



**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE QUITO**

CARRERA DE MECATRÓNICA

**MIGRACIÓN DE LAS UNIDADES DE LUBRICACIÓN DE LOS GRUPOS
PRINCIPALES DE BOMBEO FLOWSERVE HACIA EL BPCS DE LA ESTACIÓN
DE BOMBEO SANTO DOMINGO DE LA EMPRESA PÚBLICA DE
HIDROCARBUROS DEL ECUADOR EP PETROECUADOR**

Trabajo de titulación previo a la obtención del

Título de Ingeniero en Mecatrónica

AUTOR: CHRISTIAN MATIAS IZA ÑACATO

TUTOR: LUISA FERNANDA SOTOMAYOR REINOSO

Quito – Ecuador

2025

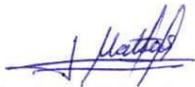
CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Christian Matias Iza Ñacato con documento de identidad N° 1751259894; manifiesto que:

Soy el autor y responsable del presente trabajo; y autorizo a que sin fines de lucro la Universidad Politécnica Salesiana puede usar, difundir, reproducir o publicar de manera total o parcial el presente trabajo de titulación.

Quito, 25 de febrero del 2025

Atentamente,



Christian Matias Iza Ñacato
1751259894

**CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL
TRABAJO DE TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA
SALESIANA**

Yo, Christian Matias Iza Ñacato con documento de identidad N° 1751259894, expreso mi voluntad y por medio del presente documento cedo a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que soy autor del Dispositivo Tecnológico: “Migración de las unidades de lubricación de los grupos principales de bombeo Flowserve hacia el BPCS de la Estación de Bombeo Santo Domingo de la empresa pública de hidrocarburos del Ecuador EP PETROECUADOR”, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero en Mecatrónica, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En concordancia con lo manifestado, suscribo este documento en el momento que se hace la entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Quito, 25 de febrero del 2025

Atentamente,



Christian Matias Iza Ñacato
1751259894

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Luisa Fernanda Sotomayor Reinoso con documento de identidad N° 1710953967, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: MIGRACIÓN DE LAS UNIDADES DE LUBRICACIÓN DE LOS GRUPOS PRINCIPALES DE BOMBEO FLOWSERVE HACIA EL BPCS DE LA ESTACION DE BOMBEO SANTO DOMINGO DE LA EMPRESA PÚBLICA DE HIDROCARBUROS DEL ECUADOR EP PETROECUADOR, se realizó por Christian Matias Iza Ñacato con documento de identificación N° 1751259894, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción de Dispositivo Tecnológico que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Quito, 25 de febrero del 2025

Atentamente,



Ing. Luisa Fernanda Sotomayor Reinoso, Mg
1710953967

AGRADECIMIENTO

A Dios por cuidarme durante este trabajo y ponerme excelentes profesionales en mi camino.

A mi madre por siempre apoyarme e impulsarme a seguir adelante.

A mi padre por el apoyo durante mi carrera universitaria.

A mis amigos que durante esta etapa de la universidad llenaron de risas, alegrías y aventuras.

A mi tutora Ing. Luisa Sotomayor por el tiempo y conocimiento compartido durante este trabajo.

A mi tutor Pablo Bustillos, por compartir su experiencia y conocimientos dentro del área de trabajo y además por guiarme durante todo este proyecto.

A los Ingenieros Raul Solis, Jaime Mullo y Danilo Garófalo quienes portaron con su conocimiento y participaron dentro de este proyecto de manera activa.

A la Empresa Pública de Hidrocarburos EP PETROECUADOR por facilitarme los medios para realizar este proyecto.

A la Universidad Politécnica Salesiana por el aprendizaje continuo y lecciones de vida que me han hecho ser una persona enriquecida personalmente y sobre todo han ayudado para que mi formación permita abrir puertas en el ámbito profesional.

DEDICATORIA

A Dios por ser mi motor y guía a lo largo de todo este camino durante todo este proceso académico, siendo este mi anhelado sueño.

A mi madre Rosita, por ser pilar fundamental durante toda mi vida, desde pequeño me enseñaste a esforzarme y ser perseverante, todo lo que me proponga lo puedo lograr. Gracias por siempre estar conmigo, por ser mi guía y apoyo incondicional porque cuando más decaía ahí estabas tú, siempre me cuidas, siempre estás junto a mí y siempre me llenas de amor. Todo este trabajo es también tuyo porque sin ti esto no podría ser posible.

A mi padre Jorge por enseñarme el valor de las cosas, gracias a ti por el apoyo a lo largo de este trabajo y a tus conocimientos brindados.

A mi hermana menor Lesly, gracias por ser mi amiga y apoyo emocional durante toda mi vida. Gracias por ser un ejemplo para mí, todo se consigue con esfuerzo y perseverancia y eso es lo que me enseñas tú todos los días. Te amo con todo mi corazón, por ti me esfuerzo cada día más.

