



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA, AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL

TRABAJO DE TITULACIÓN, PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO EN ELECTRÓNICA EN AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL

TEMA: DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE ENTRENAMIENTO DE AUTOMATIZACIÓN DE EQUIPOS ELÉCTRICOS EN LA INDUSTRIA CEMENTERA UNACEM

AUTORES:

SR. ÁVILA RODRÍGUEZ, CHRISTIAN ALEXANDER

SR. PAREDES ESCOBAR, DIEGO RAPHAEL

DIRECTOR: INGENIERO PROAÑO ROSERO, VÍCTOR GONZALO

SANGOLQUÍ

2018



DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA
CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA, AUTOMATIZACIÓN Y
CONTROL

CERTIFICACIÓN

Certifico que el trabajo de titulación, *"DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE ENTRENAMIENTO DE AUTOMATIZACIÓN DE EQUIPOS ELÉCTRICOS EN LA INDUSTRIA CEMENTERA UNACEM"* fue realizado por los señores *Ávila Rodríguez, Christian Alexander y Paredes Escobar, Diego Raphael* el mismo que ha sido revisado en su totalidad, analizado por la herramienta de verificación de similitud de contenido; por lo tanto cumple con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que lo sustente públicamente.

Sangolquí, 03 de agosto de 2018

Firma:

Ing. Víctor Proaño

C.C.: 1706457924



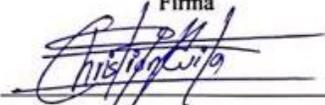
DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA
CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA, AUTOMATIZACIÓN Y
CONTROL

AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD

Nosotros, *Ávila Rodríguez, Christian Alexander* y *Paredes Escobar, Diego Raphael* declaramos que el contenido, ideas y criterios del trabajo de titulación: *Diseño e implementación de un sistema de entrenamiento de automatización de equipos eléctricos en la industria cementera UNACEM* es de nuestra autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, respetado los derechos intelectuales de terceros y referenciando las cita bibliográficas.

Consecuentemente el contenido de la investigación mencionada es veraz.

Sangolquí, 03 de agosto de 2018

Firma

Christian Alexander Ávila Rodríguez
C.C.: 1719862227

Firma

Diego Raphael Paredes Escobar
C.C.: 0202285623



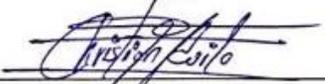
DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA
CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA, AUTOMATIZACIÓN Y
CONTROL

AUTORIZACIÓN

Nosotros, *Ávila Rodríguez, Christian Alexander y Paredes Escobar, Diego Raphael* autorizamos a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar el trabajo de titulación: *Diseño e implementación de un sistema de entrenamiento de automatización de equipos eléctricos en la industria cementera UNACEM* en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de nuestra responsabilidad.

Sangolquí, 03 de agosto de 2018

Firma


Christian Alexander Ávila Rodríguez
C.C.: 1719862227

Firma


Diego Raphael Paredes Escobar
C.C.: 0202285623

DEDICATORIA

Dedico no solo el presente trabajo, sino mi vida entera a la persona que me dio la vida, que en todo momento me ha demostrado su amor incondicional a pesar de mis errores, de mis fallas, siempre ha estado presente, mi madre Alicia.

También quiero dedicar a la persona más importante en mi vida, aquella persona que siempre me saca una sonrisa con cada una de sus ocurrencias, la que me ha demostrado que es capaz de dar su vida entera por mi bienestar, y que a pesar de sus 96 años de edad sigo presente en su memoria, mi abuelita Hortensia, que aparte de ser mi abuelita se ha convertido en mi consentida en mi mimada y por la cual doy mi vida con tal de verla feliz.

Raphael

DEDICATORIA

A mi madre Diana.

Por brindarme su apoyo incondicional, por sus consejos, sus valores, por su esfuerzo y dedicación para sacarnos adelante a mi hermana y a mí. Por la motivación constante que día a día me ayuda a ser una mejor persona, pero más que nada, por su amor infinito, que a pesar de las adversidades o enfermedad, siento impregnado su amor en mi corazón.

A mis familiares y amigos.

A mi hermana, a mi abuelita, a mis tíos y a todos aquellos que han estado a mi lado en el día a día, con una palabra de aliento o consejo. ¡Gracias a todos ustedes!

A mis amigos que juntos hemos crecido en nuestra formación profesional y personal. Mi profundo deseo de seguir siendo amigos y colegas.

A mi novia Natalia.

A ella que se ha convertido en mi gran fortaleza, mi apoyo incondicional en momentos difíciles. Sus palabras, que me llenan de amor y aliento para continuar, por esos momentos únicos que puedo disfrutar junto a ella, por su hermosa sonrisa y más.

Christian

AGRADECIMIENTOS

Queremos expresar nuestros sinceros agradecimientos a la compañía INDUMATIC Cía. Ltda. por abrirnos las puertas y confiarnos el diseño e implementación del presente proyecto, en especial al Ing. Fernando Cuaspu, por su acompañamiento en el desarrollo del trabajo.

También queremos agradecer a la empresa UNACEM, al departamento de mantenimiento eléctrico y especialmente al Ing. Julio Villegas por disposición para el desarrollo y avance del proyecto.

Al Ing. Víctor Proaño director de nuestra tesis, que en todo momento ha mostrado su disposición e interés en nuestro proyecto, apoyándonos con ideas para el beneficio del presente trabajo.

A nuestras familias y amigos que nunca dejaron de creer en nosotros, brindándonos su incondicional apoyo y levantando nuestros ánimos para continuar y no rendirnos durante el transcurso de nuestra tesis.

Christian y Raphael

ÍNDICE DE CONTENIDO

CERTIFICACIÓN	i
AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD.....	ii
AUTORIZACIÓN.....	iii
DEDICATORIA.....	iv
AGRADECIMIENTOS	vi
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	vii
RESUMEN.....	xxiv
ABSTRACT	xxv
CAPITULO I.....	1
INTRODUCCIÓN	1
1.1. Antecedentes.....	1
1.2. Justificación e importancia	2
1.3. Alcance del proyecto	3
1.4. Objetivos	5
1.4.1. Objetivo General	5
1.4.2. Objetivos Específicos	5
1.5. Descripción general del proyecto	6

CAPITULO II	7
MARCO TEÓRICO	7
2.1. Capacitación laboral	7
2.2. Procesos de la industria cementera UNACEM	8
2.3. Sistemas eléctricos de entrenamiento.....	14
2.3.1. SENTRON PAC3200.....	14
2.3.2. SIMOCODE PRO	19
2.3.3. WEG CFW700	24
2.3.4. SINAMCIS V20.....	27
2.3.5. PLC SIMATIC S7-300.....	29
2.3.6. Motor trifásico 4 polos 0.125HP	36
2.4. Elementos de protección y aparatos de maniobra	37
2.5. Elementos varios	45
2.6. Elementos neumáticos.....	49
2.7. Protocolos de comunicación.....	51
2.7.1. Protocolo Profibus.....	51
2.8. Software de Desarrollo.....	55
2.9. HMI	58
2.10. Normativas para la elaboración de tableros eléctricos	59

CAPITULO III	61
DISEÑO DEL SISTEMA DE ENTRENAMIENTO	61
3.1. Requerimientos del Sistema de Entrenamiento	61
3.2. Descripción del Sistema de Entrenamiento	62
3.3. Diseño Físico del Sistema de Entrenamiento	65
3.3.1. Estructura metálica	65
3.3.2. Mímico	67
3.4. Sistemas Eléctricos de Entrenamiento	68
3.4.1. SENTRON PAC 3200	68
3.4.2. SIMOCODE PRO V	68
3.4.3. WEG CFW700	69
3.4.4. SIMATIC V20	69
3.4.5. PLC SIEMENS S7-300	70
3.5. Dimensionamiento eléctrico del Sistema de Entrenamiento	71
3.5.1. Cargas tensión 480VAC	71
3.5.2. Cargas tensión 220VAC	71
3.5.3. Cargas tensión 120VAC	71
3.6. Elementos de protección eléctrica del Sistema de Entrenamiento	72
3.6.1. Selección de Breakers Caja moldeada 3VT1	72

3.6.2. Selección de Breaker Termomagnético 5SL3 riel DIN 3P	72
3.6.3. Selección de Seccionador de Línea 3LD.....	73
3.6.4. Selección de contactor SIRIUS 3RT20.....	74
3.6.5. Selección de Breaker Termomagnético 5SL3 riel DIN 1P para sistemas eléctricos de mando.	74
3.6.6. Selección de cables conductores para la interconexión	75
3.7. Red PROFIBUS DP	76
3.8. Diseño interfaz HMI.....	76
3.8.1. Características de la interfaz HMI.....	77
3.8.2. Diseño de pantallas.....	77
3.9. Diagrama de montaje del Sistema de Entrenamiento.....	80
CAPITULO IV	81
IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE ENTRENAMIENTO	81
4.1. Implementación Física del Sistema de Entrenamiento	81
4.1.1. Estructura metálica	81
4.1.2. Mímico	84
4.2. Montaje de elementos del Sistema de Entrenamiento	86
4.3. Cableado y etiquetado de elementos del Sistema de Entrenamiento	88
4.3.1. Cableado interno	89

4.3.2. Cableado Panel frontal	89
4.4. Puesta a tierra	90
4.5. Sistema Neumático.....	91
4.6. Implementación Física terminada	92
4.7. Implementación interfaz HMI.....	93
4.8. Implementación en sitio y puesta en marcha	97
CAPITULO V	99
DISEÑO DE GUÍAS DE PRÁCTICA.....	99
5.1. Introducción	99
5.2. Descripción Guías de Practica.....	100
5.3. Diseño de las Guías de Práctica	102
5.3.1. Objetivos de las Guías de Práctica	102
5.3.2. Desarrollo de las Guías de Práctica.....	102
5.3.3. Ejecución de la Práctica	102
5.4. Estructura de las Guías de Práctica	103
5.4.1. Guía de Práctica N°1	103
5.4.2. Guía de Práctica N°2.....	119
5.4.3. Guía de Práctica N°3	133
5.4.4. Guía de Práctica N°4.....	149

5.4.5. Guía de Práctica N°5	157
5.4.6. Guía de Práctica N°6	173
CAPÍTULO VI.....	194
PRUEBAS Y RESULTADOS	194
6.1. Pruebas FAT.....	194
6.2. Pruebas de Software	194
6.3. Análisis de Funcionalidad del sistema de entrenamiento.....	195
CAPITULO VII.....	201
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	201
7.1. Conclusiones	201
7.2. Recomendaciones.....	202
Bibliografía.....	203
Figura 1. Proceso de cemento	8
Figura 2. Envasado	13
Figura 3. SENTRON PAC 3200	14
Figura 4. Conexión 3P4W, sin transformador de tensión, con tres transformadores de corriente	17

Figura 5. Conexión 3P3W, sin transformador de tensión, con tres transformadores de corriente	17
Figura 6. Conexión 3P4WB, sin transformador de tensión, con un transformador de corriente .	17
Figura 7. Conexión 3P3WB, sin transformador de tensión, con un transformador de corriente .	18
Figura 8. Conexión 1P2W, sin transformador de tensión, con un transformador de corriente....	18
Figura 9. Módulo de ampliación 7KM PAC PROFIBUS DPV1	19
Figura 10. Conexión de un arrancador directo con SIMOCODE pro.....	21
Figura 11. SIMOCODE pro V Unidad Base.....	21
Figura 12. Módulo de expansión digital	23
Figura 13. Rangos de intensidad de los módulos.....	24
Figura 14. Variador de Frecuencia CFW700	25
Figura 15. Módulo de comunicación Profibus DP.....	26
Figura 16. HMI remoto serial.....	26
Figura 17. SINAMICS V20	27
Figura 18. Módulo de Interfaz BOP.....	28
Figura 19. BOP externo.....	28
Figura 20. CPU 315-2 PN/DP	30
Figura 21. CP343 – 1 Lean	31
Figura 22. SM331, 2EA 9/12/14 bits	33
Figura 23. SM332, 2SA U/I, 11/12 bits	34
Figura 24. SM321, 16ED 120/230VAC.....	35
Figura 25. SM322, 16SD RELÉ	36
Figura 26. Motor trifásico 4 polos 0.125HP	36

Figura 27. Breaker Termomagnético tipo Riel din, 5SL4.....	39
Figura 28. Breaker Termomagnético de Caja Moldeada, 3VT1	39
Figura 29. Seccionador Línea, 3LD	40
Figura 30. Fusible gG20A.....	41
Figura 31. Contactor SIRIUS Innovations 3RT20.....	42
Figura 32. Relé acoplador 3RQ.....	42
Figura 33. Pulsador de marcha (NO) 3SU	43
Figura 34. Paro de Emergencia (NC) 3SU.....	43
Figura 35. Pulsador doble (NO, NC) 3SU	44
Figura 36. Selector de tres posiciones 3SU.....	44
Figura 37. Potenciómetro 10K 3SU Fuente: (Siemens, s.f.).....	45
Figura 38. Luz piloto rojo, 220VAC 3SB	45
Figura 39. Switch D-Link, DES-1008A.....	45
Figura 40. Fuente regulable Eventek	46
Figura 41. Transformadores de corriente Camsco	47
Figura 42. Ventilador Leipole	47
Figura 43. Repartidor de carga, 4 polos	48
Figura 44. Bornera de conexión.....	48
Figura 45. Riel din.....	49
Figura 46. Unidad de filtro y regulador LFR/LFRS	50
Figura 47. Válvulas de cierre HE.....	50
Figura 48. Electroválvula VOVD	50
Figura 49. Tubo flexible de poliuretano.....	51

Figura 50. Estructura SIMATIC MANAGER	56
Figura 51. Software SIMATIC MANAGER STEP7	57
Figura 52. Software WinCC.....	57
Figura 53. Panel de configuración del software SIMOCODE ES	58
Figura 54. Panel Frontal Sistema de entrenamiento.....	66
Figura 55. Lateral Izquierdo y derecho Sistema de entrenamiento.....	66
Figura 56. Mímico Sistema de Entrenamiento.....	67
Figura 57. Arquitectura interfaz HMI	77
Figura 58. Navegación interfaz HMI	78
Figura 59. Pantalla de presentación	78
Figura 60. Pantalla de Etapa de Proceso	79
Figura 61. Pantalla Parámetros de Red	79
Figura 62. Pantalla Gestión y Control de Motor 220VAC, 480VAC y CFW700	80
Figura 63. Estructura metálica (marco) Sistema de Entrenamiento.....	81
Figura 64. Perforaciones Panel Frontal Sistema de Entrenamiento.....	82
Figura 65. Perforaciones Panel Frontal Sistema de Entrenamiento.....	82
Figura 66. Lateral derecho Sistema de entrenamiento	83
Figura 67. Estructura metálica Sistema de Entrenamiento	84
Figura 68. Plancha transparente UV para Mímico del Sistema de Entrenamiento.....	85
Figura 69. Mímico Sistema de Entrenamiento.....	85
Figura 70. Distribución interna de los equipos eléctricos	86
Figura 71. Distribución externa de los equipos.....	87
Figura 72. Seccionadores de tensión 480VAC y 220VAC sistema de entrenamiento	87

Figura 73. Ventiladores, pantalla y teclado Sistema de Entrenamiento.....	88
Figura 74. Proceso de cableado en la parte interna del módulo.....	89
Figura 75. Proceso de cableado en la parte posterior de la tapa del módulo	90
Figura 76. Electro válvulas y manómetros Sistema de Entrenamiento.....	91
Figura 77. Unidad de mantenimiento Sistema de Entrenamiento.....	91
Figura 78. Implementación Física (vista externa) Sistema de Entrenamiento.....	92
Figura 79. Implementación Física (vista interna) Sistema de Entrenamiento	92
Figura 80. Presentación.....	93
Figura 81. Proceso.....	94
Figura 82. Alarmas.....	94
Figura 83. Parámetros de Red	95
Figura 84. 220-BOM.....	96
Figura 85. 480-VENT	96
Figura 86. 480-MTW	97
Figura 87. Proceso de montaje en sitio Sistema de Entrenamiento	98
Figura 88. Montaje en sitio Sistema de Entrenamiento	98
Figura 89. Designación de bornes SENTRON PAC 3200 Fuente: (Siemens, 2008)	104
Figura 90. Tipo de conexión 3P4W	106
Figura 91. Diagrama Eléctrico Sistema de Entrenamiento: SENTRON PAC 3200.....	106
Figura 92. Pantallas configuración Idioma SENTRON PAC3200	107
Figura 93. Pantallas configuración Parámetros Básicos - Entradas de Tensión	108
Figura 94. Pantallas configuración Parámetros Básicos - Entradas de Corriente	108
Figura 95. Pantallas de configuración Modulo Profibus.....	109

Figura 96. Escritorio Computadora Principal	110
Figura 97. Nuevo Proyecto STEP 7	110
Figura 98. Nuevo objeto SIMATIC 300 STEP 7	111
Figura 99. Hardware SIMATIC 300 STEP 7.....	111
Figura 100. Insertar Perfil soporte SIMATIC 300 STEP 7.....	111
Figura 101. CPU 315-2 DP STEP 7.....	112
Figura 102. Propiedades Interface PROFIBUS DP	112
Figura 103. Pestañas General y Ajustes de red - red PROFIBUS DP	113
Figura 104. Modulo Ethernet CP 343-1 Lean STEP 7.....	113
Figura 105. Propiedades CP 343-1 Lean STEP 7	114
Figura 106. PAC 3200 STEP 7	115
Figura 107. Propiedades PROFIBUS - PAC 3200.....	115
Figura 108. Parámetros de red PAC 3200 STEP 7	116
Figura 109. Ajustar interface PG/PC STEP 7	116
Figura 110. Punto de acceso de la aplicación STEP 7	117
Figura 111. Módulo de destino STEP 7	117
Figura 112. Selección dirección de estación STEP 7.....	118
Figura 113. Designación de bornes SIMOCODE PRO V y Modulo Digital.....	121
Figura 114. Circuito arranque directo con inversión de giro SIMOCODE PRO-V	122
Figura 115. Pantalla Device configuration SIMOCODE ES	123
Figura 116. Pantalla PROFIBUS Parameters SIMOCODE ES	124
Figura 117. Pantalla Protección del Motor SIMOCODE ES	125
Figura 118. Pantalla Control de Motor - Estación de Control SIMOCODE ES	126

Figura 119. Pantalla Control de Motor - Funciones de Control SIMOCODE ES	127
Figura 120. Pantalla Funciones de Monitoreo - Limites de corriente SIMOCODE ES	128
Figura 121. Pantalla Salidas - Unidad Básica SIMOCODE ES.....	129
Figura 122. Editor Gráfico SIMOCODE ES.....	131
Figura 123. Editor Gráfico modo Online SIMOCODE ES.....	132
Figura 124. Bornes del Variador WEG CFW700	136
Figura 125. Módulo de expansión PROFIBUSDP-01	136
Figura 126. Funcionalidad de las teclas del módulo HMI-02.....	137
Figura 127. Especificación palabras del telegrama.....	144
Figura 128. Esquema del Variador SINAMICS V20.....	150
Figura 129. Macro de conexión Cn002.....	152
Figura 130. Diagrama eléctrico Sistema de Entrenamiento: VARIADOR SIEMENS 0.75HP .	153
Figura 131. Estructura del menú de configuración	154
Figura 132. Conexión de los equipos de la red	159
Figura 133. Conector PROFIBUS.....	159
Figura 134. Crear un proyecto en SIMATIC MANAGER	160
Figura 135. Insertar objeto SIMATIC 300.....	160
Figura 136. Abrir objeto SIMATIC 300	161
Figura 137. Ventana de configuración del proyecto	161
Figura 138. Selección del bastidor para el PLC y sus módulos.....	162
Figura 139. Insertar CPU 315-2DP	162
Figura 140. Parámetros red PROFIBUS del PLC	163
Figura 141. Propiedades generales red PROFIBUS del PLC	163

<i>Figura 142.</i> Ajustes de la red PROFIBUS del PLC	164
<i>Figura 143.</i> Red PROFIBUS creada	164
<i>Figura 144.</i> Instalar un archivo GSD	165
<i>Figura 145.</i> Selección del archivo GSD desde el directorio	165
<i>Figura 146.</i> Instalación final de archivo GSD.....	166
<i>Figura 147.</i> Selección del dispositivo WEG	166
<i>Figura 148.</i> Asignación de dirección PROFIBUS al variador WEG	167
<i>Figura 149.</i> Velocidad de transferencia para el variador WEG	167
<i>Figura 150.</i> Variador CFW700 configurado	168
<i>Figura 151.</i> Selección de dispositivo SIMOCODE.....	168
<i>Figura 152.</i> Asignación dirección PROFIBUS al SIMOCODE PRO-V	169
<i>Figura 153.</i> Velocidad de transferencia para los SIMOCODE	169
<i>Figura 154.</i> SIMOCODE PRO-V configurado	170
<i>Figura 155.</i> Selección de dispositivo SENTRON PAC 3200	170
<i>Figura 156.</i> Asignación dirección PROFIBUS al SENTRON PAC 3200	171
<i>Figura 157.</i> Velocidad de transferencia para el SENTRON PAC 3200	171
<i>Figura 158.</i> Red PROFIBUS configurada.....	172
<i>Figura 159.</i> Nuevo Proyecto STEP 7	176
<i>Figura 160.</i> Nuevo objeto SIMATIC 300 STEP 7.....	177
<i>Figura 161.</i> Hardware SIMATIC 300 STEP 7.....	177
<i>Figura 162.</i> Insertar Perfil soporte SIMATIC 300 STEP 7.....	177
<i>Figura 163.</i> CPU 315-2 DP STEP 7.....	178
<i>Figura 164.</i> Propiedades Interface PROFIBUS DP	178

<i>Figura 165.</i> Pestañas General y Ajustes de red - red PROFIBUS DP	179
<i>Figura 166.</i> Modulo Ethernet CP 343-1 Lean STEP 7.....	179
<i>Figura 167.</i> Propiedades CP 343-1 Lean STEP 7	180
<i>Figura 168.</i> Módulo AI 2x12 (A1.2) Bits STEP 7	180
<i>Figura 169.</i> Propiedades A1.2 - AI2x12Bit STEP 7	181
<i>Figura 170.</i> Módulo AI 2x12 Bit (A1.3) STEP 7.....	182
<i>Figura 171.</i> Propiedades A1.3 - AI2x12Bit STEP 7	182
<i>Figura 172.</i> Módulo AO 2x12 Bit (A1.4) STEP 7	183
<i>Figura 173.</i> Propiedades Módulo AO 2x12 Bit (A1.4) STEP 7.....	183
<i>Figura 174.</i> Módulo DI 16xAC120 (A1.5) STEP 7	184
<i>Figura 175.</i> Módulo DO 16xRel (A1.6) STEP 7	184
<i>Figura 176.</i> Red PROFIBUS DP - Sistemas Eléctricos	185
<i>Figura 177.</i> Presentación Inicial.....	187
<i>Figura 178.</i> Proceso ensacado del cemento.....	188
<i>Figura 179.</i> Alarmas del Proceso	188
<i>Figura 180.</i> Parámetros de Red Eléctrica.....	188
<i>Figura 181.</i> Acceso a 220-BOM	189
<i>Figura 182.</i> Ventana de control y supervisión 220-BOM.....	189
<i>Figura 183.</i> Acceso a 480-VENT.....	190
<i>Figura 184.</i> Ventana de control y supervisión 480-VENT	190
<i>Figura 185.</i> Acceso a 480-MTW.....	191
<i>Figura 186.</i> Ventana de control y supervisión 480-MTW	191
<i>Figura 187.</i> Regulación apertura de válvula	192

Figura 188. Acceso rápido para arranques	192
Figura 189. Análisis porcentual de los sistemas eléctricos presentes en el proceso del cemento	196
Figura 190. Análisis porcentual de la distribución de los sistemas eléctricos	197
Figura 191. Análisis porcentual de la visualización grafica	198
Figura 192. Análisis porcentual de mejora ante fallos	199
Figura 193. Análisis porcentual de desarrollo y contenido de las guías de práctica.....	200
Tabla 1. Magnitudes eléctricas medidas por el SENTRON PAC3200.....	14
Tabla 2. Tipos de conexión.....	16
Tabla 3. Características SIMOCODE pro V.....	22
Tabla 4. Versiones de los módulos de expansión digital.....	22
Tabla 5. Características Técnicas CFW700.....	25
Tabla 6. Características Técnicas SINAMICS V20.....	27
Tabla 7. Funciones de las teclas BOP externo.....	29
Tabla 8. Características técnicas CPU 315-2 PN/DP	30
Tabla 9. Características técnicas SM331, 2EA, 9/12/14 bits.....	32
Tabla 10. Características técnicas SM332, 2SA, U/I, 11/12 bits	33
Tabla 11. Características técnicas SM321, 16ED, 120/230VAC.....	34
Tabla 12. Características técnicas SM322, 16SD, RELÉ	35
Tabla 13. Características Técnicas Motor Trifásico.....	37
Tabla 14. Funcionamiento tipos de breaker.....	38
Tabla 15. Los breaker y sus características	38

Tabla 16. <i>Clasificación de fusibles de acuerdo al uso</i>	40
Tabla 17. <i>Especificaciones técnicas switch D-Link</i>	46
Tabla 18. <i>Tasa de transmisión PROFIBUS</i>	53
Tabla 19. <i>Características y aplicaciones Profibus</i>	54
Tabla 20. <i>SUPERFLEX MONOCONDUCTOR - CALIBRES AWG/kcmil</i>	75
Tabla 21. <i>Arquitectura y asignación de dirección PROFIBUS a los equipos de la red</i>	76
Tabla 22. <i>Arquitectura interfaz HMI</i>	78
Tabla 23. <i>Código de colores de los conductores</i>	90
Tabla 24. <i>Designación de bornes SENTRON PAC 3200</i>	105
Tabla 25. <i>Parámetros relevantes de la red eléctrica</i>	109
Tabla 26. <i>Designación de bornes SIMOCODE PRO-V y Modulo Digital</i>	120
Tabla 27. <i>Telegrama para Arranque Reversible SIMOCODE PRO</i>	129
Tabla 28. <i>Descripción de los bornes del variador WEG CFW700</i>	135
Tabla 29. <i>Grupo de parámetros del variador WEG</i>	137
Tabla 30. <i>Parámetros P0220 - P0228</i>	138
Tabla 31. <i>Parámetros de entradas/salidas análogas y digitales del variador WEG</i>	140
Tabla 32. <i>Telegrama de configuración del variador WEG</i>	144
Tabla 33. <i>Bits parámetro P0680</i>	145
Tabla 34. <i>Bits parámetro P0684</i>	147
Tabla 35. <i>Bit parámetro P0695</i>	148
Tabla 36. <i>Descripción de los bornes del variador SINAMICS V20</i>	151
Tabla 37. <i>Datos de motor trifásico TS56B4</i>	151
Tabla 38. <i>Configuración de datos del motor</i>	155

Tabla 39. <i>Parámetros Macro de Aplicación AP000</i>	155
Tabla 40. <i>Parámetros Macros de Conexión</i>	156
Tabla 41. <i>Arquitectura y asignación de dirección PROFIBUS a los equipos de la red</i>	158
Tabla 42. <i>Dirección PROFIBUS DP - Sistemas Eléctricos</i>	185
Tabla 43. <i>Direcciones IP - Sistema de Entrenamiento</i>	185
Ecuación 1. <i>Conversión velocidad del motor en 13 bits.</i>	146
Ecuación 2. <i>Referencia del motor a 13 bits.</i>	147

RESUMEN

El área de mantenimiento eléctrico de la industria cementera UNACEM, posee un sistema de entrenamiento con tecnología antigua, limitando al personal a desarrollar sus habilidades, en el manejo de equipos o sistemas eléctricos presentes en el proceso de cemento. Por tal razón, la finalidad del presente proyecto es que los técnicos del área se encuentren en la capacidad de responder ante fallos que se puedan generar en la planta cementera. El desarrollo del sistema de entrenamiento se enfoca en dos etapas, la primera en el diseño e implementación del sistema, elaborado especialmente para este proyecto y la segunda en la elaboración de las guías prácticas orientadas a la programación y manejo de los equipos presentes. El sistema de entrenamiento posee 6 prácticas, las cinco primeras enfocadas al manejo de los parámetros de la red, al control de motores mediante dispositivos de gestión y mediante variadores de frecuencia y a levantar una red de comunicación PROFIBUS entre todos los equipos y con un PLC de dispositivo maestro. La sexta práctica es una integración de todos los equipos controlados desde el PLC, con un HMI instalado en el computador del sistema, el cual permite visualizar y realizar las configuraciones de los elementos.

PALABRAS CLAVE:

- **PROFIBUS**
- **PLC**
- **HMI**
- **VARIADOR DE FRECUENCIA**

ABSTRACT

The electrical maintenance area of the cement industry UNACEM, has a training system with old technology, limiting the staff to develop their abilities, in the handling of electrical equipment or systems present in cement process. For this reason, the purpose of this project is that the technicians of the area are in the capacity to respond to failures that may be generated in the cement plant. The development of the training system focuses on two stages, the first in the design and implementation of the system, developed especially for this project and the second in the development of practical guides aimed at programming and management of the present equipment. The training system has 6 practices, the first five focused on the management of network parameters, the control of motors by means of management devices and by means of frequency inverters and the erection of a PROFIBUS communication network between all the equipment and a PLC of master device. The sixth practice is an integration of all the equipment controlled from the PLC, with an HMI installed in the computer of the system, which allows visualizing and realizing the configurations of the elements.

KEYWORDS:

- **PROFIBUS**
- **PLC**
- **HMI**
- **FREQUENCY CONVERTER**

CAPITULO I

INTRODUCCIÓN

1.1. Antecedentes

Unión Andina de Cementos, UNACEM, es una compañía de origen peruano líder en la industria de cemento. Sus actividades empresariales están enmarcadas en tres sectores: cemento, concreto y energía. Actualmente, el Grupo tiene presencia en 5 países: Perú, Ecuador, Chile, EE.UU. y Colombia. Su incursión en Ecuador tuvo origen en el 2014, con la adquisición de Lafarge Cementos S.A., hoy UNACEM Ecuador. En la actualidad, a través de su subsidiaria de concreto pre mezclado UNICON, es propietaria de Hormigonera Quito S.A., dedicada a la fabricación y venta de concreto premezclado. (UNACEM, s.f.).

En el Ecuador, a través de su producto SELVALEGRE, UNACEM Ecuador ha construido oportunidades para el desarrollo de la infraestructura del país, durante más de tres décadas. UNACEM Ecuador cuenta con oficinas en Quito y una planta de producción de cemento ubicada en Otavalo. Con el aumento de la capacidad instalada a un total de 1.6 millones de toneladas métricas al año, ha ampliado la disponibilidad y cobertura para servir mejor a sus clientes en todo el país (UNACEM, s.f.).

Para UNACEM Ecuador el éxito de sus operaciones depende de la capacidad creativa de sus colaboradores, quienes mantienen una cultura de trabajo orientada a la excelencia. Por estas razones están comprometidos con el desarrollo de un equipo de trabajo talentoso, diverso y competente que pueda enfrentar los desafíos de un mercado dinámico y a la vez estar listo para asumir mayores responsabilidades. (UNACEM, s.f.).

UNACEM Ecuador emprende acciones para promover permanentemente el desarrollo de sus empleados con distintas capacitaciones técnicas creadas específicamente para atender las necesidades de entrenamiento y desarrollo del personal de la empresa.

Cada departamento de mantenimiento (eléctrico, mecánico) cuenta con dispositivos de entrenamiento para sus técnicos responsables, con el propósito de motivar y desarrollar las capacidades y habilidades de cada colaborador, entrenándolos para una mayor respuesta ante eventualidades del día a día.

1.2. Justificación e importancia

Los técnicos eléctricos encargados de la línea de producción del cemento, son un recurso valioso para la industria UNACEM, por esto la organización continuamente invierte en ellos, brindándoles oportunidades para mejorar sus habilidades, su desarrollo personal y motivación, ampliando su sentido de responsabilidad en la empresa. El entrenamiento ayuda a desarrollar las capacidades del trabajador, y por consiguiente un beneficio para la organización; en conclusión, hacer que el trabajador sea más competente.

Los indicadores de productividad de la organización se toman del número total de días por año en el que el proceso se encuentra en marcha sin fallos, es excesivamente costoso parar un proceso y esto representaría una pérdida para la organización; por lo que el personal existente deberá contar con la habilidad de resolver los fallos que se presenten en la línea de producción del cemento con rapidez. De esta manera la organización entera se vuelve más fuerte, productiva y rentable.

Por dichas razones, la industria cementera UNACEM ha optado por entrenar a sus técnicos. La capacitación brinda a los trabajadores nuevos conocimientos y habilidades necesarias para cumplir su rol en la empresa.

Enfocado a las necesidades de la empresa, se propone un Sistema de Entrenamiento que integre todos los sistemas eléctricos presentes en el proceso del cemento y de esta manera lograr que los técnicos de la planta puedan entrenarse previamente y ser capaces de resolver cualquier tipo de inconveniente o falla que pueda dar suceso a una parada inesperada durante el proceso de fabricación del cemento.

1.3. Alcance del proyecto

El presente trabajo de investigación tiene como fin el diseño e implementación de un Sistema de Entrenamiento para pruebas de control y comunicación de los sistemas eléctricos presentes en el proceso de la industria cementera UNACEM. Los procesos que involucran los diferentes sistemas eléctricos son:

- Distribución de energía eléctrica en baja tensión y parámetros de la red eléctrica.
- Arranque de sopladores, ventiladores, colectores de polvo y elevadores.
- Control de velocidad de motores.
- Transporte de materia prima y producto elaborado.
- Automatización de procesos.
- Supervisión y control del proceso de fabricación mediante HMI.

El Sistema de Entrenamiento contará con seis guías de práctica que permitirán entrenar al técnico en cada uno de los sistemas eléctricos presentes en los procesos antes mencionados de la

fabricación del cemento, las prácticas permitirán desarrollar al empleado de la cementera UNACEM la capacidad de responder de manera más rápida ante cualquier inconveniente o fallo en los diferentes equipos eléctricos.

Guía de práctica N°1: Entrenamiento en el uso del sistema eléctrico SENTRON PAC3200 para la obtención de los principales parámetros de la red relevantes en la distribución de energía eléctrica en baja tensión, todos estos parámetros serán enviados vía PROFIBUS para su monitoreo en un HMI.

Guía de práctica N°2: Entrenamiento en el uso del sistema eléctrico SIMOCODE Pro V para el control de arranque de motores (sopladores, ventiladores, colectores de polvo); permite optimizar la conexión entre el control de procesos y la derivación a motor, todos los parámetros de control y eventos son enviados vía PROFIBUS para su monitoreo y control en el HMI.

Guía de práctica N°3: Entrenamiento en el uso del sistema eléctrico VDF WEG CFW700; el transporte de la materia prima y producto elaborado (elevadores) se encuentra presente en el proceso del cemento, todos estos procesos son controlados por variadores de frecuencia, por lo cual el sistema de entrenamiento lo incorpora, todos los parámetros de control y eventos son enviados vía PROFIBUS para su monitoreo y control en el HMI.

Guía de Práctica N°4: Entrenamiento en el uso del sistema eléctrico VDF SIMATIC V20 para el control de velocidad de motor mediante la parametrización del variador de frecuencia.

Guía de Práctica N°5: Entrenamiento en el uso de la comunicación denominada PROFIBUS DP, la cual permite que los diferentes dispositivos se comuniquen entre sí sin necesidad de utilizar

interfaces, estableciendo la comunicación, haciendo uso del concepto maestro (PLC) – esclavo (WEG, SIMOCODE PRO, SENTRON PAC).

Guía de Práctica N°6: Entrenamiento en la integración de los sistemas eléctricos: variador de frecuencia, control de motores y parámetros de la red; permitiendo la automatización del proceso mediante el PLC S7-300, con un HMI implementado sobre una PC. El diseño de las pantallas debe poseer un estilo similar al ya implementado en la cementera UNACEM. Constituye el control y supervisión de todos los componentes del sistema de entrenamiento simulando una parte del proceso del cemento.

Mediante este grupo de prácticas se pretende que el técnico esté en la capacidad de responder ante cualquier tipo de fallo eléctrico y electrónico en cualquiera de los sistemas dentro del proceso de elaboración del cemento.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo General

- Diseñar e implementar un sistema de entrenamiento para el control y comunicación de equipos eléctricos presentes en el proceso de la industria cementera para capacitar a los técnicos de la planta UNACEM y mejorar su respuesta a fallos.

1.4.2. Objetivos Específicos

- Entrenar a los técnicos de planta UNACEM en los distintos sistemas eléctricos, brindándoles nuevos conocimientos y habilidades.
- Diseñar un sistema de entrenamiento que englobe todos los sistemas eléctricos presentes en el proceso de fabricación del cemento.

- Implementar una comunicación PROFIBUS maestro - esclavo DP para manejo de información entre los distintos sistemas.
- Diseñar e implementar un HMI para la supervisión y control de un proceso.
- Diseñar las guías de práctica, orientadas al entrenamiento de cada uno de los sistemas eléctricos por separado e integrarlos todos para un manejo conjunto.
- Realizar prácticas con técnicos de planta UNACEM aumentando su velocidad de respuesta ante fallos.

1.5. Descripción general del proyecto

El presente proyecto de investigación cuenta con la teoría relevante de los sistemas eléctricos que involucran los procesos de fabricación del cemento, la siguiente sección del proyecto describe el diseño e implementación del Sistema de Entrenamiento propuesto en base a las necesidades de UNACEM, utilizando tecnología Siemens, equipos de protección, calibre de conductores y distribución física de todos los sistemas eléctricos.

Una vez implementado el sistema de entrenamiento, se establecerán las guías de práctica planteadas de manera detallada orientadas al entrenamiento de cada uno de los sistemas eléctricos por separado e integrarlos todos en una práctica para un manejo conjunto, se presentarán las practicas a los técnicos de UNACEM y se obtendrá los resultados de mejora en respuesta a fallos con el uso del sistema de entrenamiento, finalmente se adjuntan los anexos correspondientes a planos eléctricos y mecánicos, esquemas de conexión.

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Capacitación laboral

El ser humano a lo largo de su proceso evolutivo, ha tenido como uno de sus ejes principales, la educación (*del vocablo educare que significa “obtener lo mejor de alguien”*). Es por tanto que la forma de impartir los conocimientos, los valores, a un aprendiz será la razón principal para que ésta se convierta en una persona valiosa para sí mismo y para la sociedad. (Siliceo Aguilar, La educación base del crecimiento y realización humana, 2004)

En una empresa u organización, el crecimiento del personal se logra realizando una buena capacitación, la cual les permita desarrollar su personalidad, además de permitirles incrementar su nivel de productividad. (Siliceo Aguilar, La educación en la empresa , 2004)

Con una capacitación adecuada, los empleados además de mejorar su moral adquieren mayor independencia al momento de desarrollar su labor, disminuyendo la supervisión y reduciendo los accidentes, que en la mayoría de los casos son causados por errores humanos.

En UNACEM Ecuador, uno de sus enfoques principales es el desarrollo del personal, su filosofía es tener trabajadores talentosos, diversos y competentes que se encuentren en la capacidad de enfrentar los desafíos diarios y estén dispuestos para asumir todo tipo de responsabilidades. (UNACEM, 2017)

2.2. Procesos de la industria cementera UNACEM

Unión Andina de Cementos, UNACEM, es una empresa peruana, líder en el sector cementero con más de 60 años de experiencia. En Ecuador se conforma en el año 2014, producto de la adquisición de Lafarge Cementos S.A.; cuenta con oficinas en la ciudad de Quito y una planta de producción en la ciudad de Otavalo. (UNACEM, s.f.)

La planta tiene una capacidad de producción de 1.6 millones de toneladas métricas al año (UNACEM, 2017), ofreciendo una extensa gama de productos de cemento tanto en sacos como en granel, y de esta forma satisfacer las necesidades específicas de sus consumidores finales.

La elaboración de cemento en la planta UNACEM consta de varios subprocesos (ver Figura 1) que son detallados a continuación:

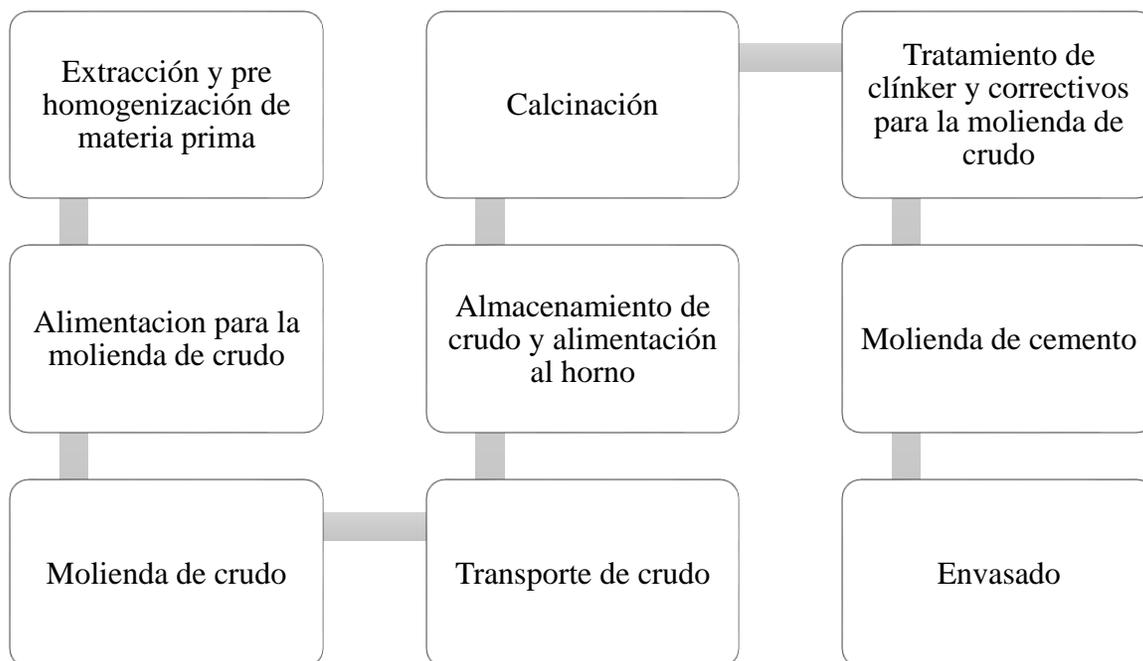


Figura 1. Proceso de cemento

- **Extracción y pre homogenización de materia prima**

En esta primera etapa se extrae la materia prima como arcilla, piedra caliza y correctivos como sílice y óxido de hierro; usados de acuerdo a los requerimientos. Estos materiales son depositados en sus respectivas tolvas y continúa con la siguiente etapa.

- **Alimentación para la molienda de crudo**

La materia prima es llevada hasta los depósitos correspondientes, luego deben pasar por un proceso de eliminación de residuos provenientes de la extracción del material, para después ser depositadas en las tolvas de almacenamiento para molienda.

- **Molienda de crudo**

En esta etapa la materia prima es regularizada de acuerdo a los estándares de la empresa, posteriormente se procede a la molienda y homogenización de la mezcla que se encuentra a 120°C, permitiendo eliminar la humedad de la misma.

La mezcla es transportada hacia dos filtros electrostáticos que crean un campo magnético que ioniza al material, atrayendo el polvo con mayor facilidad para poder expulsar los gases hacia el medio ambiente.

Unos golpeadores se encargan de remover el material de las placas ionizadas de los filtros hacia un transportador de tornillo y este a su vez hacia la etapa de alimentación de crudo.

- **Transporte de crudo**

El crudo es transportado de la etapa de molienda hacia los silos de almacenamiento de tres formas. La primera por medio de elevadores de cangilones ¹ y deslizadores, la segunda es utilizando bombas neumáticas y la tercera es una combinación de los dos anteriores.

- **Almacenamiento de crudo y alimentación al horno**

Para almacenar el crudo existen dos silos de almacenamiento, en su parte inferior poseen sopladores los cuales expulsan flujos de aire haciendo que el crudo se homogenice de mejor manera y evita que pierda sus propiedades. Además, poseen válvulas de corte, válvulas neumáticas y válvulas reguladoras que normalizan la cantidad de material a depositar en los deslizadores permitiendo transportar hacia el precalentador.

- **Calcinación**

El proceso empieza en el horno precalentador que calienta el crudo desde la entrada a 250°C, hasta la salida a 1000°C quedando deshidratado, descarbonatado y listo para pasar al horno rotativo. Este horno tiene una inclinación de -4 grados, lo que permite depositar el material en una enfriadora. Se encuentra a 1420°C lo que provoca una reacción química en el crudo conocida como clínkerización.

Después de haber pasado por el horno rotativo, el clínker debe ser enfriado rápidamente para que no pierda sus propiedades pasando de 1500°C a 100°C y posteriormente ser almacenado.

¹ Equivalente vertical a una banda transportadora.

- **Tratamiento de clínker y correctivos para la molienda de cemento**

El clínker almacenado en los patios es llevado a un triturador de clínker obteniendo un material más fino y luego transportado a la etapa de almacenamiento para la molienda de crudo.

A parte del clínker, para la elaboración del cemento se necesita de correctivos como puzolana y yeso, además de aditivos líquidos que mejoran las características del producto final. Todos estos materiales son depositados en sus respectivas tolvas para continuar con la molienda de cemento

- **Molienda de cemento**

El proceso empieza en las tolvas de almacenamiento donde se encuentran el clínker, puzolana y yeso; estos deben ser dosificados de acuerdo a las características necesarias del producto. Antes de continuar con la siguiente etapa, la puzolana pasa por un proceso en donde se elimina toda la humedad existente en el material.

Luego todos los materiales son homogenizados en un molino de cemento el cual posee unas bolas metálicas en su interior encargadas de moler el material; el producto obtenido se lo llama cemento. Tras pasar el molino de cemento, el material es transportado a un separador centrífugo que separa el cemento más grueso del fino, el cemento más grueso es nuevamente depositado en el molino, mientras que el segundo se lo transporta a los silos de almacenamiento. Para evitar que el material se endurezca, los silos de almacenamiento poseen sopladores de aire caliente que ayuda a mantener las características del cemento.

- **Envasado**

El proceso de elaboración de cemento culmina con su envasado. Existen dos formas para envasar el producto, la primera es con el cemento a granel que se extrae directamente de los silos de almacenamiento uno y dos y es llevado a los camiones para su distribución. La segunda es en sacos de cemento para lo cual se extrae de los silos tres y cuatro. El interior de estos silos cuenta con válvulas cuchilla y válvulas reguladoras que reducen y dosifican el material. Estos silos poseen en su parte inferior dos sopladores permitiendo que el material caiga en tuberías que están conectadas con el exterior de los silos.

Luego el cemento cae sobre ductos inclinados los cuales contienen dos sopladoras y dos válvulas que regulan el paso del material hacia un elevador de cangilones accionado por un motor eléctrico. Este elevador a través de sus ductos recoge el material del suelo y arroja el cemento en una banda transportadora conectada a una ensacadora automática. El cemento que no ingresa a la ensacadora se acumula en la parte inferior y mediante bandas es llevado nuevamente al elevador, evitando el desperdicio de material.

En la Figura 2, se observa gráficamente el proceso de envasado de cemento.

2.3. Sistemas eléctricos de entrenamiento

2.3.1. SENTRON PAC3200

El SENTRON PAC3200 (ver Figura 3), es un multi medidor que sustituye a los instrumentos análogos convencionales. Permite medir y visualizar los parámetros de red ya sean monofásicos, bifásicos o trifásicos, presentes en la distribución de energía eléctrica en sistemas de baja tensión (hasta 690V de tensión nominal).



Figura 3. SENTRON PAC 3200

Fuente: (Siemens, 2008)

El SENTRON PAC3200, permite gestionar alrededor de 50 magnitudes eléctricas a partir de las magnitudes básicas, algunas de ellas se detallan en la Tabla 1.

Tabla 1.

Magnitudes eléctricas medidas por el SENTRON PAC3200

Valores eficaces	Descripción	Valor instantáneo	Mín.	Máx.	Unidad
Tensión fase neutro	$U_{L1-N} / U_{L2-N} / U_{L3-N}$	X	X	X	[V, kV]
Tensión entre fases	$U_{L1-L2} / U_{L2-L3} / U_{L3-L1}$	X	X	X	[V, kV]
Corriente	$I_{L1} / I_{L2} / I_{L3}$	X	X	X	[A, kA]
Potencia aparente de cada fase	$S_{L1} / S_{L2} / S_{L3}$	X	X	X	[VA, kVA, MVA, GVA]
Potencia activa de cada fase, importada/exportada	$\pm P_{L1} / \pm P_{L2} / \pm P_{L3}$	X	X	X	[W, kW, MW, GW]

CONTINÚA

Potencia reactiva de cada fase, positiva/negativa.	$\pm Q_{L1} / \pm Q_{L2} / \pm Q_{L3}$	X	X	X	[var, kvar, Mvar, Gvar]
Potencia aparente total	S_{TOTAL}	X	X	X	[VA, kVA, MVA, GVA]
Potencia activa total, importada/exportada	$\pm P_{TOTAL}$	X	X	X	[W, kW, MW, GW]
Potencia reactiva total, positiva/negativa	$\pm Q_{TOTAL}$	X	X	X	[var, kvar, Mvar, Gvar]
Factor de potencia	$[PF_{L1}] / [PF_{L2}] / [PF_{L3}]$	X	X	X	[%]
Factor de potencia total	PF_{TOTAL}	X	X	X	[%]
Frecuencia de red	f	X	X	X	[Hz]
THD en tensión	$[THD - U_{L1}] / [THD - U_{L2}] / [THD - U_{L3}]$	X		X	[%]
THD en corriente	$[THD - I_{L1}] / [THD - I_{L2}] / [THD - I_{L3}]$	X		X	[%]
Energía activa, importada/exportada	$\pm W_{L1...3}$				[Wh, kWh, MWh, GWh]
Energía reactiva, positiva/negativa	$\pm W_{qL1...3}$				[varh, kvarh, Mvarh, Gvarh]
Energía aparente	$\pm W_{SL1...3}$				[VAh, kVAh, MVAh, GVAh]
Contador universal					Depende de ajustes [sin unidad, kWh, kvarh]
Contador de horas de funcionamiento	Bh (tiempo de funcionamiento del consumidor)				[h]
Desbalance de tensión	Desbal. U				[%]
Desbalance de corriente	Desbal. I				[%]

Fuente: (Siemens, 2017)

Las mediciones de los parámetros se hacen a través de entradas de medición de corriente y entradas de medición de tensión.

- **Entradas de corriente:** ajustada desde fábrica con la opción “medición con transformador de corriente”. En esta opción, se debe ajustar la relación del transformador, en donde la corriente del secundario deberá ser 1A/5A (Siemens, 2017).
- **Entradas de tensión:** la medición se puede realizar directamente o mediante transformador de tensión. Las entradas voltiméricas del dispositivo miden en forma directa mediante las impedancias de protección. Cuando las tensiones a medir son superiores a las que soporta las entradas de medida (400V respecto al neutro / 690V entre fases, cuando la fuente de alimentación es multirrango y 289V respecto al neutro / 500V entre fases, con fuente de alimentación de muy baja tensión), se utiliza transformadores de tensión externos.

Además de esta configuración se debe especificar el tipo de conexión que se va a utilizar, la Tabla 2 detalla los tipos de conexiones existentes con su respectiva abreviatura la cual deberá ser ingresada en el dispositivo (Siemens, 2017).

Tabla 2.

Tipos de conexión

Abreviatura	Tipo de conexión
3P4W	3 fases, 4 conductores, carga desbalanceada
3P3W	3 fases, 3 conductores, carga desbalanceada
3P4WB	3 fases, 4 conductores, carga balanceada
3P3WB	3 fases, 3 conductores, carga balanceada
1P2W	Corriente alterna monofásica

Fuente: (Siemens, 2017)

A continuación, se detalla gráficamente cada uno de los tipos de conexiones, cuando se posee transformadores de corriente.

