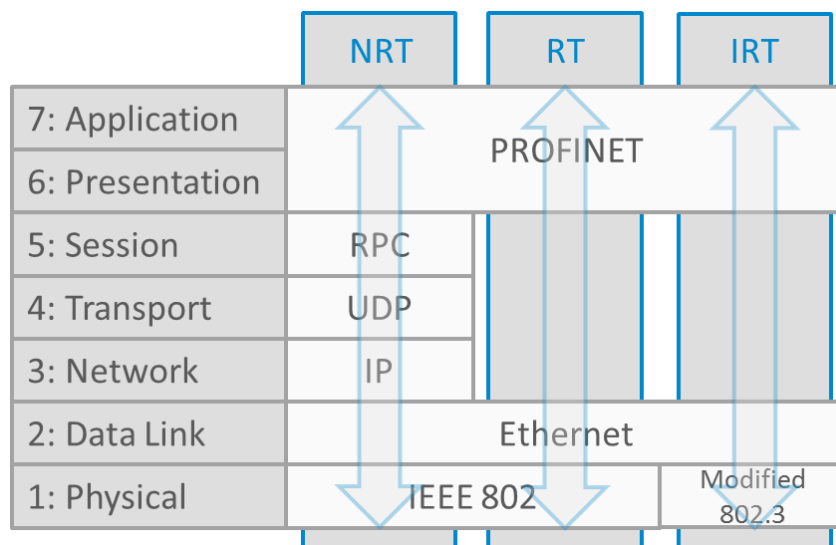


Figura 5. Modelo OSI con los diferentes canales en PROFINET. [8]

2.3.2. Protocolos PROFINET

Existen varios protocolos definidos dentro del contexto PROFINET. Una lista de estos protocolos junto con su uso concreto es la siguiente: [9]

- PROFINET/CBA: Protocolo asociado a las aplicaciones de automatización distribuida en entornos industriales. [9]
- PROFINET/DCP: Descubrimiento y configuración básica. Es un protocolo basado en la capa de enlace, utilizado para configurar nombres de dispositivos y direcciones IP. Se restringe a una red y se usa principalmente en aplicaciones pequeñas o medianas que no disponen de un servidor DHCP. [9]
- PROFINET/IO: A veces llamado PROFINET-RT (*Real Time*), es utilizado para comunicaciones con periféricas descentralizadas. [9]
- PROFINET/MRP: Protocolo utilizado para la redundancia de medios. Utiliza los principios básicos para la reestructuración de las redes en caso de sufrir un fallo cuando la red posee una topología en anillo. Este tipo de protocolo es utilizado en redes en las que la disponibilidad ha de ser máxima. [9]
- PROFINET/MRRT: Su objetivo es dar soluciones a la redundancia de medios para PROFINET/RT. [9]
- PROFINET/PTCP: Protocolo de Control de Precisión de Tiempo basado en la capa de enlace, para sincronizar señales de reloj/tiempo en varios PLC. [9]
- PROFINET/RT: Transferencia de datos en tiempo real. [9]
- PROFINET/IRT: Transferencia de datos isócrono en tiempo real. [9]

2.4. Elementos que conforman el módulo didáctico

2.4.1. PLC

Por sus siglas significa Controlador lógico programable, es un ordenador utilizado en la industria con el fin de automatizar procesos electromecánicos. Los PLC están preparados para trabajar o procesar múltiples señales tanto digitales como analógicas de entrada y salida tales como temperatura,

resistencia, ruido, luminosidad, humedad, etc. Resumidamente, trabajan con todo tipo de variables para tomar decisiones previa programación. [11]

2.4.2. PLC S7-1500

Gracias a la integración de nuevas características de rendimiento y flexibilidad, el PLC S7-1500 dispone de excelente manejabilidad y máximo rendimiento. Como se muestra en la Figura 6 las características que más resaltan para este nuevo PLC son: [12]

- Mayor rendimiento del sistema
- Funcionalidad "Motion Control" integrada
- PROFINET IO IRT
- Pantalla integrada para el manejo y diagnóstico a pie de máquina
- Innovaciones de lenguaje STEP 7 manteniendo las funciones probadas.

[12]

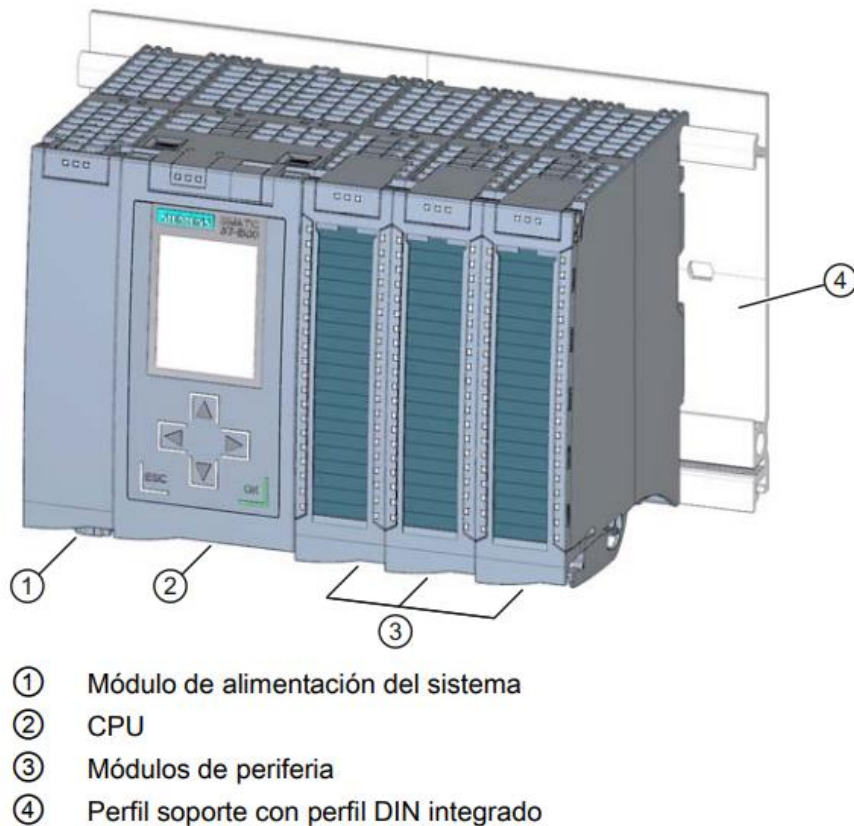


Figura 6. Configuración básica de un PLC S7-1500. [12]

2.4.2.1. Power Supply Module S7-1500

Como se puede observar en la Figura 7 la fuente de alimentación del sistema (PS) suministra la tensión de sistema necesaria internamente para el bus de fondo y alimenta partes de la electrónica del módulo y los LED. Una fuente de alimentación del sistema también puede alimentar CPU o módulos de interfaz no conectados a una fuente de alimentación de carga de 24 V DC. [13]

- PS 25W 24V DC: alimentación 24 VDC, potencia de 25 W
- PS 60W 24/48/60V DC: alimentación 24/48/60 VDC, potencia de 60 W
- PS 60W 120/230V AC/DC: alimentación 120/230 VAC, potencia de 60 W



Figura 7. Fuente de poder para S7-1500. [13]

2.4.2.2. CPU

La CPU que se visualiza en la Figura 8 almacena y ejecuta la programación ingresada por el usuario, controla los contactos o puertos en los módulos de periferia, para esto obtiene potencia de la fuente de alimentación del sistema. [14]



Figura 8. Unidad Central de Proceso S7-1500. [14]

2.4.2.3. Módulos de periferia E/S

Como se observa en la Figura 9 los módulos de E/S están ligados a la CPU ya que son el medio de poner en marcha la programación a través de los actuadores y sensores conectados en sus contactos. La CPU recibe información del proceso y ejecuta su programación para tomar acciones. [12]

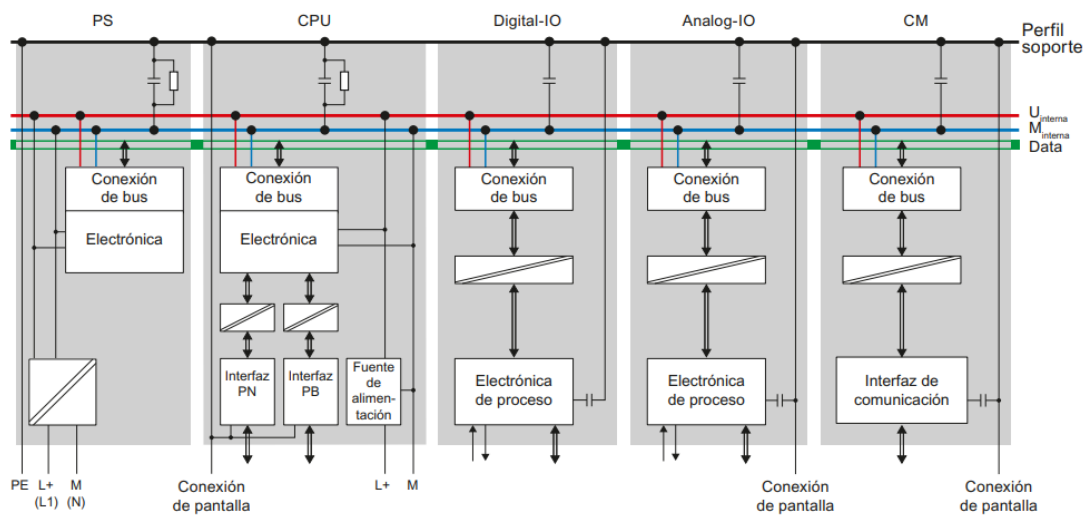


Figura 9. Interconexión de módulos de entrada salida. [12]

2.4.3. Human-Machine Interface(HMI)

De HMI se puede resumir que es el punto de acción donde el hombre entra en contacto con la máquina. Antiguamente se utilizaban luces piloto, indicadores digitales o analógicos así como pulsadores y selectores. Actualmente basan en un panel sencillo donde pueden observar gráficas de estado y control del proceso en tiempo real. [15]

2.4.3.1. Panel HMI KTP700

Pertenece a Simatic HMI Devices Basic Panels 2nd Generation y como se observa en la Figura 10 es un panel con pantalla TFT panorámica, retroiluminada LED de 7 pulgadas se comanda teclas/táctil. Posee conectividad para interfaz PROFINET o PROFIBUS más conexión USB, además de facilidades para ser configurada desde WinCC, Basic V13, STEP7 y TIA portal. [16]

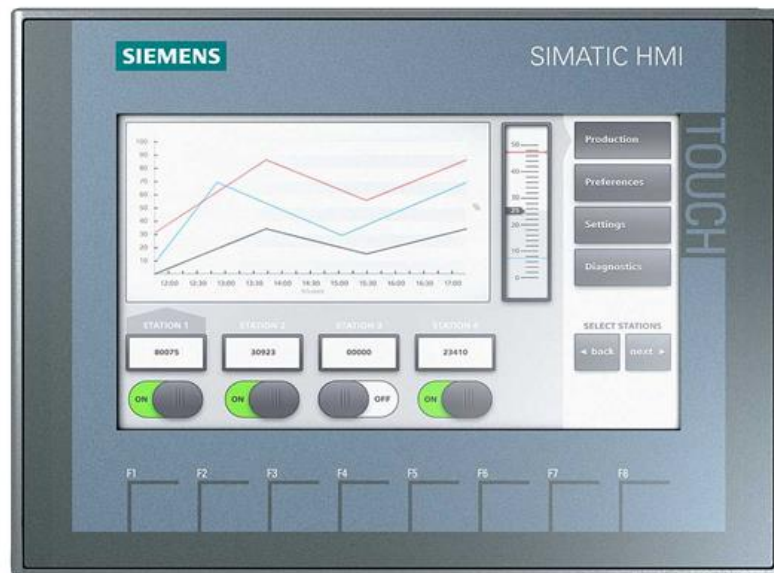


Figura 10. Panel de operador táctil KTP700. [16]

2.4.4. Industrial Ethernet Switches SIMATIC NET

Debido a la creciente expansión de Ethernet en la industria, SIMATIC NET ha desarrollado switches especializados en una mayor integración en las redes de comunicación y sus componentes. Estos switches van a contribuir a construir diversas topologías de redes a bajos costos. [17]

2.4.4.1. SCALANCE XB005 Industrial Ethernet Switch

El SCALANCE XB-005 que se muestra a continuación en la Figura 11 es capaz de realizar pequeñas topologías en línea o estrella con funcionalidad de switch en máquinas o unidades de proceso. Transmite a velocidades de 10/100 Mbit/s, tiene certificación IP20 y cuenta con 5 puertos RJ45 para realizar conexiones. [17]



Figura 11. Switch Industrial de 5puertos. [17]

2.4.5. Variador de frecuencia(VFD)

Un variador de frecuencia (*Variable Frequency Drive* o *AFD Adjustable Frequency Drive*) es un sistema de regulación para el control de velocidad rotacional de un motor de corriente alterna (AC), su conexión se da entre la alimentación y el motor. Mediante la variación de la frecuencia de entrada del motor se regula la velocidad de este sin que se vea afectada su eficiencia. Otras funcionalidades del VFD son la inversión de giro, controlar velocidad de arranque, acelerar, desacelerar, añadir par de frenado. [18]

2.4.5.1. Variador SINAMICS V20

SINAMICS V20 es una gama de variadores creada para regular la velocidad de motores trifásicos. El que se ha seleccionado para el módulo es el modelo SINAMICS V20 6SL3210-5BB17-5UV1 mostrado en la Figura 12 y tiene entre sus principales características: [19]

- Entrada monofásica sin filtrar 200-240V -10/+10% 47-63HZ
- Interfaz de E/S: 4 DI, 2 DO, 2 AI, 1 AO
- Bus de campo: USS/MODBUS RTU con BOP incorporado
- Grado de protección IP20/UL abierto
- Diseño de refrigeración avanzado, fiable y fácil de usar. [19]



Figura 12. Variador de frecuencia V20. [19]

2.4.5.2. Variador SINAMICS G120

El variador de frecuencia modular SINAMICS G120 (ESTÁNDAR PM240-2) que se observa en la Figura 13, se podría resumir como energéticamente eficiente, seguro, y robusto. Aplica para cualquier entorno o condición gracias a su sistema de refrigeración inteligente. Se aprecia como un variador sencillo de dos unidades, una de potencia (*Power Module - PM*) y una de control (*Control Unit - CU*). También se destaca su fácil configuración gracias al *Basic Operator Panel (BOP-2)*. [20]

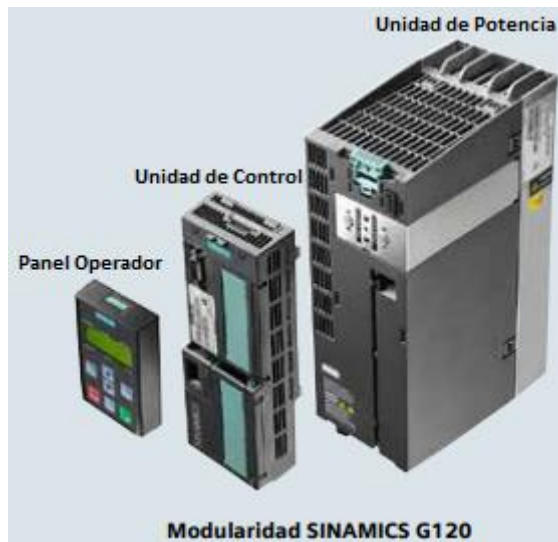


Figura 13. Variador de frecuencia G120. [20]

En cuanto a comunicación, eligiendo la unidad de control adecuada, se puede disponer de comunicación PROFINET, EtherNet/IP, USS/Modbus RTU, PROFIBUS DP, CANopen, BACnet. También integra función de seguridad STO (Safe torque off). [20]

Con una tensión de alimentación 3AC 380 a 480 V $\pm 10\%$ y frecuencia 50 a 60 Hz $\pm 5\%$ también cuenta con función ahorro de energía. Es un equipo que presta facilidades en costos de adquisición y almacenamiento además de su esquema simple que agiliza el reemplazo de piezas durante el servicio técnico. [20]

2.4.6. Motor trifásico

El motor asincrónico trifásico es una de las máquinas más fiables que existen, se han adaptado a las tecnologías emergentes desarrollando su función durante años manteniendo su funcionamiento basado en el efecto Faraday y en el efecto Laplace.

2.4.6.1. Motor ABB Trifásico M2QA

En general la serie estándar de ABB M2000 se caracteriza por varios factores positivos, entre ellos su alta eficiencia que optimiza el uso de energía alta, fiabilidad, reduce los defectos con el tiempo y los costos de mantenimiento.

Los motores que se observan en la Figura 14 están diseñados y fabricados de acuerdo con la tecnología europea, incluyendo características como bajo nivel de ruido y largo ciclo de vida. [21]



Figura 14. Motor trifásico ABB. [21]

Cuentan con amplias certificaciones internacionales ABS, BV, CCS, DNV, GL, KR, LR, NK, IEC. Los motores M2QA son adecuados para su uso en diversas industrias en especial la naval, incluso cuentan con la M2QA series marine. El rango de alimentación de los motores M2QA van en el rango de 380V/50Hz y 440V/60Hz son las más combinaciones frecuentes de voltaje/frecuencia. [21]

3. MARCO METODOLÓGICO

3.1. LÁMINAS DE MONTAJE

3.1.1. Lámina de PLC S7-1500

Para el módulo didáctico se ha considerado la utilización de un PLC S7-1500 cuyas conexiones de entradas, salidas y puertos de comunicación están disponibles para diferentes tipos de aplicaciones.

Como se puede apreciar en la Figura 15, que las conexiones internas para entradas y salidas digitales que se han realizado en la lámina, corresponden al tipo PNP considerando una fuente de alimentación de 24Vdc. Adicional al autómata se ha instalado un switch SCALANCE de 5 puertos para implementar diferentes topologías según los requerimientos, por ejemplo, configuración estrella o árbol.

Para protección del autómata industrial se tiene considerado una porta fusible para evitar daños debidos a conexiones erróneas.

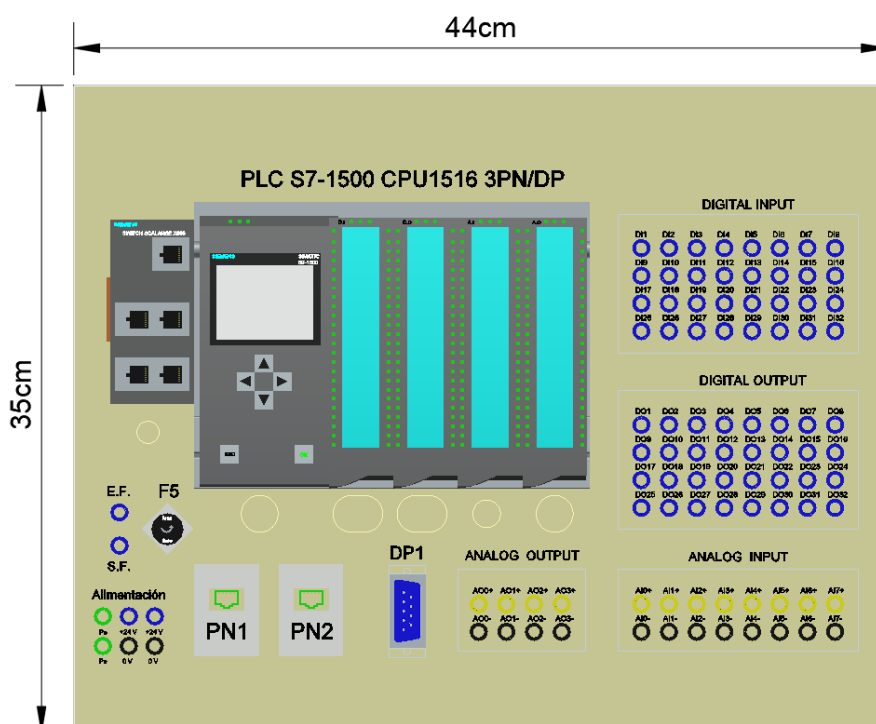


Figura 15. Autómata Industrial, conmutador y conexiones de red

3.1.2. Lámina de Distribución

Se cuenta con una lámina que permite realizar conexiones con voltaje AC (220V) de una manera sencilla y ordenada. Se cuenta con un disyuntor para proteger todos los dispositivos que trabajen con corriente alterna y para saber si realmente existe voltaje, se ha instalado una luz piloto color verde tal como se evidencia en la Figura 16.

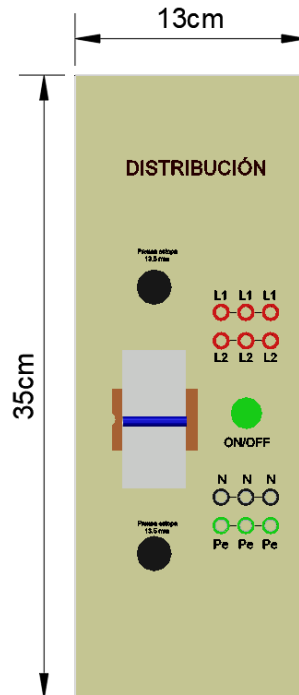


Figura 16. Protección y distribución de voltaje AC

3.1.3. Lámina de Fuente de Alimentación

Para las prácticas planteadas se hace uso de dos fuentes de voltaje continuo, una de 24Vdc (para conexión de entradas y salidas digitales) y una de 10Vdc (para circuitos analógicos). Esta lámina cuenta con 4 fusibles para protección a la entrada y salida de cada fuente, tal como se visualiza en la Figura 17. Cabe mencionar que esta lámina presenta un interruptor para energizar ambas fuentes de voltaje a la vez.

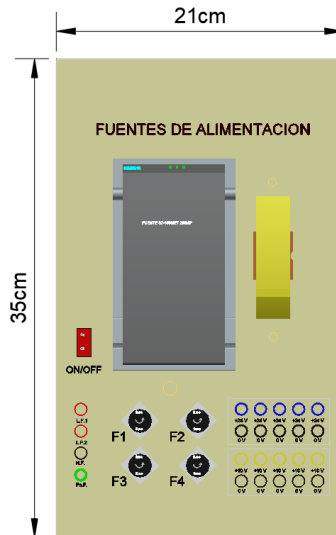


Figura 17. Fuentes de corriente continua

3.1.4. Lámina de Mando y Señalización

Esta lámina tiene mucha importancia en las prácticas planteadas ya que incluye varios dispositivos de entradas y salidas tales como pulsadores, luces pilotos, pulsador de paro de emergencia con retención mecánica y potenciómetros como se puede visualizar en la Figura 18. Una ventaja de este módulo es que los pulsadores tienen contactos normalmente abiertos y cerrados para aumentar las posibilidades de implementar diversas situaciones de automatización.

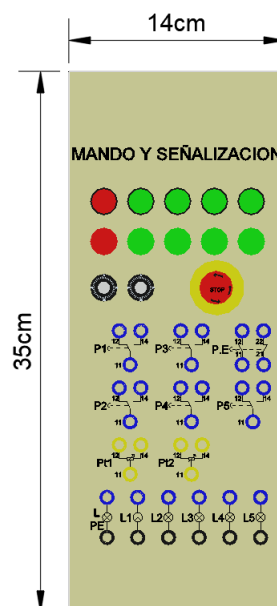


Figura 18. Elementos de entradas y salidas

3.1.5. Lámina de Variador de Frecuencia V20

Dado que muchas aplicaciones en la industria incluyen variadores de frecuencia, en esta lámina se utiliza el dispositivo SINAMIC V20 aplicable a motores de baja potencia ideal para módulos didácticos. Como se muestra en la Figura 19, en esta lámina se incluye un disyuntor para controlar el encendido del drive. Cabe mencionar que este variador se alimenta con voltaje monofásico y esto resulta conveniente por los niveles de tensión existentes en el laboratorio.

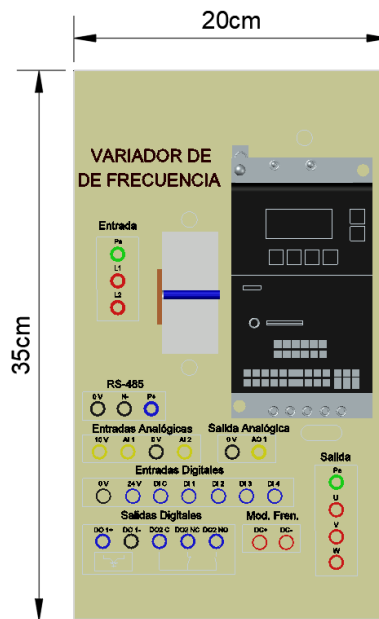


Figura 19. Variador de frecuencia SINAMIC V20

3.1.6. Lámina de Relés de Interfaz

Esta lámina contiene relés miniaturas con la finalidad de utilizar en diferentes aplicaciones como protección auxiliar de entradas o salidas. En la Figura 20, se puede apreciar la distribución de pines de cada relé incluyendo bobinas y contactos.

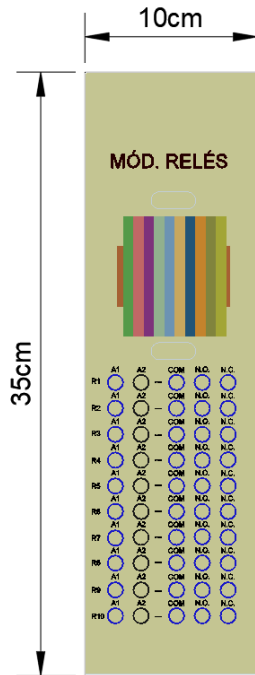


Figura 20. Relés de interfaz y conexiones

3.1.7. Lámina de Medidores Digitales

En la Figura 21, se muestra la ubicación de los cuatro medidores de voltaje y corriente los cuales resultan bastante útiles para aplicaciones donde existan variables analógicas con rangos de trabajo típicos como: 0 a 10V, 0 a 20mA.

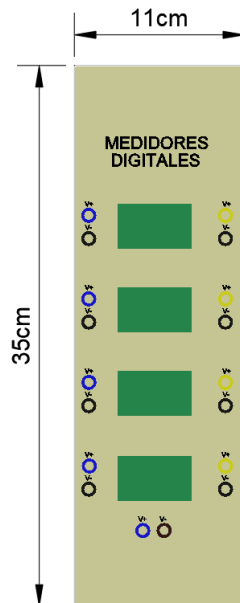


Figura 21. Medidores de voltaje y corriente

3.1.8. Lámina de Panel HMI

Esta lámina cuenta con un panel de operador KTP700 Basic Color con comunicación PROFINET para desarrollar sistemas de interacción humano – máquina. Como se muestra en la Figura 22, se cuenta con la respectiva protección para cortocircuitos a través de fusible.

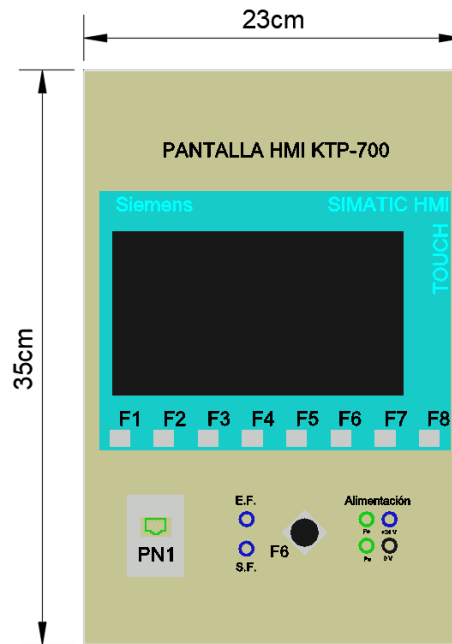


Figura 22. Panel de operador KTP700

3.2. Arquitectura de red

Para este proyecto se ha considerado el uso de varios protocolos de comunicación entre los diferentes dispositivos de automatización. Existe una red PROFIBUS DP entre el PLC S7-1500 y el variador de velocidad ACS355. Adicional a ello, se cuenta con una red PROFINET o Ethernet Industrial entre el autómatas, el panel de operador y el SCADA ubicado en el PC. Finalmente existe una comunicación PROFINET IO entre el autómatas y el variador de velocidad SINAMICS G120. En la Figura 23 se puede apreciar la vista de redes entre todos los dispositivos utilizados.

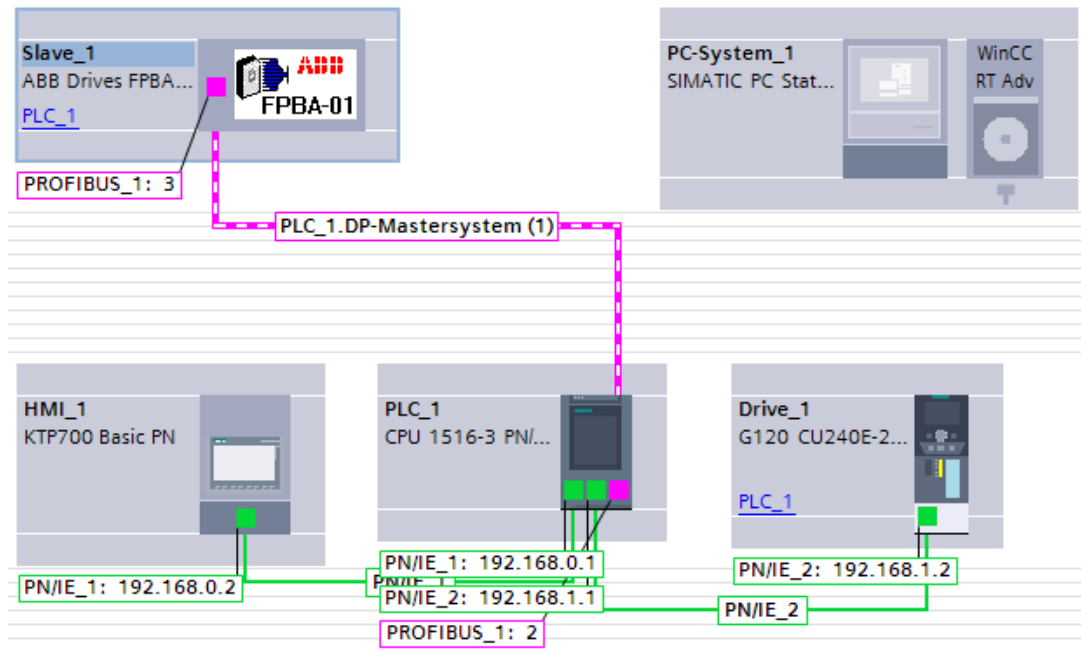


Figura 23. Arquitectura de red utilizada

La topología empleada en la red PROFINET forma una estrella teniendo como nodo central el conmutador SCALANCE de 5 puertos, tal como se muestra en la Figura 24.

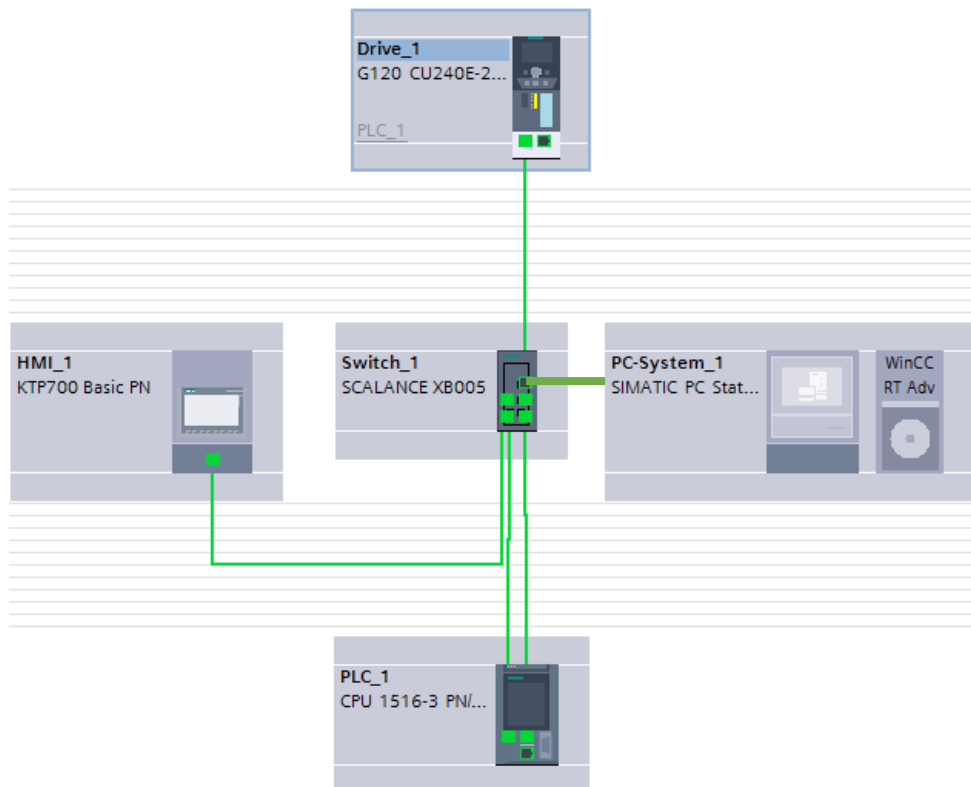


Figura 24. Vista topológica de la red PROFINET

Finalmente se puede apreciar en la Figura 25, las pruebas preliminares de la red entre los diferentes equipos de automatización. En la imagen adjunta se puede apreciar el cableado de color morado que usualmente es utilizado para la red PROFIBUS.

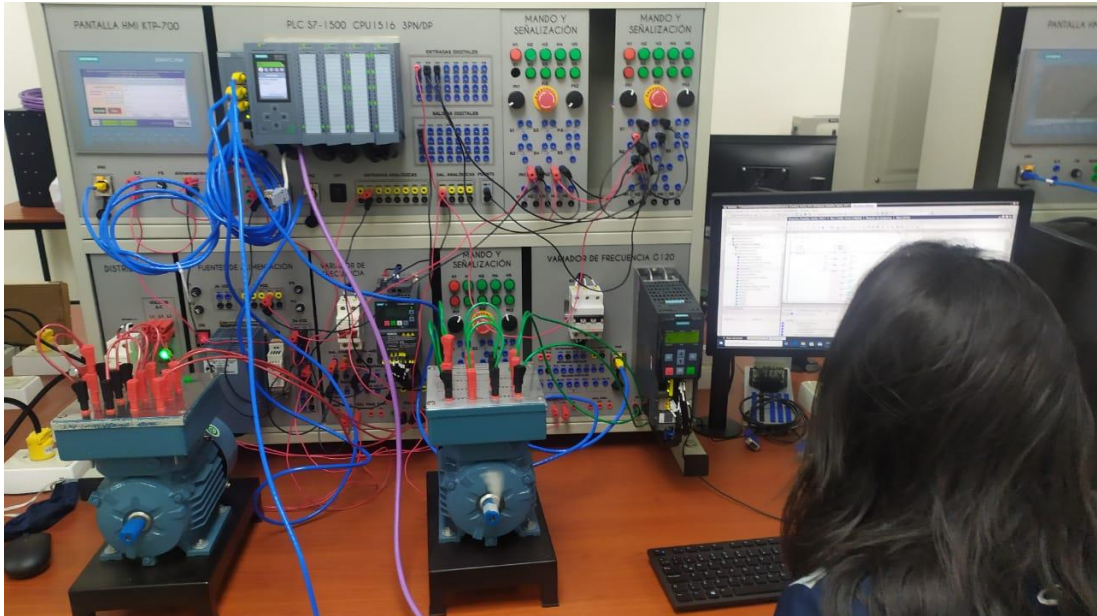



Figura 25. Comunicación de dispositivos en red

	VICERRECTORADO DOCENTE	Código: GUIA-PRL-001
	CONSEJO ACADÉMICO	Aprobación: 2016/04/06
Formato: Guía de Práctica de Laboratorio / Talleres / Centros de Simulación		

4. RESULTADOS


4.1. Práctica#1: Control ON/OFF de salidas digitales utilizando Set-Reset.

		GUÍA DE PRÁCTICA DE LABORATORIO
CARRERA: Ingeniería Electrónica		ASIGNATURA: Redes Industriales
No.:	1	TÍTULO: Control ON/OFF de salidas digitales utilizando SET-RESET
OBJETIVOS:		
<ul style="list-style-type: none"> - Implementar algoritmos de control para monitoreo de entradas y control de salidas digitales utilizando el software TIA PORTAL. - Diseñar e implantar diagramas de control y fuerza con el PLC S7-1500. 		
INSTRUCCIONES:	1. Analizar la solución propuesta de la práctica#1 ubicada en los anexos de la memoria técnica.	
	2. Preparar el módulo didáctico utilizando laminas denominadas: Distribución, Fuente, PLC, HMI, Mando y señalización	
	3. Realizar las conexiones eléctricas y verificar las mismas previo a energizar el módulo didáctico.	
ACTIVIDADES POR DESARROLLAR		
1. Definir variables y realizar el direccionamiento correcto.		
2. Elaborar la programación para la verificación de entradas y salidas digitales.		
3. Realizar el cableado respectivo de entradas y salidas utilizando pulsadores y luces pilotos.		
RESULTADOS:		
<ul style="list-style-type: none"> - Programación en diagrama de funciones (FUP) para los requerimientos previos. - Integración del autómatas programable con elementos externos de mando y señalización. 		
CONCLUSIONES:		
<ul style="list-style-type: none"> - El uso de bloques SET y RESET permiten realizar enclavamientos de variables digitales con mucha facilidad. - La combinación entre detectores de flanco y bloques SET-RESET permite implementar activación en cascada de elementos externos. 		
RECOMENDACIONES:		
<ul style="list-style-type: none"> - Al utilizar detectores de flanco se recomienda el uso de marcas con direcciones únicas para evitar conflictos. - Considerar conexiones de tipo PNP en las entradas y salidas digitales. 		

Docente: Ing. Víctor Larco Torres

Firma: 

Resolución CS N° 076-04-2016-04-20

	VICERRECTORADO DOCENTE	Código: GUIA-PRL-001
	CONSEJO ACADÉMICO	Aprobación: 2016/04/06
Formato: Guía de Práctica de Laboratorio / Talleres / Centros de Simulación		


4.2. Práctica#2: Lecturas de entradas analógicas con funciones de normalizar y escalar.

		GUÍA DE PRÁCTICA DE LABORATORIO
CARRERA: Ingeniería Electrónica		ASIGNATURA: Redes Industriales
No.:	2	TÍTULO: Lecturas de entradas analógicas con funciones de normalizar y escalar
OBJETIVOS:		
<ul style="list-style-type: none"> - Realizar un programa para el acondicionamiento de entradas analógicas utilizando el software TIA PORTAL. - Diseñar e implantar diagramas de control y fuerza con el PLC S7-1500. 		
INSTRUCCIONES:	1. Analizar la solución propuesta de la práctica#2 ubicada en los anexos de la memoria técnica.	
	2. Preparar el módulo didáctico utilizando laminas denominadas: Distribución, Fuente, PLC, HMI, Mando y señalización	
	3. Realizar las conexiones eléctricas y verificar las mismas previo a energizar el módulo didáctico.	
ACTIVIDADES POR DESARROLLAR		
1. Definir variables y realizar el direccionamiento correcto.		
2. Elaborar la programación para la verificación de entradas analógicas.		
3. Realizar el cableado respectivo de entradas analógicas utilizando potenciómetros y fuente de voltaje de 10Vdc.		
RESULTADOS:		
<ul style="list-style-type: none"> - Programación utilizando texto estructurado (SCL) para los requerimientos previos. - Integración del autómatas programable con elementos externos que se asocien con las variables físicas de nuestro entorno. 		
CONCLUSIONES:		
<ul style="list-style-type: none"> - La utilización del texto estructurado permite la edición de operaciones matemáticas con facilidad. - El uso de texto estructurado reduce el consumo de memoria de programa en el autómatas industrial. 		
RECOMENDACIONES:		
<ul style="list-style-type: none"> - Al ser un lenguaje textual, se debe tener en cuenta la sintaxis respectiva. - Tener precaución con los niveles de tensión utilizadas en el potenciómetro. 		


Docente: Ing. Víctor Larco Torres

Firma: 

Resolución CS N° 076-04-2016-04-20

	VICERRECTORADO DOCENTE	Código: GUIA-PRL-001
	CONSEJO ACADÉMICO	Aprobación: 2016/04/06
Formato: Guía de Práctica de Laboratorio / Talleres / Centros de Simulación		


4.3. Práctica#3: Control de salidas mediante el uso de contadores y comparadores.

		GUÍA DE PRÁCTICA DE LABORATORIO
CARRERA: Ingeniería Electrónica		ASIGNATURA: Redes Industriales
No.:	3	TÍTULO: Control de salidas mediante el uso de contadores y comparadores.
OBJETIVOS:		
<ul style="list-style-type: none"> - Diseñar un programa para el encendido secuencial de luces pilotos utilizando el software TIA PORTAL. - Diseñar e implantar diagramas de control y fuerza con el PLC S7-1500. 		
INSTRUCCIONES:	1. Analizar la solución propuesta de la práctica#3 ubicada en los anexos de la memoria técnica.	
	2. Preparar el módulo didáctico utilizando laminas denominadas: Distribución, Fuente, PLC, HMI, Mando y señalización	
	3. Realizar las conexiones eléctricas y verificar las mismas previo a energizar el módulo didáctico.	
ACTIVIDADES POR DESARROLLAR		
1. Definir variables y realizar el direccionamiento correcto.		
2. Elaborar la programación para la verificación de entradas y salidas digitales.		
3. Realizar el cableado respectivo de entradas y salidas utilizando pulsadores y luces pilotos.		
RESULTADOS:		
<ul style="list-style-type: none"> - Programación en diagrama de funciones (FUP) para los requerimientos previos. - Integración del autómatas programable con elementos externos de mando y señalización. 		
CONCLUSIONES:		
<ul style="list-style-type: none"> - La utilización de bloques CTU, CTD y CTUD, permite la reducción del diagrama de control y flexibiliza los límites de conteo. - La combinación entre detectores de flanco y bloques de conteo permite implementar activación en cascada de elementos externos tales como luces pilotos, contactores, etc. 		
RECOMENDACIONES:		
- Al momento de utilizar contadores y comparadores se debe considerar los tipos de datos de las variables ya que eso define el rango de trabajo.		


Docente: Ing. Víctor Larco Torres

Firma: 

Resolución CS N° 076-04-2016-04-20

	VICERRECTORADO DOCENTE	Código: GUIA-PRL-001
	CONSEJO ACADÉMICO	Aprobación: 2016/04/06
Formato: Guía de Práctica de Laboratorio / Talleres / Centros de Simulación		


4.4. Práctica#4: Simulación de dos semáforos con 6 salidas físicas digitales utilizando un controlador S7-1500.

		GUÍA DE PRÁCTICA DE LABORATORIO
CARRERA: Ingeniería Electrónica		ASIGNATURA: Redes Industriales
No.:	4	TÍTULO: Simulación de dos semáforos con 6 salidas físicas digitales utilizando un controlador S7-1500
OBJETIVOS:		
<ul style="list-style-type: none"> - Implementar algoritmos de control digital para la simulación de un semáforo de 2 vías utilizando el software TIA PORTAL. - Diseñar e implantar diagramas de control y fuerza con el PLC S7-1500. 		
INSTRUCCIONES:	1. Analizar la solución propuesta de la práctica#4 ubicada en los anexos de la memoria técnica.	
	2. Preparar el módulo didáctico utilizando laminas denominadas: Distribución, Fuente, PLC, HMI, Mando y señalización	
	3. Realizar las conexiones eléctricas y verificar las mismas previo a energizar el módulo didáctico.	
ACTIVIDADES POR DESARROLLAR		
1. Definir variables y realizar el direccionamiento correcto.		
2. Elaborar la programación para la verificación de entradas y salidas digitales.		
3. Realizar el cableado respectivo de entradas y salidas utilizando pulsadores y luces pilotos.		
RESULTADOS:		
<ul style="list-style-type: none"> - Programación en diagrama de funciones (FUP) para los requerimientos previos. - Integración del autómatas programable con elementos externos de mando y señalización en conjunto con una interfaz hombre-máquina. 		
CONCLUSIONES:		
<ul style="list-style-type: none"> - El uso de bloques de función (FB) permite realizar una programación modular. - La utilización de temporizadores permite la implantación de programas más complejos. 		
RECOMENDACIONES:		
<ul style="list-style-type: none"> - Se debe considerar que el tipo de datos TIME posee una longitud de 32 bits. - Se podría combinar bloques de comparación en conjunto con temporizadores para reducir los bloques FB a utilizar en el PLC. 		

Docente: Ing. Víctor Larco Torres

Firma: 

Resolución CS N° 076-04-2016-04-20

	VICERRECTORADO DOCENTE	Código: GUIA-PRL-001
	CONSEJO ACADÉMICO	Aprobación: 2016/04/06
Formato: Guía de Práctica de Laboratorio / Talleres / Centros de Simulación		


4.5. Práctica#5: Control secuencial de un motor a través de un variador de frecuencia.

		GUÍA DE PRÁCTICA DE LABORATORIO
CARRERA: Ingeniería Electrónica		ASIGNATURA: Redes Industriales
No.:	5	TÍTULO: Control secuencial de un motor a través de un variador de frecuencia
OBJETIVOS:		
<ul style="list-style-type: none"> - Diseñar un programa para control de velocidad de un motor trifásico utilizando control analógico en el software TIA PORTAL. - Diseñar e implantar diagramas de control y fuerza con el PLC S7-1500. 		
INSTRUCCIONES:	1. Analizar la solución propuesta de la práctica#5 ubicada en los anexos de la memoria técnica.	
	2. Preparar el módulo didáctico utilizando laminas denominadas: Distribución, Fuente, PLC, HMI, Variador de frecuencia V20, Mando y señalización	
	3. Realizar las conexiones eléctricas y verificar las mismas previo a energizar el módulo didáctico.	
ACTIVIDADES POR DESARROLLAR		
1. Definir variables y realizar el direccionamiento correcto.		
2. Elaborar la programación para el control del variador de frecuencia.		
3. Realizar el cableado respectivo de entradas/salidas utilizando pulsadores y luces pilotos, variador de velocidad y motor trifásico.		
RESULTADOS:		
<ul style="list-style-type: none"> - Programación en diagrama de funciones (FUP) para los requerimientos previos. - Integración del autómatas programable con elementos externos de mando y señalización en conjunto con el variador de frecuencia SIMATIC V20 y motor. 		
CONCLUSIONES:		
<ul style="list-style-type: none"> - Se puede realizar el control escalar de velocidad de un motor a través de variables analógicas y su conexión con el PLC. - El uso de este tipo de accionamientos permite reducir el consumo energético durante el arranque y operación continua. 		
RECOMENDACIONES:		
<ul style="list-style-type: none"> - Se debe tener precaución con las conexiones de fuerza entre variador y motor. - No olvide manejar la misma referencia (masa) para control analógico entre el PLC y variador. 		


Docente: Ing. Víctor Larco Torres

Firma: 

Resolución CS N° 076-04-2016-04-20

	VICERRECTORADO DOCENTE	Código: GUIA-PRL-001
	CONSEJO ACADÉMICO	Aprobación: 2016/04/06
Formato: Guía de Práctica de Laboratorio / Talleres / Centros de Simulación		


4.6. Práctica#6: Control PID para velocidad de motor mediante un variador con panel HMI y s7-1500.

		GUÍA DE PRÁCTICA DE LABORATORIO
CARRERA: Ingeniería Electrónica		ASIGNATURA: Redes Industriales
No.:	6	TÍTULO: Control PID <i>para velocidad de motor mediante un variador con panel HMI y s7-1500.</i>
OBJETIVOS:		
<ul style="list-style-type: none"> - Diseñar un programa para control PID de velocidad para un motor trifásico utilizando el software TIA PORTAL. - Diseñar e implantar diagramas de control y fuerza con el PLC S7-1500. 		
INSTRUCCIONES:	1. Analizar la solución propuesta de la práctica#6 ubicada en los anexos de la memoria técnica.	
	2. Preparar el módulo didáctico utilizando laminas denominadas: Distribución, Fuente, PLC, HMI, Variador de frecuencia V20, Mando y señalización	
	3. Realizar las conexiones eléctricas y verificar las mismas previo a energizar el módulo didáctico.	
ACTIVIDADES POR DESARROLLAR		
1. Definir variables y realizar el direccionamiento correcto.		
2. Elaborar la programación para el control del variador de frecuencia.		
3. Realizar el cableado respectivo de entradas/salidas utilizando pulsadores y luces pilotos, variador de velocidad y motor trifásico.		
RESULTADOS:		
<ul style="list-style-type: none"> - Programación en diagrama de funciones (FUP) para los requerimientos previos. - Integración del autómata programable con elementos externos de mando y señalización en conjunto con el variador de frecuencia SIMATIC V20 y motor. 		
CONCLUSIONES:		
<ul style="list-style-type: none"> - El bloque PID_Compact permite la sintonización de controladores PID para sistemas dinámicos. - La combinación de herramientas de comparación y control permite implementar seguridades en la señal de control. 		
RECOMENDACIONES:		
<ul style="list-style-type: none"> - Se debe tener precaución con las conexiones de fuerza entre variador y motor. - No olvide manejar la misma referencia (masa) para control analógico entre el PLC y variador. 		