A mi hermana mayor Milena, gracias por enseñarme que las cosas no son fáciles, pero no son imposibles. Tú eres mi ejemplo y siempre lo serás, cada consejo que tú me das lo guardo en el corazón. Gracias por siempre apoyarme en todas mis locuras, te amo mucho.

A mis tíos Edison y Silvana, gracias por estar pendiente de mí y brindarme su apoyo con todos mis proyectos.

A mis amigos Noelia, David, Diego, Tony, Josué por su amistad y apoyo durante toda la carrera. A mi Naye por su apoyo y buenos deseos durante este proyecto, gracias por siempre estar conmigo.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN	II
CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA	III
CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN	IV
AGRADECIMIENTO.....	V
DEDICATORIA	VI
ÍNDICE DE CONTENIDOS	VII
ÍNDICE DE FIGURAS	XI
ÍNDICE DE TABLAS	XIV
ÍNDICE DE ANEXOS	XV
RESUMEN.....	XVI
ABSTRACT	XVII
PROBLEMA DE ESTUDIO	1
JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO DE TITULACIÓN	1
OBJETIVOS	2
OBJETIVO GENERAL.....	2
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	2
CAPÍTULO I MARCO TEÓRICO	3
1.1. CEPE	3
1.2. EP PETROECUADOR	4
1.3. Refinamiento del petróleo.....	4
1.3.1. Fases del proceso de refinamiento.....	4
1.4. Distribución.....	5
1.5. Almacenamiento.....	7
1.6. Terminal de productos limpios SANTO DOMINGO	8
1.6.1. Área de Despacho.....	8
1.6.2. Área de Almacenamiento	8
1.6.3. Sistema contra incendios.....	9
1.6.4. Área de mantenimiento	9
1.6.5. Área de Operaciones	10
1.7. Sistema de bombeo.....	10
1.7.1. Motor de Inducción Horizontal Pegasus MHV	10

1.7.2.	Bomba Centrífuga Horizontal DMXH (Simple succión alta presión)	11
1.8.	Partes principales de la bomba	12
1.8.1.	Cuerpo	12
1.8.2.	Impulsores	12
1.8.3.	Eje.....	12
1.8.4.	Cojinetes.....	12
1.8.5.	Cámaras de sello.....	13
1.9.	Sistema de Lubricación	13
1.10.	Normativa NFPA 70	13
CAPÍTULO 2 CONDICIONES ACTUALES DEL SISTEMA DE LUBRICACIÓN		15
2.1.	Tablero de control existente del Sistema de lubricación	15
2.2.	Componentes del Tablero de Control.....	16
2.2.1.	CompactLogix 1769-L23E-QBFC1B	16
2.2.2.	Fuente de alimentación.....	17
2.2.3.	Switch de Ethernet Industrial 108TX.....	17
2.2.4.	Bornera de conexión de Tierra	18
2.2.5.	Disyuntor bipolar automático Siemens	18
2.2.6.	Interruptor diferencial 5SM1 312-0MB	19
2.2.7.	MACX MCR-EX-SL-RPSSI-I Amplificador separador de alimentación	19
2.2.8.	Zócalo de Relé.....	19
2.2.9.	REL-MR- 24DC/21- Relé individual.....	19
2.2.10.	Bloque de terminales de color gris	20
2.2.11.	P-FU 5X20-5- Cabeza portafusible.....	20
2.2.12.	MACX MCR-EX-SL-2NAM-RO - Amplificador de separación	21
2.3.	Señales de entrada y salida del sistema de lubricación	22
2.4.	Programación del sistema existente	23
2.4.1.	Lubricación Permanente.....	24
2.4.2.	Ciclo de lubricación Forzada.....	24
2.5.	Factores para el funcionamiento correcto de LOS	25
2.5.1.	Arranque pre-lubricación	25
2.5.2.	Detección de baja presión de lubricación.....	25
2.5.3.	Presión diferencial del filtro PDIT	25
2.5.4.	Temperatura de aceite en cañería de impulsión.....	26
2.5.5.	Temperatura del aceite en el reservorio.....	26
2.5.6.	Nivel de aceite de reservorio	26