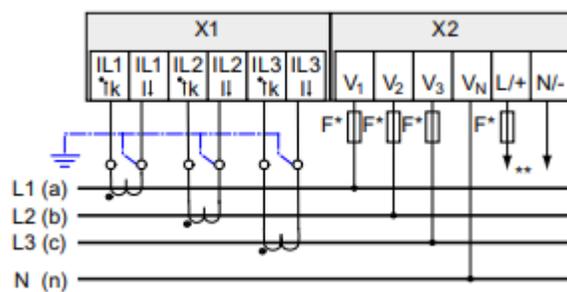


Figura 4. Conexión 3P4W, sin transformador de tensión, con tres transformadores de corriente

Fuente: (Siemens, 2017)

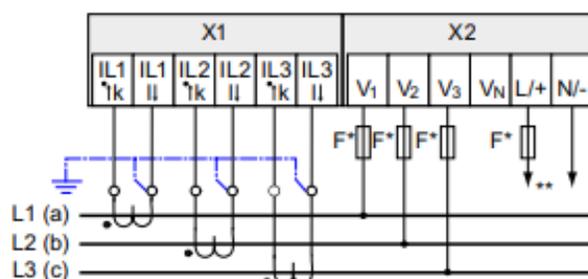


Figura 5. Conexión 3P3W, sin transformador de tensión, con tres transformadores de corriente

Fuente: (Siemens, 2017)

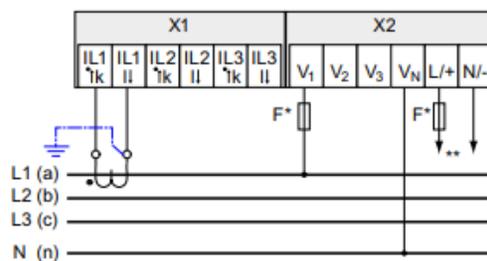


Figura 6. Conexión 3P4WB, sin transformador de tensión, con un transformador de corriente

Fuente: (Siemens, 2017)

CONTINÚA

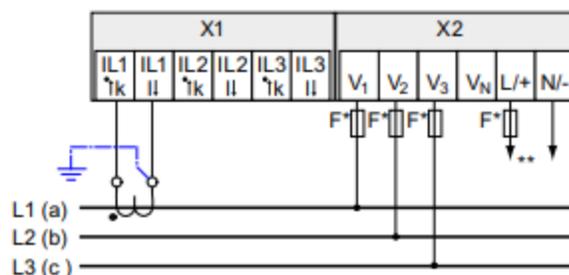


Figura 7. Conexión 3P3WB, sin transformador de tensión, con un transformador de corriente

Fuente: (Siemens, 2017)

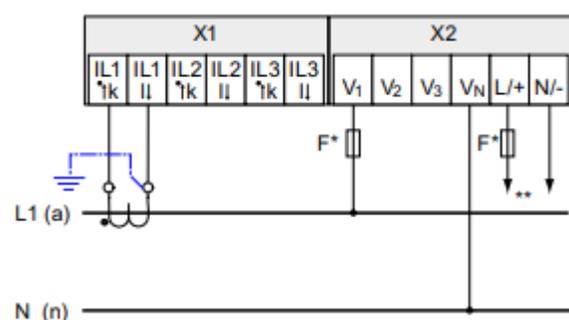


Figura 8. Conexión 1P2W, sin transformador de tensión, con un transformador de corriente

Fuente: (Siemens, 2017)

Este medidor se comunica con otros dispositivos mediante una interfaz Ethernet incorporada o por medio de un módulo de ampliación como PROFINET o PROFIBUS.

- **Módulo de ampliación 7KM PAC PROFIBUS DPV1**

Este módulo (ver Figura 9), permite conectar el SENTRON PAC a la red PROFIBUS, integrándose a sistemas de automatización como SIMATIC STEP 7 o al entorno TIA. Entre las características más relevantes del dispositivo se tiene:

- a) Cumple con la función de Esclavo dentro de una comunicación Maestro – Esclavo.
- b) Se comunica con Maestro tipo DPV1².
- c) Sus datos son transmitidos cíclica y acíclicamente
- d) Tiene su propio archivo de configuración GSD³ lo que permite ser configurado desde un entorno de software.



Figura 9. Módulo de ampliación
7KM PAC PROFIBUS DPV1
Fuente: (Siemens, 2017)

2.3.2. SIMOCODE PRO

En sistemas convencionales para realizar el arranque de un motor, es necesario el uso de varios dispositivos eléctricos acordes a la aplicación; permitiendo el control, vigilancia y procesamiento de las señales que son enviadas al actuador (Siemens, 2018). Algunos de los procesos que se deben realizar son:

- Ubicar en el área a trabajar los relés de sobrecarga, relés de protección, transformadores de corriente, contactor, contactos auxiliares, aparatos de mando.

² Versión del estándar de comunicación PROFIBUS. Permite una comunicación acíclica de los datos que están orientados a transferencia, operación y visualización de parámetros.

³ Archivo que contiene las características básicas de configuración del equipo al que representa.

- Cablear los elementos de potencia y de control
- Realizar un seguimiento de cables y comprobar su correcta conexión en base a un plano.

Con el SIMOCODE PRO (*Sirius Motor Management and Control Device*) se reduce el uso de estos dispositivos eléctricos necesarios para la conexión entre el control de procesos y la derivación a motor, además eleva la disponibilidad de la instalación y disminuye los costos durante el montaje, la puesta en marcha, el servicio y el mantenimiento de una instalación (Siemens, 2018). Al utilizar este sistema tendrá las siguientes ventajas:

- Elementos como relés sobrecarga, relés de protección, transformadores de corriente, ya no se utilizan.
- Se simplifica el cableado del circuito de control
- La unidad base del SIMOCODE controla la bobina del contactor y por tanto ya no es necesario contactos auxiliares.
- Los aparatos de mando se conectan directamente a la unidad base
- Protecciones al motor contra sobrecargas, desbalance y falta de fase, rotor bloqueado y protección directa contra sobre temperatura.
- Con el software del SIMOCODE, obtendrá información del número de arranques, número de sobrecargas y valor de corriente de fallo, horas de operación del motor.

La Figura 10 representa la conexión de un arranque directo con SIMOCODE pro.

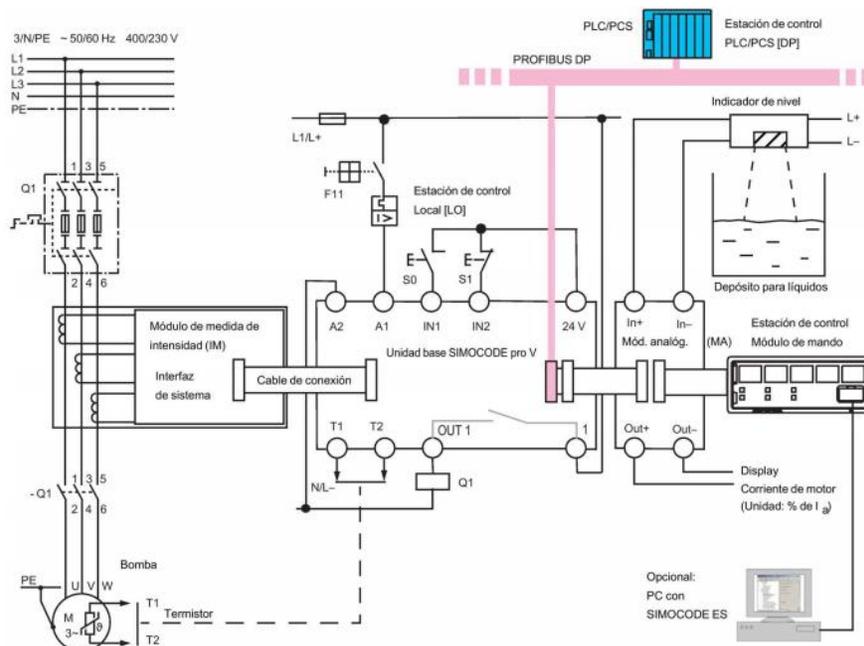


Figura 10. Conexión de un arrancador directo con SIMOCODE pro
Fuente: (Siemens, 2018)

Para el presente proyecto se utiliza un SIMOCODE pro, versión V (SIMOCODE pro V) (ver Figura 11), con las siguientes características (ver

Tabla 3).



Figura 11. SIMOCODE pro V
Unidad Base
Fuente: (Siemens, 2017)

Tabla 3.

Características SIMOCODE pro V

Función/componente	
Funciones de control	Relé de sobrecarga inteligente
	Arrancador directo, arrancador inverso
	Arrancador suave
Funciones de protección	Protección contra sobrecarga
	Pérdida de fase
Funciones de medida	Medida de intensidad
Número de entradas/salidas	Entradas digitales de la unidad base: 4
	Entradas digitales con módulos de ampliación: hasta 12
	Salidas de la unidad base: 3
	Salidas digitales con módulos de ampliación: 7
Módulos de expansión	Modulo digital; salida monoestable; alimentación 110 – 240 VAC/DC.
	Módulo de medición de intensidad: 10-100A

Fuente: (Siemens, 2018)

- **Módulo de expansión digital**

Este módulo permite aumentar el número de entradas digitales y salidas por relé a la unidad base del SIMOCODE pro V, hasta un máximo de doce entradas binarias y siete salidas por relé (2 módulos digitales); la Tabla 4, indica las diferentes versiones de módulos existentes.

Tabla 4.*Versiones de los módulos de expansión digital*

Entradas	Alimentación	Salidas
4 entradas	24VDC, externa	2 salidas por relé monoestables
4 entradas	110 – 240 V AC/DC, externa	2 salidas por relé monoestables
4 entradas	24VDC, externa	2 salidas por relé biestables
4 entradas	110 – 240 V AC/DC, externa	2 salidas por relé biestables

Fuente: (Siemens, 2018)

En la versión monoestable, las salidas por relé se abren tras una desconexión, falla o interrupción de la tensión de alimentación a diferencia de la versión biestable, en donde el estado de conmutación de las salidas por relé se conserva en caso de una desconexión, falla o interrupción de la tensión de alimentación (Siemens, 2018).

**Figura 12.** Módulo de expansión digital

Fuente: (Siemens, 2017)

- **Módulo de medición de intensidad**

El módulo de medición de intensidad debe ser seleccionado de acuerdo a la intensidad de ajuste que se va a vigilar (intensidad de empleo del motor). Los módulos de intensidad están disponibles en los siguientes rangos:

- 0,3 – 3 A con sistema de primario pasante
- 2,4 – 25 A con sistema de primario pasante

- c) 10 – 100 A con sistema de primario pasante
- d) 20 – 200 A con sistema de primario pasante o conexión a barra
- e) 63 – 630 A con sistema de conexión para barra.

La Figura 13, detalla cada uno de los módulos.

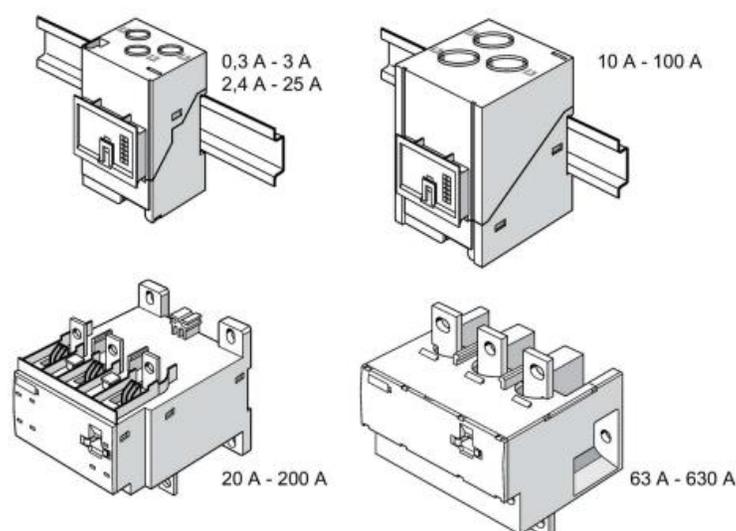


Figura 13. Rangos de intensidad de los módulos

Fuente: (Siemens, 2018)

Para la comunicación entre la unidad base y los diferentes módulos del SIMOCODE, existe un cable de conexión de diferentes medidas.

En sí, el SIMOCODE pro es un sistema modular y flexible que permite la gestión de motores de bajo voltaje y a su vez pueden conectarse de forma rápida y directa a sistemas superiores de automatización vía PROFIBUS o PROFINET. Las ventajas de la interfaz PROFIBUS DP, es el reemplazo del cableado individual por un cable bifilar permitiendo velocidades de transferencia de 1,5Mbits/s - 12 Mbits/s, comunicación hasta tres maestros, servicios cíclicos (DPV0) y acíclicos (DPV1) (Siemens, 2018).

2.3.3. WEG CFW700

La unidad de propósito general CFW700 es un variador de frecuencia de la familia WEG desarrollado para usos generales a nivel industrial o profesional, su objetivo principal es accionar motores eléctricos de inducción trifásicos permitiendo realizar un control de velocidad.



Figura 14. Variador de Frecuencia CFW700
Fuente: (Weg, 2018)

Las características más relevantes del presente variador se presentan en la Tabla 5

Tabla 5.

Características Técnicas CFW700

Modelo	CFW700B17P0T4
Alimentación	380-480 VAC
Potencia (IEC)	10HP
Corriente de salida	17A
Frecuencia	60Hz
Entradas Digitales	8 x bidireccional aislada 24Vcc
Entradas Analógicas	2 x +/-10V, 11 bits + señal (diferencial) o 0/4...20mA, 11bits (diferencial) analógica Impedancia: 400 kΩ para la señal de voltaje / 500 kΩ para la señal de corriente.
Salida por Relé	1 x relé con contactos NA/NC. V _{máx.} =240Vca/30Vcc. I _{máx.} =0.75A
Salida por Transistor	4 salidas digitales aisladas, utiliza la misma referencia de la fuente de 24V I _{máx.} =80mA, V _{máx.} =30Vcc
Salidas Analógicas	2 x 0...10V o 0/4...20mA, 10 bits (no aislada)

Fuente 24V	24Vcc, 500mA
USB	USB incorporado en el producto estándar
PROFIBUS - DP	Profibus – DP – V1 (modulo externo) no incluye en el producto

Fuente: (Weg, 2018)

- **Módulo de comunicación PROFIBUS DP**

Para realizar la comunicación Profibus DP en el dispositivo, es necesario utilizar este accesorio, que soporta mensajes acíclicos y funciones características de la versión DP-V1.

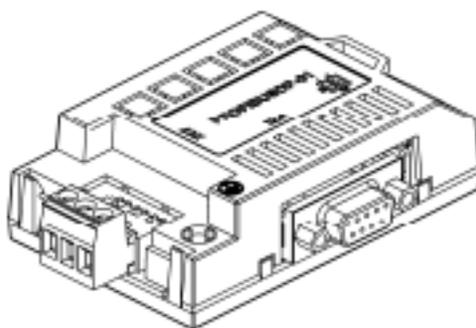


Figura 15. Módulo de comunicación Profibus DP

Fuente: (Weg, 2018)

- **HMI Remota Serial**

Es un accesorio externo al variador, permite la navegación y configuración de cada uno de sus parámetros; además dispone de funciones mediante teclas para la gestión de un motor.



Figura 16. HMI remoto serial

Fuente: (Weg, 2018)

2.3.4. SINAMCIS V20

El SINAMICS V20 es un variador de frecuencia compacto, robusto y de simple manejo, que permite obtener una rápida puesta en marcha. Útil para aplicaciones en donde la automatización requiera de secuencias simples de movimiento.

Las características técnicas del variador se detallan en la Tabla 6.



Figura 17. SINAMICS V20

Fuente: (Siemens, 2017)

Tabla 6.

Características Técnicas SINAMICS V20

Tensión de red	200 – 240 VAC
Frecuencia de red	47 – 63 Hz
Potencia	0,50Hp

Comunicación	USS, Modbus RTU
Grado de protección	IP20
Entradas digitales estándar	4
Salidas digitales a relé	1
Salidas digitales a transistor	1
Entradas analógicas	2
Salidas analógicas	1

Fuente: (Siemens, 2018)

- **Módulo de Interfaz BOP**

El módulo de Interfaz BOP (Basic Operator Panels), permite manejar remotamente el convertidor desde un BOP externo. Este módulo posee un conector macho que permite anclarse al puerto de ampliación del convertidor y una interfaz de comunicación para conectarse al BOP.



Figura 18. Módulo de Interfaz BOP

Fuente: (Siemens, 2018)

- **BOP externo**

El BOP de la Figura 19, permite controlar de manera remota el funcionamiento del convertidor SINAMICS V20. En la Tabla 7, se describe la funcionalidad de cada una de las teclas presentes el BOP.



Figura 19. BOP externo

Fuente: (Siemens, 2018)

Tabla 7.

Funciones de las teclas BOP externo

Tecla	Funcionalidad
	Detiene el convertidor
	Arranca el convertidor
	Tecla multifunción
	Posee tres funciones: Pulsación: permite seleccionar y confirmar parámetros Giro horario: permite cambiar de parámetro y/o aumentar de nivel Giro antihorario: permite cambiar de parámetro y/o disminuir de nivel
	Permite seleccionar el modo de funcionamiento: Manual Automático Jog

Fuente: (Siemens, 2018)

2.3.5. PLC SIMATIC S7-300

El PLC (Controlador Lógico Programable) S7-300 es el autómata programable más usado de la familia SIEMENS. Permite ampliar sus funciones sin ningún problema, convirtiéndolo en un equipo potente para realizar cualquier tipo de automatización de gama media y baja. Es un dispositivo fácil de instalar y gracias a su versatilidad y flexibilidad es posible realizar estructuras descentralizadas y conectarse a la red sin inconvenientes. (Siemens, 2017)

Dentro de la familia del controlador S7-300 existen varios CPU's, con diferentes características; para el presente proyecto se utiliza un CPU 315-2 PN/DP (ver Figura 20), cuyas especificaciones se detalla en la Tabla 8.



Figura 20. CPU 315-2 PN/DP

Fuente: (Siemens, 2010)

Tabla 8.

Características técnicas CPU 315-2 PN/DP

CARACTERISTICAS CPU 315-2 PN/DP	
Memoria de trabajo	128/256 kbytes
Instrucciones	42/84 K
Tiempos de ejecución (us)	0,1/0,2/2/3
Bit/pal./coma fija/coma flot.	
Temporizadores/contadores	256/256
Áreas de direccionamiento	
Canales digitales	1024
Canales analógicos	256
Interfaces	
Sistema maestro DP	SI
Esclavos DP	SI
PROFINET	2
Entradas/salidas integradas	NO
Funciones integradas	NO
Dimensiones A x A x P (mm)	40/80x125x130

Fuente: (Siemens, 2017)

A continuación, se describe los módulos presentes en este proyecto:

- **Módulo de comunicación**

El módulo de comunicación a detallar es CP343 – 1 Lean (ver Figura 21), que funciona en sistemas de automatización SIMATIC S7-300 y permite conectar a una Ethernet Industrial además soporta PROFINET IO (Siemens, 2012).

Algunos de los servicios que brinda este módulo son:

- PROFINET IO
- Comunicación S7 y comunicación PG/OP
- Redundancia de medios (MRP)
- Direccionamiento a través de dirección MAC predeterminada
- Configuración IP



Figura 21. CP343 – 1 Lean
Fuente: (Siemens, 2012)

- **Módulo de entradas analógicas**

Permite conectar sensores con señal de voltaje y de corriente, termorresistencias, termopares.

En la Tabla 9, se describe las características técnicas del módulo SIMATIC de 2 entradas analógicas, 9/12/14 bits (ver Figura 22).

Tabla 9.

Características técnicas SM331, 2EA, 9/12/14 bits

Tensión de carga L+	24 VDC
Intensidad de entrada	30 mA
Perdidas	1 W
Entradas analógicas	2
Con medición de resistencia	1
Rangos de entrada, tensiones	1 a 5 V -1 a +1 V -10 a +10 V -2,5 a + 2,5 V -250mV a +250 mV. -5 a +5 V -500 a +500 mV. -80 a +80 mV.

Rangos de entrada, corriente	0 a 20 mA -10 a +10 mA -20 a +20 mA -3,2 a +3,2 mA 4 a 20 mA
Rangos de entrada, termopares	Tipo E, J, K, N
Rangos de entrada, termorresistencias	Ni100 Pt100
Rangos de entrada, resistencias	0 a 150 ohm 0 a 300 ohm 0 a 600 ohm 0 a 6000 ohm
Conexión de los sensores	Para medición de corriente como transductor a 2 hilos Para medición de corriente como transductor a 4 hilos Para medición de resistencia con conexión a 2 hilos Para medición de resistencia con conexión a 3 hilos Para medición de resistencia con conexión a 4 hilos

Fuente: (Siemens, 2017)



Figura 22. SM331, 2EA
9/12/14 bits

Fuente: (Siemens, 2004)

- **Módulo de salidas analógicas**

Permite conectar actuadores analógicos. En la Tabla 10, se describe las características técnicas del módulo SIMATIC de 2 salidas analógicas configurable para corriente o voltaje (ver Figura 23).

Tabla 10.

Características técnicas SM332, 2SA, U/I, 11/12 bits

Tensión de carga L+	24 VDC
Intensidad de entrada	135 mA
Perdidas	3 W
Salidas analógicas	2
Rangos de salida, tensión	0 a 10 V

	1 a 5 V -10 a +10V
Rangos de salida, intensidad	0 a 20 mA -20 a 20 mA 4 a 20 mA
Resistencia de carga	
Con salidas de tensión, mín.	1k Ω
Con salidas de tensión, carga capacitiva, máx.	1 μ F
Con salidas de intensidad, máx.	500 Ω
Con salidas de intensidad, carga inductiva, máx.	10mH
Tiempo de estabilización:	
Carga resistiva	0,2 ms
Carga capacitiva	3,3 ms
Carga inductiva	0,5ms a 1mH 3,3ms a 10mH

Fuente: (Siemens, 2017)



Figura 23. SM332, 2SA

U/I, 11/12 bits

Fuente: (Siemens, 2004)

- **Módulo de entradas digitales**

Permite conectar contactos y detectores de proximidad. La Tabla 11, describe las características técnicas del módulo SIMATIC de 16 entradas digitales a 120/230 VAC (ver Figura 24).

Tabla 11.

Características técnicas SM321, 16ED, 120/230VAC

Tensión de carga L1	120/230 VAC, todas las cargas deben tener la misma fase
Intensidad de entrada	29mA
Perdidas	4,9W
Entradas digitales	16

Tensión de entrada para señal 0 lógico	0 a 40 V
Tensión de entrada para señal 1 lógico	79 a 264 V
Rango de frecuencia	47 – 63 Hz
Intensidad de entrada para señal 1 lógico	6,5mA (120VAC, 60Hz) 16mA (230VAC, 50Hz)
Retardo a la entrada en transición 0 – 1 lógico	25ms

Fuente: (Siemens, 2017)



Figura 24. SM321, 16ED
120/230VAC

Fuente: (Siemens, 2011)

- **Módulo de salidas digitales**

Permite conectar contactores, motores pequeños, electroválvulas, lamparas. La Tabla 12, describe las características técnicas del módulo SIMATIC de 16 salidas digitales tipo relé (ver Figura 25).

Tabla 12.

Características técnicas SM322, 16SD, RELÉ

Tensión de carga L+	120 VAC
Intensidad de entrada	250mA
Perdidas	4,5W
Salidas digitales	16, tipo relé
Intensidad de salida para señal 1 valor nominal	2A
Intensidad de salida para señal 1 intensidad de carga mínima	10mA
Frecuencia de conmutación:	
Con carga resistiva, máx.	1 Hz
Con carga inductiva, máx.	0,5 Hz
Con carga tipo lampara, máx.	1 Hz
Mecánico máx.	10 Hz
Corriente total de salidas (por grupo)	8A
Salidas a relé	

Tensión nominal de alimentación de bobina de relé L+ (DC)	24V
--	-----

Fuente: (Siemens, 2017)



Figura 25. SM322, 16SD
RELÉ

Fuente: (Siemens, 2004)

2.3.6. Motor trifásico 4 polos 0.125HP

Un motor eléctrico permite convertir la energía eléctrica suministrada en energía mecánica, gracias a la acción de los campos magnéticos que son generados por sus bobinas. La velocidad y sentido de giro del motor puede ser controlado por un variador de velocidad; por tal razón, el motor trifásico de 4 polos – 0.125HP (ver Figura 26) será controlado por el variador SINAMICS V20.

A continuación, en la Tabla 13 se detalla las características técnicas del motor



Figura 26. Motor trifásico 4 polos 0.125HP

Fuente: (Siemens, 2018)

Tabla 13.*Características Técnicas Motor Trifásico*

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS MOTOR TRIFASICO					
Voltaje (Δ/Y)	Frecuencia (Hz)	Potencia (Kw)	Revoluciones (min^{-1})	Factor de Potencia ($\cos \varphi$)	Corriente (Δ/Y)
230/400 V	50	0,09	1320	0,61	0,74/0,43 A
277/480 V	60	0,11	1580	0,61	0,74/0,43 A

2.4. Elementos de protección y aparatos de maniobra

- **Breaker**

Un breaker, también conocido como disyuntor o interruptor automático; es un dispositivo que abre o interrumpe un circuito eléctrico cuando se ha producido un cortocircuito o la intensidad de corriente que circula por este, ha excedido un valor determinado. Este aparato protege a las personas y a los dispositivos eléctricos.

Las características de estos elementos son:

- Tensión de trabajo: valor de voltaje para el cual está diseñado un breaker.
- Intensidad nominal: valor de corriente para el cual está diseñado un breaker.
- Poder de corte: la máxima corriente que puede interrumpir.
- Poder de cierre: máxima corriente que puede soportar el dispositivo sin sufrir ningún daño.
- Numero de polos: se detalla en pares y es el número de conectores del dispositivo.

Existen diferentes tipos de breaker, en la Tabla 14 se detalla el funcionamiento de cada uno.

Tabla 14.*Funcionamiento tipos de breaker*

Tipo	Características
Breaker térmico	Abre el circuito cuando existe una sobrecarga de corriente.
Breaker magnético	Abre el circuito cuando existe un cortocircuito
Breaker termomagnético	Combinación de un breaker térmico y un breaker magnético
Breaker diferencial	Interrumpe el paso de corriente cuando el valor de la intensidad es diferente en los polos. Utilizado para proteger a las personas de descargas eléctricas

En la Tabla 15, se detalla las características de determinados breaker

Tabla 15.*Los breaker y sus características*

Tipo	Características
Breaker miniatura, tipo Riel din y tipo enchufable	Protección termomagnética. Tamaño compacto, baja corriente nominal Tipo B: disparo entre 3 y 5 veces la In Tipo C: disparo entre 5 y 10 veces la In. Tipo D: disparo entre 10 y 20 la In. Breaker Riel din, común en tableros industriales Breaker enchufable, común en tableros comerciales y residenciales.
Breaker de caja moldeada	Protección termomagnética. Parámetros de disparo ajustables Corriente nominal entre 100 – 2500 A Tamaño grande.
Breaker de protección de motores	Protección contra sobrecarga (térmica) Protección contra fallas de corriente (magnética) Parámetros de disparo especial para motores
Breaker protector de circuito de motores	Protección contra fallas de corriente Disparo instantáneo Protección contra sobrecarga, externa Precisión en parámetros de disparo
Breaker hidromagnético	Ambientes con temperaturas muy altas o muy bajas, humedad alta.

Fuente: (The Grid, s.f.)

En la Figura 27 y Figura 28 se detalla los breaker tipo riel din y de caja moldeada respectivamente, ambos de la marca Siemens.



Figura 27. Breaker Termomagnético tipo Riel din, 5SL4
Fuente: (Siemens, s.f.)



Figura 28. Breaker Termomagnético de Caja Moldeada, 3VT1
Fuente: (Siemens, s.f.)

- **Seccionador**

El seccionador permite aislar una instalación eléctrica de la red de alimentación dejando a los dispositivos sin carga o en vacío, para posibles reparaciones o mantenimiento de los mismos. El proceso de desconexión a seguir es el siguiente:

- Desconexión del interruptor principal
- Desconexión del seccionador
- Colocación de material de seguridad para evitar que otra persona lo manipule
- Colocación del cartel de avería eléctrica
- Manipulación de la sección afectada de la instalación

El proceso de conexión a seguir es el siguiente:

- a) Conexión del seccionador
- b) Conexión del interruptor principal

La Figura 29 presenta a un seccionador de línea 3LD de la marca Siemens.



Figura 29. Seccionador Línea, 3LD

Fuente: (Siemens, s.f.)

- **Fusible**

El fusible es un elemento de protección contra exceso de corriente en un circuito eléctrico. Está compuesto por un fino conductor que se abre a una temperatura establecida, impidiendo el paso de corriente. Diseñado para aplicarse fácilmente en un circuito eléctrico.

Para la identificación de fusibles la NORMA IEC 60269-1 utiliza dos letras, la primera letra minúscula y la segunda mayúscula, en la Tabla 16 se detalla cada una (EcuRed, s.f.).

Tabla 16.

Clasificación de fusibles de acuerdo al uso

Letra	Descripción
g	Fusible limitador de corriente. Actúa cuando existe sobrecarga y cortocircuito.
a	Fusible limitador de corriente. Actúa cuando existe cortocircuito
G	Fusible de protección de circuitos eléctricos
L	Fusible de protección específica de líneas
M	Fusible de protección específica de circuitos de motores
R	Fusible de actuación rápida/ultra rápida para protección de circuitos con semiconductores de potencia.

Fuente: (EcuRed, s.f.)

Los parámetros básicos de este elemento son:

- a) Corriente nominal (I_n): corriente que debe soportar un fusible sin modificar sus características físicas en un tiempo indefinido
- b) Corriente de fusión (I_f): valor de corriente que provoca la fusión del fusible en un tiempo definido
- c) Máxima tensión de funcionamiento: máxima tensión que soporta un fusible sin que sufra daños.

En la Figura 30 se presenta un fusible de la marca Camasco tipo gG, con I_n de 20A



Figura 30. Fusible gG20A

- **Contactador**

El contactador es un elemento que permite el paso de corriente cuando se cierran sus contactos. Posee una bobina que se excita cuando recibe corriente eléctrica por lo cual atrae los contactos. Está compuesto por:

- a) Contactos principales: su función principal es abrir/cerrar circuitos de fuerza o potencia.
- b) Contactos auxiliares: misma función que los contactos principales pero empleado en circuitos de control, soportan menos intensidad.
- c) Circuito electromagnético: consta de una parte fija (núcleo), una parte móvil (armadura) y una bobina

La Figura 31 detalla a un contactor de 40 A con dos contactos auxiliares, de la marca Siemens



Figura 31. Contactor SIRIUS
Innovations 3RT20
Fuente: (Siemens, s.f.)

- **Relé**

Un relé es un interruptor que está controlado por un circuito eléctrico. En este circuito eléctrico existe una bobina y un electroimán que cuando son accionados, abren o cierran el paso de corriente a través de uno o varios contactos.

La Figura 32 detalla un relé de acoplador tipo bornera marca Siemens.



Figura 32. Relé acoplador
3RQ
Fuente: (Siemens, s.f.)

- **Pulsador**

Es un elemento de accionamiento manual permitiendo el paso o bloqueo de corriente, posee un resorte que le permite retornar a su posición normal luego de accionarlo. Poseen contactos normalmente abiertos (NO) y normalmente cerrados (NC) para cumplir su función. Por lo tanto, existen tres tipos:

- a) Pulsador de marcha (NO)
- b) Pulsador de paro (NC)
- c) Pulsador doble

Las figuras Figura 33, Figura 34 y Figura 35 representan un pulsador de marcha, paro de emergencia y un pulsador doble respectivamente.

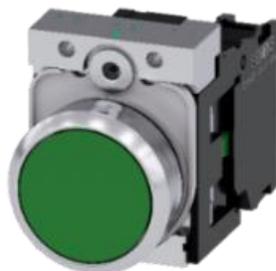


Figura 33. Pulsador de marcha (NO)
3SU

Fuente: (Siemens, s.f.)



Figura 34. Paro de Emergencia (NC)
3SU

Fuente: (Siemens, s.f.)



Figura 35. Pulsador doble (NO, NC)

3SU

Fuente: (Siemens, s.f.)

- **Selector**

El selector es un elemento conmutador que posee dos o más posiciones estables en las que se mantienen luego de ser accionados. Posee una llave, palanca o botón que permite cambiar de posición.

La Figura 36 detalla a un selector de 3 posiciones de la marca Siemens.



Figura 36. Selector de tres posiciones

3SU

Fuente: (Siemens, s.f.)

- **Potenciómetro**

El potenciómetro es un dispositivo conformado por dos resistencias en serie cuyos valores pueden ser modificados por el usuario. La Figura 37 presenta un potenciómetro de 10K de la marca Siemens.



Figura 37. Potenciómetro 10K
3SU Fuente: (Siemens, s.f.)

- **Luz Piloto**

Representa de manera visual el estado de un proceso o de un determinado equipo. Para tal función existen de diferentes colores basadas en la norma ISA SP-101 y la guía GEDIS.



Figura 38. Luz piloto rojo, 220VAC
3SB
Fuente: (Siemens, s.f.)

2.5. Elementos varios

- **Switch ethernet**

Un switch o conmutador es un dispositivo que permite la interconexión entre equipos pertenecientes a una misma red. La Figura 39 detalla un switch D-link cuyas características se detallan en la Tabla 17.



Figura 39. Switch D-Link, DES-1008A
Fuente: (D-Link, s.f.)

Tabla 17.*Especificaciones técnicas switch D-Link*

Numero de puertos	8 puertos
Velocidad	10/100 Mbps
Conectividad	Plug and play

Fuente: (D-Link, s.f.)

- **Fuente Regulable**

Una fuente regulable garantiza la estabilidad de los componentes que necesitan de corriente continua para su funcionamiento. La Figura 40 presenta una fuente regulable tanto en corriente (0 – 5 A) como en voltaje (0 -30 V), adecuada para conectar cualquier elemento que requiera de alimentación en corriente continua.

**Figura 40.** Fuente regulable Eventek

- **Transformador de corriente**

Un transformador de corriente se utiliza para adecuar corrientes altas a valores aceptables con los que pueden trabajar los instrumentos de medida. La Figura 41 presenta transformadores de corriente de la marca Camsco.



Figura 41. Transformadores de corriente Camsco
Fuente: (Camsco, s.f.)

- **Ventilación**

Todo tipo de tablero eléctrico que incluyan dispositivos que requieran mantener una temperatura ambiente, deben tener un sistema de ventilación que comprenden ventiladores y extrusores. Los ventiladores permiten el ingreso de aire del exterior hacia el interior y el extrusor expulsa el aire generado por los equipos hacia el exterior. Físicamente son idénticos, pero se diferencian en cuanto a la polaridad de su conexionado. La Figura 42 presenta un ventilador de la marca Leipole.



Figura 42. Ventilador Leipole

- **Repartidor de carga escalonado**

Permite distribuir la carga hacia los demás equipos que requieran de la alimentación conectada al repartidor. Existen de 3 polos y 4 polos dependiendo del número de fases y si la fuente posee neutro o tierra.



Figura 43. Repartidor de carga, 4 polos

- **Bornera de conexión**

También conocido como clema, es un tipo de conector eléctrico, al cual se conecta un cable y se ajusta contra una pieza metálica mediante la presión de un tornillo.

Existen borneras de tierra, se diferencia del resto porque son de color verde/amarillo y posee un tornillo de ajuste el cual permite hacer contacto a tierra.

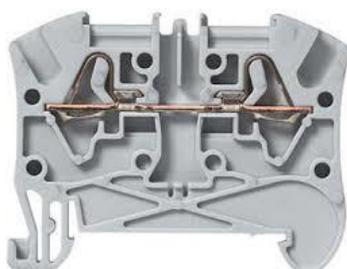


Figura 44. Bornera de conexión

- **Riel din**

Un riel din es una barra compuesta de metal, utilizado para colocar elementos eléctricos tanto de protección como de mando en áreas industriales y residenciales.



Figura 45. Riel din

2.6. Elementos neumáticos

- **Unidad de mantenimiento**

Una unidad de mantenimiento, está compuesta por un filtro, un regulador de aire, un indicador de presión y un lubricador. Su función se basa en proveer de aire a los elementos de un circuito neumático a una presión constante, eliminar todo tipo de impurezas existentes y brindar lubricación a los elementos móviles.

- Filtro: utiliza un cartucho poroso que elimina la impureza a ingresar en el sistema. Elimina toda humedad con un sistema de recolección de partículas, y los desecha al exterior en forma de líquido a través de un tornillo de purga.
- Regulador de aire: su función es mantener la presión constante, para ello utiliza un tornillo y una membrana móvil que permite la fuga de aire.
- Indicador de presión: también conocido como manómetro, permite dar lectura de la presión regulada.
- Lubricador: consta de un sistema de mezclado para enviar el aire comprimido con partículas de aceite, el objetivo es evitar el desgaste en los elementos móviles del circuito neumático.

La Figura 46 presenta una unidad de mantenimiento con filtro, regulador de aire e indicador de presión, este producto es de la marca FESTO.



Figura 46. Unidad de filtro y regulador
LFR/LFRS
Fuente: (Festo, s.f.)

- **Válvula de cierre**

Elemento de uso manual que en neumática permite bloquear el paso de aire comprimido.



Figura 47. Válvulas de cierre HE
Fuente: (Festo, s.f.)

- **Electroválvula**

Una electroválvula es un dispositivo que controla el flujo de aire por una tubería. La válvula es accionada mediante un solenoide, generalmente de dos posiciones abierto/cerrado. La Figura 48 presenta una válvula de 3/2 vías normalmente cerrada



Figura 48. Electroválvula VOFD
Fuente: (Festo, s.f.)

- **Tubo flexible de poliuretano**

El tubo de poliuretano se utiliza como conductor de aire, se caracteriza por ser resistente al desgaste y a la abrasión. Permite absorber vibraciones y se adapta a radios de curvatura pequeños.



Figura 49. Tubo flexible de poliuretano
Fuente: (Festo, s.f.)

2.7. Protocolos de comunicación

Un protocolo de comunicación es un conjunto de reglas que determinan la sintaxis, semántica y sincronización de una comunicación, haciendo posible el intercambio de información entre dos o más dispositivos a través de un medio de transmisión definido; logrando la optimización, rendimiento y calidad en los procesos mientras es monitoreado en tiempo real.

2.7.1. Protocolo Profibus

Profibus es un bus de campo industrial, abierto y flexible; usado para la interconexión de dispositivos tales como sensores, actuadores, transmisores, controladores lógicos programables, computadores, HMI, etc.

Profibus tiene dos clases de estaciones: maestro y esclavo. De estos solo el maestro puede controlar el bus mientras que las estaciones esclavo se limitan a responder o confirmar los mensajes enviados por la estación maestro (Guerrero, Martinez, & Yuste, 2009).

Este bus, usa tres niveles del modelo OSI: nivel físico, nivel de enlace de datos y nivel de aplicación. La capa 1 (física) define las características físicas de la transmisión, la capa 2 (enlace

de datos) define el protocolo de acceso al bus y la capa 7 (aplicación) define las funciones de aplicación.

Las ventajas de PROFIBUS son su velocidad (hasta 12 Mbaudios), el cubrimiento de necesidades en tiempo real, el tiempo de ciclo, su flexibilidad (independencia del proveedor y arquitectura abierta), su alta resistencia a las interferencias electromagnéticas, el reducido número de estaciones, su fácil configuración, la ampliación o reducción de elementos, plug and play, bajo costo de conexión y cableado y los protocolos simples y limitados. (Gracia, 2005)

- **Estructura de la red**

- a) Medio físico.

El medio de comunicación usado por PROFIBUS es la interfaz RS-485, esta interfaz de comunicaciones usa señales diferenciales, señales que se transmiten por dos conductores distintos con diferente polaridad, cuando el receptor recibe las señales las compara, determinando una diferencia de polaridad.

La comunicación RS-485 es half dúplex (comunicación bidireccional no simultánea), esto quiere decir que el envío y la recepción de las señales se hace alternada. Es una interfaz multipunto (una sola línea de comunicación compartida por todas las terminales) sobre un par entrelazado que permite la conexión de hasta 32 transmisores y 32 receptores. (Sumathi & Surekha, 2014).

Es necesario el uso de dos resistencias en los extremos de la línea de comunicación, estas resistencias reciben el nombre de resistencias terminales y su valor debe ser igual al valor de la impedancia característica del cable, de esta forma evita producir errores en los datos.

b) Método de acceso a la red

Es el método usado cuando existe un maestro que controla a varios esclavos, el maestro interactúa con los esclavos, enviando y recibiendo información. El control del flujo de datos es unidireccional, de maestro a esclavo; pero la información es bidireccional.

c) Topología de la Red

El elemento de la red PROFIBUS se conecta en topologías de bus lineal, el maestro y los esclavos pueden estar unidos a un cable común. Una red PROFIBUS puede alcanzar entre 1km y 10km de distancia dependiendo de la velocidad de transmisión y del medio físico utilizado. En la Tabla 18 se relacionan algunas tasas de transmisión de datos con las longitudes de los segmentos de la red. El número máximo de estaciones de la red es de 126, de las cuales 32 pueden ser estaciones activas, 32 estaciones por segmento, un máximo de 9 repetidores y los restantes pueden ser esclavos, según datos de Siemens. Estas especificaciones son propias de PROFIBUS cuando se utiliza el medio de transmisión RS-485. (Grup dap, 2008)

Tabla 18.

Tasa de transmisión PROFIBUS

Tasa de transmisión (kbit/s)	Distancia/segmento (m)
9.6, 19.2, 45.45, 93.75	1200
187.5	1000
500	400
1500	200
3000, 6000, 12000	100

Fuente: (Siemens, 2014)

- **Perfiles Profibus**

Profibus posee tres perfiles compatibles entre sí, lo que permite cumplir con los requerimientos necesarios para la automatización y control, estos perfiles son:

- Profibus – FMS (FiedlBus Message Specification)
- Profibus – DP (Decentralized Periphery)
- Profibus – PA (Process Automation)

En la Tabla 19, se detalla cada uno de estos perfiles con sus ventajas y principales aplicaciones.

Tabla 19.

Características y aplicaciones Profibus

Perfil	Aplicación	Ventaja	Características
PROFIBUS-FMS	Automatización para propósitos generales	Universal	Variedad de aplicaciones Comunicación multimaestro
PROFIBUS-DP	Automatización de fábricas	Rápido	Plug and play Eficiente y efectivo en costo
PROFIBUS-PA	Automatización de procesos	Orientado a aplicación	Suministro de energía a través del propio bus Seguridad intrínseca

Fuente: (Etitudela, s.f.)

Profibus – DP

Profibus – DP (Periferia Descentralizada), se ha optimizado para alta velocidad e interconexión de bajo costo. Está diseñado especialmente para comunicar sistemas de control de automatización y E/S distribuidas a nivel de dispositivo.

a) Características básicas de PROFIBUS DP

El maestro central recibe los datos enviados por los esclavos de forma cíclica y envía la información de salida para los esclavos con un tiempo de ciclo de bus, que debe ser más pequeño que el tiempo de ciclo del programa del controlador central.

b) Dispositivos DP

Las clases de maestros DP existentes en un sistema DP dependen directamente de las funciones que realizan. Cada sistema DP puede tener tres tipos diferentes de dispositivos.

- Maestro DP Clase 1: el maestro clase 1 es por lo general un controlador lógico programable (PLC) o una computadora que, como unidad central, intercambia información de forma cíclica con las estaciones descentralizadas de la red y define la velocidad y la rotación del testigo.
- Maestro DP Clase 2: aunque también pueden controlar esclavos, son principalmente herramientas de arranque y diagnóstico que realizan tareas de configuración en el momento de la puesta en marcha de los sistemas DP y durante su funcionamiento, así como tareas de mantenimiento.
- Esclavo DP: es un dispositivo periférico, como un variador de frecuencia, un elemento de entrada/salida, que solo recibe y envía mensajes cuando el maestro lo requiere. (Liptak & Halil, 2012)

2.8. Software de Desarrollo

Es necesario detallar todo el software a utilizar para la programación y configuración de los equipos controladores. Estos programas se encuentran instalados en el computador del sistema de entrenamiento con sus respectivas licencias emitidas por SIEMENS.

- **SIMATIC MANAGER**

SIMATIC MANAGER o Administrador SIMATIC, es un software flexible y profesional; que posee las librerías necesarias para la programación de autómatas S7-300 y S7-400 de la familia SIEMENS, además de las diferentes formas de conexionado para las configuraciones de la red de trabajo.

Este software administra un conjunto de herramientas independientes que pueden trabajar por separado, pero en su mayoría pueden unirse mediante la programación de una aplicación HMI. En la Figura 50, se detalla la estructura del SIMATIC MANAGER.

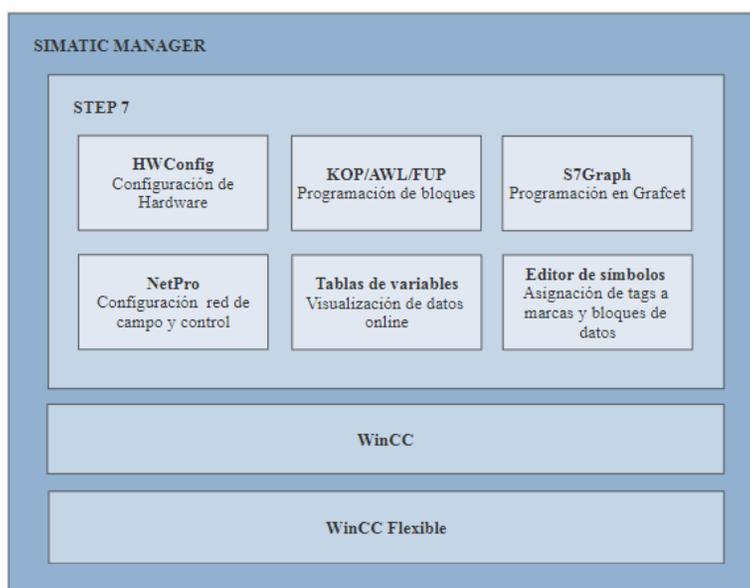


Figura 50. Estructura SIMATIC MANAGER

Como se observa, STEP7 abarca un conjunto de software que están orientados a la configuración y programación de todos los controladores SIMATIC.

La versión de STEP7 a utilizar en el sistema de entrenamiento es la V5.6 (ver Figura 51).

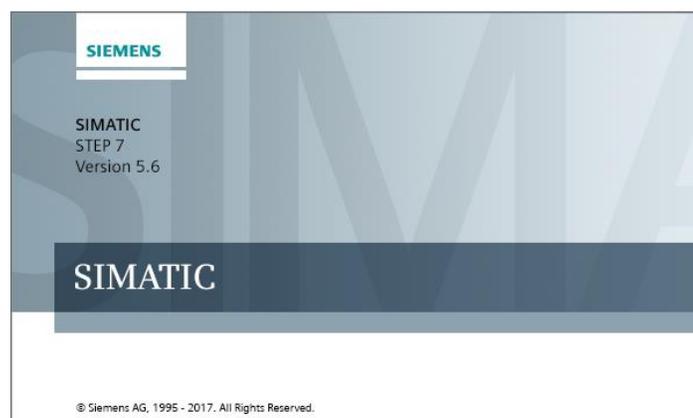


Figura 51. Software SIMATIC MANAGER STEP7

SIMATIC MANAGER, contiene la herramienta llamada WinCC, que es un sistema HMI (Human Machine Interface) que permite manejar y visualizar los procesos que se ejecutan en el sistema de entrenamiento.



Figura 52. Software WinCC

- **SIMOCODE ES**

Es el software central del dispositivo SIMOCODE pro, se encarga de la puesta en servicio, operación y diagnóstico; además de las funciones de control y protección, así como el cableado del circuito de control que son fáciles de ajustar mediante SIMOCODE ES.

Para la programación y configuración de los dispositivos SIMOCODE presentes en el sistema de entrenamiento, se utiliza el software SIMOCODE ES SP9 (ver Figura 53), este posee un editor de gráficos que se basa en el arrastrar y soltar los elementos permitiendo la parametrización fácil del dispositivo.

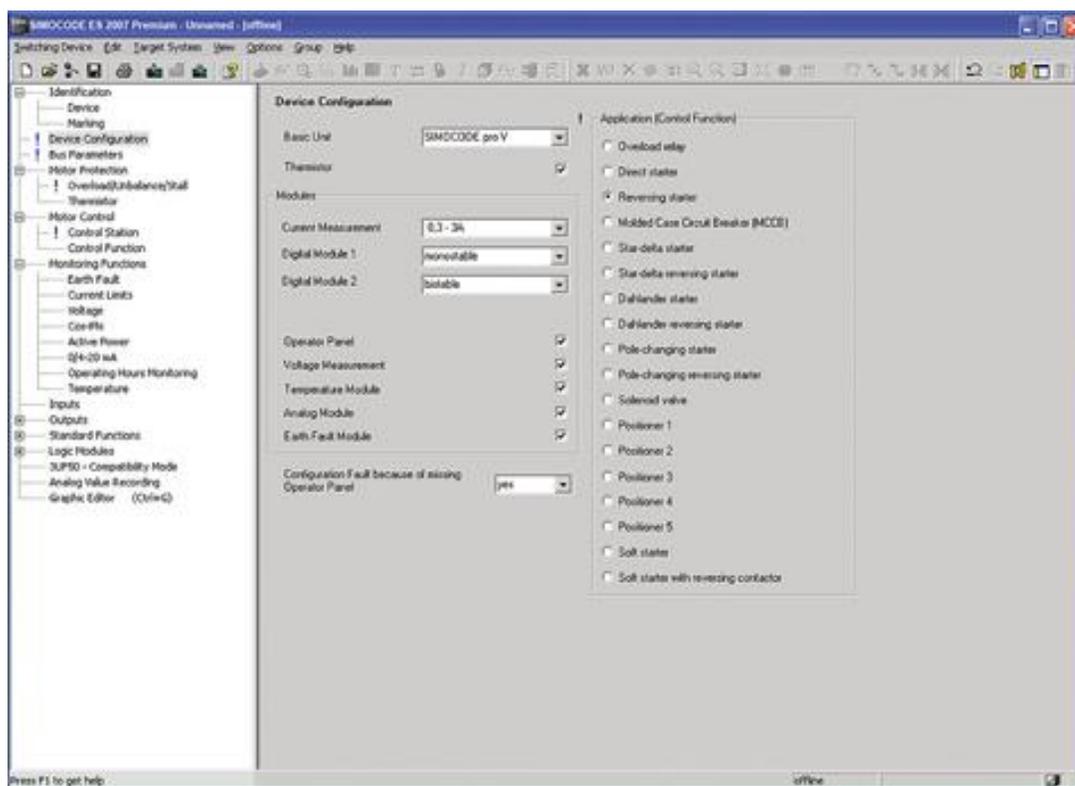


Figura 53. Panel de configuración del software SIMOCODE ES

2.9. HMI

La interfaz HMI será desarrollada en el computador del sistema de entrenamiento. Para la elaboración del diseño se hace uso de la norma ISA SP101, que define la estética y las estrategias funcionales de las interfaces; además se tomó en consideración las recomendaciones de la guía GEDIS.

- **Norma ISA SP-101**

La norma SP101 pertenece a la organización ISA y establece estándares, prácticas recomendables y apoyo técnico para normalizar el campo de las interfaces hombre – máquina en los procesos productivos. Los objetivos de esta norma son:

- a) Disminuir la tasa de errores de los operarios mediante representaciones claras e intuitivas de las interfaces de control
- b) Reducir los tiempos de aprendizaje de los nuevos operadores y conseguir que los tiempos de formación sean acumulativos, permitiendo el cambio de un sistema a otro con el mínimo de entrenamiento gracias a la estandarización de la interface de control.
- c) Reducir costes de rediseño con la estandarización de procedimientos.