Docente: Ing. Víctor Larco Torres

Firma: 

Resolución CS N° 076-04-2016-04-20

	VICERRECTORADO DOCENTE	Código: GUIA-PRL-001
	CONSEJO ACADÉMICO	Aprobación: 2016/04/06
Formato: Guía de Práctica de Laboratorio / Talleres / Centros de Simulación		


4.7. Práctica#7: Control de variador Sinamics G120 a través de Profinet.

		GUÍA DE PRÁCTICA DE LABORATORIO
CARRERA: Ingeniería Electrónica		ASIGNATURA: Redes Industriales
No.:	7	TÍTULO: Control de variador Sinamics G120 a través de Profinet
OBJETIVOS:		
<ul style="list-style-type: none"> - Realizar el diseño de una arquitectura de red para control de un variador SINAMICS G120 utilizando el software TIA PORTAL. - Diseñar e implantar diagramas de red, control y fuerza con el PLC S7-1500. 		
INSTRUCCIONES:	1. Analizar la solución propuesta de la práctica#7 ubicada en los anexos de la memoria técnica.	
	2. Preparar el módulo didáctico utilizando laminas denominadas: Distribución, Fuente, PLC, HMI, Variador de frecuencia G120, Mando y señalización	
	3. Realizar las conexiones eléctricas y verificar las mismas previo a energizar el módulo didáctico.	
ACTIVIDADES POR DESARROLLAR		
1. Definir variables y realizar el direccionamiento correcto.		
2. Elaborar la programación para el control del variador de frecuencia.		
3. Realizar el cableado respectivo de entradas/salidas utilizando pulsadores y luces pilotos, comunicación PROFINET, variador de velocidad y motor trifásico.		
RESULTADOS:		
<ul style="list-style-type: none"> - Programación en diagrama de contactos (KOP) para los requerimientos previos. - Integración del autómata programable con elementos externos de mando y señalización en conjunto con el variador de frecuencia SIMATIC G120 y motor. 		
CONCLUSIONES:		
<ul style="list-style-type: none"> - La comunicación PROFINET permite controlar el arranque y monitorear los parámetros principales del motor trifásico. - El uso de herramientas de control de movimiento facilitan la configuración de la red entre PLC y Variador. 		
RECOMENDACIONES:		
<ul style="list-style-type: none"> - Recordar que las direcciones IP de cada elemento de la red debe ser única. - Se recomienda mantener cierta distancia entre el cableado de fuerza y la red PROFINET. 		


Docente: Ing. Víctor Larco Torres

Firma: 

Resolución CS N° 076-04-2016-04-20

	VICERRECTORADO DOCENTE	Código: GUIA-PRL-001
	CONSEJO ACADÉMICO	Aprobación: 2016/04/06
Formato: Guía de Práctica de Laboratorio / Talleres / Centros de Simulación		


4.8. Práctica#8: Control de variador ABB ACS3555 a través de Profibus.

		GUÍA DE PRÁCTICA DE LABORATORIO
CARRERA: Ingeniería Electrónica		ASIGNATURA: Redes Industriales
No.:	8	TÍTULO: Control de variador ABB ACS3555 a través de Profibus
OBJETIVOS:		
<ul style="list-style-type: none"> - Controlar la velocidad de un motor trifásico a través del variador de velocidad ACS3555 utilizando el software TIA PORTAL. - Diseñar e implantar diagramas de red, control y fuerza con el PLC S7-1500. 		
INSTRUCCIONES:	1. Analizar la solución propuesta de la práctica#8 ubicada en los anexos de la memoria técnica.	
	2. Preparar el módulo didáctico utilizando laminas denominadas: Distribución, Fuente, PLC, HMI, Variador de frecuencia ACS3555, Mando y señalización	
	3. Realizar las conexiones eléctricas y verificar las mismas previo a energizar el módulo didáctico.	
ACTIVIDADES POR DESARROLLAR		
1. Definir variables y realizar el direccionamiento correcto.		
2. Elaborar la programación para el control del variador de frecuencia.		
3. Realizar el cableado respectivo de entradas/salidas utilizando pulsadores y luces pilotos, comunicación PROFIBUS, variador de velocidad y motor trifásico.		
RESULTADOS:		
<ul style="list-style-type: none"> - Programación en diagrama de funciones (FUP) para los requerimientos previos. - Integración del autómata programable con elementos externos de mando y señalización en conjunto con el variador ACS3555 y el motor trifásico. 		
CONCLUSIONES:		
<ul style="list-style-type: none"> - La comunicación PROFIBUS permite controlar el arranque y monitorear los parámetros principales del motor trifásico. - El uso de herramientas de control de movimiento facilitan la configuración de la red entre PLC y Variador. 		
RECOMENDACIONES:		
<ul style="list-style-type: none"> - Se recomienda descargar la versión correcta de la librería o archivo GSD para comunicación PROFIBUS DP con el variador de velocidad. - Considere la habilitación de los dispositivos de inicio y terminación de la red a través las resistencias ubicadas en los conectores respectivos. 		

Docente: Ing. Víctor Larco Torres

Firma: 

Resolución CS N° 076-04-2016-04-20

	VICERRECTORADO DOCENTE	Código: GUIA-PRL-001
	CONSEJO ACADÉMICO	Aprobación: 2016/04/06
Formato: Guía de Práctica de Laboratorio / Talleres / Centros de Simulación		


4.9. Práctica#9: Monitoreo de parámetros de variador ABB ACS3555 a través de PROFIBUS.

		GUÍA DE PRÁCTICA DE LABORATORIO
CARRERA: Ingeniería Electrónica		ASIGNATURA: Redes Industriales
No.:	9	TÍTULO: Monitoreo de parámetros de variador ABB ACS3555 a través de PROFIBUS
OBJETIVOS:		
<ul style="list-style-type: none"> - Diseñar una aplicación de tipo HMI para la interacción con el variador ACS3555 a través de PROFIBUS utilizando el software TIA PORTAL. - Diseñar e implantar diagramas de red, control y fuerza con el PLC S7-1500. 		
INSTRUCCIONES:	1. Analizar la solución propuesta de la práctica#9 ubicada en los anexos de la memoria técnica.	
	2. Preparar el módulo didáctico utilizando laminas denominadas: Distribución, Fuente, PLC, HMI, Variador de frecuencia ACS3555, Mando y señalización	
	3. Realizar las conexiones eléctricas y verificar las mismas previo a energizar el módulo didáctico.	
ACTIVIDADES POR DESARROLLAR		
1. Definir variables y realizar el direccionamiento correcto.		
2. Elaborar la programación para el control del variador de frecuencia.		
3. Realizar el cableado respectivo de entradas/salidas utilizando pulsadores y luces pilotos, comunicación PROFIBUS, variador de velocidad y motor trifásico.		
RESULTADOS:		
<ul style="list-style-type: none"> - Programación en diagrama de funciones (FUP) para los requerimientos previos. - Integración del autómatas programable con elementos externos de mando y señalización en conjunto con el variador ACS3555 y el motor trifásico. 		
CONCLUSIONES:		
<ul style="list-style-type: none"> - La comunicación PROFIBUS permite controlar el arranque y monitorear los parámetros principales del motor trifásico. - El uso de herramientas de control de movimiento facilitan la configuración de la red entre PLC y Variador. 		
RECOMENDACIONES:		
<ul style="list-style-type: none"> - Se recomienda descargar la versión correcta de la librería o archivo GSD para comunicación PROFIBUS DP con el variador de velocidad. - Considere la habilitación de los dispositivos de inicio y terminación de la red a través las resistencias ubicadas en los conectores respectivos. 		


Docente: Ing. Víctor Larco Torres

Firma: 

Resolución CS N° 076-04-2016-04-20

	VICERRECTORADO DOCENTE	Código: GUIA-PRL-001
	CONSEJO ACADÉMICO	Aprobación: 2016/04/06
Formato: Guía de Práctica de Laboratorio / Talleres / Centros de Simulación		

4.10. Práctica#10: Implementación de sistema SCADA para control y monitoreo de 3 motores trifásicos utilizando WinCC RT Advanced.

		GUÍA DE PRÁCTICA DE LABORATORIO
CARRERA: Ingeniería Electrónica		ASIGNATURA: Redes Industriales
No.:	10	TÍTULO: Implementación de sistema SCADA para control y monitoreo de 3 motores trifásicos utilizando WinCC RT Advanced..
OBJETIVOS:		
<ul style="list-style-type: none"> - Programar un autómata para controlar y monitorear 3 variadores de velocidad con el fin de simular un sistema de alternancia de bombas conectados a través de redes PROFIBUS - PROFINET utilizando el software TIA PORTAL. - Diseñar e implantar diagramas de control y fuerza con el PLC S7-1500. 		
INSTRUCCIONES:	1. Analizar la solución propuesta de la práctica#10 ubicada en los anexos de la memoria técnica.	
	2. Preparar el módulo didáctico utilizando laminas denominadas: Distribución, Fuente, PLC, HMI, Variador de frecuencia ACS3555, Variador de frecuencia V20, Variador de frecuencia G120, Mando y señalización	
	3. Realizar las conexiones eléctricas y verificar las mismas previo a energizar el módulo didáctico.	
ACTIVIDADES POR DESARROLLAR		
1. Definir variables y realizar el direccionamiento correcto.		
2. Elaborar la programación para el control de los variadores de frecuencia.		
3. Realizar el cableado respectivo de entradas/salidas utilizando pulsadores y luces pilotos, comunicación PROFIBUS y PROFINET, variadores de velocidad y motores trifásicos.		
RESULTADOS:		
- Diseño de aplicación HMI en un PC y programación del PLC para los requerimientos previos.		
CONCLUSIONES:		
<ul style="list-style-type: none"> - Los sistemas SCADA permiten la interacción entre diversos dispositivos en red. - Se puede integrar diversos tipos de programación y combinar diferentes tipos de redes utilizando el autómata S7-1500. 		
RECOMENDACIONES:		
- Considere la habilitación de los dispositivos de inicio y terminación de la red a través las resistencias ubicadas en los conectores respectivos.		

Docente: Ing. Víctor Larco Torres

Firma: 

Resolución CS N° 076-04-2016-04-20

5. ANÁLISIS DE RESULTADOS

5.1. Diseño estructural y láminas didácticas en formato CAD.

El módulo didáctico fue diseñado utilizando el software AutoCAD de Autodesk y se realizó bajo la idea principal de tener buena flexibilidad en cuanto al tipo de aplicaciones a desarrollar por parte de los estudiantes. Para ello se ha realizado una estructura con dos divisiones que permiten la inserción, cambio o retiro de láminas con diferentes elementos para la cátedra, tales como, fuentes de alimentación, elementos de entrada-salida, actuadores, dispositivos de red, entre otros. El diseño realizado tiene la ventaja de que se pueden crear otras láminas con nuevos elementos e integrarlos de forma sencilla a la estructura. La figura 26, ilustra la estructura diseñada en conjunto con las diferentes láminas instaladas en ella.

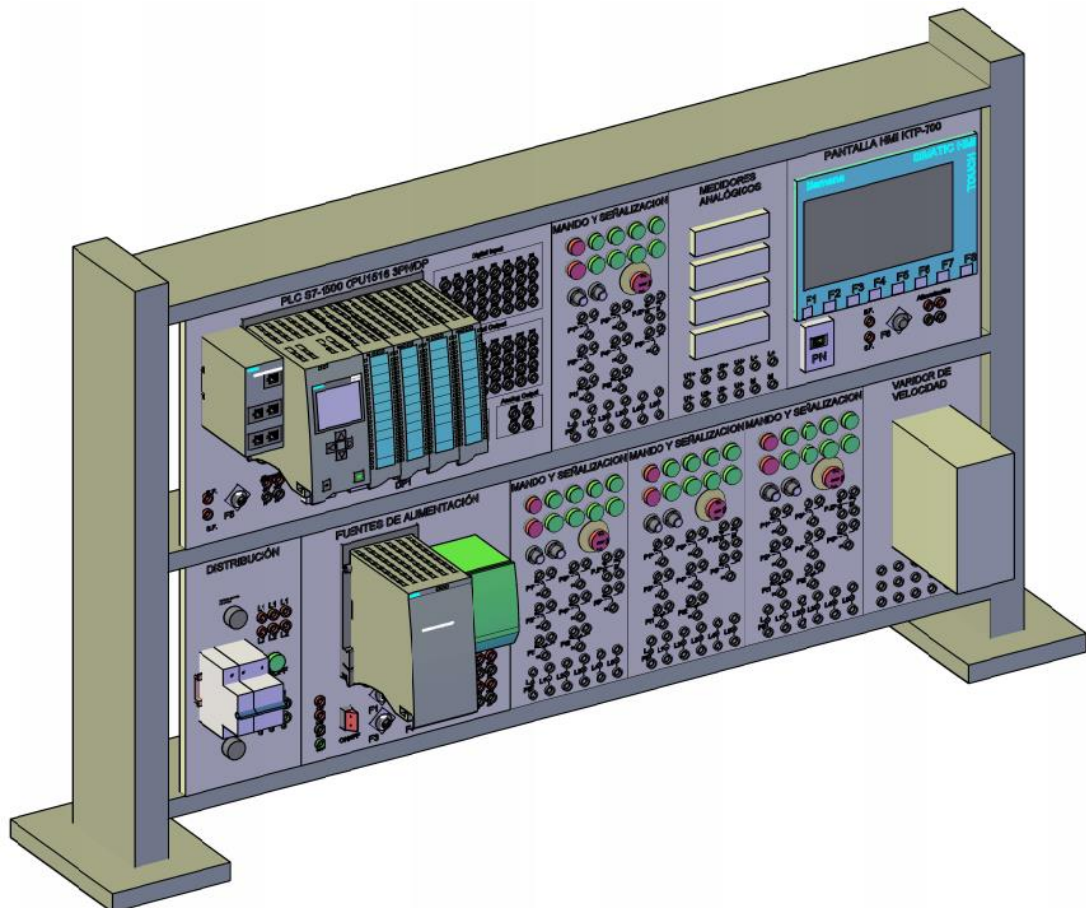


Figura 26. Vista isométrica del módulo

5.2. Montaje de equipos de automatización en láminas didácticas.

Luego de tener un diseño aprobado y haber analizado las ventajas en conjunto con las desventajas de este, se procedió a realizar el ensamble de cada lámina y el montaje de cada una en la estructura tal como se puede ver en la figura 27.

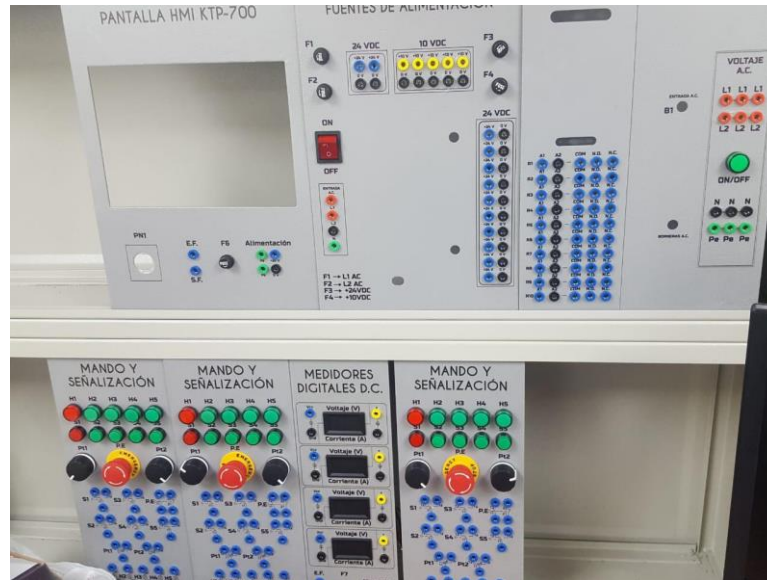


Figura 27. Montaje de láminas en el módulo

Habiendo concluido el cableado de todas las láminas propuestas, se procede con las pruebas iniciales para observar cualquier problema de conexión y solventarlo como debe de ser; para ello se realizó un pequeño programa en el software TIA PORTAL con el fin de monitorear todas las entradas y salidas y así probar los diferentes dispositivos.

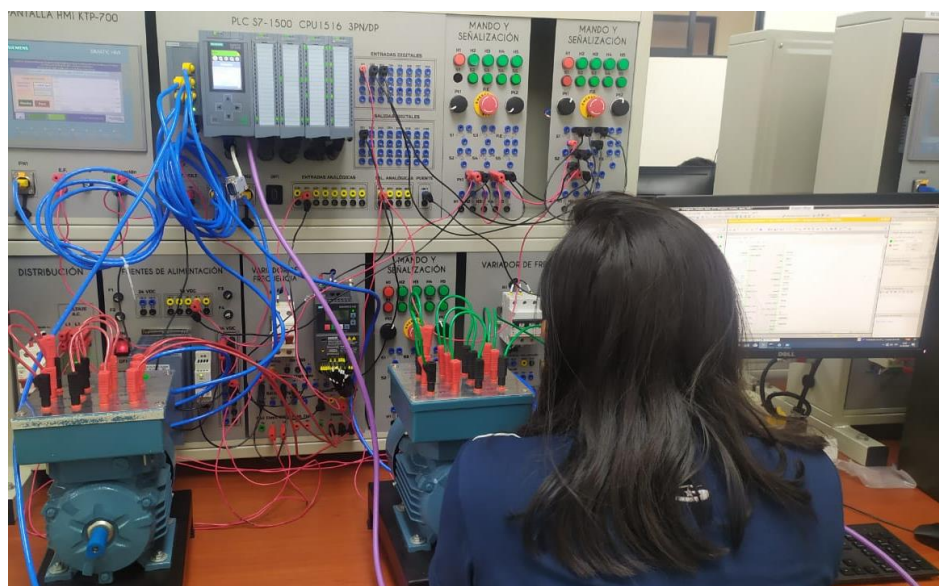


Figura 28. Pruebas iniciales de conexión

5.3. Pruebas de funcionamiento de equipos de automatización.

Durante la etapa de pruebas se realizó la configuración de todos los equipos de automatización tomando como elemento central el PLC y las respectivas conexiones de entrada-salida tanto como las de red. Como ejemplo de conexión se muestra la figura 29 donde se evidencia el momento de la parametrización del variador SINAMIC G120 con la respectiva conexión al motor trifásico. Así también en la figura 30 se puede observar el trabajo conjunto de láminas utilizadas para las pruebas del variador SINAMICS V20 con el motor trifásico respectivo.

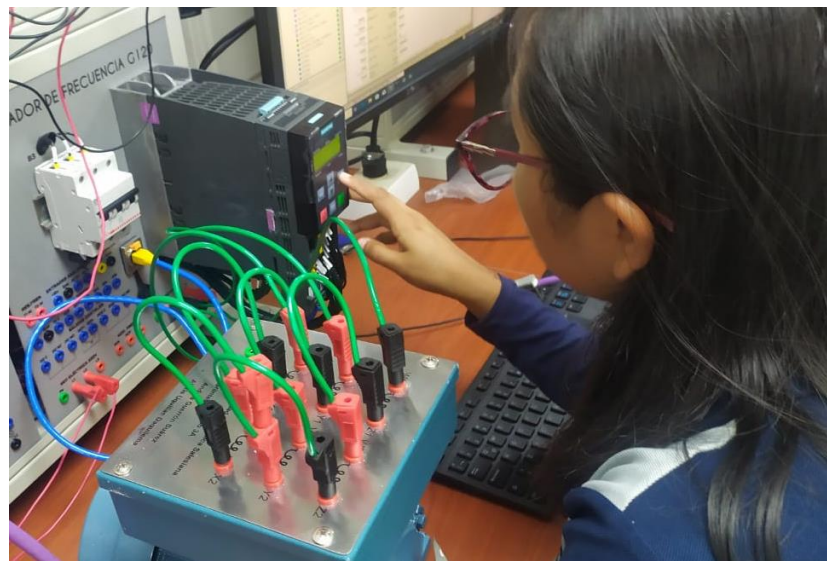


Figura 29. Pruebas de variador de frecuencia

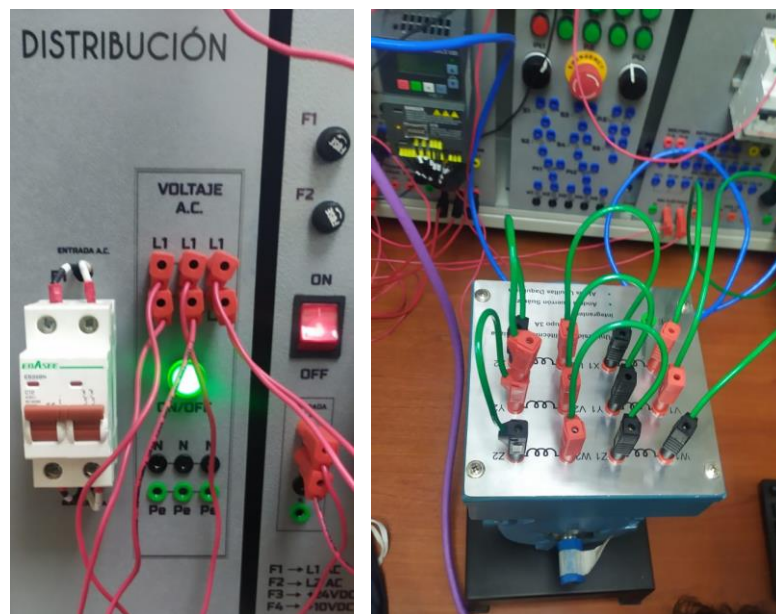


Figura 30. Distribución de voltaje AC y cableado de motor

Cabe mencionar que el variador V20 utiliza control analógico para el ajuste ya que esa versión no posee puertos de comunicación. Justamente esta versión de variadores es una opción bastante utilizada en aplicaciones por su sencillez de operación y bajo costo. En la parametrización de variador G120 se debe mencionar que se utilizó la herramienta StartDrive.

5.4. Manual de prácticas didácticas.

Se elaboró un manual de prácticas didácticas el cual está conformado por un total de 10 ejercicios con diversas aplicaciones para control de entradas y salidas digitales y analógicas del PLC; se puede destacar también la utilización de 2 tipos diferentes de red utilizadas actualmente en la industria. Estas prácticas ayudarán a mejorar la cátedra de asignaturas tales como: Automatización Industrial, Redes Industriales y SCADA, Control de Procesos. Cabe mencionar que en la sección 3 se encuentra el planteamiento de las prácticas y en los anexos se encuentra el desarrollo de cada práctica para que el docente o estudiantes pueda hacer la puesta en marcha con facilidad.

CONCLUSIONES

Al finalizar el proyecto técnico se debe mencionar que todos los objetivos planteados fueron cumplidos y con ello se ha concluido lo siguiente:

- El uso de estructuras modulares para fines didácticos permite el intercambio sencillo y práctico de dispositivos a utilizar, lo cual le permite al estudiante la implementación de soluciones de automatización para situaciones más complejas.
- El uso de herramientas de diseño asistido por computador (CAD) resultan una gran ayuda en la actualidad ya que permiten modelar un mecanismo o estructura antes de la implementación; esto resultó conveniente para este proyecto ya que el diseño fue revisado en varias ocasiones y el diseño se modificó según requerimientos sin tener ningún costo adicional.
- El montaje e instalación de equipos se ha realizado de forma que se puedan utilizar la mayor cantidad de entradas y salidas para obtener el máximo provecho de los equipos.
- La combinación de protocolos de comunicación y las herramientas computacionales para control de procesos permiten la regulación de variables físicas a distancia considerando un retardo mínimo en conjunto con el monitoreo de múltiples variables utilizando el mismo medio.
- Las prácticas implementadas permiten la integración de diferentes áreas de ingeniería, así como la interacción entre diferentes cátedras dictadas durante toda la carrera.

RECOMENDACIONES

- Es recomendable el mantenimiento predictivo de cada una de las láminas implementadas para evitar problemas de cableado durante las prácticas.
- Se recomienda el uso de todas las protecciones eléctricas para aumentar el tiempo de vida útil de los equipos electrónicos utilizados.
- Cuando se realicen conexiones de red PROFIBUS con dispositivos de diferentes marcas debe tener precaución con la versión de firmware utilizada en el archivo de especificaciones generales de dispositivo (GSD).
- Se recomienda verificar los parámetros de cada variador de velocidad previamente a la conexión de éste con el autómata programable. Esto es muy importante ya que muchas veces consume mucho tiempo en cuanto a resolución de fallas.
- Recuerde la verificación de niveles de tensión previo a la conexión de un dispositivo, ya que un fallo de este tipo podría comprometer la operatividad del controlador.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] «Google Maps,» 08 Octubre 2020. [En línea]. Available: <https://www.google.es/maps/place/Universidad+Polit%C3%A9cnica+Salesiana+-+Guayaquil/@-2.2205959,-79.8875385,19z/data=!4m5!3m4!1s0x902d6e4fced73235:0xb76f5008ec6c4345!8m2!3d-2.2201497!4d-79.8866846>.
- [2] F. Lopez G. y R. Zurita R., «Profibus,» 2016. [En línea]. Available: <https://instrumentacionuc.wixsite.com/facultad-ingenieria/copia-de-devicenet>.
- [3] Aumecon S.A., «IO-Link a la hora de implementar Industrie 4.0 e IIoT,» [En línea]. Available: <http://www.edcontrol.com/index.php/instrumentacion/instrumentacion-187/item/70-io-link-a-la-hora-de-implementar-industrie-4-0-e-iiot>.
- [4] N. Ayllon, «PROFIBUS vs PROFINET: Estrategias de Comparación y Migración,» PI Norteamérica, Enero 2018. [En línea]. Available: <https://profibus.com.ar/profibus-vs-profinet-estrategias-de-comparacion-y-migracion/>.
- [5] Smar Technology Company, [En línea]. Available: <https://www.smar.com/espanol/profibus>.
- [6] Aula21, «Profibus: Qué es y cómo funciona?,» [En línea]. Available: <https://www.cursosaula21.com/que-es-profibus/>.
- [7] A. Rosado, «Profibus,» Universidad de Valencia, 2014. [En línea]. Available: https://www.uv.es/rosado/courses/sid/Capitulo3_rev0.pdf.
- [8] Aula21, «Profinet: Qué es y cómo funciona?,» [En línea]. Available: <https://www.cursosaula21.com/profinet-que-es-y-como-funciona/>.
- [9] Profinet University, «Canales de comunicación en Profinet,» [En línea]. Available: <https://profinetuniversity.com/profinet-basico/canales-de-comunicacion-en-profinet/>.

- [10] INCIBE, «Características y seguridad en Profinet,» 16 Febrero 2017. [En línea]. Available: <https://www.incibe-cert.es/blog/caracteristicas-y-seguridad-profinet>.
- [11] Innergy, «PLC Controlador Lógico Programable,» 2017. [En línea]. Available: <https://innergy-global.com/es/divisiones/innergy-electric/soluciones/software/plc>.
- [12] Siemens AG, «Sistemas de Automatización S7-1500,» 2013.
- [13] Siemens AG, «Load power supply module,» 2013.
- [14] Siemens AG, «Simatic S7-1500,» 2016.
- [15] Aula21, «Qué es un HMI, para que sirve la interfaz Hombre-Máquina,» [En línea]. Available: <https://www.cursosaula21.com/que-es-un-hmi/>.
- [16] Siemens AG, «HMI devices Basic Panels 2nd Generation,» 2016.
- [17] Siemens AG, «Industrial Ethernet switches SCALANCE XB-000,» 2014.
- [18] S&P, «¿Qué es y para qué sirve un variador de frecuencia?,» 2020.
- [19] Siemens AG, «Convertidor SINAMICS V20,» 2013.
- [20] Siemens AG, «SINAMICS G120: El variador de frecuencia modular,» 2012.
- [21] Ner Group, «Motores de inducción de jaula de ardilla ABB,» [En línea]. Available: <https://es.sogears.com/product/motor-abb>.

ANEXOS

ANEXO1: Solución propuesta de la práctica#1

Esta práctica consiste en la utilización de operaciones lógicas con bits para la realización de una secuencia de encendido de luces piloto presente en el módulo didáctico. Se propone el uso de una entrada de pulsos (a través de un botón) para hacer cambiar el estado de las salidas digitales; para ello se creó un bloque función que realice esa tarea. El bloque de función se utiliza para controlar 8 bits y aprovechando las cualidades de bloques FB se ha llamado al mismo 4 veces en el programa principal (Main – OB1).

1. Se diseña la estructura de red:

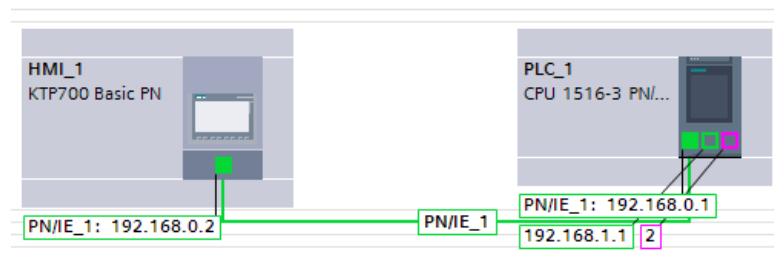


Figura 31. Arquitectura de red – Práctica#1

2. Se crea el bloque de función FB1 seleccionando el lenguaje FUP (Bloques funcionales).

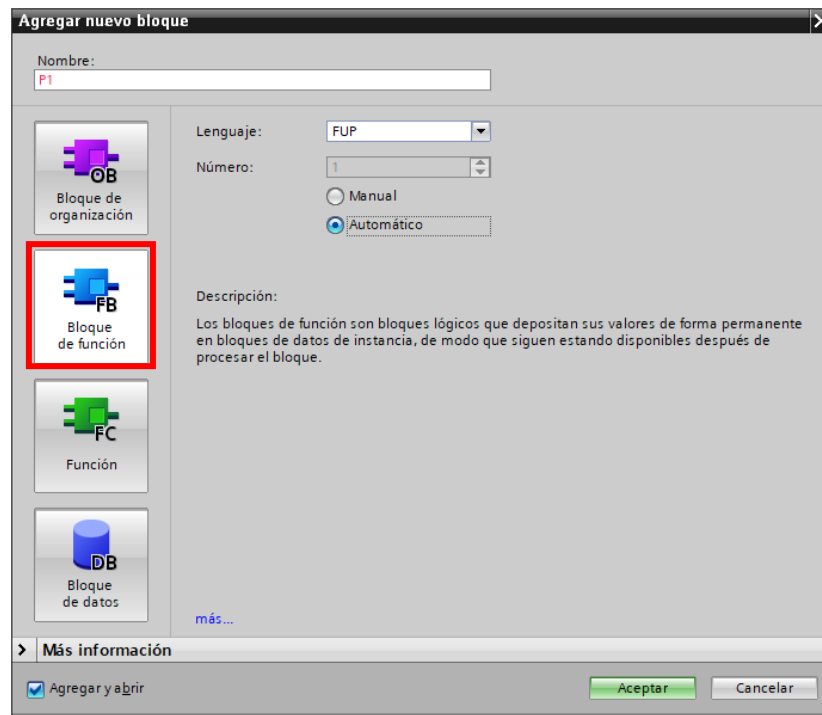


Figura 32. Bloque de función P1

3. Se definen las variables (locales) a utilizar dentro del bloque de función:

P1		
	Nombre	Tipo de datos
1	▼ Input	
2	Start	Bool
3	Stop	Bool
4	Pulse	Bool
5	▼ Output	
6	Q0	Bool
7	Q1	Bool
8	Q2	Bool
9	Q3	Bool
10	Q4	Bool
11	Q5	Bool
12	Q6	Bool
13	Q7	Bool
14	▼ InOut	
15	<Agrega>	
16	▼ Static	
17	Aux1	Bool
18	On	Bool
19	Aux2	Bool
20	Lock	Bool
21	Aux3	Bool
22	Aux4	Bool

Figura 33. Variables de bloque de función P1

4. Se programa la secuencia de encendido (cascada) utilizando operaciones lógicas con bits tales como: SET-RESET, detectores de flanco y compuertas lógicas.

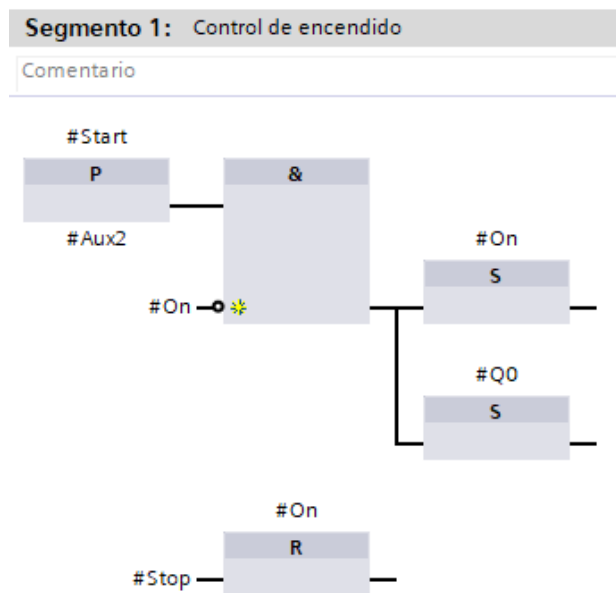
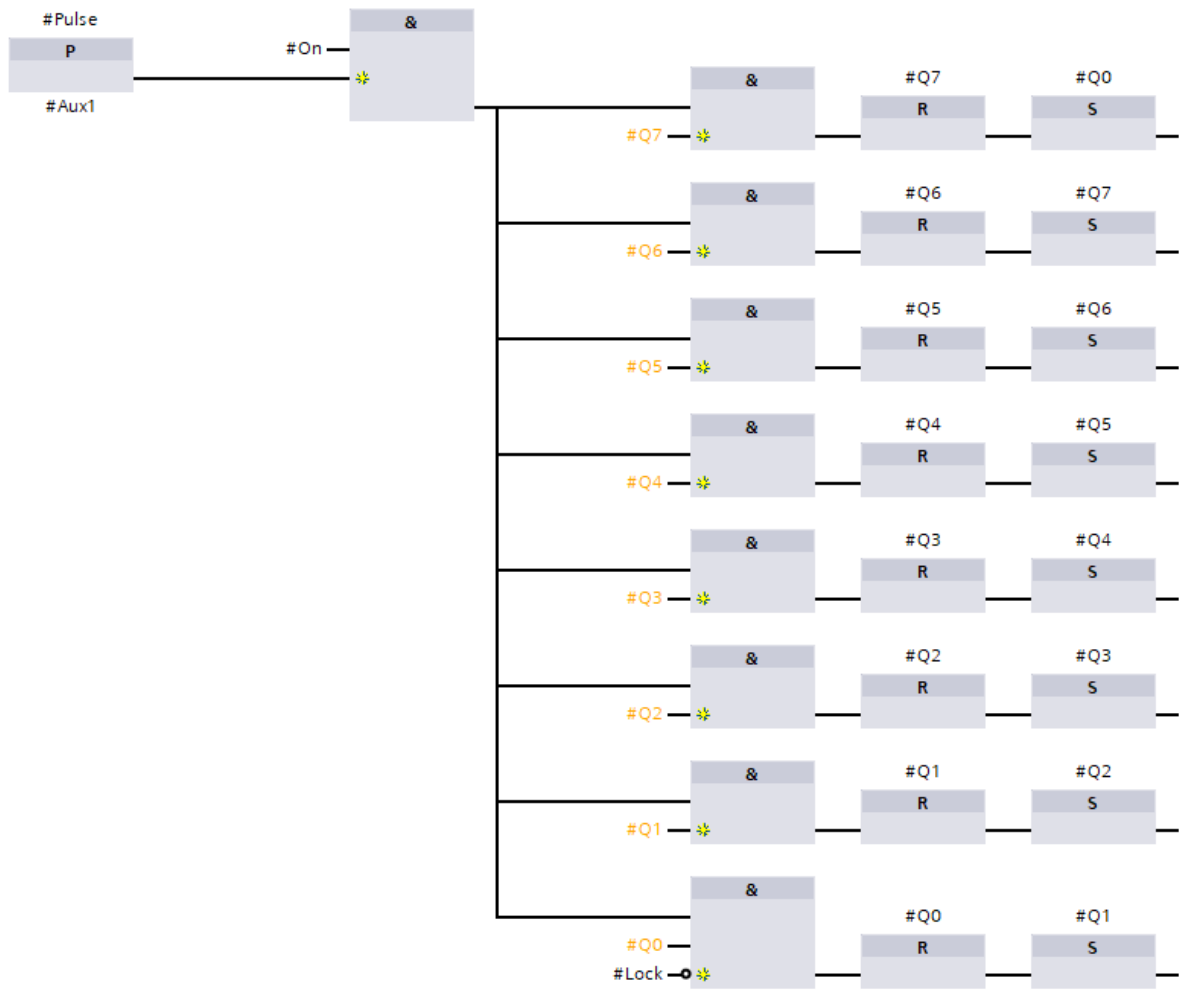


Figura 34. Segmento 1 - P1

Segmento 2: Secuencia de luces piloto

Comentario



Segmento 3: Bloqueo para reinicio

Comentario

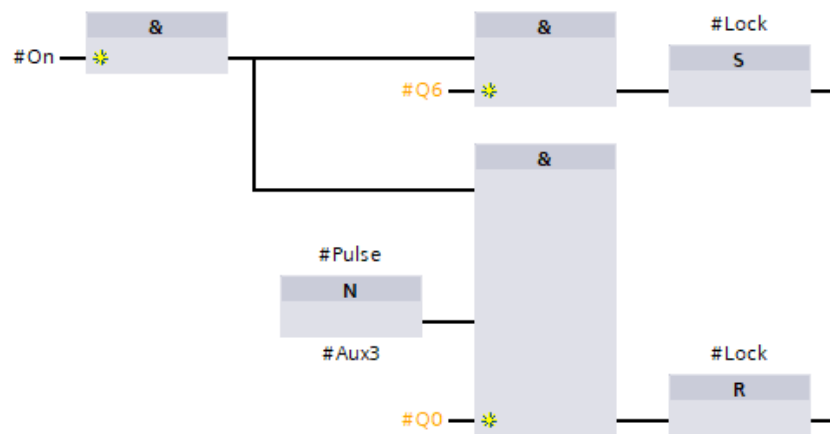


Figura 35. Segmentos 2 y 3 - P1

Segmento 4: Condiciones de apagado

Comentario

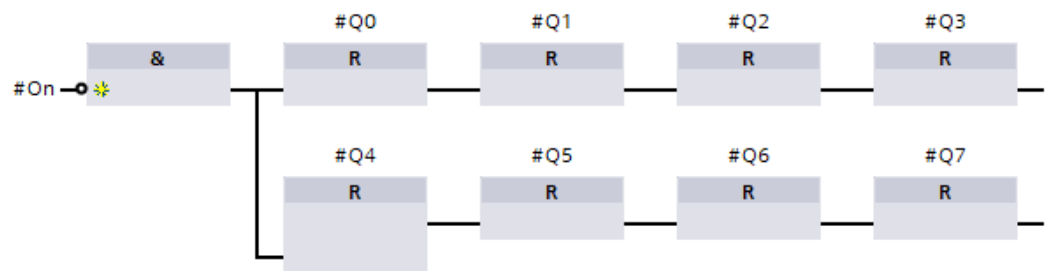


Figura 36. Segmento 4 - P1

5. Se llama al bloque función desde el programa principal.

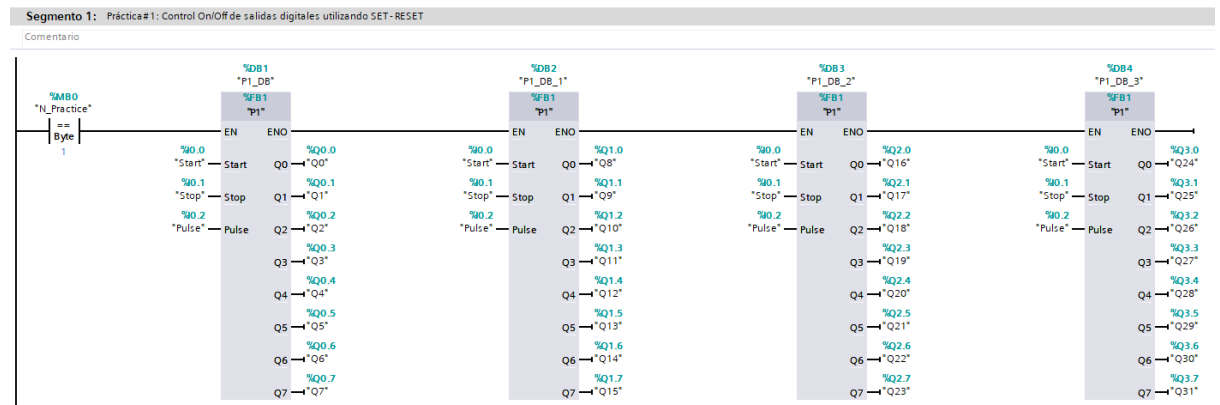


Figura 37. Segmento1 – Bloque principal

6. Se realiza la visualización de todas las entradas analógicas utilizando una interfaz humano-máquina con la siguiente apariencia:

Diseño e Implementación de un Módulo Didáctico para Prácticas de Red Profibus y Profinet con PLCs S71500 aplicado a motores trifásicos
 Autores: Isaac Luiggi Cevallos Polo - Daysi Silvana Santo Proaño

Práctica#1: Control On/Off de salidas digitales utilizando SET - RESET

Q0.0	Q0.1	Q0.2	Q0.3	Q0.4	Q0.5	Q0.6	Q0.7
Q1.0	Q1.1	Q1.2	Q1.3	Q1.4	Q1.5	Q1.6	Q1.7
Q2.0	Q2.1	Q2.2	Q2.3	Q2.4	Q2.5	Q2.6	Q2.7
Q3.0	Q3.1	Q3.2	Q3.3	Q3.4	Q3.5	Q3.6	Q3.7

Encendido
25/02/2020 16:39:52

Figura 38. Interfaz humano-máquina – práctica#1

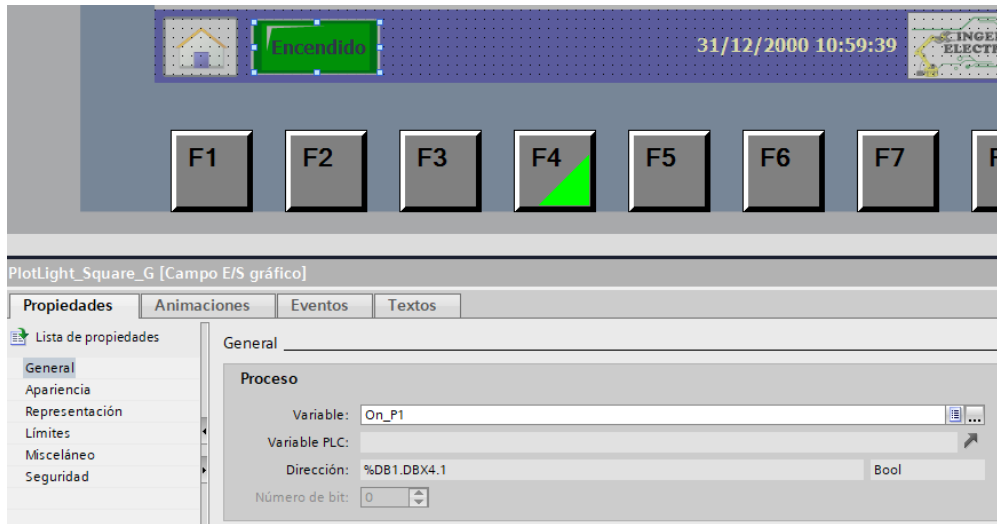


Figura 39. Indicador de encendido – P1.

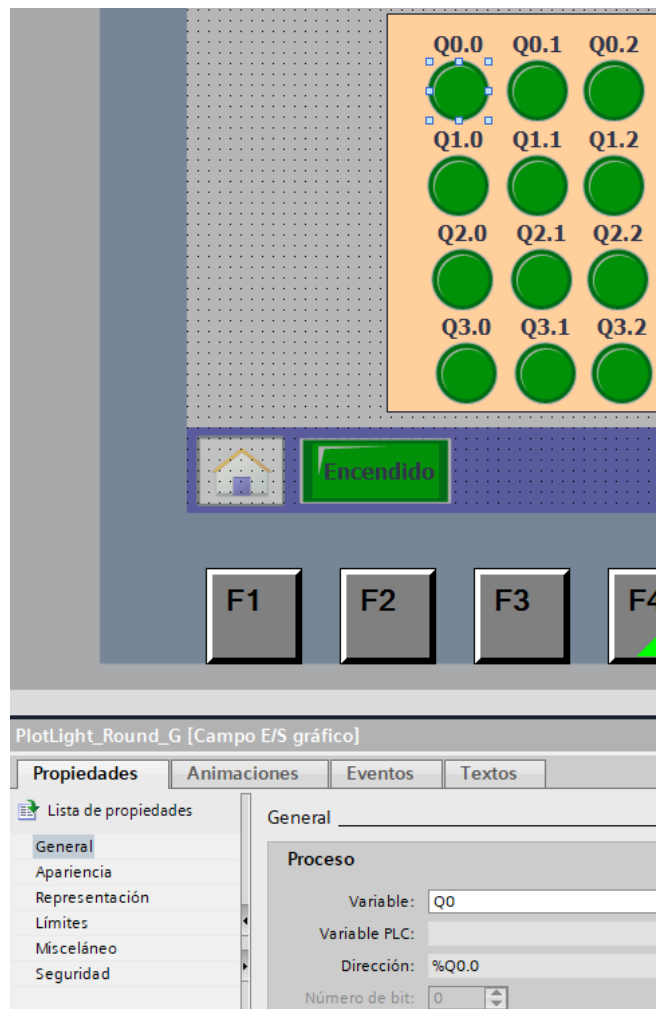


Figura 40. Indicador de salida digital1 – P1.

7. Se hace la carga del programa y pruebas respectivas en el módulo didáctico.

ANEXO2: Solución propuesta de la práctica#2

Esta práctica permite monitorear los valores correspondientes a todas las entradas analógicas disponibles en el módulo didáctico utilizando las funciones para normalizar y escalar de forma conjunta. Adicional a ello se hace uso de texto estructurado como lenguaje de programación (SCL) cuyos comandos están orientados a la fácil interpretación del usuario; una de las ventajas de este lenguaje corresponde a flexibilidad que se tiene para editar programas mayormente cuando incluye operaciones matemáticas.