2.6.	Matriz causa y efecto del Sistema de Lubricación.....	26
CAPÍTULO 3 DISEÑO DEL NUEVO TABLERO LOS.....		28
3.1.	Diseño mecánico	28
3.1.1.	Armario para piso HOFFMAN	28
3.1.2.	HUB	29
3.1.3.	TMCX	29
3.2.	Diseño eléctrico y electrónico	30
3.2.1.	Fuentes de alimentación redundante	30
3.2.2.	Chasis de 7 Slots para ControlLogix.....	31
3.2.3.	Controlador Logix 5574 1756-L74	32
3.2.4.	Módulo de redundancia ControlLogix	32
3.2.5.	Cable de fibra óptica para redundancia de ControlLogix.....	33
3.2.6.	Módulo de comunicación Ethernet/Ip para ControlLogix 1756-EN2T	33
3.2.7.	Módulo de comunicación redundante ControlNet.	34
3.2.8.	Tapa de Slot vacía.....	34
3.2.9.	Módulo de entradas analógicas con diagnostico 1656-IF16H	35
3.2.10.	Módulo de comunicación ProSoft MVI56E-MCMR.....	36
3.2.11.	Módulo de entradas digitales con diagnostico 1756-IB16D	36
3.2.12.	Módulo de comunicación ProSoft MVI56E-MNETCR.....	36
3.2.13.	Módulo de salidas digitales con diagnostico 1756-OB16D	37
3.2.14.	Disyuntor miniatura 1492-SP2C250	37
3.2.15.	Supresor PT 2-PE/S-120AC/FM	38
3.2.16.	Bornera de conexión porta fusible 1492-H4	38
3.2.17.	Bornera de conexión por tornillo color gris 1492-J6	39
3.2.18.	Fuente de alimentación redundante AC/DC.....	39
3.2.19.	Bloque de distribución de alimentación 1492-WFB424 (TB-DC (+))	40
3.2.20.	Toma corriente.....	40
3.2.21.	Bornera de alimentación para lámpara.	41
3.2.22.	Conector coaxial Y-TAP	41
3.2.23.	Accesorio 1492-ERL35.....	42
3.2.24.	Accesorio 1492-GM35	42
3.2.25.	Bornera de conexión portafusible de 2 niveles	42
3.2.26.	Bornera de conexión de color verde 1492-J4-G.....	43
3.3.	Nuevo tablero de control.....	43
3.3.1.	Elementos que serán retirados.....	43

3.3.2.	Elementos que serán cambiados.....	44
3.3.3.	Elementos que serán agregados.....	45
3.4.	Diseño CAD	48
3.4.1.	Armario HOFFMAN A727210ULP.....	48
3.4.2.	Perforaciones dentro del armario	48
3.4.3.	Modificación de módulo Ethernet/IP	49
3.4.4.	Modificación de módulos en RIOB-230103-2-90-A	50
3.4.5.	Modificación en elementos del armario RIOB_230103_2_90_A.....	50
3.5.	Análisis de cargas del tablero	51
3.6.	Diseño de conexionado de tarjetas digitales y analógicas.....	53
3.6.1.	Conexionado del módulo digital 1756-IB16D	53
3.6.2.	Conexionado del módulo analógico 1756-IF16H	54
3.7.	Diseño de conexiones de instrumentos y tablero de campo.....	55
3.7.1.	Diseño de conexionado de transductores de LOS en campo	55
3.7.2.	Diseño de conexionado de instrumentos digitales de LOS en campo.....	56
3.8.	Diseño de conexiones de tablero de campo al tablero de control.	58
3.8.1.	Transmisor de temperatura STT17H-BS Honeywell	58
3.8.2.	Transmisor de presión STG94L y transmisor diferencial STD930 Honeywell	58
3.9.	Diseño de programación.....	59
3.10.	Add-On Instructions utilizados	64
3.10.1.	P_DIn	64
3.10.2.	P_AIn	65
3.10.3.	P_DOut.....	66
3.10.4.	Bloques de instrucciones para motores	66
3.11.	Simulación del programa	70
CAPÍTULO 4 IMPLEMENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS		74
4.1.	Pruebas de funcionamiento dentro del tablero	74
4.2.1.	Pruebas punto a punto sin voltaje.....	75
4.2.2.	Pruebas punto a punto con voltaje.....	76
4.2.	Desconexión y conexión de cables de campo a RIOB-230103-2-90-A.....	77
4.3.	Funcionamiento de programación	82
CONCLUSIONES		86
RECOMENDACIONES		86
REFERENCIAS		88
ANEXOS		95