2.10. Normativas para la elaboración de tableros eléctricos

Se puede definir Tablero Eléctrico como la combinación de uno a más aparatos de conexión, mando, medición, señalización, protección, y todas las interconexiones eléctricas y mecánicas internas, circundadas por una o más envolventes que otorgan soporte y protección al conjunto (Legrand, s.f.).

Las principales normativas para el diseño de gabinetes eléctricos son: IEC 61439 que incluye una lista de códigos, llamados números característicos (Characteristic Numerals), que se usan para identificar niveles de protección contra el ingreso. Normalmente conocida como la Protección IP, estos códigos reflejan la capacidad del gabinete eléctrico de proteger contra el acceso a partes electrificadas por parte de personas, herramientas, humedad, polvo o suciedad. La norma NEMA 250 cubre gabinetes para equipo eléctrico. Igual que la IEC 60529, NEMA 250 se ocupa de la

protección contra el ingreso, pero difiere en que también se ocupa de las especificaciones que detallan los criterios mínimos de la construcción, el rendimiento, pruebas, la resistencia a la corrosión y mucho más. Aun cuando su comienzo está basado en los Estados Unidos, NEMA es una organización global que trabaja para promover las normas eléctricas en todo el mundo. (Hoffman, 2009)

Se hace énfasis en la norma NEMA Tipo 4 que proporciona un grado de protección contra el acceso a piezas peligrosas y el ingreso de objetos extraños sólidos (suciedad que cae y polvo soplado por el viento). Proporciona un grado de protección contra el ingreso de agua (lluvia, aguanieve, salpicadura de agua y agua dirigida con manguera) (Hoffman, 2009)

CAPITULO III

DISEÑO DEL SISTEMA DE ENTRENAMIENTO

3.1. Requerimientos del Sistema de Entrenamiento

La principal necesidad es la capacitación del personal para responder ante fallos los cuales deben ser solucionados con rapidez. De esto depende la producción del cemento y los indicadores de productividad de la empresa.

El sistema de entrenamiento debe abarcar un amplio espectro de equipamiento técnico intentando cubrir todos los sistemas eléctricos que existen en el proceso de producción.

Al analizar el proceso de producción del cemento conjuntamente con representantes de UNACEM se ha expuesto las siguientes necesidades técnicas que se debe solventar con el sistema de entrenamiento.

- Parametrización y obtención de datos mediante el multimedidor de parámetros de red SENTRON PAC3200
- Arranque Directo de Motores trifásicos 480VAC
- Control de Motores mediante un arranque reversible, con el uso del SIMOCODE pro V para las tensiones de 480VAC y 220VAC
- Arranque de motores con el uso de Variador de Frecuencia WEG CFW700
- Parametrización de VDF V20 Siemens y control de velocidad de motor, para prueba de sensores
- Comunicación PROFIBUS DP Maestro – Esclavo.
- Programación PLC Siemens S7-300
- Módulos de entradas y salidas, análogas y digitales.

- Comunicación Ethernet
- Botonera Multifunción
- Salidas tipo banana para diferentes usos de los sistemas eléctricos.
- Sistema Neumático
- Fuente Regulable (0-30V)
- Tomas de 120VAC y 220VAC para distintos elementos del taller eléctrico
- Seccionadores de Energía para cada una de las aplicaciones.
- Guías Prácticas en el uso de los sistemas eléctricos.

3.2. Descripción del Sistema de Entrenamiento

El sistema de entrenamiento para la capacitación de personal y correcto manejo de los sistemas eléctricos presentes en el proceso de la industria cementera UNACEM, muestra los beneficios de la Automatización. En el módulo se utilizan distintos sistemas eléctricos de control con una comunicación PROFIBUS DP; con integración de los equipos SIEMENS y WEG, comunicación Ethernet (TCP/IP) para el intercambio de datos con el HMI.

Se ha desarrollado una serie de Guías de Práctica en el uso de los sistemas eléctricos presentes en el sistema de entrenamiento, así como la creación de la comunicación PROFIBUS DP y una integración de todos los sistemas eléctricos mediante un HMI.

El sistema de entrenamiento tiene un diseño compacto, que cumple con la integración de todos los sistemas eléctricos, y tiene la característica principal de ser un módulo de aprendizaje para los técnicos de la planta UNACEM.

El armario de control está diseñado a medida para compactar todos los requerimientos técnicos, la estructura es de tol galvanizado, cubierto con pintura aislante. El sistema de entrenamiento

cuenta con soportes para monitor y teclado, una mesa de trabajo con cajones y espacio para CPU. Adicionalmente dispone de toma corrientes, circuitos de iluminación y ventilación. En el panel frontal un mímico representa un diagrama multifilar de las conexiones y sistemas eléctricos presentes en el sistema de entrenamiento.

El sistema de entrenamiento cuenta con los siguientes sistemas eléctricos y características para solventar las necesidades de entrenamiento de los técnicos de UNACEM:

Parámetros relevantes de la red: El sistema de entrenamiento cuenta con un SENTRON PAC 3200 el cual mide todos los parámetros relevantes de la red trifásica de 480VAC como: tensiones, corrientes, frecuencia, potencia, etc., para lo cual utiliza transformadores de corriente. La información de los parámetros es enviada mediante protocolo de comunicación, para lo cual se usó el módulo de expansión PROFIBUS DP, todos estos parámetros son transmitidos al PLC, en este se define el telegrama con los parámetros que se presentan en el HMI.

Arranque directo: El sistema de entrenamiento cuenta con un arranque directo controlado por la botonera del panel frontal. El arranque directo tiene una tensión de 480VAC y 40A.

Control de Motores: Para esto el sistema de entrenamiento cuenta con dos SIMOCODE Pro V para la tensión de 480VAC y 220VAC; este es un sistema de gestión de motores modular, optimiza la conexión entre el control del proceso y la derivación a motor. Los SIMOCODE presentan un control local mediante la botonera y un control remoto mediante HMI. El control de motores está conformado por una unidad base SIMOCODE Pro V, un módulo de expansión digital entradas/salidas y un módulo de medida de intensidad, todos interconectados eléctricamente a través de la interfaz de sistema por medio de un cable de conexión y montados mecánicamente como una unidad. El equipo se incluye como un esclavo de la red PROFIBUS DP, los telegramas

de supervisión y control son enviados mediante el protocolo de comunicación al PLC. La parametrización se la realiza mediante el paquete de software SIMOCODE ES.

Variadores de frecuencia: Los varios procesos de la industria cementera UNACEM involucran el uso de diferentes variadores de frecuencia en distintas aplicaciones, por lo que el sistema de entrenamiento cuenta con un variador de 15HP WEG CFW700 alimentado por la tensión de 480VAC. Este presenta un control local mediante la botonera y un control remoto mediante HMI. El equipo se incluye como un esclavo de la red PROFIBUS DP, los telegramas de supervisión y control son enviados mediante el protocolo de comunicación al PLC. La parametrización se la realiza mediante el panel de operador frontal.

El sistema de entrenamiento cuenta también con un variador de frecuencia de 0.75HP SIEMENS V20 disponible para la calibración de sensores de velocidad. La parametrización se la realiza mediante el panel de operador frontal.

Controlador Lógico Programable: El sistema de entrenamiento cuenta con un PLC SIEMENS S7-300, una fuente de 24VDC-5A, un módulo Ethernet, módulos análogos y digitales de entrada y salida; será el maestro DP de la red y se encargará de recopilar los eventos y acciones de los esclavos de la red. La programación se la realiza mediante la plataforma STEP 7 V5.6.

HMI: El HMI se utiliza para controlar y supervisar un proceso simulado del cemento, el cual integra todos los sistemas eléctricos utilizados en el sistema de entrenamiento. La programación se la realiza mediante la plataforma WINCC V7.4 SP1, implementada sobre una PC de escritorio propia del sistema de entrenamiento.

Neumática y botoneras: Elementos adicionales como son electroválvulas, potenciómetros, selectores, pulsadores e indicadores se encuentran presentes en el día a día del proceso del cemento,

por lo que el sistema de entrenamiento cuenta con una botonera que incluye los elementos indicados y un sistema neumático con dos electroválvulas.

3.3. Diseño Físico del Sistema de Entrenamiento

3.3.1. Estructura metálica

La estructura física del sistema de entrenamiento cuenta con un diseño compacto dedicado a los sistemas eléctricos para la capacitación de los técnicos de UNACEM.

Mediante el uso de las normas IEC 60529 y NEMA 250 se ha desarrollado un tablero de tol galvanizado que cumple la norma NEMA Tipo 4 que proporciona un grado de protección contra el acceso a piezas peligrosas y el ingreso de objetos extraños sólidos (suciedad que cae y polvo soplado por el viento). Proporciona un grado de protección contra el ingreso de agua (lluvia, aguanieve, salpicadura de agua y agua dirigida con manguera) (Hoffman, 2012)

El sistema de entrenamiento será instalado en el taller eléctrico de la planta UNACEM; el aire de la cementera posee partículas de cemento, por lo que el tablero deberá proveer el grado de protección necesario.

El diseño se lo realizó en AutoCAD detallando sus dimensiones y perforaciones, para colocar los elementos de maniobra en el panel frontal del tablero. En la Figura 54 y Figura 55 se describe las dimensiones, diseño físico y perforaciones, de acuerdo a las necesidades para estructura mecánica del sistema de entrenamiento.

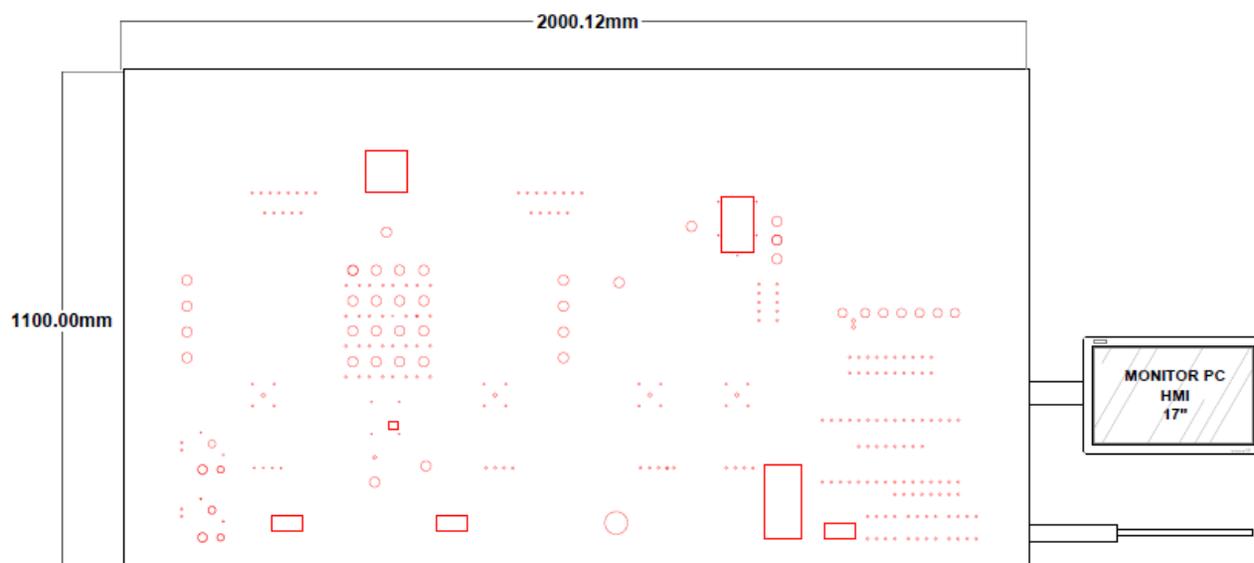


Figura 54. Panel Frontal Sistema de entrenamiento

Las figuras marcadas corresponden a las perforaciones en la plancha de tol galvanizado.

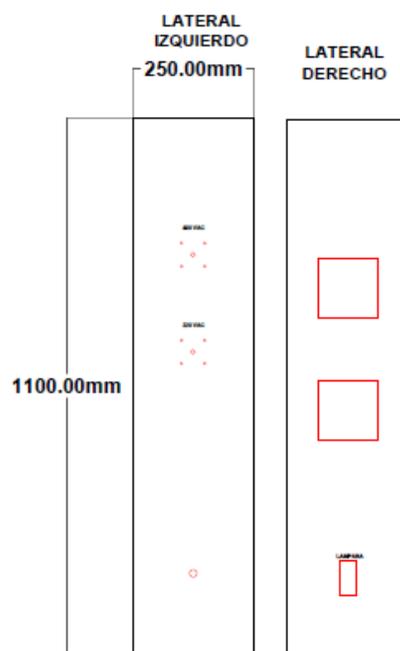


Figura 55. Lateral Izquierdo y derecho Sistema de entrenamiento

3.3.2. Mímico

El mímico es un diagrama multifilar de las conexiones y sistemas eléctricos presentes en el sistema de entrenamiento, que se presenta simbólicamente sobre el panel frontal del tablero. Este diseño estético representa las interconexiones y el funcionamiento de todo el sistema de entrenamiento de una forma pedagógica para la correcta interpretación de los usuarios. (Ver ANEXO II MÍMICO DEL SISTEMA DE ENTRENAMIENTO).

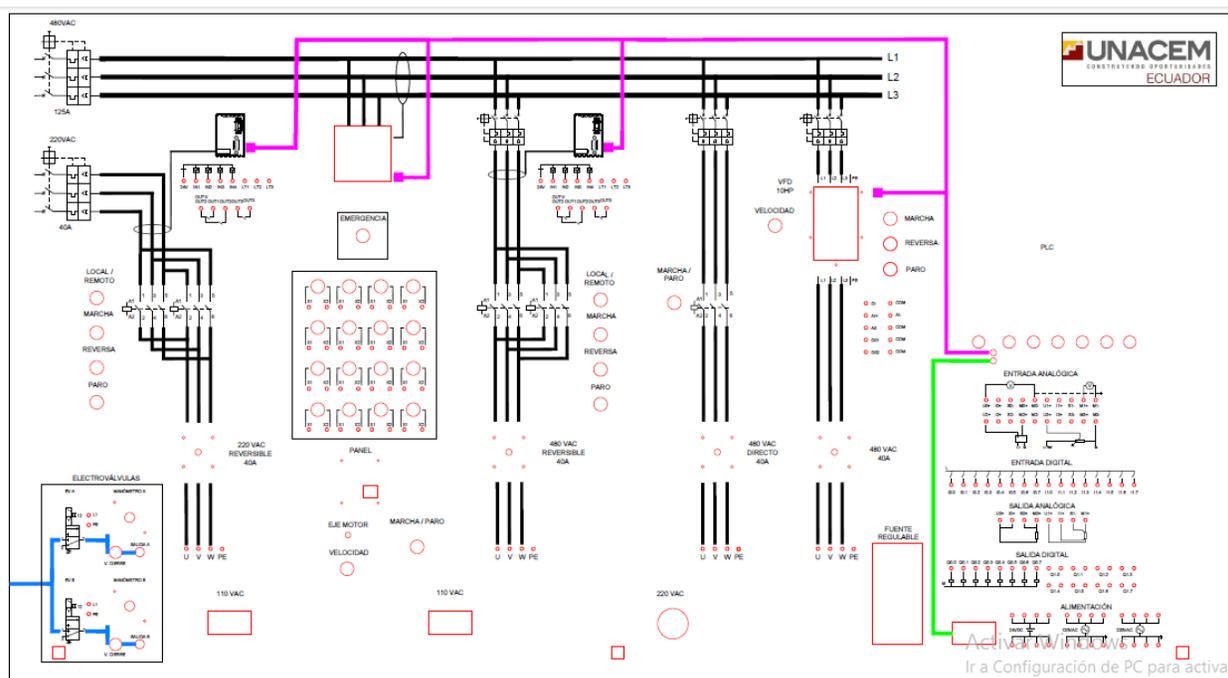


Figura 56. Mímico Sistema de Entrenamiento

En la Figura 56 se muestra el mímico que se colocará en el panel Frontal del Sistema de Entrenamiento, donde se detalla cada una de las interconexiones y sistemas eléctricos, de acuerdo a los requerimientos planteados por UNACEM.

3.4. Sistemas Eléctricos de Entrenamiento

El Sistema de entrenamiento consta de distintos sistemas eléctricos para cumplir las necesidades planteadas para el correcto entrenamiento de los técnicos de planta UNACEM. Los sistemas eléctricos a usarse serán detallados en la siguiente sección:

3.4.1. SENTRON PAC 3200

El Multimetro SENTRON PAC 3200 es un equipo para medición de variables eléctricas, montado en el sistema de entrenamiento; en la industria cementera UNACEM se verifica constantemente los parámetros más importantes de la red. Para lo cual el sistema de entrenamiento cuenta con los siguientes dispositivos para la correcta implementación del multimetro de variables eléctricas:

- Medidor SENTRON PAC 3200 7KM2112, $U_e = 690/400V_{ac}$ trifásico, $U_c = 95..240V_{AC}$, $140...340V_{DC}$.
- Módulo de expansión 7KM9300 para PAC 3200, puerto de comunicación Profibus DP.
- 03 transformadores de corriente 150/5 Amp.

3.4.2. SIMOCODE PRO V

Para realizar el arranque de un motor, se ha hecho uso del SIMOCODE Pro V el cual permite optimizar la conexión entre el control de procesos y la derivación a motor, permitiendo el control, vigilancia y procesamiento de las señales que son enviadas al actuador. Para lo cual el sistema de entrenamiento cuenta con los siguientes dispositivos para la correcta implementación del control de arranque de motores por medio del SIMOCODE Pro V.

- Unidad básica expandible SIMOCODE pro V 3UF7010, Profibus, 110... 240VAC/DC.
- Módulo de medición de corriente 3UF7102, 10...100 Amp.
- Módulo de expansión digital 3UF7300, 110,,,240V AC/DC, salida monoestable tipo relé. 4/2 I/O.
- Panel de mando, 2 pulsadores NA y 1 pulsador NC.

3.4.3. WEG CFW700

El transporte de la materia prima y producto elaborado se encuentran presentes en el proceso del cemento, todos estos procesos son controlados por variadores de frecuencia, para lo cual el sistema de entrenamiento cuenta con los siguientes dispositivos para la correcta implementación del control de motores por medio del variador de frecuencia WEG CFW700.

- Variador de CFW700B17P0T4, 380-480 VAC 10HP 17Amp.
- Módulo de expansión Profibus, KIT PROFIBUSDP-01.
- CFW700 HMI-02 – HMI Remoto Serial.
- CFW700 RHMIF-02 – Kit moldura para HMI Remota.
- Panel de mando, 1 selector dos posiciones, 1 pulsador NA y 1 pulsador NC.

3.4.4. SIMATIC V20

El control de velocidad es una aplicación de los variadores de frecuencia en el proceso del cemento, para lo cual el sistema de entrenamiento cuanta con los siguientes dispositivos para la correcta implementación del control de velocidad de un motor por medio del variador de frecuencia SIMATIC V20:

- Variador de velocidad compacto SINAMICS V20 6SL3210-5BB13-7UV1, 220 VAC monofásico, 0.5 HP, 2.3Amp.
- Panel operador externo BOP para Sinamics V20 6SL3255, para montaje en puerta.
- Pulsador doble NA+NC, iluminado incluido.
- Motor trifásico 4 polos 0.125HP.

3.4.5. PLC SIEMENS S7-300

La integración de los sistemas eléctricos anteriores: variador de frecuencia, SIMOCODE y SENTRON PAC es realizada a través de un autómatas programable PLC. Las señales de control y supervisión del proceso son administradas por dicho sistema eléctrico, para lo cual el sistema de entrenamiento cuenta con los siguientes dispositivos para la correcta implementación de la integración mediante el uso del PLC Siemens S7-300.

- SIMATIC S7-300 CPU315-2DP, S7315-SAF03, 24VDC, MPI/PROFIBUS DP.
- Fuente de poder PS307 para montaje sobre riel, entrada 120/230VAC; salida 24VDC 5Amp.
- Módulo de comunicación Industrial Ethernet (TCP/IP y UDP) para Simatic S7-300 CP343-1 Lean, con switch Industrial Ethernet de 2 puertos RJ45 10/100Mbps integrado.
- 02 módulos de señal de 2 entradas analógicas S7331-7KB02, apta para señales de voltaje (V), corriente (mA), termocuplas y para 1 señal tipo RTD. Requiere conector frontal de 20 pines
- Módulo de señal de 2 salidas analógicas S7332-5HB01, configurable para voltaje (V) y corriente (mA). Requiere conector frontal de 20 pines.
- Módulo de señal de 16 DI a 120 VAC S7321-1FH00. Requiere conector frontal de 20 pines.
- Módulo de señal 16DO relé, capacidad 2A S7322-1HH01. Requiere conector frontal 20 pines

3.5. Dimensionamiento eléctrico del Sistema de Entrenamiento.

3.5.1. Cargas tensión 480VAC

- Arranque inversor SIMOCODE Pro V, motor trifásico hasta 20HP ~34Amp
- Arranque directo por botonera, motor trifásico hasta 20HP ~34Amp
- Variador de Frecuencia WEG CFW700 10HP ~24Amp

Para la tensión de 480VAC el sistema de entrenamiento esta dimensionado para una carga máxima de: 92Amp

3.5.2. Cargas tensión 220VAC

- Arranque inversor SIMOCODE Pro V, motor trifásico hasta 10HP ~31Amp
- Tomacorriente Trifásico 20Amp
- Variador de Frecuencia SINAMICS V20 0.75HP ~2.1Amp

Para la tensión de 220VAC el sistema de entrenamiento esta dimensionado para una carga máxima de: 53.1Amp

3.5.3. Cargas tensión 120VAC

- Multimedidor SENTRON PAC 3200
- SIMOCODE Pro V para control 480VAC
- SIMOCODE Pro V para control 220VAC
- Fuente 24VDC
- Luminaria
- Ventiladores
- Fuente regulable VDC

- Computador CPU + Pantalla
- Switch
- 02 tomacorrientes 20 Amp c/u

Para la tensión de 120VAC el sistema de entrenamiento esta dimensionado para una carga máxima de: 50Amp

3.6. Elementos de protección eléctrica del Sistema de Entrenamiento.

3.6.1. Selección de Breakers Caja moldeada 3VT1

Para cada una de las alimentaciones trifásicas 480VAC y 220VAC se ha seleccionado un breaker de caja moldeada según la carga necesaria en cada una de estas.

Para la alimentación de 480VAC se utilizó un 3VT1710 de 100Amp y para la alimentación de 220VAC se utilizó un 3VT1706 de 63Amp.

3.6.2. Selección de Breaker Termomagnético 5SL3 riel DIN 3P

En cada una de las alimentaciones trifásicas 480VAC y 220VAC existen cargas las cuales necesitan breaker de protección independientes, por lo que fue necesario seleccionar un breaker termomagnético riel DIN de 3 polos para cada una de las cargas.

- Arranque inversor SIMOCODE Pro V tensión 480VAC, breaker termomagnético riel DIN 5SL33407 de 40Amp.
- Variador de Frecuencia WEG CFW700 15HP tensión 480VAC, breaker termomagnético riel DIN 5SL33407 de 40Amp.
- Arranque directo por botonera motor trifásico hasta 25HP tensión 480VAC, breaker termomagnético riel DIN 5SL33407 de 40Amp.

- Arranque inversor SIMOCODE Pro V tensión 220VAC, breaker termomagnético riel DIN 5SL33407 de 40Amp.
- Tomacorriente Trifásico tensión 220VAC, breaker termomagnético riel DIN 5SL33207 de 20Amp.
- Variador de Frecuencia SINAMICS V20 0.75HP breaker termomagnético riel DIN 5SL33067 de 6Amp.

3.6.3. Selección de Seccionador de Línea 3LD

El sistema de entrenamiento cuenta con seccionadores para las entradas de las alimentaciones de 480VAC y 220VAC, y las salidas a las cargas presentes en el sistema de entrenamiento.

- Tensión de entrada 480VAC 100Amp, seccionador de línea 3LD2804 de 125Amp.
- Tensión de entrada 220VAC 63Amp, seccionador de línea 3LD2504 de 63Amp.
- Salida arranque inversor SIMOCODE Pro V tensión 480VAC 40Amp, seccionador de línea 3LD2504 de 63Amp.
- Salida variador de frecuencia WEG CFW700 15HP tensión 480VAC 40Amp, seccionador de línea 3LD2504 de 63Amp.
- Salida arranque directo por botonera tensión 480VAC 40Amp, seccionador de línea 3LD2504 de 63Amp.
- Salida arranque inversor SIMOCODE Pro V tensión 220VAC 40Amp, seccionador de línea 3LD2504 de 63Amp.

3.6.4. Selección de contactor SIRIUS 3RT20

Para las aplicaciones de los sistemas de eléctricos, se ha seleccionado un contactor según la potencia requerida para cada uno de los arranques.

- Arranque inversor SIMOCODE Pro V tensión 480VAC hasta 20HP, 02 contactores 3RT2027 de 32Amp y bobina 120VAC.
- Arranque directo por botonera tensión 480VAC hasta 20HP, 01 contactor 3RT2027 de 32Amp y bobina 120VAC.
- Arranque inversor SIMOCODE Pro V tensión 220VAC hasta 10HP, 02 contactores 3RT2027 de 32Amp y bobina 120VAC.

3.6.5. Selección de Breaker Termomagnético 5SL3 riel DIN 1P para sistemas eléctricos de mando.

Utilizando los datos técnicos de cada equipo eléctrico de mando con los que cuenta el sistema de entrenamiento, se ha seleccionado un breaker termomagnético riel DIN de 1 polo para cada uno de estos.

- Multimedidor SENTRON PAC 3200
- SIMOCODE Pro V para control 480VAC
- SIMOCODE Pro V para control 220VAC
- Fuente 24VDC
- Luminaria
- Ventiladores
- Fuente regulable VDC + Switch

- Computador CPU + Pantalla
- 02 tomacorrientes 20 A c/u

3.6.6. Selección de cables conductores para la interconexión

La selección del calibre del conductor para la conexión entre los dispositivos de potencia, control, mando y señalización se realizó en base a la selección de equipos de protección, el conductor se eligió utilizando la Tabla 20.

Tabla 20.

SUPERFLEX MONOCONDUCTOR - CALIBRES AWG/kcmil

Calibre AWG/kcmil	Sección nominal mm ²	Capacidad Amp.	
		Temp. amb. 20°C	Temp. amb. 40°C
18	1,02	16	
16	1,29	22	
14	2,08	26	
12	3,31	40	
10	5,26	51	
8	8,37	64	66
6	13,3	85	89
4	21,2	111	117
2	33,6	146	158
1	42,4	168	185
1/0	53,5	193	214

Fuente: (General Cable, S.F.)

- Tensión de entrada 480VAC 100Amp, conductor 2 AWG.
- Tensión de entrada 220VAC 63Amp, conductor 8 AWG
- Arranque inversor SIMOCODE Pro V tensión 480VAC 40Amp, conductor 10 AWG.
- Variador de frecuencia WEG CFW700 10HP tensión 480VAC 40Amp, conductor 10AWG.
- Arranque directo por botonera tensión 480VAC 40Amp, conductor 10 AWG.
- Arranque inversor SIMOCODE Pro V tensión 220VAC 40Amp, conductor 10 AWG.

- Tomacorriente Trifásico tensión 220VAC 30Amp, conductor 12 AWG.
- Variador de Frecuencia SINAMICS V20 0.75HP 10Amp, conductor 14 AWG.
- Tomacorriente monofásico tensión 120VAC 20Amp, conductor 12 AWG.
- Dispositivos de control, mando y señalización, conductor 18 AWG.

3.7. Red PROFIBUS DP

El Sistema de Entrenamiento cuenta con una red PROFIBUS DP para la comunicación entre los sistemas eléctricos existentes, con conectores RS-485 en cada uno de los nodos (maestros y esclavos). En la red existe un maestro DP clase 1 y múltiples esclavos DP, la red es de tipo bus con una velocidad de 1.5 Mbits/s. La Tabla 21 define los dispositivos DP de la red y la dirección PROFIBUS DP establecidos para cada uno de los equipos.

Tabla 21.

Arquitectura y asignación de dirección PROFIBUS a los equipos de la red

EQUIPO	dispositivo DP	dirección PROFIBUS DP
CPU 315 -2DP	Maestro	01
Variador WEG CFW700	Esclavo	02
Simocode PRO-V (Alimentación de 480VAC)	Esclavo	03
Simocode PRO-V (Alimentación de 220VAC)	Esclavo	04
SETRON PAC 3200	Esclavo	05

3.8. Diseño interfaz HMI

La interfaz HMI ha sido implementada en el computador del sistema de entrenamiento. Para la elaboración del diseño se hizo uso de la norma ISA SP101, la cual define las estrategias funcionales de las interfaces y la estética de las mismas; además se tomó en consideración las recomendaciones de la guía GEDIS.

3.8.1. Características de la interfaz HMI

La interfaz HMI del sistema de entrenamiento presenta un entorno sencillo y amigable con el usuario para que este, pueda navegar y realizar el control y supervisión del proceso establecido para la práctica correspondiente, haciendo uso de los indicadores visuales que permiten conocer el estado actual del proceso además de posibles fallas que puedan presentarse.

3.8.2. Diseño de pantallas

a) Especificaciones

La interfaz está desarrollada en el computador del sistema de entrenamiento, presenta un diseño sencillo e intuitivo permitiendo al usuario, el control y visualización de una parte de la etapa de ensacado de cemento.

En esta interfaz se visualiza el funcionamiento de cada uno de los equipos eléctricos mediante una simulación, para poner en práctica la programación y configuración de los elementos seleccionados, a los que se accede desde la ventana principal.

b) Arquitectura

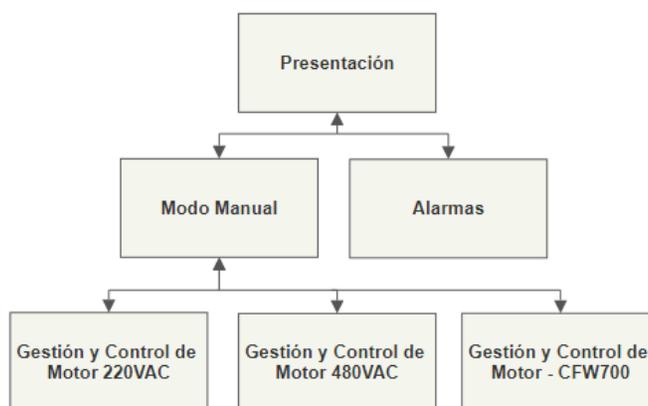


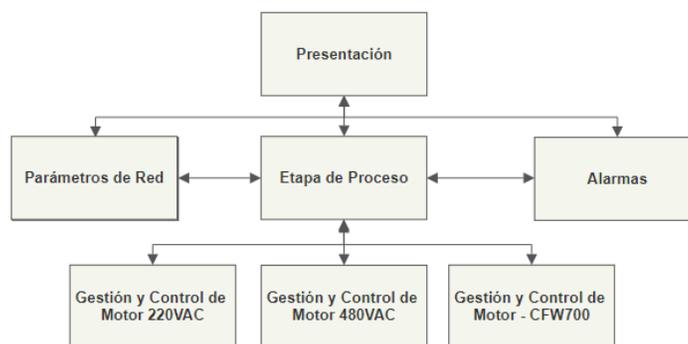
Figura 57. Arquitectura interfaz HMI

Tabla 22.*Arquitectura interfaz HMI*

Pantalla	Actividad realizada
Presentación	Es la pantalla inicial y da paso a la pantalla de etapa de proceso
Modo Manual	Permite la activación y visualización de cada uno de los equipos eléctricos usados en el proyecto
Alarmas	Muestra estados y excepciones del funcionamiento del proceso

c) Navegación

En base a la arquitectura, la navegación de pantallas parte de la pantalla de etapa del proceso.

**Figura 58.** Navegación interfaz HMI**d) Distribución de Pantallas**

- **Pantalla Presentación**

**Figura 59.** Pantalla de presentación

- **Pantalla Etapa de Proceso**

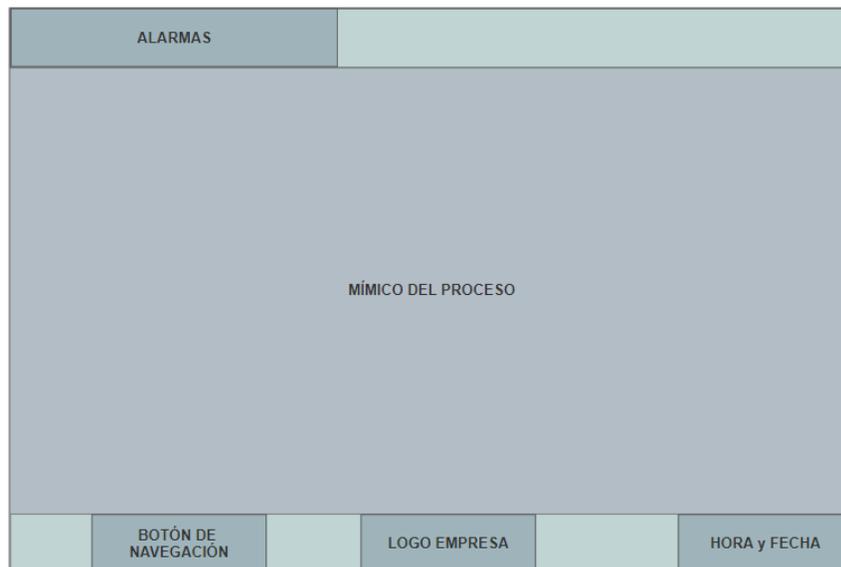


Figura 60. Pantalla de Etapa de Proceso

- **Pantalla Parámetros de Red**

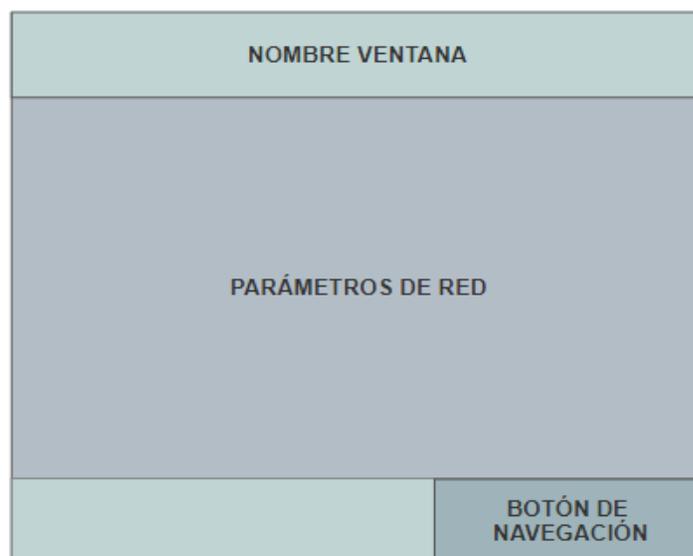


Figura 61. Pantalla Parámetros de Red

- **Pantalla Gestión y Control de Motor 220VAC, 480VAC y CFW700**

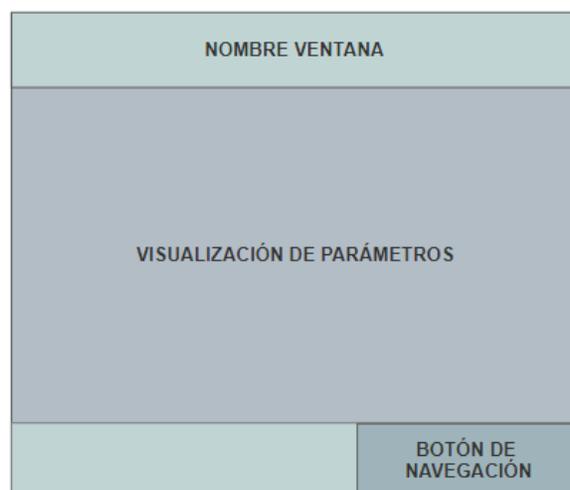


Figura 62. Pantalla Gestión y Control de Motor 220VAC, 480VAC y CFW700

3.9. Diagrama de montaje del Sistema de Entrenamiento.

La distribución de los elementos en el doble fondo del tablero del sistema de entrenamiento se lo ha establecido como se indica en el ANEXO I, existen distintas secciones, separando elementos de distribución de tensión 480VAC y 220VAC, elementos de protección y elementos de control.

En la parte superior izquierda se ubican los elementos de distribución de tensión 480VAC y 220VAC como breakers 3VT1, repartidores de carga y transformadores de corriente, seguidos por elementos de protección como breakers 3P termomagnético y contactores, elementos de control como unidad base SIMOCODE Pro V y módulos de expansión, VDF Simatic V20.

En la parte superior derecha se ubica el VDF WEG CFW700, seguido de un repartidor de carga y breakers de protección para elementos de 120 VAC, relés de salida para módulo de salida digital S7 300 y tomacorrientes para equipos pertenecientes al sistema de entrenamiento.

CAPITULO IV

IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE ENTRENAMIENTO

Una vez aprobado el diseño del sistema de entrenamiento por parte de Gerente Técnico UNACEM, se procede con la etapa de implementación.

4.1. Implementación Física del Sistema de Entrenamiento

4.1.1. Estructura metálica

Para la fabricación del tablero eléctrico se cumplió con las normas planteadas en el diseño físico, permitiendo un correcto funcionamiento cuando el sistema se encuentra energizado. Contando con el diseño antes establecido, el fabricante de tableros eléctricos procedió con la elaboración de la estructura mecánica, el material utilizado en la construcción fue tol galvanizado idóneo para este tipo de aplicaciones y cumple con las normas de diseño como se muestra en la Figura 63 .

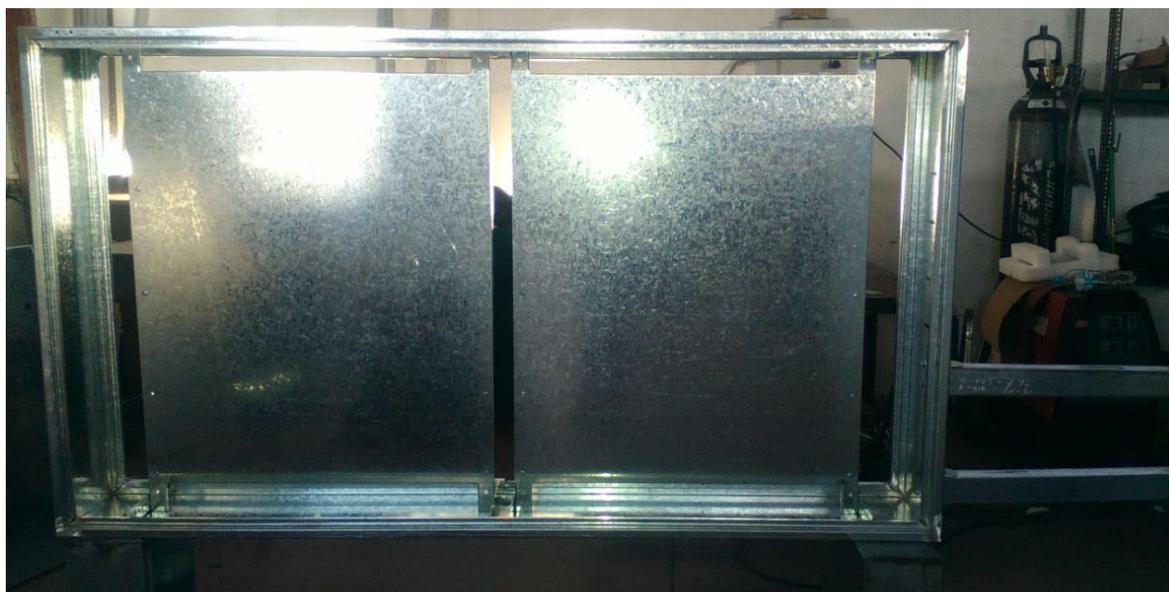


Figura 63. Estructura metálica (marco) Sistema de Entrenamiento

Una vez realizado los cortes de las planchas de tol necesarias para el sistema, mediante una máquina de corte CNC se procedió con la elaboración de las perforaciones del panel frontal para cada uno de los elementos de mando como se muestra en la Figura 64 y la Figura 65.



Figura 64. Perforaciones Panel Frontal Sistema de Entrenamiento



Figura 65. Perforaciones Panel Frontal Sistema de Entrenamiento

En la parte lateral izquierda del sistema de entrenamiento se localizan los agujeros para los ventiladores y los brazos para colocar la pantalla de la PC principal como se muestra en la Figura 66.



Figura 66. Lateral derecho Sistema de entrenamiento

La Figura 67 muestra la estructura mecánica del sistema de entrenamiento completamente terminada, en la cual se puede visualizar el panel frontal con sus perforaciones para cada uno de sus elementos de mando. La pintura de la estructura tiene la característica de ser dieléctrica como establece la normativa de tableros eléctricos, el color escogido fue RAL 7035.

La estructura dispone de brazos para colocar pantalla, teclado y mouse. Para facilitar el trabajo se adquirió una mesa de trabajo de madera con una estructura metálica. Con la finalidad de aprovechar el espacio de la mesa, en la parte inferior existen cajones donde se podrá almacenar,

manuales de usuario, guías técnicas y demás documentos relacionados con el sistema de entrenamiento y un compartimiento para el CPU del computador central.



Figura 67. Estructura metálica Sistema de Entrenamiento

4.1.2. Mímico

Una vez finalizada la estructura metálica el tablero fue transportado al proveedor del mímico el cual imprimió el arte estético o mímico que se diseñó para la representación multifilar de las conexiones y sistemas eléctricos presentes en el sistema de entrenamiento. Sobre el panel frontal se pegó una plancha transparente UV como se muestra en la Figura 68.

En la Figura 69 se muestra el mímico final implementado sobre el panel frontal del sistema de entrenamiento para la representación gráfica de la interconexión de los elementos.

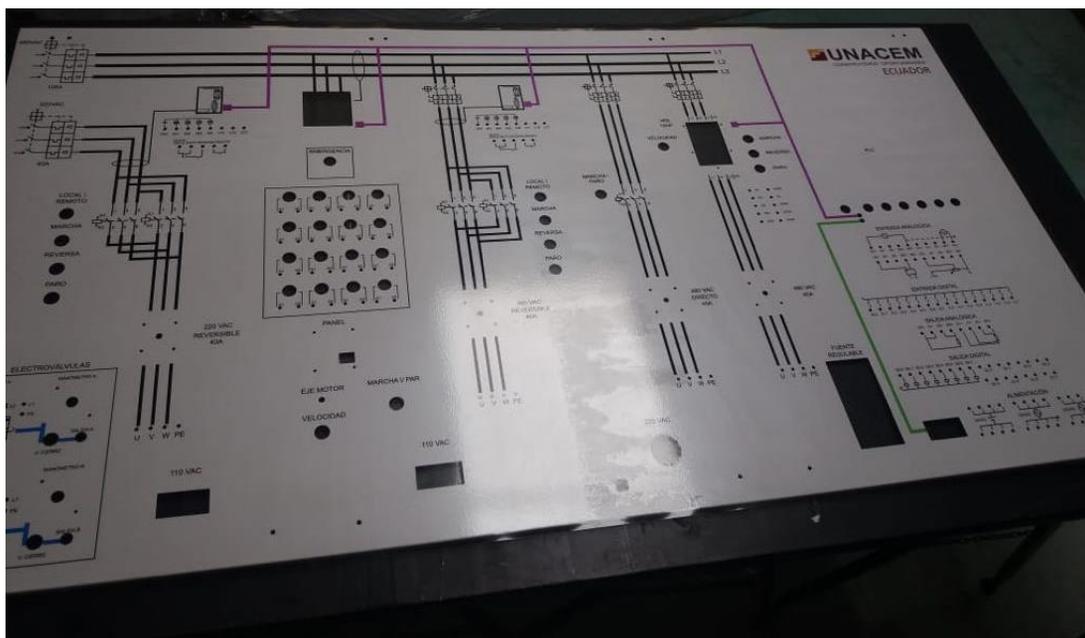


Figura 68. Plancha transparente UV para Mímico del Sistema de Entrenamiento

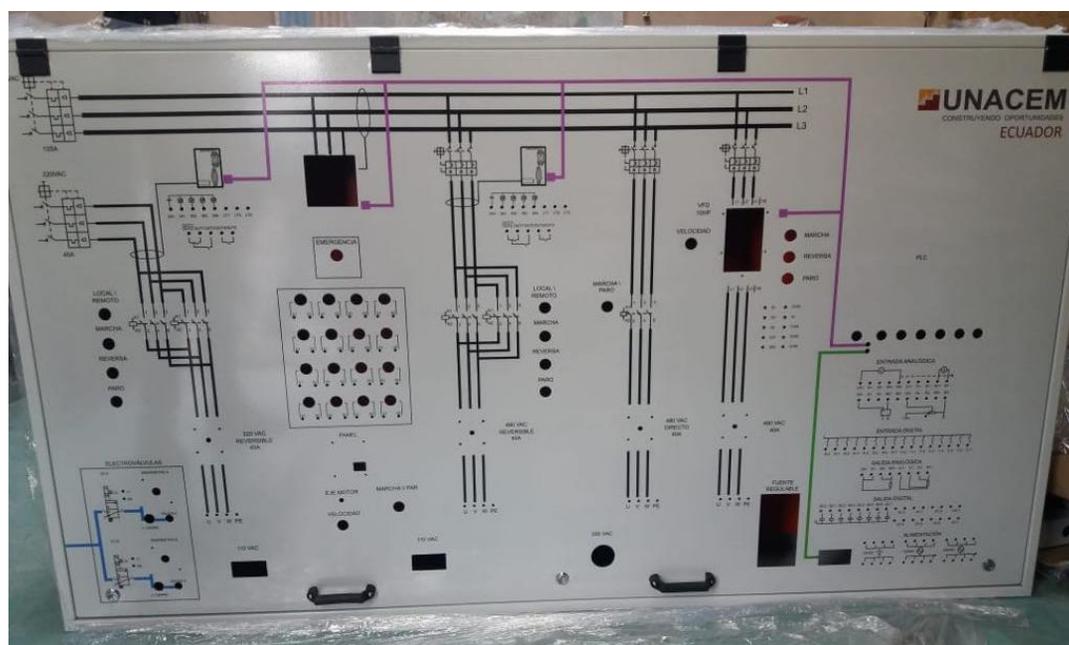


Figura 69. Mímico Sistema de Entrenamiento

4.2. Montaje de elementos del Sistema de Entrenamiento

En base al diagrama de montaje del sistema de entrenamiento, se procedió con la colocación y montaje de todos los equipos de protección como breakers y contactores, controladores como SIMOCODE Pro V y sus módulos, VDF SIMATICS V20 y WEG CFW700, y otros elementos como borneras, relés, repartidores de carga, motor, switch, fuente regulable y tomacorrientes; internos al tablero eléctrico, sujetos en riel din o con tornillos auto perforantes en el doble fondo del tablero, como se puede observar en la Figura 70.

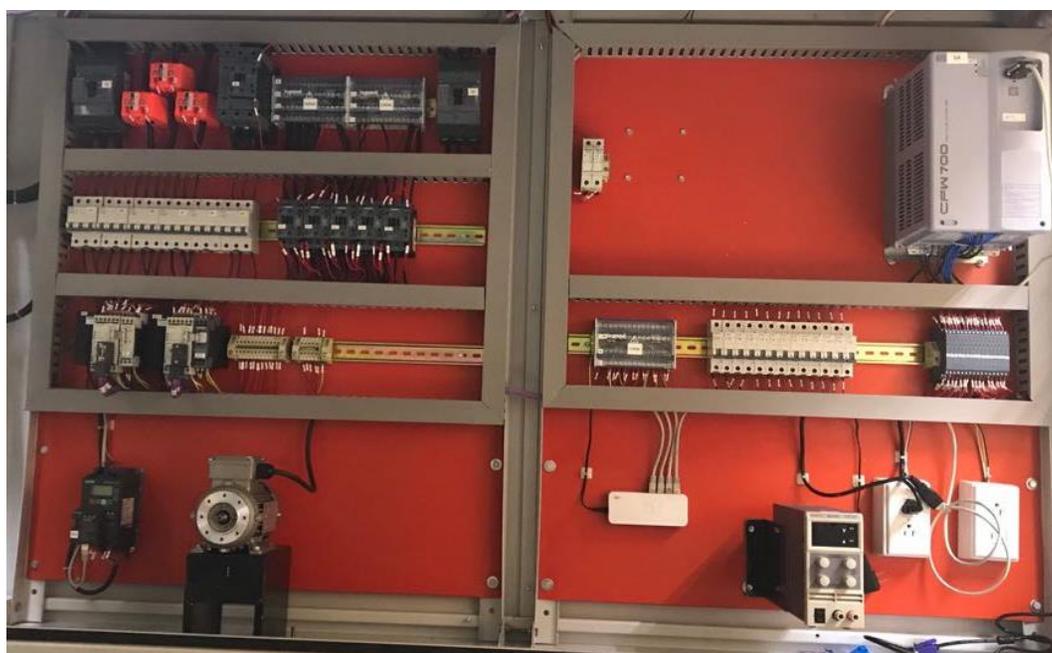


Figura 70. Distribución interna de los equipos eléctricos

Los aparatos de maniobra, seccionadores, tomacorrientes, elementos de neumática, paneles HMI, borneras tipo banana y el autómata programable con cada uno de los módulos son sujetos al rack propio de SIEMENS. Todos estos elementos fueron ubicados en el panel frontal del sistema de entrenamiento como se muestra en la Figura 71.

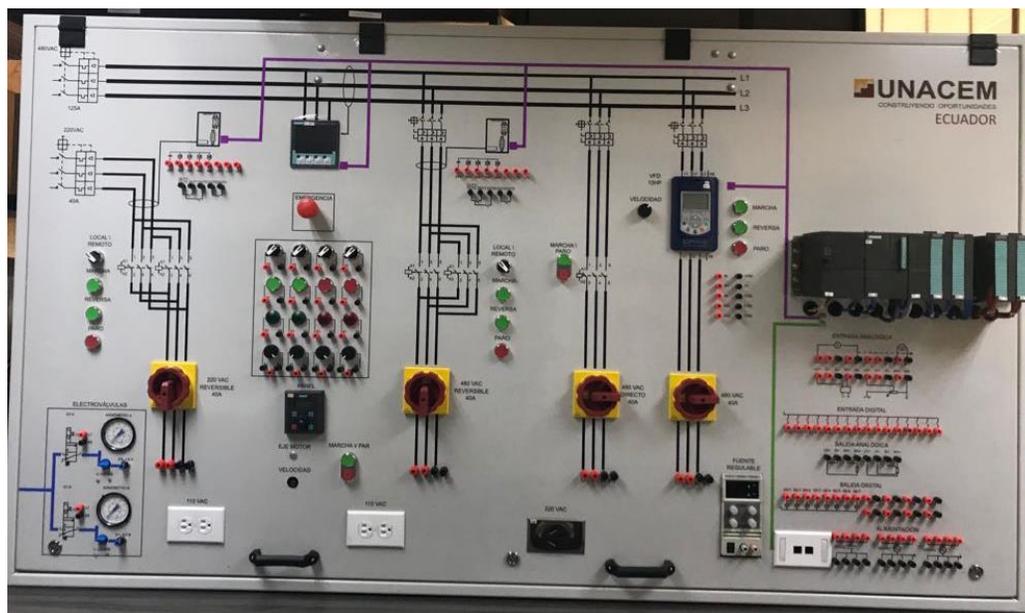


Figura 71. Distribución externa de los equipos

En el lateral izquierdo del sistema de entrenamiento se encuentran montados los seccionadores correspondientes a la alimentación de 480VAC y 220VAC como se muestra en la Figura 72, mientras que en el lateral derecho se encuentran montados ventiladores para la inyección y extracción de aire del tablero, interruptor para iluminación y los brazos de soporte para la pantalla del computador principal como se muestra en la Figura 73.