1. Se diseña la estructura de red:



Figura 41. Arquitectura de red – Práctica#2

2. Se crea el bloque de función FB2 seleccionando el lenguaje FUP (Bloques funcionales).

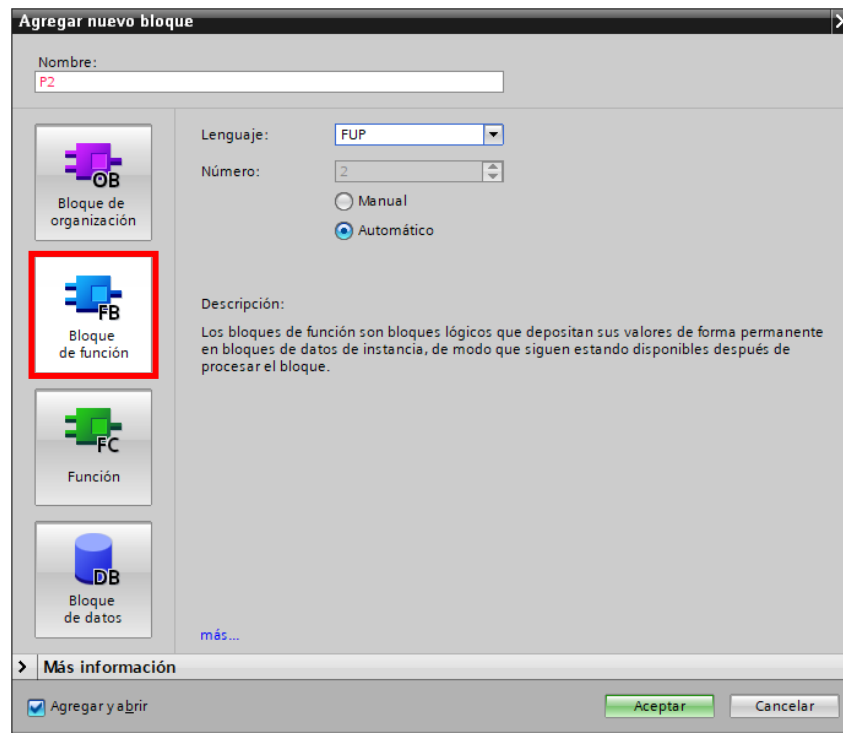


Figura 42. Bloque de función P2

- Se definen las variables (locales) a utilizar dentro del bloque de función:

P2		
	Nombre	Tipo de datos
1	▼ Input	
2	Start	Bool
3	Stop	Bool
4	AI0	UInt
5	AI1	UInt
6	AI2	UInt
7	AI3	UInt
8	AI4	UInt
9	AI5	UInt
10	AI6	UInt
11	AI7	UInt
12	▼ Output	
13	Vin0	Real
14	Vin1	Real
15	Vin2	Real
16	Vin3	Real
17	Vin4	Real
18	Vin5	Real
19	Vin6	Real
20	Vin7	Real

Figura 43. Variables de bloque de función P2

- Se programa el acondicionamiento de las variables analógicas utilizando las funciones normalizar y escalar en conjunto con operaciones lógicas.

```

Segmento 1: Control de encendido
Comentario
1 #On := ((#Start OR #On) AND (NOT #Stop));

Network 2: Acondicionamiento de señales analógicas por cada canal
0-27648, corresponde al rango de 0.0 a 10.0 Volts
1 IF #On = TRUE THEN //Conversion of values for analog variables
2   #Vin0 := SCALE_X_REAL(MIN := 0.0, MAX := 10.0, VALUE := (NORM_X_REAL(MIN := 0, MAX := 27648, VALUE := #AI0)));
3   #Vin1 := SCALE_X_REAL(MIN := 0.0, MAX := 10.0, VALUE := (NORM_X_REAL(MIN := 0, MAX := 27648, VALUE := #AI1)));
4   #Vin2 := SCALE_X_REAL(MIN := 0.0, MAX := 10.0, VALUE := (NORM_X_REAL(MIN := 0, MAX := 27648, VALUE := #AI2)));
5   #Vin3 := SCALE_X_REAL(MIN := 0.0, MAX := 10.0, VALUE := (NORM_X_REAL(MIN := 0, MAX := 27648, VALUE := #AI3)));
6   #Vin4 := SCALE_X_REAL(MIN := 0.0, MAX := 10.0, VALUE := (NORM_X_REAL(MIN := 0, MAX := 27648, VALUE := #AI4)));
7   #Vin5 := SCALE_X_REAL(MIN := 0.0, MAX := 10.0, VALUE := (NORM_X_REAL(MIN := 0, MAX := 27648, VALUE := #AI5)));
8   #Vin6 := SCALE_X_REAL(MIN := 0.0, MAX := 10.0, VALUE := (NORM_X_REAL(MIN := 0, MAX := 27648, VALUE := #AI6)));
9   #Vin7 := SCALE_X_REAL(MIN := 0.0, MAX := 10.0, VALUE := (NORM_X_REAL(MIN := 0, MAX := 27648, VALUE := #AI7)));
10 ELSE //Disable all analog aoutputs
11   #Vin0 := 0.0;
12   #Vin1 := 0.0;
13   #Vin2 := 0.0;
14   #Vin3 := 0.0;
15   #Vin4 := 0.0;
16   #Vin5 := 0.0;
17   #Vin6 := 0.0;
18   #Vin7 := 0.0;
19 END_IF;
20

```

Figura 44. Segmentos 1 y 2 – P2

5. Se llama al bloque función desde el programa principal.

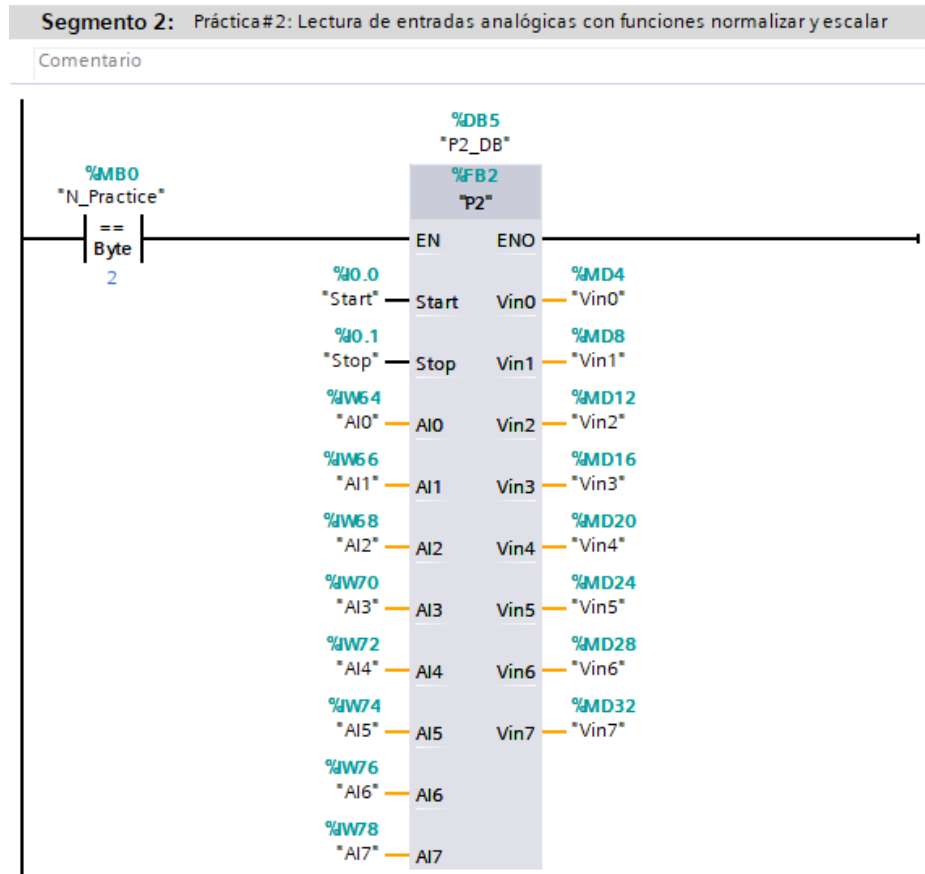


Figura 45. Segmento2 – Bloque principal

6. Se realiza la visualización de todas las entradas analógicas utilizando una interfaz humano-máquina con la siguiente apariencia:

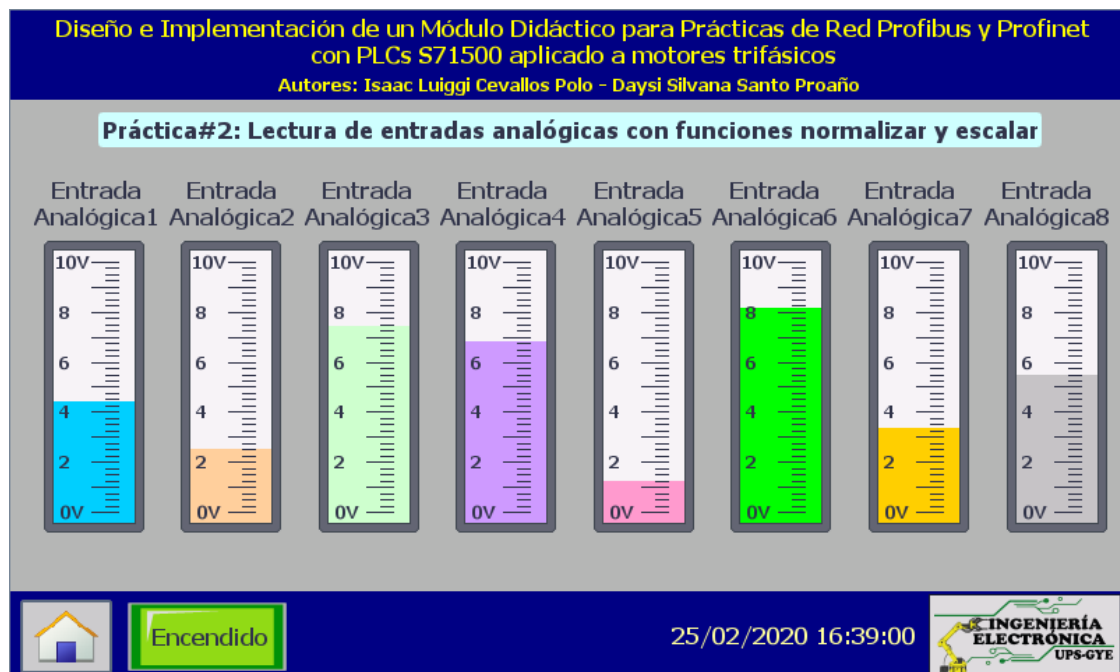


Figura 46. Interfaz humano-máquina – práctica#2

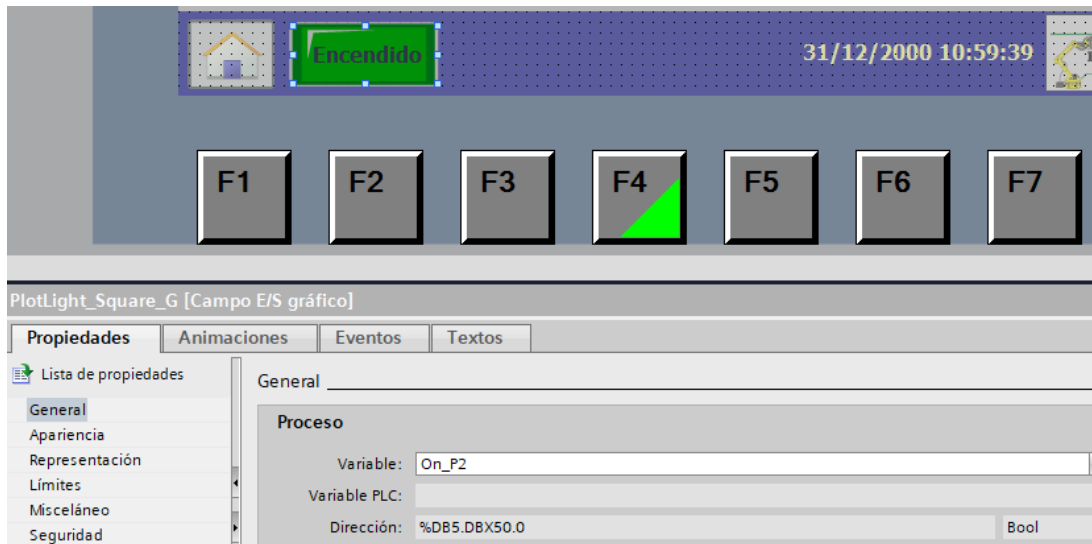


Figura 47. Indicador de encendido – P2.

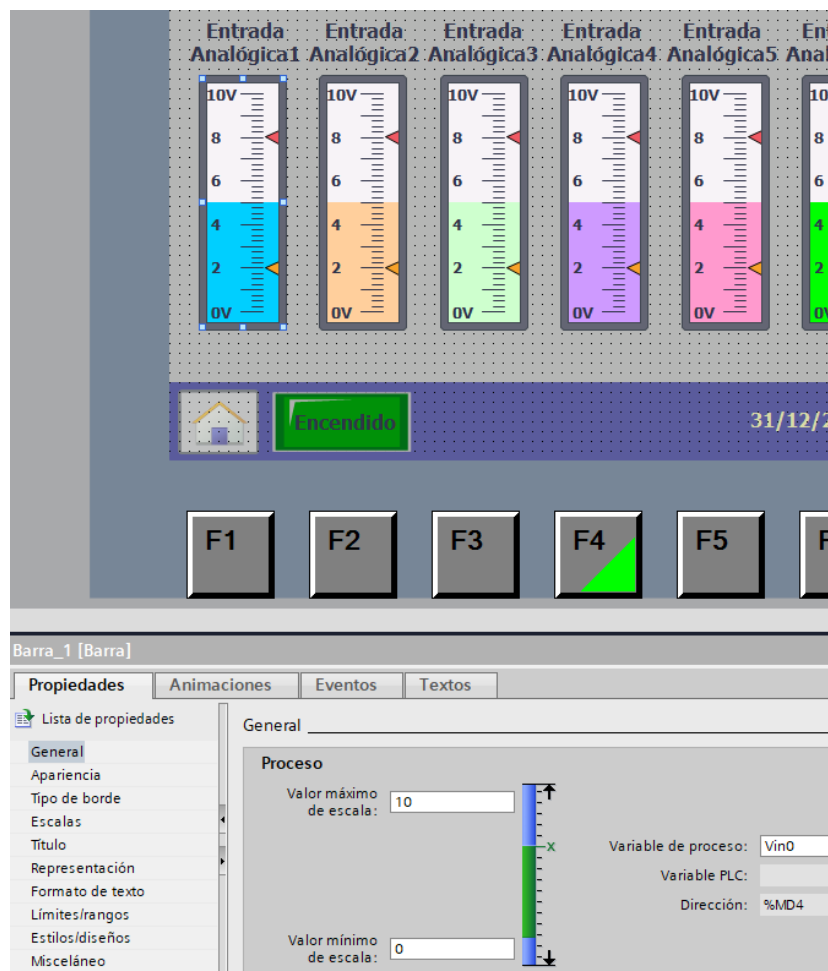


Figura 48. Indicador analógico tipo “slider” – P2.

7. Se hace la carga del programa y pruebas respectivas en el módulo didáctico.

ANEXO3: Solución propuesta de la práctica#3

El objetivo de esta práctica consiste en incrementar la destreza de programación de autómatas industriales considerando elementos típicos que se utilizan en aplicaciones reales. Para ello se plantea la activación secuencial de salidas digitales utilizando principalmente un contador ascendente/descendente, marcas de ciclo y elementos de comparación. A través de comparadores el estudiante podrá programar una secuencia tipo vaivén que incluye cambio de dirección al llegar a los extremos; además es posible cambiar la velocidad de la secuencia simplemente con el cambio de la marca de ciclo.

1. Se diseña la estructura de red:



Figura 49. Arquitectura de red – Práctica#3

2. Se crea el bloque de función FB3 seleccionando el lenguaje FUP (Bloques funcionales).

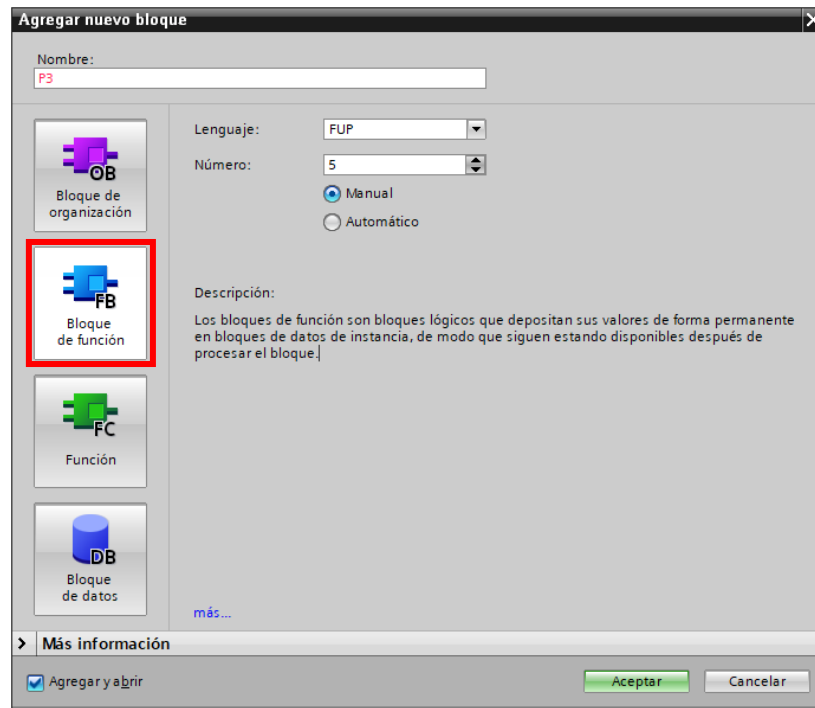


Figura 50. Bloque de función P3

3. Se definen las variables (locales) a utilizar dentro del bloque de función:

P3		
	Nombre	Tipo de datos
1	Input	
2	Start	Bool
3	Stop	Bool
4	Clock	Bool
5	Output	
6	Q0	Bool
7	Q1	Bool
8	Q2	Bool
9	Q3	Bool
10	Q4	Bool
11	Q5	Bool
12	Q6	Bool
13	Q7	Bool
14	InOut	
15	<Agregar>	
16	Static	
17	On	Bool
18	Dir	Bool
19	Aux1	Bool
20	Aux2	Bool

Figura 51. Variables de bloque de función P3

4. Se programa la secuencia de luces utilizando con los bloques mencionados previamente.

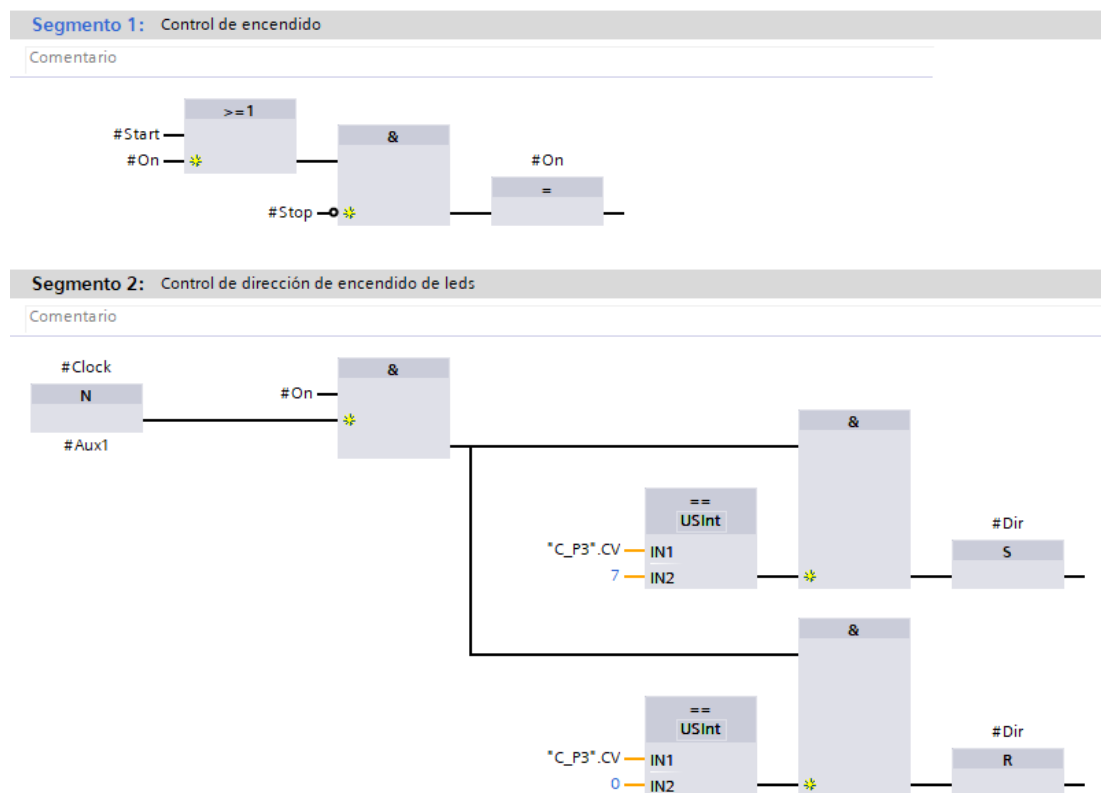
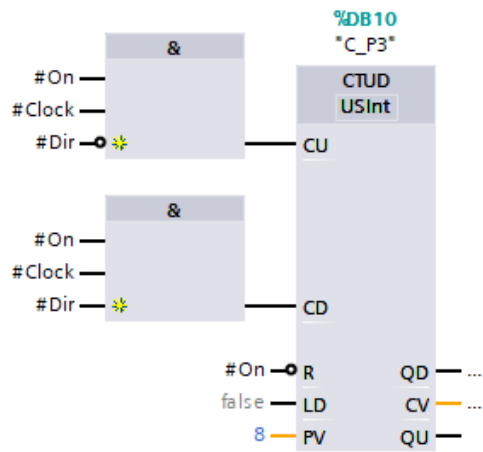


Figura 52. Segmento 1 y 2 – P3

Segmento 3: Contador de posición para encendido de luces

Comentario



Segmento 4: Activación de salidas según condición establecida

Comentario

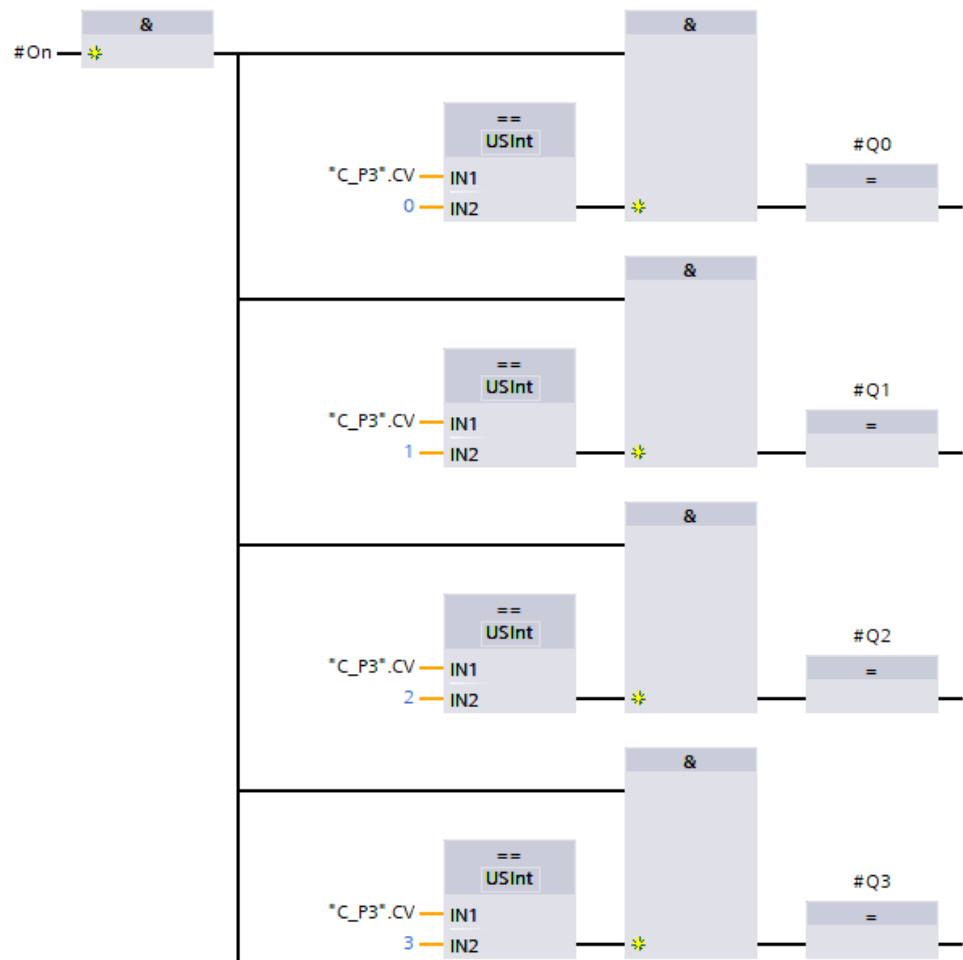
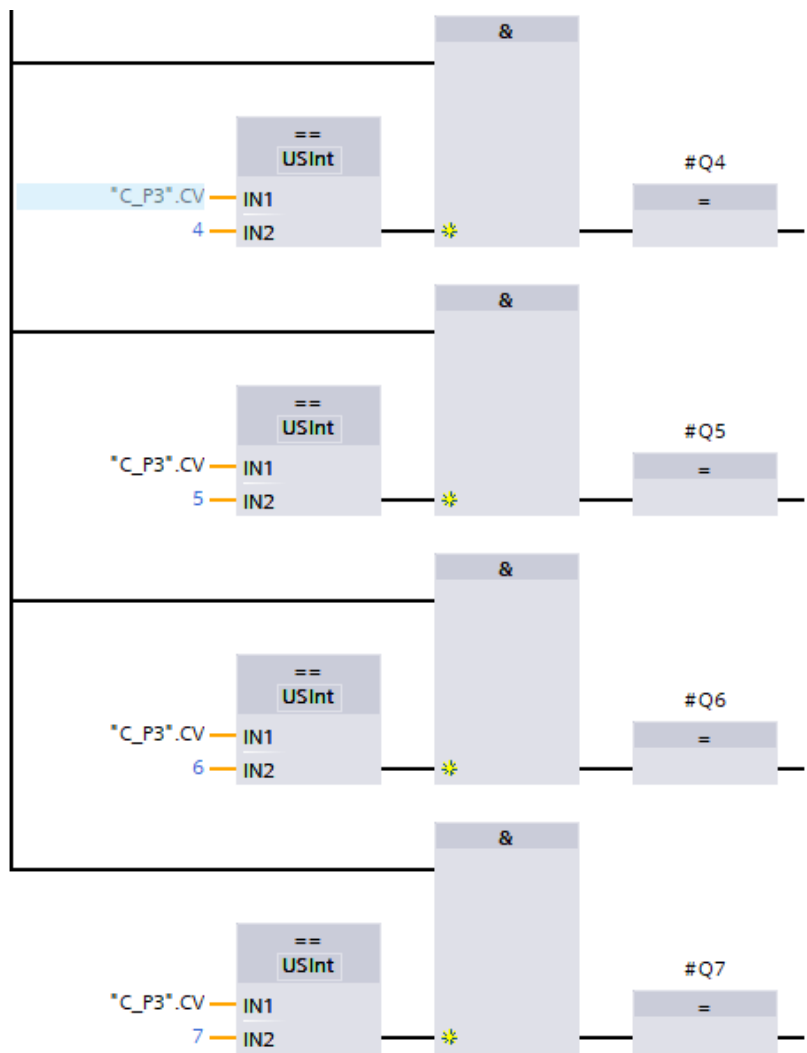


Figura 53. Segmento 3 y 4 – P3



Segmento 5: Acciones de apagado

Comentario

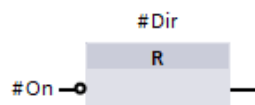


Figura 54. Segmento 4 y 5 – P3

5. Se llama al bloque función desde el programa principal.

Comentario

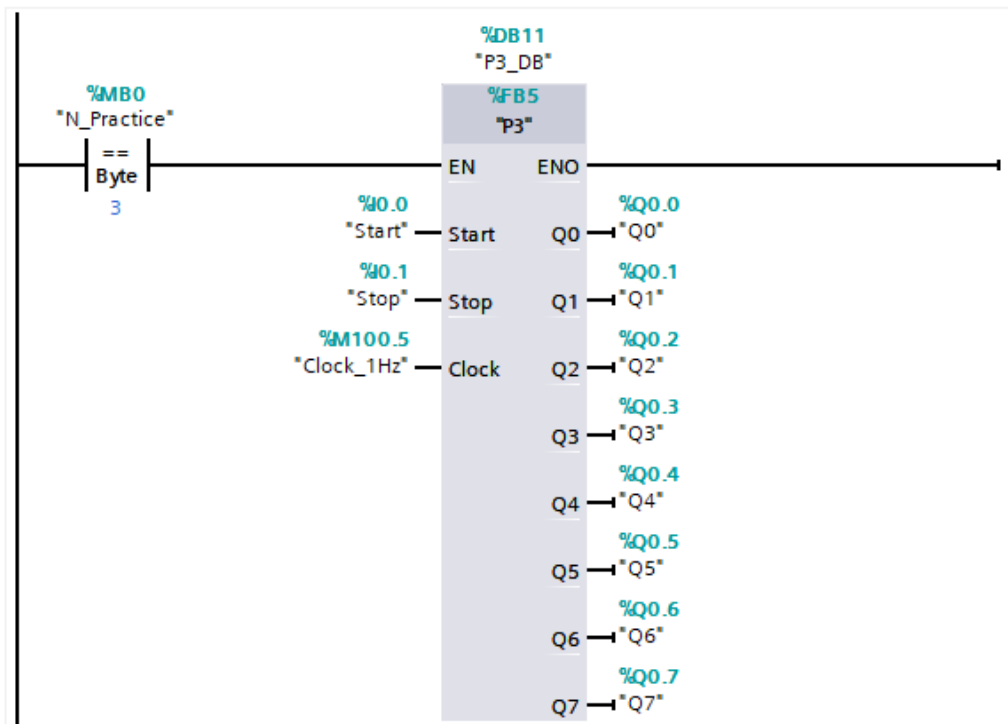


Figura 55. Segmento3 – Bloque principal

- Se realiza la visualización de todas las salidas digitales utilizando una interfaz humano-máquina con la siguiente apariencia:

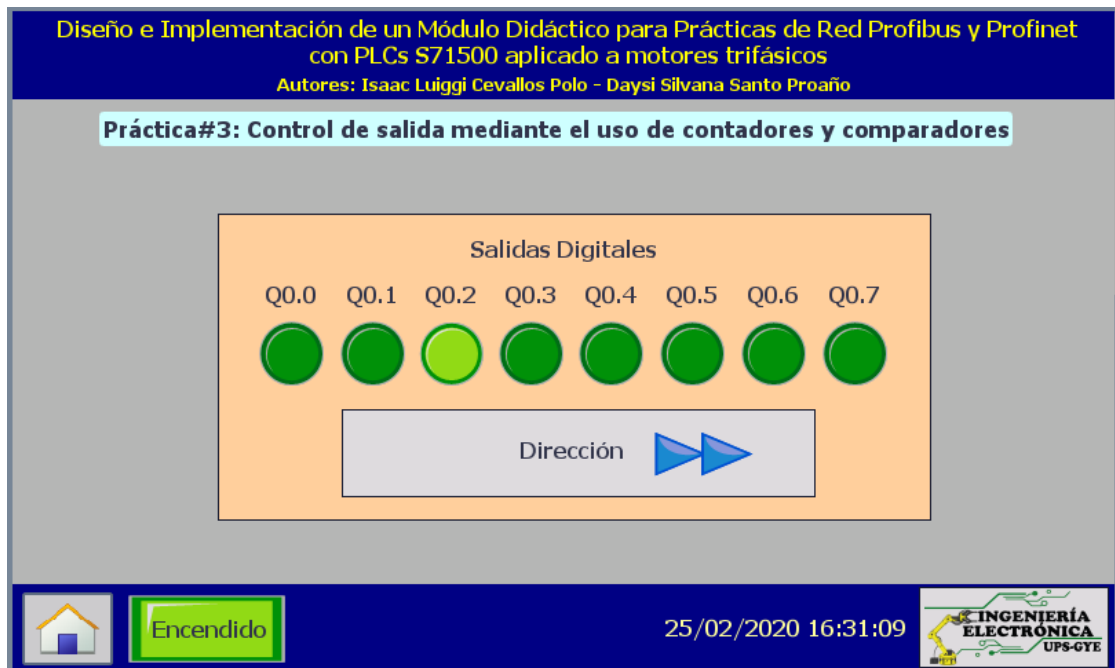


Figura 56. Interfaz humano-máquina – práctica#3

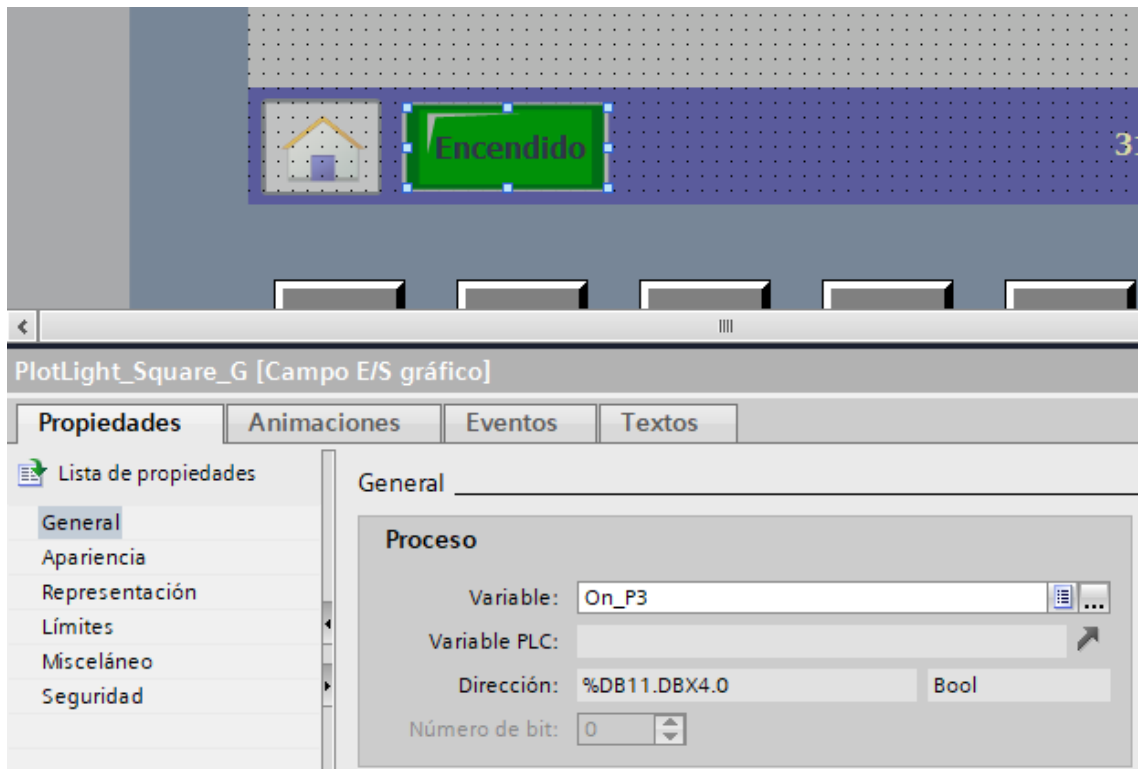


Figura 57. Indicador de encendido – P3.

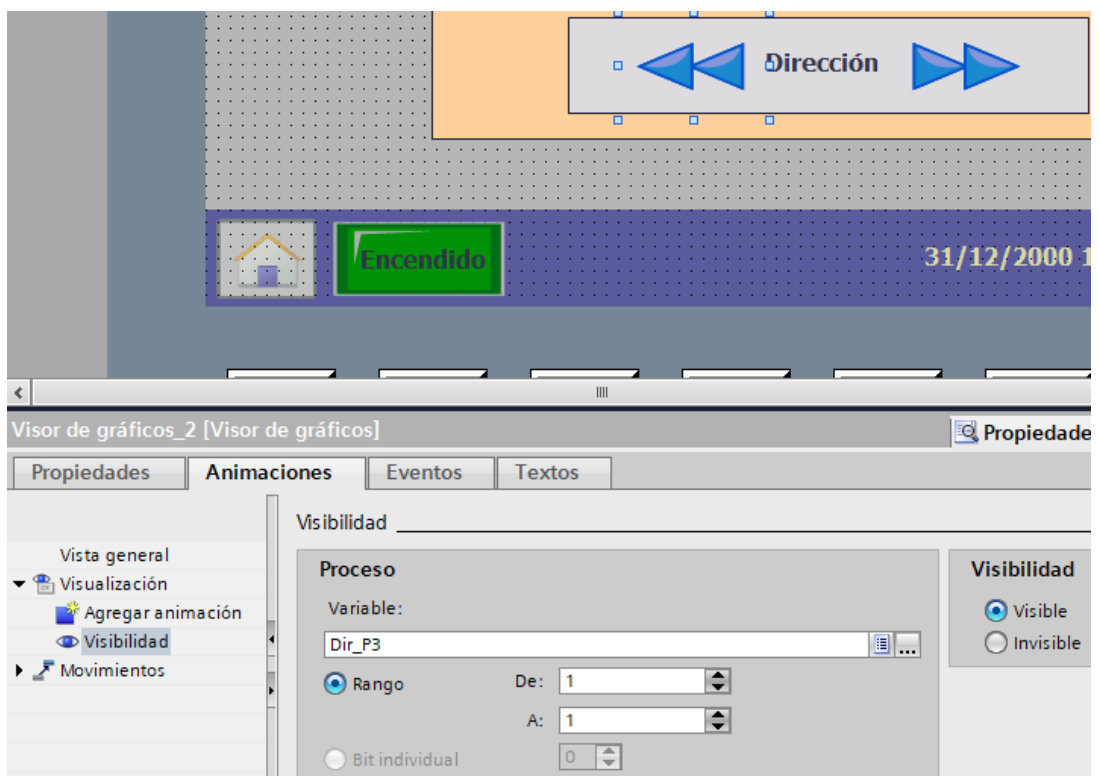


Figura 58. Indicador1 de dirección para encendido de luces piloto – P3.

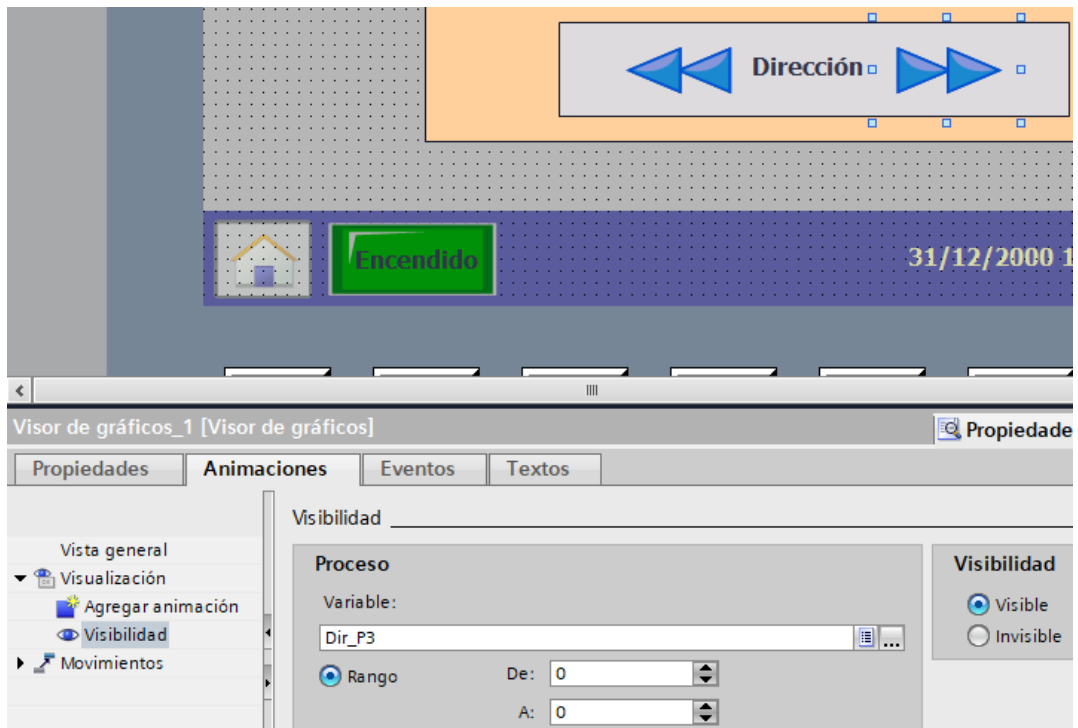


Figura 59. Indicador2 de dirección para encendido de luces piloto – P3.

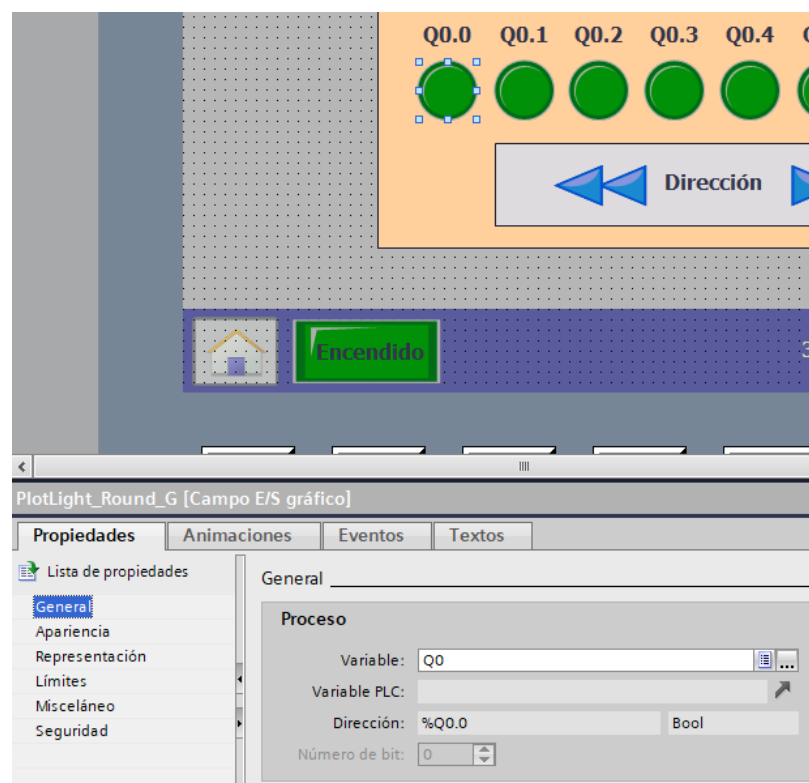


Figura 60. Indicador de la primera salida digital – P3.

7. Se hace la carga del programa y pruebas respectivas en el módulo didáctico.

ANEXO4: Solución propuesta de la práctica#4

Para esta aplicación se ha implementado un semáforo de 2 vías haciendo uso de un solo temporizador y varios comparadores para realizar la activación de las salidas según la secuencia estándar que se aprecia en las calles. Adicional a ello se hace uso de entradas en el bloque de función para poder manipular los tiempos de habilitación de las salidas digitales.

1. Se diseña la estructura de red:

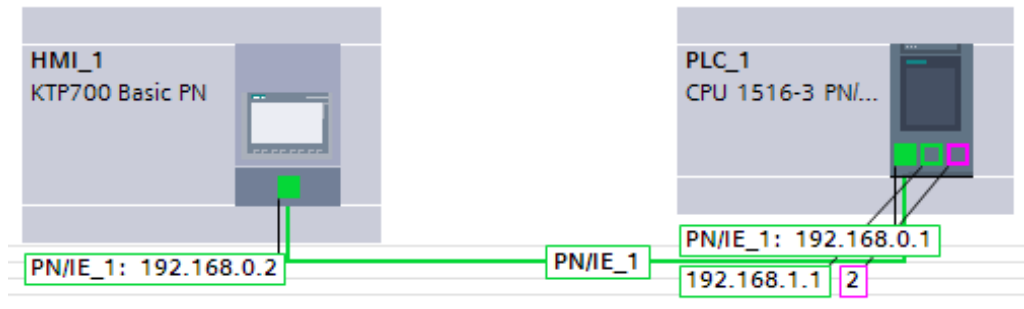


Figura 61. Arquitectura de red – Práctica#4

2. Se crea el bloque de función FB4 seleccionando el lenguaje FUP (Bloques funcionales).

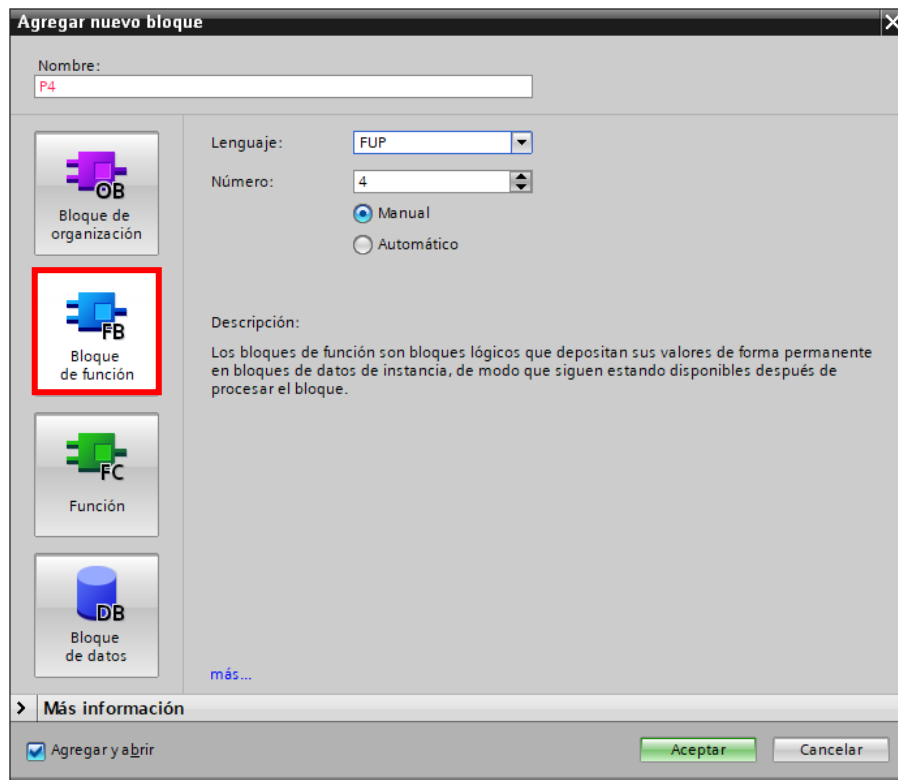


Figura 62. Bloque de función P4

3. Se definen las variables (locales) a utilizar dentro del bloque de función:

P4		
	Nombre	Tipo de datos
1	▼ Input	
2	Start	Bool
3	Stop	Bool
4	TG_ms	UDInt
5	TY_ms	UDInt
6	▼ Output	
7	G1	Bool
8	Y1	Bool
9	R1	Bool
10	G2	Bool
11	Y2	Bool
12	R2	Bool
15	▼ Static	
16	On	Bool
17	Period	DWord
18	Current_Time	DWord
19	Half_period	DWord
20	Time1	DWord

Figura 63. Variables de bloque de función P4

4. Se programa el semáforo según las condiciones mencionadas previamente.

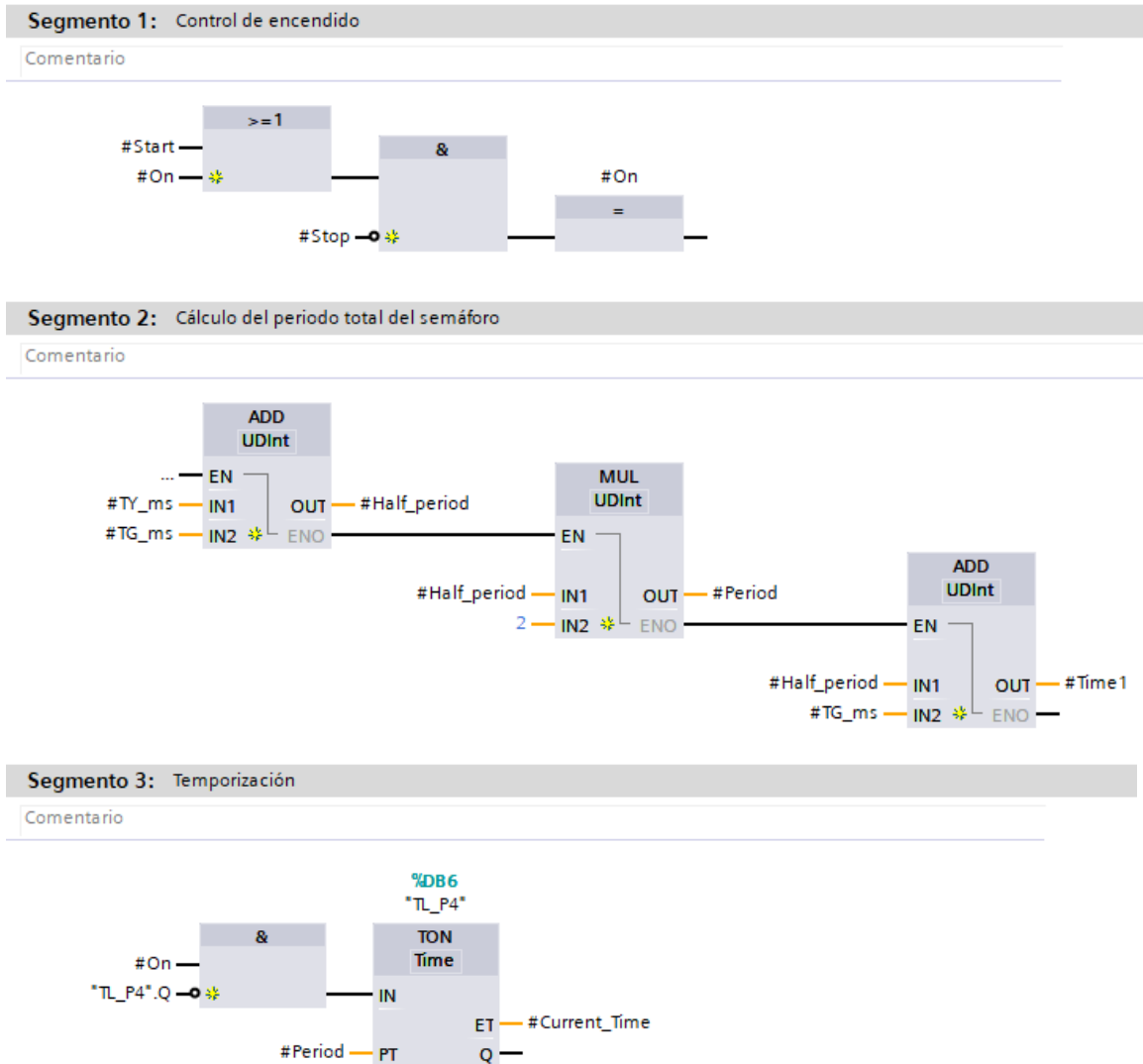


Figura 64. Segmento 1, 2 y 3 – P4

Segmento 4: Control de activación de salidas de forma secuencial

Comentario

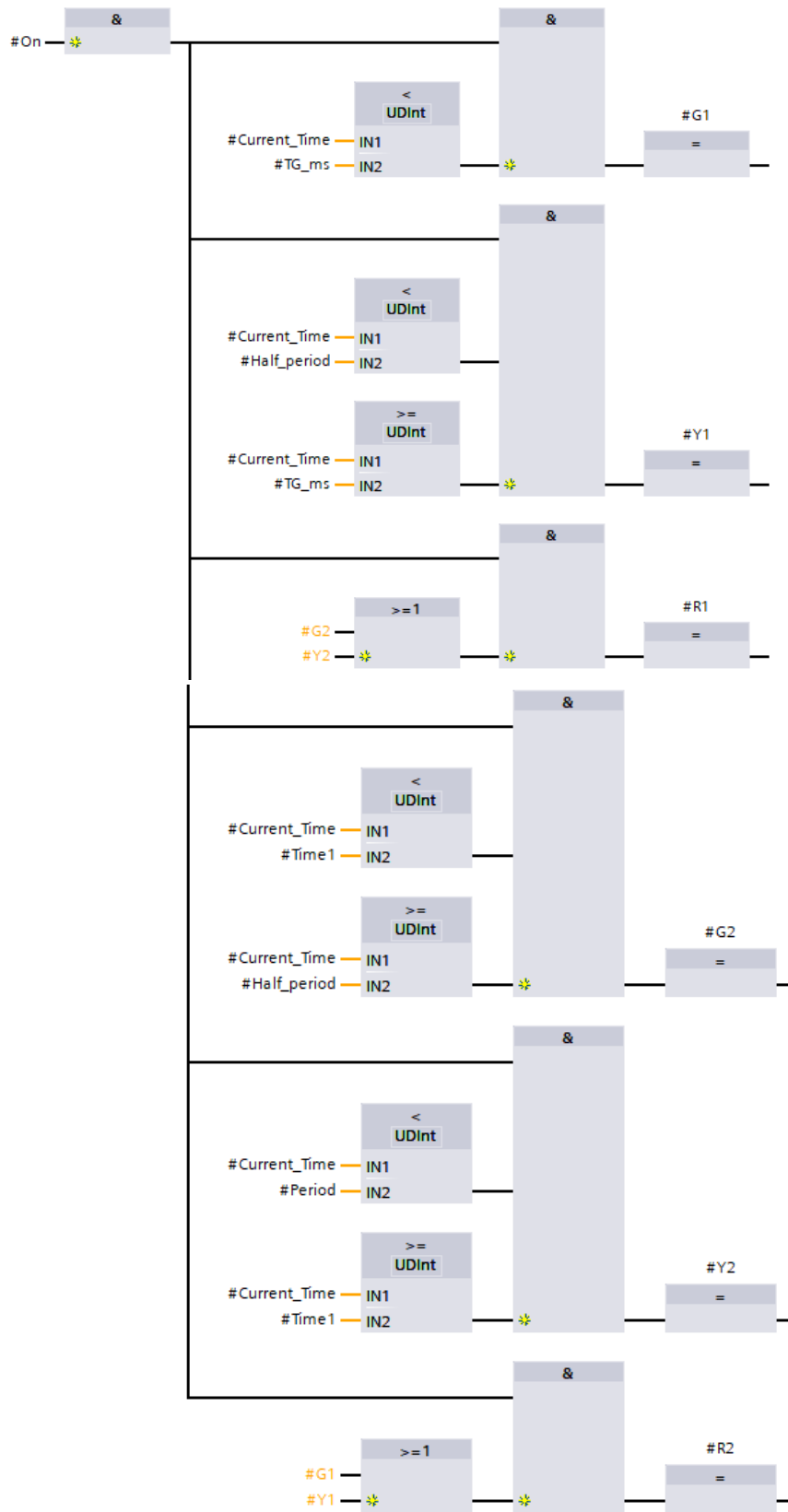


Figura 65. Segmento 4 – P4

5. Se llama al bloque función desde el programa principal.

Segmento 4: Práctica#4: Simulación de dos semáforos con 6 salidas físicas digitales utilizando un controlador S7-1500

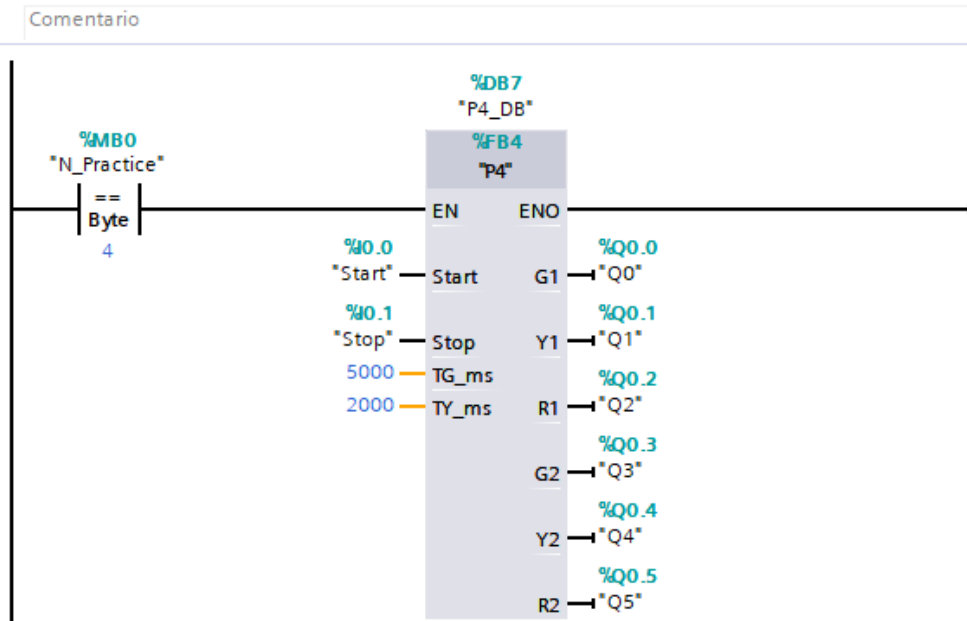


Figura 66. Segmento4 – Bloque principal

6. Se realiza la pantalla del semáforo utilizando una interfaz humano-máquina con la siguiente apariencia:



Figura 67. Interfaz humano-máquina – práctica#4

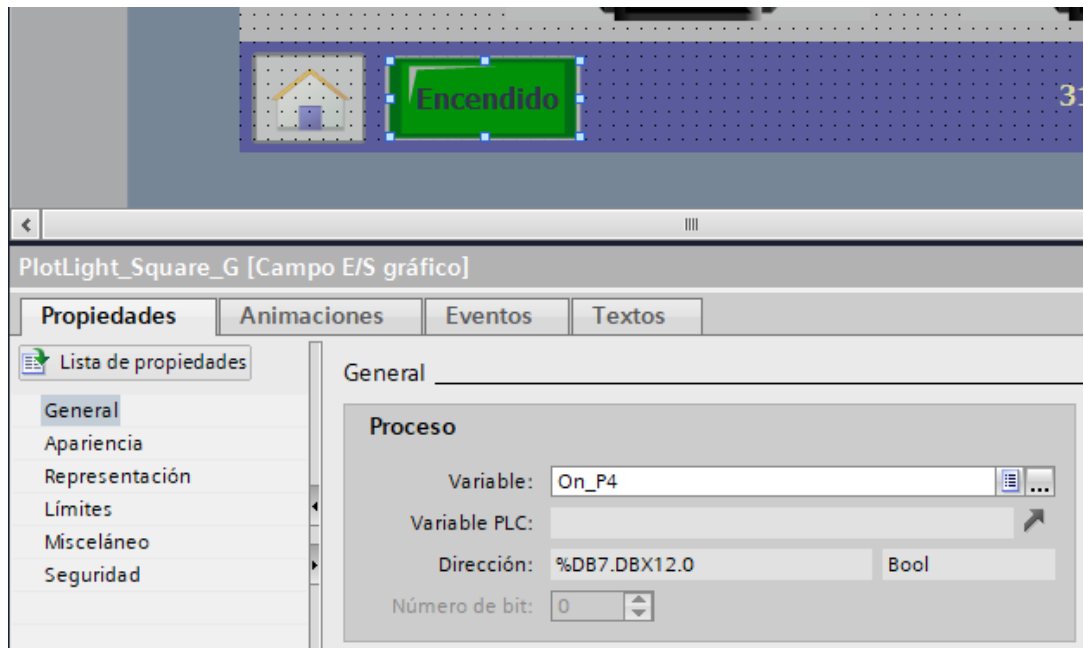


Figura 68. Indicador de encendido – P4.