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. <i>Refinerías del Ecuador [5].</i>	5
Figura 2. <i>Tanques de distribución de petroquímicos</i>	6
Figura 3. <i>Tubería del Poliducto.</i>	6
Figura 4. <i>Tanque de almacenamiento de diésel.</i>	7
Figura 5. <i>Mapa de Poliducto Ecuatoriano [6].</i>	7
Figura 6. <i>Terminal de Bombeo Santo Domingo.</i>	8
Figura 7. <i>Área de despacho de combustible.</i>	8
Figura 8. <i>Tanque de diésel.</i>	9
Figura 9. <i>Tanque de agua contra incendios.</i>	9
Figura 10. <i>Fachada del departamento de mantenimiento.</i>	9
Figura 11. <i>HMI de operadores.</i>	10
Figura 12. <i>Bombe Centrifuga DMXH [9].</i>	12
Figura 13. <i>Sistema de Lubricación [10].</i>	13
Figura 14. <i>Tablero de Control vista frontal.</i>	15
Figura 15. <i>Tablero de control LOS, vista trasera.</i>	16
Figura 16. <i>Fuente voltaje de 24VDC.</i>	17
Figura 17. <i>Switich 108TX.</i>	17
Figura 18. <i>Bornera de color verde.</i>	18
Figura 19. <i>Disyuntor.</i>	18
Figura 20. <i>Interruptor diferencial.</i>	19
Figura 21. <i>Acondicionar de señales</i>	19
Figura 22. <i>Zócalo y relé.</i>	20
Figura 23. <i>Bloque de entradas digitales.</i>	20
Figura 24. <i>Portafusible.</i>	21
Figura 25. <i>MACX MCR-EX-SL-2NAM-RO.</i>	21
Figura 26. <i>Elementos del tablero LOS.</i>	22
Figura 27. <i>Entradas digitales de LOS.</i>	23
Figura 28. <i>Entradas analógicas de LOS.</i>	23
Figura 29. <i>Diagrama de flujo de LOS.</i>	24
Figura 30. <i>Selector del tablero.</i>	25
Figura 31. <i>Matriz causa y efecto de LOS.</i>	27
Figura 32. <i>Armario RIOB-230103-2-90-A.</i>	28
Figura 33. <i>Elementos del Armario.</i>	29
Figura 34. <i>Hub de 3/4".</i>	29
Figura 35. <i>TMXC.</i>	30
Figura 36. <i>Fuente de alimentación redundante</i>	31
Figura 37. <i>Chasis de 7 espacios [25].</i>	31
Figura 38. <i>Logix5574.</i>	32
Figura 39. <i>Módulo de comunicación redundante.</i>	33
Figura 40. <i>Cable de fibra óptica [29].</i>	33
Figura 41. <i>Módulo Ethernet-IP.</i>	33
Figura 42. <i>ControlNet.</i>	34
Figura 43. <i>Controlador BPCS-230103-2-90 A y B.</i>	34
Figura 44. <i>RIOB-230103-2-90-A.</i>	35

Figura 45. <i>Módulo de entradas analógicas</i>	35
Figura 46. <i>Módulo de comunicación ProSoft</i>	36
Figura 47. <i>Módulo 1756-IB16D</i>	36
Figura 48. <i>ProSoft MVI56E-MNETCR</i>	37
Figura 49. <i>Módulo de salidas 1756-OB16D</i>	37
Figura 50. <i>Disyuntor 1492-SP2C250</i>	37
Figura 51. <i>Elemento de protección</i>	38
Figura 52. <i>Borneras 1492-H4</i>	39
Figura 53. <i>Bornera 1492-J6</i>	39
Figura 54. <i>Fuentes de alimentación 1606-XL</i>	40
Figura 55. <i>Bloque de distribución de energía</i>	40
Figura 56. <i>Toma corriente</i>	41
Figura 57. <i>Bornera para iluminación</i>	41
Figura 58. <i>Coaxial Straight Y-Tap</i>	42
Figura 59. <i>Tope final</i>	42
Figura 60. <i>Identificador de grupo</i>	42
Figura 61. <i>Bornera portafusible</i>	43
Figura 62. <i>Bornera de tierra</i>	43
Figura 63. <i>Modulo 1756-EN2TR [50]</i>	44
Figura 64. <i>Red tipo árbol</i>	45
Figura 65. <i>Terminal con accesorio [52] [53]</i>	46
Figura 66. <i>Puente de 4 polos [54]</i>	47
Figura 67. <i>Relé Allen Bradley [55]</i>	47
Figura 68. <i>Vista frontal del tablero</i>	48
Figura 69. <i>Vista inferior del armario</i>	49
Figura 70. <i>Diseño BPCS</i>	49
Figura 71. <i>Diseño RIOB</i>	50
Figura 72. <i>Bloques de terminales agregados</i>	51
Figura 73. <i>Tablero con cargas</i>	51
Figura 74. <i>Desplazamiento</i>	52
Figura 75. <i>Factor de seguridad</i>	52
Figura 76. <i>Conexionado módulo de entradas digital [57]</i>	53
Figura 77. <i>Conexionado del módulo digital 1756-IB16D</i>	54
Figura 78. <i>Conexión de módulo a instrumentos [58]</i>	54
Figura 79. <i>Conexionado módulo analógico</i>	55
Figura 80. <i>Conexionado de campo CBI-01</i>	56
Figura 81. <i>Cable armado</i>	57
Figura 82. <i>Conexión de instrumentos de campo al tablero CBI-230103-2-23-A</i>	57
Figura 83. <i>Conexionado transductor de temperatura [60]</i>	58
Figura 84. <i>Conexión transductor de presión [62]</i>	59
Figura 85. <i>Menú de selección de controlador</i>	60
Figura 86. <i>Configuración firmware</i>	60
Figura 87. <i>Configuración de chasis</i>	61
Figura 88. <i>Identificación de dispositivos</i>	61
Figura 89. <i>Task Properties</i>	62
Figura 90. <i>Configuración de bloques</i>	62
Figura 91. <i>Bloques de transmisores y actuadores</i>	62