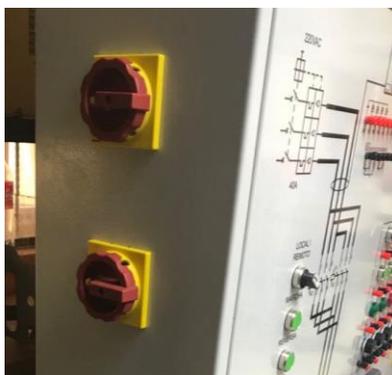


Figura 72. Seccionadores de tensión 480VAC y 220VAC sistema de entrenamiento

CONTINÚA



Figura 73. Ventiladores, pantalla y teclado Sistema de Entrenamiento

4.3. Cableado y etiquetado de elementos del Sistema de Entrenamiento

La fase de cableado y etiquetado de los elementos se lo realiza en base al estándar IEC 61439-1 definido por la Comisión Electrotécnica Internacional (IEC), el cual garantiza la vida útil del tablero en base al uso de normas estandarizadas para el armado del mismo; además que determina las condiciones mínimas de seguridad que deben cumplir las instalaciones y el personal. (Legrand, s.f.)

Cada elemento de control con sus respectivos terminales de conexión se encuentra etiquetados con cinta de nylon blanca de ½ pulgada, en un orden establecido, de acuerdo al plano eléctrico del sistema de entrenamiento. Para los dispositivos que son de potencia el etiquetado de cables no se lo realiza.

4.3.1. Cableado interno

El cableado de la parte interna del módulo de entrenamiento debe realizarse en forma ordenada de manera que no quede apilados uno sobre otro.

En el doble fondo del tablero, los conductores son tomados mediante amarras plásticas de 10 y 15 cm ubicándolos de forma horizontal o vertical en canaletas ranuradas de PVC 40x60x100mm. En la Figura 74, se ve el proceso de arreglo del cableado con los materiales antes mencionados.

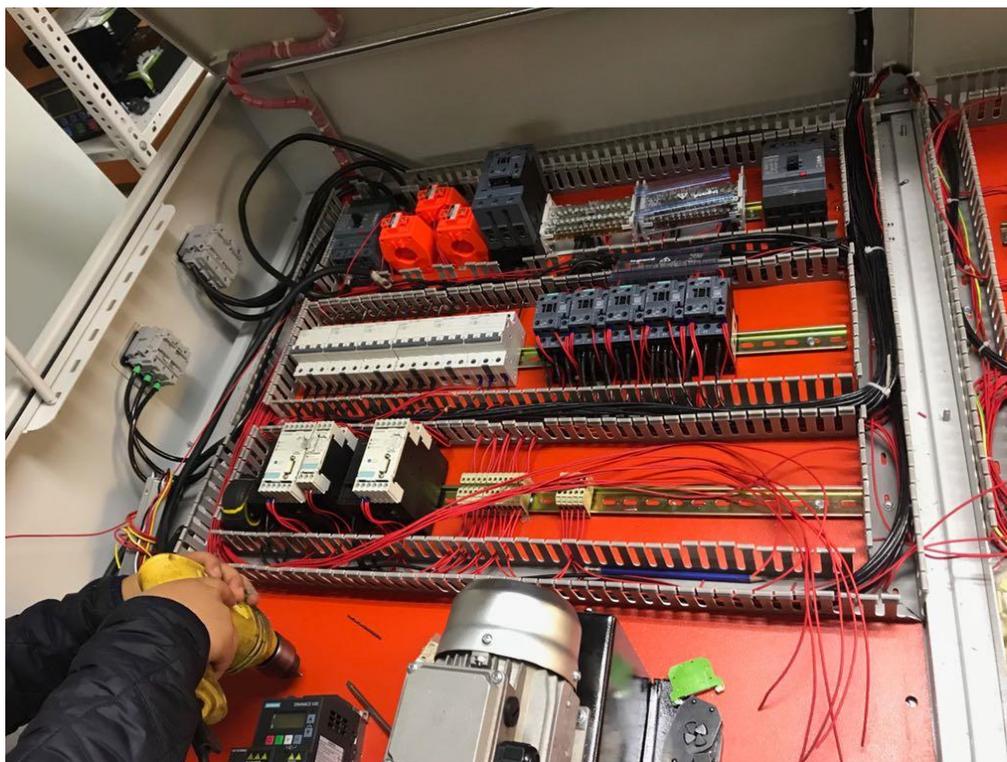


Figura 74. Proceso de cableado en la parte interna del módulo

4.3.2. Cableado Panel frontal

En la parte posterior del panel frontal del sistema de entrenamiento, el cableado se lo ha realizado mediante amarras, bases adhesivas y cinta espiral separando señales de control y alimentación para las cargas, como se observa en la Figura 75.

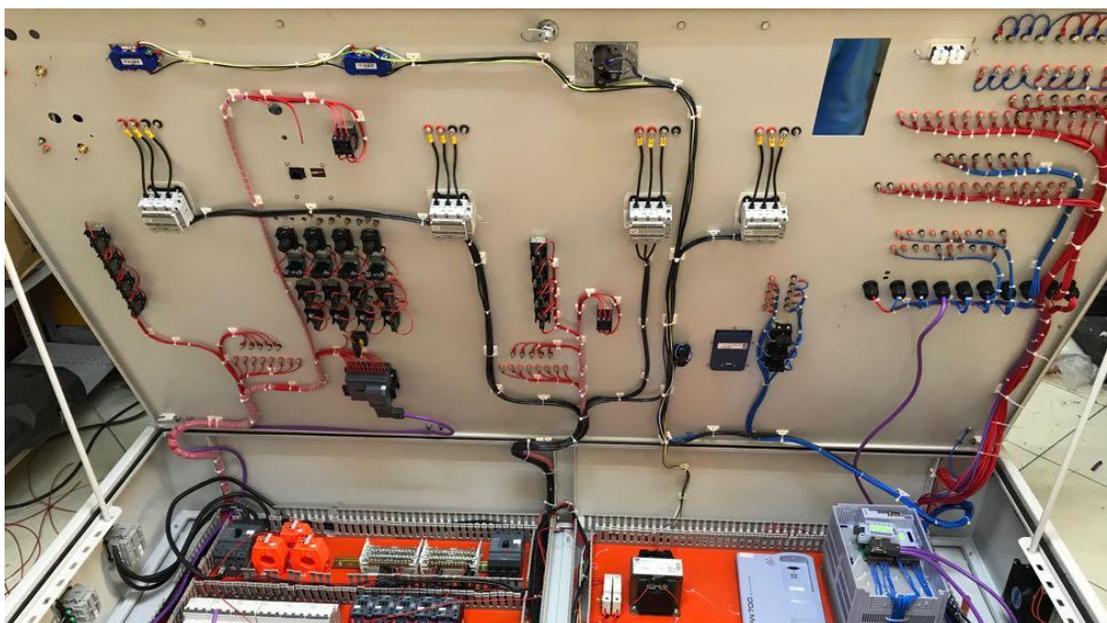


Figura 75. Proceso de cableado en la parte posterior de la tapa del módulo

Adicionalmente se respeta el código de colores de los conductores de acuerdo a la tensión en la que va a trabajar. En la Tabla 23, se expone el código de colores utilizado en el sistema de entrenamiento.

Tabla 23.

Código de colores de los conductores

Conexión	Color
Neutro	Blanco
Tierra	Verde/Amarillo
Fase	Rojo
24VDC/0VDC	Azul

4.4. Puesta a tierra

El sistema de entrenamiento cuenta con tres repartidores de carga (480VAC, 220VAC y 120VAC), elementos que comparten una barra de tierra común en cada uno de estos. Todos los equipos eléctricos presentes tienen su conexión a tierra común del tablero.

4.5. Sistema Neumático.

En base a los requerimientos del sistema de entrenamiento se implementó un sistema neumático con dos electroválvulas e indicadores de presión tal como indica en el diagrama neumático del sistema de entrenamiento. El sistema neumático cuenta con una unidad de mantenimiento como se muestra en la Figura 77, dos electroválvulas y dos manómetros para visualización de presión como se muestra en la Figura 76.

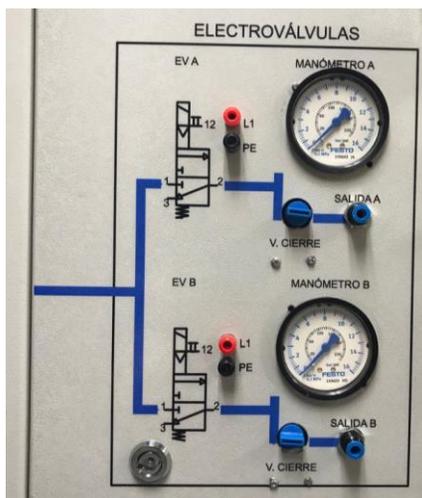


Figura 76. Electro válvulas y manómetros
Sistema de Entrenamiento



Figura 77. Unidad de mantenimiento
Sistema de Entrenamiento

4.6. Implementación Física terminada

En las Figura 78 y Figura 79 se muestra la culminación de la implementación física del sistema de entrenamiento, una vez realizado esto será necesario proceder con la configuración, parametrización y programación de los sistemas eléctricos implementados.

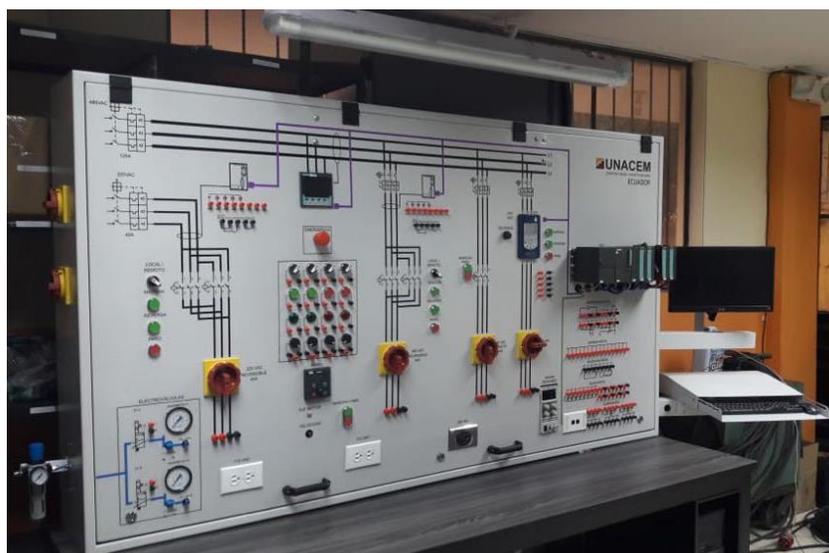


Figura 78. Implementación Física (vista externa)
Sistema de Entrenamiento



Figura 79. Implementación Física (vista interna)
Sistema de Entrenamiento

4.7. Implementación interfaz HMI

Una vez establecidos los parámetros para el correcto diseño del HMI se procede a realizar la implementación del mismo.

En la Figura 80, se observa la pantalla de presentación, la cual consta del logo de la empresa, un mensaje de bienvenida al sistema de entrenamiento y en la parte inferior derecha la fecha y hora. Para acceder a la siguiente ventana se debe presionar sobre el botón “INGRESAR”



Figura 80. Presentación

La ventana que se observa en la Figura 81, es la siguiente a la que se accede. En esta se observa el mímico del proceso de ensacado de cemento de los silos 1 y 2. El objetivo de este proyecto es la capacitación del personal; por lo tanto, el acceso a cada uno de los equipos será de forma individual; el proceso no tiene una secuencia definida.

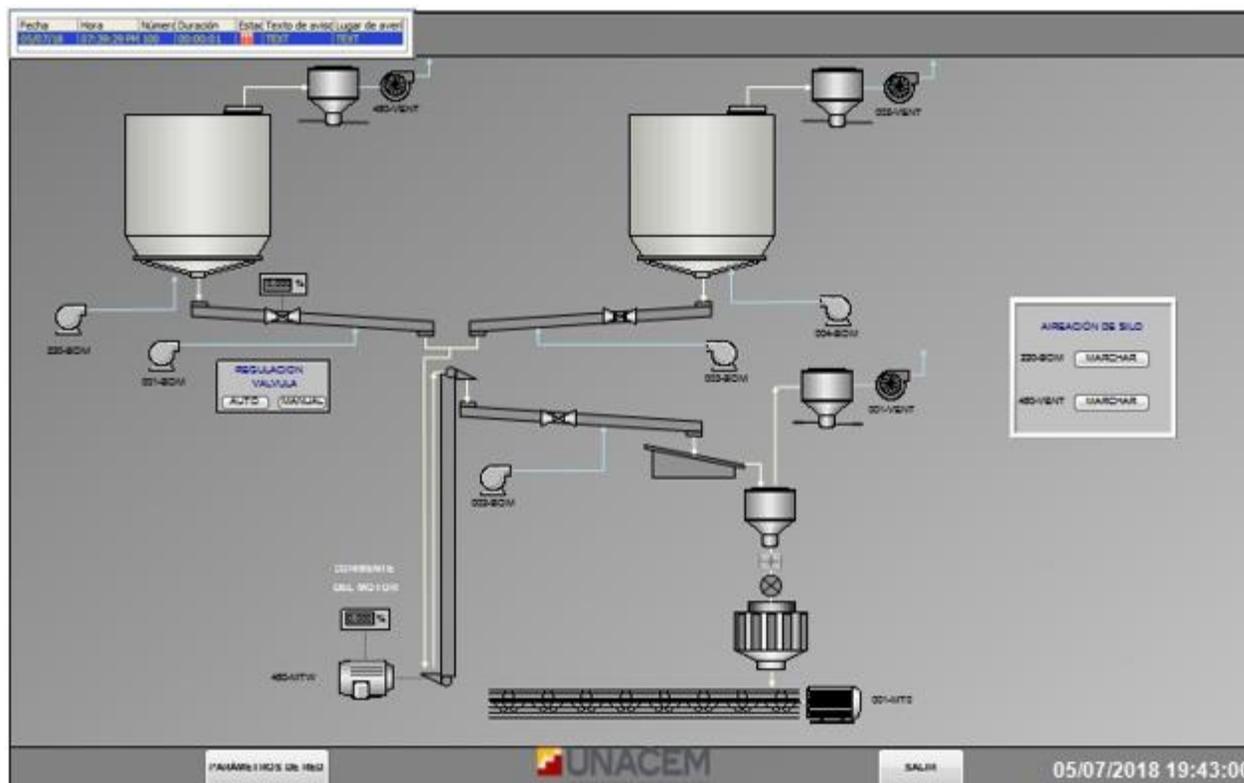


Figura 81. Proceso

Desde esta instancia se puede observar las alarmas del proceso y acceder a las pantallas de parámetros de red, gestión y control de motor 220VAC, gestión y control de motor 480VAC y gestión y control de motor CFW700

- **Alarma del proceso**

Fecha	Hora	Número	Duración	Estado	Texto de aviso	Lugar de aviso
05/07/18	07:39:29 PM	100	00:00:01		TEXT	TEXT

Figura 82. Alarmas

Permitirá observar todas las alarmas que puedan generar durante el proceso y que permitirán tomar las acciones necesarias para la solución de estas.

- **Parámetros de Red**

A esta ventana se accede desde el botón “Parámetros de Red” ubicado en el panel de navegación en la parte inferior de la ventana.

Esta ventana permite observar los parámetros más relevantes del sistema de entrenamiento como el voltaje y corriente de cada una de sus fases, el voltaje entre fases, potencia, frecuencia de red y factor de potencia.

PARÁMETROS DE RED			
TENSIÓN		CORRIENTE	
L1-N	0,000	L1-L2	0,000
L2-N	0,000	L2-L3	0,000
L3-N	0,000	L3-L1	0,000
POTENCIA		FRECUENCIA DE RED	
S TOTAL	0,000		0,000
P TOTAL	0,000	fp TOTAL	0,000
Q TOTAL	0,000		
CERRAR			

Figura 83. Parámetros de Red

- **Gestión y Control de Motor 220VAC**

La Figura 84, muestra la ventana de gestión y control de motor de 220 VAC que se puede acceder cuando se requiera configurar los parámetros del elemento denominado 220-BOM

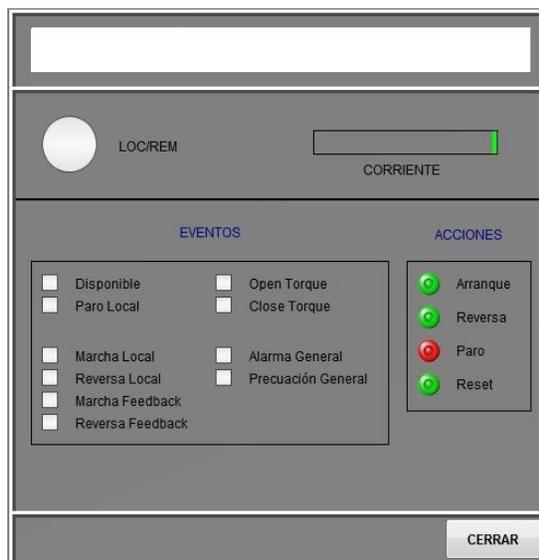


Figura 84. 220-BOM

- **Gestión y Control de Motor 480VAC**

La Figura 85, muestra la ventana de gestión y control de motor de 480 VAC que se puede acceder cuando se requiera configurar los parámetros del elemento denominado 480-VENT.

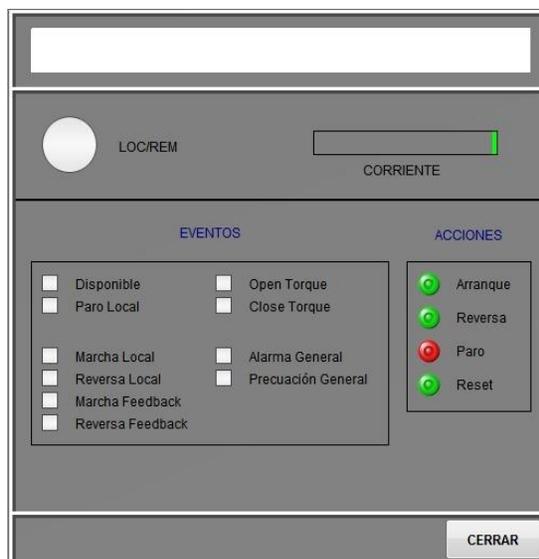


Figura 85. 480-VENT

- **Gestión y Control de Motor CFW700**

La Figura 86, muestra la ventana de gestión y control de motor CFW700 que se puede acceder cuando se requiera configurar los parámetros del elemento denominado 480-MTW

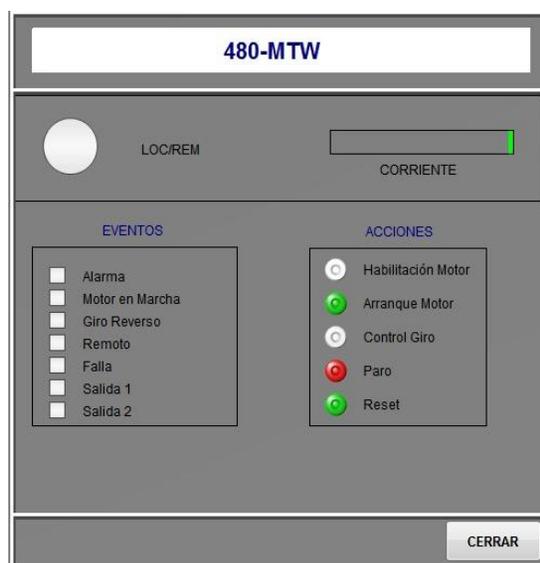


Figura 86. 480-MTW

4.8. Implementación en sitio y puesta en marcha

La implementación en sitio fue realizada en el taller de mantenimiento eléctrico de la planta UNACEM en Otavalo; se requirió empotrar el sistema de entrenamiento a la pared conjuntamente con unos soportes en la base del tablero, con la ayuda de los técnicos de UNACEM se realizó esta actividad como se muestra en la Figura 87.

Una vez empotrado el tablero como se muestra en la Figura 88, se procedió con el tendido de cables para la alimentación de las diferentes tensiones del Sistema, una vez alimentado se procedió con el encendido.



Figura 87. Proceso de montaje en sitio Sistema de Entrenamiento



Figura 88. Montaje en sitio Sistema de Entrenamiento

CAPITULO V

DISEÑO DE GUÍAS DE PRÁCTICA

5.1. Introducción

El sistema de entrenamiento cuenta con diversas prácticas que involucran el manejo de los sistemas eléctricos presentes en el proceso del cemento, de esta manera cumplir el objetivo de brindar a los técnicos de la cementera UNACEM la capacidad de responder de manera más rápida ante cualquier fallo.

Se han definido 6 guías de práctica las cuales abarcan la identificación, configuración, parametrización, programación e integración de cada uno de los sistemas eléctricos presentes en el proceso del cemento, definidos en el alcance del proyecto; a continuación, se lista las guías de práctica a desarrollarse:

- Guía de Práctica N° 1: Parámetros de Red: SENTRON PAC 3200
- Guía de Práctica N° 2: Control de Motores: SIMOCODE Pro V
- Guía de Práctica N° 3: Variador de Frecuencia: WEG CFW700
- Guía de Práctica N° 4: Control de Velocidad: SIEMENS V20
- Guía de Práctica N° 5: Diseño de Red: Comunicación PROFIBUS DP
- Guía de Práctica N° 6: Integración Sistemas Eléctricos: HMI

5.2. Descripción Guías de Practica

- *Guía de Práctica N° 1: Parámetros de Red: SENTRON PAC 3200*

Mediante el uso del multímetro multimedida SENTRON PAC 3200 se obtienen los principales parámetros de la red y estos son enviados vía PROFIBUS para su lectura en el HMI, por lo cual la práctica se constituirá la conexión, configuración y envío de datos de todos los parámetros de red relevantes en la distribución de energía eléctrica en baja tensión para su monitoreo.

- *Guía de Práctica N° 2: Control de Motores: SIMOCODE Pro V*

Para el control de motores hacemos uso del SIMOCODE Pro V el cual permite optimizar la conexión entre el control de procesos y la derivación a motor, por lo cual la práctica constituirá la conexión, programación y envío de datos de todos los parámetros de control y eventos, para un arranque inversor de motor de una manera local y remota.

- *Guía de Práctica N° 3: Variador de Frecuencia: WEG CFW700*

El transporte de la materia prima y producto elaborado se encuentra presentes en el proceso del cemento, todos estos procesos son controlados por variadores de frecuencia, por lo cual el sistema de entrenamiento incorpora un WEG CFW700, por lo que esta práctica consistirá en la parametrización del variador de frecuencia, envío de datos de control y eventos al maestro de la red.

- *Guía de Práctica N° 4: Control de Velocidad: SIEMENS V20*

El control de velocidad es de gran importancia en el proceso del cemento, por lo que esta práctica constituirá en la parametrización del Siemens V20 para realizar un control de velocidad a través del panel BOP.

- *Guía de Práctica N° 5: Diseño de Red: Comunicación PROFIBUS DP*

Dentro de la mesa de trabajo del sistema de entrenamiento, equipos como WEG CFW700, SENTRON PAC, SIMOCODE PRO y PLC necesitan establecer una comunicación por lo cual se utiliza un bus de campo abierto denominado PROFIBUS, el cual permite que los diferentes dispositivos se comuniquen entre sí, sin necesidad de utilizar interfaces.

Por lo tanto, la práctica consiste en establecer la comunicación PROFIBUS DP, haciendo uso del concepto maestro (PLC) – esclavo (WEG, SIMOCODE PRO, SENTRON PAC).

- *Guía de Práctica N° 6: Integración Sistemas Eléctricos: HMI – WINCC*

La Sexta práctica integra todos los dispositivos ya entrenados en las prácticas anteriores: variador de frecuencia, control de motores y parámetros de la red. La integración se la lleva a cabo mediante el uso de un HMI implementado sobre una PC. El diseño de las pantallas debe poseer un estilo similar al ya implementado en la cementera UNACEM. La práctica constituye en el control y supervisión de todos los componentes del sistema de entrenamiento simulando una parte del proceso del cementero.

5.3. Diseño de las Guías de Práctica

5.3.1. Objetivos de las Guías de Práctica

- Reforzar el conocimiento técnico de los ingenieros eléctricos de campo de la cementera UNACEM para solventar cualquier fallo ocurrido en el proceso.
- Incentivar a la práctica en cada uno de los sistemas eléctricos disponibles en el Sistema de Entrenamiento.
- Aumentar la velocidad de respuesta ante eventualidades mediante la constante práctica.
- Dar a conocer las amplias funcionalidades de los sistemas eléctricos.

5.3.2. Desarrollo de las Guías de Práctica

- a) Las prácticas las desarrollarán los técnicos eléctricos de UNACEM, haciéndolas paso a paso como indica las guías de práctica.
- b) Las guías de práctica son un instructivo inicial para el uso del Sistema de Entrenamiento, una vez se tenga el conocimiento se podrán desarrollar más aplicaciones de cualquier tipo, ya que el Panel Frontal cuenta con jacks tipo banana de todas las entradas y salidas disponibles de cada uno de los sistemas eléctricos.

5.3.3. Ejecución de la Práctica

Las guías de práctica se llevarán a cabo por todos los ingenieros eléctricos de campo de la cementera UNACEM, con el uso de todos los elementos disponibles en el Sistema de Entrenamiento que posee todos los elementos y requerimientos necesarios para ejecutar las prácticas.

5.4. Estructura de las Guías de Práctica

5.4.1. Guía de Práctica N°1

TEMA: Parámetros de Red: SENTRON PAC 3200

OBJETIVOS

General

Medir los parámetros de la red eléctrica más relevantes, monitorear el consumo de energía mediante el uso del multimedidor SENTRON PAC 3200.

Específicos

- Identificar las conexiones del SENTRON PAC 3200.
- Configurar los parámetros iniciales del multimedidor SENTRON PAC 3200.
- Identificar los parámetros más relevantes de la red eléctrica
- Configurar la comunicación del SENTRON PAC 3200.

Materiales y Equipos

- SENTRON PAC 3200
- Módulo de ampliación PAC PROFIBUS DP
- 03 transformadores de corriente 150/5 A
- Breaker termomagnético de protección 1P
- Conector Profibus
- Cable Profibus
- Computador central con Software STEP 7

Descripción de la Guía de Practica

Mediante el uso del multímetro multimedida SENTRON PAC 3200, configurar el dispositivo para obtener los principales parámetros relevantes de la red y el envío vía PROFIBUS de dichos parámetros para su posterior monitoreo en el HMI.

Procedimiento de la Práctica

1. Identificar cada uno de los bornes de conexión del equipo SENTRON PAC 3200 como se muestra en la Figura 89.

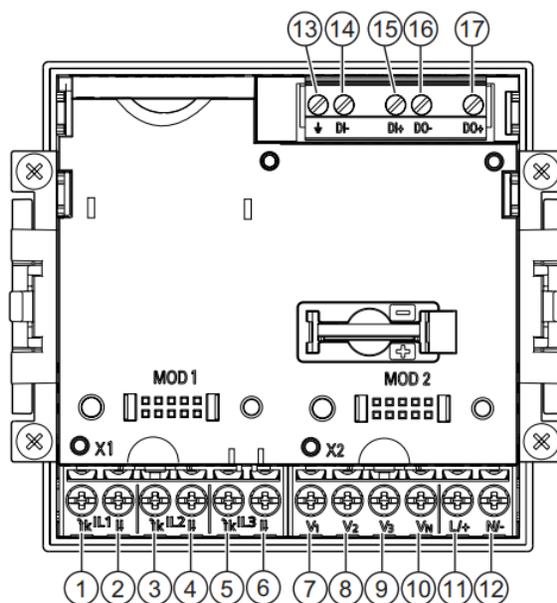


Figura 89. Designación de bornes
SETRON PAC 3200

Fuente: (Siemens, 2008)

Tabla 24.*Designación de bornes SENTRON PAC 3200*

Referencia	Borne		Descripción
(1)	IL1	k	Corriente de fase, IL1, entrada
(2)	IL1	l	Corriente de fase, IL1, salida
(3)	IL2	k	Corriente de fase, IL2, entrada
(4)	IL2	l	Corriente de fase, IL2, salida CONTINÚA
(5)	IL3	k	Corriente de fase, IL3, entrada
(6)	IL3	l	Corriente de fase, IL3, salida
(7)	V1		Tensión de fase UL1
(8)	V2		Tensión de fase UL2
(9)	V3		Tensión de fase UL3
(10)	VN		Conductor neutro UN
(11)	L/+		Alimentación (120VAC)
(12)	N/-		Alimentación (neutro)
(13)	GND		Tierra funcional
(14)	DI-		Entrada digital -
(15)	DI+		Entrada digital +
(16)	DO-		Salida digital -
(17)	DO+		Salida digital +

Fuente: (Siemens, 2008)

2. Identificar el tipo de conexión del SENTRON PAC para el Sistema de Entrenamiento

El tipo de conexión a utilizar se denomina una medición trifásica con cuatro conductores, sin transformador de tensión, con tres transformadores de corriente: Tipo de conexión 3P4W.

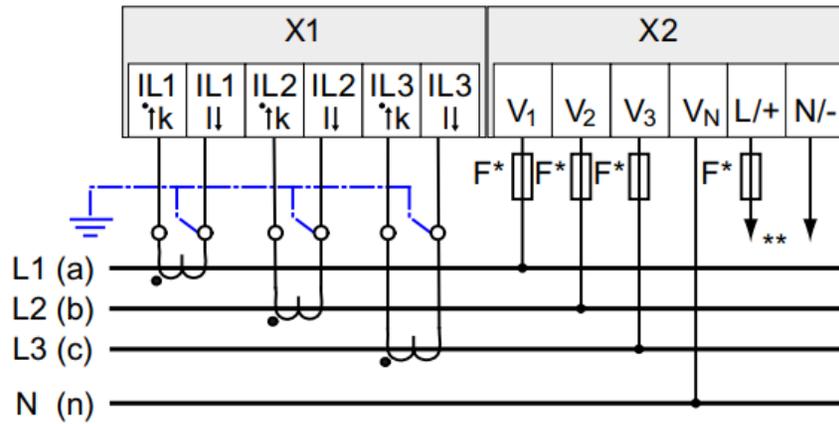


Figura 90. Tipo de conexión 3P4W
Fuente: (Siemens, 2008)

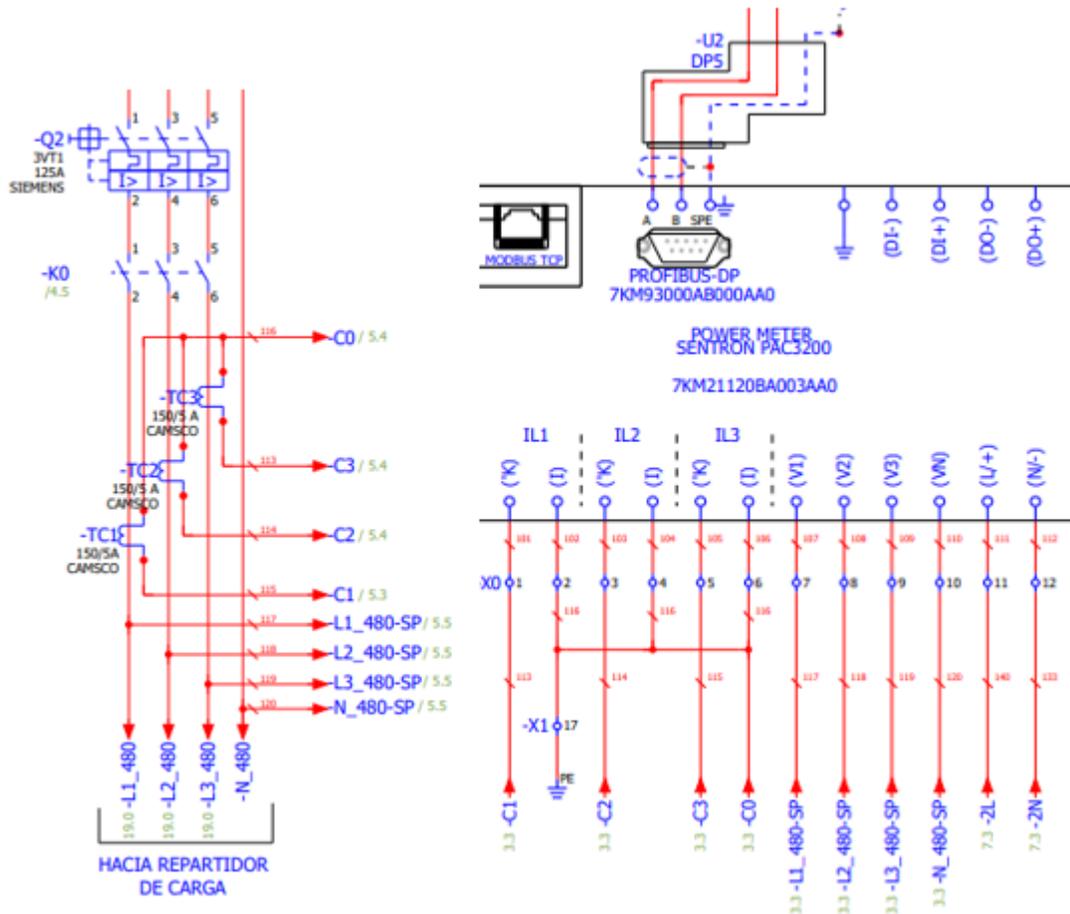


Figura 91. Diagrama Eléctrico Sistema de Entrenamiento:
SENTRON PAC 3200

En base al ANEXO I PLANO ELÉCTRICO Y MECÁNICO DEL SISTEMA DE ENTRENAMIENTO, verificar que la conexión 3P4W se ha implementado satisfactoriamente. La interconexión realizada se muestra en la Figura 91.

3. Configurar los parámetros iniciales del multimetro SENTRON PAC 3200.

3.1. Ajustar el Idioma: Ajustar el idioma de los mensajes de texto en pantalla en los siguientes casos: durante la primera puesta en marcha, tras realizar un reset de los ajustes de fábrica y tras la actualización del firmware. Pasos a seguir: como se muestra en la Figura 92

MENU PRINCIPAL – AJUSTES – IDIOMA REGIONAL – ESPAÑOL



Figura 92. Pantallas configuración Idioma SENTRON PAC3200

3.2. Parámetros básicos: Configurar las entradas de Tensión y Corriente correspondientes.

Entradas de Tensión: Indicar el tipo de conexión utilizada 3P4W, el ángulo de desfase del sistema trifásico 120° y la entrada de tensión del módulo 480VAC. Pasos a seguir: como se muestra en la Figura 93.

MENU PRINCIPAL – AJUSTES – PARAMETROS BÁSIC. – ENTRADAS DE TENSIÓN

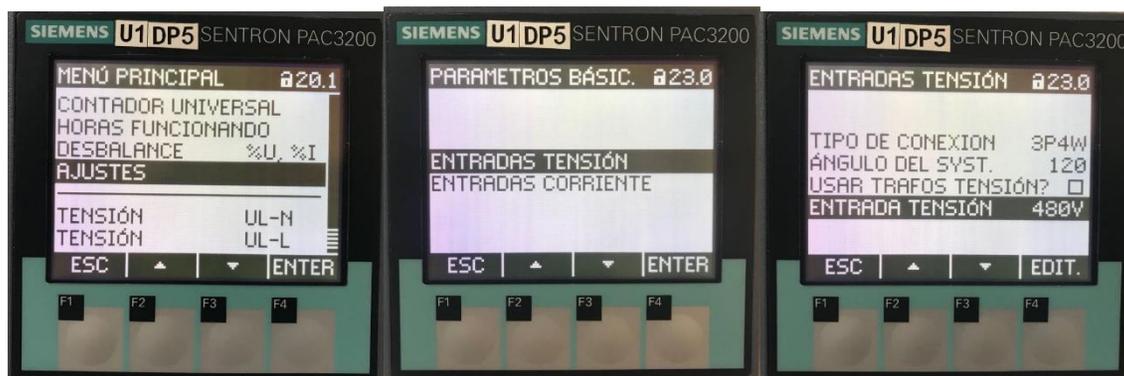


Figura 93. Pantallas configuración Parámetros Básicos - Entradas de Tensión

Entradas de Corriente: Indicar el tipo de transformadores de corriente empleados: I en Primario

TC: 150A, I en el secundario TC: 5A. Pasos a seguir: como se muestra en la Figura 94.

MENU PRINCIPAL – AJUSTES – PARAMETROS BÁSIC. – ENTRADAS CORRIENTE

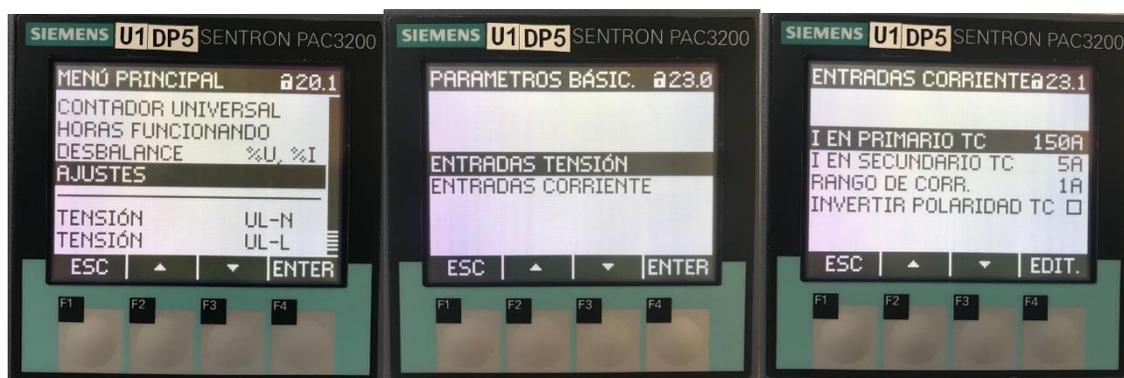


Figura 94. Pantallas configuración Parámetros Básicos - Entradas de Corriente

- 3.3. Módulo Profibus: Configurar la dirección PROFIBUS asignada al dispositivo de medición, DP-05 correspondiente al SENTRON PAC3200. Pasos a seguir: como se muestra en la Figura 95.

MENU PRINCIPAL – AJUSTES – MODULO PROFIBUS – DIRECCIÓN PROFIBUS



Figura 95. Pantallas de configuración Modulo Profibus

4. Identificar los parámetros de la red eléctrica más relevantes a ser monitoreados por el multimedidor SENTRON PAC 3200 y definir el telegrama a enviarse al PLC S7 300.

El SENTRON PAC 3200 presenta una variedad de parámetros correspondientes a la red eléctrica, los parámetros más relevantes los cuales serán enviados a través del telegrama se muestran en la Tabla 25.

Tabla 25.

Parámetros relevantes de la red eléctrica

Tensión L1-N	Tensión L2-L3	11. Frecuencia de red
Tensión L2-N	Tensión L2-L3	12. Potencia activa total
Tensión L3-N	Tensión L2-L3	13. Potencia reactiva total
Tensión L1-L2	Corriente L2	14. Factor de potencia total
Tensión L2-L3	Corriente L3	

5. Configurar el telegrama correspondiente al SENTRON PAC 3200 en STEP 7 para ser descargado en la CPU S7 300.
 - a) Abrir el Software STEP 7 ubicado en el escritorio de la computadora principal, dando doble clic en Administrador SIMATIC. Ver Figura 96.

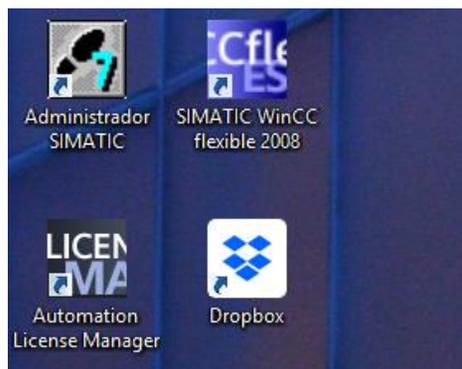


Figura 96. Escritorio Computadora Principal

b) Crear un nuevo proyecto con el nombre de MESA DE ENTRENAMIENTO. Ver Figura 97

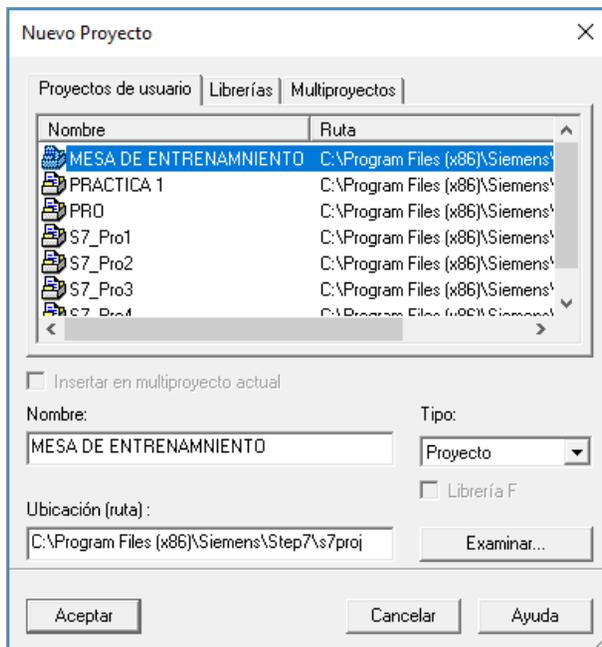


Figura 97. Nuevo Proyecto STEP 7

c) En el nuevo proyecto MESA DE ENTRENAMIENTO, clic derecho – Insertar nuevo objeto – SIMATIC 300. Ver Figura 98.

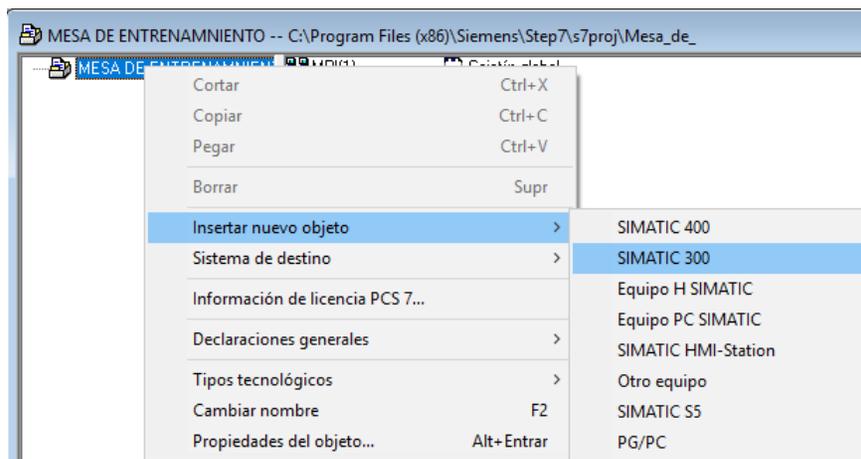


Figura 98. Nuevo objeto SIMATIC 300 STEP 7

d) Una vez añadido el Hardware, clic derecho – Abrir Objeto. Ver Figura 99.

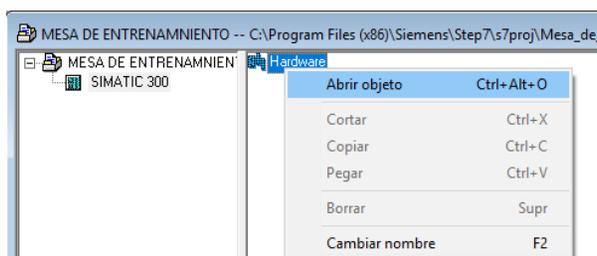


Figura 99. Hardware SIMATIC 300 STEP 7

e) Una vez abierto el objeto proceder a insertar todo el hardware disponible, primeramente insertar el Perfil soporte para SIMATIC 300, dando doble clic sobre este. Ver Figura 100.

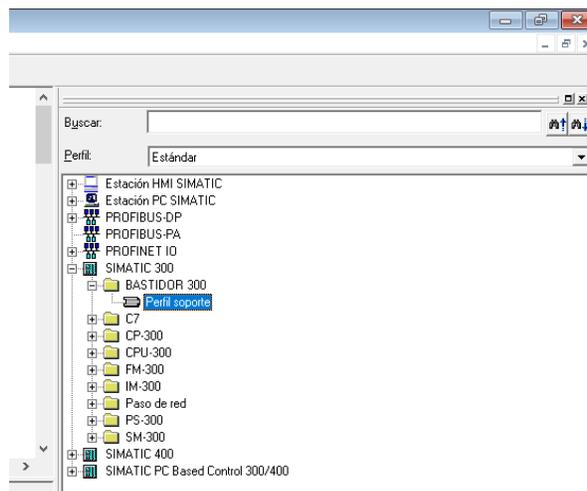


Figura 100. Insertar Perfil soporte SIMATIC 300 STEP 7

- f) Insertar la CPU 315-2 DP - 6ES7 315-2AF03-0AB0 - V1.2, dar doble clic. Ver Figura 101.
- g) Configurar los parámetros de la interface PROFIBUS DP, asignar la dirección 2 al PLC, clic en Nueva (ver Figura 102), en la pestaña General modificar los campos Nombre y comentario, en la pestaña Ajustes de red modificar la velocidad de transferencia a 1.5Mbps/s y Perfil DP. Clic en Aceptar (ver Figura 103).

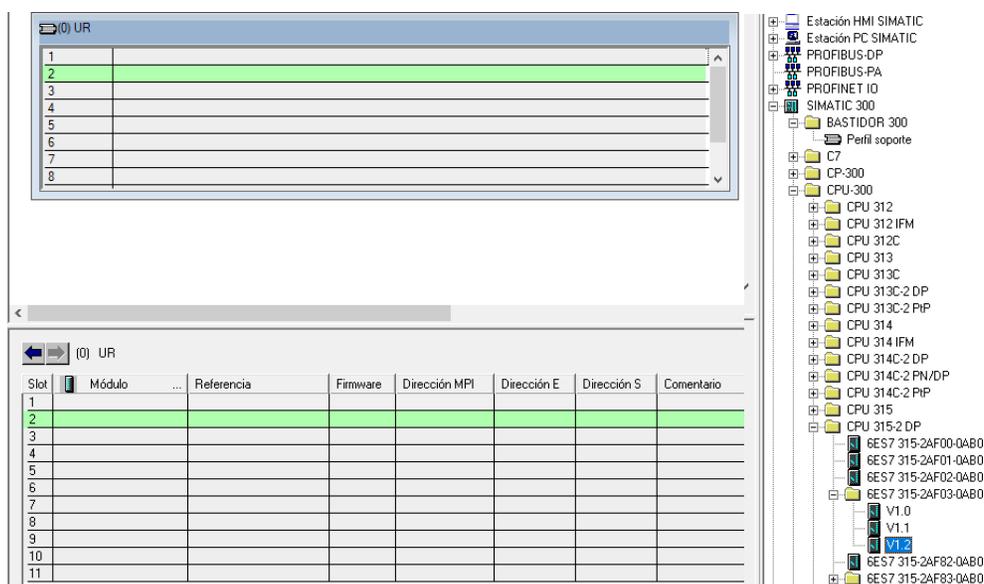


Figura 101. CPU 315-2 DP STEP 7

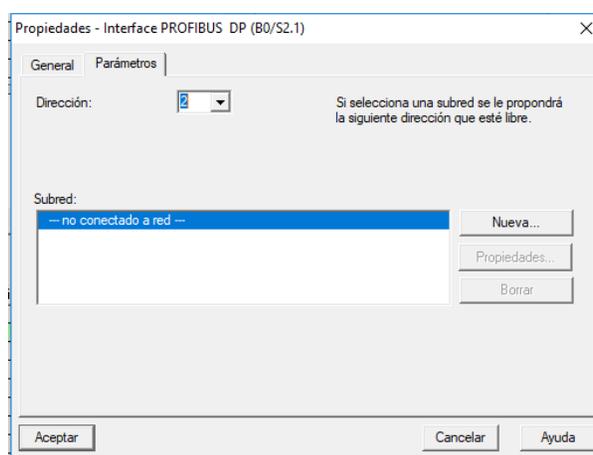


Figura 102. Propiedades Interface PROFIBUS DP

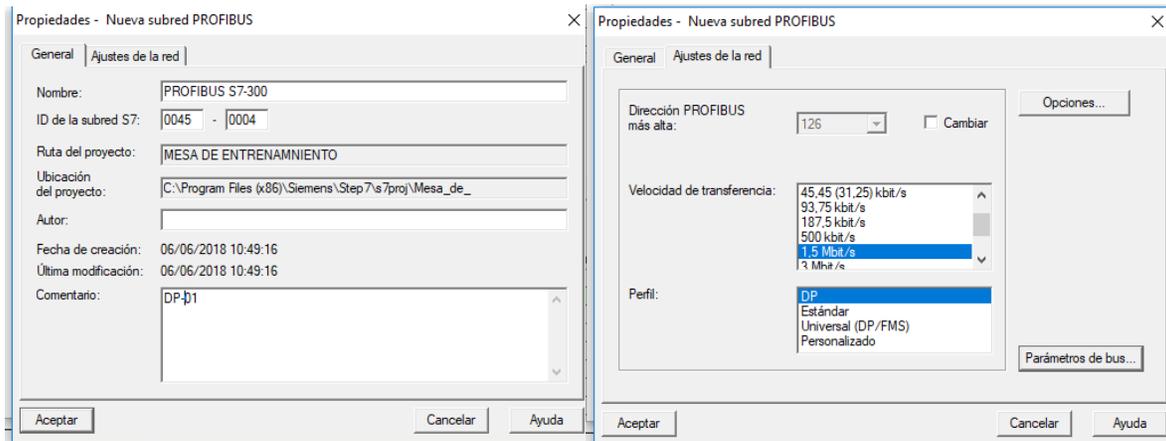


Figura 103. Pestañas General y Ajustes de red - red PROFIBUS DP

h) Añadir al bastidor el módulo de comunicación Ethernet, para cargar el proyecto a través de este al PLC S7-300. El módulo Ethernet es el CP 343-1 Lean 6GK7 343-1CX10-0XE0 V2.0, dar doble clic para añadirlo. (Ver Figura 104)

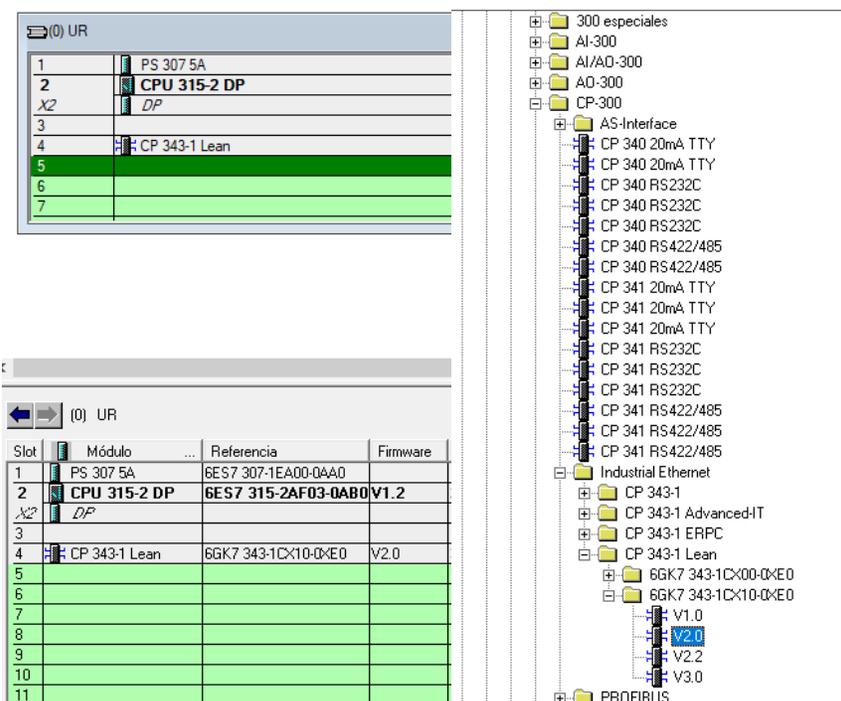


Figura 104. Módulo Ethernet CP 343-1 Lean STEP 7

- i) Configurar las propiedades para la CP 343-1 Lean insertada, clic en Propiedades, en la pestaña de Parámetros configurar la Dirección IP: 192.168.0.1 y la máscara de subred: 255.255.255.0, clic en nueva y asignamos el nombre de Ethernet, clic en Aceptar. Ver Figura 105.