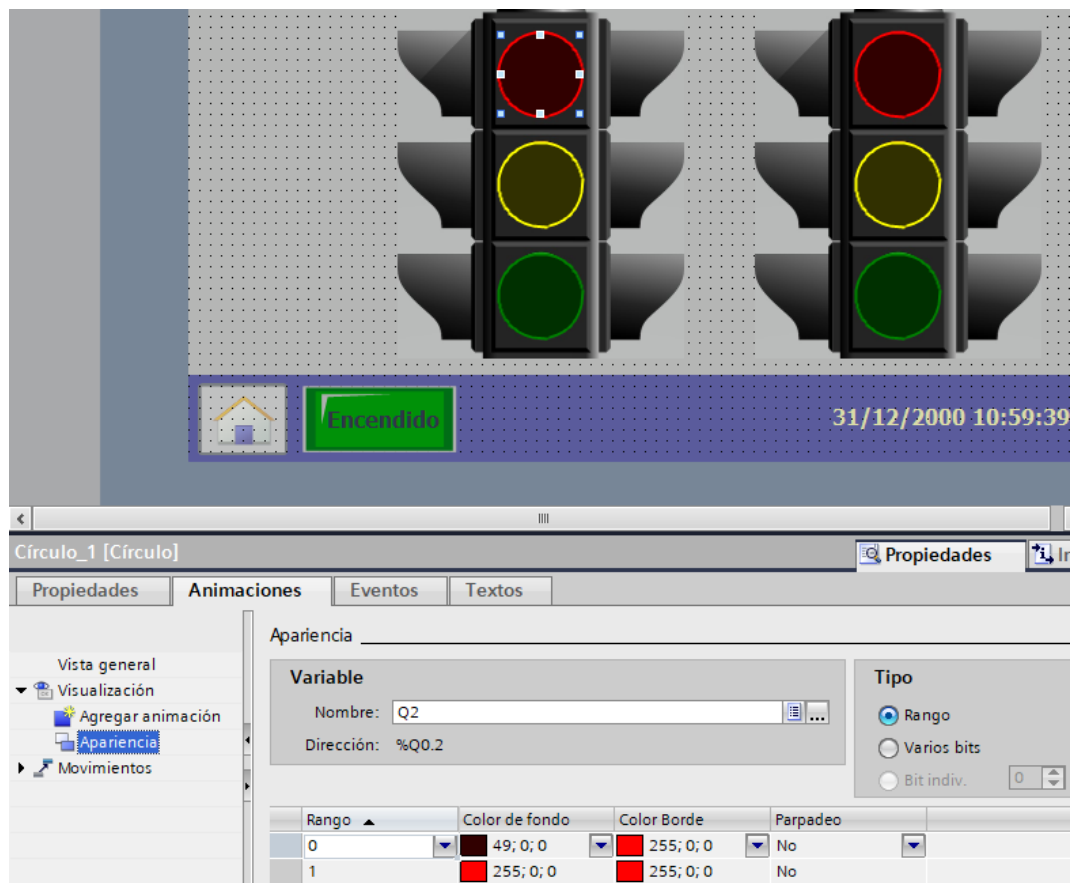


Figura 69. Configuración de luz roja para semáforo1 – P4.

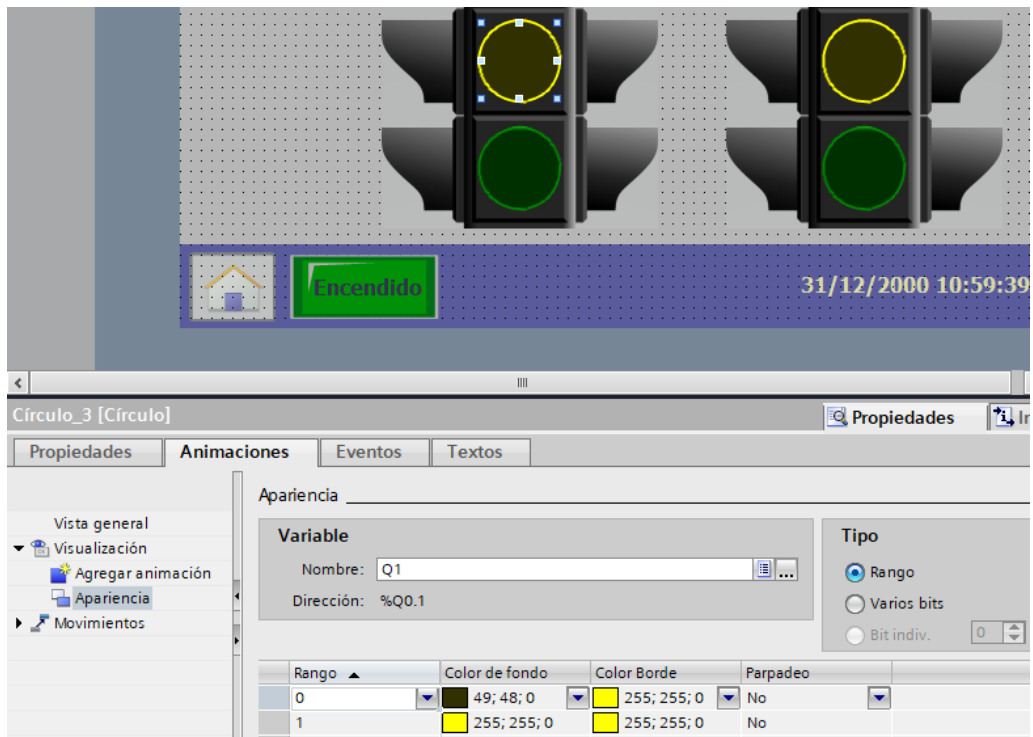


Figura 70. Configuración de luz amarilla para semáforo1 – P4.

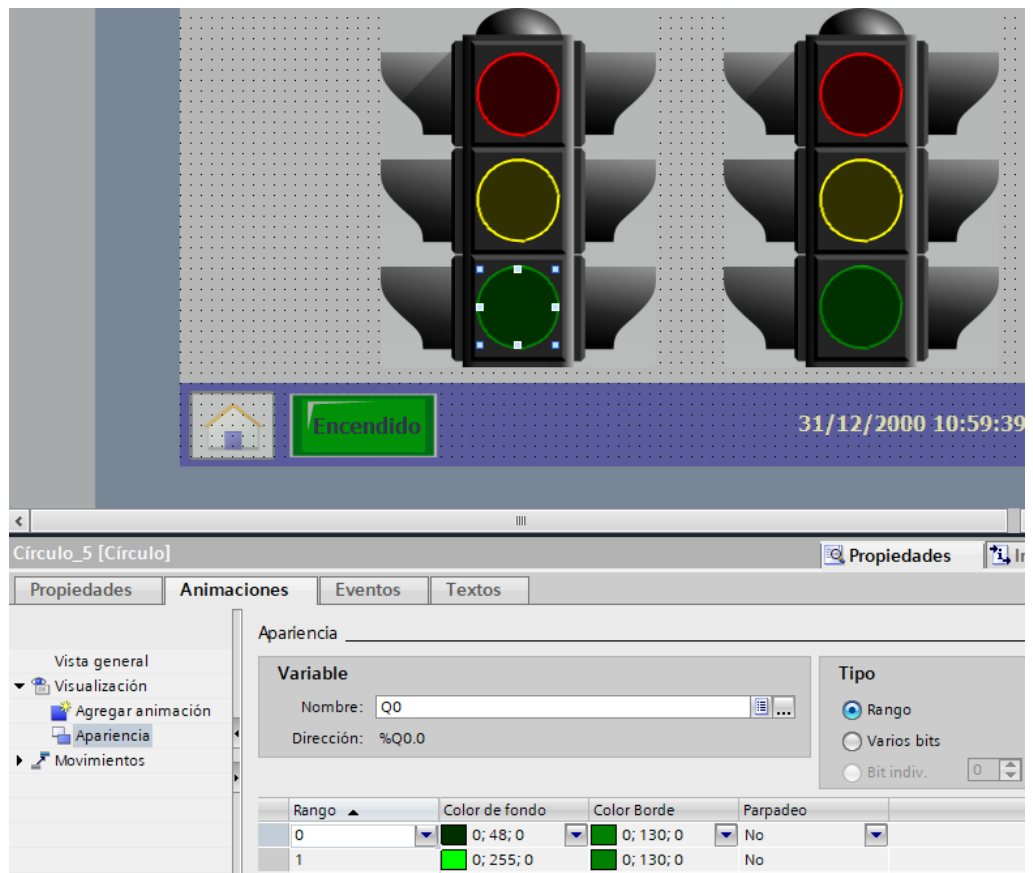


Figura 71. Configuración de luz verde para semáforo1 – P4.

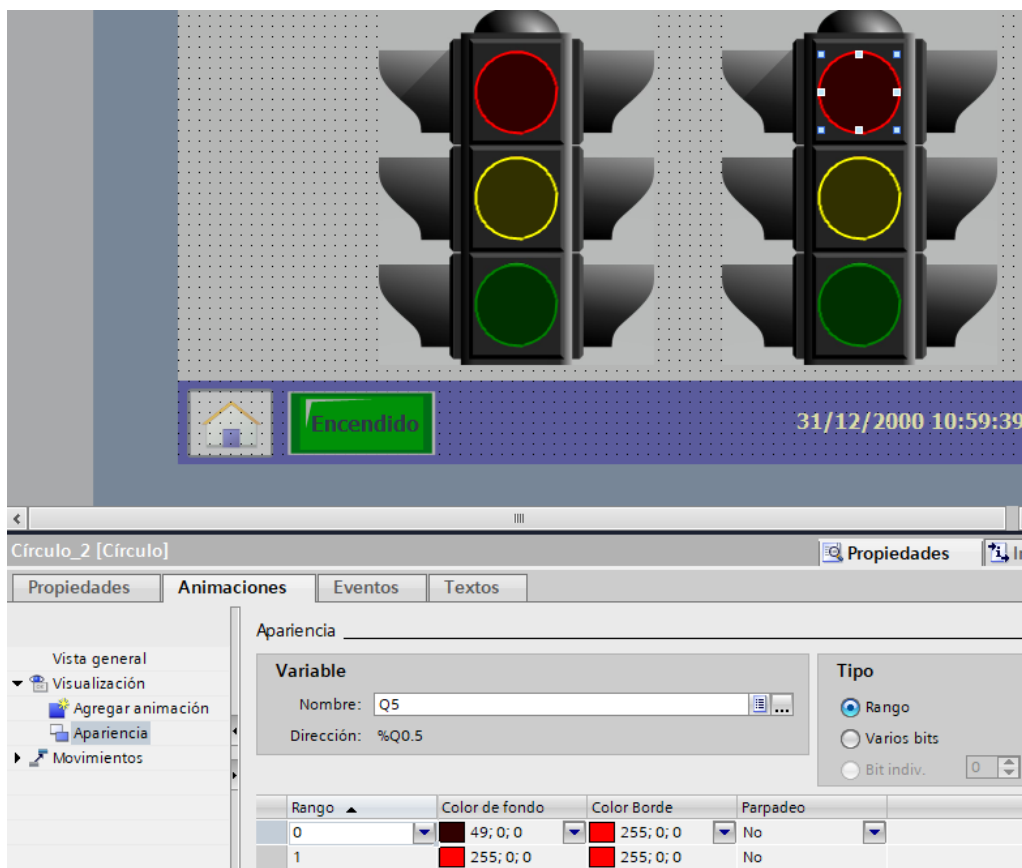


Figura 72. Configuración de luz roja para semáforo2 – P4.

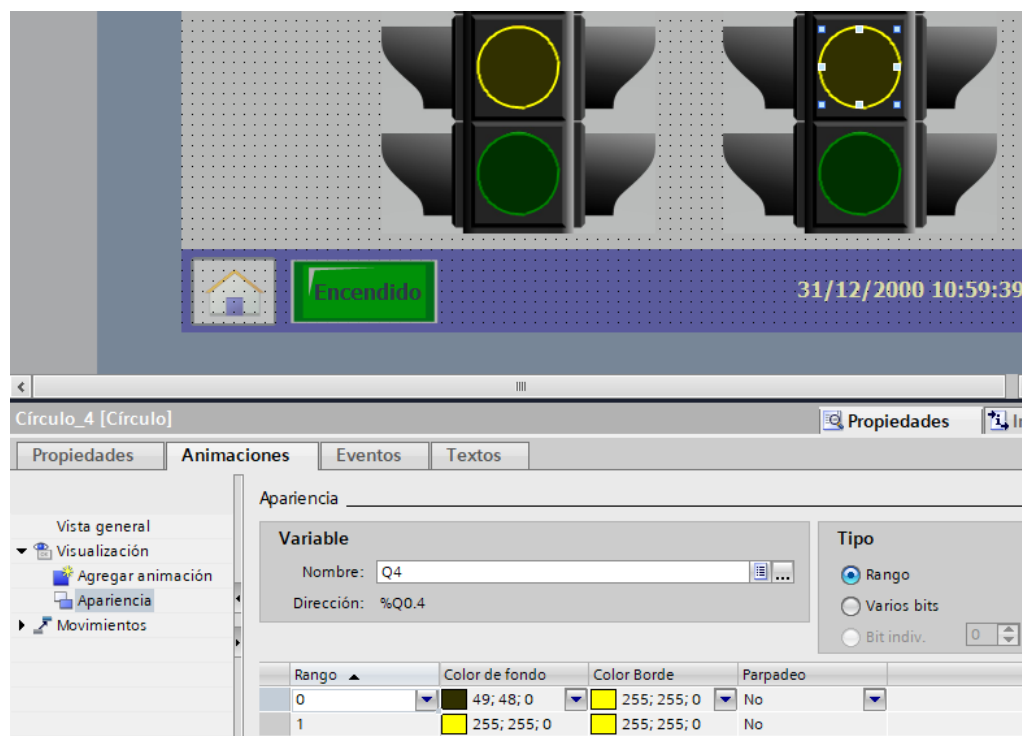


Figura 73. Configuración de luz amarilla para semáforo2 – P4.

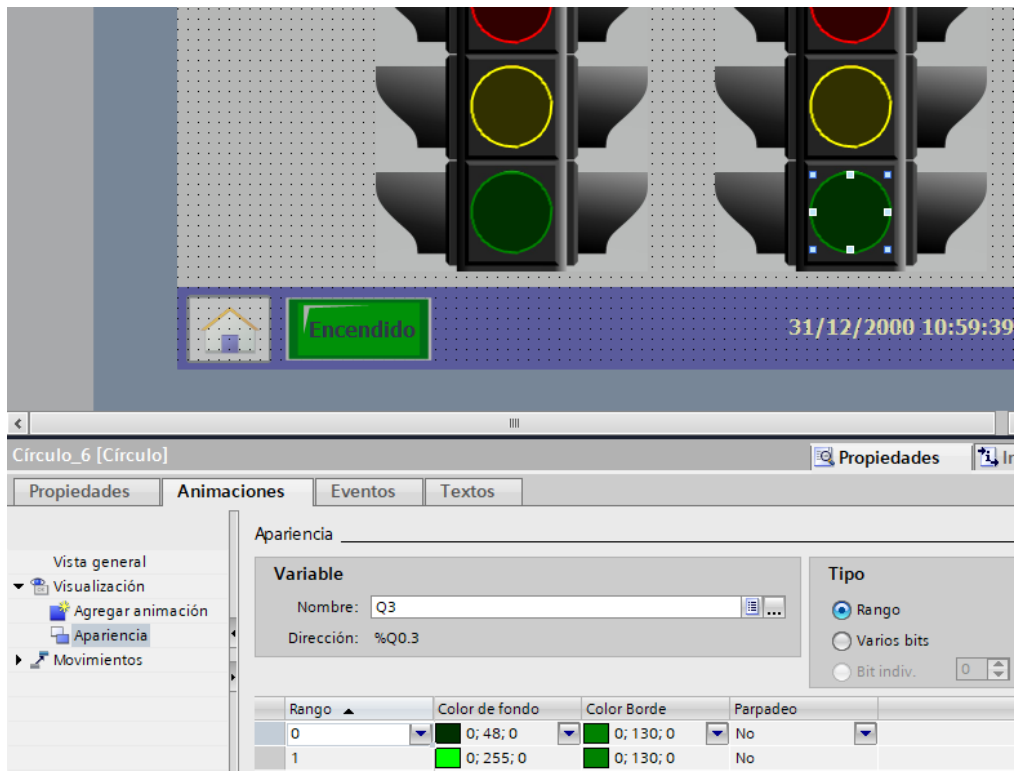


Figura 74. Configuración de luz verde para semáforo2 – P4.

7. Se hace la carga del programa y pruebas respectivas en el módulo didáctico.

ANEXO5: Solución propuesta de la práctica#5

El enfoque de esta práctica está en poder controlar un accionamiento de velocidad variable (Drive) conectado a un motor trifásico y como consecuencia regular la velocidad de este. Esta técnica es importante ya que muchos de los procesos en la industria trabajan con el control analógico de variadores de frecuencia a través de controladores lógicos programables. Para ello se ha implementado un programa para regular el valor de voltaje de la salida analógica del PLC y a su vez se ha parametrizado el variador para que la consigna de frecuencia sea a través de su entrada analógica.

Se ha considerado 2 modos de operación, Manual y Automático. En modo manual, el usuario puede cambiar la consigna de velocidad considerando un máximo de 60Hz. En modo Automático, se tiene preprogramado una secuencia para cambios de consigna en forma de escalones ascendentes y descendentes con pasos de 10 segundos en cada frecuencia.

1. Se diseña la estructura de red:



Figura 75. Arquitectura de red – Práctica#5

2. Se crea el bloque de función FB5 seleccionando el lenguaje FUP (Bloques funcionales).

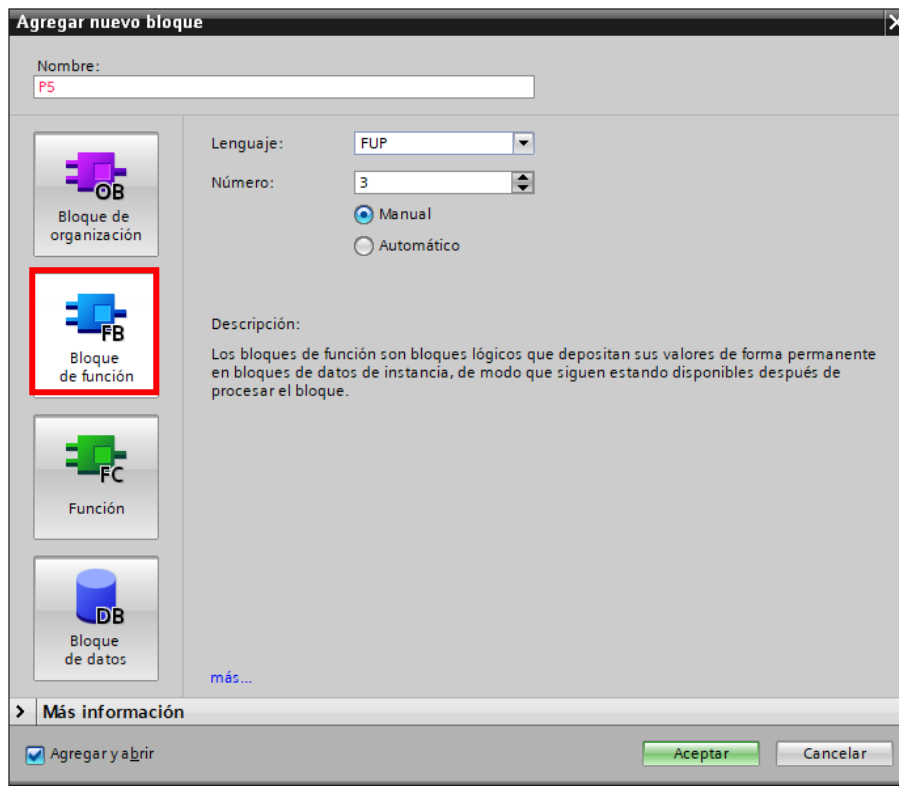


Figura 76. Bloque de función P5

3. Se definen las variables (locales) a utilizar dentro del bloque de función:

P5		
	Nombre	Tipo de datos
1	▼ Input	
2	■ Start	Bool
3	■ Stop	Bool
4	■ Frecuency	Real
5	■ Sequence	Bool
6	▼ Output	
7	■ On_Off	Bool
8	■ AQ	Int
9	▼ InOut	
10	■ <Agregar>	
11	▼ Static	
12	■ AQ_norm	Real

Figura 77. Variables de bloque de función P1

4. Se programa el control analógico del variador de velocidad en dos modos de operación según lo especificado previamente.

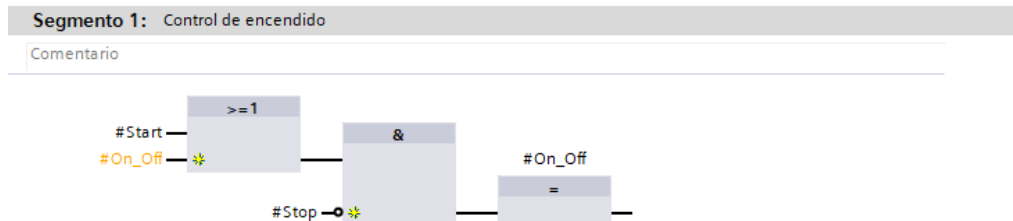
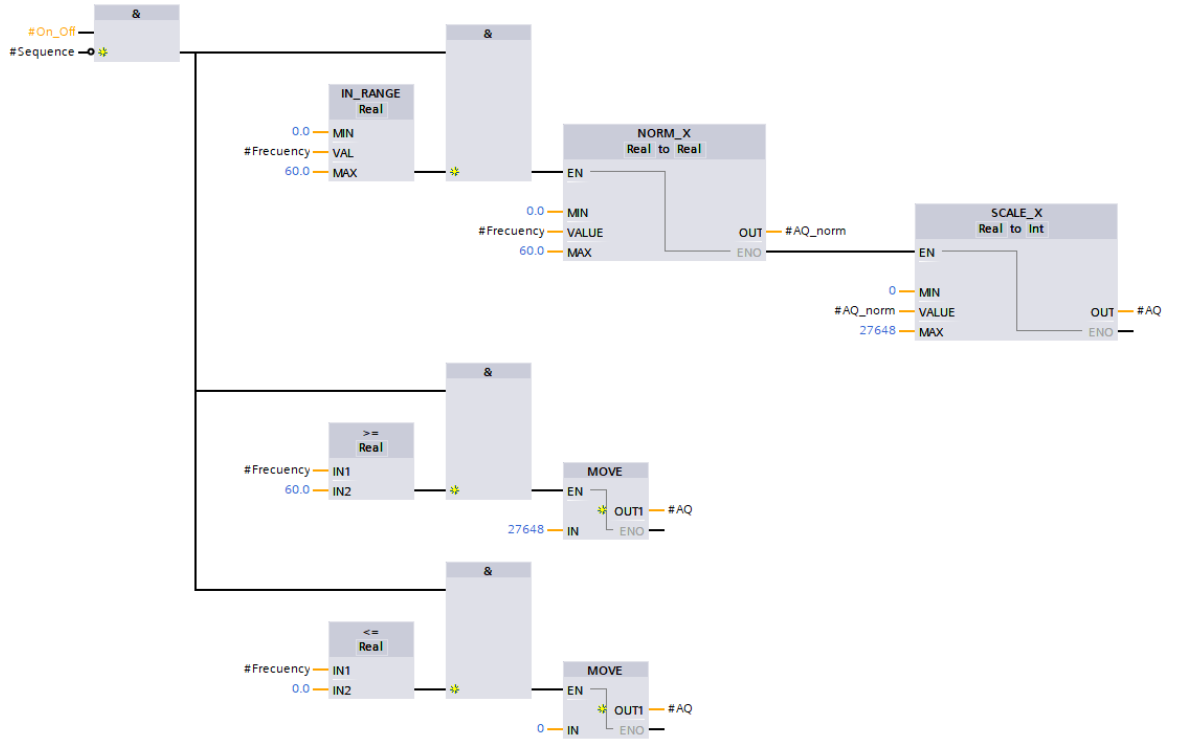


Figura 78. Segmento 1 – P5

Segmento 2: Control manual

Comentario



Segmento 3: Secuencia para cambio de frecuencias cada 10seg.

- ▼ 0-10s: 20Hz
- 10s-20s: 40Hz
- 20s-30s: 60Hz
- 30s-40s: 40Hz
- 40s-50s: 20Hz
- 50s-60s: 0Hz

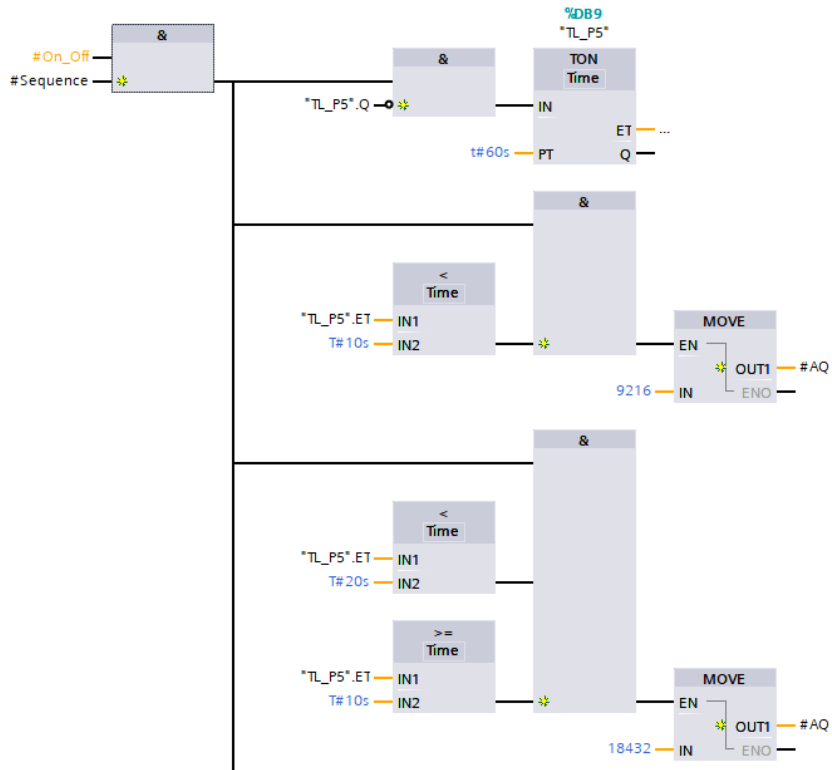
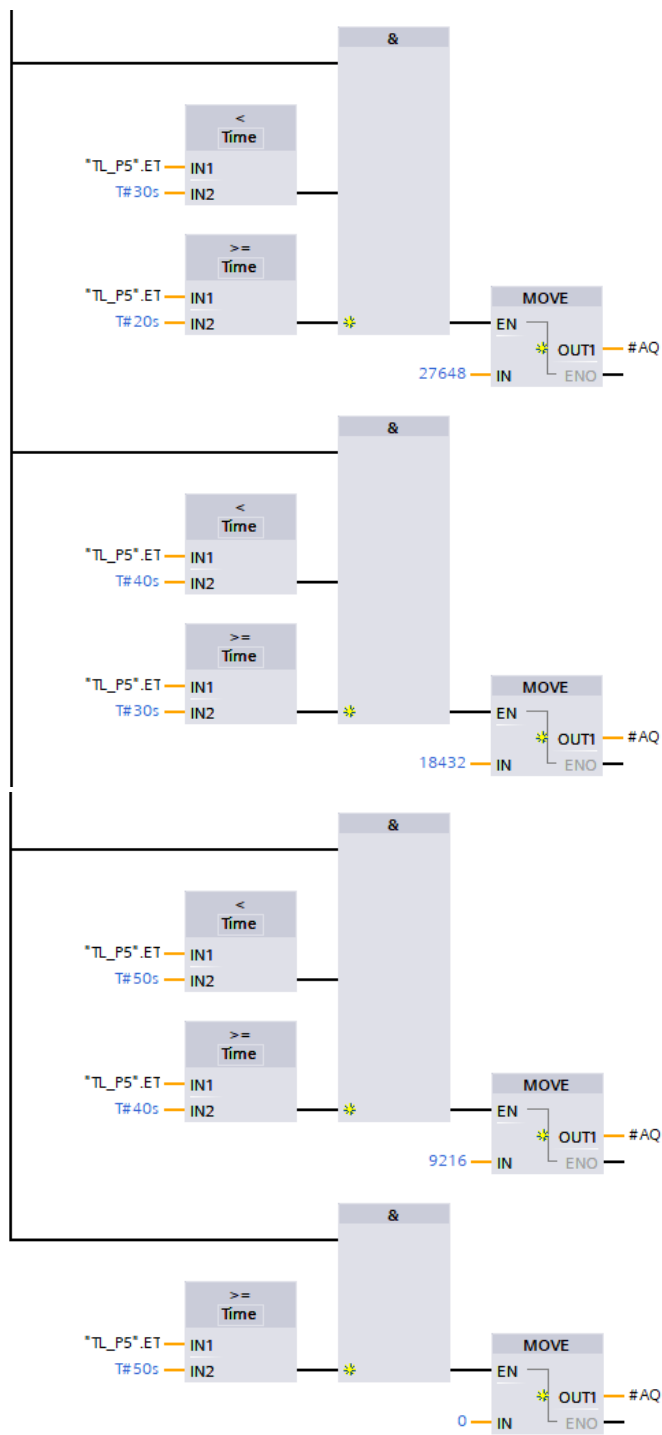


Figura 79. Segmento 2 y 3 – P5



Segmento 4: Acciones de parada

Comentario

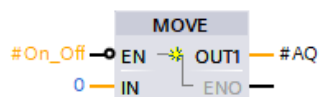


Figura 80. Segmento 3 y 4 – P5

- Se llama al bloque función desde el programa principal.

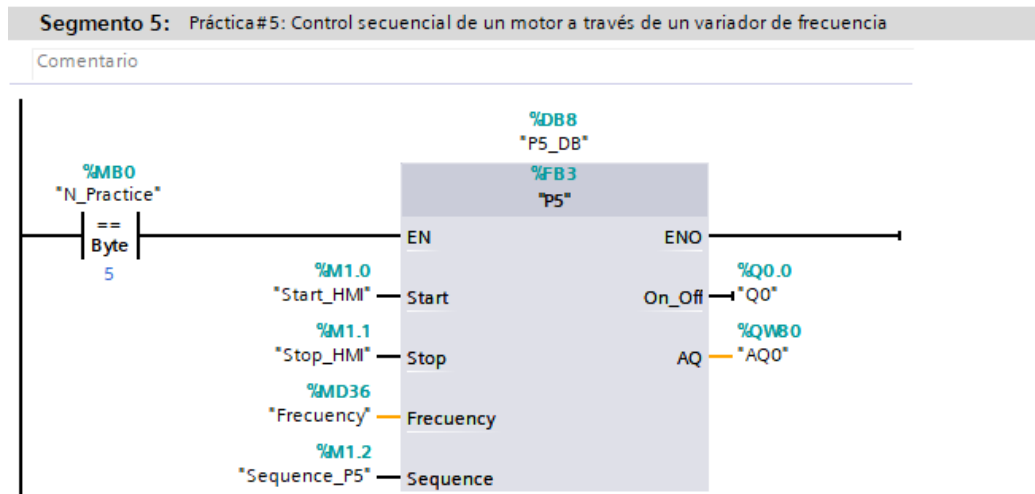


Figura 81. Segmento5 – Bloque principal

- Se realiza el panel de control y visualización del variador utilizando una interfaz humano-máquina con la siguiente apariencia:

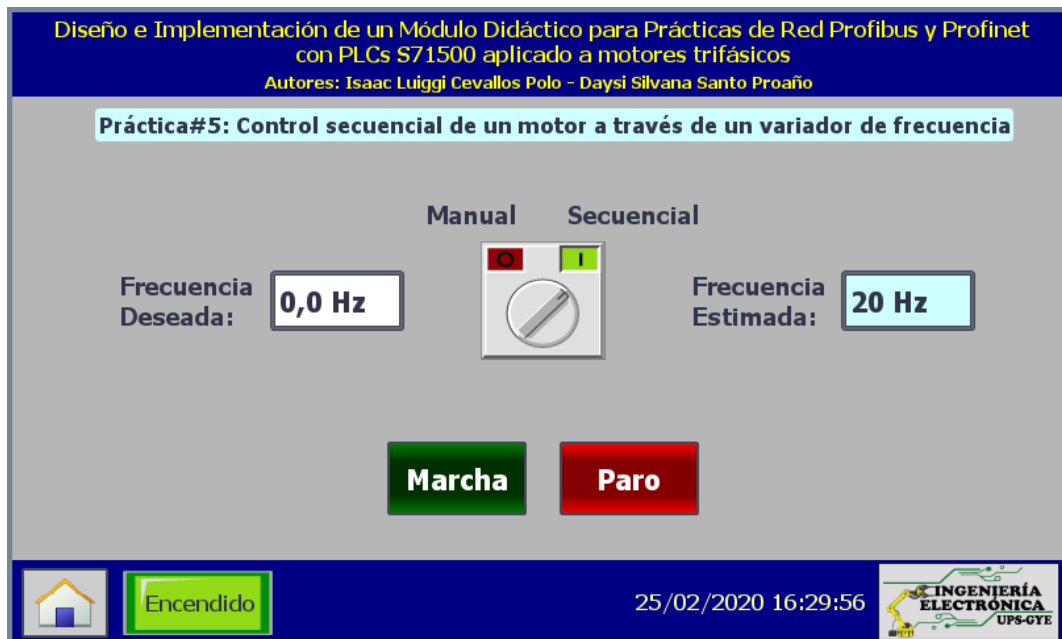


Figura 82. Interfaz humano-máquina – práctica#5

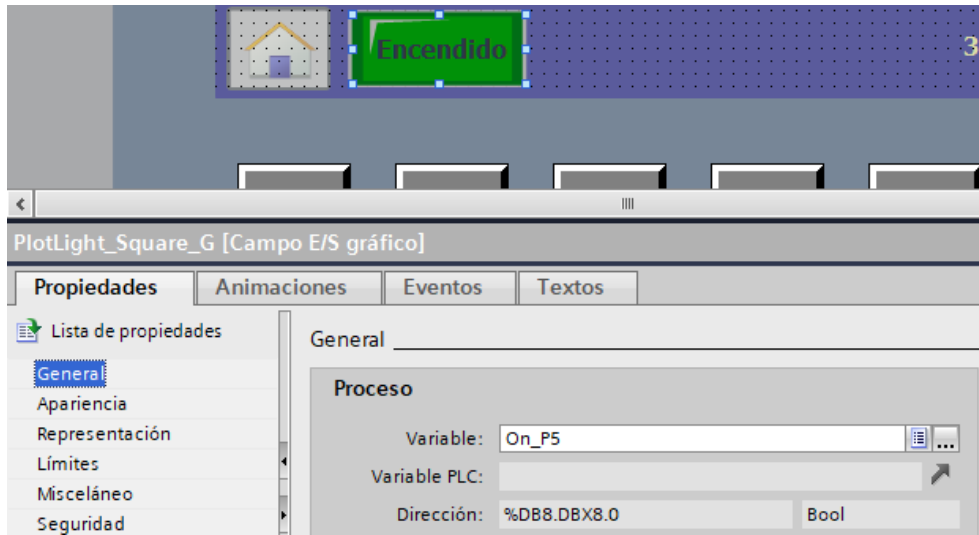


Figura 83. Indicador de encendido – P5.

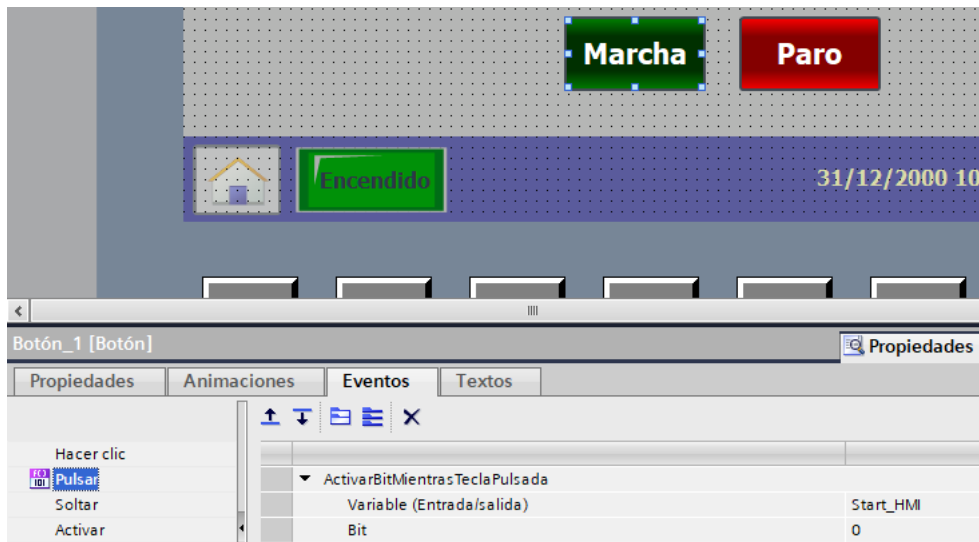


Figura 84. Evento pulsar en el botón de marcha – P5.

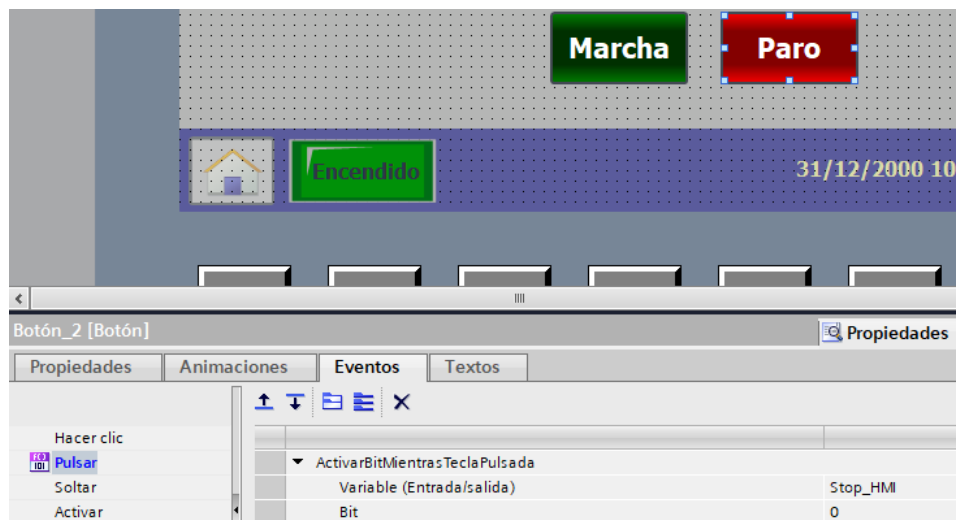


Figura 85. Evento pulsar en el botón de paro – P5.

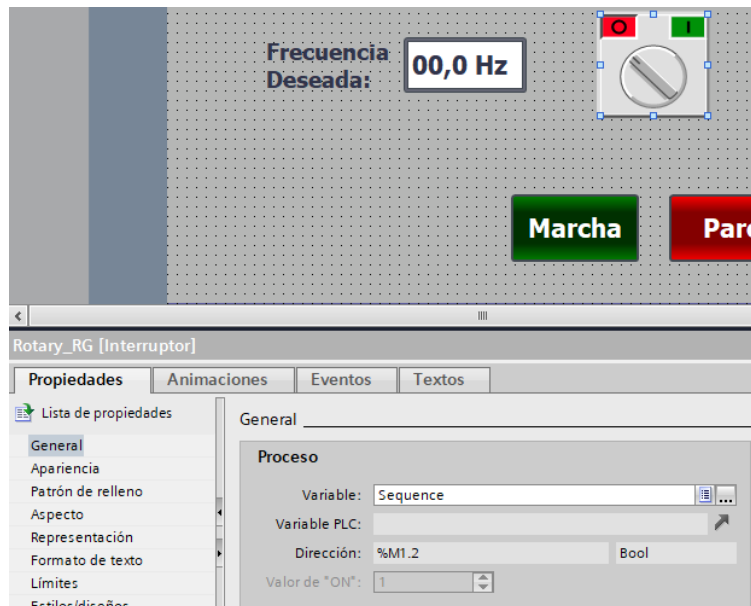


Figura 86. Selector de modo Manual/Secuencial – P5.

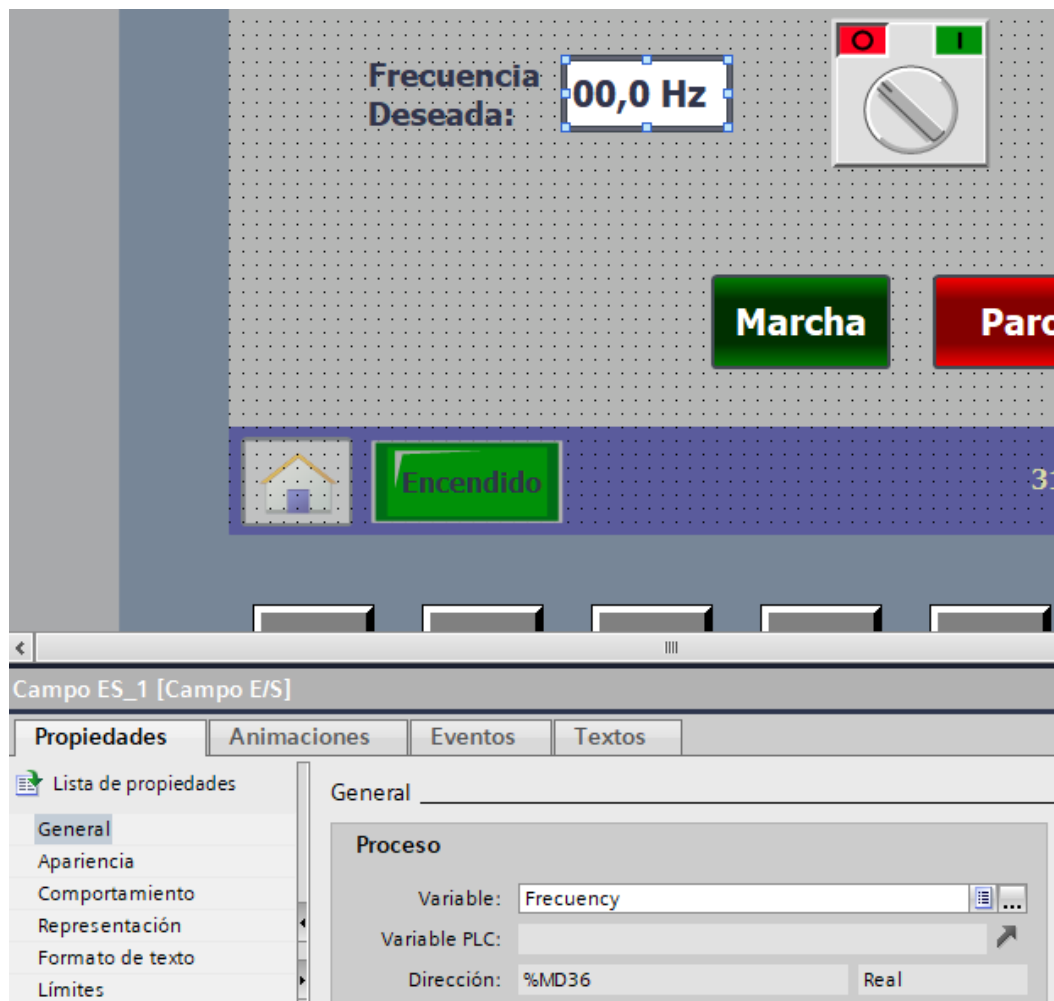


Figura 87. Campo de entrada/salida para fijar la frecuencia deseada – P5.