Figura 92. <i>Agregar instrucciones</i>	63
Figura 93. <i>Configuración de entradas</i>	64
Figura 94. <i>Selección de canal</i>	64
Figura 95. <i>Bloque de instrucciones P_Din</i>	65
Figura 96. <i>Bloque de instrucciones P_Ain</i>	65
Figura 97. <i>Bloque de instrucciones P_DOut</i>	66
Figura 98. <i>Encendido motor</i>	67
Figura 99. <i>Orden de Ejecución de Subrutinas</i>	68
Figura 100. <i>Nueva lógica de programación</i>	69
Figura 101. <i>Simulación del programa en Cade-Simu</i>	70
Figura 102. <i>Interruptores</i>	71
Figura 103. <i>Menor tiempo en motores</i>	71
Figura 104. <i>Encendido motor Aux 1</i>	72
Figura 105. <i>FALLO LOS</i>	72
Figura 106. <i>Encendido de traseadora</i>	73
Figura 107. <i>Encendido ventilador</i>	73
Figura 108. <i>Conexión TB-AI-3</i>	74
Figura 109. <i>Conexión TB-DI-7</i>	75
Figura 110. <i>Bloqué de relés</i>	75
Figura 111. <i>Pruebas punto a punto (1)</i>	76
Figura 112. <i>Pruebas de voltaje en borneras</i>	76
Figura 113. <i>Identificación de cables</i>	77
Figura 114. <i>Interior del tablero CBI y CBI</i>	78
Figura 115. <i>Ruta del cable CB1230103223AC1</i>	78
Figura 116. <i>Retirado de cable</i>	78
Figura 117. <i>Desconexión entradas de instrumentos LOS</i>	79
Figura 118. <i>Perforación del tablero</i>	79
Figura 119. <i>Instalación de conductores en tablero</i>	80
Figura 120. <i>Conexión de campo a bornera del tablero</i>	80
Figura 121. <i>Recubrimiento de tierra</i>	81
Figura 122. <i>Nueva ruta del cable armado</i>	81
Figura 123. <i>Tablero terminado</i>	82
Figura 124. <i>Identificación de canal RIOB_230103_2_90_A_EN2T_00:3:I:Ch:07.Data</i>	83
Figura 125. <i>Etiqueta de traseadora RIOB_230103_2_90_A_EN2T_00:8:O.Data.9</i>	83
Figura 126. <i>HMI del control de las bombas</i>	84
Figura 127. <i>Tiempo vs Velocidad angular</i>	85

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. <i>Poliducto del Ecuador [7]</i>	6
Tabla 2. <i>Características técnicas del motor [8]</i>	11
Tabla 3. <i>Características técnicas del controlador [11]</i>	16
Tabla 4. <i>Especificaciones del controlador Logix5574 [26]</i>	32
Tabla 5. <i>Velocidad del motor</i>	84

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. <i>Matriz causa y efecto sistema general</i>	95
Anexo 2. <i>Lista de materiales</i>	96
Anexo 3. <i>Tablero de control</i>	97
Anexo 4. <i>Interior Tablero de control</i>	98
Anexo 5. <i>Numeración de cada elemento</i>	99
Anexo 6. <i>Lista de materiales del tablero</i>	100
Anexo 7. <i>BPCS-230103-2-90-A</i>	101
Anexo 8. <i>BPCS-230103-2-90-B</i>	102
Anexo 9. <i>Modificaciones RIOB-230103-2-90-A</i>	103
Anexo 10. <i>Diagrama de conexión de alimentación</i>	104
Anexo 11. <i>Diagrama de conexión TB-AI-3</i>	105
Anexo 12. <i>Diagrama de conexión TB-DI-6</i>	106
Anexo 13. <i>Diagrama de conexión TB-DI-7</i>	107
Anexo 14. <i>Diagrama de conexión TB-DO-8</i>	108
Anexo 15. <i>Diagrama de conexión TB-RL-8</i>	109
Anexo 16. <i>Diagrama de conexión de campo bomba 23</i>	110
Anexo 17. <i>Diagrama de conexión de campo bomba 24</i>	111
Anexo 18. <i>Diagrama de conexión de campo bomba 25</i>	112
Anexo 19. <i>Diagrama de conexión de campo bomba 26</i>	113
Anexo 20. <i>Diagrama de conexión traceadora E-230103-2-23-A</i>	114
Anexo 21. <i>Diagrama de conexión traceadora E-230103-2-24-A</i>	115
Anexo 22. <i>Diagrama de conexión traceadora E-230103-2-25-A</i>	116
Anexo 23. <i>Diagrama de conexión traceadora E-230103-2-24-A</i>	117
Anexo 24. <i>Programación</i>	118
Anexo 25. <i>Programación (2)</i>	119
Anexo 26. <i>Programación (3)</i>	120
Anexo 27. <i>Programación (4)</i>	121
Anexo 28. <i>Orden de ejecución de instrucciones</i>	122
Anexo 29. <i>Bloque de instrucciones para LSL</i>	123
Anexo 30. <i>Bloque de instrucciones para PS</i>	124
Anexo 31. <i>Bloque de instrucciones para PT</i>	125
Anexo 32. <i>Bloque de instrucciones para PDT</i>	126
Anexo 33. <i>Bloque de instrucciones para Traceadora</i>	127
Anexo 34. <i>Bloque de instrucciones para TT</i>	128
Anexo 35. <i>Bloque de instrucciones para XM (motor auxiliar 1)</i>	129
Anexo 36. <i>Bloque de instrucciones para XM (motor auxiliar 2)</i>	130
Anexo 37. <i>Bloque de instrucciones para XM (ventilador)</i>	131
Anexo 38. <i>Certificado de funcionamiento</i>	132