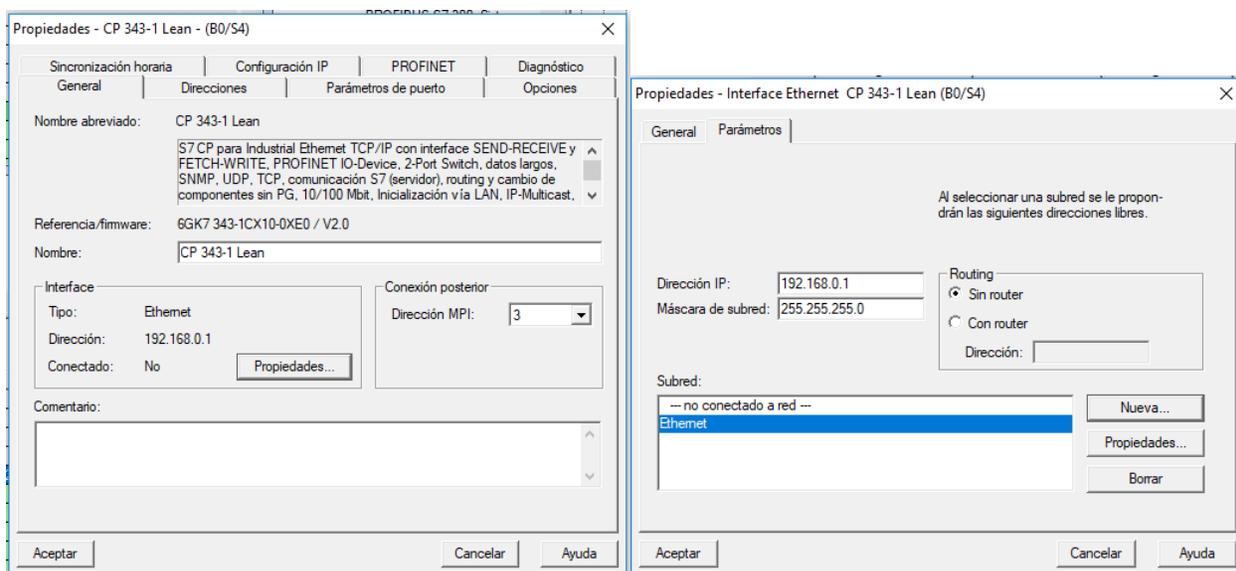


Figura 105. Propiedades CP 343-1 Lean STEP 7

- j) Arrastrar el PAC3200 a la red PROFIBUS S7 300, ubicado en: SENTRON – Medidores multifuncionales – PAC3200, como se observa en la Figura 106.
- k) Configurar las Propiedades PROFIBUS del PAC 3200, en la pestaña General modificar el nombre, en la pestaña Ajustes de red modificar la velocidad de transferencia a 1.5Mbits/s y Perfil DP. Clic en Aceptar (Ver Figura 107)
- l) Seleccionar los parámetros del PAC 3200 definidos en la Tabla 25 , de la lista desplegada como se muestra en la Figura 108, arrastrar los parámetros relevantes a la tabla del telegrama correspondiente al PAC3200.

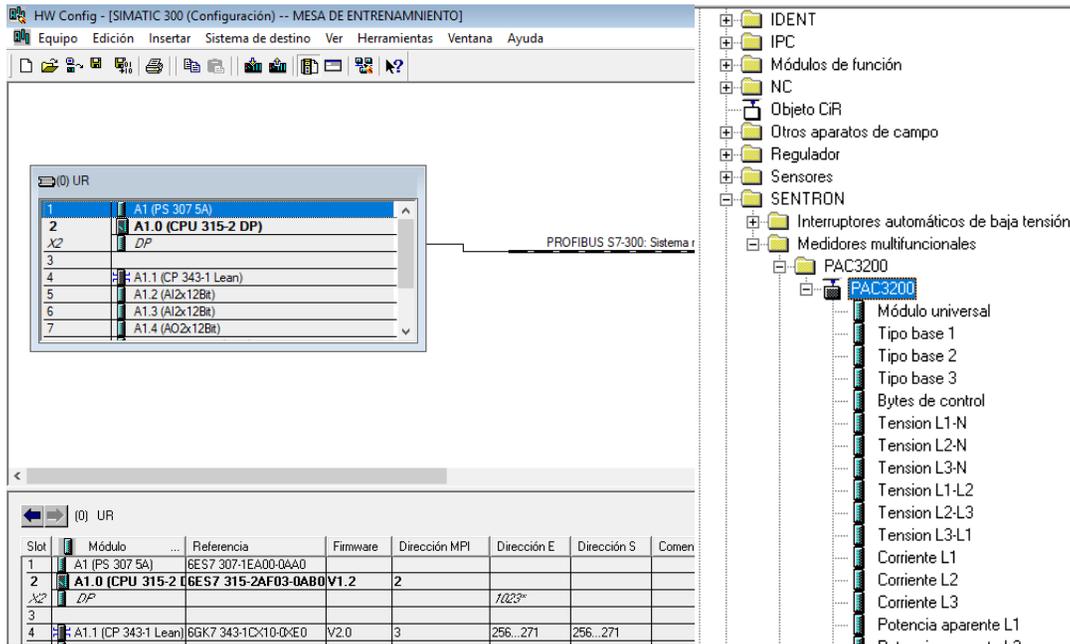


Figura 106. PAC 3200 STEP 7

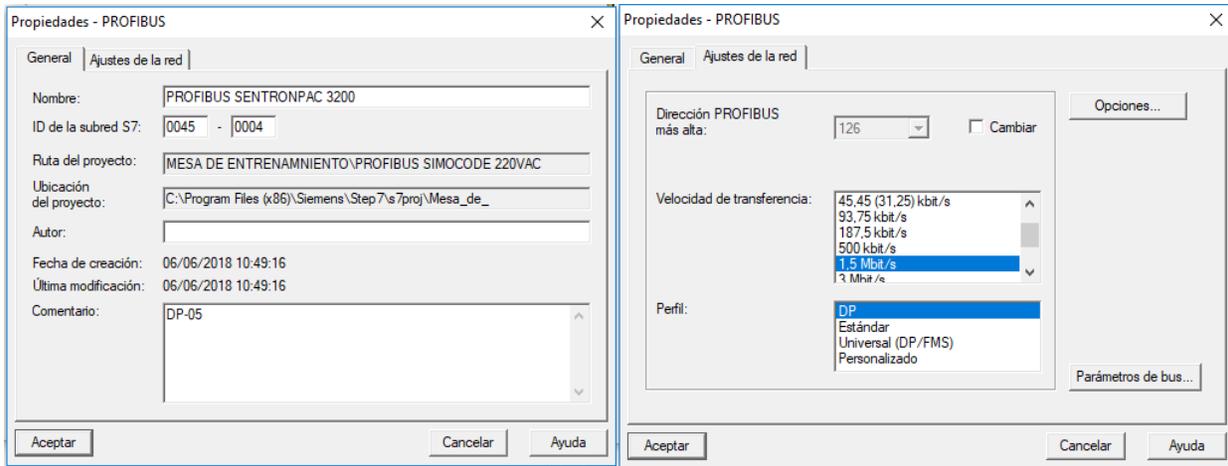


Figura 107. Propiedades PROFIBUS - PAC 3200

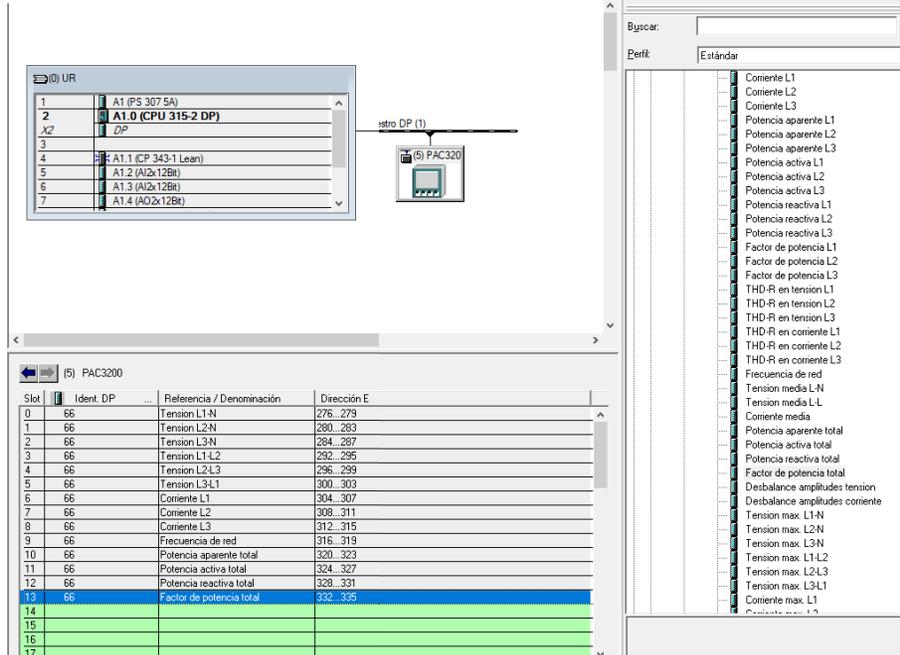


Figura 108. Parámetros de red PAC 3200 STEP 7

- m) Descargar las configuraciones realizadas en la CPU 315-2 DP, clic en la pestaña Herramientas – Ajustar interface PG/PC. (Ver Figura 109)

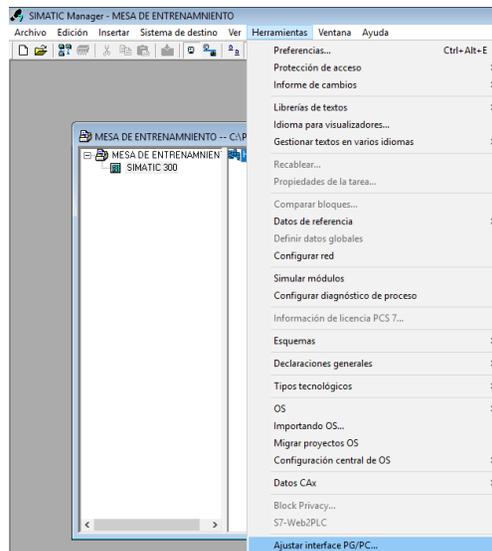


Figura 109. Ajustar interface PG/PC STEP 7

- n) Seleccionar el Punto de acceso de la aplicación a la tarjeta de red de la computadora principal, clic en Aceptar. (Ver Figura 110)

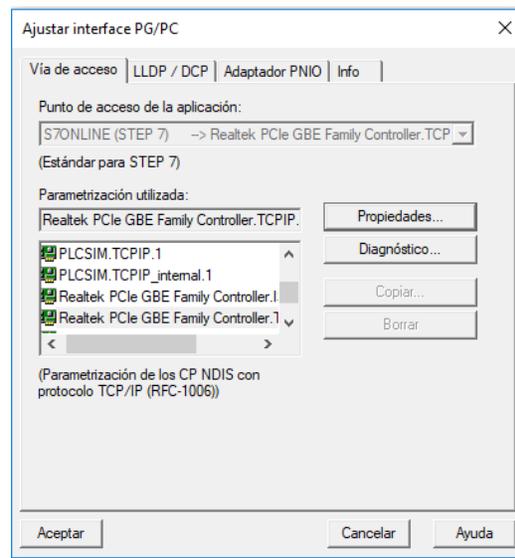


Figura 110. Punto de acceso de la aplicación STEP 7

- o) Clic en Descargar en Módulo, seleccionar el módulo creado – Aceptar. (Ver Figura 111)

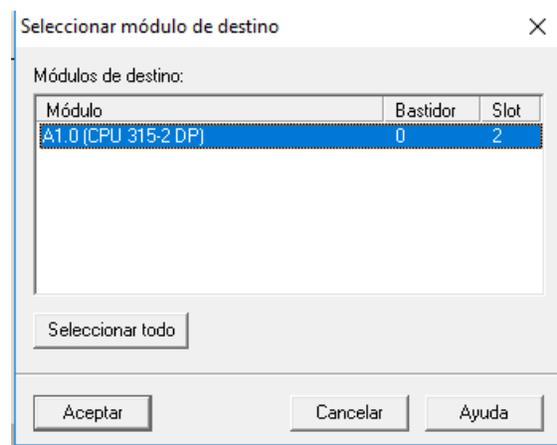


Figura 111. Módulo de destino STEP 7

- p) Seleccionar dirección de estación, debe aparecer el módulo Ethernet CP 343-1 Lean con su dirección IP asignada anteriormente, clic en Aceptar. (Ver Figura 112)

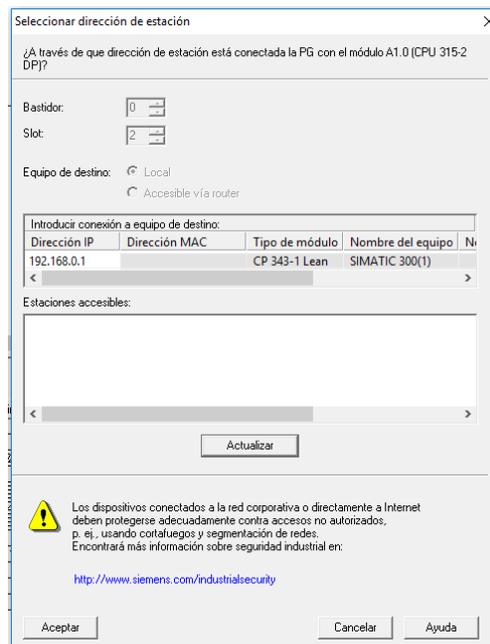


Figura 112. Selección dirección de estación STEP 7

Preguntas:

- Describe la conexión 3P4W
- ¿Qué otra dirección Profibus DP es posible asignar?
- ¿Qué otros parámetros de la red eléctrica se podrían incluir en el telegrama?

5.4.2. Guía de Práctica N°2

TEMA: Control de Motores: SIMOCODE Pro V

OBJETIVOS

General

Implementar un arranque directo con inversión de giro mediante el uso del controlador SIMOCODE Pro V

Específicos

- Implementar un arranque directo con inversión de giro en las líneas trifásicas de 480VAC y 220VAC.
- Configurar un control Local / Remoto para cada uno de los arranques.
- Configurar los parámetros básicos del motor para cada uno de los arranques.
- Definir los telegramas de entrada y salida.

Materiales y Equipos

- SIMOCODE Pro V
- Módulo digital, salidas de relé monoestables, tensión de entrada 110-240V AC/DC
- Módulo de medida de intensidad 10-100A
- Breaker termomagnético de protección 40Amp 3P y 2Amp 1P
- Botonera, selector dos posiciones, 02 pulsador NA verde y 01 pulsador NC rojo.
- Pines de Salida para carga
- Seccionador

- Conector y cable Profibus
- Cable de intercomunicación 0.025m y 0.1m
- Computador principal con Software SIMOCODE ES 2007 SP9

Descripción de la Guía de Practica

Implementar un arranque directo con inversión de giro haciendo uso del SIMOCODE Pro V, parametrizar el controlador con todos los datos del motor y tipo de arranque y realizar el envío de datos de todos los parámetros de control y eventos, mediante un control local y remoto.

Procedimiento de la Práctica

1. Identificar cada uno de los bornes de conexión del equipo SIMOCODE Pro V y su módulo de expansión digital como se muestra en la Figura 113 detallados en la Tabla 26.

Tabla 26.

Designación de bornes SIMOCODE PRO-V y Modulo Digital

Borne	Descripción
SIMOCODE PRO V	
1	Conexión para salida por relé 1 y 2
2	Salida por relé OUT1
3	Salida por relé OUT2
4	Entrada digital IN3
5	Entrada digital IN4
T2	Conexión para termistor (PTC binario)
6	Salida por relé OUT3
7	Salida por relé OUT3
8	24 V DC sólo para IN1 a IN4
9	Entrada digital IN1
10	Entrada digital IN2
T1	Conexión para termistor (PTC binario) CONTINÚA
A1	Tensión de alimentación conexión 1

A2	Tensión de alimentación conexión 2
A	PROFIBUS DP conexión A
B	PROFIBUS DP conexión B
SPE	Pantalla del sistema
EXPANSIÓN DIGITAL	
20	Conexión para salida por relé 1 y 2
21	Salida por relé OUT1
22	Salida por relé OUT2
23	Entrada digital IN1
24	Entrada digital IN2
25	N/M para IN1 a IN4
26	Entrada digital IN3
27	Entrada digital IN4
SPE	Pantalla del sistema

Fuente: (Siemens, 2015)

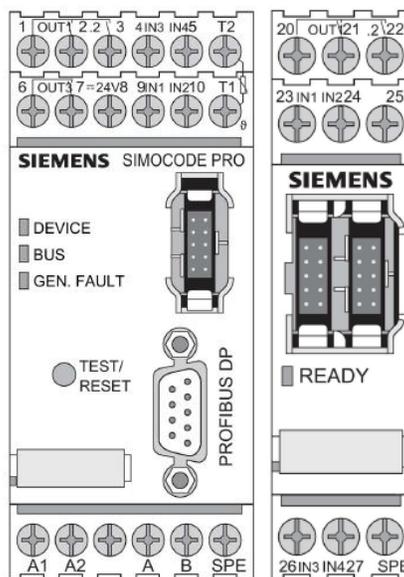


Figura 113. Designación de bornes SIMOCODE PRO V y Módulo Digital

Fuente: (Siemens, 2015)

- Identificar el tipo de conexión del SIMOCODE Pro V para un arranque directo con inversión de giro en el Sistema de Entrenamiento.

En la Figura 114 muestra la interconexión del circuito principal y del circuito de control para un arranque directo con inversión de giro con SIMOCODE Pro V

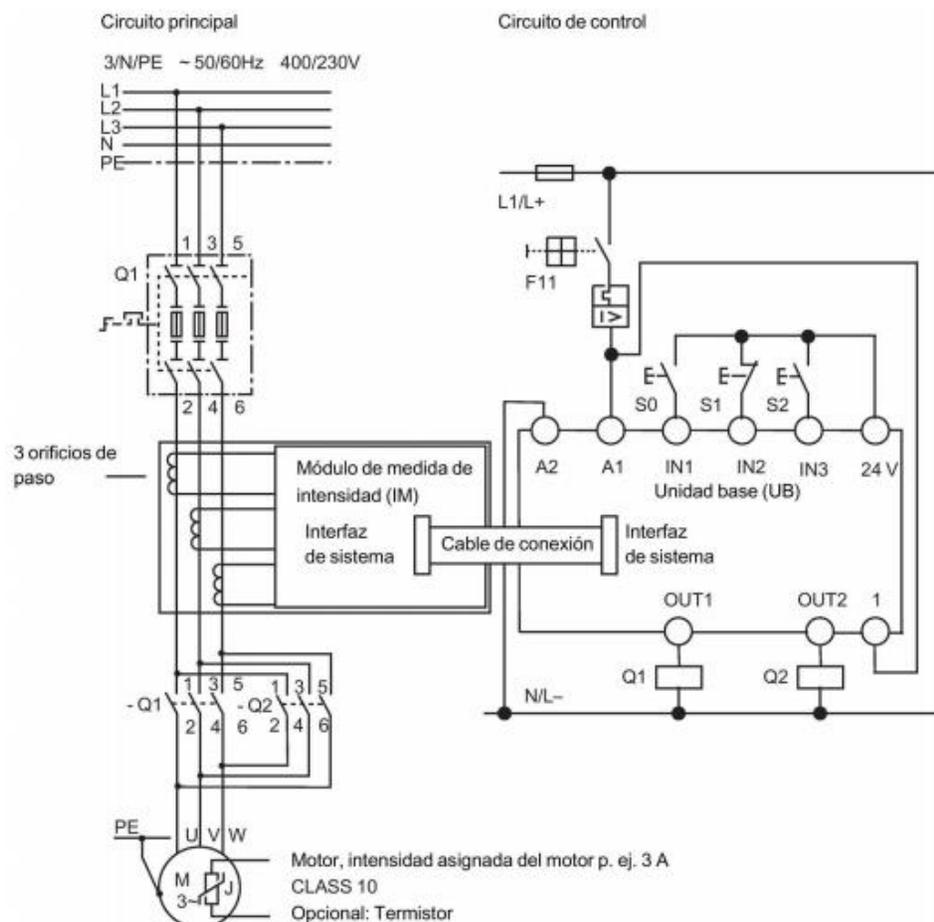


Figura 114. Circuito arranque directo con inversión de giro
SIMOCODE PRO-V
Fuente: (Siemens, 2015)

En base al ANEXO I PLANO ELÉCTRICO Y MECÁNICO DEL SISTEMA DE ENTRENAMIENTO: SIMOCODE INVERSOR 480VAC verificar que la conexión implementada sea correcta.

3. Posteriormente de haber sido comprobado el cableado (bobinas de contactor conectadas, módulo de medida de intensidad integrado en el circuito principal); proceder con la configuración del SIMOCODE pro V mediante el uso del software SIMOCODE ES. Pasos a seguir:

- a) Iniciar SIMOCODE ES en PC/programadora.
- b) Seleccionar la función de control "Reversing starter" como aplicación.
- c) En la opción "Device configuration" seleccionar SIMOCODE pro V. Elejir la versión del dispositivo V2.0
- d) En los módulos disponibles seleccionar Current Measurement: 10-100A, Digital Module: monoestable, desmarcar la casilla de operador panel y Voltaje measurement. Únicamente debe quedar registrado los módulos disponibles como se muestra en la Figura 115.

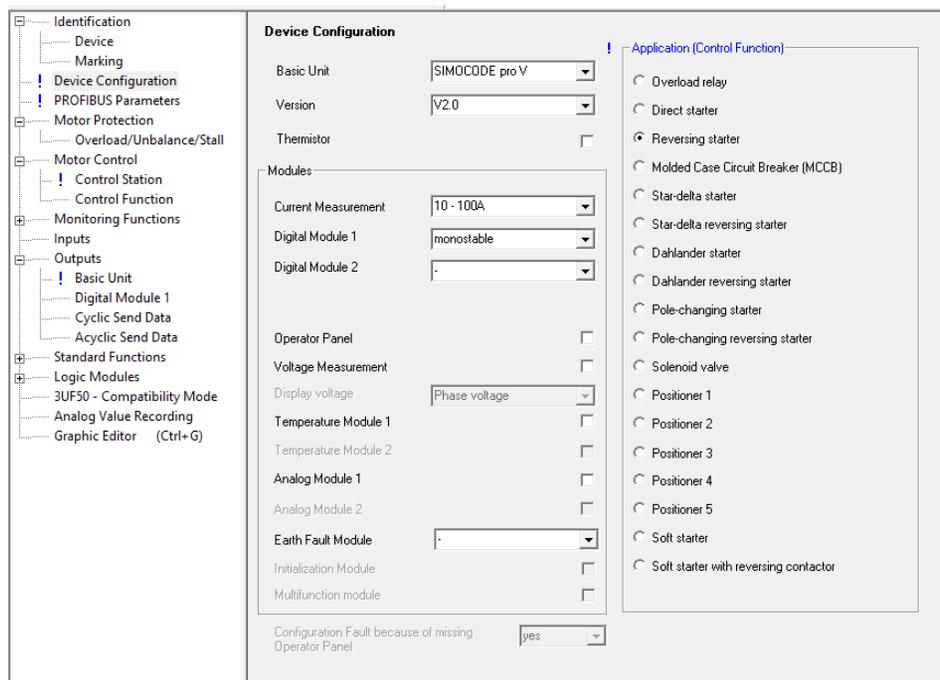


Figura 115. Pantalla Device configuration SIMOCODE ES

- e) En la opción “PROFIBUS Parameters” seleccionar la dirección PROFIBUS DP para cada uno de los parámetros: DP-03 para SIMOCODE 480VAC y DP-04 para SIMOCODE 220VAC como se muestra en la Figura 116.

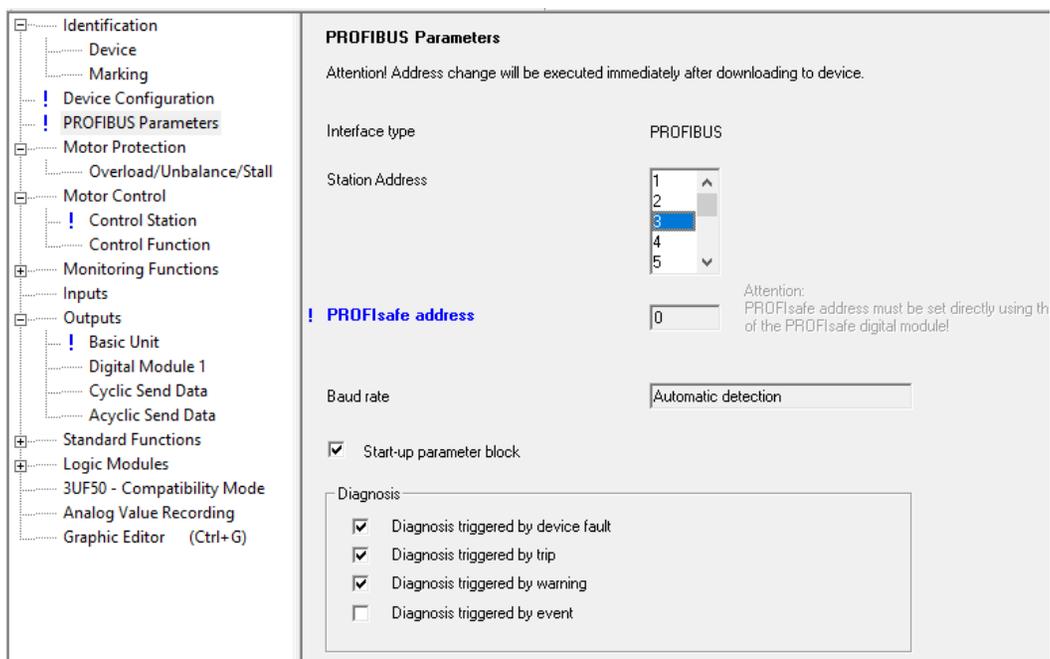


Figura 116. Pantalla PROFIBUS Parameters SIMOCODE ES

- f) Desplegar la opción “Motor Protection”, proceder a configurar los parámetros de fábrica del motor a utilizado:
- *Set current Is1*: Ajustar de acuerdo a la intensidad del motor, el rango debe estar de acuerdo al módulo de medida de intensidad utilizado.
 - *Class*: Indica el tiempo máximo de disparo requerido por el SIMOCODE Pro V, la clase debe de estar de acuerdo al motor y su aplicación. Se utiliza un motor de clase 10.
 - *Cooling Down Period*: Indica el tiempo que deberá transcurrir hasta poder resetear tras un disparo por sobrecarga. Se recomienda un tiempo de 300s.

- Pause Time: Un tiempo establecido para el enfriamiento del motor en caso de desconexión bajo condiciones normales de funcionamiento.
- Type of Load: Seleccionar el tipo de carga: Trifásica.

Todos estos parámetros de motor anteriores se deberán ser configurar como se muestra en la Figura 117.

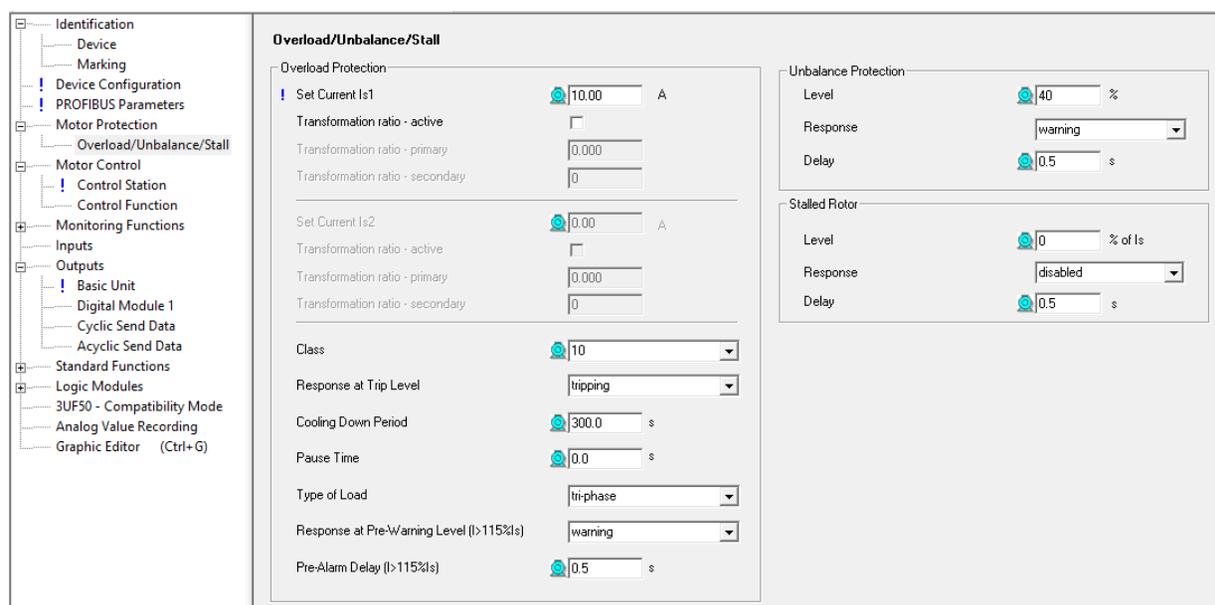


Figura 117. Pantalla Protección del Motor SIMOCODE ES

g) Desplegar la opción “Motor Control” y seleccionar “Control Station”, proceder a configurar el modo de operación Local y Remoto correspondiente:

- Los modos de operación definidos, local por medio de la botonera y remoto a través del HMI son las formas de operación disponibles; habilitar Local 2 y Remote colocando en 1 el parámetro S2.
- El selector de la botonera de mando del SIMOCODE correspondiente habilita el modo de operación, para lo cual en el parámetro S1 colocar el pin del Módulo digital 1 (DM1) al cual se encuentra interconectado este selector: DM1 – Input 4

- El giro “adelante” (On>) se encuentra interconectado en: DM1 – Input 1.
- El giro “reversa” (On<) se encuentra interconectado en: DM1 – Input 2.
- El pulsador “paro” (Off) se encuentra interconectado en: DM1 – Input 3.

Todos estos parámetros de control deberán ser configurados como se muestra en la Figura 118.

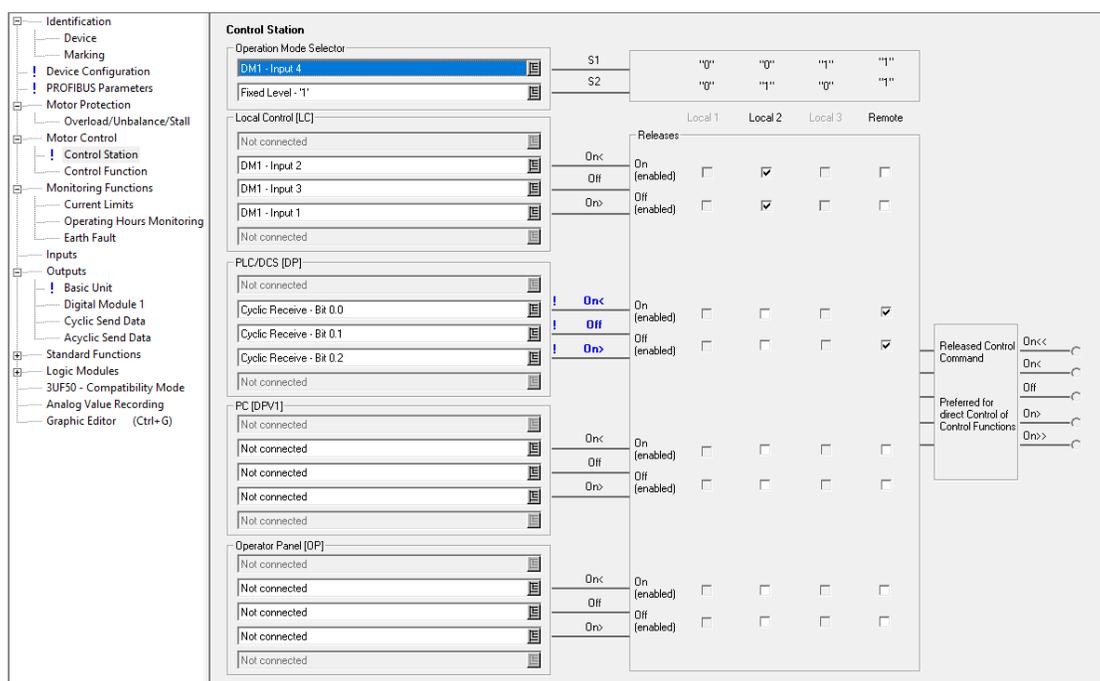


Figura 118. Pantalla Control de Motor - Estación de Control SIMOCODE ES

La interconexión de cada uno de los elementos de la botonera correspondiente se encuentra detallada en el ANEXO I PLANO ELÉCTRICO Y MECÁNICO DEL SISTEMA DE ENTRENAMIENTO: SIMOCODE INVERSOR 480VAC.

- h) Desplegar la opción “Motor Control” y seleccionar “Control Function”, proceder a configurar el tipo de consumidor de carga que corresponde al motor a utilizarse, el parámetro feedback estará dado por el status de flujo de la corriente enviando por el módulo de medición de

corriente. En el caso de no existir un feedback de corriente el SIMOCODE entrará en fallo en el tiempo programado.

Todos estos parámetros deberán ser configurados como se muestra en la Figura 119

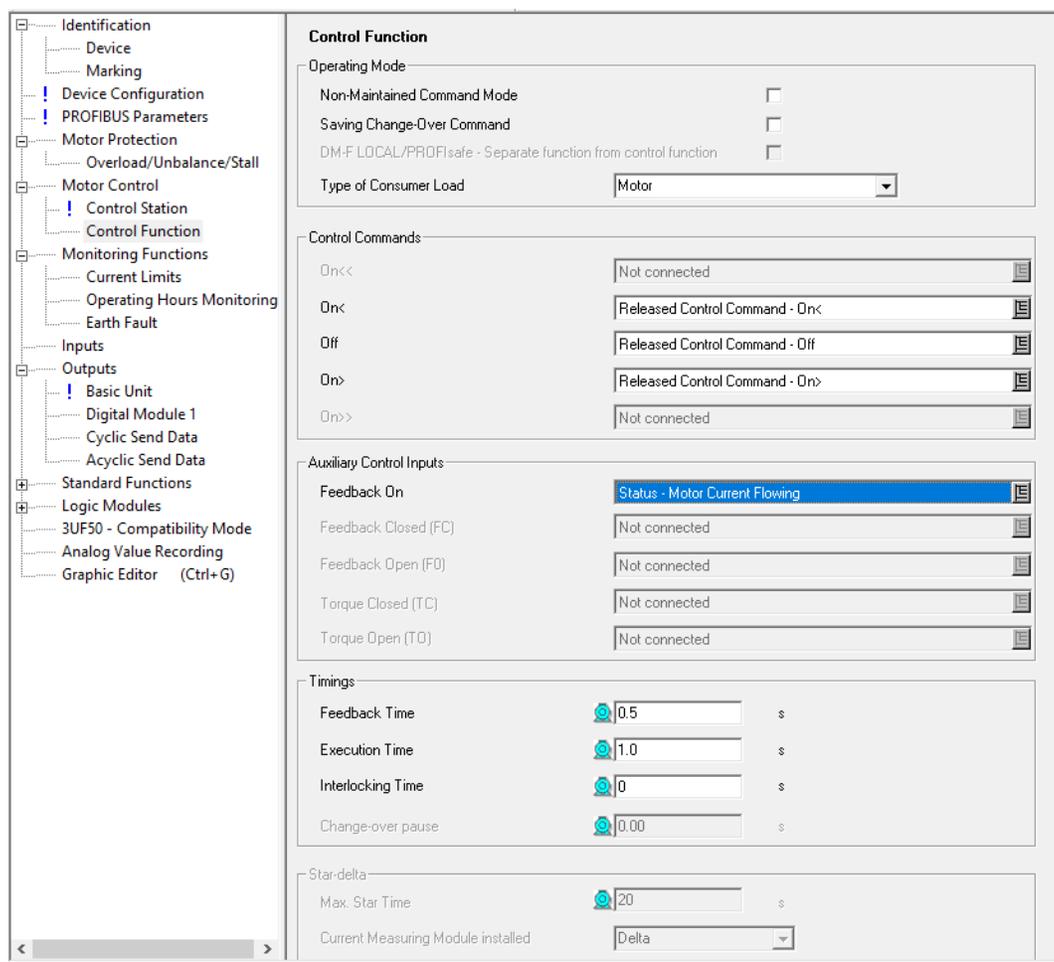


Figura 119. Pantalla Control de Motor - Funciones de Control SIMOCODE ES

- i) Desplegar la opción “Monitoring Functions” y seleccionar “Current Limits”, proceder a configurar la ventana de corriente permitida en el motor según su placa, un nivel máximo y un nivel mínimo en base al %Is (corriente nominal) y los retardos para su desconexión. Todos estos parámetros deberán ser configurados como se muestra en la Figura 120.

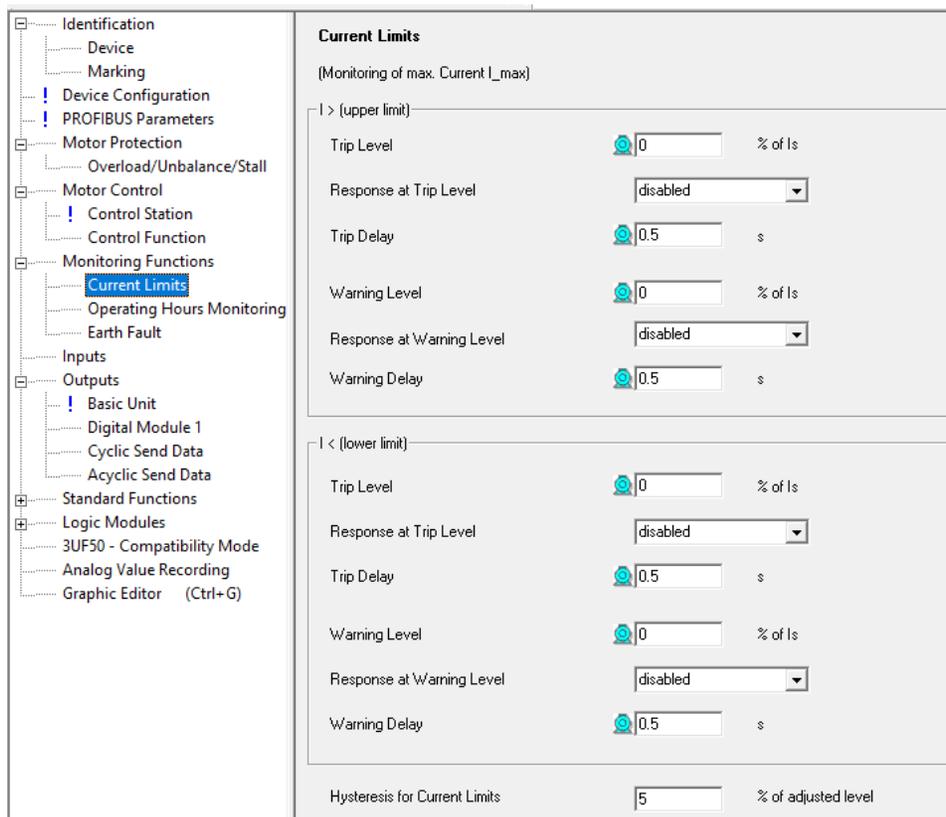


Figura 120. Pantalla Funciones de Monitoreo - Límites de corriente SIMOCODE ES

j) Desplegar la opción “Outputs” y seleccionar “Basic Unit”, proceder a configurar las salidas de la unidad básica del SIMOCODE PRO:

- Arranque “adelante”, rotación horaria activa el control de contactor QE1 la cual encuentra interconectado en: BU - Output 1
- Arranque “reversa”, rotación anti horaria activa el control de contactor QE2 la cual encuentra interconectado en: BU - Output 2

Todos estos parámetros deberán ser configurados como se muestra en la Figura 121. La interconexión de cada uno de los elementos de la botonera se encuentra detallada en el ANEXO I PLANO ELÉCTRICO Y MECÁNICO DEL SISTEMA DE ENTRENAMIENTO – SIMOCODE INVERSOR 480VAC.

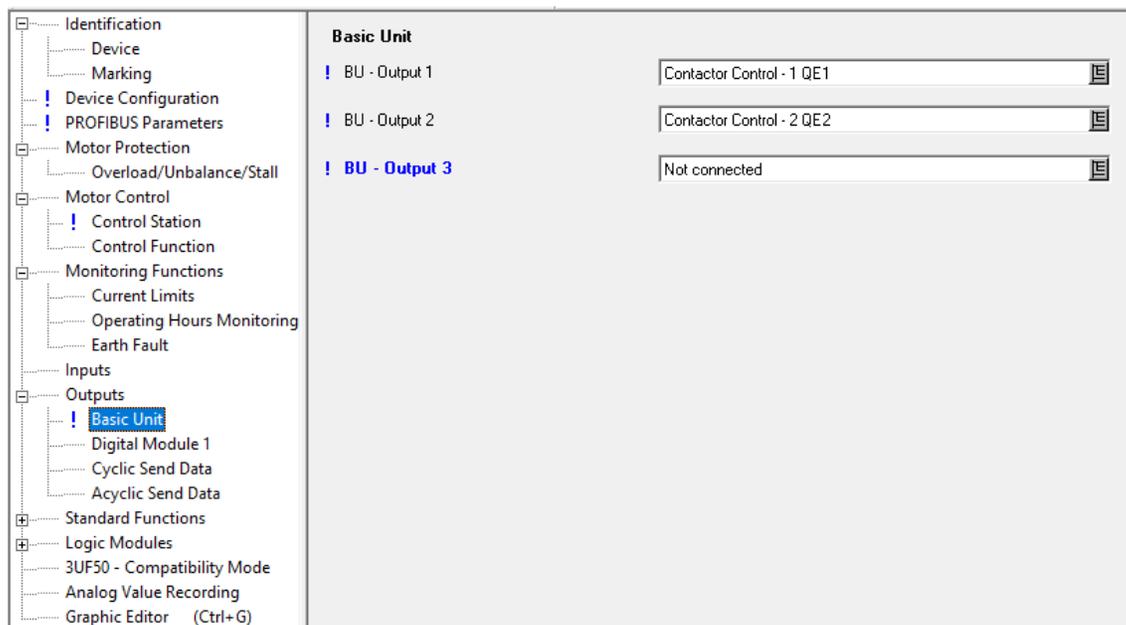


Figura 121. Pantalla Salidas - Unidad Básica SIMOCODE ES

k) Luego de haber configurado los Parámetros básicos del SIMOCODE Pro V, proceder a definir el telegrama correspondiente a la aplicación planteada, se ha definido el telegrama de entradas y salidas en la Tabla 27.

Tabla 27.

Telegrama para Arranque Reversible SIMOCODE PRO

TELEGRAMA ARRANQUE REVERSIBLE			
Entrada/Salida	Tipo	Descripción	Señal Externa
I 0.0	BOOL	Forward Feedback	
I 0.1	BOOL	Reverse Feedback	
I 0.2	BOOL	Available	
I 0.3	BOOL	General Warning	
I 0.4	BOOL	General Alarm	
I 0.5	BOOL	Local/Remote Status	CONTINUA
I 0.6	BOOL	Open torque switch/Clogging switch	IN1 BU
I 0.7	BOOL	Clost torque switch/Coupler temperature	IN2 BU
I 1.0	BOOL	Local start forward	
I 1.1	BOOL	Local start reverse	
I 1.2	BOOL	Local stop	CONTINUA

Q	0.0	BOOL	Remote Start(Forward)
Q	0.1	BOOL	Remote Start(Reverse)
Q	0.2	BOOL	Remote Stop
Q	0.3	BOOL	Test

- l) Seleccionar “Graphic Editor” o usar el comando Ctrl+G, el editor gráfico es una herramienta muy útil para una parametrización sencilla, gracias a que se puede arrastrar los bloques de funciones a la interfaz gráfica: entradas, salidas, parámetros del motor, telegramas, etc. Es posible utilizar únicamente esta herramienta para la completa parametrización del SIMOCODE PRO, esto dependerá de la experiencia del usuario.
- m) Utilizar el telegrama de arranque reversible de la Tabla 27 para configurar los bloques de función de entradas y salidas como se muestra en la
- n) Figura 122.
- o) Utilizar el modo Online para comprobar las señales de control y verificar que la configuración este correctamente realizada. La pantalla de modo online se muestra en la Figura 123.

Preguntas:

- a) ¿Cuál es la funcionalidad del módulo de corriente y cuáles son sus restricciones?
- b) ¿Qué otras aplicaciones se pueden implementar con el SIMOCODE Pro V?

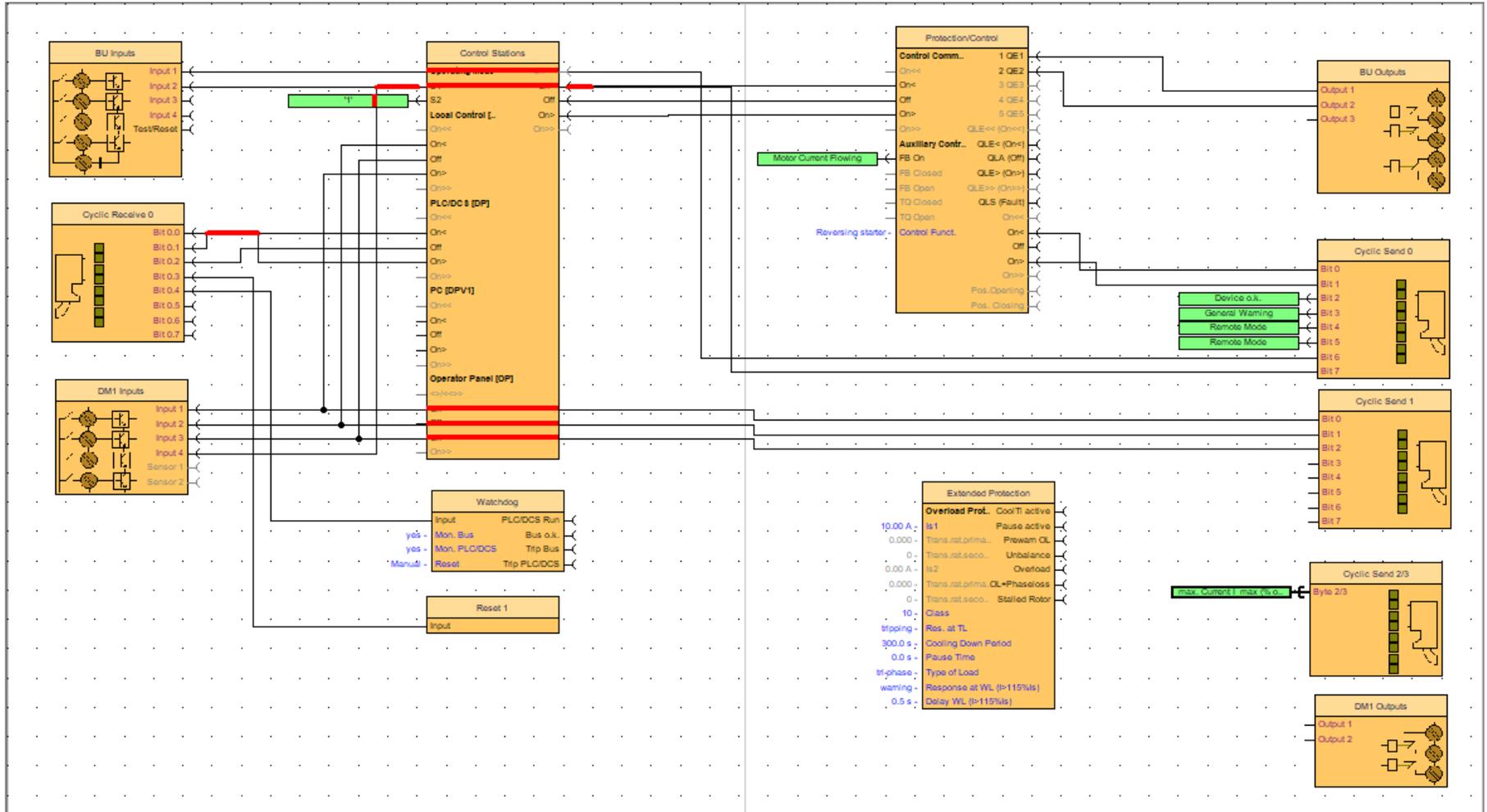


Figura 122. Editor Gráfico SIMOCODE ES

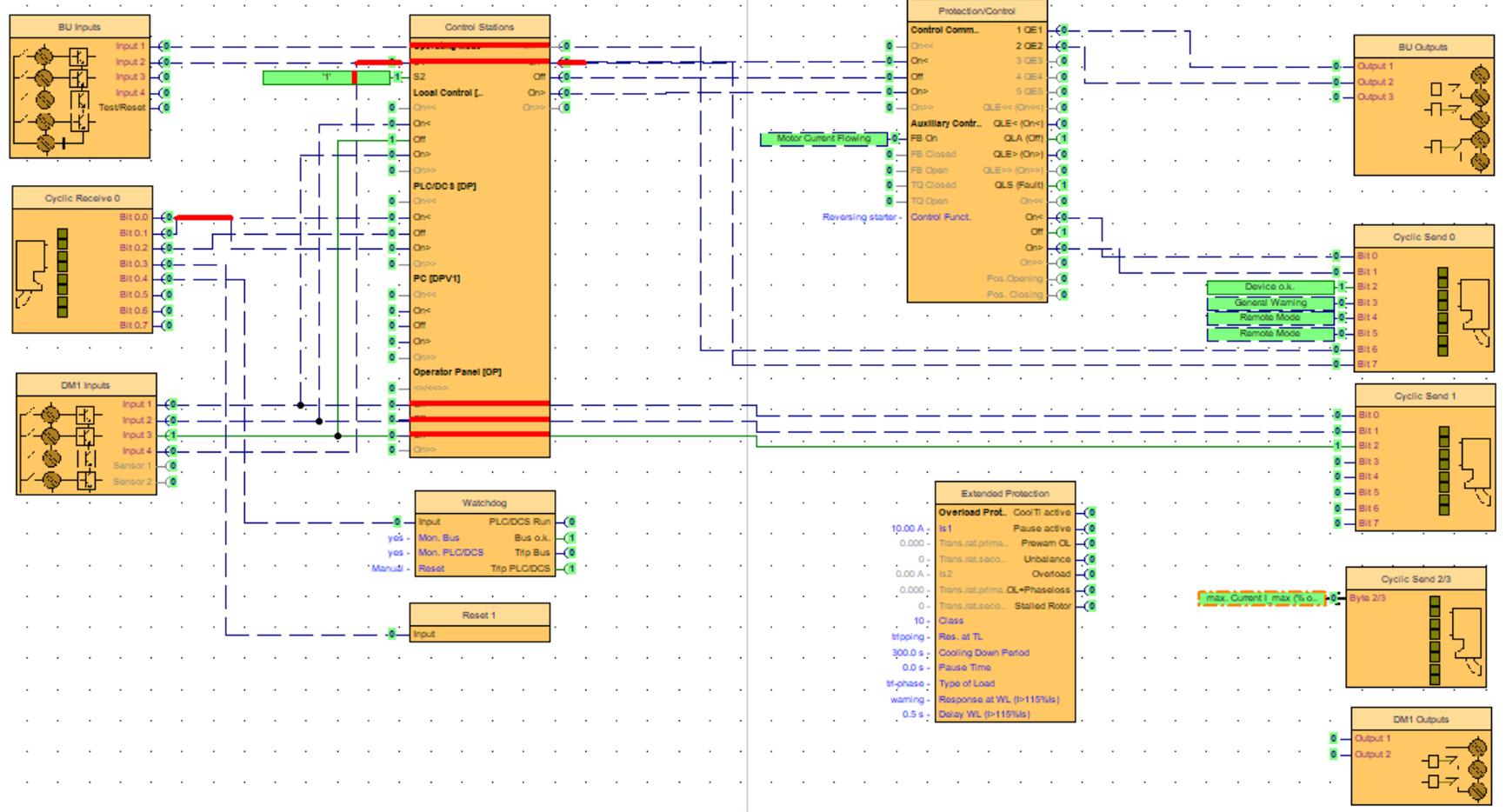


Figura 123. Editor Gráfico modo Online SIMOCODE ES

5.4.3. Guía de Práctica N°3

TEMA: Variador de Frecuencia: WEG CFW700

OBJETIVOS

General

Parametrizar el variador WEG CFW700 para un arranque directo con inversión de giro de motores de hasta 10 HP

Específicos

- Implementar un arrancador inversor en las líneas trifásicas de 480VAC.
- Configurar un control Local / Remoto para el arranque.
- Configurar los parámetros básicos del variador CFW700 para la integración con el software SIMATIC de SIEMENS.
- Integrar el variador WEG a la red de comunicación PROFIBUS del sistema de entrenamiento.