Figura 88. Campo de salida para frecuencia aplicada al variador – P5.

7. Considere los siguientes parámetros para el variador de velocidad V20:

Parámetro	Valor	Comentario
P0010	1	Puesta en marcha rápida
P0100	1	Norteamérica [hp], frecuencia básica del motor de 60 Hz
P0304	220V	Tensión nominal del motor
P0305	1.89A	Corriente nominal del motor
P0307	0.5Hp	Potencia nominal del motor
P2000	60Hz	Frecuencia de referencia [Hz]
P0310	60Hz	Frecuencia nominal del motor
P0311	1615rpm	Velocidad nominal del motor
P0700	2	Selecciona la fuente digital de señales de mando (Bornes)
P0717	2	Selecciona una macro de conexión dada (Consigna analógica)

Figura 89. Parámetros para variador V20 – P5.

Al final de la parametrización se debe dejar el parámetro P0010 nuevamente con el valor 0.

8. Se hace la carga del programa y pruebas respectivas en el módulo didáctico.

ANEXO6: Solución propuesta de la práctica#6

Para esta práctica se implementa uno de los controladores más utilizados en la industria cuyos componentes se asocian de forma proporcional con el error, su derivada y la integral. Para ello el software TIA PORTAL cuenta con un bloque llamado PID_Compact de configuración intuitiva y algoritmo de sintonización dinámica. Para el control se recomienda utilizar un tiempo de muestro determinista, y en este caso se ha considerado un bloque de interrupción cíclica (OB30) de 10ms (10000us).

Considere que para este tipo de control en lazo cerrado se necesita conectar la entrada analógica del PLC con la salida analógica del variador (frecuencia actual) y la salida analógica del PLC con la entrada analógica del drive (Set Point de frecuencia). Dado el diseño del variador, se debe utilizar un convertidor de corriente (mA) a voltaje (V), para enviar la señal de realimentación al PLC.

1. Se diseña la estructura de red:

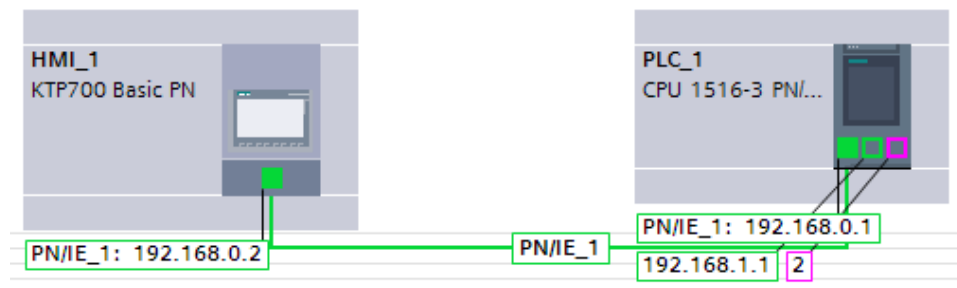


Figura 90. Arquitectura de red – Práctica#6

2. Se crea el bloque de función FB6 seleccionando el lenguaje FUP (Bloques funcionales).

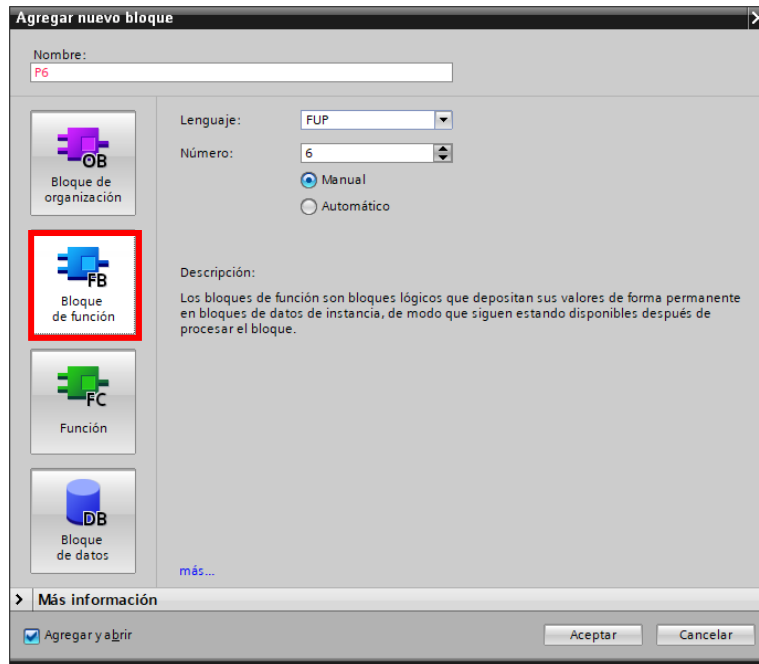


Figura 91. Bloque de función P6

3. Se definen las variables (locales) a utilizar dentro del bloque de función:

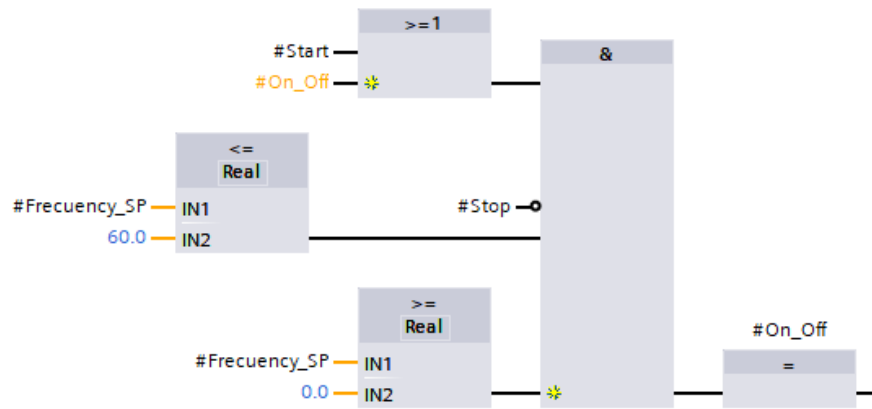
	Nombre	Tipo de datos
1	Input	
2	Start	Bool
3	Stop	Bool
4	Frecuency_SP	Real
5	Frecuency_AI	UInt
6	Output	
7	On_Off	Bool
8	AQ	Int
9	InOut	
10	Static	
11	AQ_Norm	Real
12	Frecuency_Drive	Real
13	Voltage_Control	Real
14	AI_Norm	Real

Figura 92. Variables de bloque de función P6

4. Se programa el control PID del variador de velocidad según lo especificado previamente.

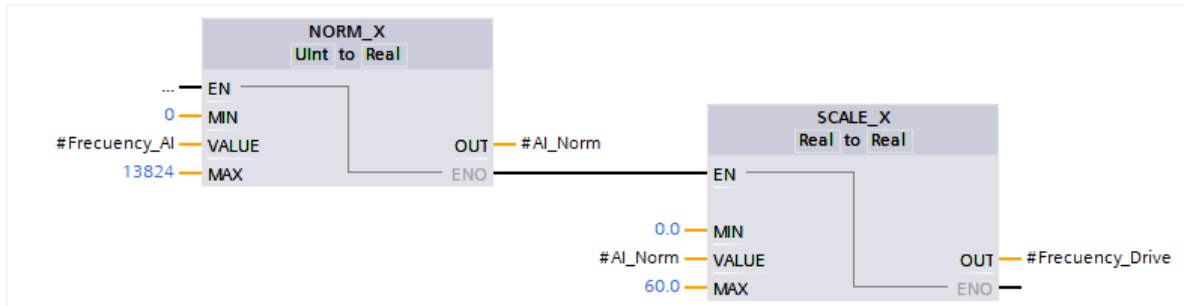
Segmento 1: Control de encendido y apagado del controlador

Comentario



Segmento 2: Acondicionamiento de señal de entrada para estimación de frecuencia

27648/13824



Segmento 3: Acondicionamiento de la señal de salida aplicada al variador.

La variable #Voltage_Control viene de la salida del bloque PID_Compact que se encuentra en el Cyclic Interrupt OB30.

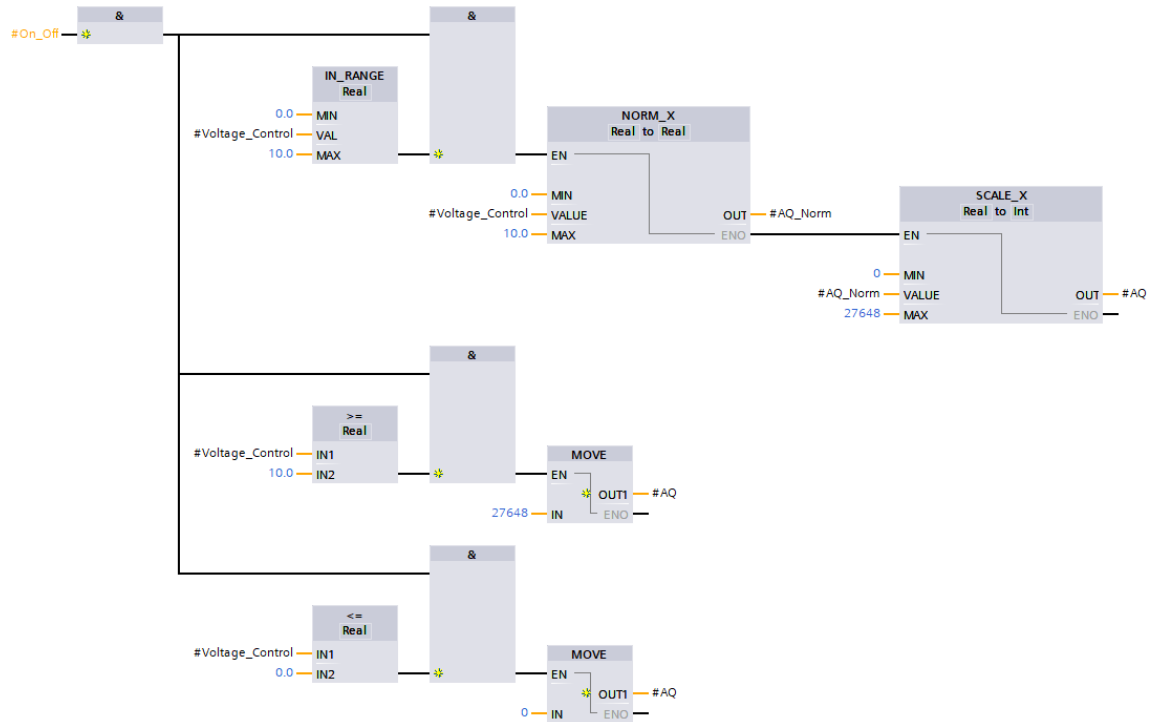


Figura 93. Segmento 1, 2 y 3 – P6.

▼ **Segmento 4:** Acciones de parada

Comentario

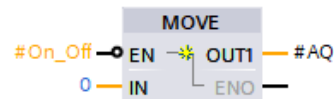


Figura 94. Segmento 4 – P6.

- Se configura el control PID desde el bloque de interrupción cíclica (OB30).

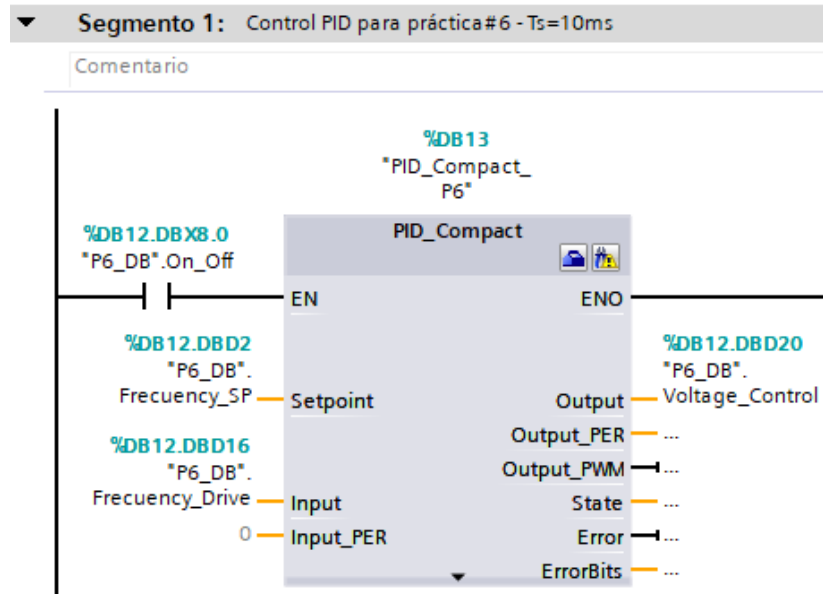


Figura 95. Bloque PID_Compact – P6

- Ajuste los parámetros del control PID de forma experimental según la dinámica de la planta. Considere los siguientes valores de referencia obtenidos en las pruebas realizadas:

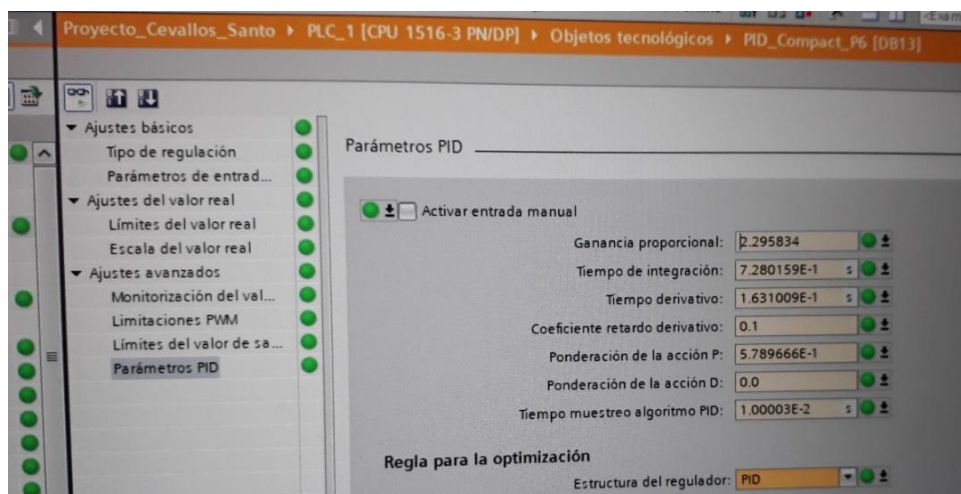


Figura 96. Configuración de bloque PID_Compact – P6.

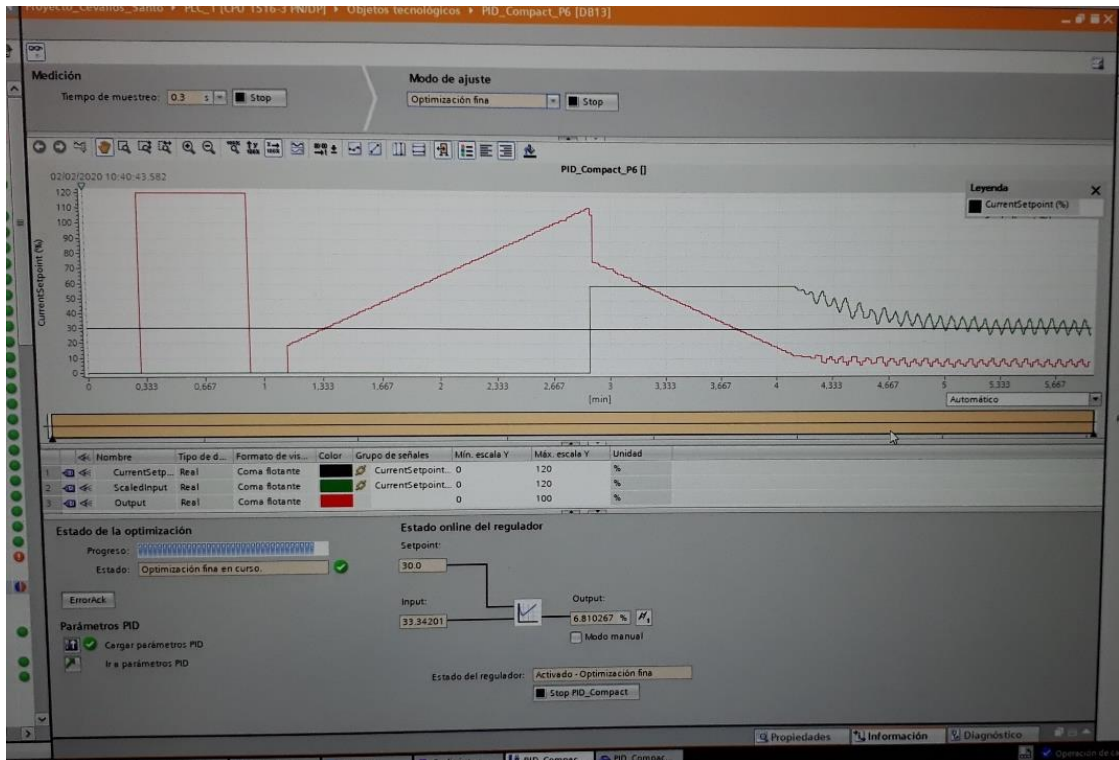


Figura 97. Ajuste de controlador PID – P6.

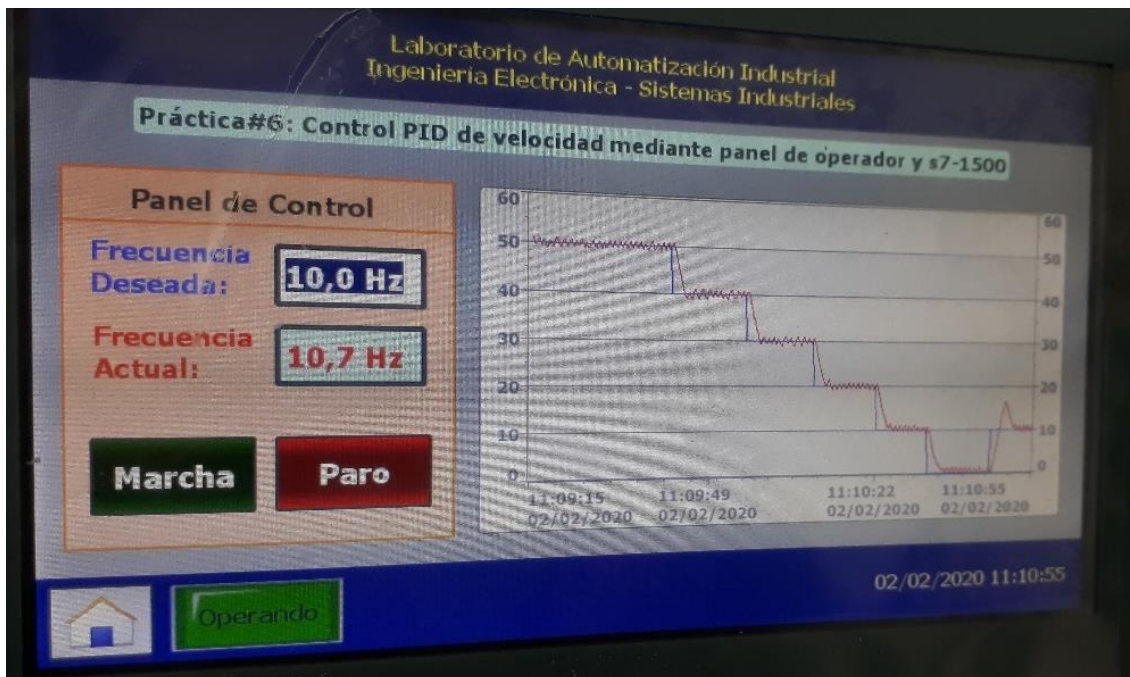


Figura 98. Prueba de control PID con varias frecuencias – P6.

7. Se llama al bloque función desde el programa principal (OB1).

▼ **Segmento 6:** Práctica#6: Control PID de velocidad mediante panel de operador y s7-1500

▼ Se debe conectar 2 pulsadores, la entrada analógica AI0 con la salida analógica AO1 del variador considerando el convertidor de corriente a voltaje.

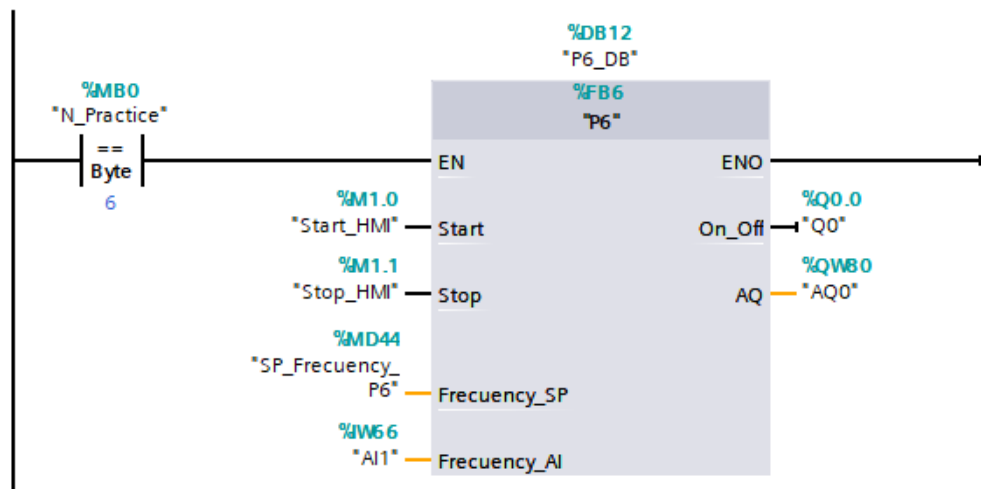


Figura 99. Segmento6 – Bloque principal

- Se realiza el panel de control y visualización del variador utilizando una interfaz humano-máquina con la siguiente apariencia:

Diseño e Implementación de un Módulo Didáctico para Prácticas de Red Profibus y Profinet con PLCs S71500 aplicado a motores trifásicos
 Autores: Isaac Luigi Cevallos Polo - Daysi Silvana Santo Proaño

Práctica#6: Control PID de velocidad mediante panel de operador y s7-1500

Panel de Control

Frecuencia Deseada: 60,0 Hz

Frecuencia Actual: 0,0 Hz

Marcha
Paro

Operando
25/02/2020 23:26:56

Figura 100. Interfaz humano-máquina – práctica#6

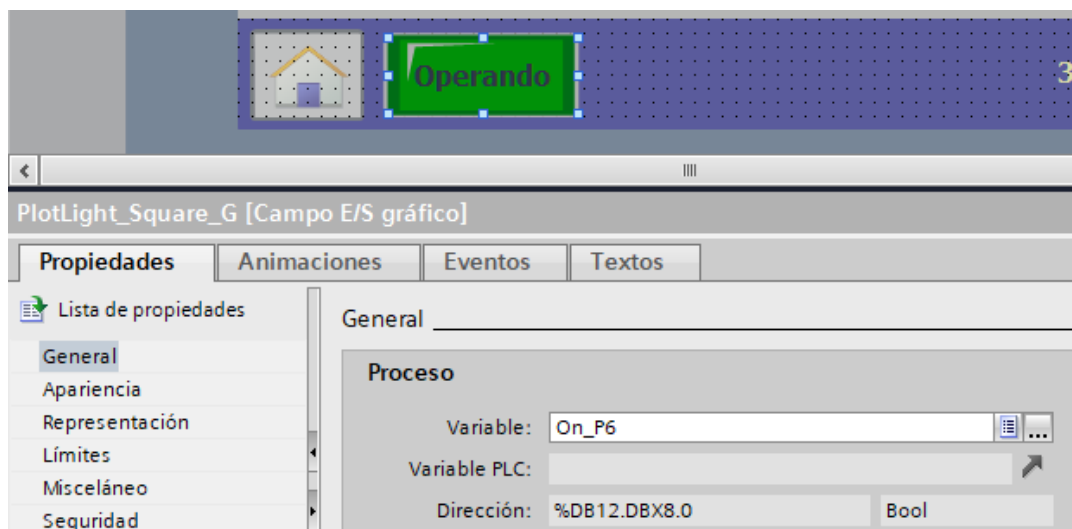


Figura 101. Indicador de encendido – P6

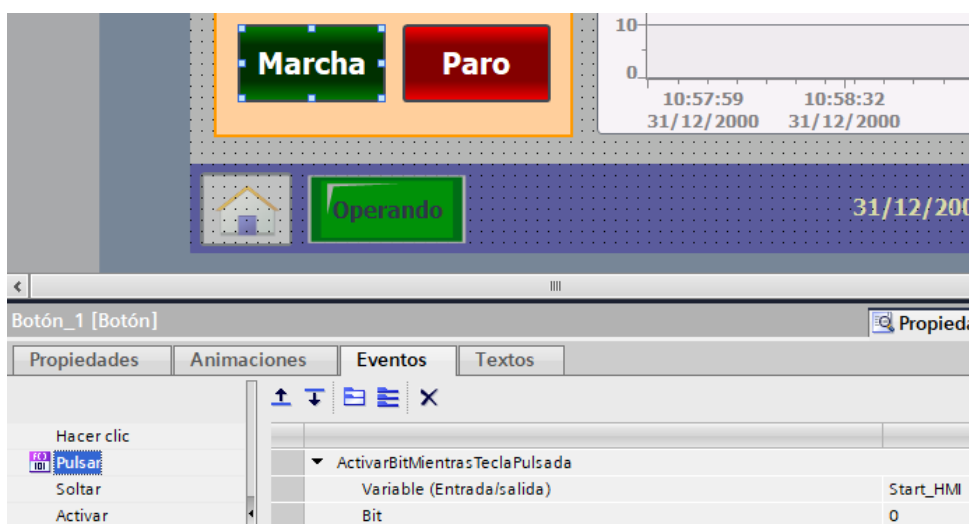


Figura 102. Evento pulsar en el botón de marcha – P6

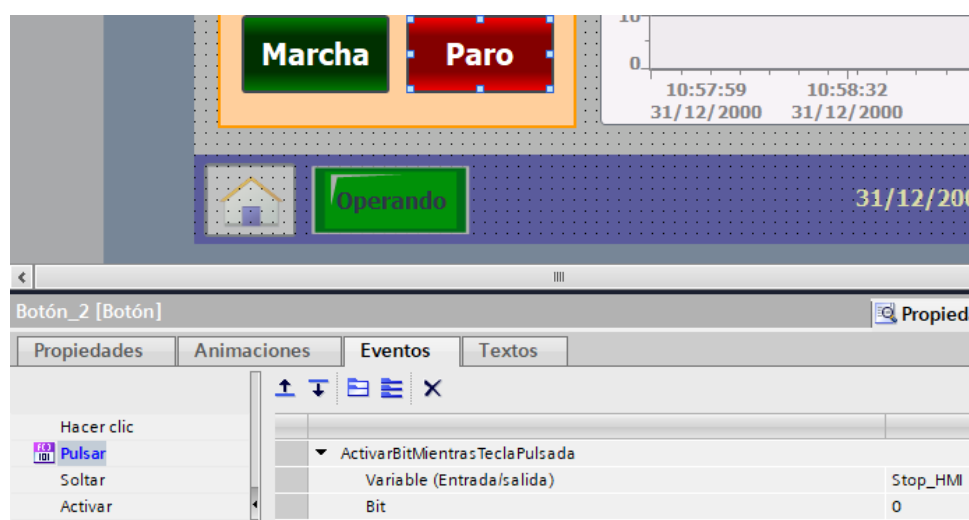


Figura 103. Evento pulsar en el botón de paro – P6



Figura 104. Visor de curva para frecuencias – P6



Figura 105. Campo de entrada/salida para fijar la frecuencia – P6



Figura 106. Campo de salida para frecuencia aplicada al motor – P6

9. Debe verificar los parámetros del variador mostrados en una tabla de la práctica anterior.
10. Se hace la carga del programa y pruebas respectivas en el módulo didáctico.

ANEXO7: Solución propuesta de la práctica#7

La siguiente práctica propone la utilización de una red de comunicación (PROFINET) para el control y monitoreo de ciertas variables de un accionamiento de velocidad variable, esto significa que se podrá fijar la velocidad deseada desde la aplicación HMI y monitorear el valor estimado revoluciones por minuto (rpm) que estima el variador de velocidad.

A diferencia de la práctica anterior no es necesario conectar la salida y entrada analógica del variador para cerrar el lazo realimentado, toda esta información viaja a través de la red. Se ha utilizado el Telegrama estándar 1 considerando una dimensión de 2 palabras para envío y recepción de datos.

Nombre	Elemento	Link	Telegrama	Longitud	Ampliación	Sentido	Tipo	Partner	Rango datos pa...
▼ Drive_1	1								
Enviar (Valor real)		➤	Telegrama estándar 1	2 palabras	0 palabras	➔	CD	PLC_1	I 256...259
Recibir (Consigna)		➤	Telegrama estándar 1	2 palabras	0 palabras	➔	CD	PLC_1	Q 256...259

Figura 107. Direccionamiento PROFINET IO – P7

1. Se diseña la estructura de red:

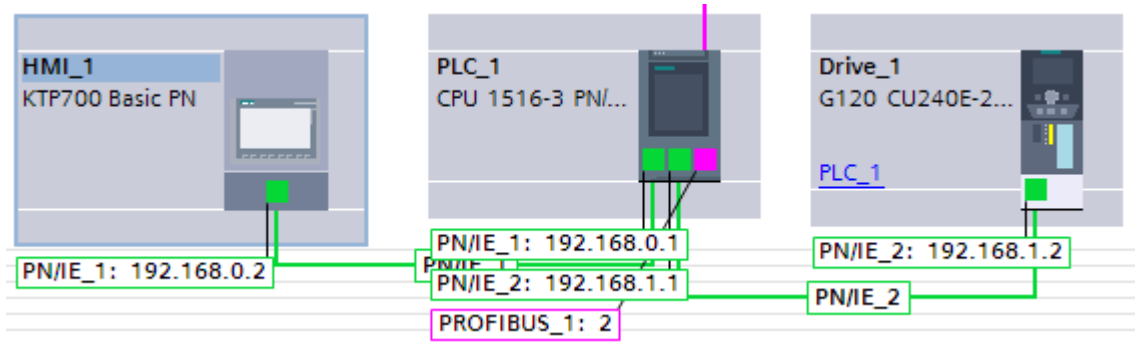


Figura 108. Arquitectura de red – Práctica#7

2. Configure el variador de velocidad como un objeto tecnológico llamado *Speed_Axis* como se muestra a continuación:

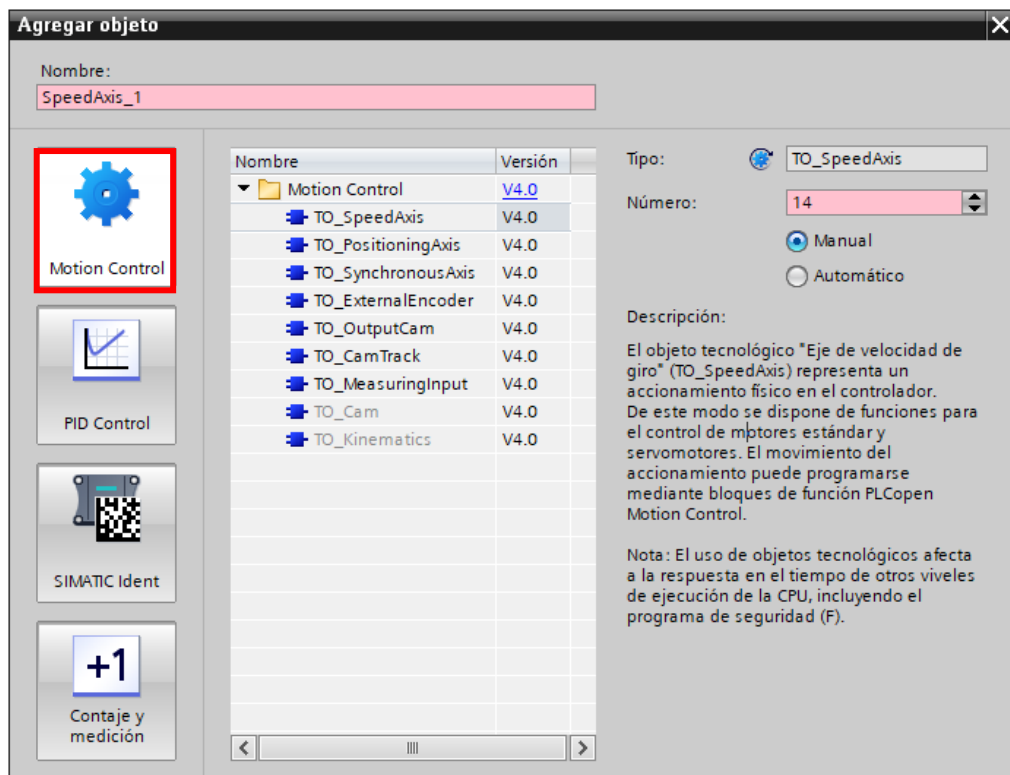


Figura 109. Bloque de función P7

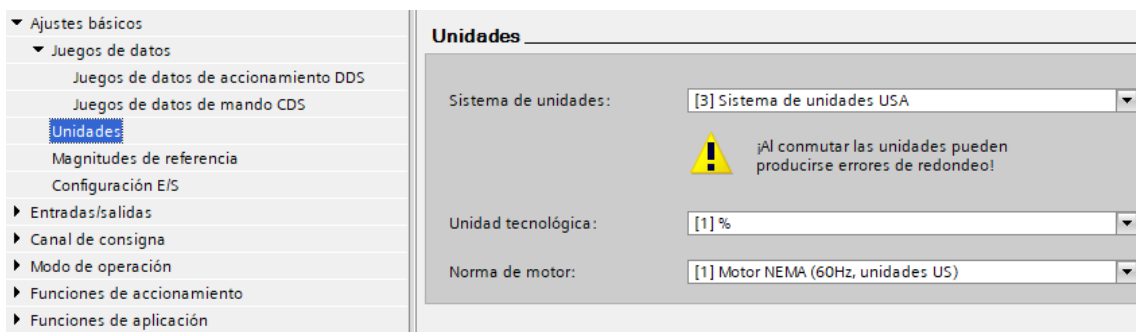


Figura 110. Parametrización de variador G120 (1) – P7

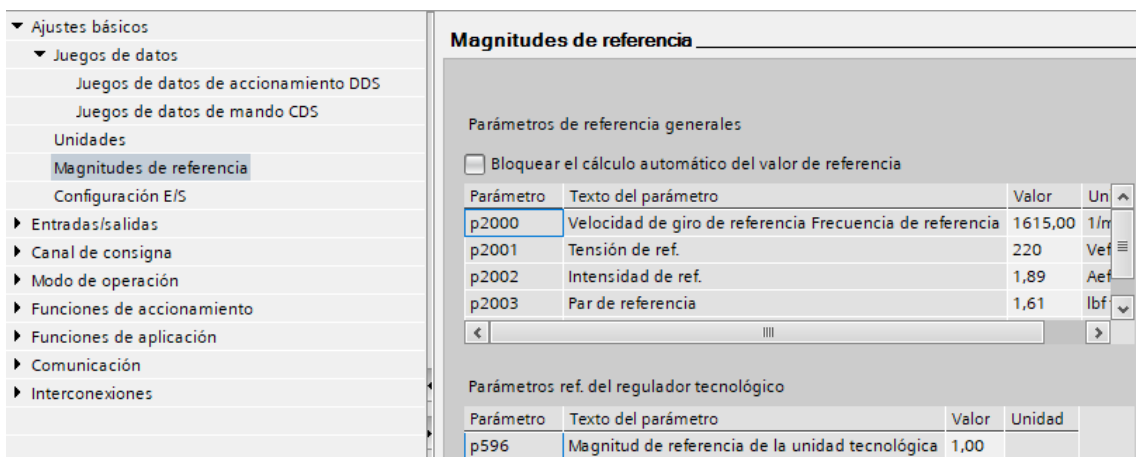


Figura 111. Parametrización de variador G120 (2) – P7

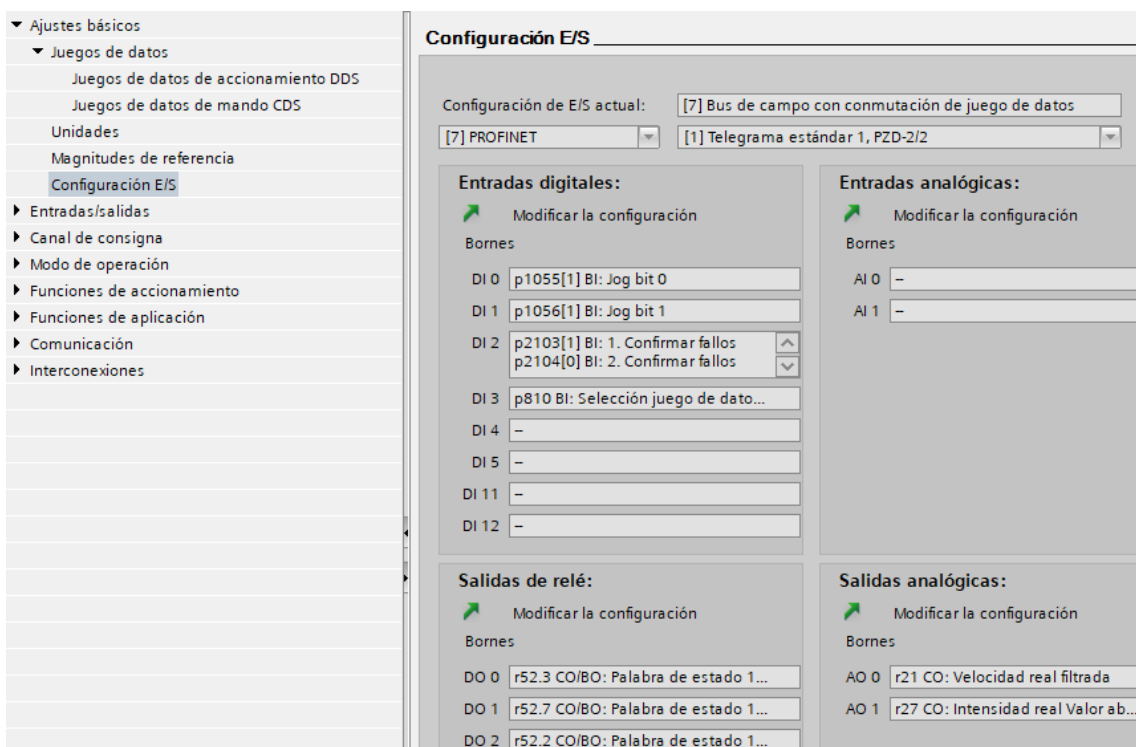


Figura 112. Parametrización de variador G120 (3) – P7

- Se crea el bloque de función FB7 seleccionando el lenguaje FUP (Bloques funcionales).

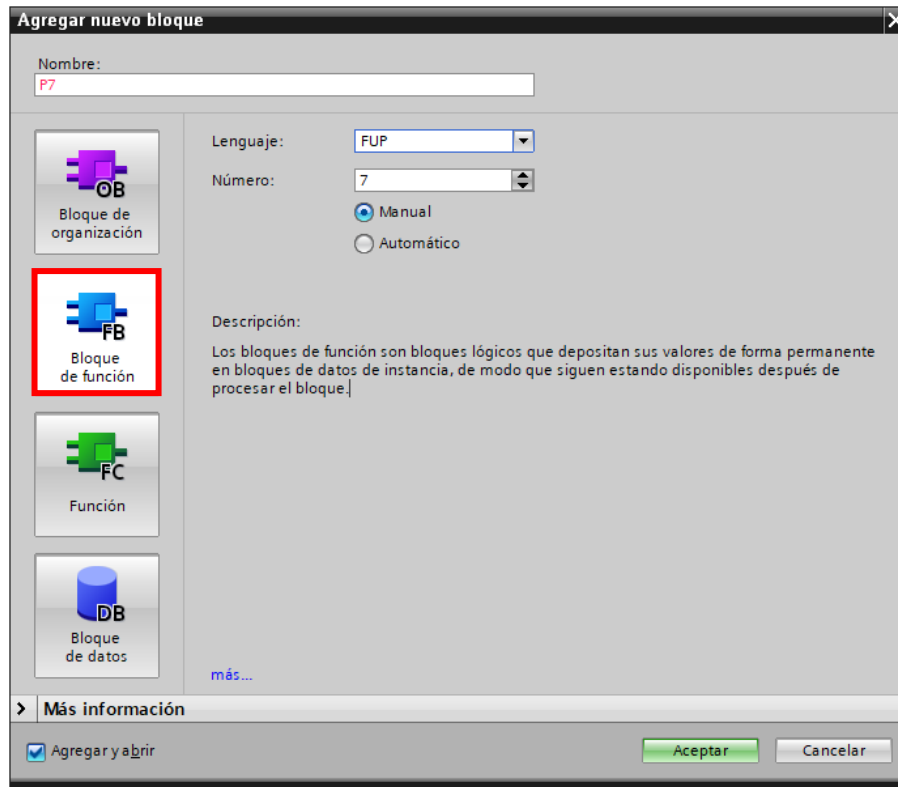


Figura 113. Bloque de función P7

- Se definen las variables (locales) a utilizar dentro del bloque de función:

	Nombre	Tipo de datos
1	Input	
2	Start	Bool
3	Stop	Bool
4	Velocity	LReal
5	Clock	Bool
6	Output	
7	Comm_Ok	Bool
8	InOperation	Bool
9	ActualSpeed	LReal
10	InOut	
11	Static	
12	On	Bool
13	MC_POWER_Instance	MC_POWER
14	MC_MOVEVELOCITY_I...	MC_MOVEVELOCITY
15	MC_HALT_Instance	MC_HALT
16	MC_RESET_Instance	MC_RESET
17	MC_MOVEJOG_Instance	MC_MOVEJOG

Figura 114. Variables de bloque de función P7

- Se programa el control del variador de velocidad a través del bus de campo según lo especificado previamente.

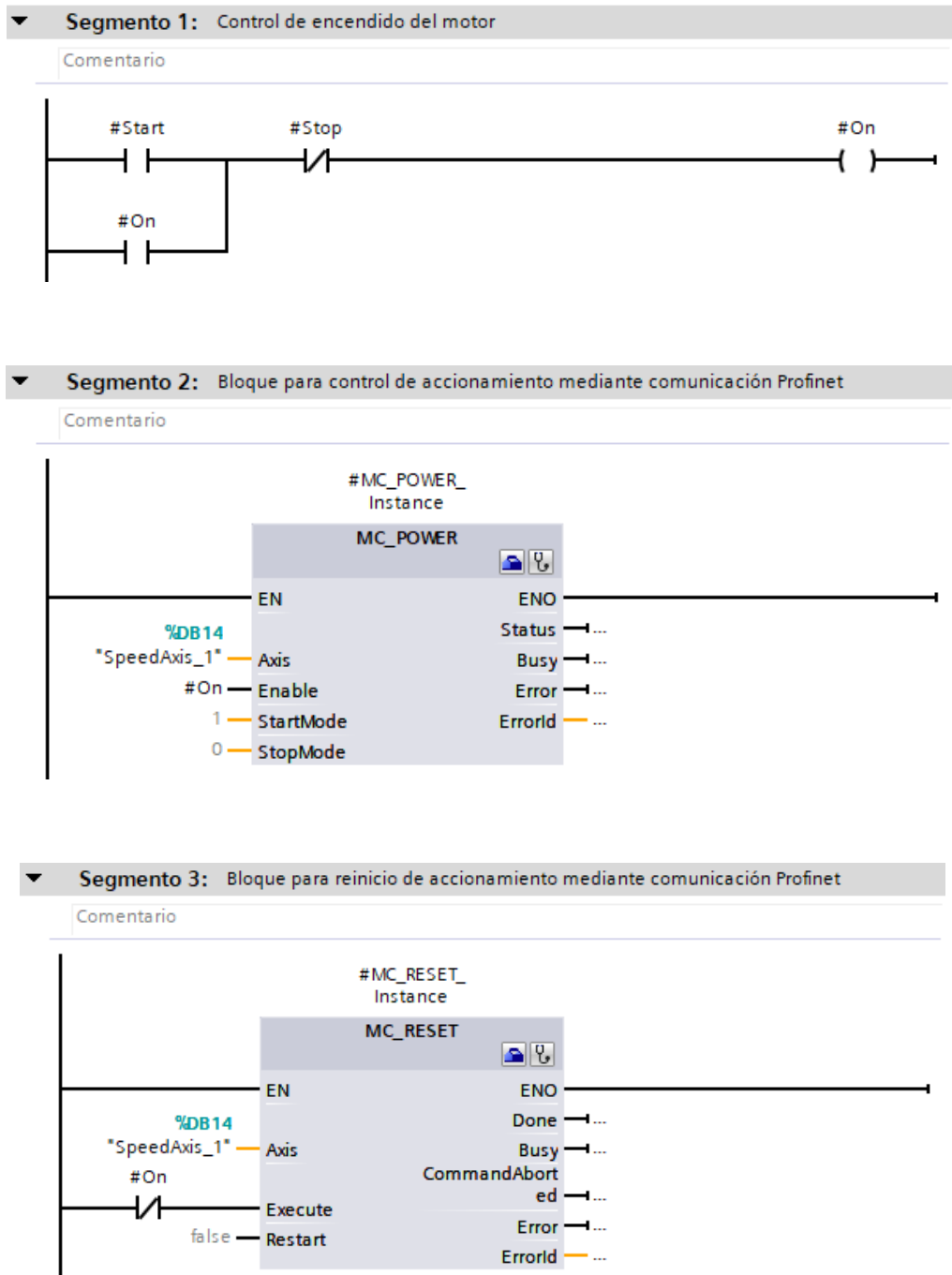
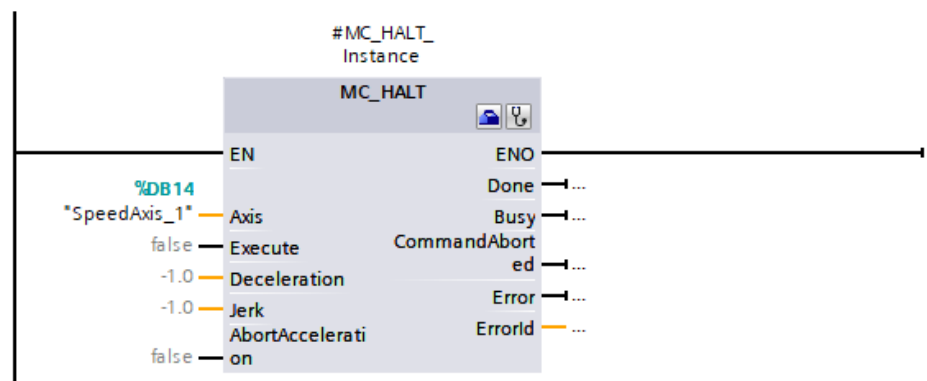


Figura 115. Segmento 1, 2 y 3 – P7.