RESUMEN

El proyecto “Migración de las unidades de lubricación de los grupos principales de bombeo Flowserve hacia el BPCS de la Estación de Bombeo Santo Domingo de EP PETROECUADOR” aborda la actualización del sistema de lubricación debido al deterioro de los controladores y la dificultad para obtener repuestos. Se identificaron los elementos del sistema, como transmisores de temperatura, presión, interruptores y actuadores, para diseñar el conexionado siguiendo las normativas Allen Bradley y NFPA70, asegurando compatibilidad con módulos analógicos/digitales y adecuación a zonas peligrosas.

La programación se desarrolló según el manual del sistema, eliminando el funcionamiento forzado que impedía arrancar la Bomba Centrífuga DMXH sin lubricación previa. Se rediseñó el tablero RIOB-230103-2-90-A, agregando accesorios, ordenando cables y optimizando espacio.

La implementación fue coordinada con el área de mantenimiento, verificando el conexionado interno y realizando pruebas punto a punto antes de descargar el programa en los controladores. El nuevo sistema permitió el arranque seguro de la bomba y el motor principal, garantizando el correcto funcionamiento y dejando margen para futuros proyectos.

Palabras clave: Rediseño, Marquillo, Bomba Centrífuga Horizontal DMXH, Motor de Inducción Horizontal Pegasus MHV, NFPA70.

ABSTRACT

The project “Migration of the lubrication units of the Flowserve main pumping units to the BPCS of the Santo Domingo Pumping Station of EP PETROECUADOR” addresses the upgrade of the lubrication system due to the deterioration of the controllers and the difficulty in obtaining spare parts. The system elements were identified, such as temperature and pressure transmitters, switches and actuators, in order to design the wiring following Allen Bradley and NFPA70 standards, ensuring compatibility with analog/digital modules and suitability for hazardous areas.

Programming was developed according to the system manual, eliminating the forced operation that prevented the DMXH Centrifugal Pump from starting without prior lubrication. The RIOB-230103-2-90-A panel was redesigned, adding accessories, arranging cables and optimizing space.

The implementation was coordinated with the maintenance area, verifying the internal wiring and performing point-to-point tests before downloading the program to the controllers. The new system allowed the safe start-up of the pump and the main motor, guaranteeing correct operation and leaving room for future projects.

Keywords: Redesign, Bushing, DMXH Horizontal Centrifugal Pump, Pegasus MHV Horizontal Induction Motor, NFPA70.

PROBLEMA DE ESTUDIO

Actualmente, la empresa pública EP Petroecuador se encarga de la extracción y tratamiento de crudo para obtener sus derivados, tales como diésel, gasolina súper y gasolina extra. Además, gestiona el bombeo de GLP (gas licuado de petróleo) y gasolina base desde la refinería hasta las estaciones de bombeo. Una de las líneas de bombeo es el Poliducto, que recorre Esmeraldas, Santo Domingo, Faisanes, Corazón hasta Beaterio (Quito).

El sistema de bombeo utiliza Motores Inductivos Pegasus MHV Horizontales con una potencia de 1491 kW, junto con Bombas Centrífugas DMXH. Ambos equipos están conectados mediante un Acople Autogard. Estas bombas tienen un sistema de lubricación automatizado.

Sin embargo, los controladores actuales de este sistema de lubricación son antiguos y ya no tienen soporte por parte del fabricante, lo que dificulta encontrar repuestos para el controlador "CMPLX 512KB Enet DI/O AI/O".

JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO DE TITULACIÓN

El sistema de bombeo cumple con la función de elevar la presión dentro de la tubería del poliducto, mediante motores a inducción Pegasus y bombas centrífugas DMXH. El motor se mueve a grandes velocidades por lo tanto los elementos de fricción deben estar lubricados durante su funcionamiento. El Sistema de Lubricación es controlado por un tablero independiente con el tag LOS-230103-2-23-AC4, el sistema LOS no pertenece al Sistema Básico de Control de Procesos (BPCS), el BPCS es un sistema centralizado y moderno.