Materiales y Equipos

- Variador WEG CFW700B17P0T4, 380-480 VAC 10HP 17Amp.
- Módulo de expansión Profibus, KIT PROFIBUSDP-01.
- CFW700 HMI-02 – HMI Remoto Serial.
- CFW700 RHMIF-02 – Kit moldura para HMI Remota
- Cable de comunicación HMI remota
- Breaker termomagnético de protección 40Amp 3P
- Pines de salida para carga

- Seccionador
- Botonera, 01 selector dos posiciones, 01 pulsador NA, 01 pulsador NC
- Conector y cable PROFIBUS
- Computador principal con software STEP 7.

Descripción de la Guía de Practica

Los variadores de frecuencia son muy utilizados en los procesos industriales en el manejo y control de motores. Existen gran variedad de estos dispositivos en diferentes marcas, y en la aplicación pueden llegar a usarse junto con otros equipos electrónicos. Por tal motivo en el sistema de entrenamiento se ha implementado un variador de frecuencia de la marca WEG, del cual se debe configurar sus parámetros para ejecutar un arranque directo con inversor de giro, mediante un control local o remoto.

El control remoto del dispositivo, será mediante una comunicación PROFIBUS, en donde debe ser configurado los parámetros del variador para poder tener acceso desde el computador principal de la mesa de entrenamiento, el cual contiene el software STEP 7.

Procedimiento de la Práctica

1. Identificar cada uno de los bornes de conexión del equipo CFW700 detallados en la Tabla 28, junto con el módulo de expansión Profibus como se muestra en la Figura 124 y Figura 125 respectivamente.

Tabla 28.*Descripción de los bornes del variador WEG CFW700*

Borne	Descripción	Borne	Descripción
01	Alimentación encoder +5V, conductor blanco	21	Referencia +, entrada analógica
02	Conductor de encoder, color azul (\bar{A})	22	Entrada Analógica AI1+
03	Conductor de encoder, color rojo (A)	23	Entrada Analógica AI1-
04	Conductor de encoder, color verde (\bar{B})	24	Referencia -, entrada analógica
05	Conductor de encoder, color amarillo (B)	25	Entrada Analógica AI2+
06	Conductor de encoder, color rosa (\bar{Z})	26	Entrada Analógica AI2-
07	Conductor de encoder, color gris (Z)	27	Salida Analógica AO1
08	Alimentación encoder GND, conductor café	28	GND (+24V) salida analógica AO1
09	Modbus RS-485, A	29	Salida Analógica AO2
10	Modbus RS-485, B	30	GND (+24V) salida analógica AO2
11	Salida digital 02	31	Salida por relé, contacto NC, RL1-NF
12	Salida digital 03	32	Salida por relé, común, RL1-C
13	Salida digital 04	33	Salida por relé, contacto NA, RL1-NA
14	Salida digital 05	34	Fuente interna +24V
15	Fuente interna +24V	35	Común
16	GND (+24V)	36	GND (+24V)
17	Entrada digital 05	37	Entrada digital 01
18	Entrada digital 06	38	Entrada digital 02
19	Entrada digital 07	39	Entrada digital 03
20	Entrada digital 08	40	Entrada digital 04

Fuente: (WEG, 2018)

CONTINÚA

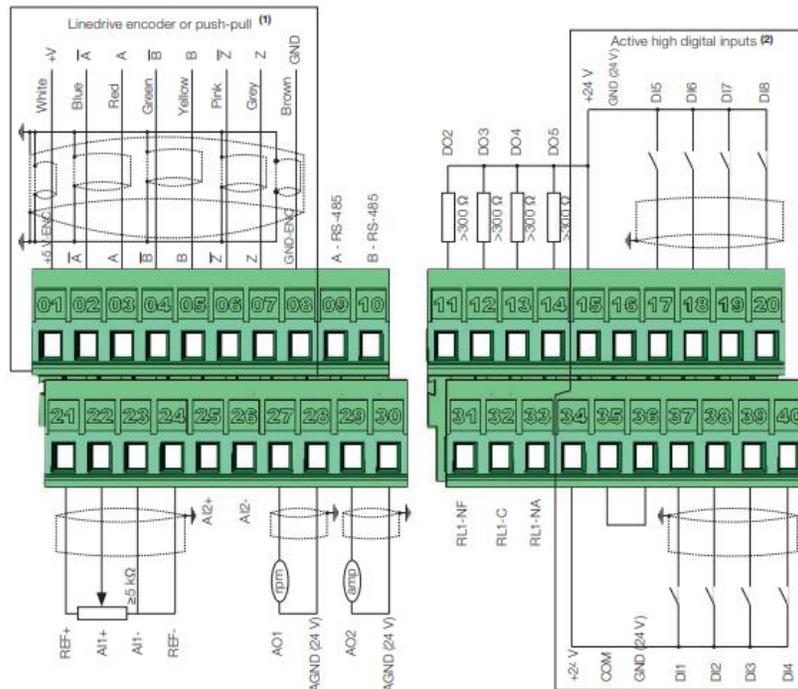


Figura 124. Bornes del Variador WEG CFW700
Fuente: (Weg, 2018)



Figura 125. Módulo de expansión PROFIBUSDP-01
Fuente: (Weg, 2018)

2. Identificar el tipo de conexión del variador WEG para un arranque directo con inversión de giro en el sistema de entrenamiento, y en base al ANEXO I PLANO ELÉCTRICO Y MECÁNICO DEL SISTEMA DE ENTRENAMIENTO: VARIADOR WEG 10HP verificar que la conexión implementada sea correcta.

3. Tras haber comprobado el cableado proceder a realizar la configuración de los parámetros mediante el módulo HMI-02. En la Figura 126 se indica dicho módulo y con la funcionalidad de cada una de sus teclas.



Figura 126. Funcionalidad de las teclas del módulo HMI-02

Fuente: (Weg, 2018)

Los grupos de parámetros a los que se tienen acceso mediante la tecla “ENTER/MENÚ”, son detallados en la Tabla 29.

Tabla 29.

Grupo de parámetros del variador WEG

Grupo	Parámetros
PARAM	Todos los parámetros
READ	Parámetros usados solamente para lectura
MODIF	Parámetros cuyo contenido es diferente al estándar de fabrica
BASIC	Parámetros para aplicaciones simples: rampas, velocidad mínima y máxima, corriente máxima y par de torque.
MOTOR	Parámetros relacionados al control de datos del motor
I/O	Parámetros relacionados a entradas/salidas digitales y análogas
NET	Parámetros relacionados a la red de comunicación
HMI	Parámetro para configuración de HMI
SPLC	Parámetro relacionado a la función SoftPLC
STARTUP	Parámetro para entrada en el modo de “Start-up Orientado”

Fuente: (WEG, 2018)

4. Como primer paso para configurar el variador WEG, es habilitar todos los parámetros disponibles del dispositivo. El proceso a seguir es el siguiente:

- a) Ubicado en la pantalla inicial “Modo Monitoreo”, presionar “ENTER/MENÚ”.
- b) Seleccionar el grupo “PARAM” con las teclas de navegación “arriba/abajo” y presionar “ENTER/MENÚ”.
- c) Se accede al parámetro “P0000”, presionar “ENTER/MENÚ” para configurar el parámetro.
- d) Posicionar en el valor “5” con las teclas de navegación. Este valor indica que todos los parámetros han pasado de modo visual a modo edición.
- e) Presionar la tecla “BASIC/ESC” hasta llegar a la pantalla inicial “Modo Monitoreo”

5. Para el control LOCAL del variador de frecuencia se debe configurar los parámetros del “P0220” a “P0228”. El acceso a estos parámetros es mediante el siguiente proceso.

- a) Ubicado en la pantalla inicial “Modo Monitoreo”, presionar “ENTER/MENÚ”.
- b) Seleccionar el grupo “I/O” con las teclas de navegación “arriba/abajo” y presionar “ENTER/MENÚ”.

Se accede a los parámetros y presionando “ENTER/MENÚ” se configura cada uno de ellos.

En la Tabla 30 se detalla los parámetros del “P0220” a “P0228”.

Tabla 30.

Parámetros P0220 - P0228

Parám.	Descripción	Rango de Valores	Valor Seleccionado
P0220	Selección Fuente LOC/REM	0: Siempre LOC 1: Siempre REM 2: Tecla LR (LOC) 3: Tecla LR (REM) 4: DIx 5: Serial LOC 6: Serial REM 7: CO/DN/DP LOC 8: CO/DN/DP REM 9: SoftPLC LOC 10: SoftPLC REM	4

CONTINÚA

P0221	Selección Referencia LOC	0: HMI 1: AI1 2: AI2 3: Suma AIs>0 4: Suma AIs 5: Serial 6: CO/DN/DP 7: SoftPLC	1
P0222	Selección Referencia REM	Ver parámetro P0221	6
P0223	Selección Giro LOC	0: Horario 1: Antihorario 2: Tecla SG (H) 3: Tecla SG (AH) 4: DIx 5: Serial (H) 6: Serial (AH) 7: CO/DN/DP (H) 8: CO/DN/DP (AH) 9: SoftPLC (H) 10: SoftPLC (AH) 11: Polaridad AI2	4
P0224	Selección Gira/Para LOC	0: Teclas I, O 1: DIx 2: Serial 3: CO/DN/DP 4: SoftPLC	1
P0225	Selección JOG LOC	0: Inactivo 1: Tecla JOG 2: DIx 3: Serial 4: CO/DN/DP 5: SoftPLC	0
P0226	Selección Giro REM	Ver parámetro P0223	8
P0227	Selección Giro/Para REM	0: Teclas I, O 1: DIx 2: Serial 3: CO/DN/DP 4: SoftPLC	3
P0228	Selección JOG REM	Ver parámetro P0225	0

Fuente: (WEG, 2018)

c) Seguir el paso anterior para configurar las funciones de las entradas y salidas tanto análogas como digitales. Los parámetros se detallan en la Tabla 31.

Tabla 31.*Parámetros de entradas/salidas análogas y digitales del variador WEG*

Parám.	Descripción	Rango de Valores	Valor Seleccionado
P0231	Función de la señal AI1	0: Referencia Velocidad 1: N* sin Rampa 2: Máx. Corr. Torque (Par) 3: SoftPLC 4: PTC 5: Función 1 Aplicación 6: Función 2 Aplicación 7: Función 3 Aplicación 8: Función 4 Aplicación 9: Función 5 Aplicación 10: Función 6 Aplicación 11: Función 7 Aplicación 12: Función 8 Aplicación	0
P0232	Ganancia de la Entrada AI1	0,000 a 9,999	1,000
P0233	Señal de la Entrada AI1	0: 0 a 10 V / 20 mA 1: 4 a 20 mA 2: 10 V / 20 mA a 0 3: 20 a 4 mA 4: -10 a 10 V	0
P0234	Offset de la Entrada AI1	-100,00 a 100,00 %	0,00%
P0236	Función de la señal AI2	Ver parámetro P0231	4
P0237	Ganancia de la Entrada AI2	0,000 a 9,999	1,000
P0238	Señal de la Entrada AI2	0: 0 a 10 V / 20 mA 1: 4 a 20 mA 2: 10 V / 20 mA a 0 3: 20 a 4 mA 4: -10 a 10 V	1
P0239	Offset de la entrada AI2	-100,00 a 100,00 %	0,000%
P0251	Función de la Salida AO1	0: Referencia Velocidad 1: Referencia Total 2: Velocidad Real 3: Ref. Corr. Torque (Par) 4: Corr. Torque (Par) 5: Corriente de Salida 6: Corriente Activa 7: Potencia de Salida 8: Corr. Torque (Par) > 0 9: Torque (Par) Motor 10: SoftPLC 11: PTC 12: Ixt Motor 13: Velocidad Encoder 14: Contenido P0696 15: Contenido P0697 16: Corriente Id* 17: Función 1 Aplicación 18: Función 2 Aplicación 19: Función 3 Aplicación	2

CONTINÚA

		20: Función 4 Aplicación 21: Función 5 Aplicación 22: Función 6 Aplicación 23: Función 7 Aplicación 24: Función 8 Aplicación	
P0252	Ganancia de la Salida AO1	0,000 a 9,999	1,000
P0253	Señal de la Salida AO1	0: 0 a 10 V / 20 mA 1: 4 a 20 mA 2: 10 V / 20 mA a 0 3: 20 a 4 mA	0
P0263	Función de la entrada DI1	0: Sin Función 1: Gira/Para 2: Habilita General 3: Parada Rápida 4: Sentido de Giro 5: LOC/REM 6: JOG 7: SoftPLC 8: 2ª Rampa 9: Velocidad/Torque (Par) 10: JOG + 11: JOG - 12: Sin Alarma Externa 13: Sin Falla Externa 14: Reset 15: Deshabilita FlyStart 16: Regulador Bus CC 17: Bloquea Programa 18: Carga Usuario 1 19: Carga Usuario 2 20: Función 1 Aplicación 21: Función 2 Aplicación 22: Función 3 Aplicación 23: Función 4 Aplicación 24: Función 5 Aplicación 25: Función 6 Aplicación 26: Función 7 Aplicación 27: Función 8 Aplicación 28: Función 9 Aplicación 29: Función 10 Aplicación 30: Función 11 Aplicación 31: Función 12 Aplicación	1
P0264	Función de la entrada DI2	Ver parámetro P0263	4
P0266	Función de la entrada DI4	Ver parámetro P0263	2
P0276	Función de la salida DO2	0 = Sin Función 1: N* > Nx 2: N > Nx 3: N < Ny 4: N = N* 5: Velocidad Nula 6: Is > Ix	20

CONTINÚA

		7: Is < Ix	
		8: Torque (Par) > Tx	
		9: Torque (Par) < Tx	
		10: Remoto	
		11: Run	
		12: Ready	
		13: Sin Falla	
		14: Sin F0070	
		15: Sin F0071	
		16: Sin F0006/21/22	
		17: Sin F0051	
		18: Sin F0072	
		19: 4-20 mA OK	
		20: Contenido P0695	
		21: Sentido Horario	
		22: Ride-Through	
		23: Precarga OK	
		24: Con Falla	
		25: Horas Habilitado >	
		Hx	
		26: SoftPLC	
		27: N > Nx/Nt > Nx	
		28: F > Fx (1)	
		29: F > Fx (2)	
		30: STO	
		31: Sin F0160	
		32: Sin Alarma	
		33: Sin Falla/Alarma	
		34: Función 1 Aplicación	
		35: Función 2 Aplicación	
		36: Función 3 Aplicación	
		37: Función 4 Aplicación	
		38: Función 5 Aplicación	
		39: Función 6 Aplicación	
		40: Función 7 Aplicación	
		41: Función 8 Aplicación	
		42: Autoajuste	
P0277	Función de la salida DO3	Ver parámetro P0276	15

Fuente: (WEG, 2018)

- d) Una vez configurados los parámetros, presionar la tecla “BASIC/ESC” hasta llegar a la pantalla inicial “Modo Monitoreo”
6. Para el control REMOTO del variador de frecuencia se debe establecer la comunicación PROFIBUS, por lo cual se debe seguir los siguientes pasos:
- a) Ubicado en la pantalla inicial “Modo Monitoreo”, presionar “ENTER/MENÚ”

- b) Seleccionar el grupo “NET” con las teclas de navegación “arriba/abajo” y presionar “ENTER/MENÚ”
 - c) Acceder al parámetro “P0918”, presionar “ENTER/MENU” para configurar el parámetro.
 - d) Se accede la dirección Profibus 02 establecida para este dispositivo
 - e) Presionar la tecla “BASIC/ESC” hasta llegar a la pantalla inicial “Modo Monitoreo”.
7. Se procede a seleccionar la tasa de comunicación PROFIBUS
- a) Desde la pantalla inicial acceder al grupo “NET” y presionar “ENTER/MENU”
 - b) Ubicarse en el parámetro “P0963”, presionar “ENTER/MENU” para configurar el parámetro.
 - c) Con las teclas de navegación, seleccionar la opción “6” que indica una tasa de comunicación de 1500kbit/s, valor suficiente para realizar la práctica.
 - d) Salir del menú con la tecla “BASIC/ENTER” y ubicarse en la pantalla de “Modo Monitoreo”
8. Luego se debe seleccionar el telegrama de configuración, que define el formato y cantidad de datos de E/S que se comunicarán con el maestro de la red. En la Tabla 32 se detalla el número de telegramas existente del cual se selecciona la opción 2. Para seleccionar este valor se debe seguir los siguientes pasos.
- a) Desde la pantalla inicial acceder al grupo “NET” y presionar “ENTER/MENU”
 - b) Ubicarse en el parámetro “P0922”, presionar “ENTER/MENU” para configurar el parámetro.
 - c) Con las teclas de navegación, seleccionar la opción “2” que indica un telegrama con 3 palabras de I/O.
 - d) Salir del menú con la tecla “BASIC/ENTER” y ubicarse en la pantalla de “Modo Monitoreo”

Tabla 32.*Telegrama de configuración del variador WEG*

Opción	Telegrama	Número de palabras
1	Telegrama Padrón	2 palabras de I/O
2	Telegrama 100	3 palabras de I/O
3	Telegrama 101	4 palabras de I/O
4	Telegrama 102	5 palabras de I/O
5	Telegrama 103	6 palabras de I/O
6	Telegrama 104	7 palabras de I/O
7	Telegrama 105	8 palabras de I/O
8	Telegrama 106	9 palabras de I/O
9	Telegrama 107	10 palabras de I/O

Fuente: (Weg, 2018)

Es importante tener en cuenta que las dos primeras palabras ya están predefinidas desde fábrica, como se indica en la Figura 127. Las siguientes palabras pueden ser configuradas a criterio del programador.

	Input (esclavo → maestro)	Palabra	Output (maestro → esclavo)
Programable	Palabra de Estado	#1	Palabra de Control
	Velocidad do Motor	#2	Referencia de Velocidad
	Lectura #3 Profibus	#3	Escrita #3 Profibus
	Lectura #4 Profibus	#4	Escrita #4 Profibus
	Lectura #5 Profibus	#5	Escrita #5 Profibus
	Lectura #6 Profibus	#6	Escrita #6 Profibus
	Lectura #7 Profibus	#7	Escrita #7 Profibus
	Lectura #8 Profibus	#8	Escrita #8 Profibus
	Lectura #9 Profibus	#9	Escrita #9 Profibus
	Lectura #10 Profibus	#10	Escrita #10 Profibus
Fijo			

Figura 127. Especificación palabras del telegrama

Fuente: (WEG, 2018)

9. Para establecer el formato de las palabras de estado, control, referencia de motor y de velocidad se configura el parámetro P0741. En este parámetro se selecciona la opción por fabricante que establecen funciones específicas del variador. A continuación, se detalla los pasos a seguir:
 - a) Desde la pantalla inicial acceder al grupo “NET” y presionar “ENTER/MENU”
 - b) Ubicarse en el parámetro “P0741”, presionar “ENTER/MENU” para configurar el parámetro.
 - c) Con las teclas de navegación, seleccionar la opción “1” que indica la opción de “Fabricante”.
 - d) Salir del menú con la tecla “BASIC/ENTER” y ubicarse en la pantalla de “Modo Monitoreo”
10. Configurada la opción por “Fabricante”, se debe conocer el valor que tiene cada bit de las palabras de estado, velocidad de motor (parámetros solo de lectura), palabra de control y

referencia de velocidad (parámetros configurables vía Profibus), con el fin de que el intercambio de datos con el maestro de la red sea la adecuada.

Para acceder a estos parámetros se realizan los siguientes pasos:

- a) Desde la pantalla inicial acceder al grupo “NET” y presionar “ENTER/MENU”
 - b) Desde aquí se puede acceder a los parámetros “P0680”, “P0681”, “P0684”, “P0685”, presionar “ENTER/MENU” para configurar/visualizar el parámetro.
 - c) Salir del menú con la tecla “BASIC/ENTER” y ubicarse en la pantalla de “Modo Monitoreo”
- A continuación, se detalla cada una de estas palabras.

“P0680 – ESTADO LÓGICO”: monitorea el estado en el que se encuentra el drive. En la Tabla

33 se detalla la función de cada bit de esta palabra.

Tabla 33.

Bits parámetro P0680

Bit	Valor
0 – 3 (Reservado)	
4 (Parada rápida activa)	0: drive no posee comando de parada rápida activa. 1: drive está ejecutando el comando de parada rápida
5 (Segunda Rampa)	0: drive configurado para rampa de aceleración y de desaceleración del motor vía 1ra rampa. 1: drive configurado para rampa de aceleración y de desaceleración del motor vía 2da rampa.
6 (En Modo de Configuración)	0: drive operando normalmente 1: drive en modo configuración, indica condición por la cual no puede ser habilitado: -ejecutando la rutina de auto-ajuste -ejecutando la rutina de puesta en marcha (start-up) -ejecutando función de HMI -ejecutando la rutina auto-guiada de tarjeta memoria flash -posee incompatibilidad de parametrización
7 (En Alarma)	0: drive no está en estado de alarma 1: drive está en estado de alarma
8 (Rampa Habilitada – RUN)	0: motor está parado 1: drive está girando el eje de motor a la velocidad de referencia
9 (Habilitado General)	0: drive esta deshabilitado general 1: drive está habilitado general y listo para girar el eje del motor

CONTINÚA

10 (Sentido de Giro)	0: motor girando en sentido reverso 1: motor girando en sentido directo
11 (JOG)	0: función JOG inactiva 1: función JOG activa
12 (LOC/REM)	0: drive en modo local 1: drive en modo remoto
13 (Sub tensión)	0: sin sub tensión 1: con sub tensión
14 (Reservado)	
15 (En fallo)	0: drive no está en estado de fallo 1: algún fallo registrado por el drive

Fuente: (WEG, 2018)

“P0681 – VELOCIDAD DEL MOTOR EN 13 BITS”: realiza un monitoreo de la velocidad a la que se encuentra el motor. La palabra tiene una resolución máxima de 13 bits. Ejemplo para un motor de 4 polos y 1500 rpm de rotación sincrónica, el valor leído es 4096, el valor en rpm se obtiene de la siguiente manera:

$$\begin{aligned}
 2^{13} &= 8192 \rightarrow 1500 \text{ rpm} \\
 4096 &\rightarrow \text{Velocidad en rpm} \\
 \text{Velocidad en rpm} &= \frac{1500 \times 4096}{8192} \\
 \text{Velocidad en rpm} &= 750 \text{ rpm}
 \end{aligned}$$

Ecuación 1. Conversión velocidad del motor en 13 bits.

“P0684 – PALABRA DE CONTROL VÍA PROFIBUS”: la configuración establecida en esta palabra puede ser ejecutada por el variador. En la Tabla 34 se detalla la función de cada bit de esta palabra.

Tabla 34.*Bits parámetro P0684*

Bit	Valor
0 (Gira/Para)	0: para el eje del motor por rampa de desaceleración 1: gira el eje del motor de acuerdo con la rampa de aceleración hasta alcanzar el valor de la referencia de velocidad
1 (Habilita General)	0: deshabilitado general del drive de frecuencia, interrumpe la alimentación del motor 1: habilitado general del drive de frecuencia permite la operación del motor
2 (Sentido de Giro)	0: girar el eje del motor en sentido opuesto a la referencia 1: girar el eje del motor en sentido indicado en la referencia
3 (JOG)	0: deshabilita la función JOG 1: habilita la función JOG
4 (LOC/REM)	0: drive habilitado por modo local 1: drive habilitado por modo remoto
5 (Utiliza segunda rampa)	0: drive configurado para rampa de aceleración y de desaceleración del motor vía primera rampa. 1: drive configurado para rampa de aceleración y de desaceleración del motor vía segunda rampa.
6 (Parada Rápida)	0: no ejecuta el comando de parada rápida 1: ejecuta el comando de parada rápida
7 (Reset de Fallos)	0: sin función 1: en estado de fallo, ejecuta el reset del drive
8 – 15 (Reservado)	

Fuente: (WEG, 2018)

“P0685 – ESTADO LÓGICO”: parámetro que se configura solo vía interfaz. Con esta palabra se programa la referencia de velocidad para el motor. Utiliza una resolución de 13 bits con para representar la rotación sincrónica del motor. Ejemplo para un motor de 4 polos y 1500 rpm de rotación sincrónica, se desea una referencia de 750 rpm, el valor en bits se calcula de la siguiente manera:

$$\begin{aligned}
 1500 \text{ rpm} &\rightarrow 8192 \\
 750 \text{ rpm} &\rightarrow \text{Referencia en 13 bits} \\
 \text{Referencia en 13 bits} &= \frac{750 \times 8192}{1500} \\
 \text{Referencia en 13 bits} &= 4096
 \end{aligned}$$

Ecuación 2. Referencia del motor a 13 bits.

11. En la Tabla 31 se observa que el parámetro P0276 tiene configurado el valor 20. Por lo tanto, se debe configurar el parámetro P0695. Este permite realizar el control de las salidas digitales mediante la interfaz Profibus. En la Tabla 35 se detalla el bit que le corresponde a cada salida digital:

Tabla 35.

Bit parámetro P0695

Bit	Valor
0 (DO1)	0: Salida DO1 abierta 1: Salida DO1 cerrada
1 (DO2)	0: Salida DO2 abierta 1: Salida DO2 cerrada
2 (DO3)	0: Salida DO3 abierta 1: Salida DO3 cerrada
3 (DO4)	0: Salida DO4 abierta 1: Salida DO4 cerrada
4 (DO5)	0: Salida DO5 abierta 1: Salida DO5 cerrada
5 – 15 (Reservado)	

Fuente: (WEG, 2018)

Preguntas:

- a) Describa el parámetro a modificar en un variador WEG cuando se lo utiliza por primera vez.
- b) Enumere los telegramas del variador y cuáles de ellos vienen establecidos por el fabricante.

5.4.4. Guía de Práctica N°4

TEMA: Control de velocidad SIEMENS V20

OBJETIVOS

General

Parametrizar el Variador de Frecuencia Compacto SINAMICS V20 para realizar el control la velocidad de un motor trifásico.

Específicos

- Parametrizar el variador de frecuencia de acuerdo con los datos técnicos del motor
- Identificar la macro de conexión en base a los aparatos de maniobra conectados al variador.
- Identificar la conexión del SINAMICS V20.

Materiales y Equipos

- Variador de Frecuencia SINAMICS V20, 0.5HP.
- Panel operador externo BOP para Sinamics V20
- Interfaz para panel operador externo BOP
- Motor trifásico, 1/8 HP, 1800rpm
- Cable de Red Ethernet
- Breaker de protección
- Pulsador doble NA/NC
- Relé de Salida tipo Riel 24VDC

Descripción de la Guía de Practica

El control de velocidad es de gran importancia en el proceso del cemento, por lo que esta práctica constituirá en la parametrización del Siemens V20 para realizar un control de velocidad a través del panel BOP.

PROCEDIMIENTO

1. Identificar cada uno de los bornes (ver Tabla 36) de conexión del equipo SINAMICS V20, 0.5HP, de acuerdo a la Figura 128.

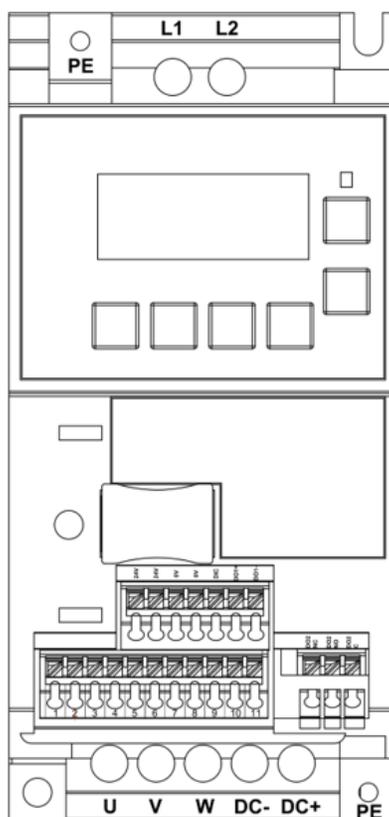


Figura 128. Esquema del Variador SINAMICS V20
Fuente: (Siemens, 2013)

Tabla 36.*Descripción de los bornes del variador SINAMICS V20*

BORNE	DESCRIPCION	BORNE	DESCRIPCION
PE	Conexión a tierra	DIC	Entrada Digital
L1	Alimentación tensión línea 1	24V	Referencia 24V
L2/N	Alimentación tensión línea 2 / Neutro	0V	Potencial de referencia para 24V
PIN1 – 10V	Referencia 10V	DO1+	Salida Digital
PIN2 – AI1	Entradas Analógica	DO1-	
PIN3 – AI2		DO2 NC	
PIN4 – AO1	Salida Analógica	DO2 NO	
PIN5 – 0V	Potencial de referencia para E/S analógicas y RS485	DO2 C	
PIN6 – P+	RS485	U	Bornes de conexión a motor
PIN7 – N-		V	
PIN8 – DI1	W		
PIN9 – DI2	Entrada Digital	DC-	Bornes DC
PIN10 – DI3		DC+	
PIN11 – DI4			PE

Fuente: (Siemens, 2013)

2. Identificar los datos del motor implementado para esta práctica (ver Tabla 37)

Tabla 37.*Datos de motor trifásico TS56B4*

MOTOR TRIFASICO TS56B4					
Voltaje (Δ/Y)	Frecuencia (Hz)	Potencia (Kw)	Revoluciones (min^{-1})	Factor de Potencia (cos φ)	Corriente (Δ/Y)
230/400 V	50	0,09	1320	0,61	0,74/0,43 A
277/480 V	60	0,11	1580	0,61	0,74/0,43 A

3. Identificar e implementar la macro de conexión del Variador para el módulo de Pruebas

Los aparatos de maniobra están conectados a los bornes del variador, posee un pulsador doble denominado Marcha/Paro conectado a un circuito de enclavamiento y un indicador de 24VDC. De acuerdo con los parámetros de configuración del variador se debe seleccionar una macro de

conexión similar a la conexión física de los elementos: Macro de conexión Cn002. Entradas digitales no conectadas se bloquean. En la Figura 129 se detalla la macro seleccionada

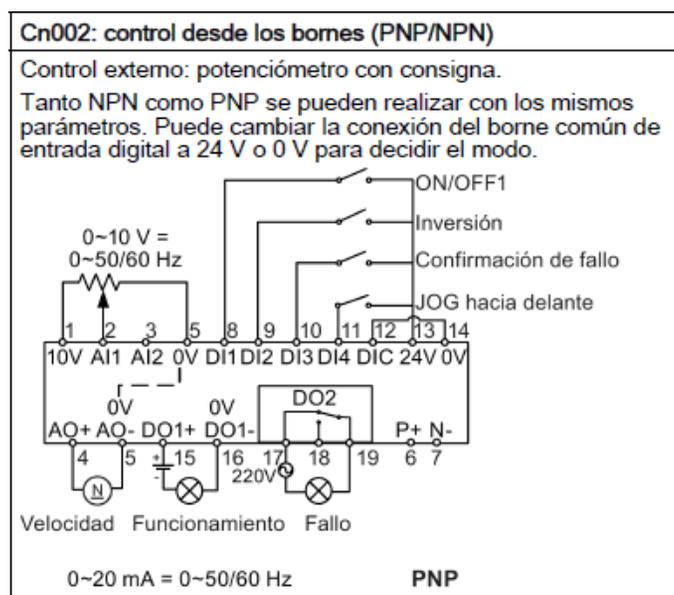


Figura 129. Macro de conexión Cn002

Fuente: (Siemens, 2013)

En base al ANEXO I PLANO ELÉCTRICO Y MECÁNICO DEL SISTEMA DE ENTRENAMIENTO verifique que la conexión Cn002 haya sido realizada satisfactoriamente. Como se muestra en la Figura 130.

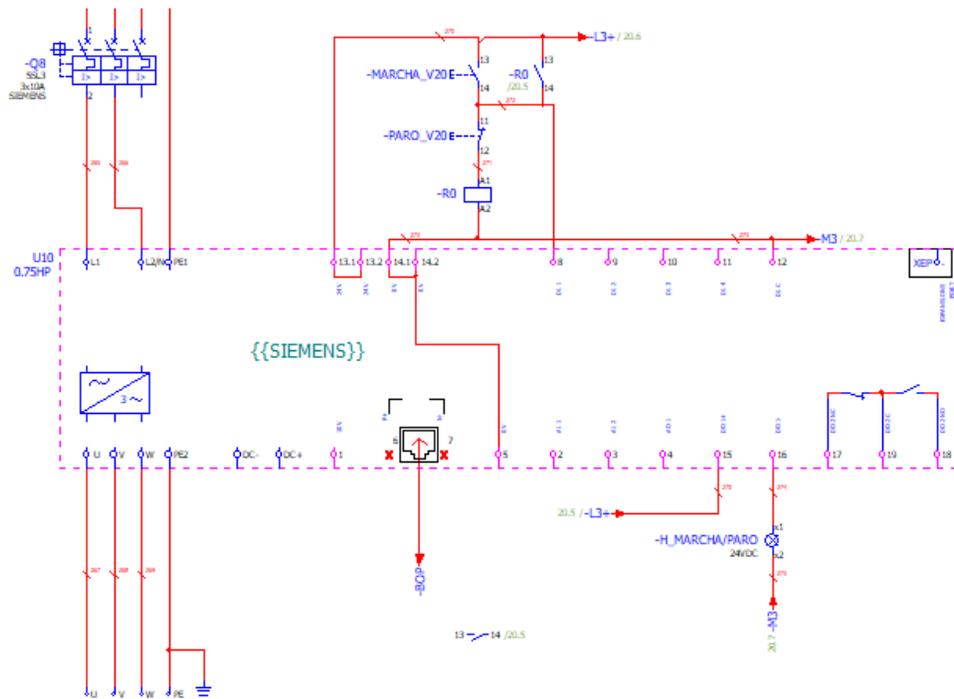


Figura 130. Diagrama eléctrico Sistema de Entrenamiento:
VARIADOR SIEMENS 0.75HP

4. Configurar los parámetros del Variador de Frecuencia SINAMICS V20.

4.1. Restablecimiento de ajustes de fábrica

Cuando se va a trabajar por primera vez, se requiere realizar un reset de fábrica o se desea cambiar de parámetros, se debe seguir el siguiente proceso:

- a) Encender el variador
- b) Presionar M menos de 2s
- c) En la lista de parámetros con las teclas de dirección arriba/abajo seleccionar P0010, pulsar OK.
- d) Ajustar el parámetro a 30, confirmar con la tecla OK.
- e) Con las teclas de dirección, seleccionar el parámetro P0970, pulsar OK, y ajustar el parámetro a 1 o 21, confirmar con la tecla OK.

f) En la pantalla de visualización observará 888888, indicando que el convertidor se ha reseteado satisfactoriamente.

4.2. Nivel de acceso

Para tener acceso a todos los parámetros, realizar el siguiente procedimiento:

- Presionar M menos de 2s
- En la lista de parámetros, con las teclas de dirección seleccionar P0003, pulsar OK.
- Ajustar el parámetro a 4, que indica un nivel de acceso tipo servicio técnico, confirmar con la tecla OK.

4.3. Configuración de parámetros comunes

El siguiente paso es configurar el variador de acuerdo con la aplicación a utilizar, la Figura 131 representa la estructura que se debe seguir

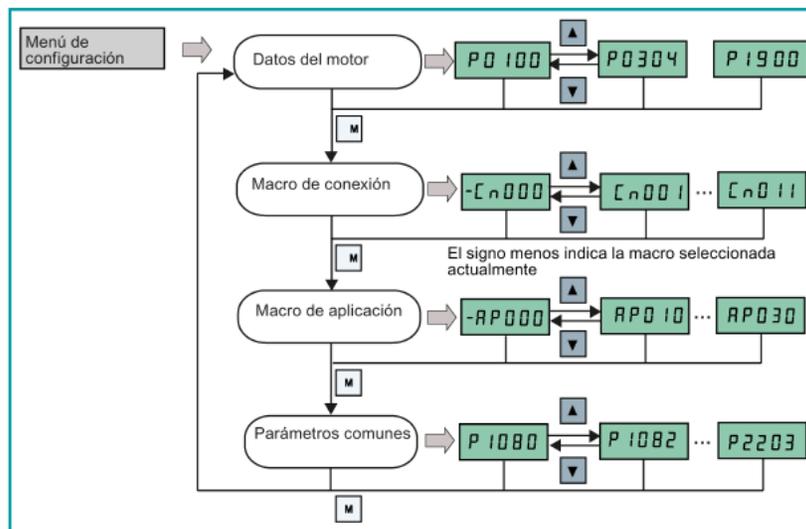


Figura 131. Estructura del menú de configuración

Fuente: (Siemens, 2013)

- a) Para ingresar al menú de configuración, ubicarse en la pantalla inicial y presionar *M* por más de 2s.
- b) Del parámetro P0100 al parámetro P1900, indica que se deben ingresar los datos del motor, detallada en la Tabla 38 a continuación, se describe cada uno de estos parámetros:

Tabla 38.*Configuración de datos del motor*

PARÁMETRO	DESCRIPCIÓN	PARÁMETRO	DESCRIPCIÓN
P0100	Selección de 50/60 Hz =2: Norteamérica [kW], 60Hz	P0308[0]	Factor de potencia del motor (cosφ) = 0.61
P0304[0]	Tensión nominal del motor [V] = 277VAC	P0310[0]	Frecuencia nominal del motor [Hz] = 60Hz
P0305[0]	Corriente nominal del motor [A] = 0.74A	P0311[0]	Velocidad nominal del motor [RPM] = 1580 RPM
P0307[0]	Potencia nominal del motor [kW] = 0.11kW	P1900	Seleccionar la identificación de datos del motor = 0: Desactivada.

Fuente: (Siemens, 2013)

- a) Seleccionar la macro de conexión Cn002 identificada e implementada previamente, confirmar al presionar OK.
- b) En el menú macro de aplicación seleccionar AP000 y OK.
- c) En el menú de parámetros comunes, configurar de acuerdo con la Tabla 39 una vez configurado confirmar con OK.

Tabla 39.*Parámetros Macro de Aplicación AP000*

PARÁMETRO	DESCRIPCIÓN	VALOR
P1080	Frecuencia mínima (Hz)	10
P1082	Frecuencia máxima (Hz)	60
P1120	Tiempo de aceleración (s)	10
P1121	Tiempo de desaceleración (s)	10

4.4. Configuración en base a la conexión física

Una vez configurado los parámetros comunes, se debe asignar funciones a cada uno de los pines conectados físicamente en el variador. Siguiendo la Figura 129 y la Figura 130 se accede a los parámetros detallados en la Tabla 40

Para acceder a estos parámetros, ubicarse en el menú principal y presionar M menos de 2s.

Tabla 40.

Parámetros Macros de Conexión

PÁRAMETRO	DESCRIPCIÓN	OPCIÓN	OBSERVACIÓN
P0700 – in000	Selección de la fuente de señales de mando	2	Las señales de mando se realizan por bornes
P0701 – in000	Función de la entrada digital	1	On/Off. El encendido y apagado del motor es a través de la entrada digital 1
P0702 – in000	Función de la entrada digital 2	0	Entrada digital bloqueada
P0703 – in000	Función de la entrada digital 3	0	Entrada digital bloqueada
P0704 – in000	Función de la entrada digital 4	0	Entrada digital bloqueada
P0731 – in000	Función de la salida digital 1	52.2	Indicador de funcionamiento
P0732 – in000	Función de la salida digital 2	52.2	Indicador de fallo
P1000 – in000	Selección de consigna de frecuencia	1	Consigna MOP, permite utilizar el potenciómetro del BOP

Preguntas:

- a) Describa la macro de conexión Cn002.
- b) ¿Qué parámetros se deben configurar para resetear al variador?

5.4.5. Guía de Práctica N°5

TEMA: Creación de la red PROFIBUS

OBJETIVOS

General

Establecer la comunicación PROFIBUS DP entre los sistemas eléctricos presentes en el sistema de entrenamiento.

Específicos

- Configurar la dirección PROFIBUS en cada uno de los dispositivos.
- Determinar el dispositivo maestro y los dispositivos esclavos de la red de comunicación.

Materiales y Equipos

- CPU 315-2 DP
- Variador de Frecuencia WEG CFW-700, 10HP
- Módulo PROFIBUS para WEG CFW-700
- 2 SIMOCODE PRO-V
- SENTRONPAC 3200
- Módulo PROFIBUS para SENTRONPAC 3200
- Cable de Red PROFIBUS
- Conectores PROFIBUS
- Computadora principal con Software STEP 7

Descripción de la Guía de Practica

Dentro de la mesa de trabajo del sistema de entrenamiento, equipos como WEG CFW700, SENTRON PAC, SIMOCODE PRO V y PLC necesitan establecer una comunicación por lo cual se utiliza un bus de campo abierto denominado PROFIBUS, el cual permite que los diferentes dispositivos se comuniquen entre sí, sin necesidad de utilizar interfaces.

Por lo tanto, la práctica consiste en establecer la comunicación PROFIBUS DP, haciendo uso del concepto maestro (PLC) – esclavo (WEG, SIMOCODE PRO V, SENTRON PAC).

Procedimiento

1. De acuerdo a la Tabla 41 identificar los dispositivos maestros y esclavos de la red y establecer la dirección PROFIBUS para cada uno.

Tabla 41.

Arquitectura y asignación de dirección PROFIBUS a los equipos de la red

EQUIPO	ARQUITECTURA	DIRECCION PROFIBUS
CPU 315 -2DP	Maestro	01
Variador WEG CFW700	Esclavo	02
Simocode PRO-V (Alimentación de 480VAC)	Esclavo	03
Simocode PRO-V (Alimentación de 220VAC)	Esclavo	04
SENTRON PAC 320	Esclavo	05

2. Identificar la conexión de los dispositivos de acuerdo con la Figura 132.

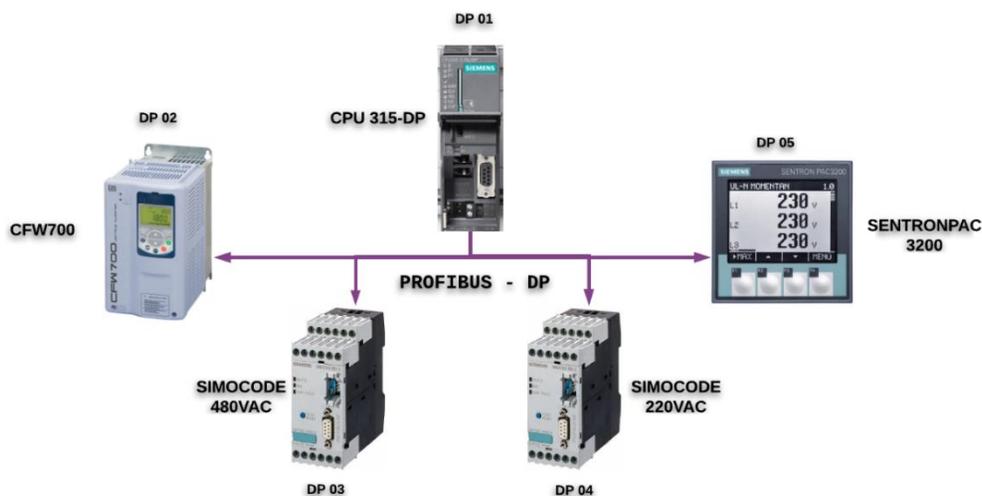


Figura 132. Conexión de los equipos de la red

Como se observa en la figura, la red de comunicación inicia en el CPU del PLC y termina en el multi medidor SENTRONPAC; por lo tanto, las resistencias de terminación de los conectores PROFIBUS en estos equipos debe estar en la posición ON. Para los demás equipos (CFW700, SIMOCODE 480VAC, SIMOCODE 220VAC) las resistencias de terminación deberán estar en la posición OFF. En la Figura 133 se detalla la configuración del conector

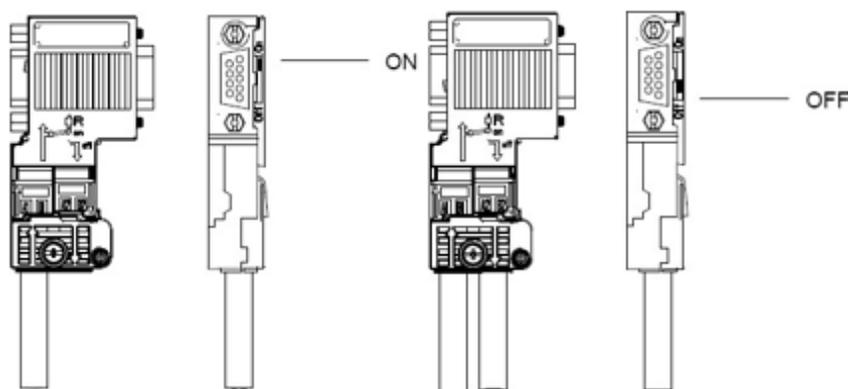


Figura 133. Conector PROFIBUS
Fuente: (Kollewin Technology Co., 2013)

- Una vez identificada la conexión del bus entre los equipos, proceder a crear un proyecto en el software SIMATIC MANAGER STEP 7.

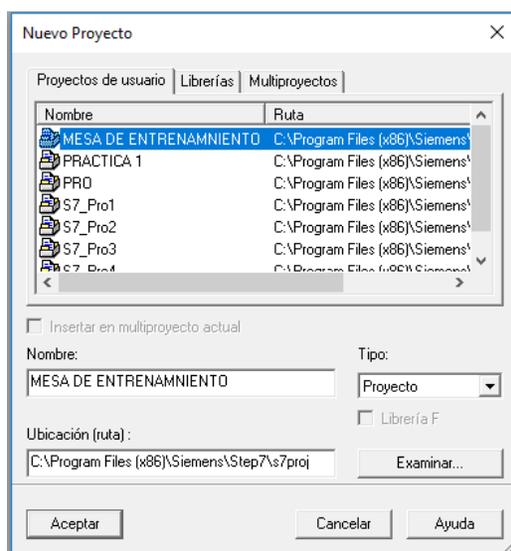


Figura 134. Crear un proyecto en SIMATIC MANAGER

- Creado el proyecto, se debe insertar un nuevo objeto, clic derecho en el nombre del proyecto, seleccionar Insertar nuevo objeto y seleccionar *SIMATIC 300*

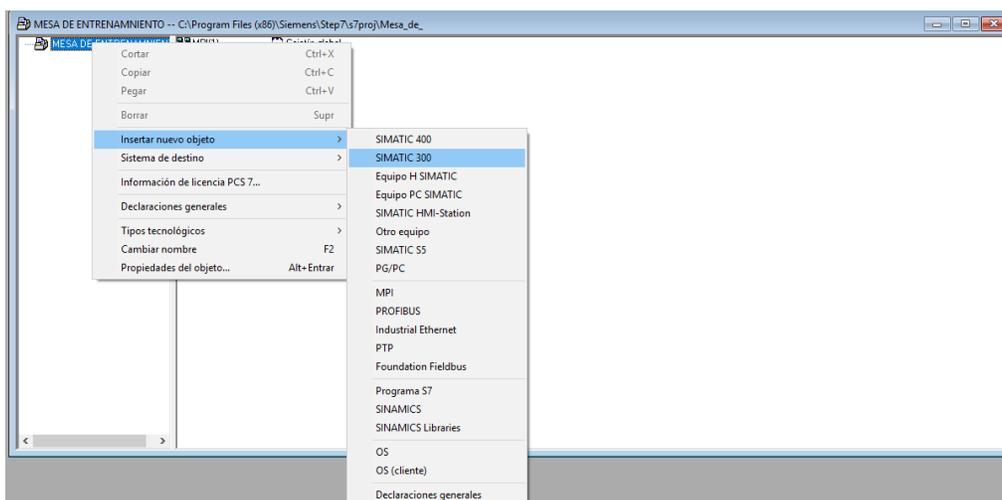


Figura 135. Insertar objeto SIMATIC 300

5. Se habilita la opción de Hardware, en esta opción clic derecho y abrir objeto

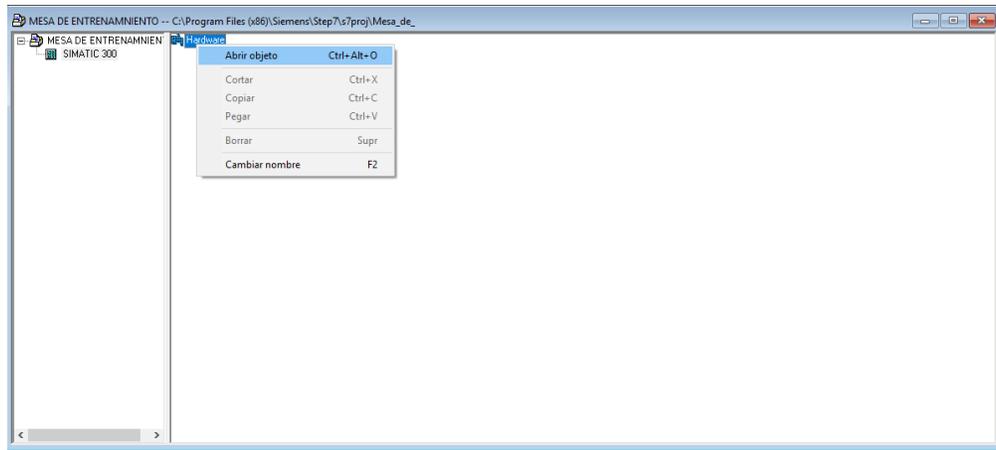


Figura 136. Abrir objeto SIMATIC 300

6. Se abre la ventana de configuración HWConfig en la cual se debe insertar y conectar los equipos utilizados, también se procede a configurar la comunicación

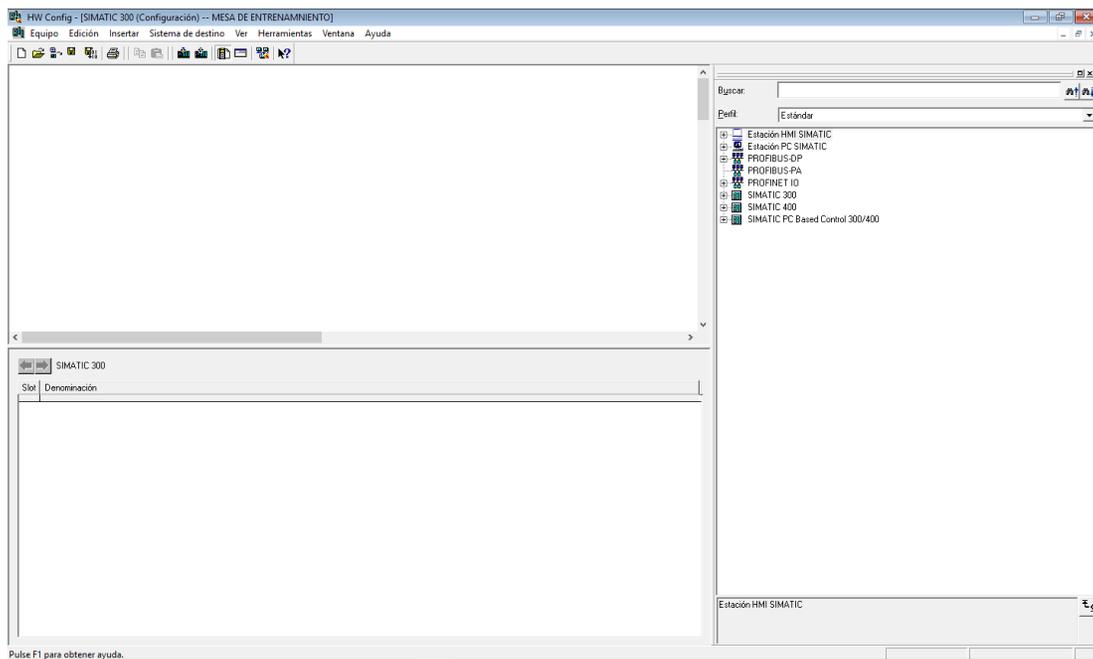


Figura 137. Ventana de configuración del proyecto

7. El siguiente paso es insertar los equipos físicos conectados de acuerdo a la Figura 132. Para ingresar el PLC y sus módulos, primero se debe ingresar el soporte en el cual se ubica el

elemento. Esta opción se encuentra en la ventana Catálogo de Hardware en la sección SIMATIC 300 – BASTIDOR 300 – Perfil soporte. Seleccionar y arrastrar hacia el área de trabajo.