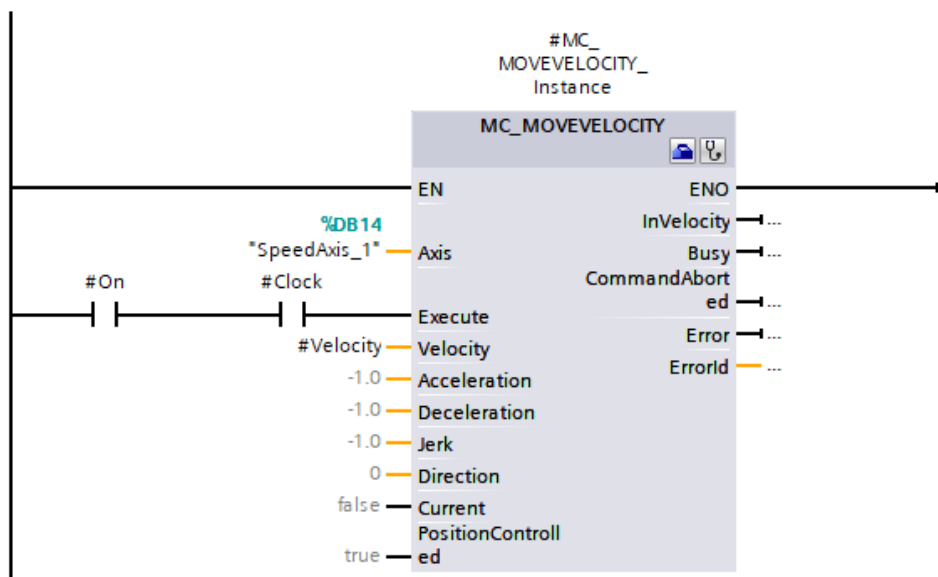
Segmento 4: Bloque para configuración de parámetros de funcionamiento de motor

Comentario



Segmento 5: Bloque para fijar velocidad en accionamiento a través de Profinet

Comentario



Segmento 6: Bloque para control de motor de forma manual

Comentario

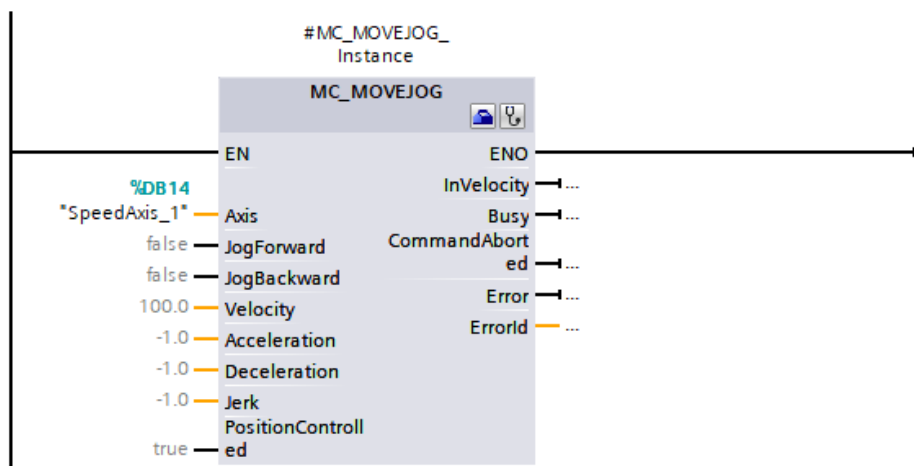


Figura 116. Segmento 4, 5 y 6 – P7.

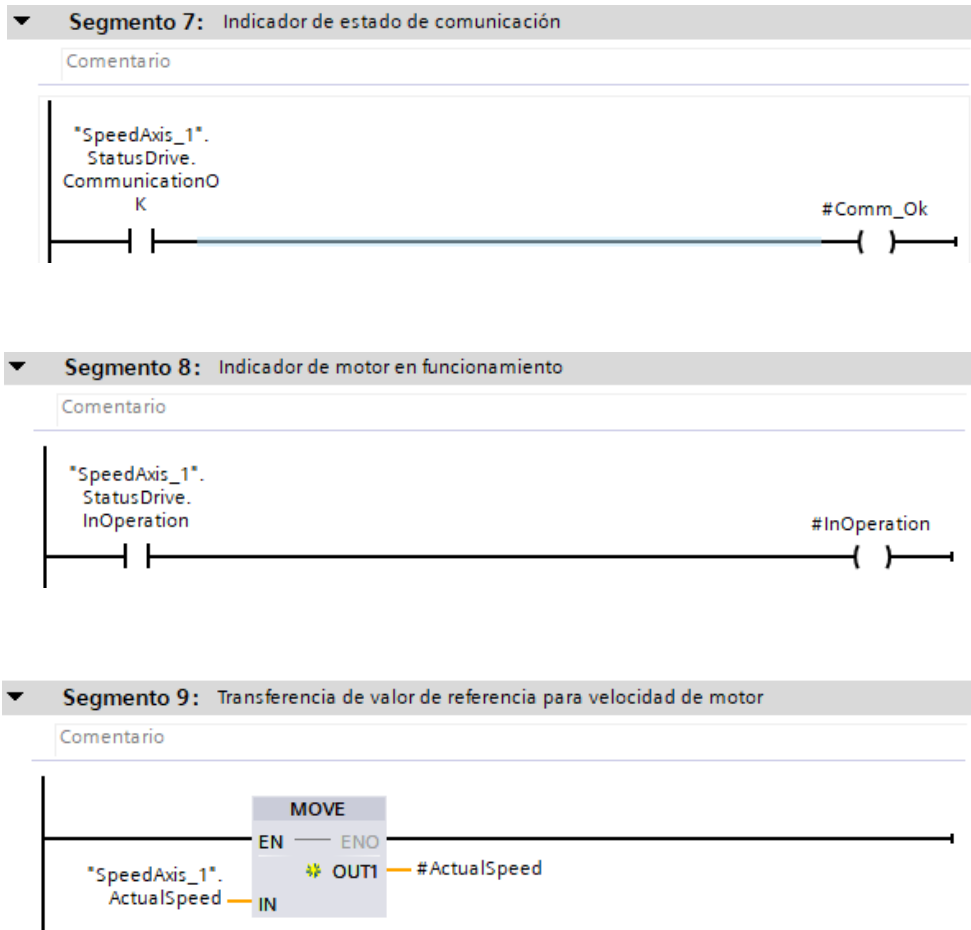


Figura 117. Segmento 7, 8 y 9 – P7.

- Se llama al bloque función desde el programa principal (OB1).

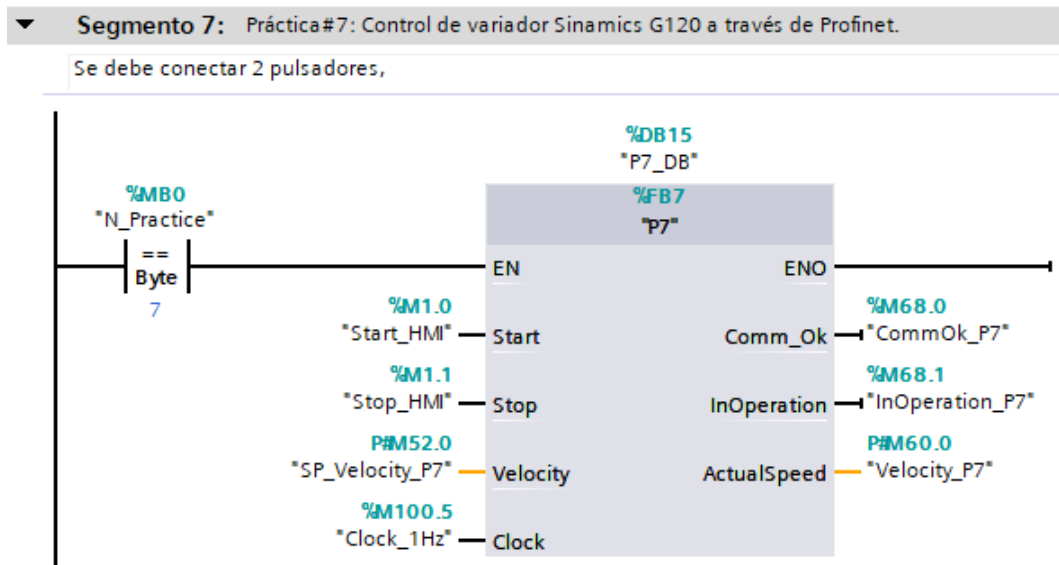


Figura 118. Segmento7 – Bloque principal

7. Se realiza el panel de control y visualización del variador utilizando una interfaz humano-máquina con la siguiente apariencia:

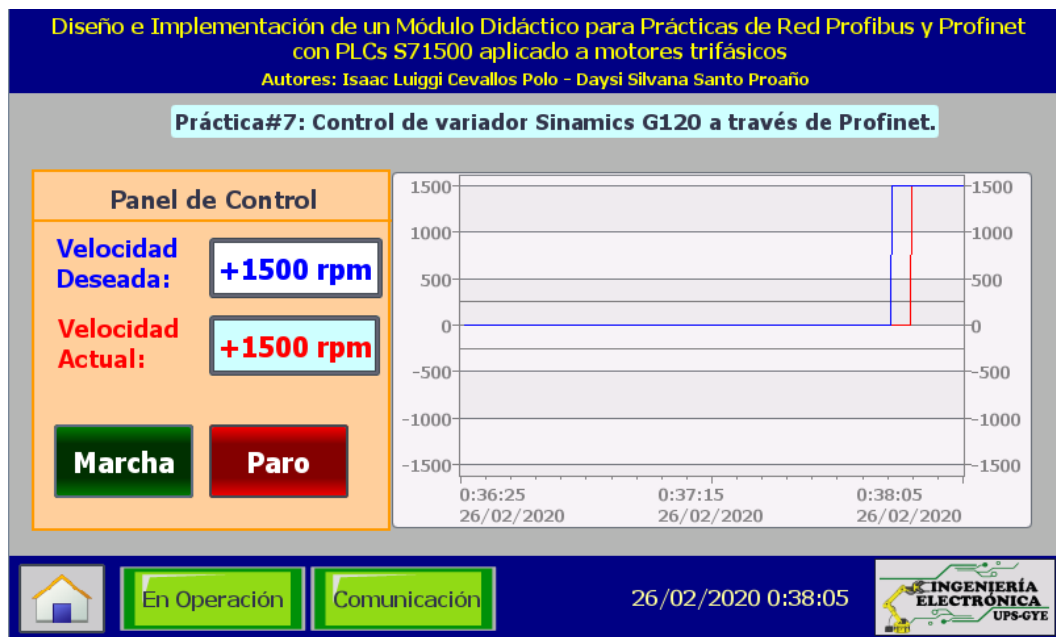


Figura 119. Interfaz humano-máquina – práctica#7

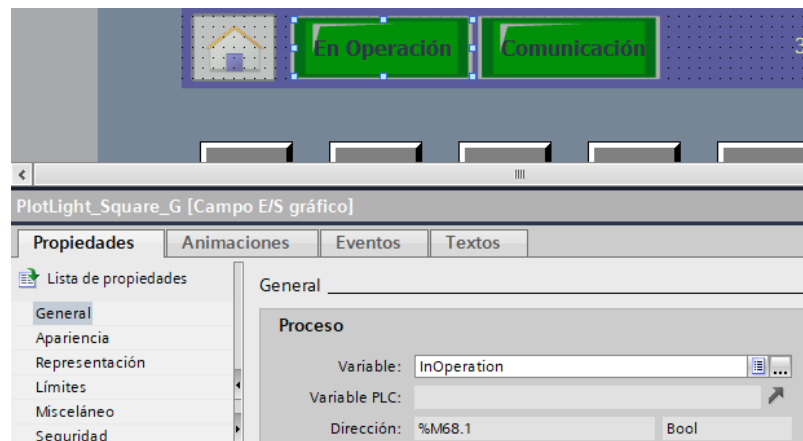


Figura 120. Indicador de encendido – P7

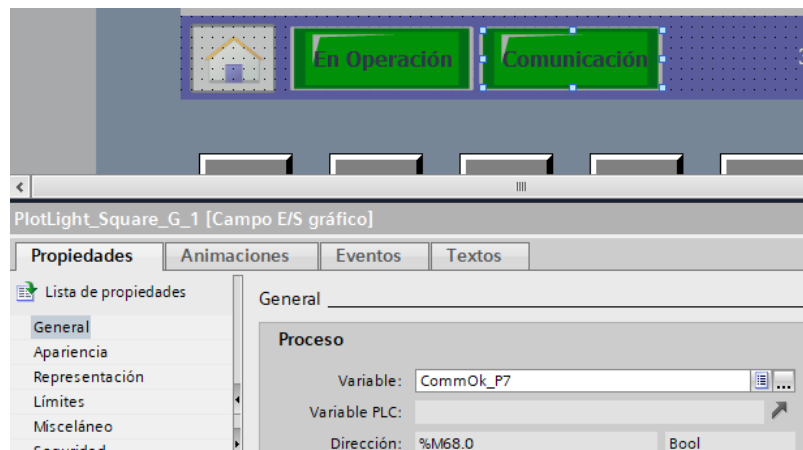


Figura 121. Indicador de comunicación – P7

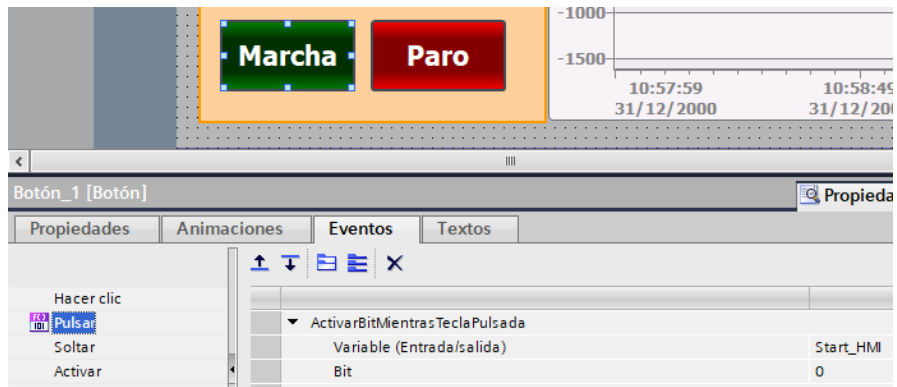


Figura 122. Evento pulsar en el botón de marcha – P7

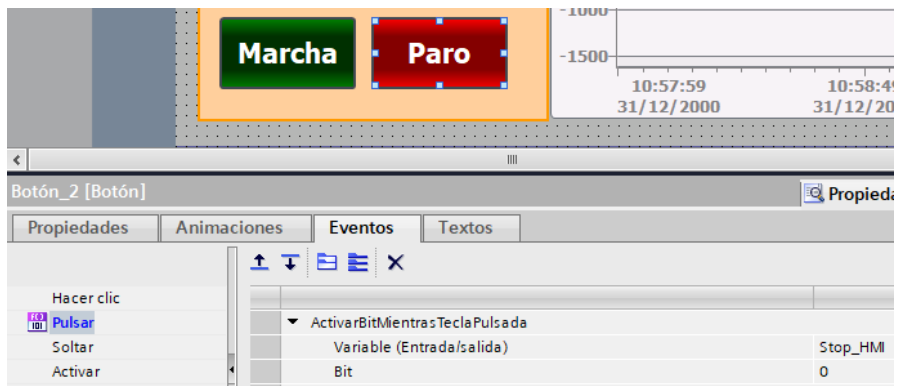


Figura 123. Evento pulsar en el botón de paro – P7

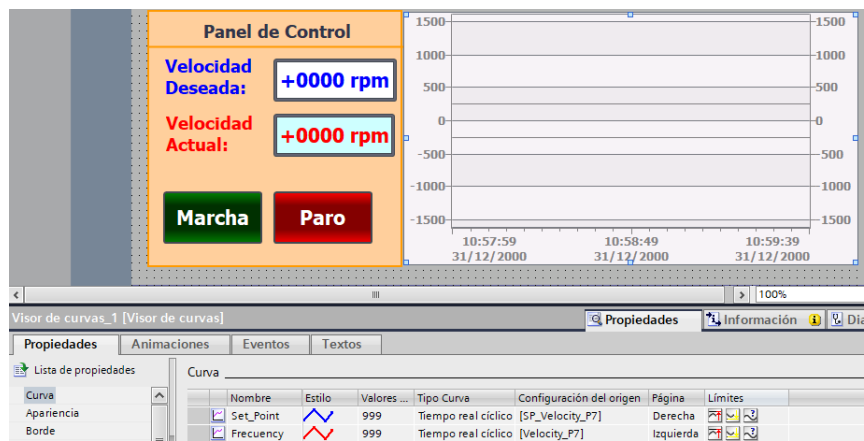


Figura 124. Visor de curva para frecuencias – P7

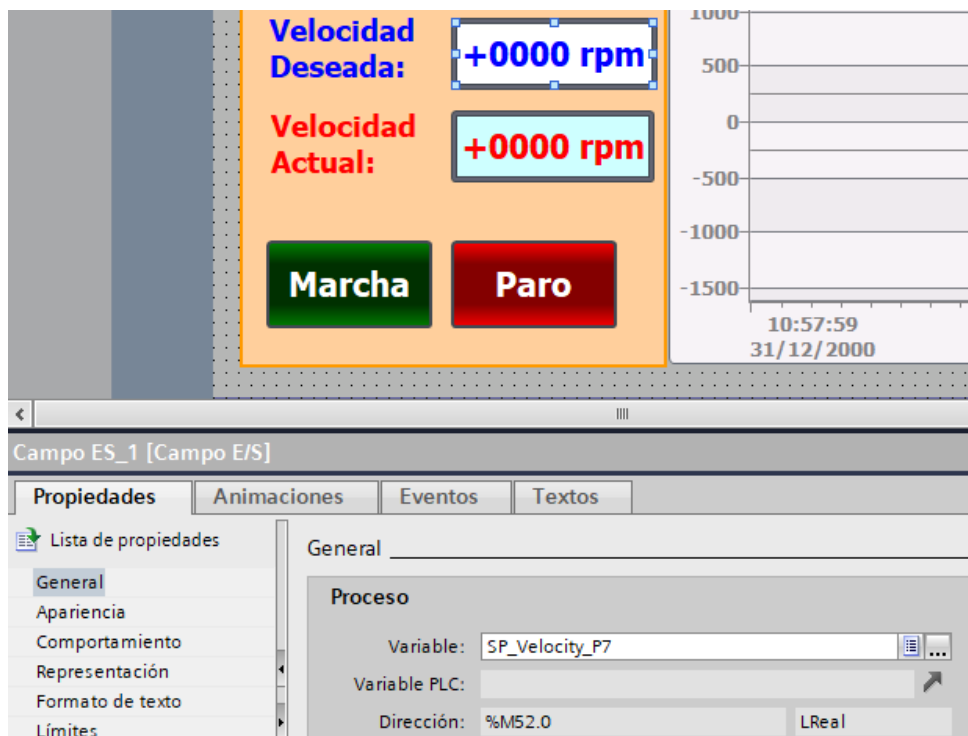


Figura 125. Campo de entrada/salida para fijar la frecuencia – P7



Figura 126. Campo de salida para frecuencia aplicada al motor – P7

8. Se hace la carga del programa y pruebas respectivas en el módulo didáctico.

ANEXO8: Solución propuesta de la práctica#8

La práctica propuesta tiene como objetivo comunicar dos dispositivos de diferentes fabricantes a través del bus de campo PROFIBUS, específicamente se propone controlar las funciones de un accionamiento de velocidad variable. Para la comunicación de tipo maestro esclavo que se propone, se ha utilizado el tipo de telegrama PPO-06 considerando una dimensión de 10 palabras para envío y recepción de datos como se muestra a continuación.



Módulo	Rack	Slot	Dirección I	Dirección Q	Tipo	Referencia	Firmware
Slave_1	0	0			ABB Drives: FPBA-01 DP-V1	3AFE68469325	V2.00
PPO-06, 0 PKW + 10 PZD_1	0	1	4...23	4...23	PPO-06, 0 PKW + 10 PZD		
	0	2					
	0	3					
	0	4					
	0	5					
	0	6					
	0	7					

Figura 127. Direccionamiento PROFIBUS DP – P8

1. Se diseña la estructura de red:

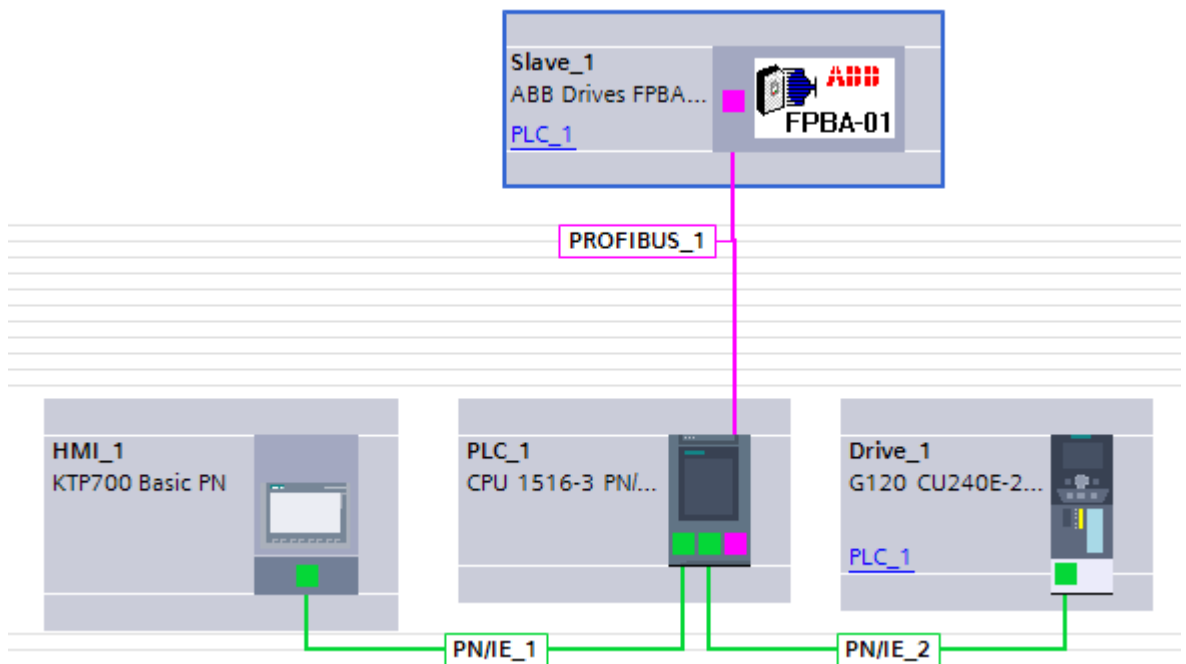


Figura 128. Arquitectura de red – Práctica#8

2. Dado que en esta práctica se incluye un variador de velocidad de una marca diferente a Siemens, se debe descargar archivo GSD (driver) desde la página del fabricante, en este caso desde el siguiente enlace: <https://new.abb.com/drives/es/conectividad/fieldbus/profibus-dp/profibus-dp-fpba-01>.

Descargas para FPBA - PROFIBUS adapter

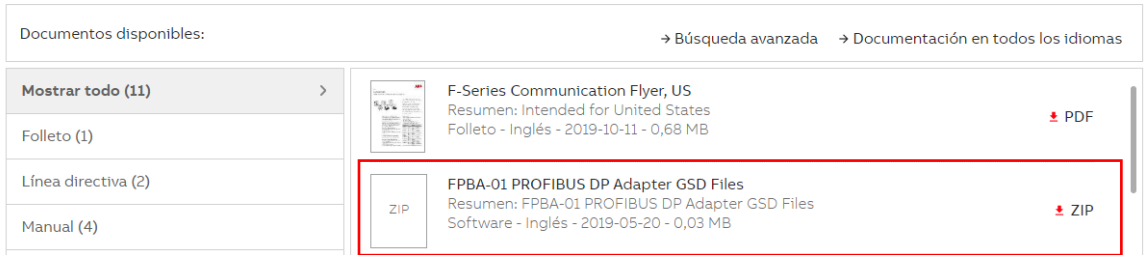


Figura 129. Archivos GSD para comunicación – P8

Luego de ello se agrega la librería respectiva en el software TIA PORTAL y se hace el llamado de las funciones según la aplicación.

Descargas para FPBA - PROFIBUS adapter

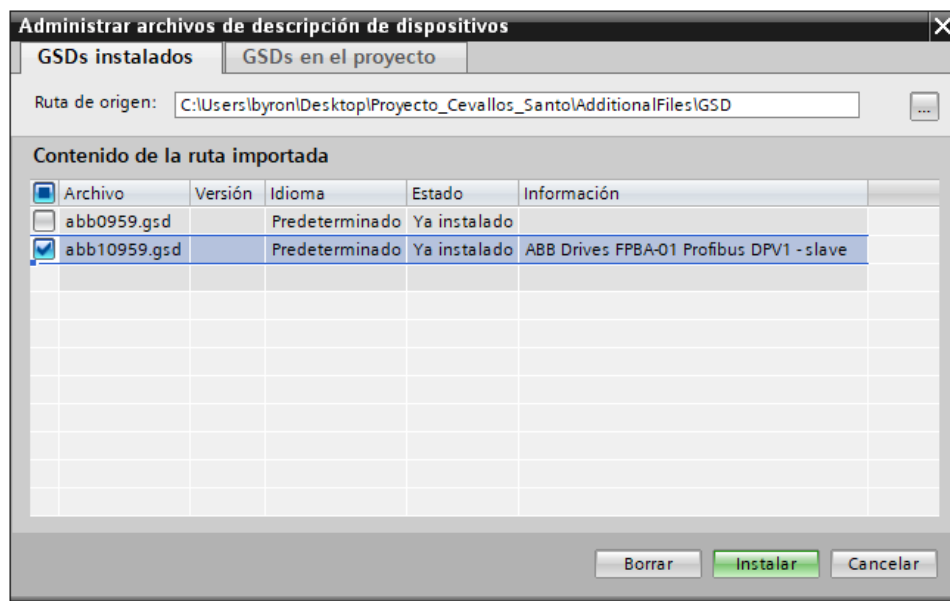
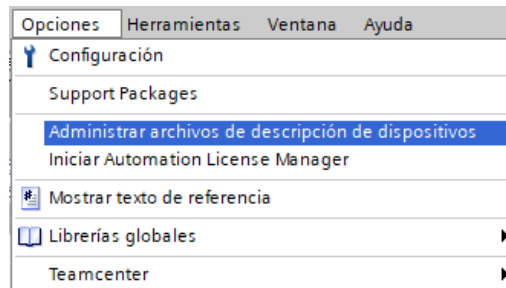
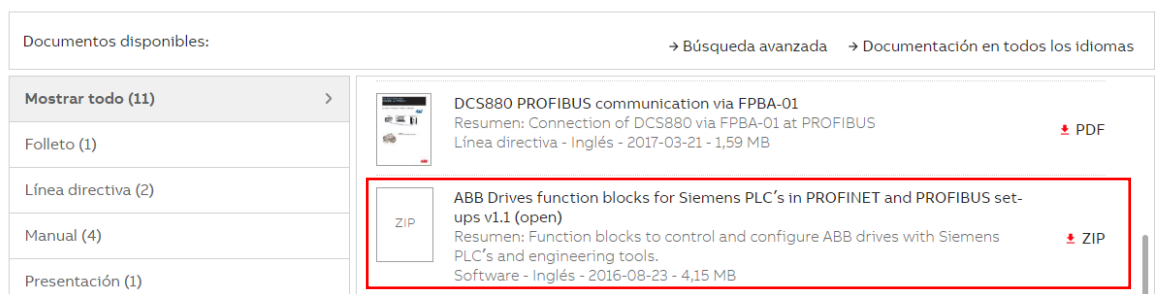


Figura 130. Librerías para comunicación – P8

- Se crea el bloque de función FB8 seleccionando el lenguaje FUP (Bloques funcionales).

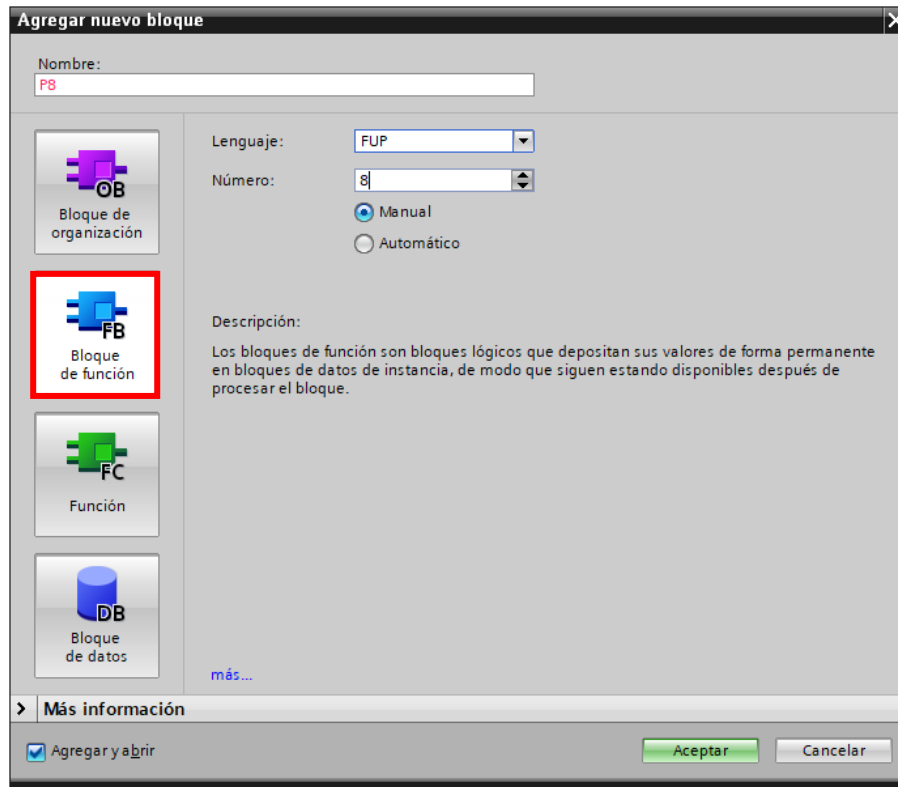


Figura 131. Bloque de función P8

- Se definen las variables (locales) a utilizar dentro del bloque de función:

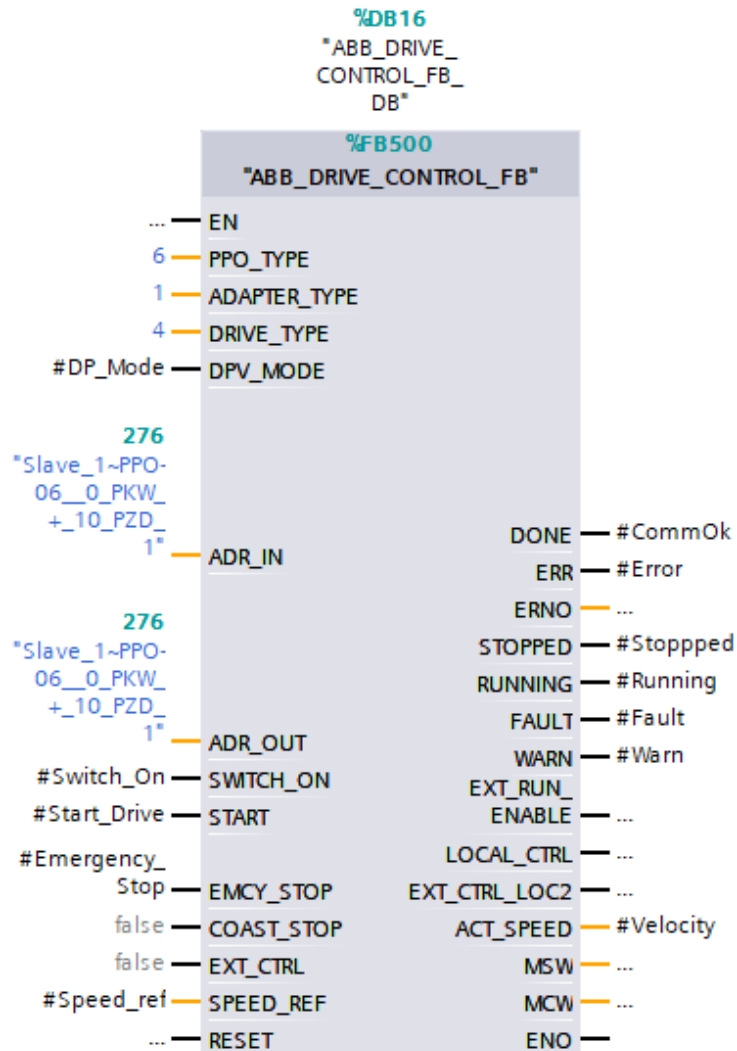
	Nombre	Tipo de datos
1	Input	
2	Start	Bool
3	Stop	Bool
4	SP_Speed	Real
5	Output	
6	Speed	Real
7	Error	Bool
8	Running	Bool
9	CommOk	Bool
10	InOut	
11	Static	
12	On	Bool
13	SP_Speed_norm	Real
14	Velocity	Int
15	Speed_ref	Int
16	Velocity_norm	Real
17	DP_Mode	Bool
18	Start_Drive	Bool
19	Switch_On	Bool
20	Emergency_Stop	Bool
21	Stopped	Bool
22	Fault	Bool
23	Warn	Bool

Figura 132. Variables de bloque de función P8.

- Se programa el control del variador de velocidad a través del bus de campo según lo especificado previamente.

▼ **Segmento 1:** Bloque de control para regulación de velocidad en rpm

Comentario



▼ **Segmento 2:** Control del encendido del motor

Comentario

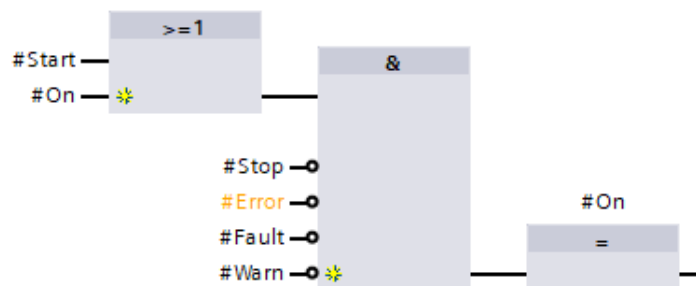
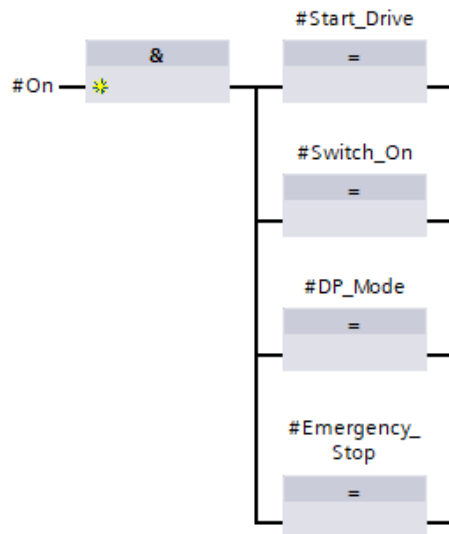


Figura 133. Segmento 1 y 2 – P8.

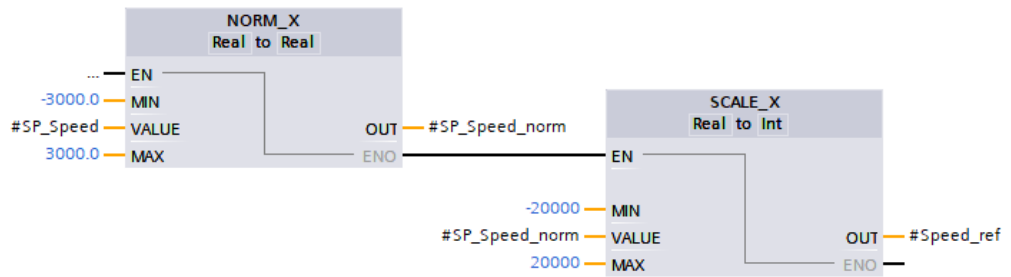
▼ **Segmento 3:** Activación de variables de control para el drive

Comentario



▼ **Segmento 4:** Acondicionamiento de la velocidad deseada antes de aplicar al bloque de control

Comentario



▼ **Segmento 5:** Escalamiento de la velocidad actual estimada por el variador de velocidad

Comentario

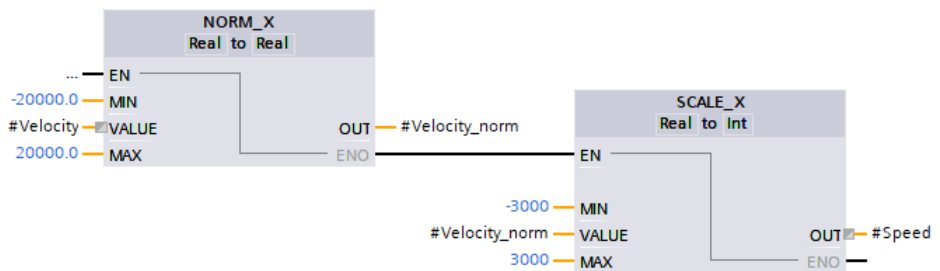


Figura 134. Segmento 3, 4 y 5 – P8.

6. Se llama al bloque función desde el programa principal (OB1).

▼ **Segmento 8:** Práctica#8: Control de variador ABB ACS3555 a través de profibus.

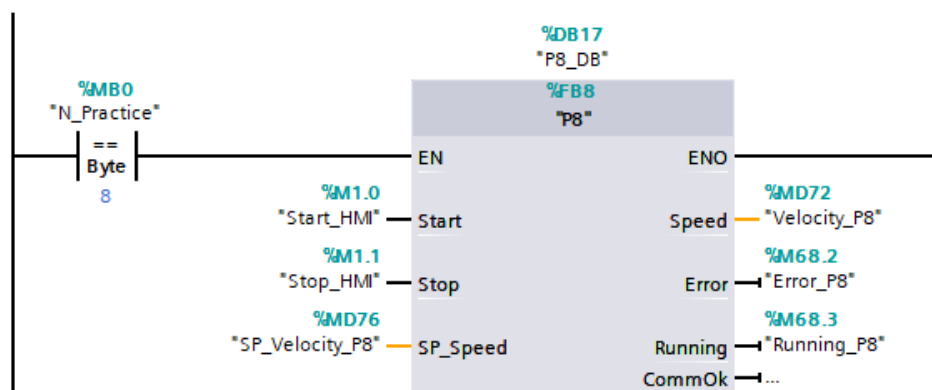


Figura 135. Segmento8 – Bloque principal

7. Considere los siguientes parámetros para el variador de velocidad ACS355:

Parámetro	Valor	Comentario
5101	0001h	Tipo de módulo (PROFIBUS)
5102	3	Dirección de red
5103	1500	Baud rate
5104	6	Tipo de telegrama
5105	1	ABB Drive
1601	0	Permiso de marcha
2008	60Hz	Frecuencia Máxima
3401	101	Señal a mostrar (101 – rpm + dirección)
1001	10	Selección de comandos de marcha, paro y dirección a través de comunicación
1103	8	Selección de referencia a través de comunicación
1105	3000rpm	Define el valor máximo para la referencia externa.

Figura 136. Parámetros de variador ACS355 – P8

8. Se realiza el panel de control y visualización del variador utilizando una interfaz humano-máquina con la siguiente apariencia:

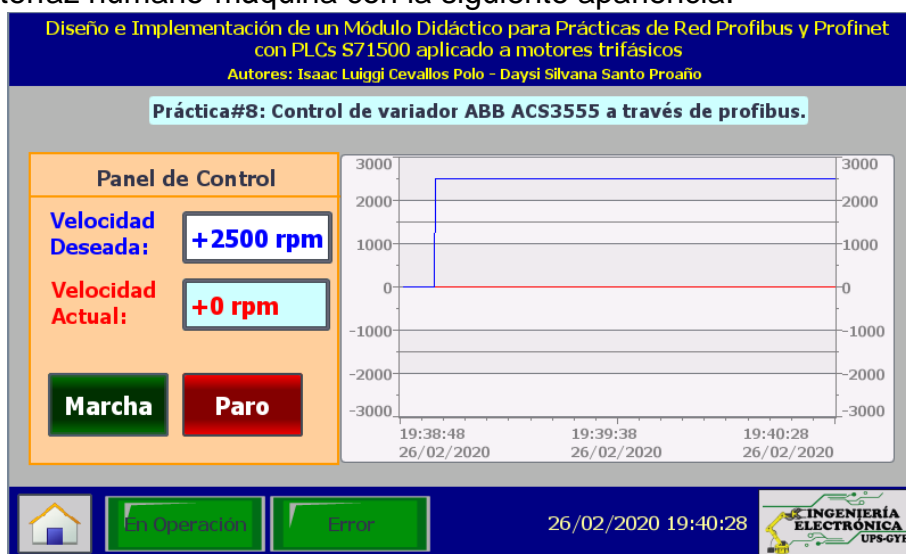


Figura 137. Interfaz humano-máquina – práctica#8

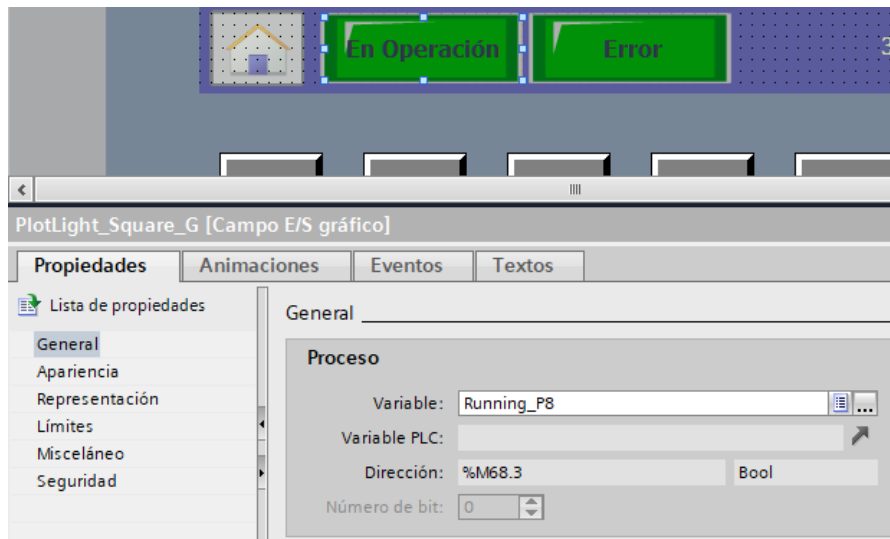


Figura 138. Indicador de encendido – P8

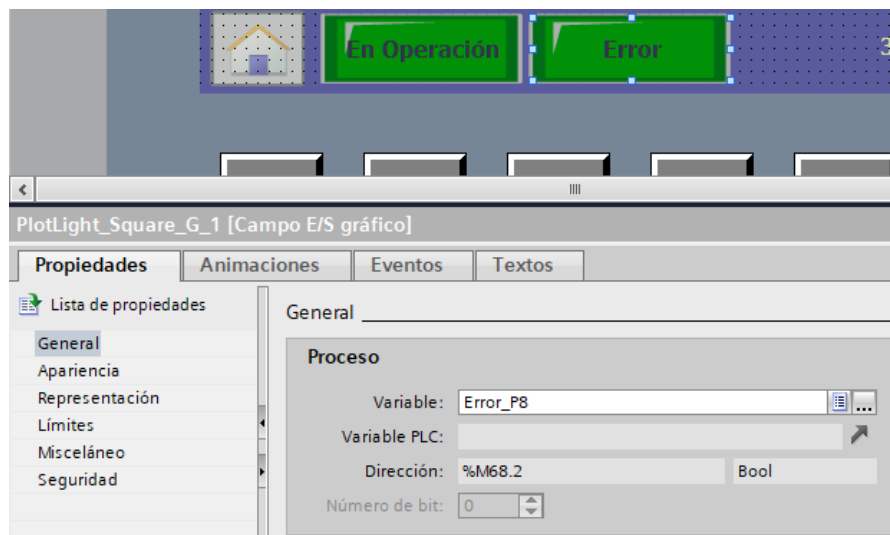


Figura 139. Indicador de error – P8

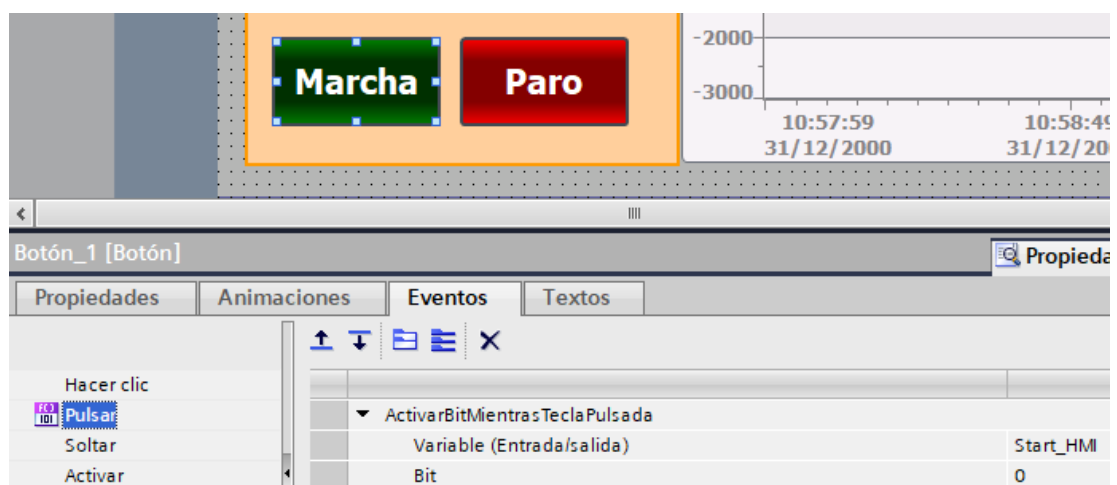


Figura 140. Evento pulsar en el botón de marcha – P8

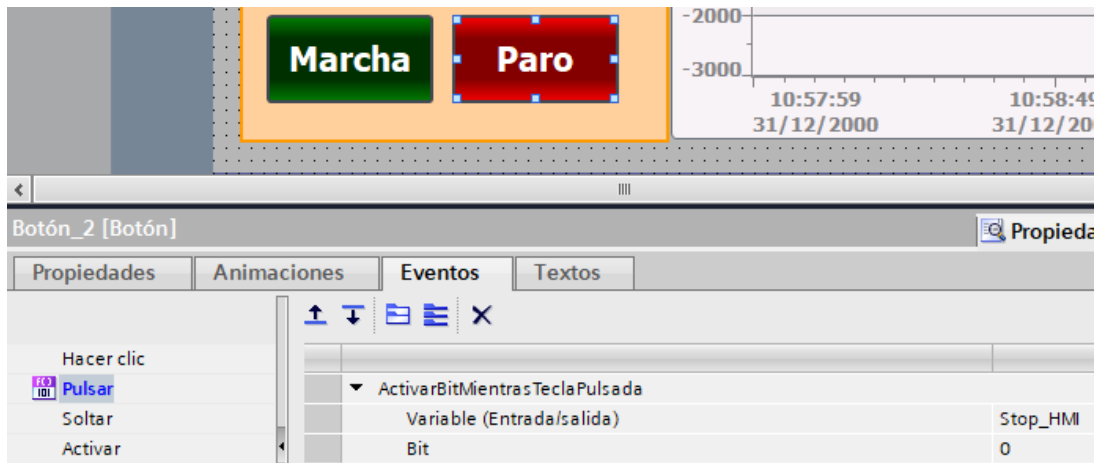


Figura 141. Evento pulsar en el botón de paro – P8



Figura 142. Visor de curva para frecuencias – P8



Figura 143. Campo de salida para frecuencia aplicada al motor – P8

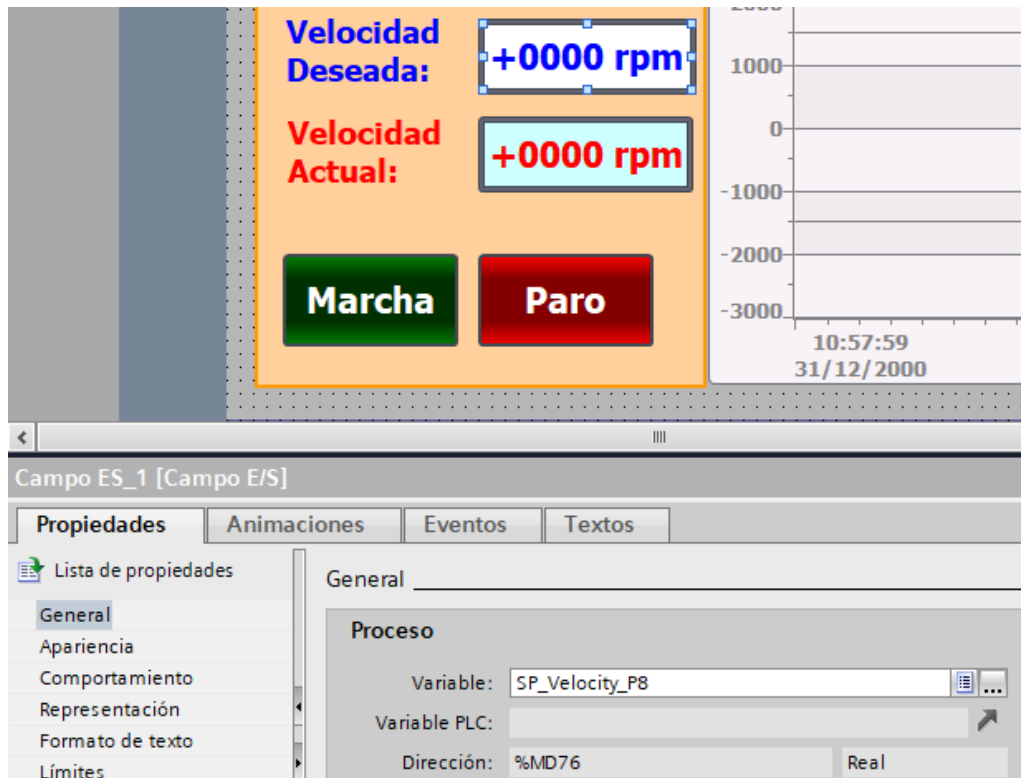


Figura 144. Campo de entrada/salida para fijar la frecuencia – P8

9. Se hace la carga del programa y pruebas respectivas en el módulo didáctico.

ANEXO9: Solución propuesta de la práctica#9

En esta práctica se muestra el proceso para obtener datos de funcionamiento de un motor trifásico a través del bus de campo PROFIBUS, los mismos que están presentes en el accionamiento de velocidad variable. Se va a hacer uso del bloque de función (FB8) de la práctica previa para manipular el estado y velocidad del motor, y a través del bloque ACS_Drive_PZD se visualizarán algunos parámetros tales como: Intensidad de Corriente (A), Torque (%) y Voltaje DC en el bus (V).