La migración del tablero de control del sistema de lubricación se lleva a cabo principalmente por la necesidad de la empresa de centralizar el proceso de lubricación, renovando los controladores antiguos, que se encuentran obsoletos y para los cuales no hay repuestos disponibles en el mercado. Al contar con equipos modernos, se obtiene una mejor asistencia técnica por parte de los proveedores. Estos equipos ofrecen una mejor comunicación en red, utilizando la red Ethernet y ControlNet para una comunicación de datos más eficiente. Además, se reduce el número de componentes utilizados en el tablero, optimizando así su funcionamiento.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Migración de las unidades de lubricación de los grupos principales de bombeo Flowserve hacia el BPCS de la estación de bombeo Santo Domingo de la Empresa Pública de Hidrocarburos del Ecuador EP PETROECUADOR.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Analizar las diferentes normas y catálogos referentes a los equipos utilizados en el tablero mediante investigación bibliográfica obteniendo parámetros de diseño para la migración del tablero de control.
- Planificar la migración del sistema en coordinación del área de mantenimiento mediante un cronograma de actividades para la modernización del sistema.
- Identificar todos los elementos del sistema de lubricación que se encuentran en campo, para su ubicación dentro de los planos de diseño anteriores.
- Verificar mediante pruebas de funcionamiento el sistema de lubricación en un simulador para la comprobación del correcto desempeño en campo tanto del tablero de control y de la programación.

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

En este capítulo se hará una descripción de la historia de Petroecuador, el proceso de refinamiento y la Estación de Bombeo Santo domingo en la cual se detallará el sistema de lubricación objeto del presente trabajo.

1.1. CEPE

En Ecuador se confirmó la existencia del petróleo crudo en 1911 con la perforación del pozo Ancón, en Santa Elena y seguidamente en 1967 con el pozo Lago Agrio 1, en la región amazónica del Ecuador. La empresa encargada de las primeras perforaciones mencionados fue Texaco-Gulf [1].

En 1971 se obligó a la empresa petrolera Texaco-Gulf a devolver 930.000 hectáreas debido a que se realizó una revisión del contrato original, siendo así un evento importante en la historia petrolera del país. Ganando así el control de la industria petrolera: explotación, exploración, industrialización, transporte y comercialización. Para controlar estas actividades se creó en 1972 la Corporación Estatal Petrolera Ecuatoriana (CEPE). La empresa fue fundamental para las bases de la infraestructura petrolera, de tal manera que impulsó, el descubrimiento de más campos petroleros y la producción, refinación, transporte y comercialización de derivados. Posteriormente CEPE compró las acciones de Gulf y se volvió el socio mayoritario del consorcio CEPE-Texaco [1].

La creación de la Empresa Estatal Petróleos del Ecuador (Petroecuador) fue el 26 de septiembre de 1989, asumiendo el control completo de CEPE-Texaco, las refinerías de Repetrol y Anglo y el Sistema de Oleoducto Transecuatoriano. Ampliando y mejorando las operaciones de refinería, el almacenamiento de petróleo y derivados tanto en las plantas refinadores como en terminales [1].

En abril del 2010, 21 años después, como empresa estatal, Petroecuador se convirtió en empresa Pública, mediante el Decreto Ejecutivo N.º315. Ganando así autonomía administrativa, operativa y con patrimonio propio, dejó de ser holding y pasó a ser una sola empresa [1].

La Empresa Pública de Hidrocarburos del Ecuador, EP Petroecuador, es la más grande del país y una de las más grandes en América Latina por sus grandes dimensiones de negocios, ocupa el primer lugar en la escala de empresas a nivel del Ecuador, ubicada en la posición 50 entre las quinientas de América Latina. El 2 de enero de 2013, EP Petroecuador afrontó una etapa de

reestructuración para asumir las operaciones de midstream y downstream (refinación, transporte, almacenamiento y comercialización de hidrocarburos) y pasar las operaciones de upstream a la Empresa Pública Petroamazonas [1].

EP Petroecuador cumple con las responsabilidades sociales, ambientales y de seguridad industrial requeridas en sus áreas de operación. La empresa pública apoya la educación, la salud, el deporte y el desarrollo de las comunidades locales. La seguridad es una prioridad constante para EP Petroecuador, que cumple con su política empresarial y las normas internacionales mediante la implementación de estrategias de mitigación, remediación, gestión socioambiental, así como en seguridad, salud ocupacional y seguridad física [1].

1.2. EP PETROECUADOR

EP Petroecuador es “una empresa líder a escala nacional en la exploración, explotación, transporte, almacenamiento, industrialización y comercialización nacional e internacional del petróleo y sus derivados. Actividades hidrocarburíferas que las realiza acorde con normas de respeto al ambiente y responsabilidad social con sus trabajadores y las comunidades aledañas a las áreas de operación a nivel nacional [2].”