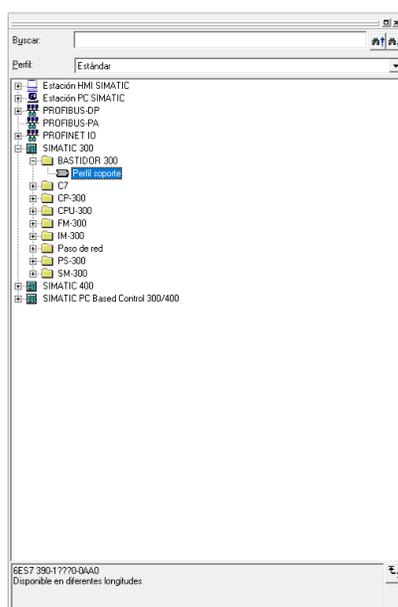


Figura 138. Selección del bastidor para el PLC y sus módulos

- Para ingresar el CPU del PLC y sus módulos, es necesario revisar la serie del equipo y su versión, estos códigos se encuentran en la parte frontal del equipo. Una vez identificado arrastrar hacia la ventana de trabajo desde la ventana Catálogo de Hardware

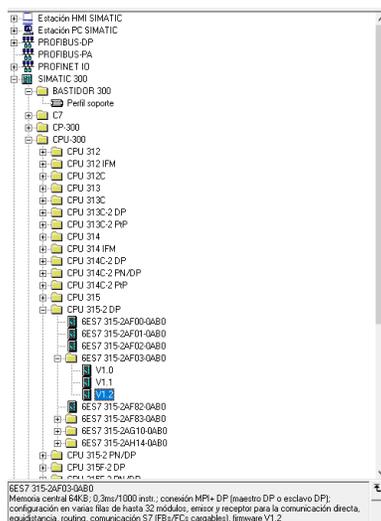


Figura 139. Insertar CPU 315-2DP

9. Al ingresar el CPU, se abre la ventana de propiedades para configurar la comunicación PROFIBUS, en la pestaña “Parámetros” ingresar la dirección establecida para el CPU de acuerdo a la Tabla 41 y clic en opción “Nueva”

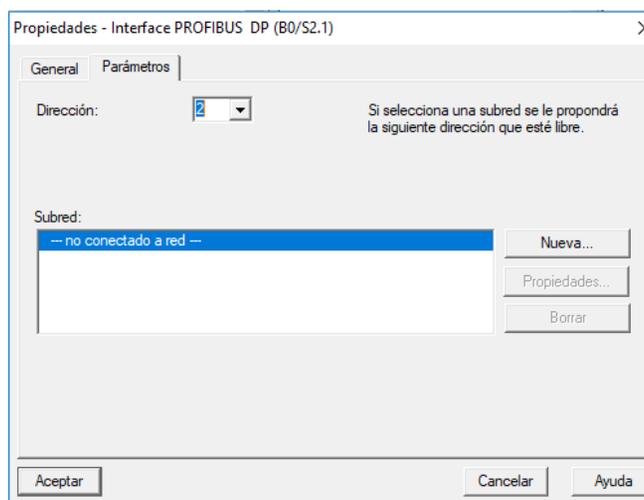


Figura 140. Parámetros red PROFIBUS del PLC

10. En la nueva ventana, se crea la red de comunicación PROFIBUS S7 300.

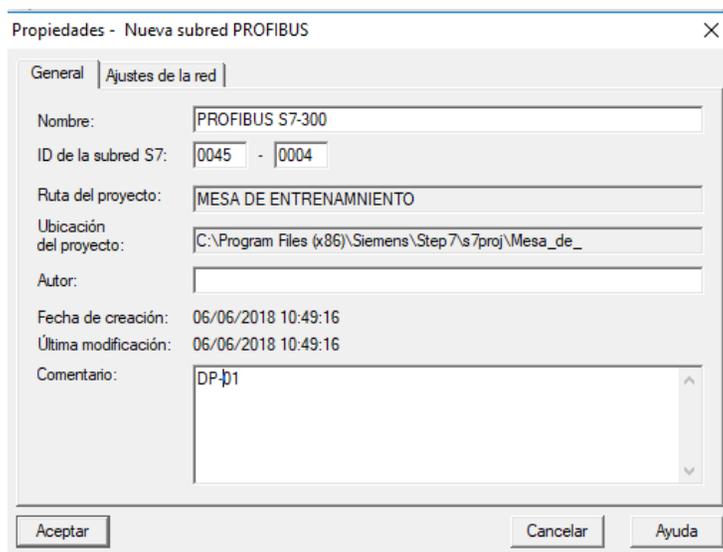


Figura 141. Propiedades generales red PROFIBUS del PLC

11. En la misma ventana en la pestaña “Ajustes de red” se establece la velocidad de transferencia en 1.5Mbit/s y el perfil en DP y clic en Aceptar.

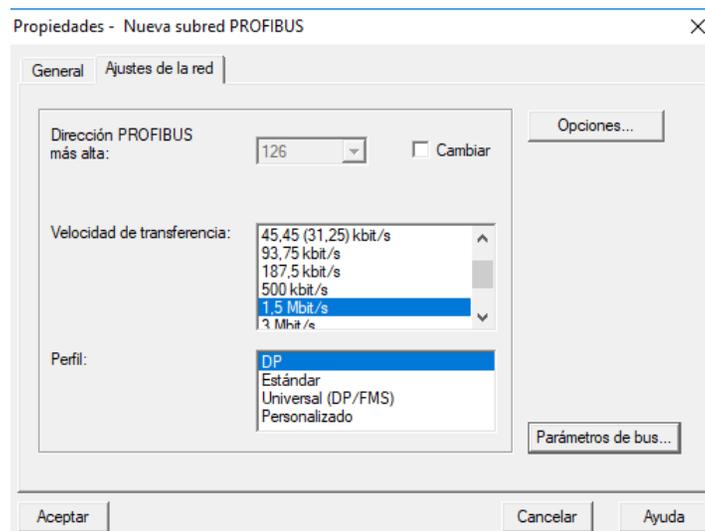


Figura 142. Ajustes de la red PROFIBUS del PLC

12. Ingresado y configurado el CPU, en la ventana de trabajo se visualiza la red creada. Ahora hay que insertar los demás elementos que se encuentran físicamente en el bastidor

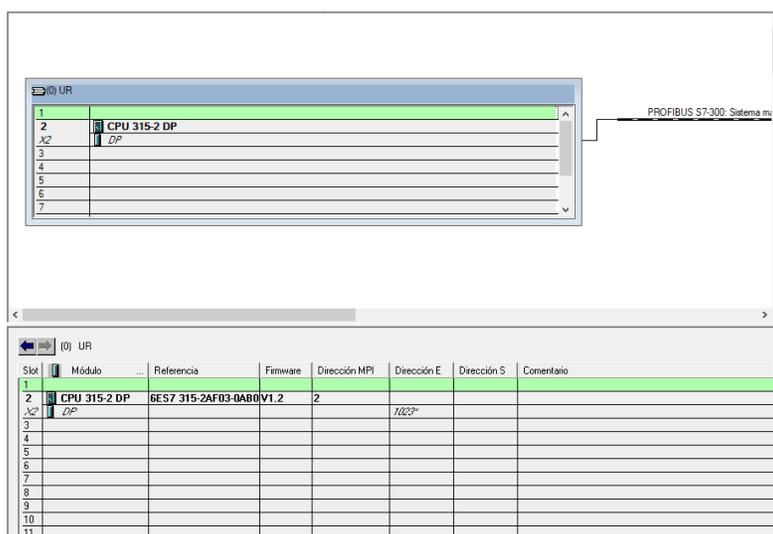


Figura 143. Red PROFIBUS creada

13. El siguiente paso es insertar los demás dispositivos que configuran la red, si no se encuentran disponibles en el software SIMATIC Manager, se debe descargar de la red los archivos GSD de cada uno e instalarlos. A continuación, se detalla el procedimiento para instalar un archivo GSD.

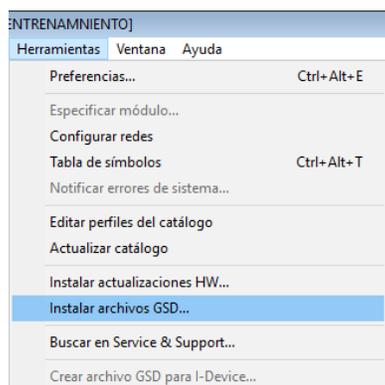


Figura 144. Instalar un archivo GSD

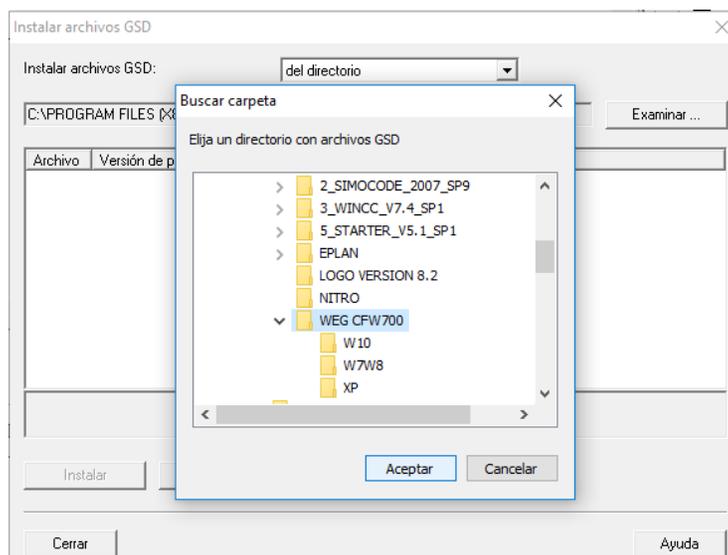


Figura 145. Selección del archivo GSD desde el directorio

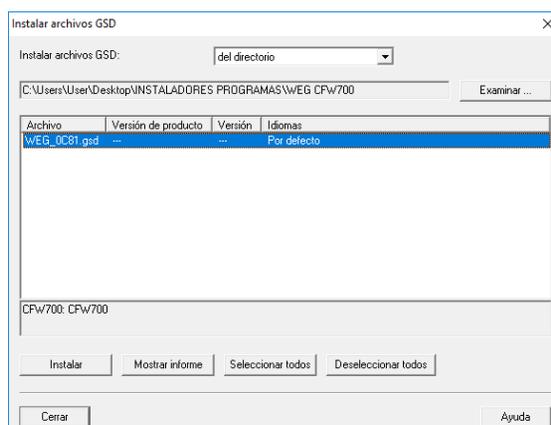


Figura 146. Instalación final de archivo GSD

14. Lo siguiente es ingresar los demás dispositivos que configuran la red de comunicación. El variador WEG se encuentra en la ventana Catálogo de Hardware en la sección PROFIBUS DP en la carpeta Otros aparatos de campo – Accionamientos – WEG – CFw700. Insertar el elemento en la ventana de configuración.



Figura 147. Selección del dispositivo WEG

15. Seleccionar e insertar el telegrama necesario de acuerdo a la aplicación a utilizar, al abrirse la ventana de propiedades del variador, ingresar en la pestaña parámetros la dirección 02 de acuerdo a la Tabla 41.

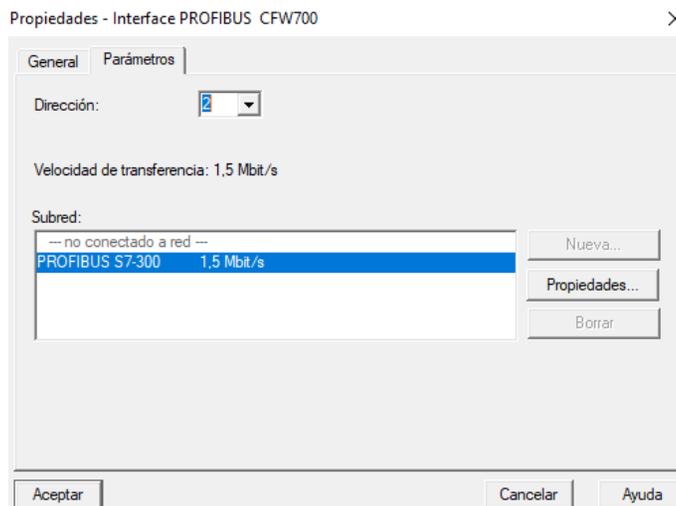


Figura 148. Asignación de dirección PROFIBUS al variador WEG

16. Seleccionar la opción Propiedades y en la pestaña Ajustes de Red seleccionar la velocidad de transmisión 1.5Mbit/s y perfil DP

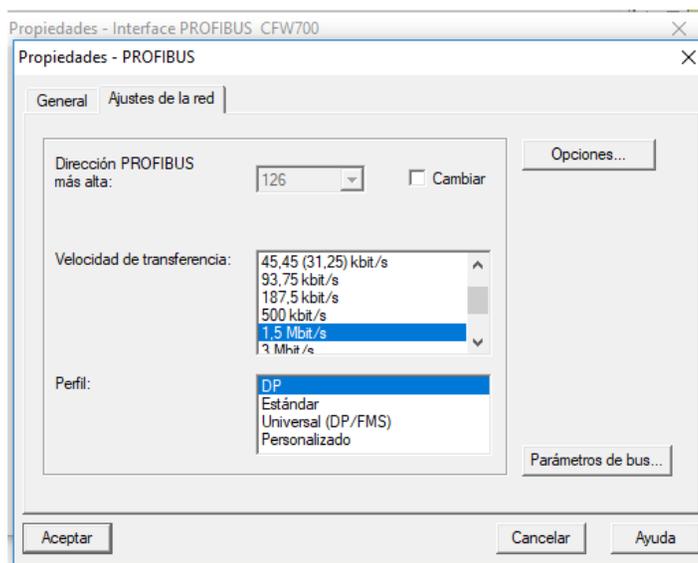


Figura 149. Velocidad de transferencia para el variador WEG

17. Una vez establecido los parámetros de interface PROFIBUS del variador CFW700, en la ventana de configuración se observa el icono del dispositivo configurado.

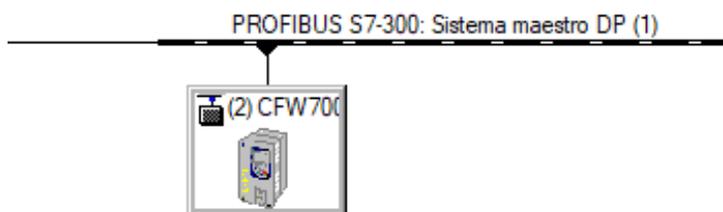


Figura 150. Variador CFW700 configurado

18. Los dispositivos SIMOCODE, se inserta desde la ventana Catálogo de Hardware, sección PROFIBUS DP en la carpeta Aparatos de maniobra – Motor Management System – SIMOCODE pro V (Basic Type 2).

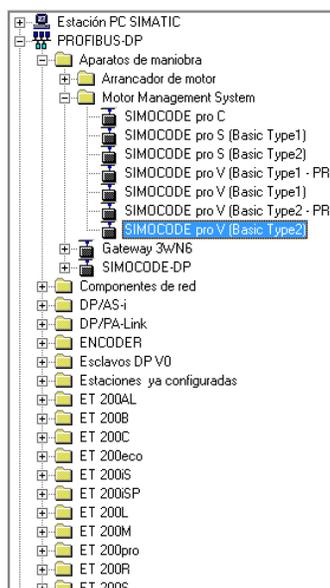


Figura 151. Selección de dispositivo SIMOCODE

19. En la ventana de propiedades configurar la dirección PROFIBUS 03 para el SIMOCODE 480VAC y 04 para el SIMOCODE 220VAC, como se detalla en la Tabla 41

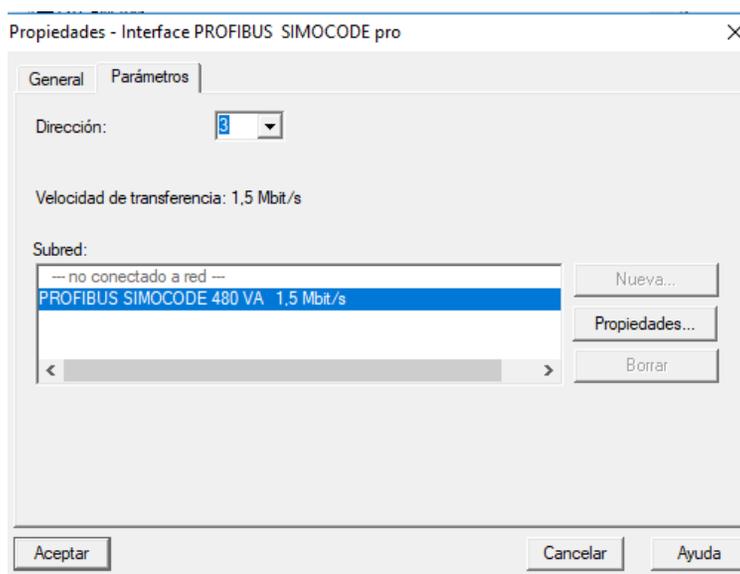


Figura 152. Asignación dirección PROFIBUS al SIMOCODE PRO-V

20. Seleccionar la opción Propiedades y en la pestaña Ajustes de Red seleccionar la velocidad de transmisión 1.5Mbit/s y perfil DP

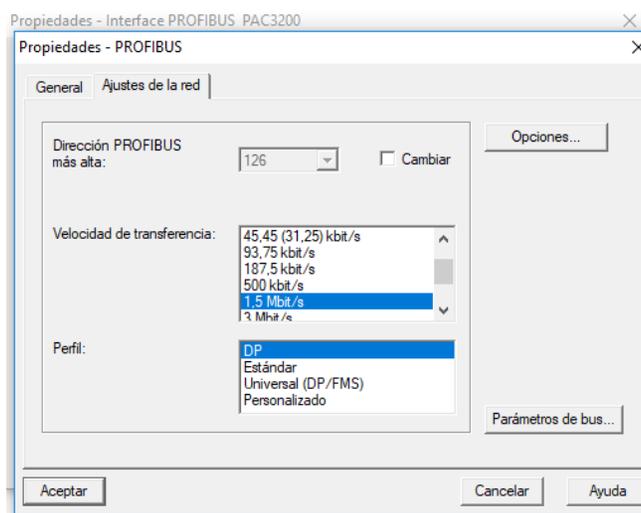


Figura 153. Velocidad de transferencia para los SIMOCODE

21. Una vez establecido los parámetros de interface PROFIBUS de ambos SIMOCODE PRO - V, en la ventana de configuración se observa el icono de cada dispositivo configurado.

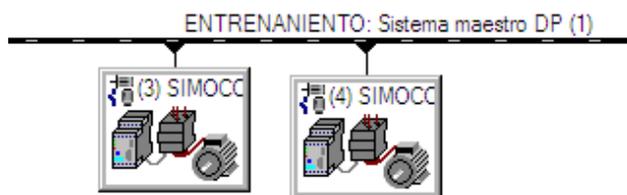


Figura 154. SIMOCODE PRO-V configurado

22. El último elemento de la red es el SENTRON PAC 3200, este se inserta desde la ventana Catálogo de Hardware, sección PROFIBUS DP en la carpeta SENTRON – Medidores multifuncionales – PAC3200. De acuerdo a los parámetros que se vaya a utilizar seleccionar los telegramas e insertar en la venta de configuración.



Figura 155. Selección de dispositivo SENTRON PAC 3200

23. En la ventana de propiedades configurar la dirección PROFIBUS 05 para el SENTRON PAC 3200, como se detalla en la Tabla 41.

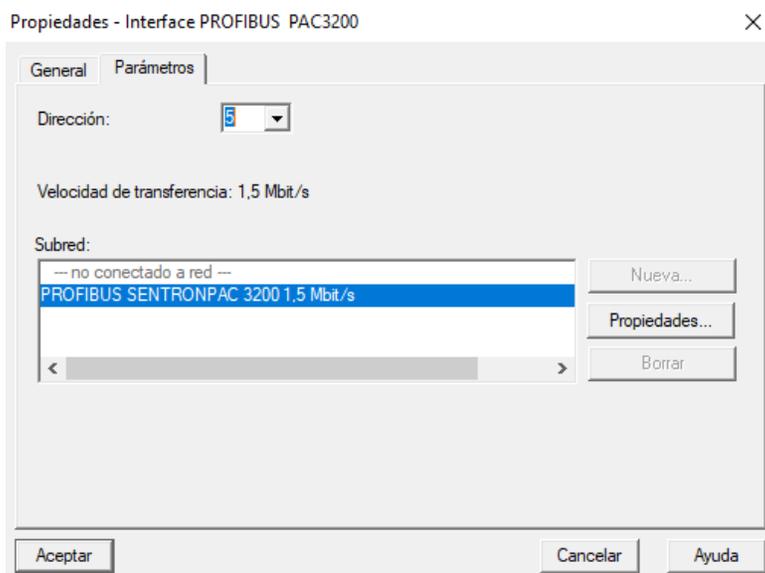


Figura 156. Asignación dirección PROFIBUS al SENTRON PAC 3200

24. Seleccionar la opción Propiedades y en la pestaña Ajustes de Red seleccionar la velocidad de transmisión 1.5Mbit/s y perfil DP

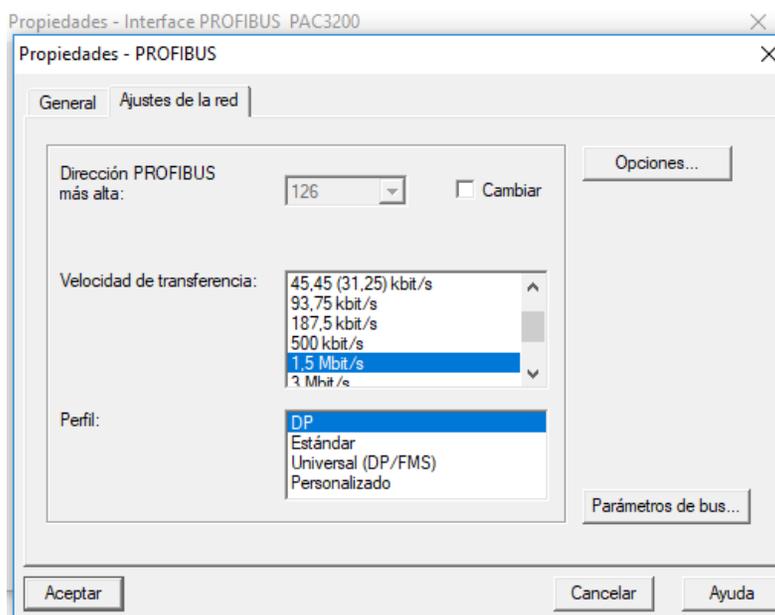


Figura 157. Velocidad de transferencia para el SENTRON PAC 3200

25. Una vez establecido los parámetros de interface PROFIBUS del SENTRON PAC, en la ventana de configuración se observa toda la red PROFIBUS configurada.

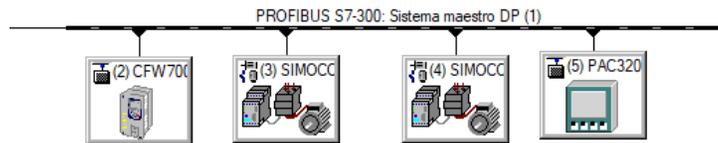


Figura 158. Red PROFIBUS configurada

Preguntas:

- Describe la arquitectura Maestro/Esclavo
- ¿Si los equipos no se encuentran en el Catálogo de hardware del software SIMATIC Manager, que debe hacer?

5.4.6. Guía de Práctica N°6

TEMA: Integración de Sistemas Eléctricos

OBJETIVOS

General

Integrar todos los sistemas eléctricos con los que cuenta el Sistema de Entrenamiento simulando un proceso de la industria cementera UNACEM.

Específicos

- Realizar el control del proceso de ensacado del cemento, mediante el uso del PLC S7-300
- Monitorear los parámetros más importantes de la red eléctrica mediante el uso del SENTRON PAC 3200
- Configurar la comunicación PROFIBUS DP de los sistemas eléctricos del Sistema de Entrenamiento Maestro – Esclavo.
- Realizar un HMI del proceso del ensacado del cemento.

Materiales y Equipos

- Computador Principal con Software STEP 7, WINCC y SIMOCODE ES 2007
- Switch D-Link 8 puertos.
- PLC Siemens S7-300
- Fuente 24VDC
- Módulo de comunicación Ethernet CP343-1 Lean
- 02 Módulos de Entradas Análogas 2x12 bit

- Módulo de Salidas Análogas 2x12 bit.
- Módulo de Entrada Digital 16 DI
- Módulo de Salida Digital 16 DO
- Cable Ethernet RJ45
- Conectores y cable Profibus
- SENTRON PAC 3200
- Módulo de ampliación PAC PROFIBUS DP
- 03 transformadores de corriente 150/5 A
- 02 SIMOCODE Pro V
- 02 Módulo digital, salidas de relé monoestables, tensión de entrada 110-240V AC/DC
- 02 Módulo de medida de intensidad 10-100A
- 02 Cable de intercomunicación 0.025m y 0.1m
- Variador de Frecuencia WEG CFW700 10 HP
- KIT PROFIBUSDP-01 WEG
- Conectores y cable Profibus
- Botonera multifunción
- Cables tipo banana

Descripción de la Guía de Practica

La práctica integra todos los dispositivos ya entrenados en las prácticas anteriores: variador de frecuencia, control de motores y parámetros de la red. La integración se la lleva a cabo mediante el uso de un HMI implementado sobre una PC. El diseño de las pantallas debe poseer un estilo

similar al ya implementado en la cementera UNACEM. La práctica constituye en el control y supervisión de todos los componentes del sistema de entrenamiento simulando el ensacado del cemento.

Secuencia del Proceso

El proceso de elaboración de cemento culmina con su envasado. Existen dos formas para envasar el producto, la primera es con el cemento a granel que se extrae directamente de los silos de almacenamiento y llevado a los camiones para su distribución. La segunda es en sacos de cemento para lo cual se extrae de los silos disponibles. En su interior cuenta con válvulas cuchilla y válvulas reguladoras que reducen y dosifican el material. Estos silos poseen en su parte inferior dos sopladores y permiten que el material caiga en tuberías conectadas hacia el exterior de los silos.

Luego el cemento cae sobre ductos los cuales contienen dos sopladoras y dos válvulas que regulan el paso del material hacia un elevador de cangilones accionado por un motor eléctrico. Este elevador a través de sus ductos recoge el material y arroja el cemento en una banda transportadora conectada a una ensacadora automática. El cemento que no ingresa a la ensacadora se acumula en la parte inferior y mediante bandas es llevado nuevamente al elevador, evitando el desperdicio de material.

HMI monitoreo remoto

El HMI representa el proceso de ensacado de cemento para lo cual hace uso de:

- Colector de polvo 480-VENT, asociado al arranque directo SIMOCODE PRO V 480VAC
- Soplador de polvo 220-BOM, asociado al arranque directo SIMOCODE PRO V 220VAC

- Válvula regulable uso de potenciómetro en botonera multifunción (manual), al 50% (automático)
- Elevador 480-MTW, asociado al VDF CFW700.
- Supervisión de Parámetros de la red mediante multimedidor SENTRON PAC 3200.
- Para control manual de los sistemas eléctricos hacer uso de la botonera propia a cada uno de estos.
- Cuadro de Alarmas del Proceso.
- Pantalla de acciones y eventos necesarios en cada uno de los sistemas eléctricos.

Procedimiento

1. Configurar el PLC S7-300 incluyendo todos sus módulos disponibles y establecer la comunicación Ethernet con la Computadora Principal.
 - a) Abrir el software STEP 7 ubicado en el escritorio de la computadora principal, dando doble clic en Administrador SIMATIC.
 - b) Crear un nuevo proyecto con el nombre de MESA DE ENTRENAMIENTO. Ver Figura 159.

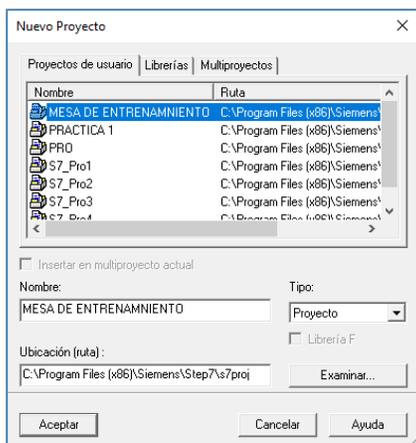


Figura 159. Nuevo Proyecto STEP 7

- c) En el nuevo proyecto MESA DE ENTRENAMIENTO, clic derecho – Insertar nuevo objeto – SIMATIC 300. Ver Figura 160.

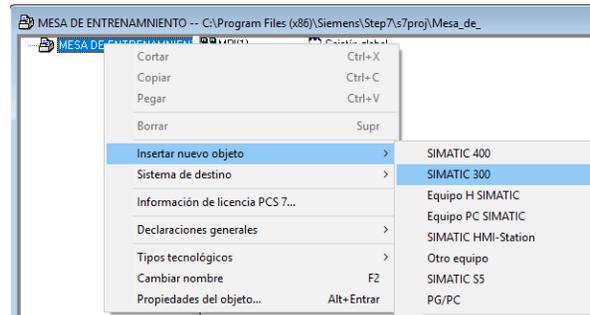


Figura 160. Nuevo objeto SIMATIC 300 STEP 7

- d) Una vez añadido el Hardware, clic derecho – Abrir Objeto. Ver Figura 161.

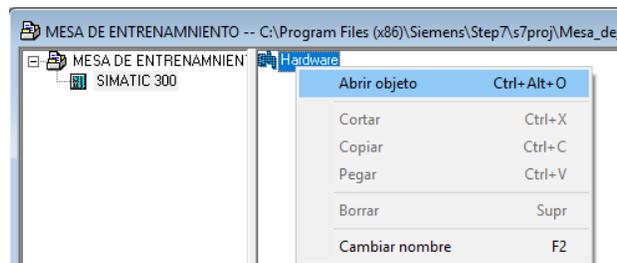


Figura 161. Hardware SIMATIC 300 STEP 7

- e) Una vez abierto el objeto proceder a insertar todo el hardware disponible, primeramente insertar el Perfil soporte para SIMATIC 300, dando doble clic sobre este. Ver Figura 162.

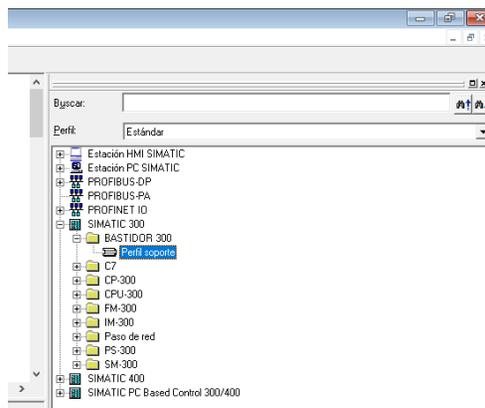


Figura 162. Insertar Perfil soporte SIMATIC 300 STEP 7

f) Insertar la CPU 315-2 DP - 6ES7 315-2AF03-0AB0 - V1.2, dar doble clic. Ver Figura 163.

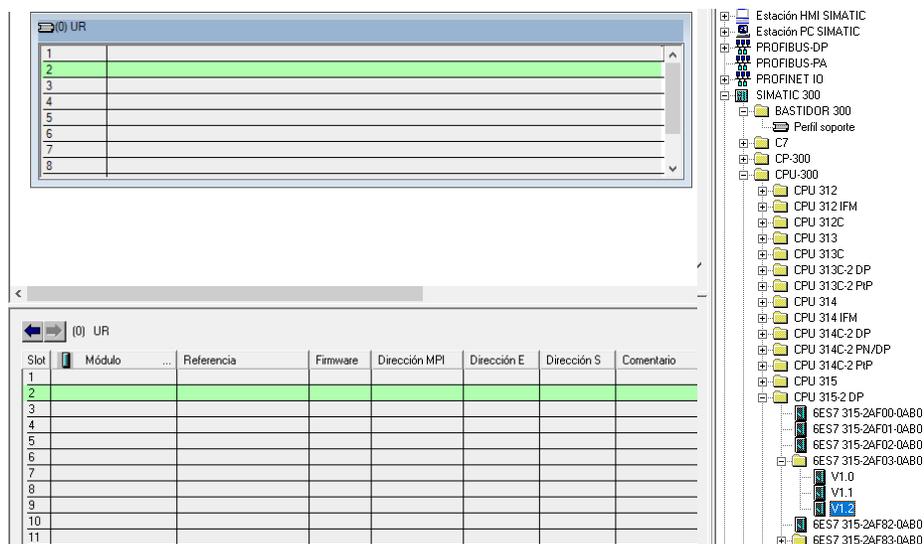


Figura 163. CPU 315-2 DP STEP 7

g) Configurar los parámetros de la interface PROFIBUS DP, asignar la dirección 2 al PLC, clic en Nueva (ver Figura 164), en la pestaña General modificar los campos Nombre y comentario, en la pestaña Ajustes de red modificar la velocidad de transferencia a 1.5Mbps/s y Perfil DP. Clic en Aceptar (ver Figura 165).

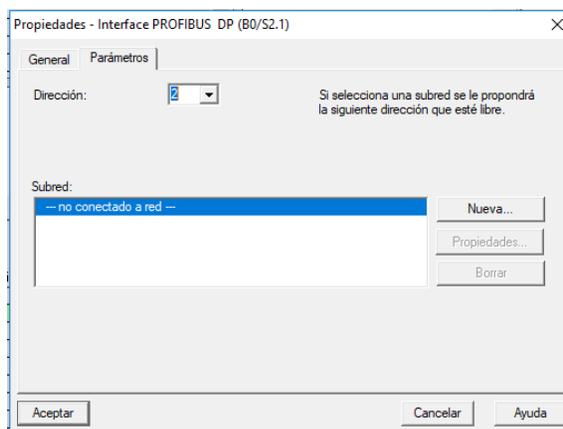


Figura 164. Propiedades Interface PROFIBUS DP

CONTINÚA

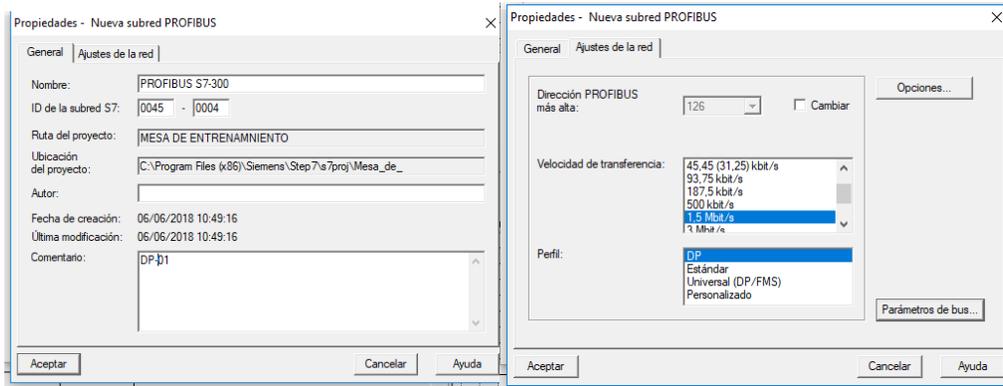


Figura 165. Pestañas General y Ajustes de red - red PROFIBUS DP

- h) Añadir al bastidor el módulo de comunicación Ethernet, para cargar el proyecto a través de este al PLC S7-300. El módulo Ethernet es el CP 343-1 Lean 6GK7 343-1CX10-0XE0 V2.0, dar doble clic para añadirlo. (Ver Figura 166)

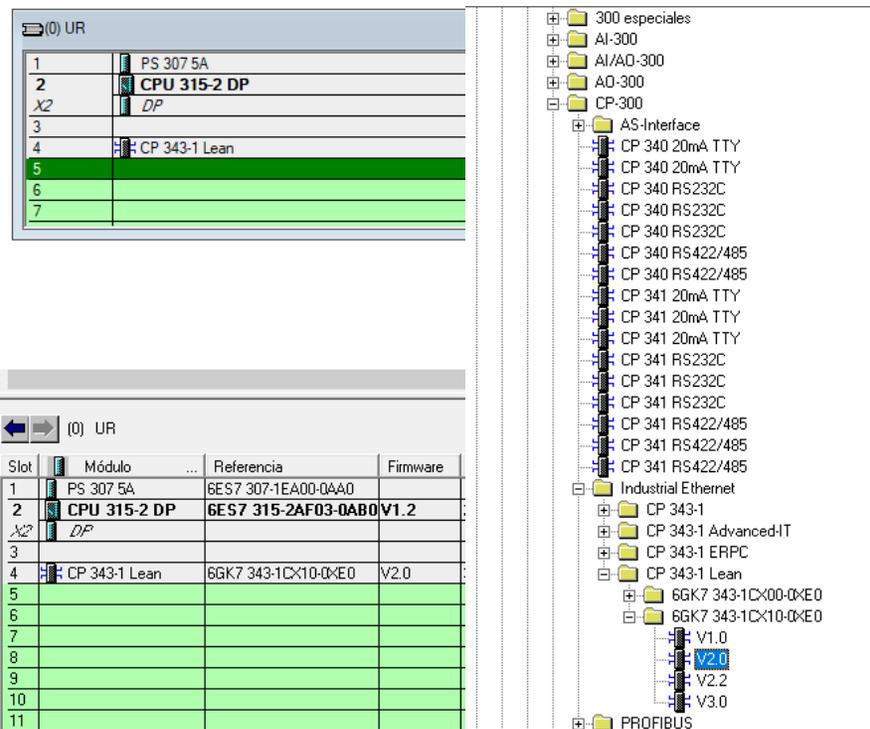


Figura 166. Modulo Ethernet CP 343-1 Lean STEP 7

- i) Configurar las propiedades para la CP 343-1 Lean insertada, clic en Propiedades, en la pestaña de Parámetros configurar la Dirección IP: 192.168.0.1 y la máscara de subred: 255.255.255.0, clic en nueva y asignamos el nombre de Ethernet, clic en Aceptar. Ver Figura 167.

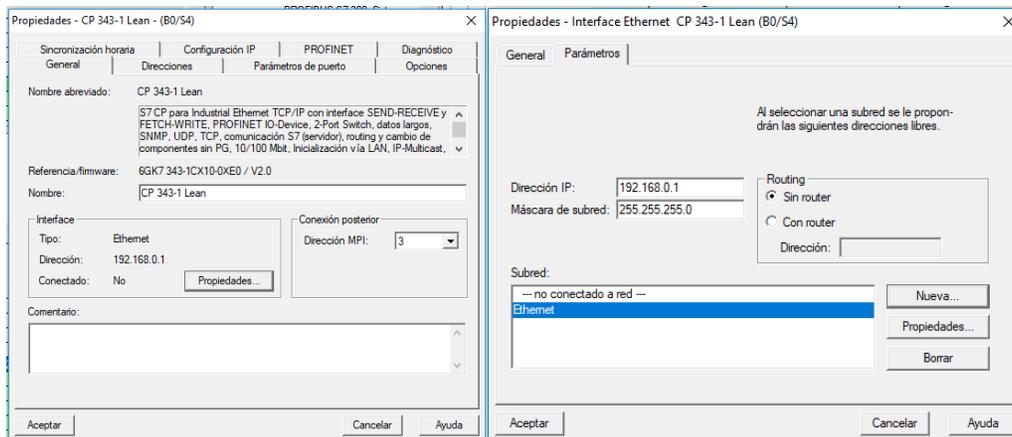


Figura 167. Propiedades CP 343-1 Lean STEP 7

- j) Añadir al bastidor el primer módulo de entrada analógica disponible (A1.2) AI 2x12Bit 6ES7 331-7KB02-0AB0, dar doble clic para añadirlo. (Ver Figura 168)

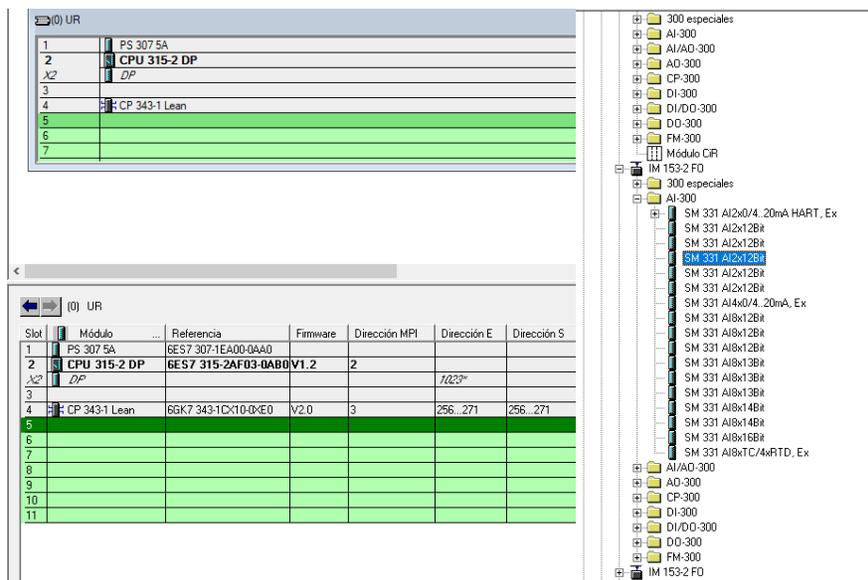


Figura 168. Módulo AI 2x12 (A1.2) Bits STEP 7

- k) Configurar las propiedades del módulo de entrada analógica A1.2 (AI2x12Bit), el dado del módulo se encuentra configurado para tipo de medición 0-10 V. Clic en Aceptar (Ver Figura 169)

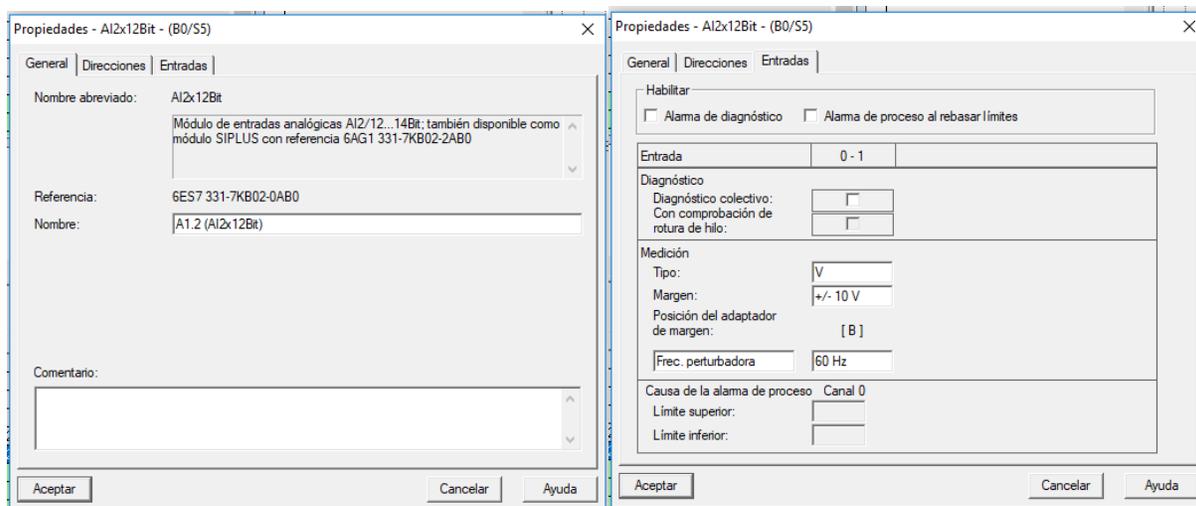


Figura 169. Propiedades A1.2 - AI2x12Bit STEP 7

- l) Añadir al bastidor el segundo módulo de entrada analógica disponible (A1.3) AI 2x12Bit 6ES7 331-7KB02-0AB0, dar doble clic para añadirlo. (Ver Figura 170).
- m) Configurar las propiedades del módulo de entrada analógica A1.3 (AI2x12Bit), el dado del módulo se encuentra configurado para tipo de medición TM4H (4 hilos) 4 – 20mA. Clic en Aceptar (Ver Figura 171)
- n) Añadir al bastidor el módulo de salida analógica disponible (A1.4) AO 2x12Bit 6ES7 332-5HB01-0AB0, dar doble clic para añadirlo. (Ver Figura 172).
- o) Configurar las propiedades del módulo de salida analógica A1.4 (AO2x12Bit), el dado del módulo se encuentra configurado para la salida 0 de 0-10V y la salida 1 de 4 – 20mA. Clic en Aceptar (Ver Figura 173)

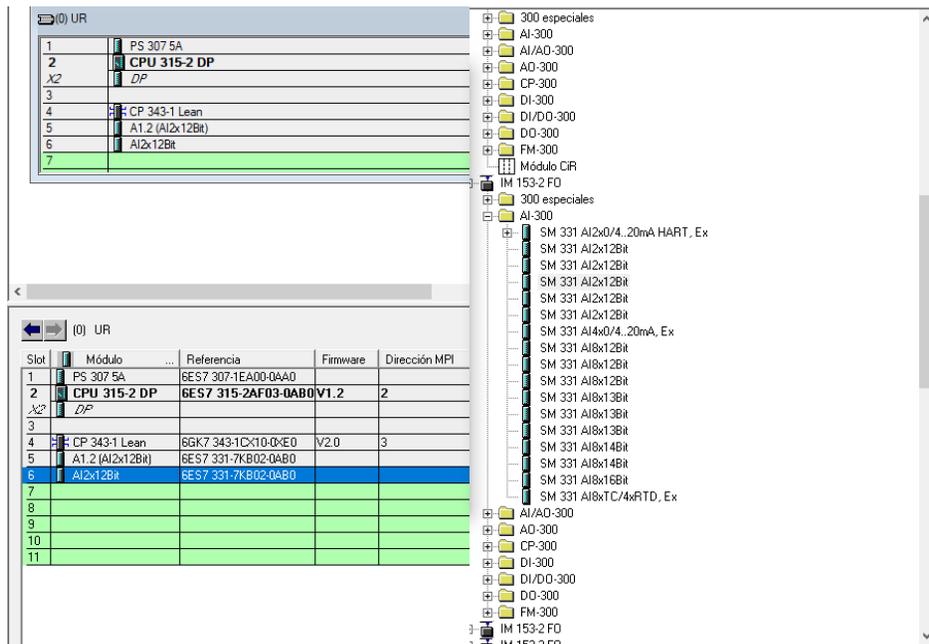


Figura 170. Módulo AI 2x12 Bit (A1.3) STEP 7

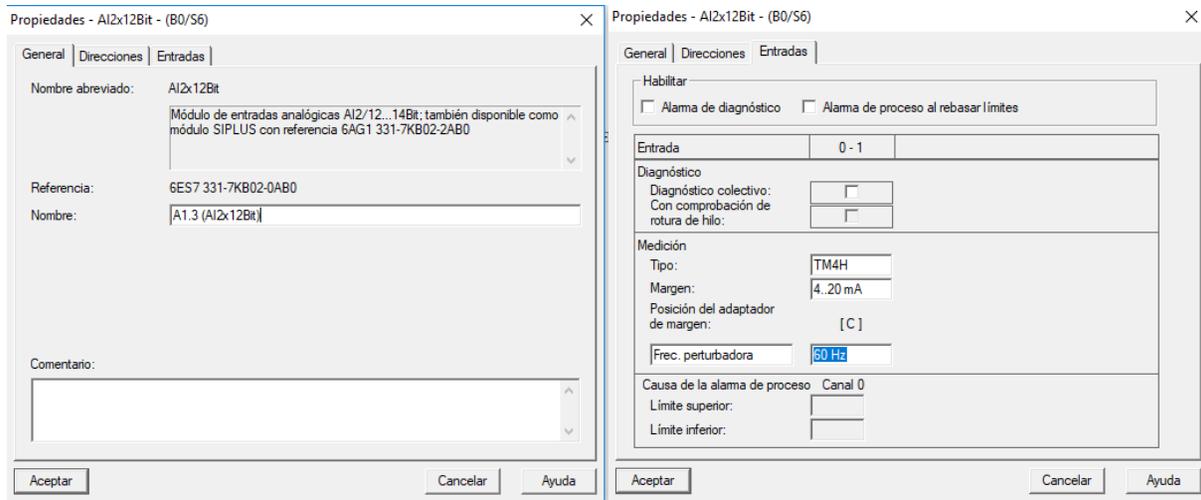


Figura 171. Propiedades A1.3 - AI2x12Bit STEP 7

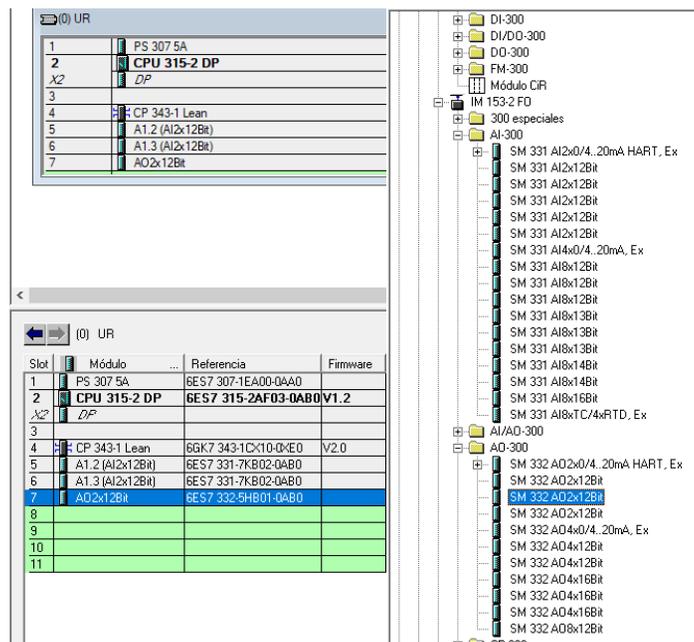


Figura 172. Módulo AO 2x12 Bit (A1.4) STEP 7

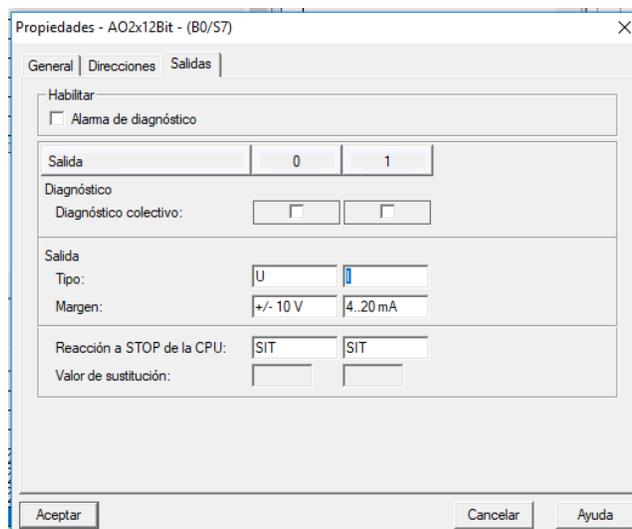


Figura 173. Propiedades Módulo AO 2x12 Bit (A1.4) STEP 7

- p) Añadir al bastidor el módulo de entrada digital disponible (A1.5) DI 16xAC120 6ES7 321-1FH00-0AA0, dar doble clic para añadirlo. (Ver Figura 174). El módulo se deberá colocar en la dirección 0 y 1 de las entradas.