1. Se diseña la estructura de red:

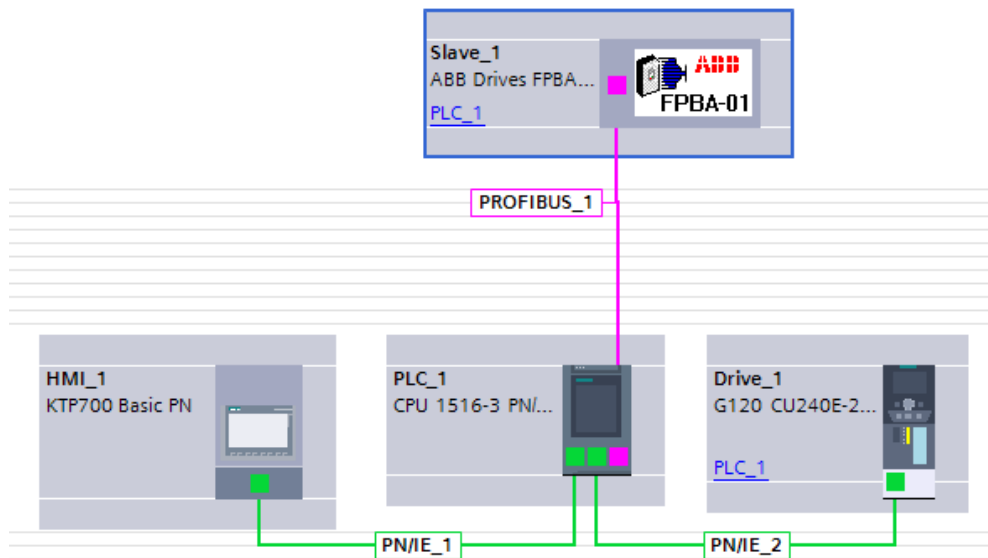


Figura 145. Arquitectura de red – Práctica#9

2. Hay considerar la inclusión de las librerías correspondientes para la adquisición de datos del motor desde el PLC, los cuales se pueden verificar desde el árbol del proyecto como se muestra a continuación:

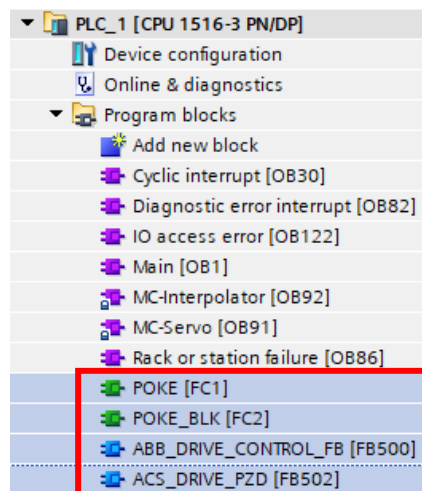


Figura 146. Ubicación de librerías para comunicación – P9

- Se llama al bloque función FB8 y al bloque ACS_Drive_PZD desde el programa principal (OB1).

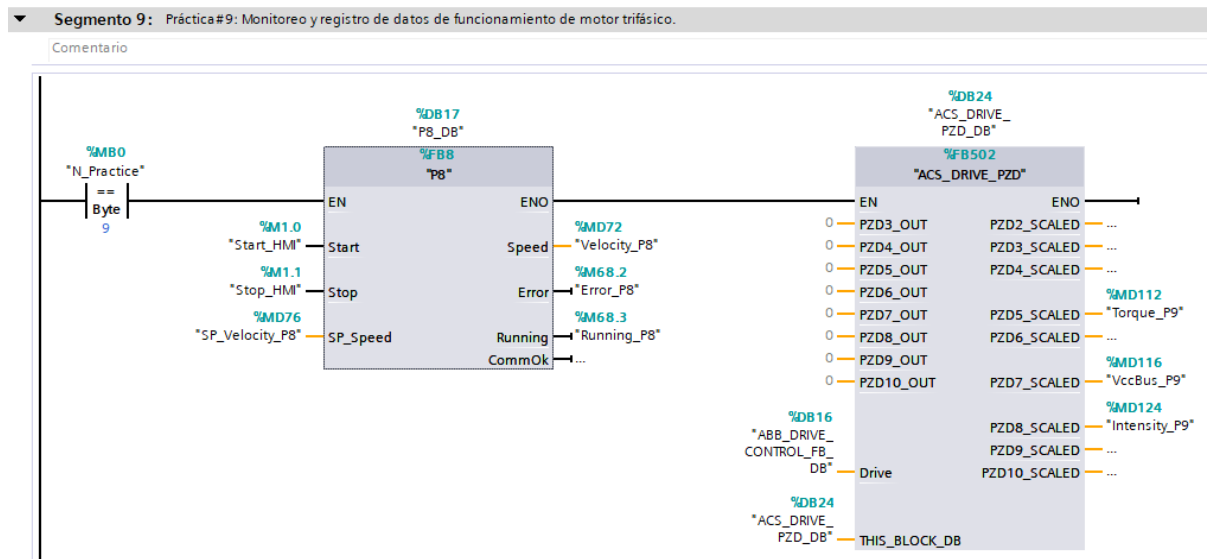


Figura 147. Segmento9 – Bloque principal

- Considere los siguientes parámetros para el variador de velocidad ACS355:

Parámetro	Valor	Comentario
5403	0105	Par calculado del motor (torque - %)
5405	0107	Tensión medida del circuito intermedio, Vcc
5406	0104	Intensidad medida del motor, A

Figura 148. Parametrización del variador – P9

- Se realiza el panel de control y visualización del variador utilizando una interfaz humano-máquina con la siguiente apariencia:

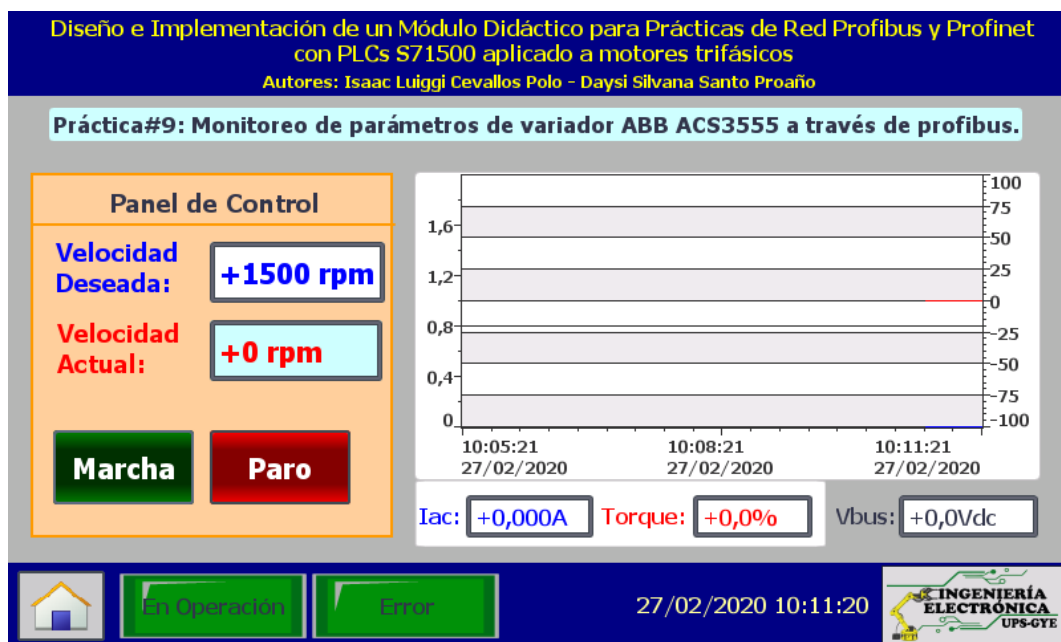


Figura 149. Interfaz humano-máquina – práctica#9

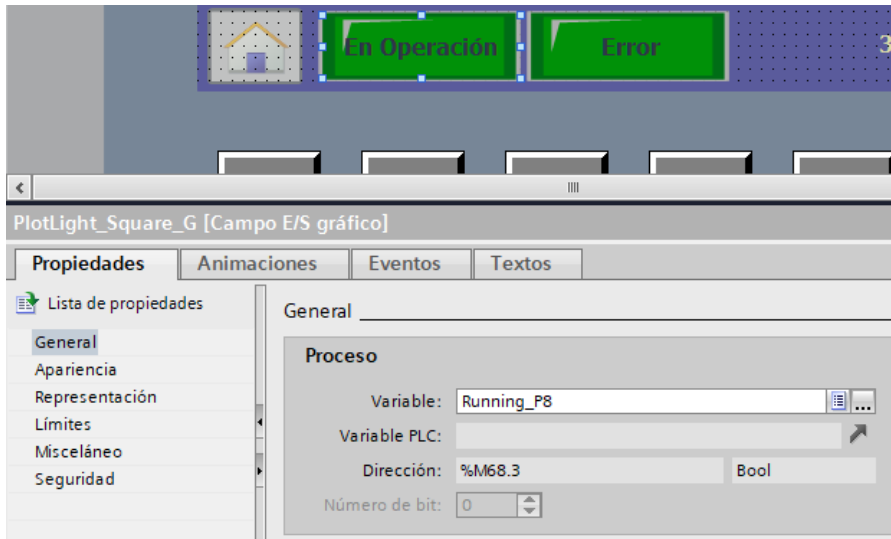


Figura 150. Indicador de encendido – P9

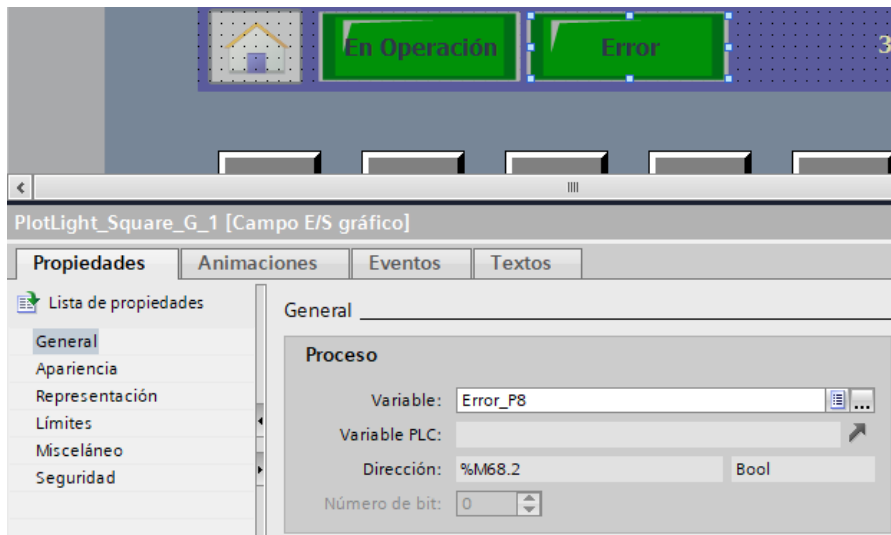


Figura 151. Indicador de error – P9

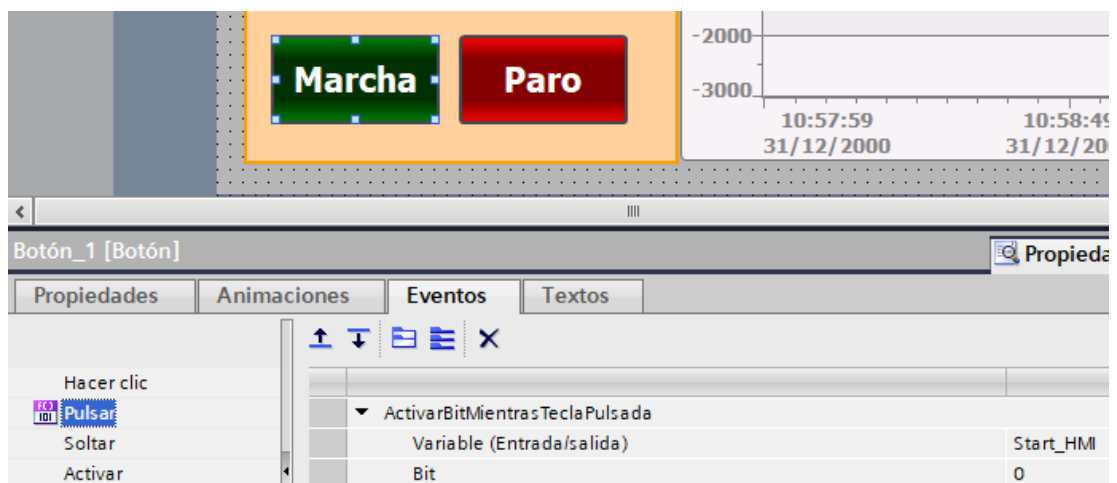


Figura 152. Evento pulsar en el botón de marcha – P9

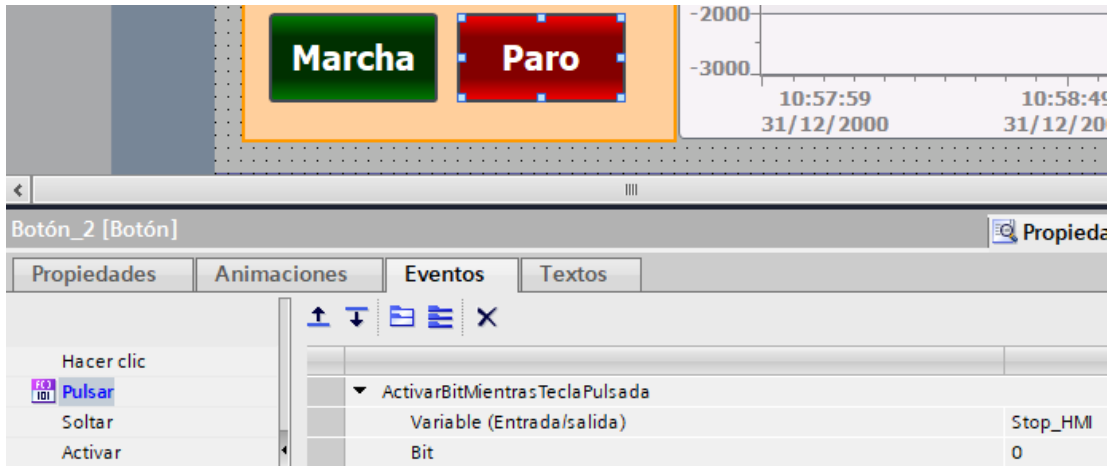


Figura 153. Evento pulsar en el botón de paro – P9

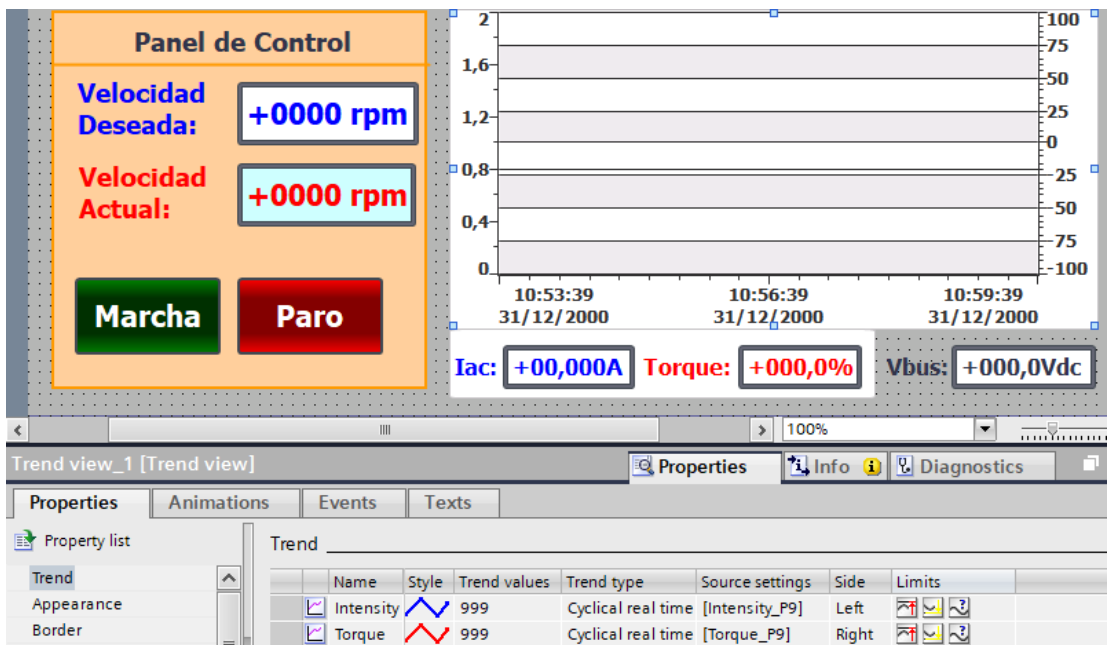


Figura 154. Visor de curva para frecuencias – P9

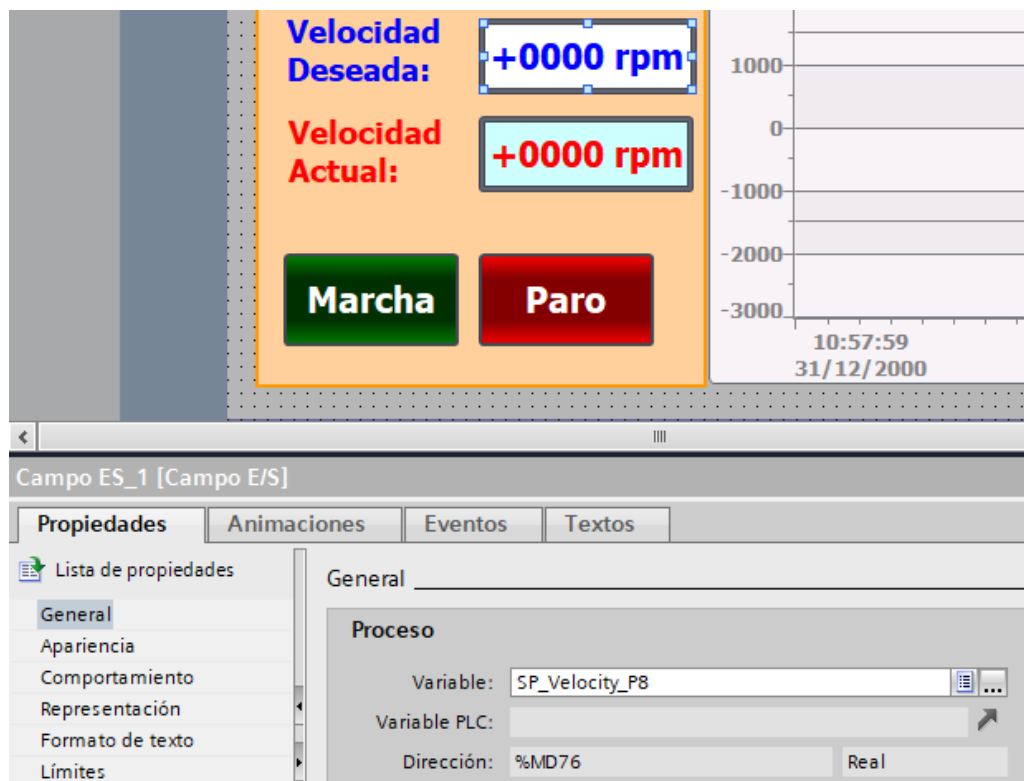


Figura 155. Campo de entrada/salida para fijar la frecuencia – P9

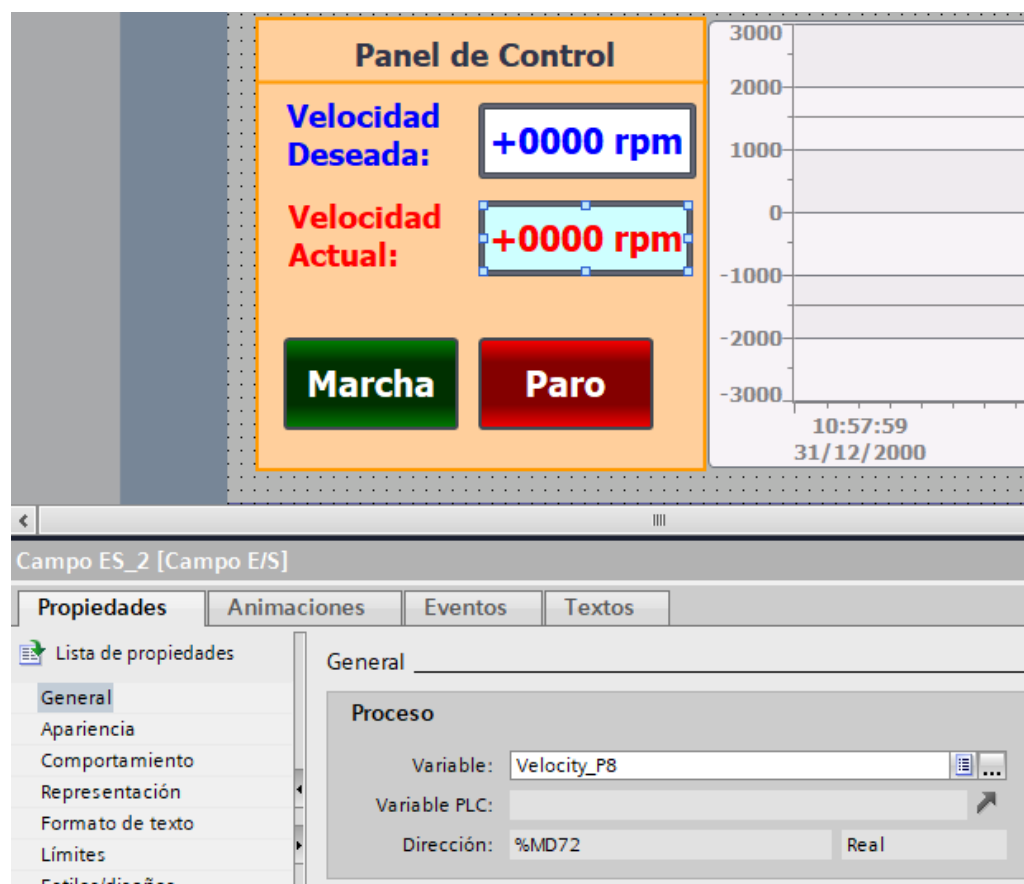


Figura 156. Campo de salida para frecuencia aplicada al motor – P9

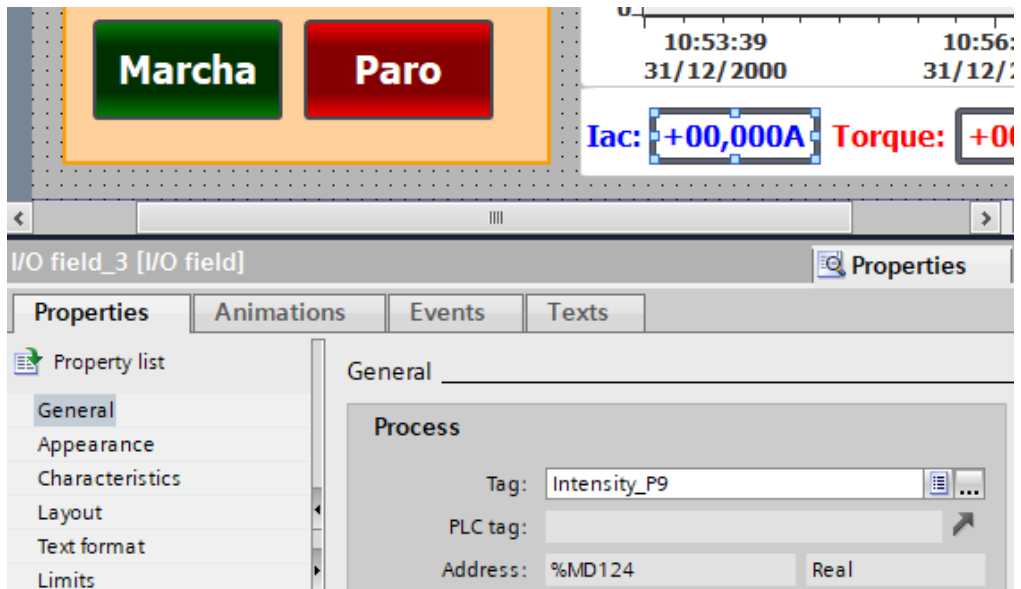


Figura 157. Campo de salida para intensidad de corriente – P9

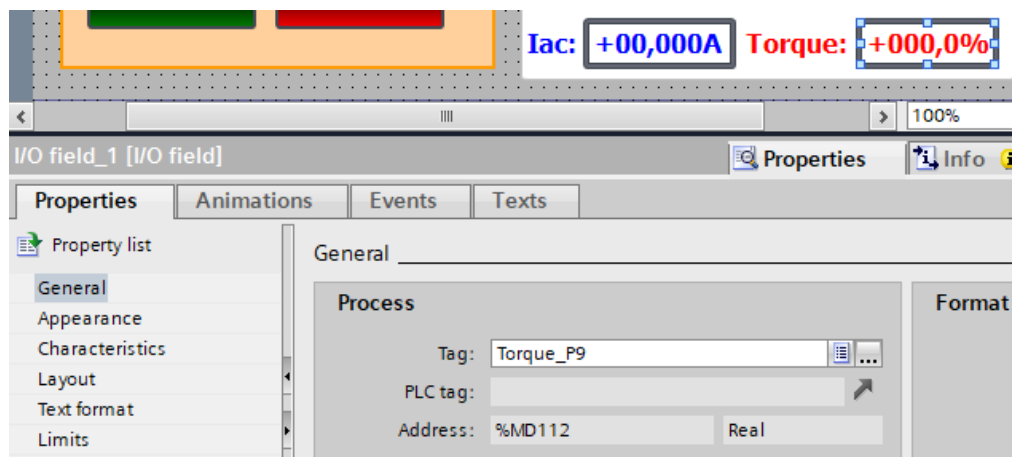


Figura 158. Campo de salida para torque estimado – P9

Campo de salida para visualizar el voltaje DC en el bus (circuito intermedio).

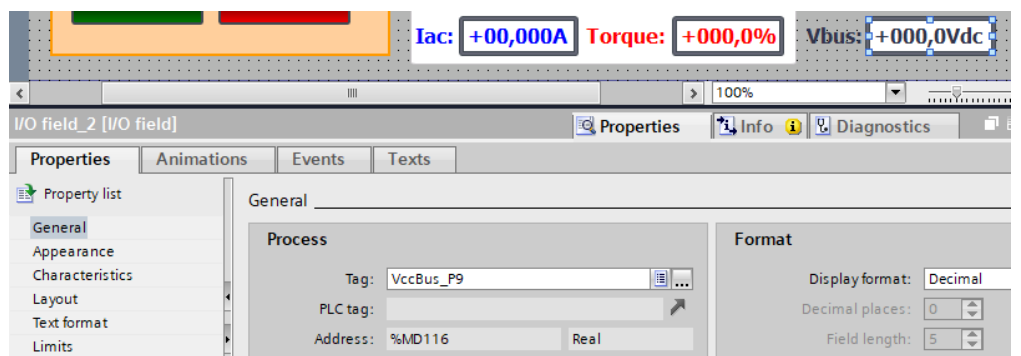


Figura 159. Campo de salida para voltaje DC en el bus – P9

6. Se hace la carga del programa y pruebas respectivas en el módulo didáctico.

ANEXO10: Solución propuesta de la práctica#10

La práctica final plantea resolver la problemática de un sistema de alternancia de 3 bombas, utilizando variadores de velocidad, comunicación PROFINET/PROFIBUS, sistema de monitoreo desde el pc, visualización de alarmas y manejo de recetas. Para observar el manejo de recetas, se ha prediseñado 4 ejemplos con diferentes tiempos de activación para cada actuador.

Nombre de receta: **N.º:**

Tiempos de trabajo 1

Nombre de registro: **N.º:**

Bombeo P2 1

Nombre de entrada	Valor
Tiempo de trabajo en segundos - P1	10
Tiempo de trabajo en segundos - P2	40
Tiempo de trabajo en segundos - P3	10

Nombre de receta: **N.º:**

Tiempos de trabajo 1

Nombre de registro: **N.º:**

Bombeo P3 2

Nombre de entrada	Valor
Tiempo de trabajo en segundos - P1	10
Tiempo de trabajo en segundos - P2	10
Tiempo de trabajo en segundos - P3	40

Nombre de receta: **N.º:**

Tiempos de trabajo 1

Nombre de registro: **N.º:**

Bombeo P1 3

Nombre de entrada	Valor
Tiempo de trabajo en segundos - P1	40
Tiempo de trabajo en segundos - P2	10
Tiempo de trabajo en segundos - P3	10

Figura 160. Configuración de recetas (1) – P10

Nombre de receta: N.º:

Nombre de registro: N.º:

Nombre de entrada	Valor
Tiempo de trabajo en segundos - P1	20
Tiempo de trabajo en segundos - P2	20
Tiempo de trabajo en segundos - P3	20

Figura 161. Configuración de recetas (2) – P10

Se ha ubicado un interruptor de flujo a la salida de las bombas, con la finalidad de verificar si realmente hay circulación de fluido; si alguna de las bombas se activa y luego de 5 segundos no se ha notificado flujo alguno, se detendrá la secuencia de trabajo ya que se considerará que la tubería principal se encuentra obstruida.

N.º	Hora	Fecha	Estado	Texto	Acusar grupo	
!	1	13:00:36	27/02/2020	I	Obstrucción en tubería principal	0
!	3	13:00:04	27/02/2020	IO	Nivel de tanque1 menor al 10%.	0
!	2	13:00:00	27/02/2020	IO	Nivel de tanque1 menor al 10%.	0
!	1	12:59:57	27/02/2020	IO	Nivel de tanque1 menor al 10%.	0

Figura 162. Configuración de alarmas – P10

1. Se diseña la estructura de red:

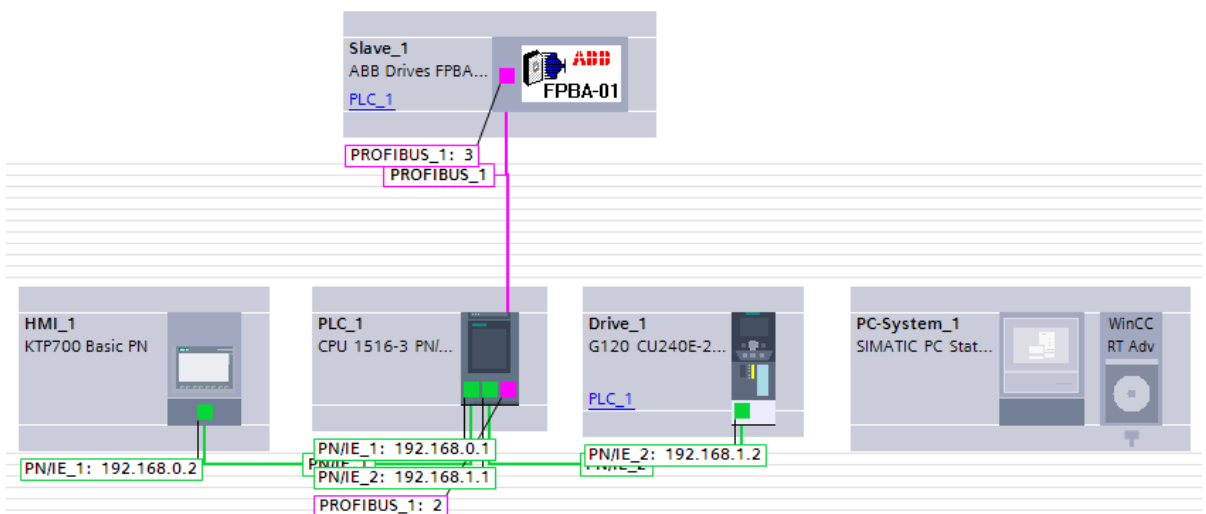


Figura 163. Arquitectura de red – Práctica#10

2. Se crea el bloque de función FB10 seleccionando el lenguaje KOP (diagrama de contactos).

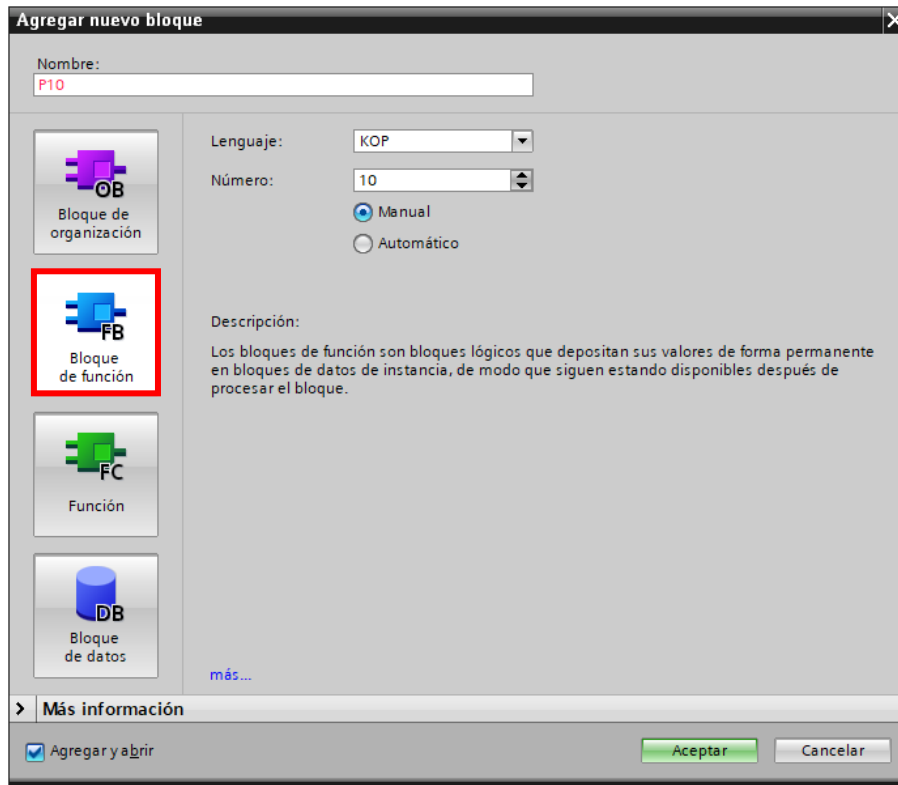


Figura 164. Bloque de función P10

3. Se definen las variables (locales) a utilizar dentro del bloque de función:

	Name	Data type			
1	Input		24	InOut	
2	Start	Bool	25	Static	
3	Stop	Bool	26	P1	Bool
4	Reset	Bool	27	P2	Bool
5	Flow_SW	Bool	28	P3	Bool
6	P1_Tíme_ms	UDInt	29	On	Bool
7	P2_Tíme_ms	UDInt	30	Fault_ACS	Bool
8	P3_Tíme_ms	UDInt	31	Warn_ACS	Bool
9	AI_V20	UInt	32	Fault_Drive	Bool
10	Clock_1Hz_G120	Bool	33	Fault_Tank	Bool
11	AI_Level1	UInt	34	P1_P2_Tíme_ms	UDInt
12	AI_Level2	UInt	35	Total_ms	DWord
13	AI_Level3	UInt	36	ET_ms	DWord
14	Output		37	SP_Speed_norm_ACS	Real
15	On_Off_V20	Bool	38	Speed_ref_ACS	Int
16	AQ_V20	Int	39	Velocity_ACS	Int
17	CommOk_G120	Bool	40	Velocity_norm_ACS	Real
18	InOperation_G120	Bool	41	Fault_Flow	Bool
19	ActualSpeed_G120	LReal	42	Temp	
20	Error_ACS	Bool	43	Constant	
21	Running_ACS	Bool	44	SP_Speed_ACS	Real
22	CommOk_ACS	Bool			
23	ActualSpeed_ACS	Real			

Figura 165. Variables de bloque de función P10.

4. Se programa el control secuencial de motores a través del bus de campo según lo especificado previamente.

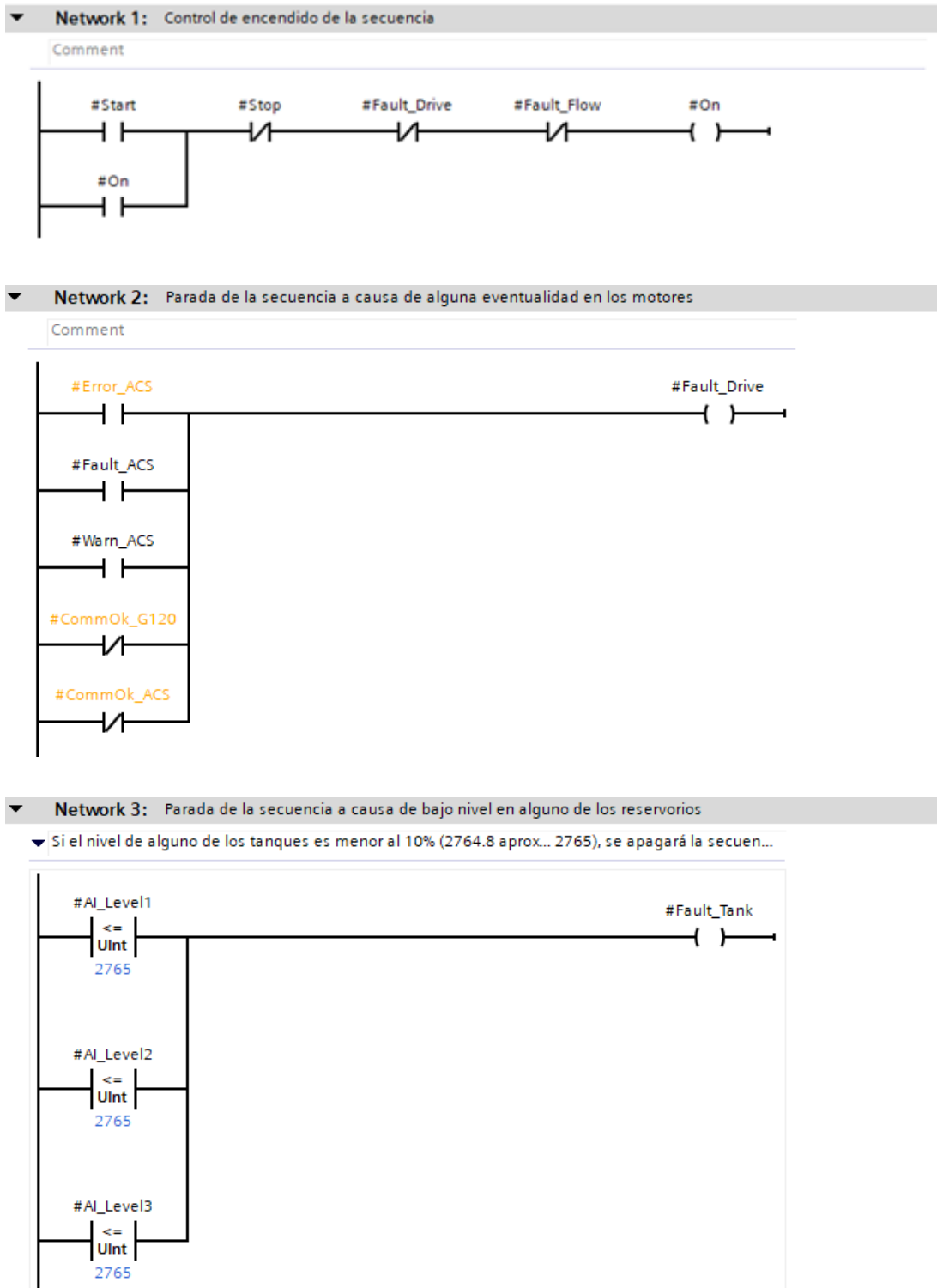
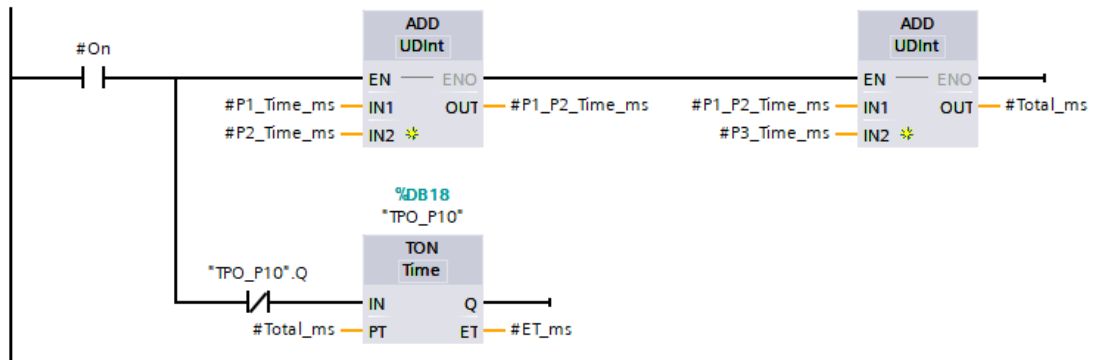


Figura 166. Segmento 1, 2 y 3 – P10.

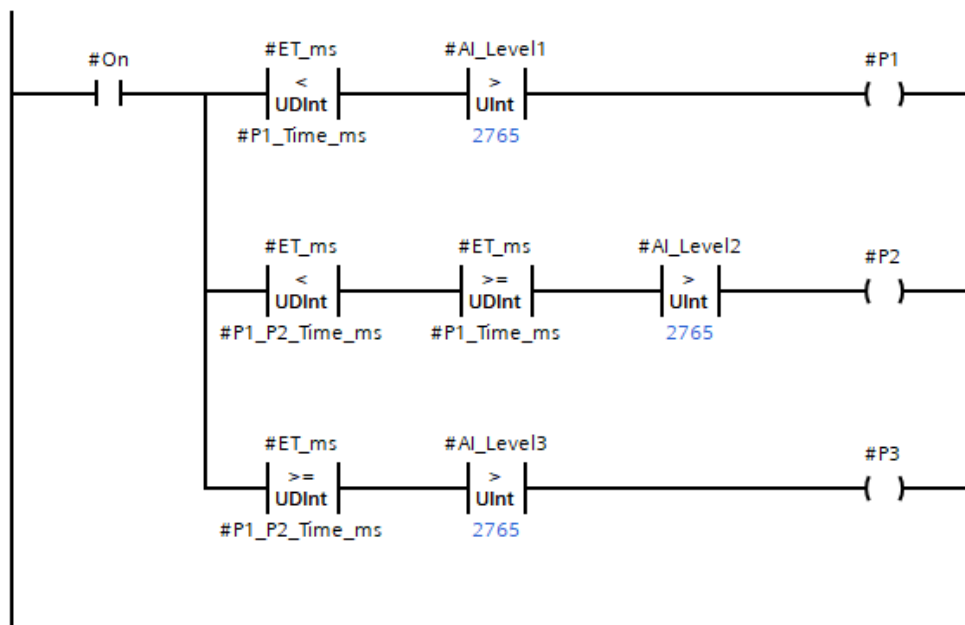
Network 4: Cálculo de tiempos de trabajo y temporizador general

Comment



Segmento 5: Control de encendido de bombas según receta seleccionada

Orden de encendido: P1, P2 y P3



Network 6: Control de encendido de motor1 - Sinamic V20

Comment

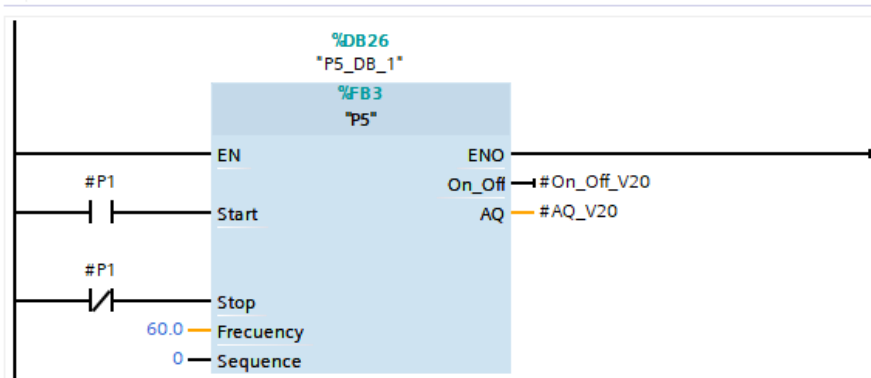


Figura 167. Segmento 4, 5 y 6 – P10.

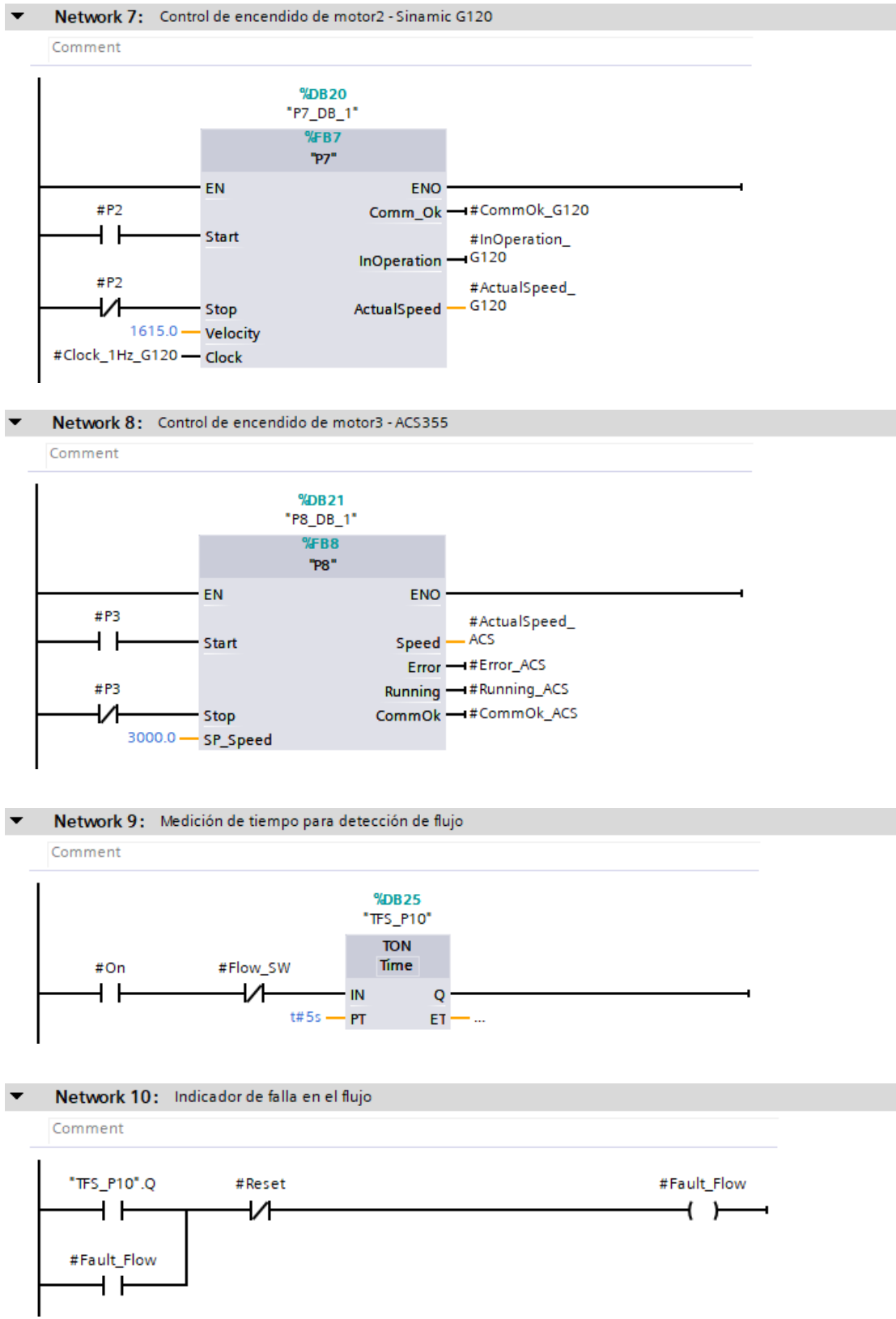


Figura 168. Segmento 7, 8, 9 y 10 – P10.