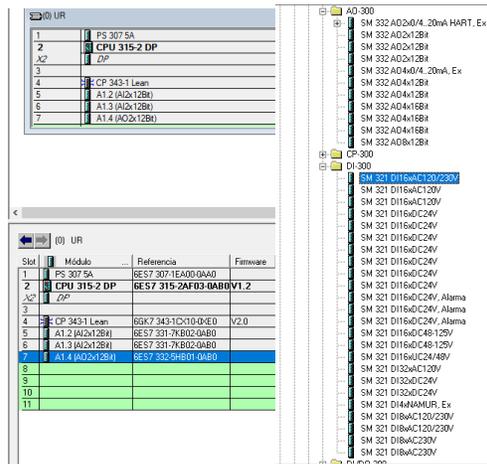


Figura 174. Módulo DI 16xAC120 (A1.5) STEP 7

q) Añadir al bastidor el módulo de salida digital disponible (A1.6) DO 16xRel 6ES7 321-1HH01-0AA0, dar doble clic para añadirlo. (Ver Figura 175). El módulo se deberá colocar en la dirección 0 y 1 de las salidas.

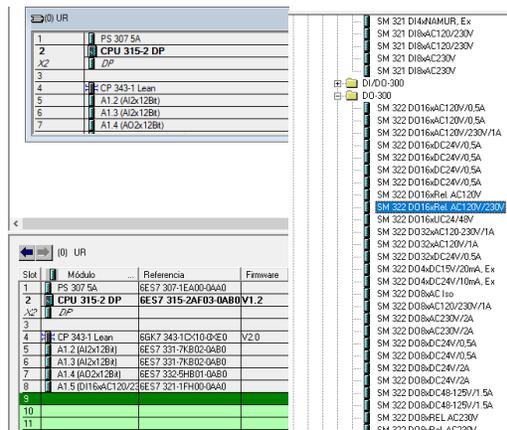


Figura 175. Módulo DO 16xRel (A1.6) STEP 7

2. Identificar la conexión de los Sistemas Eléctricos de acuerdo con la Figura 176, y establecer la dirección PROFIBUS DP para cada uno de acuerdo con la Tabla 42. Establecer la red PROFIBUS DP usando la Guía de Práctica N° 5.

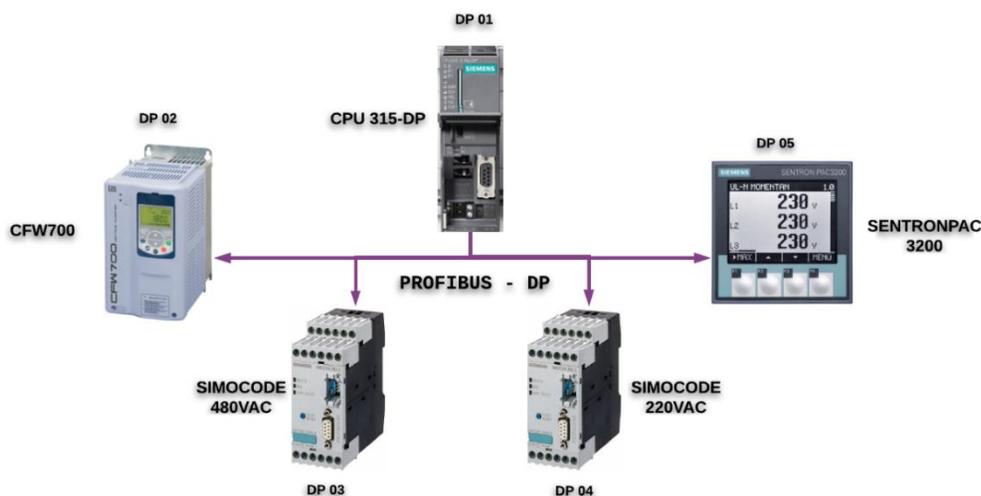


Figura 176. Red PROFIBUS DP - Sistemas Eléctricos

Tabla 42.

Dirección PROFIBUS DP - Sistemas Eléctricos

EQUIPO	ARQUITECTURA	DIRECCION PROFIBUS
CPU 315 -2DP	Maestro	01
Variador WEG CFW700	Esclavo	02
Simocode PRO-V (Alimentación de 480VAC)	Esclavo	03
Simocode PRO-V (Alimentación de 220VAC)	Esclavo	04
SETRON PAC 320	Esclavo	05

3. Asignar las siguientes direcciones IP y máscara de subred, de acuerdo a la Tabla 43.

Tabla 43.

Direcciones IP - Sistema de Entrenamiento

EQUIPO	Dirección IP	Mascara
PLC S7-300	192.168.0.1	255.255.255.0
Computador Principal	192.168.0.2	255.255.255.0

4. Desarrollar un programa en el PLC S7-300 que cumpla con las especificaciones de funcionamiento.

a) Monitoreo de los parámetros relevantes de la red eléctrica definidos en el telegrama del SENTRON PAC 3200, haciendo uso de la Guía de Practica N°1.

- b) Monitoreo y control de los eventos y acciones para el arranque directo con inversión de giro con el uso del SIMOCODE PRO V en la tensión de 480VAC y 220VAC, todos los eventos y acciones se encuentran definidos en el telegrama haciendo uso de la Guía de Practica N°2.
 - c) Monitoreo y control de los eventos y acciones para el arranque con VDF, con el uso del WEG CFW700 en la tensión de 480VAC, todos los eventos y acciones se encuentran definidos en el telegrama haciendo uso de la Guía de Practica N°3.
 - d) Control manual y automático de válvula por medio de entrada análoga.
5. Desarrollar un interfaz HMI para el control y supervisión remota en el computador principal, que cumpla con las características propuestas en la práctica. Las pantallas deben poseer un estilo similar al ya implementado en la cementera UNACEM con una simulación del ensacado del cemento.
- a) Crear la pantalla de inicio, la cual consta del logo de la empresa, un mensaje de bienvenida al sistema de entrenamiento y en la parte inferior derecha la fecha y hora. Para acceder a la siguiente ventana se debe presionar sobre el botón “INGRESAR”, como se muestra en la Figura 177.



Figura 177. Presentación Inicial

- b) Crear la representación del ensacado del cemento, tal como se indica en el apartado “Descripción del proceso” (ver Figura 178).
- c) Crear un apartado de todas las alarmas de los diferentes sistemas eléctricos, que se puedan generar durante el proceso y que permitan tomar las acciones necesarias para la solución de estas. (Ver Figura 179)
- d) Crear la ventana de los Parámetros eléctricos de la red, a esta ventana se accede desde el botón “Parámetros de Red” ubicado en el panel de navegación en la parte inferior. Esta ventana permite observar los parámetros más relevantes del sistema de entrenamiento como el voltaje y corriente de cada una de sus fases, el voltaje entre fases, potencia, frecuencia de red y factor de potencia. (Ver Figura 180)

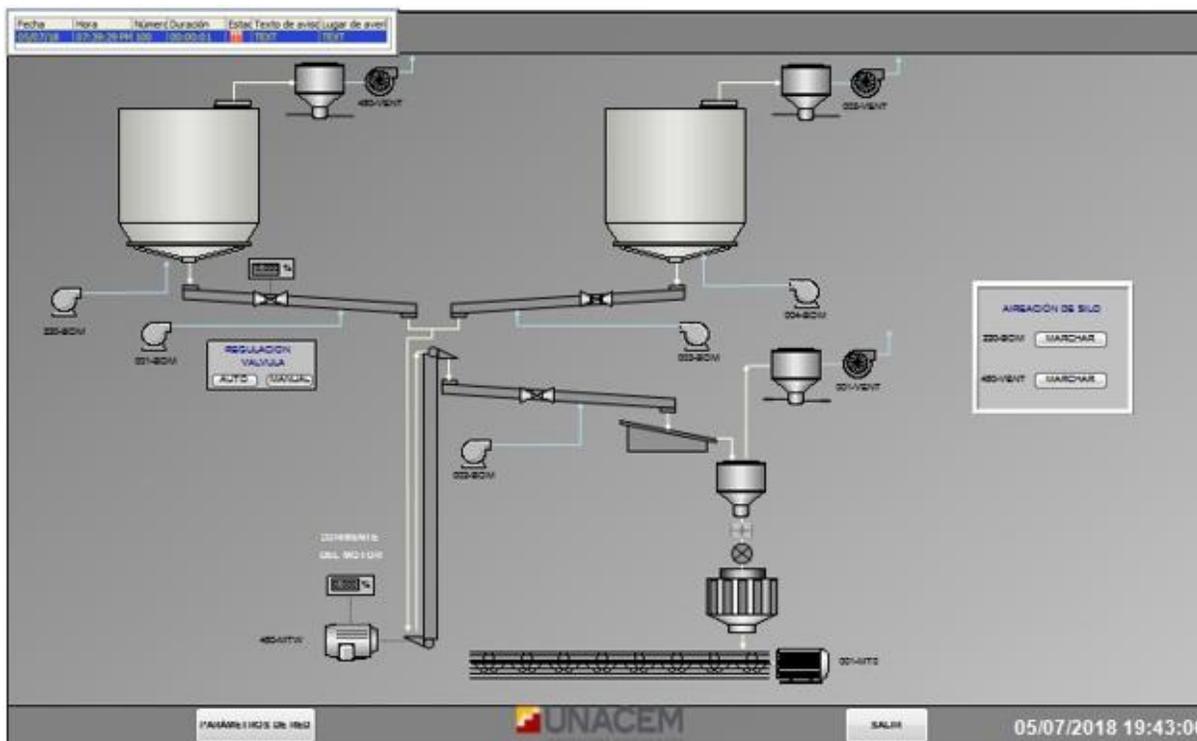


Figura 178. Proceso ensacado del cemento

Fecha	Hora	Número	Duración	Estado	Texto de aviso	Lugar de aviso
05/07/18	07:39:29 PM	100	00:00:01		TEXT	TEXT

Figura 179. Alarmas del Proceso

PARÁMETROS DE RED					
TENSIÓN			CORRIENTE		
L1-N	0,000	L1-L2	0,000	L1	0,000
L2-N	0,000	L2-L3	0,000	L2	0,000
L3-N	0,000	L3-L1	0,000	L3	0,000
POTENCIA			FRECUENCIA DE RED		
S TOTAL	0,000	FRECUCIA DE RED		0,000	
P TOTAL	0,000	fp TOTAL		0,000	
Q TOTAL	0,000				
CERRAR					

Figura 180. Parámetros de Red Eléctrica

e) Crear la ventana de control y supervisión de los eventos para el arranque directo con giro reversible con el uso de sistema eléctrico SIMOCODE PRO V con una tensión de 220 VAC, soplador del silo, denominado 220-BOM. Se puede acceder a la configuración y visualización de los parámetros del elemento denominando dando un clic sobre este como muestra la Figura 181. Las acciones y eventos se encuentran definidos en su telegrama. (Ver Figura 182)

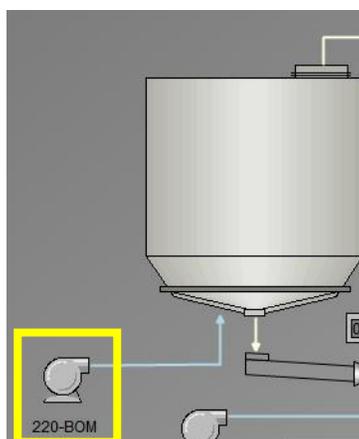


Figura 181. Acceso a 220-BOM

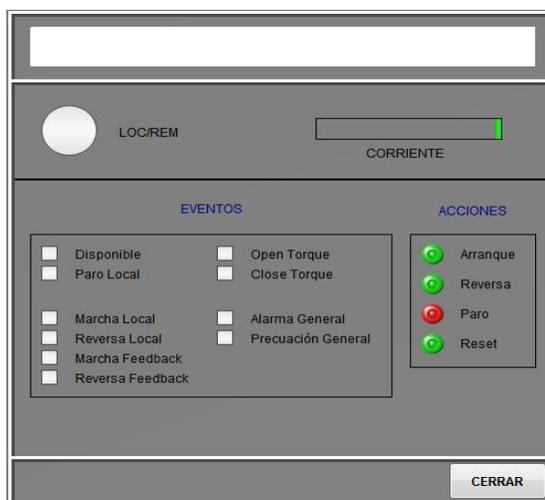


Figura 182. Ventana de control y supervisión 220-BOM

f) Crear la ventana de control y supervisión de los eventos para el arranque directo con giro reversible con el uso de sistema eléctrico SIMOCODE PRO V con una tensión de 480 VAC, colector de polvo del silo, denominado 480-VENT. Se puede acceder a la configuración y visualización de los parámetros del elemento denominado dando un clic sobre este como se muestra en la **Figura 183**. Las acciones y eventos se encuentran definidos es su telegrama. (Ver Figura 184)

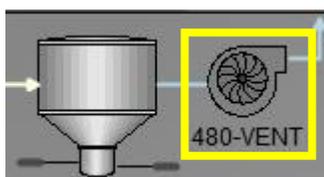


Figura 183. Acceso a 480-VENT

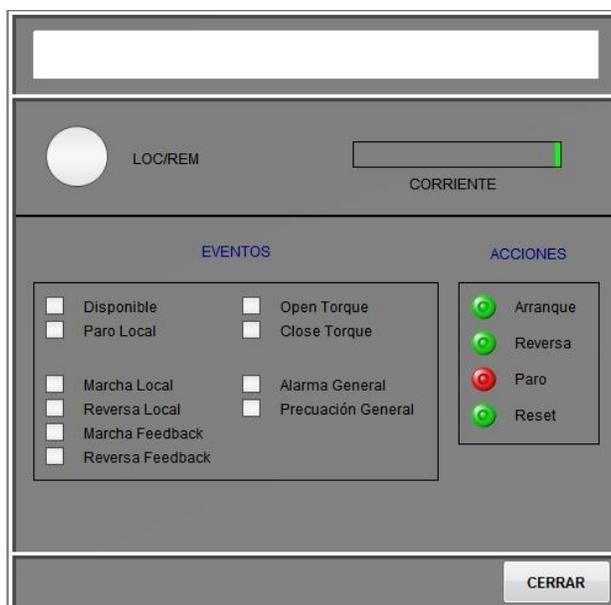


Figura 184. Ventana de control y supervisión 480-VENT

g) Crear la ventana de control y supervisión de los eventos para el arranque de motor con variador de frecuencia con el uso de sistema eléctrico WEG CFW700 con una tensión de 480 VAC, elevador de producto, denominado 480-MTW. Se puede acceder a la configuración y

visualización de los parámetros del elemento denominado dando un clic sobre este como se muestra en la Figura 185. Las acciones y eventos se encuentran definidos en su telegrama. (Ver Figura 186)



Figura 185. Acceso a 480-MTW

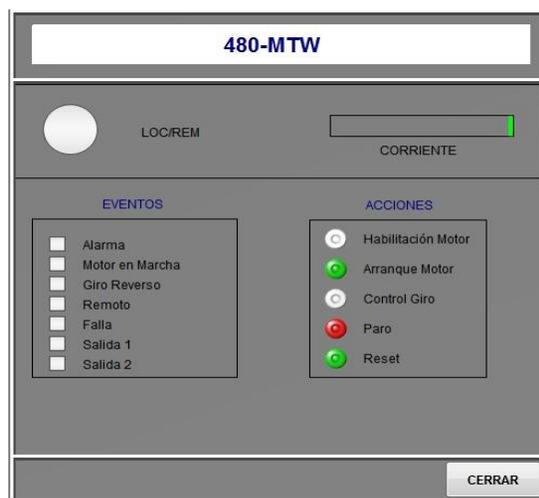


Figura 186. Ventana de control y supervisión 480-MTW

- h) Crear la regulación de la válvula de paso del producto para un modo manual y automático, el porcentaje de apertura se visualizará en la parte superior de la válvula como se muestra en la Figura 187.



Figura 187. Regulación apertura de válvula

- i) Crear acceso rápido para arranque de motores 220-BOM soplador de silo y 480-VENT colector de polvo de silo como se muestra en la Figura 188.



Figura 188. Acceso rápido para arranques

6. Realizar el arranque independiente de los sistemas eléctricos con control local, mediante la botonera propia a cada uno de estos y visualizar el estado en el HMI.
7. Realizar el arranque independiente de los sistemas eléctricos con control remoto, mediante el HMI y visualizar el estado de cada uno.

Preguntas

- a) Detalle las ventajas y desventajas de utilizar el protocolo de comunicación industrial PROFIBUS DP, utilizado en la práctica.
- b) Determine las principales características de los sistemas eléctricos utilizados en la práctica.
- c) Detalle los beneficios de un HMI para el control y supervisión de un proceso.

CAPÍTULO VI

PRUEBAS Y RESULTADOS

En el presente capítulo se presenta los resultados obtenidos de acuerdo a las pruebas realizadas, las cuales fueron enfocadas a la correcta interconexión de los sistemas eléctricos, uso del software, el correcto funcionamiento y parametrización de cada uno de estos mediante las guías de práctica y la implementación del sistema en sitio, se evaluó las características de ergonomía, funcionalidad y capacidad de cumplir los requerimiento enlistados por UNACEM para el correcto entrenamiento de los técnicos de planta .

Adicionalmente se analizó las posibles mejoras y problemas técnicos que el sistema de entrenamiento pudiera presentar, se expone la solución preventiva y correctiva para cada posible problema técnico y la implementación de las mejoras.

6.1. Pruebas FAT

Las Pruebas FAT (Factory Acceptance Test por sus siglas en inglés), constan de una lista de todas las interconexiones del sistema de entrenamiento, la cual tiene como objetivo verificar el hardware minuciosamente y valida que la interconexión eléctrica se encuentra realizada de acuerdo al plano eléctrico. De esta manera al completar las pruebas FAT se ha llegado a la conclusión que todo el sistema de entrenamiento, conexiones y elementos se encuentran listos para ser energizados.

6.2. Pruebas de Software

La configuración y programación de los distintos sistemas eléctricos usados en las guías de práctica se lo realiza a través de los siguientes software de SIEMENS: STEP 7 Professional 2017 SP1, WINCC V7.4 SP1, SIMOCODE 2007 SP8, de acuerdo a las pruebas realizadas en cuanto al

funcionamiento de este entorno de desarrollo y las especificaciones de los software, se encuentra compatible con el sistema operativo Windows 10, por lo que el sistema de entrenamiento así como un computador programador adicional debe contar con estos Software bajo el sistema operativo mencionado.

Respecto a la configuración de red entre el sistema de entrenamientos y el computador principal, previamente al desarrollo de cada práctica de laboratorio se recomienda revisar que la comunicación Ethernet entre el computador y el PLC se encuentre activa, realizando ping con CMD del computador principal.

6.3. Análisis de Funcionalidad del sistema de entrenamiento

Con el motivo de evaluar la funcionalidad del sistema de entrenamiento, contenido de las guías de práctica, ergonomía y capacidad de cumplir los requerimientos enlistados por UNACEM para el correcto entrenamiento de los técnicos de planta, se realizó una encuesta (Ver ANEXO III) a los técnicos y supervisores del área de mantenimiento eléctrico de la planta UNACEM.

La primera pregunta de la encuesta hace referencia a los distintos sistemas eléctricos disponibles para el entrenamiento; ¿El sistema de entrenamiento cuenta con todos los sistemas eléctricos presentes en el proceso de elaboración de cemento?, como se observa en la Figura 189, el 80% de los encuestados considera que el sistema de entrenamiento cuenta con todos los sistemas eléctricos, el 20% restante considera que el sistema de entrenamiento cuenta con los sistemas eléctricos más relevantes, mientras que las opción del sistema de entrenamiento cuenta solamente con pocos sistemas eléctricos, ha sido nula; por lo tanto se concluye que el sistema de entrenamiento se

encuentra provisto de los sistemas eléctricos relevantes que el técnico de la planta UNACEM necesita para su correcto entrenamiento.

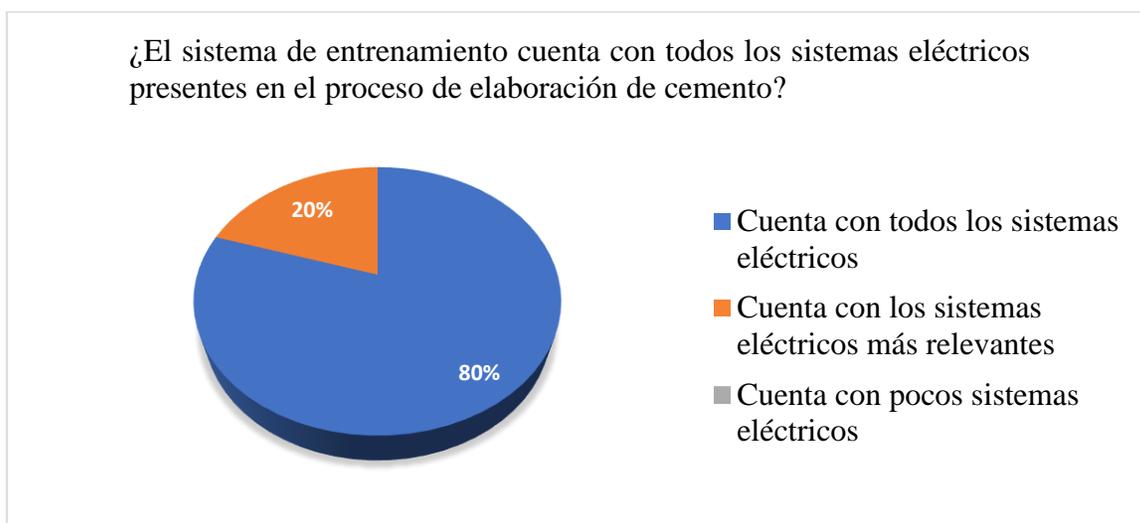


Figura 189. Análisis porcentual de los sistemas eléctricos presentes en el proceso del cemento

Incorporar todos los requerimientos técnicos en un solo módulo compacto para un correcto entrenamiento fue un requerimiento específico en el diseño, complementado con las bondades didácticas que presenta el mímico para la comprensión del usuario, de acuerdo a la segunda pregunta de la encuesta realizada como se muestra en la Figura 190, el 60% de personas encuestadas se siente totalmente de acuerdo con la distribución e integración de los sistemas eléctricos, el 30% del personal encuestado indica que realizaría al menos un cambio en la distribución y el restante 10% realizaría más de un cambio en la distribución de los sistemas eléctricos, por lo tanto se concluye que el sistema de entrenamiento cumple con las característica de brindar conformidad referente a las bondades didácticas e integración del sistema de entrenamiento.

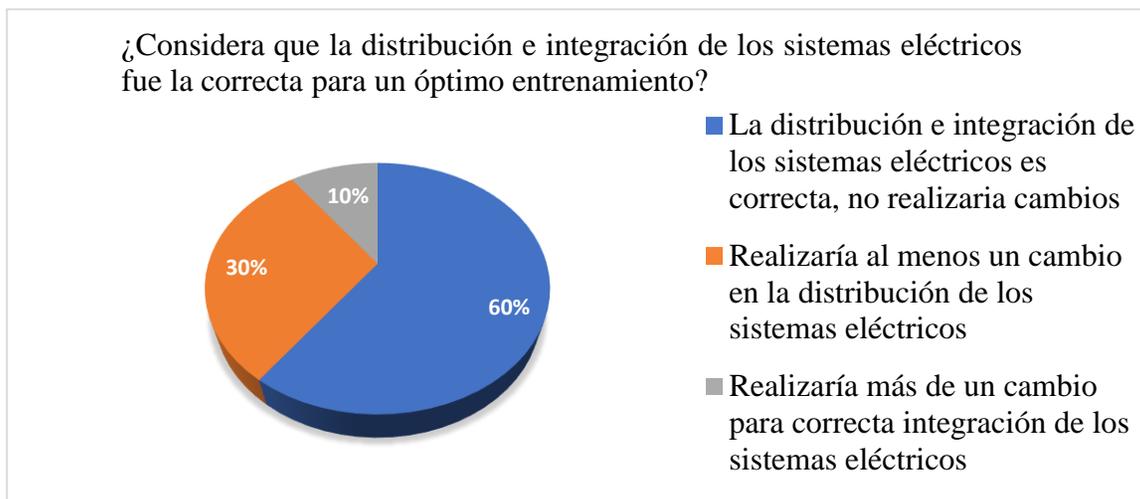


Figura 190. Análisis porcentual de la distribución de los sistemas eléctricos

En una capacitación es importante que todo el material de apoyo contenga la información más relevante, de tal forma que el capacitado este en la facilidad de retener información y poner en marcha lo aprendido. Por tal razón es necesario conocer el grado de aceptación que tiene el técnico, respecto a la visualización grafica del tablero. La pregunta formulada: ¿La visualización gráfica o mímico del sistema de entrenamiento, es lo bastante específica para poder manejar los dispositivos en cada práctica? El resultado de la encuesta realizada es bastante satisfactoria dado a que al 90% de los encuestados opinaron que el mímico esta lo bastante explícito y que facilita el manejo de los equipos. En la Figura 191 se detalla gráficamente el resultado a esta pregunta.

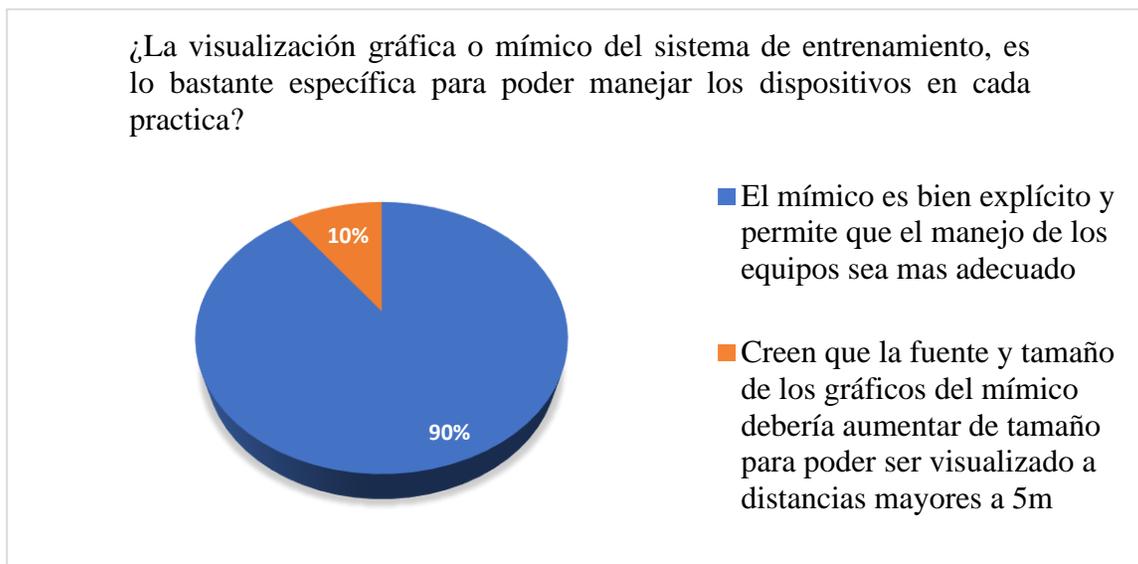


Figura 191. Análisis porcentual de la visualización grafica

La cuarta pregunta de la encuesta realizada hace referencia al resultado que han presentado los técnicos de mantenimiento eléctrico de la planta UNACEM en mejorar su tiempo de respuesta ante fallos en el proceso del cemento, como se muestra en la Figura 192, el 80% del personal encuestado indica que el sistema de entrenamiento ha ayudado a mejorar su tiempo de respuesta en un 20% ante eventualidades al tener al alcance y ser capaces de entrenar con los distintos sistemas eléctricos, mientras que el 20% restante ha indicado que el sistema de entrenamiento ha mejorado su tiempo de respuesta ante fallos, en un porcentaje menor al 20%, adicionalmente se puede observar que no existen técnicos a los cuales el entrenamiento no le haya ayudado a mejorar en nada su capacidad de respuesta, por lo tanto se concluye que el sistema de entrenamiento es una herramienta de entrenamiento que ha generado que los técnicos de mantenimiento eléctrico de la planta UNACEM hayan mejorado su respuesta a fallos en un 20%.

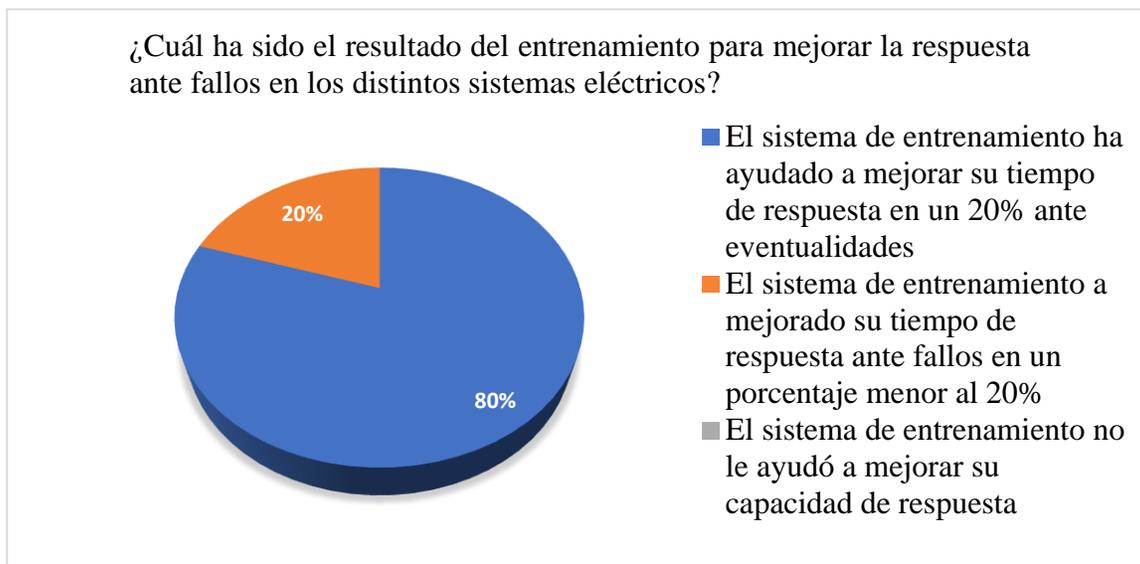


Figura 192. Análisis porcentual de mejora ante fallos

Un requerimiento específico del desarrollo del sistema de entrenamiento son las Guías de Práctica, estas deberán poseer la información más relevante para el entrenamiento de cada uno de los sistemas eléctricos presentes, para lo cual se busca que cada una de las prácticas sean fáciles de desarrollar y que su contenido sea conciso para cada uno de los sistemas eléctricos, de acuerdo a la quinta pregunta de la encuesta realizada como se muestra en la Figura 193, el 80% de técnicos encuestados considera que las guías de práctica se encuentran bien especificadas y completas puesto que cuenta con un desarrollo paso a paso del proceso, el 20% restante del personal encuestado indica que las prácticas conllevan un grado de dificultad para ser desarrolladas; ninguno de los encuestados considera que las prácticas no cuenta con suficiente contenido, por lo tanto se concluye que las prácticas correspondientes al sistema de entrenamiento cumplen con un contenido suficiente para un correcto entrenamiento y que la comprensión y el desarrollo de las prácticas es el adecuado.

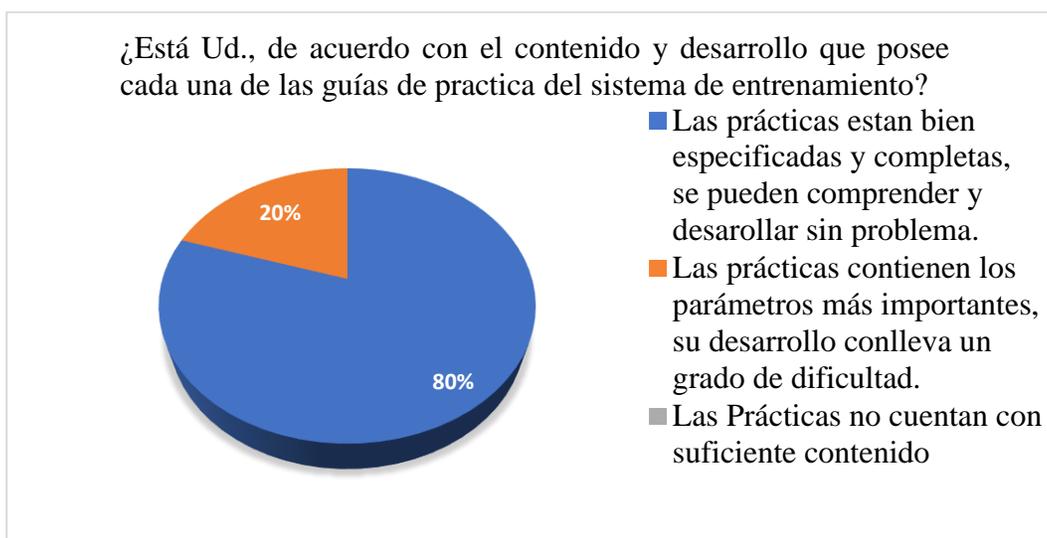


Figura 193. Análisis porcentual de desarrollo y contenido de las guías de práctica.

CAPITULO VII

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1. Conclusiones

- Se diseñó e implementó un sistema de entrenamiento para el control y comunicación de los distintos sistemas eléctricos presentes en el proceso de la industria cementera UNACEM, permitiendo un entrenamiento individual y un entrenamiento integrado en cada sistema eléctrico, todo esto de una manera didáctica mediante el uso del mímico y HMI del sistema de entrenamiento.
- De acuerdo a la encuesta realizada (Ver ANEXO III) se logró que los técnicos del departamento de mantenimiento eléctrico de UNACEM mejoren su respuesta a fallos y eventualidades en un 20% en un periodo de 30 días, incluyendo tres charlas de capacitación en el sistema de entrenamiento. Todo esto siendo posible, al tener al alcance los sistemas eléctricos y tener la capacidad de entrenar con cada uno de estos.
- Se diseñó seis guías de práctica orientadas al uso de los sistemas eléctricos relevantes en el proceso del cemento, con el objetivo de reforzar el conocimiento teórico y dejar una guía paso a paso del uso, parametrización y programación de cada uno de los sistemas, a fin de desarrollar las capacidades de los trabajadores.
- La implementación del sistema de entrenamiento contribuye con el emprendimiento para promover el desarrollo de los empleados de UNACEM, y atender las necesidades de entrenamiento técnico y capacitación.
- Se logró integrar e implementar de manera efectiva una comunicación PROFIBUS DP entre cada uno de los distintos sistemas eléctricos con los que cuenta el sistema de entrenamiento,

de esta manera compartir información entre maestro y esclavo sin importar la marca del equipo.

- Se incorporó todos los requerimientos técnicos en un solo módulo compacto para un correcto entrenamiento, complementado con las bondades didácticas que presenta el mímico para la comprensión del usuario.

7.2. Recomendaciones

- Debido a que el sistema de entrenamiento se encuentra implementado en un lugar donde el aire posee partículas de cemento, se recomienda realizar una limpieza del panel frontal, con la finalidad de poder mantener cada uno de los sistemas eléctricos libres de polvo.
- Se recomienda hacer buen uso de los seccionadores de tensión al realizar cualquier tipo de conexión o de mantenimiento.
- Los equipos del sistema de entrenamiento poseen abundantes características y aplicaciones adicionales a las presentadas en las guías de práctica; por lo tanto, se recomienda revisar las demás prestaciones de cada uno de estos sistemas eléctricos, de esta manera conseguir que el técnico desarrolle más sus capacidades.

Bibliografía

Camsco. (s.f.). *Bobina de corriente TC*. Obtenido de <https://www.camsco.com.tw/spa/current-coil.htm>: <https://www.camsco.com.tw/spa/current-coil.htm>

D-Link. (s.f.). *DES-1008A*. Obtenido de D-Link: <http://www.dlinkla.com/des-1008a>

EcuRed. (s.f.). *Fusibles*. Obtenido de Ecured: <https://www.ecured.cu/Fusibles>

Etitudela. (s.f.). *Documentacion de Interes* . Obtenido de Centro Integrado Politecnico ETI: <http://www.etitudela.com/celula/04f7af9d24081a011/index.html>

Festo. (s.f.). *Electroválvulas VOFD*. Obtenido de Festo: https://www.festo.com/cat/es-co_co/search?query=VOFD-L50T-M32-MN-N14-10-R1-F10

Festo. (s.f.). *PUN, PUN-DUO*. Obtenido de FESTO: https://www.festo.com/cat/es-co_co/search?query=PUN-6X1-BL

Festo. (s.f.). *Unidad de filtro y regulador LFR/LFRS, serie D*. Obtenido de Festo: https://www.festo.com/cat/es-co_co/products_LFR_D?CurrentIDCode1=LFR-1%2F8-D-5M-MINI&CurrentPartNo=162718

Festo. (s.f.). *Válvulas de cierre HE*. Obtenido de Festo: https://www.festo.com/cat/es-co_co/search?query=HE-2-1/8-QS-6

General Cable. (S.F.). *Cables de baja tensión*. Obtenido de Baja Tensión - Fuerza para servicio - Flexibles: https://www.gobantes.cl/image/data/catalogos/GENERAL_CABLE.pdf

Gracia, A. (2005). *El Control Automático en la Industria*. Ediciones de la Universidad de Castilla-La Mancha.

Grup dap. (Abril de 2008). *Productos/Familias de productos/Profibus,Profinet,Ethernet.*

Comunicacion. Obtenido de grupdap automatizació industrial:

<http://www.grupdap.es/dataesp/prod-familiasdetalle.asp?idFamilia=31>

Guerrero, V., Martinez, L., & Yuste, R. (2009). *Comunicaciones Industriales.* Editorial

Marcombo S.A.

Hoffman. (2009). *Normas globales para gabinetes en la industria eléctrica.* Obtenido de

http://www.hoffmanonline.com/stream_document.aspx?rRID=245286&pRID=245285

Hoffman. (2012).

[http://www.hoffmanonline.com/stream_document.aspx?rRID=245286&pRID=245285.](http://www.hoffmanonline.com/stream_document.aspx?rRID=245286&pRID=245285)

Kollewin Technology Co., L. (20 de 06 de 2013). *PROFIBUS Connector.* Obtenido de

<http://www.profibus-connector.com/tag/6es7972-0bb50-0xa0/>

Legrand. (s.f.). *Tableros a norma TAN.* Obtenido de legrand:

https://www.legrand.cl/catalogos/plantillas/catalogo_cat_tan.html

Liptak, B., & Halil, E. (2012). *Instrument Enginners' handbook: Process Software and Digital*

Networks. Taylor Francis Group.

Montenegro, G. (2008). *Flujograma de planta.*

Siemens. (4 de Marzo de 2004). *SM 322 digital output module.* Obtenido de Industry Image

Database:

https://www.automation.siemens.com/bilddb/index.aspx?gridview=view2&objkey=P_ST70_XX_00212&showdetail=true&view=Search

Siemens. (15 de Enero de 2004). *SM 331*. Obtenido de Industry - Image Database:

https://www.automation.siemens.com/bilddb/index.aspx?gridview=view2&objkey=P_KT01_XX_00599&showdetail=true&view=Search

Siemens. (15 de Enero de 2004). *SM 332*. Obtenido de Industry - Image Database:

https://www.automation.siemens.com/bilddb/index.aspx?gridview=view2&objkey=P_KT01_XX_00600&showdetail=true&view=Search

Siemens. (2008). *PROFIBUS El bus polivalente para la comunicación en la industria de procesos*. Obtenido de <https://w3.siemens.com>: http://www.grupdap.es/ficheros/descrip-tecnicas/profibus_2008.pdf

Siemens. (2008). *SENTRON PAC 3200*. Alemania: Siemens.

Siemens. (29 de Agosto de 2008). *SENTRON PAC3200 multifunction measuring instrument, German*. Obtenido de Industry – Image Database:

https://www.automation.siemens.com/bilddb/index.aspx?gridview=view2&objkey=P_NSW0_XX_01262&showdetail=true&view=Search

Siemens. (13 de Diciembre de 2010). *CPU 315-2 PN/DP*. Obtenido de Industry – Image Database:

https://www.automation.siemens.com/bilddb/index.aspx?gridview=view2&objkey=P_ST70_XX_05347&showdetail=true&view=Search

Siemens. (1 de Abril de 2011). *SIPLUS S7-300 SM321, 20 POL, conformal coating, based on 6ES7321-1BH02-0AA0*. Obtenido de Industry - Image Database:

https://www.automation.siemens.com/bilddb/index.aspx?gridview=view2&objkey=G_IC03_XX_01442&showdetail=true&view=Search

Siemens. (21 de 12 de 2012). *SIMATIC NET S7-300 - Industrial Ethernet / PROFINET CP 343-1 Lean*. Obtenido de Industry Online Support:

<https://support.industry.siemens.com/cs/document/66993303/simatic-net-s7-300-industrial-ethernet-profinet-cp-343-1-lean?dti=0&lc=es-ES>

Siemens. (2013). *Convertidor SINAMICS V20*. Alemania: Siemens.

Siemens. (12 de 2014). *PROFIBUS con STEP 7 V13*. Obtenido de

<https://support.industry.siemens.com>:

https://www.google.com.ec/search?q=profibus+siemens&rlz=1C1GIWA_esEC703EC703&oq=profibus+siemes&aqs=chrome.1.69i57j0l5.5305j0j7&sourceid=chrome&ie=UTF-8#

Siemens. (16 de 12 de 2014). *SIMATIC PROFIBUS PROFIBUS con STEP 7 V13*. Obtenido de Industry Online Support: <https://support.industry.siemens.com/cs/document/59193579/simatic-profibus-profibus-con-step-7-v13?dti=0&lc=es-ES>

Siemens. (Enero de 2015). *Comunicación*. Obtenido de SIMOCODE pro:

https://cache.industry.siemens.com/dl/files/780/20017780/att_831190/v1/Manual_SIMOCODE_pro_PROFIBUS_es-MX.pdf

Siemens. (Enero de 2015). *Lista de comprobación para seleccionar la serie de equipos*. Obtenido de SIMOCODE pro:

https://cache.industry.siemens.com/dl/files/780/20017780/att_831190/v1/Manual_SIMOCODE_pro_PROFIBUS_es-MX.pdf

Siemens. (Enero de 2015). *Módulo digital (MD)*. Obtenido de SIMOCODE pro:

https://cache.industry.siemens.com/dl/files/780/20017780/att_831190/v1/Manual_SIMOCODE_pro_PROFIBUS_es-MX.pdf

Siemens. (Enero de 2015). *Módulos de medida de intensidad (IM) para las series de equipos*

SIMOCODE pro C, SIMOCODE pro S y SIMOCODE pro V. Obtenido de SIMOCODE pro:

https://cache.industry.siemens.com/dl/files/780/20017780/att_831190/v1/Manual_SIMOCODE_pro_PROFIBUS_es-MX.pdf

Siemens. (Enero de 2015). *Resumen*. Obtenido de SIMOCODE pro:

https://cache.industry.siemens.com/dl/files/780/20017780/att_831190/v1/Manual_SIMOCODE_pro_PROFIBUS_es-MX.pdf

Siemens. (2015). *SIMOCODE pro*. Alemania: Siemens AG.

Siemens. (17 de Marzo de 2017). *7KM PAC expansion module I(N) I(Diff) Analog for 7KM*

PAC3200 7KM PAC4200. Obtenido de Industry - Image Database:

https://www.automation.siemens.com/bilddb/index.aspx?gridview=view2&objkey=G_I202_XX_42025&showdetail=true&view=Search

Siemens. (4 de Julio de 2017). *catalogo: ST 70 Productos para Totally Integrated Automation*.

Obtenido de Industry Online Support:

<https://support.industry.siemens.com/cs/document/109744167/catalogo%3A-st-70-productos-para-totally-integrated-automation?dti=0&lc=es-ES>

Siemens. (9 de Enero de 2017). *Manual de producto SENTRON Multímetro PAC3200*. Obtenido

de Industry Online Support:

<https://support.industry.siemens.com/cs/document/26504150/manual-de-producto-sentron-mult%C3%ADmetro-pac3200?dti=0&lc=es-ES>

Siemens. (11 de Enero de 2017). *SIMOCODE pro V digital module*. Obtenido de Industry - Image Database:

https://www.automation.siemens.com/bilddb/index.aspx?gridview=view2&objkey=P_IC02_XX_00615&showdetail=true&view=Search

Siemens. (2 de Noviembre de 2017). *SIMOCODE PRO, PROFIBUS-DP, screw terminal, DC 24V*. Obtenido de Industry – Image Database:

https://www.automation.siemens.com/bilddb/index.aspx?gridview=view2&objkey=G_IC03_XX_22582&showdetail=true&view=Search

Siemens. (25 de Septiembre de 2017). *SINAMICS V20 Starter Kit*. Obtenido de Industry - Image DataBase:

https://www.automation.siemens.com/bilddb/index.aspx?gridview=view2&objkey=G_D011_XX_00556&showdetail=true&view=Search

Siemens. (2018). *6SL3210-5BB13-7UV1*. Obtenido de Industry Mall:

<https://mall.industry.siemens.com/mall/es/WW/Catalog/Product/6SL3210-5BB13-7UV1>

Siemens. (2018). *Manual de producto SENTRON Multímetro PAC3200*. Obtenido de Industry

Online Support: <https://support.industry.siemens.com/cs/document/26504150/manual-de-producto-sentron-mult%C3%ADmetro-pac3200?dti=0&lc=es-ES>

Siemens. (21 de Junio de 2018). *Manual de sistema - SIMOCODE pro*. Obtenido de Industry Online Support: <https://support.industry.siemens.com/cs/document/109743957/manual-de-sistema-simocode-pro?dti=0&lc=es-ES>

Siemens. (29 de Mayo de 2018). *SIMOTICS XP, SH 180, side view*. Obtenido de Industry - Image Database:

https://www.automation.siemens.com/bilddb/index.aspx?gridview=view2&objkey=P_DALD_X_X_01001&showdetail=true&view=Search

Siemens. (07 de 03 de 2018). *SINAMICS V20 Instrucciones de servicio*. Obtenido de Industry Onlie Support: <https://support.industry.siemens.com/cs/document/109756193/sinamics-v20-instrucciones-de-servicio?dti=0&lc=es-WW>

Siemens. (2018). *SINAMICS V20, BOP Interface, Version 2*. Obtenido de Indstry Mall: <https://mall.industry.siemens.com/mall/es/WW/Catalog/Product/6SL3255-0VA00-2AA1>

Siemens. (2018). *SINAMICS V20, BOP, Version 2*. Obtenido de Industry Mall: <https://mall.industry.siemens.com/mall/es/WW/Catalog/Product/6SL3255-0VA00-4BA1>

Siemens. (s.f.). *3LD2504-1TP53*. Obtenido de Industry Mall: <https://mall.industry.siemens.com/mall/en/WW/Catalog/Product/3LD2504-1TP53>

Siemens. (s.f.). *3RQ3018-1AE00*. Obtenido de Industry Mall: <https://mall.industry.siemens.com/mall/es/es/Catalog/Product/3RQ3018-1AE00>

Siemens. (s.f.). *3RT2025-1AN20*. Obtenido de Industry Mall: <https://mall.industry.siemens.com/mall/es/es/Catalog/Product/3RT2025-1AN20>

Siemens. (s.f.). *3SB3652-6BA40*. Obtenido de Industry Mall:

<https://mall.industry.siemens.com/mall/es/es/Catalog/Product/3SB3652-6BA40>

Siemens. (s.f.). *3SU1000-3BB42-0AK0*. Obtenido de Industry Mall:

<https://mall.industry.siemens.com/mall/es/es/Catalog/Product/3SU1000-3BB42-0AK0>

Siemens. (s.f.). *3SU1150-0AB40-1BA0*. Obtenido de Industry Mall:

<https://mall.industry.siemens.com/mall/es/es/Catalog/Product/3SU1150-0AB40-1BA0>

Siemens. (s.f.). *3SU1150-1HB20-1CG0*. Obtenido de Industry Mall:

<https://mall.industry.siemens.com/mall/es/es/Catalog/Product/3SU1150-1HB20-1CG0>

Siemens. (s.f.). *3SU1150-2BL60-1NA0*. Obtenido de Industry Mall:

<https://mall.industry.siemens.com/mall/es/es/Catalog/Product/3SU1150-2BL60-1NA0>

Siemens. (s.f.). *3SU1200-2PS10-1AA0*. Obtenido de Industry Mall:

<https://mall.industry.siemens.com/mall/es/es/Catalog/Product/3SU1200-2PS10-1AA0>

Siemens. (s.f.). *3VT1710-2DA36-0AA0*. Obtenido de Industry Mall:

<https://mall.industry.siemens.com/mall/en/WW/Catalog/Product/3VT1710-2DA36-0AA0>

Siemens. (s.f.). *5SL4350-7*. Obtenido de Industry Mall:

<https://mall.industry.siemens.com/mall/es/es/Catalog/Product/5SL4350-7>

Siliceo Aguilar, A. (2004). La educación base del crecimiento y realización humana. En A.

Siliceo Aguilar, *Capacitación y desarrollo de personal* (pág. 15). México D.F.: LIMUSA S.A.

Siliceo Aguilar, A. (2004). La educación en la empresa . En A. Siliceo Aguilar, *Capacitación y desarrollo de personal* (pág. 17). México D.F.: LIMUSA, S.A.

Sumathi, S., & Surekha, P. (2014). *LabVIEW based Advanced Instrumentation Systems*. Springer.

The Grid. (s.f.). *Tipos de Breaker y sus Aplicaciones*. Obtenido de The Grid:

<https://thegrid.rexel.com/en-us/knowledge/electricista-wiki-espanol/w/wiki/702/tipos-de-breaker-y-sus-aplicaciones>

UNACEM. (2017). *Reporte de Sostenibilidad 2017*. Obtenido de UNACEM Ecuador:

<http://www.unacem.com.ec/wp-content/uploads/2018/04/REPORTE-SOSTENABILIDAD-2017.pdf>

UNACEM. (s.f.). *Nosotros*. Obtenido de UNACEM Ecuador:

http://www.unacem.com.ec/?page_id=5

Weg. (2018). *CFW700 - General Purpose Drive*. Obtenido de Productos y Servicios:

<http://old.weg.net/ar/Productos-y-Servicios/Drives/Convertidores-de-Frecuencia/CFW700-General-Purpose-Drive>

Weg. (2018). *CFW700 - Manual de Usuario*. Obtenido de Productos y Servicios:

<http://old.weg.net/ar/Productos-y-Servicios/Drives/Convertidores-de-Frecuencia/CFW700-General-Purpose-Drive>

Weg. (2018). *Guías para la Instalación, Configuración y Operación - Accesorios*. Obtenido de

Productos y Servicios: <http://old.weg.net/ar/Productos-y-Servicios/Drives/Convertidores-de-Frecuencia/CFW700-General-Purpose-Drive>

Weg. (2018). *Manuales Técnicos*. Obtenido de Productos y Servicios:

<http://old.weg.net/ar/Productos-y-Servicios/Drives/Convertidores-de-Frecuencia/CFW700-General-Purpose-Drive>

WEG. (2018). *Manuales Técnicos*. Obtenido de Productos y Servicios:

<http://old.weg.net/ec/Productos-y-Servicios/Drives/Convertidores-de-Frecuencia/CFW700->

[General-Purpose-Drive](http://old.weg.net/ec/Productos-y-Servicios/Drives/Convertidores-de-Frecuencia/CFW700-)