5. Se llama al bloque función desde el programa principal (OB1).

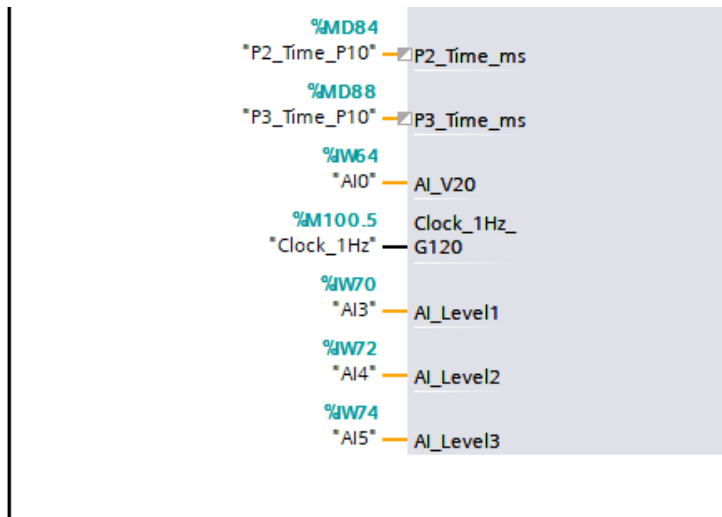


Figura 169. Segmento10 – Bloque principal

- Se realiza el panel de control y visualización del proceso de alternancia de bombas utilizando una interfaz humano-máquina desde el computador (Wincc RT Advanced) con la siguiente apariencia:

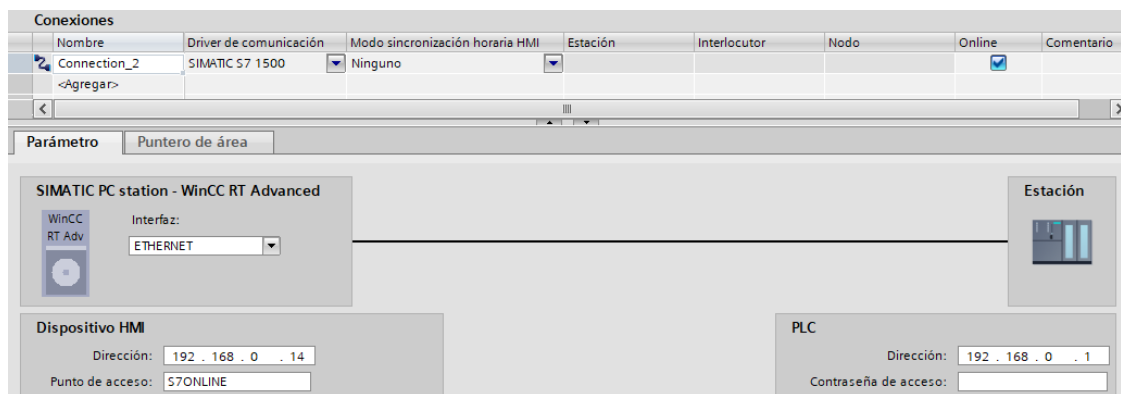


Figura 170. Configuración de red para SCADA – P10

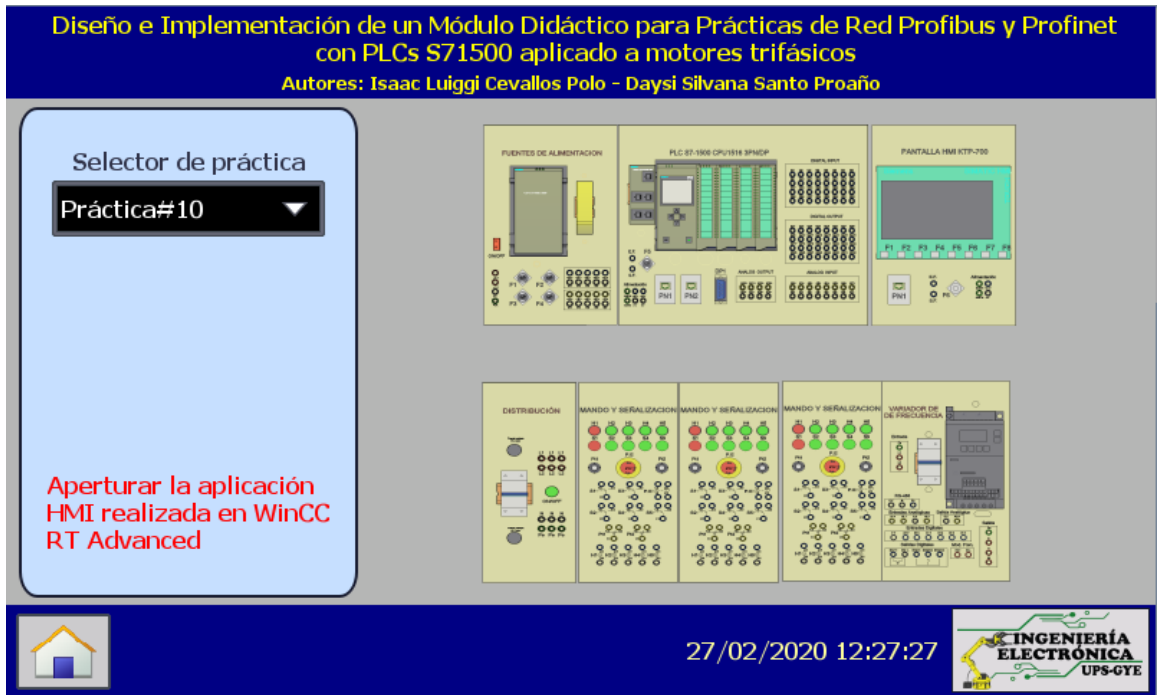


Figura 171. SCADA Pantalla (1) – P10

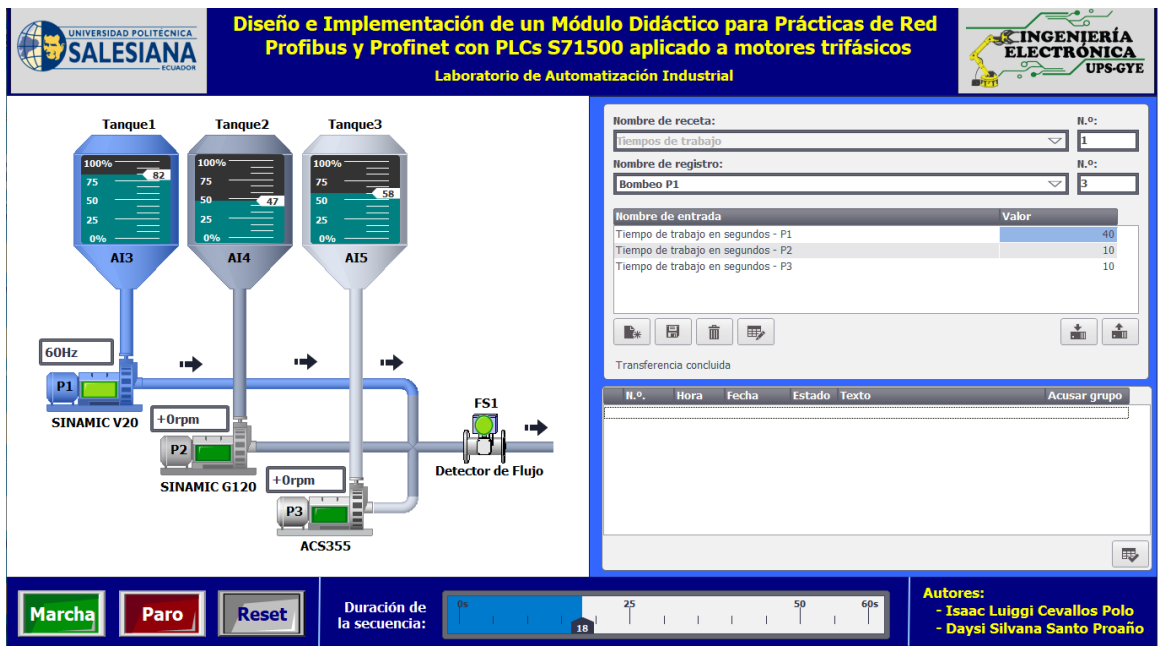


Figura 172. SCADA Pantalla (2) – P10

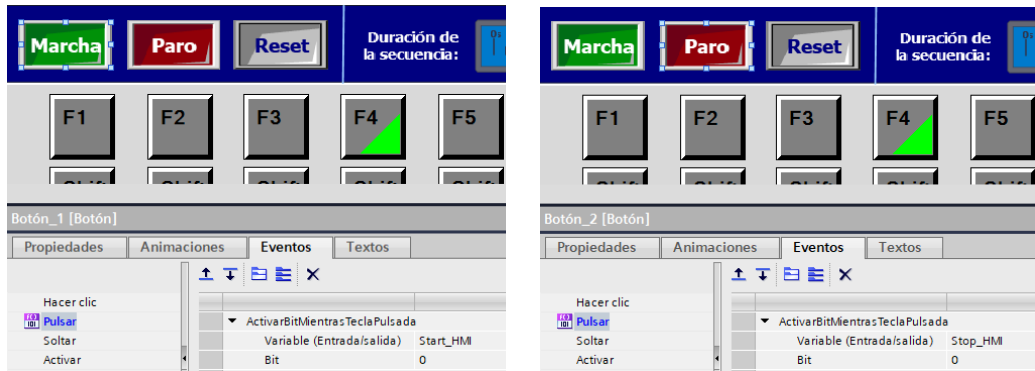


Figura 173. Configuración de marcha y paro – P10

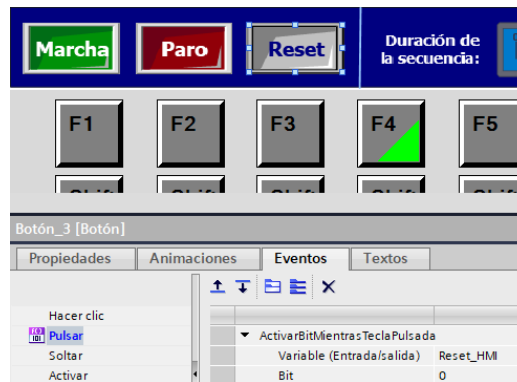


Figura 174. Configuración de botón de reinicio – P10

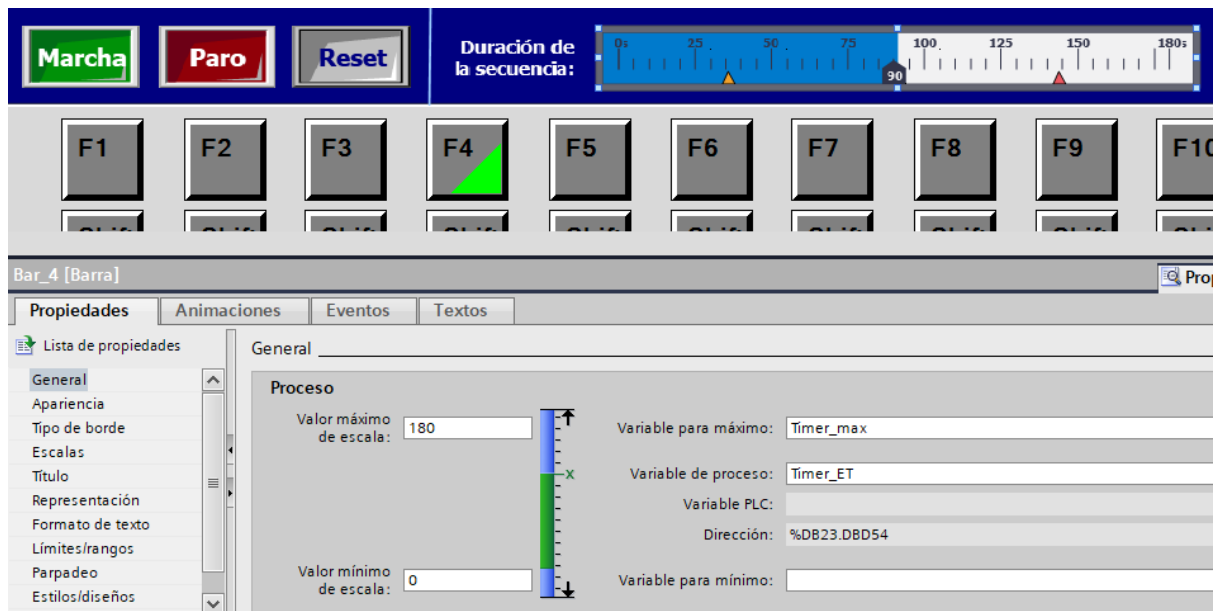


Figura 175. Configuración de barra indicadora de tiempo – P10

Avisos de bit								
ID	Nombre	Texto de aviso	Categoría	Variable de disparo	Bit de disparo	Dirección de disparo	Variable de acuse HMI	
1	Pipe_Lock	Obstrucción en tubería principal	Errors	Alarm_Flow	8	%DB23.DBX70.0	<Ninguna variable>	

Avisos analógicos							
ID	Nombre	Texto de aviso	Categoría	Variable de disparo	Valor límite	Modo del lími..	
1	Low_Level_Tank1	Nivel de tanque1 menor al 10%	Errors	Level_Sensor_Tank1	10	Inferior	
2	Low_Level_Tank2	Nivel de tanque1 menor al 10%	Errors	Level_Sensor_Tank2	10	Inferior	
3	Low_Level_Tank3	Nivel de tanque1 menor al 10%	Errors	Level_Sensor_Tank3	10	Inferior	

Figura 176. Alarmas por bit y analógicas – P10

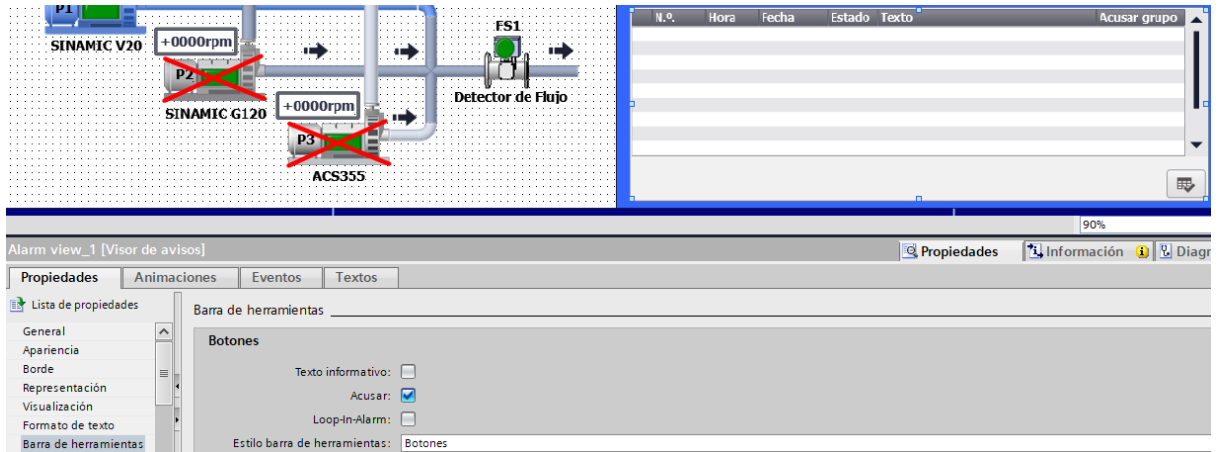


Figura 177. Visor de alarmas – P10

Recetas									
...	Nombre	Nombre de visualización	Número	Versión	Ruta	Tipo	Número máximo de registros	Tipo de comunicación	Tooltip
	Recipe_1	Tiempos de trabajo	1	2/10/2020 11:58:28 AM	C:\Recipes	Lim...	5000	Variables	
<Agrega...>									

Elementos									
...	Nombre	Nombre de visualización	Variable	Tipo de datos	Longitud de los datos	Valor predeterminado	Valor mínimo	Valor máximo	Decimales
	P1_Timer	Tiempo de trabajo en segundos - P1	P1_Time_P10	Real	4	0	-3,402823466E+38	3,402823466E+38	0
	P2_Timer	Tiempo de trabajo en segundos - P2	P2_Time_P10	Real	4	0	-3,402823466E+38	3,402823466E+38	0
	P3_Timer	Tiempo de trabajo en segundos - P3	P3_Time_P10	Real	4	0	-3,402823466E+38	3,402823466E+38	0

Figura 178. Configuración de visor de recetas – P10

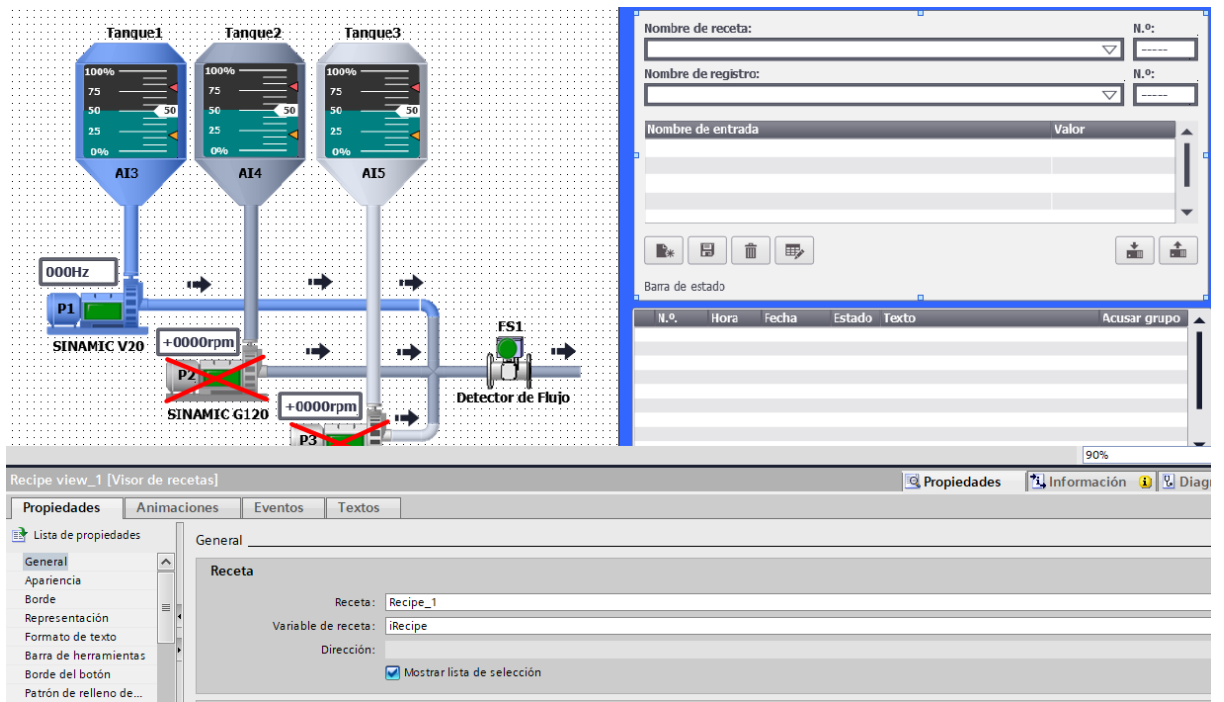


Figura 179. Visor de recetas – P10

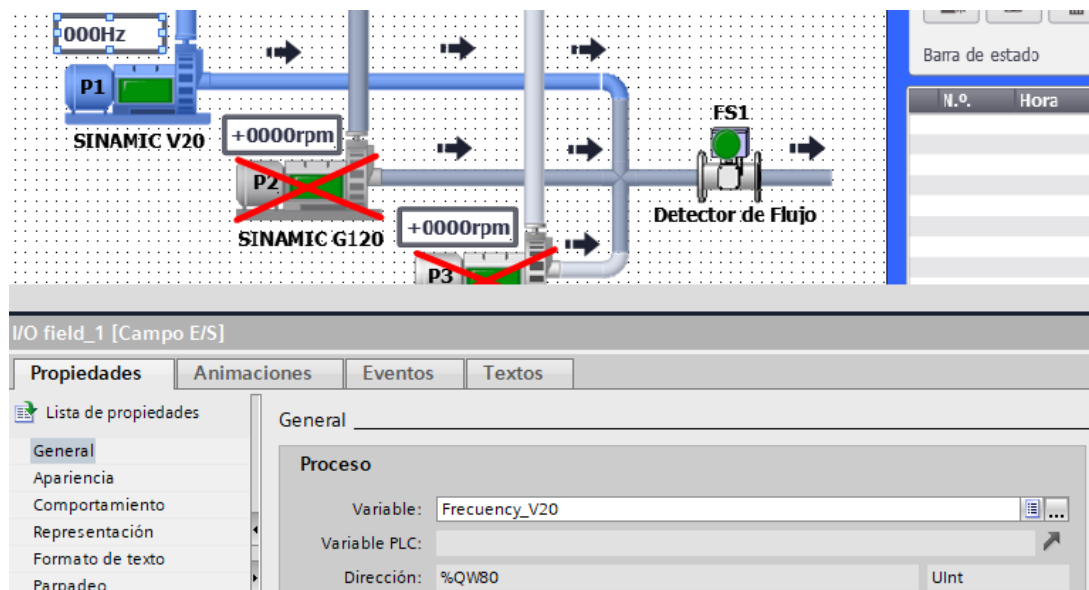


Figura 180. Indicador de frecuencia del motor de la bomba1 – P10

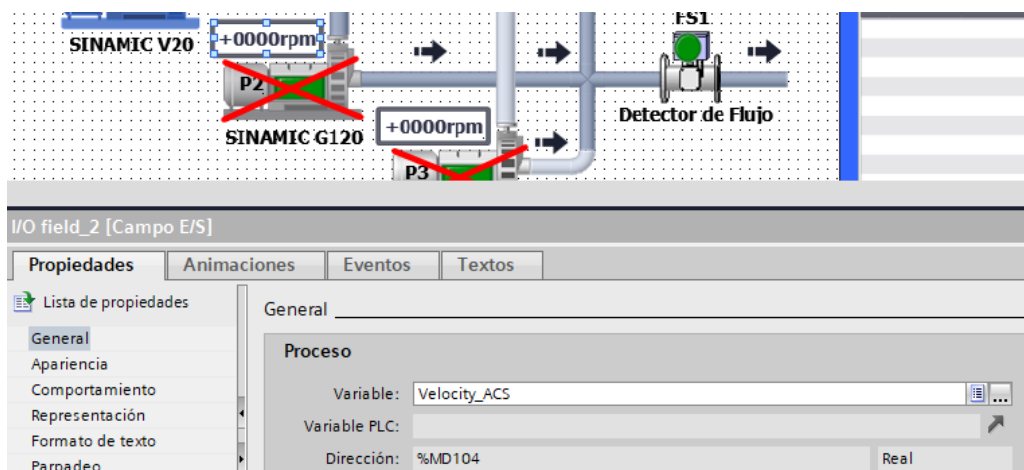


Figura 181. Indicador de frecuencia del motor de la bomba2 – P10

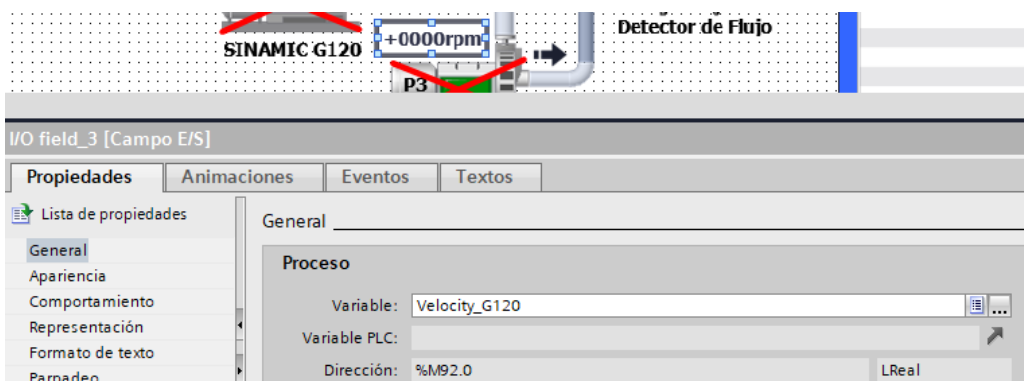


Figura 182. Indicador de frecuencia del motor de la bomba3 – P10

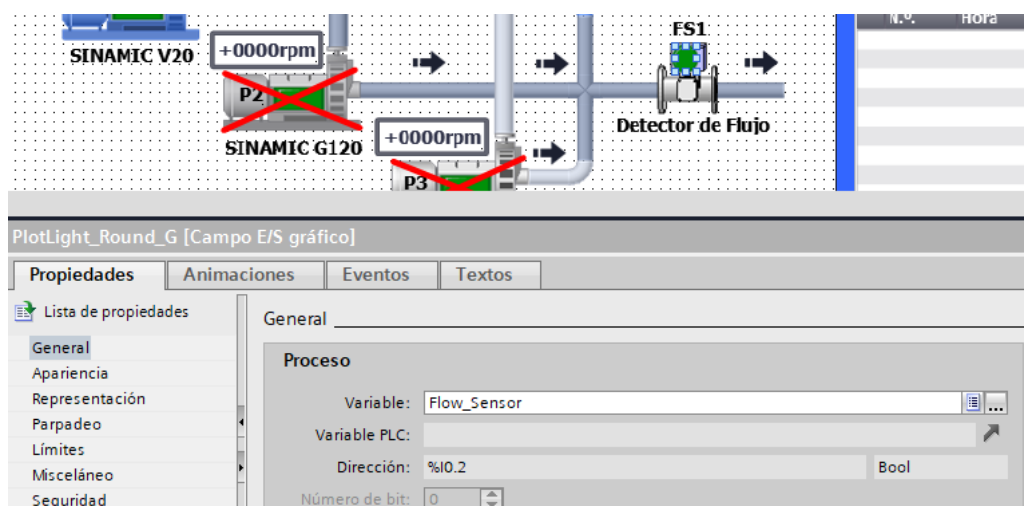


Figura 183. Indicador de flujo en tubería principal – P10

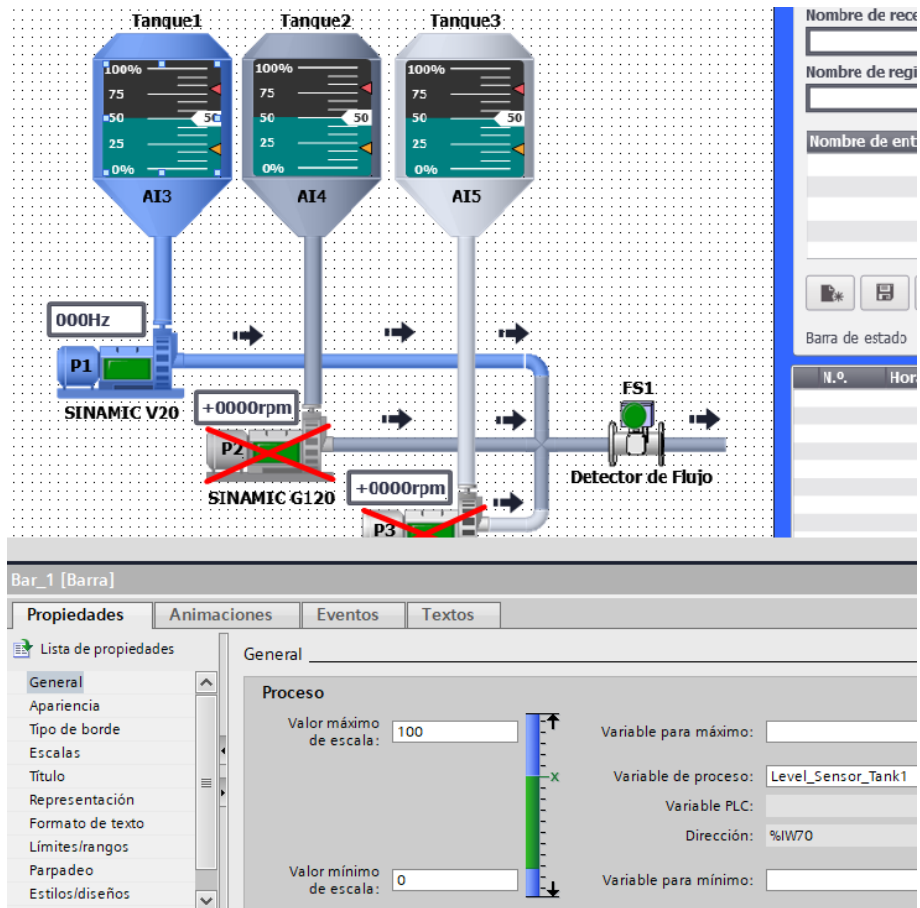


Figura 184. Indicador de nivel de tanque1 (AI3) – P10

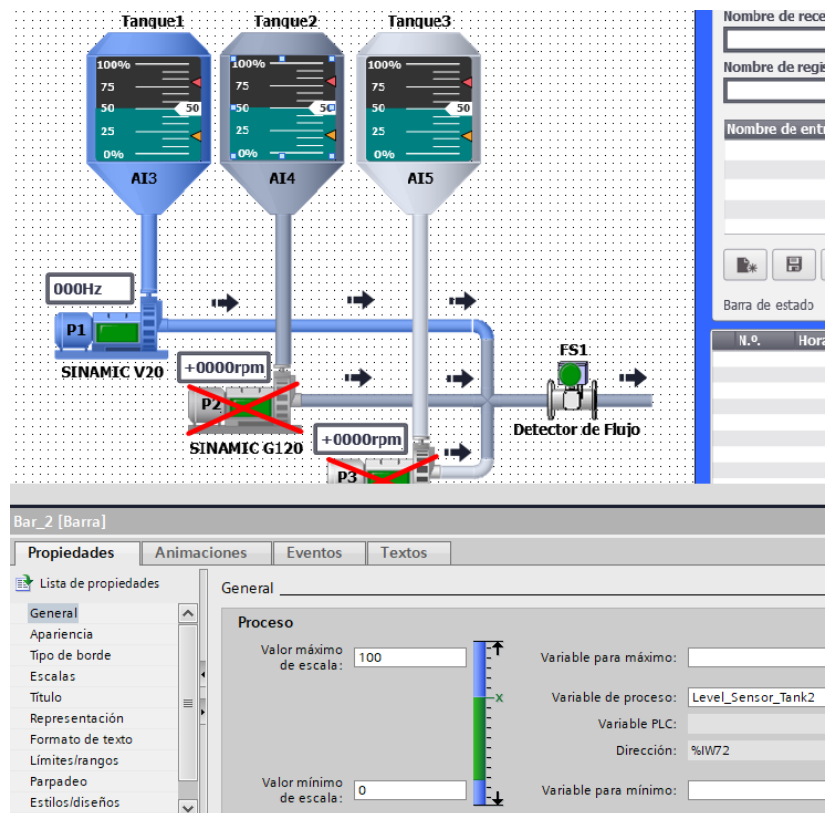


Figura 185. Indicador de nivel de tanque2 (AI4) – P10

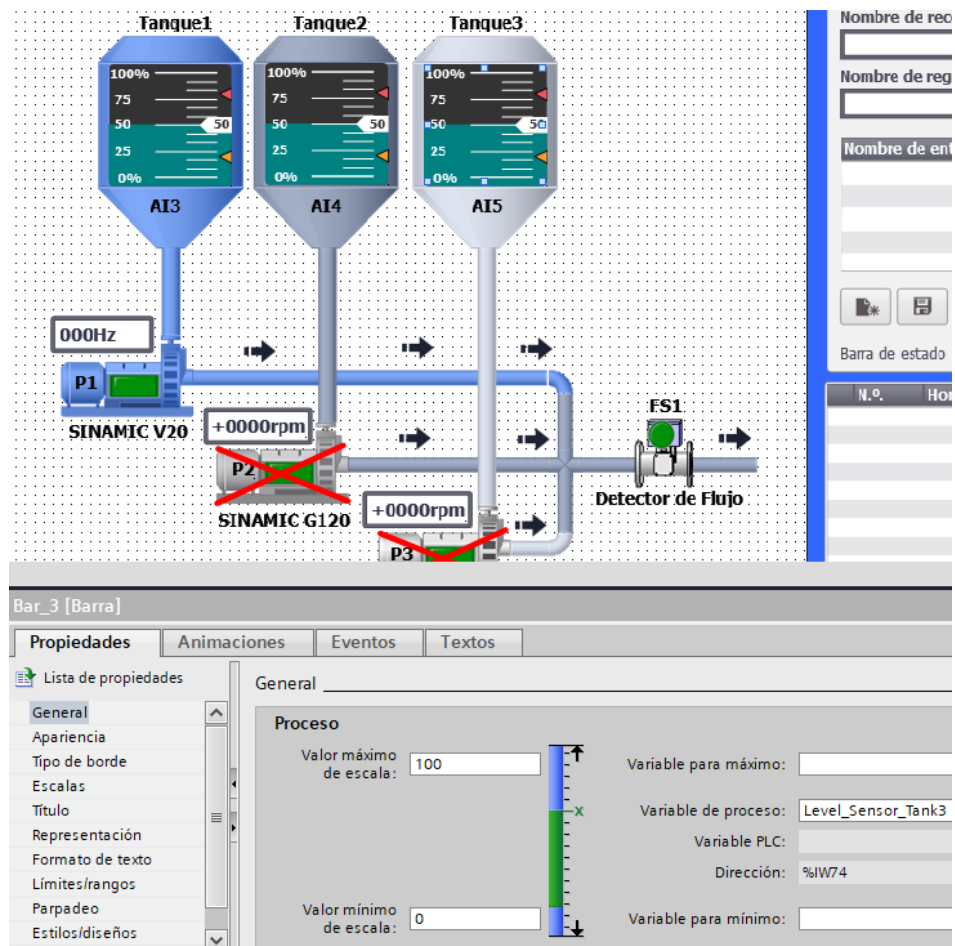


Figura 186. Indicador de nivel de tanque3 (AI5) – P10

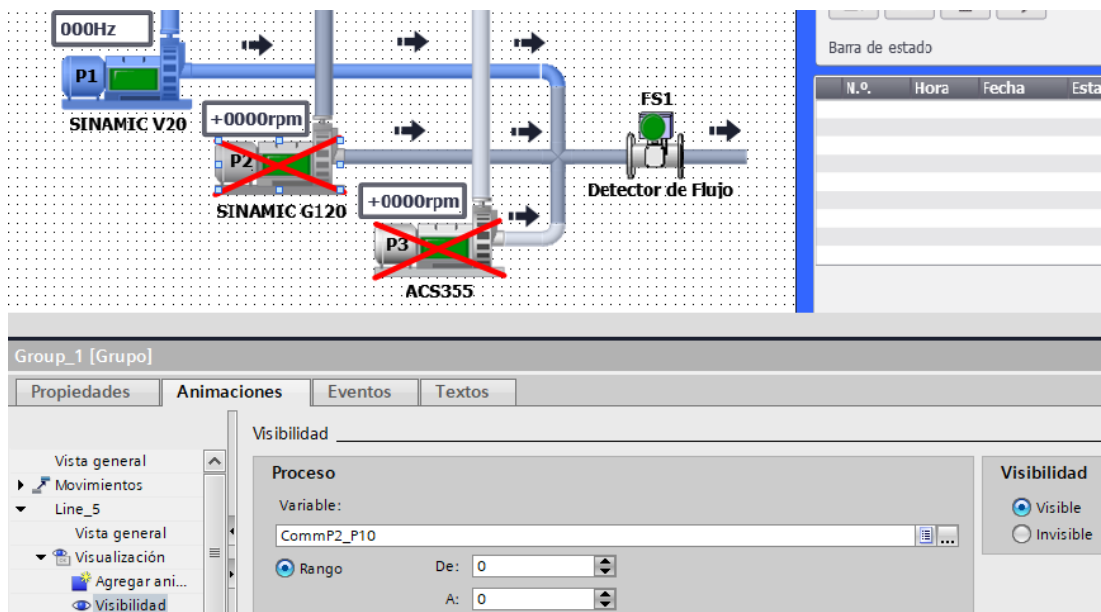


Figura 187. Indicador de falla de comunicación SINAMIC G120 – P10

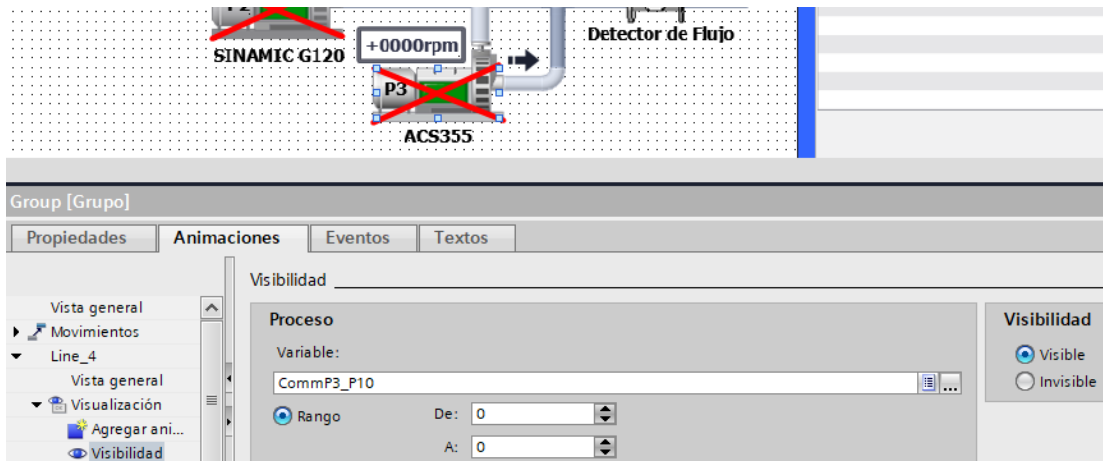


Figura 188. Indicador de falla de comunicación SINAMIC ACS355 – P10

7. Se hace la carga del programa y pruebas respectivas en el módulo didáctico.

ANEXO11: Tabla Global de variables utilizadas en el HMI

Nombre	Tipo de datos	Conexión	Nombre del PLC	Variable PLC	Dirección	Modo de acceso	Ciclo de ad
CommOk_P7	Bool	Connection_1		<No definido>	%M68.0	<Acceso absoluto>	100 ms
Dir_P3	Bool	Connection_1		<No definido>	%DB11.DBX4.1	<Acceso absoluto>	100 ms
Error_P8	Bool	Connection_1		<No definido>	%M68.2	<Acceso absoluto>	100 ms
Frecuency	Real	Connection_1		<No definido>	%MD36	<Acceso absoluto>	100 ms
Frecuency_P5	Int	Connection_1		<No definido>	%QW80	<Acceso absoluto>	100 ms
Frecuency_P6	Real	Connection_1		<No definido>	%DB12.DBD16	<Acceso absoluto>	100 ms
InOperation	Bool	Connection_1		<No definido>	%M68.1	<Acceso absoluto>	100 ms
Intensity_P9	Real	Connection_1		<No definido>	%MD124	<Acceso absoluto>	100 ms
On_P1	Bool	Connection_1		<No definido>	%DB1.DBX4.1	<Acceso absoluto>	100 ms
On_P2	Bool	Connection_1		<No definido>	%DB5.DBX50.0	<Acceso absoluto>	100 ms
On_P3	Bool	Connection_1		<No definido>	%DB11.DBX4.0	<Acceso absoluto>	100 ms
On_P4	Bool	Connection_1		<No definido>	%DB7.DBX12.0	<Acceso absoluto>	100 ms
On_P5	Bool	Connection_1		<No definido>	%DB8.DBX8.0	<Acceso absoluto>	100 ms
On_P6	Bool	Connection_1		<No definido>	%DB12.DBX8.0	<Acceso absoluto>	100 ms
Q0	Bool	Connection_1		<No definido>	%Q0.0	<Acceso absoluto>	100 ms
Q1	Bool	Connection_1		<No definido>	%Q0.1	<Acceso absoluto>	100 ms
Q2	Bool	Connection_1		<No definido>	%Q0.2	<Acceso absoluto>	100 ms
Q3	Bool	Connection_1		<No definido>	%Q0.3	<Acceso absoluto>	100 ms
Q4	Bool	Connection_1		<No definido>	%Q0.4	<Acceso absoluto>	100 ms
Q5	Bool	Connection_1		<No definido>	%Q0.5	<Acceso absoluto>	100 ms
Q6	Bool	Connection_1		<No definido>	%Q0.6	<Acceso absoluto>	100 ms
Q7	Bool	Connection_1		<No definido>	%Q0.7	<Acceso absoluto>	100 ms
Running_P8	Bool	Connection_1		<No definido>	%M68.3	<Acceso absoluto>	100 ms
Selector	USInt	Connection_1		<No definido>	%MB0	<Acceso absoluto>	100 ms
Sequence	Bool	Connection_1		<No definido>	%M1.2	<Acceso absoluto>	100 ms
SP_Frec_P6	Real	Connection_1		<No definido>	%MD44	<Acceso absoluto>	100 ms
SP_Velocity_P7	LReal	Connection_1		<No definido>	%M52.0	<Acceso absoluto>	100 ms
SP_Velocity_P8	Real	Connection_1		<No definido>	%MD76	<Acceso absoluto>	100 ms
Start	Bool	Connection_1		<No definido>	%M11.0	<Acceso absoluto>	100 ms
Start_HMI	Bool	Connection_1		<No definido>	%M1.0	<Acceso absoluto>	100 ms
Stop_HMI	Bool	Connection_1		<No definido>	%M1.1	<Acceso absoluto>	100 ms
Torque_P9	Real	Connection_1		<No definido>	%MD112	<Acceso absoluto>	100 ms
VccBus_P9	Real	Connection_1		<No definido>	%MD116	<Acceso absoluto>	100 ms
Velocity_P7	LReal	Connection_1		<No definido>	%M60.0	<Acceso absoluto>	100 ms
Velocity_P8	Real	Connection_1		<No definido>	%MD72	<Acceso absoluto>	100 ms
Vin0	Real	Connection_1		<No definido>	%MD4	<Acceso absoluto>	100 ms
Vin1	Real	Connection_1		<No definido>	%MD8	<Acceso absoluto>	100 ms
Vin2	Real	Connection_1		<No definido>	%MD12	<Acceso absoluto>	100 ms
Vin3	Real	Connection_1		<No definido>	%MD16	<Acceso absoluto>	100 ms
Vin4	Real	Connection_1		<No definido>	%MD20	<Acceso absoluto>	100 ms
Vin5	Real	Connection_1		<No definido>	%MD24	<Acceso absoluto>	100 ms
Vin6	Real	Connection_1		<No definido>	%MD28	<Acceso absoluto>	100 ms
Vin7	Real	Connection_1		<No definido>	%MD32	<Acceso absoluto>	100 ms

Figura 189. Tabla de variables HMI

ANEXO12: Tabla Global de variables utilizadas en el PLC

1	AI0	UInt	%IW64	41	Q1	Bool	%Q0.1
2	AI1	UInt	%IW66	42	Q10	Bool	%Q1.2
3	AI2	UInt	%IW68	43	Q11	Bool	%Q1.3
4	AI3	UInt	%IW70	44	Q12	Bool	%Q1.4
5	AI4	UInt	%IW72	45	Q13	Bool	%Q1.5
6	AI5	UInt	%IW74	46	Q14	Bool	%Q1.6
7	AI6	UInt	%IW76	47	Q15	Bool	%Q1.7
8	AI7	UInt	%IW78	48	Q16	Bool	%Q2.0
9	AQ0	Int	%QW80	49	Q17	Bool	%Q2.1
10	AQ1	Int	%QW82	50	Q18	Bool	%Q2.2
11	AQ2	Int	%QW84	51	Q19	Bool	%Q2.3
12	AQ3	Int	%QW86	52	Q2	Bool	%Q0.2
13	Clock_0....	Bool	%M100.7	53	Q20	Bool	%Q2.4
14	Clock_0....	Bool	%M100.6	54	Q21	Bool	%Q2.5
15	Clock_1....	Bool	%M100.4	55	Q22	Bool	%Q2.6
16	Clock_10...	Bool	%M100.0	56	Q23	Bool	%Q2.7
17	Clock_1Hz	Bool	%M100.5	57	Q24	Bool	%Q3.0
18	Clock_2....	Bool	%M100.2	58	Q25	Bool	%Q3.1
19	Clock_2Hz	Bool	%M100.3	59	Q26	Bool	%Q3.2
20	Clock_5Hz	Bool	%M100.1	60	Q27	Bool	%Q3.3
21	Clock_Byte	Byte	%MB100	61	Q28	Bool	%Q3.4
22	CommO...	Bool	%M1.7	62	Q29	Bool	%Q3.5
23	CommO...	Bool	%M68.4	63	Q3	Bool	%Q0.3
24	CommO...	Bool	%M68.0	64	Q30	Bool	%Q3.6
25	Error_AC...	Bool	%M68.6	65	Q31	Bool	%Q3.7
26	Error_P8	Bool	%M68.2	66	Q4	Bool	%Q0.4
27	Frecuency	Real	%MD36	67	Q5	Bool	%Q0.5
28	InOperati...	Bool	%M68.5	68	Q6	Bool	%Q0.6
29	InOperati...	Bool	%M68.1	69	Q7	Bool	%Q0.7
30	Intensity...	Real	%MD124	70	Q8	Bool	%Q1.0
31	ManAuto...	Bool	%M144.0	71	Q9	Bool	%Q1.1
32	N_Practice	Byte	%M80	72	Reset_HMI	Bool	%M1.3
33	P1_Manual	Bool	%M1.4	73	Running_...	Bool	%M68.7
34	P1_Time...	Real	%MD80	74	Running_...	Bool	%M68.3
35	P2_Manual	Bool	%M1.5	75	Sequenc...	Bool	%M1.2
36	P2_Time...	Real	%MD84	76	SP_Frecu...	Real	%MD44
37	P3_Manual	Bool	%M1.6	77	SP_Veloci...	LReal	%M52.0
38	P3_Time...	Real	%MD88	78	SP_Veloci...	Real	%MD76
39	Pulse	Bool	%I0.2	79	SpeedAxi...	"PD_TEL1_IN"	%I256.0
40	Q0	Bool	%Q0.0	80	SpeedAxi...	"PD_TEL102_IN"	%I256.0
41	Q1	Bool	%Q0.1	81	SpeedAxi...	"PD_TEL2_IN"	%I256.0

Figura 190. Tabla de variables PLC (1)

82	SpeedAxi...	"PD_TEL3_IN"	%I256.0
83	SpeedAxi...	"PD_TEL1_OUT"	%Q256.0
84	SpeedAxi...	"PD_TEL102_O...	%Q256.0
85	SpeedAxi...	"PD_TEL2_OUT"	%Q256.0
86	SpeedAxi...	"PD_TEL3_OUT"	%Q256.0
87	Start	Bool	%I0.0
88	Start_HMI	Bool	%M1.0
89	Stop	Bool	%I0.1
90	Stop_HMI	Bool	%M1.1
91	Torque_P9	Real	%MD112
92	VccBus_P9	Real	%MD116
93	Velocity_...	Real	%MD104
94	Velocity_...	LReal	%M92.0
95	Velocity_...	LReal	%M60.0
96	Velocity_...	Real	%MD72
97	Vin0	Real	%MD4
98	Vin1	Real	%MD8
99	Vin2	Real	%MD12
100	Vin3	Real	%MD16
101	Vin4	Real	%MD20
102	Vin5	Real	%MD24
103	Vin6	Real	%MD28
104	Vin7	Real	%MD32

Figura 191. Tabla de variables PLC (2)

ANEXO13: Tabla Global de variables utilizadas en el SCADA (WinCC)

Nombre	Tipo de datos	Conexión	Nombre del PLC	Variable PLC	Dirección	Modo de acceso	Ciclo de a
Alarm_Flow	Word	Connection_2		<No definido>	%DB23.DBW70	<Acceso absoluto>	100 ms
Alarm_Pump	Word	Connection_2		<No definido>	%DB23.DBW28	<Acceso absoluto>	100 ms
CommP2_P10	Bool	Connection_2		<No definido>	%M68.4	<Acceso absoluto>	100 ms
CommP3_P10	Bool	Connection_2		<No definido>	%M1.7	<Acceso absoluto>	100 ms
Flow_Sensor	Bool	Connection_2		<No definido>	%I0.2	<Acceso absoluto>	100 ms
Frecuency_V20	UInt	Connection_2		<No definido>	%QW80	<Acceso absoluto>	100 ms
iRecipe	Int	<Variable interna>		<No definido>			100 ms
Level_Sensor_Tank1	UInt	Connection_2		<No definido>	%IW70	<Acceso absoluto>	100 ms
Level_Sensor_Tank2	UInt	Connection_2		<No definido>	%IW72	<Acceso absoluto>	100 ms
Level_Sensor_Tank3	UInt	Connection_2		<No definido>	%IW74	<Acceso absoluto>	100 ms
P1	Bool	Connection_2		<No definido>	%Q0.0	<Acceso absoluto>	100 ms
P1_Manual	Bool	Connection_2		<No definido>	%M1.4	<Acceso absoluto>	100 ms
P1_Time_P10	Real	Connection_2		<No definido>	%MD80	<Acceso absoluto>	100 ms
P2	Bool	Connection_2		<No definido>	%M68.5	<Acceso absoluto>	100 ms
P2_Manual	Bool	Connection_2		<No definido>	%M1.5	<Acceso absoluto>	100 ms
P2_Time_P10	Real	Connection_2		<No definido>	%MD84	<Acceso absoluto>	100 ms
P3	Bool	Connection_2		<No definido>	%M68.7	<Acceso absoluto>	100 ms
P3_Manual	Bool	Connection_2		<No definido>	%M1.6	<Acceso absoluto>	100 ms
P3_Time_P10	Real	Connection_2		<No definido>	%MD88	<Acceso absoluto>	100 ms
Reset_HMI	Bool	Connection_2		<No definido>	%M1.3	<Acceso absoluto>	100 ms
Start_HMI	Bool	Connection_2		<No definido>	%M1.0	<Acceso absoluto>	100 ms
Stop_HMI	Bool	Connection_2		<No definido>	%M1.1	<Acceso absoluto>	100 ms
Timer_ET	DWord	Connection_2		<No definido>	%DB23.DBD54	<Acceso absoluto>	100 ms
Timer_max	DWord	Connection_2		<No definido>	%DB23.DBD50	<Acceso absoluto>	100 ms
Velocity_ACS	Real	Connection_2		<No definido>	%MD104	<Acceso absoluto>	100 ms
Velocity_G120	LReal	Connection_2		<No definido>	%M92.0	<Acceso absoluto>	100 ms
Velocity_G121	LReal	Connection_2		<No defi...	%M100.0	<Acceso absol...	1 s

Figura 192. Tabla de variables SCADA