Mediante programas de exploración, EP Petroecuador ha encontrado nuevas fuentes de hidrocarburos en la Cuenca Amazónica y en la región Litoral, con el fin de mantener la producción de forma sostenible. En la actualidad la empresa cuenta con 25 bloques: 22 en la Amazonia y 3 en el Litoral. Además, cuenta con la plataforma de gas natural “Amistad”, en la provincia de El Oro [2]. La empresa cumple con la tarea de refinamiento, distribución, almacenamiento y comercialización de derivados.

1.3. Refinamiento del petróleo

En el proceso de refinación se separan moléculas de hidrógeno y carbono por medio de varios procesos. Se realizan a partir de la obtención del crudo, el cual se eleva a temperaturas altas hasta llegar al punto de ebullición produciendo un vapor que se condensa, lo que genera productos derivados del petróleo [3].

1.3.1. Fases del proceso de refinamiento

Todo proceso de refinamiento de petróleo debe cumplir 4 fases comunes para que sea óptimo y los productos resultantes tengan una alta calidad, estas fases se las describe a continuación.

- Separación: Se destila, posteriormente se desala y deshidrata el crudo, para el momento en que se calienta, sus moléculas se separan de mejor manera.
- Craqueo: Se aumenta la temperatura del petróleo hasta su punto de ebullición deseado para que las moléculas de hidrocarburos se rompan, para formar moléculas más pequeñas.
- Fraccionamiento: El crudo con alta temperatura, se transporta a las columnas de fraccionamiento, en donde son sometidos a altas temperaturas. Los componentes como gas se encuentran en la parte superior del tanque y los más pesados en la parte inferior.
- Almacenamiento y distribución: Se almacenan los productos petroquímicos en condiciones controladas y posterior se distribuye en el mercado [3].

La empresa pública de hidrocarburos EP Petroecuador cuenta con tres refinerías las cuales se aprecian en la Figura 1: Esmeraldas, La Libertad y Shushufindi. Estas se encuentran ubicadas estratégicamente en la región Amazónica y Litoral [4].



Figura 1. Refinerías del Ecuador [5].

1.4. Distribución

Los medios de transporte de los productos refinados son: barcos, trenes, camiones y ductos. Principalmente se utiliza tuberías múltiples o poliductos, ofreciendo ventajas como: costos menores, confiabilidad y seguridad. Operan las 24 horas del día, los 365 días del año. En la Figura 2 se observa el momento en que los tanqueros se abastecen de combustibles para su distribución en la estación Santo Domingo [6].



Figura 2. Tanques de distribución de petroquímicos.

Los poliductos son específicamente para el transporte de hidrocarburos, destinados a llevar petróleo crudo. A diario un poliducto contiene varios productos en distintos puntos de su recorrido que son entregadas en estaciones terminales, estaciones intermedias ubicadas a lo largo de su recorrido. En la Figura 3 se aprecia la línea del poliducto que llega a la estación de bombeo Santo Domingo.



Figura 3. Tubería del Poliducto.

En Ecuador el poliducto cruza tres regiones del Ecuador Continental. Transporta gasolina, diésel y gas licuado de petróleo, desde las Refinerías y los terminales marítimos, hasta los centros de despacho, para posteriormente comercializarlos. Cuenta con aproximadamente 1300 kilómetros de poliducto, cuya capacidad es de 6 millones de galones diarios de combustible a través de 9 líneas, que interactúan entre sí, en la Tabla 1 se mencionan los poliductos y estaciones [7].

Tabla 1. Poliducto del Ecuador [7].

POLIDUCTOS	ESTACIONES DE POLIDUCTO
Esmeraldas – Santo Domingo – Pascuales	Shushufindi – Poliducto SH – Q
Quito – Ambato	Quijos – Poliducto SH – Q
Shushufindi – Quito	Osayacu – Poliducto SH – Q
Sto. Domingo – Pascuales	Chaloi - Poliducto SH – Q
Ambato – Riobamba	Esmeraldas - Poliducto E – Q
Libertad - Manta - Pascuales	Santo Domingo - Poliducto E – Q

Tres Bocas – Pascuales	Faisanes - Poliducto E – Q
Tres Bocas - Fuel Oil	Corazón - Poliducto E – Q
Tres Bocas - Salitral	Reductora - Poliducto E – Q
Pascuales – Cuenca	
Esmeraldas - Sto. Domingo – Quito	

1.5. Almacenamiento

Para almacenar líquidos como el petróleo, nafta, diésel, fuel oil entre otros petroquímicos se debe colocar en tanques cilíndricos de fondo plano, techo abovedado, esférico o elipsoidal y en algunas ocasiones flotantes, con el fin de evitar la acumulación de gases inflamables dentro de los mismos. En la Figura 4, hay un tanque de almacenamiento de diésel 2, ubicado en una estación de Poliducto y tiene una capacidad de $736m^3$



Figura 4. Tanque de almacenamiento de diésel.

EP Petroecuador tiene 20 centros de almacenamiento, 8 terminales y 12 depósitos, estos combustibles y GLP son llevados vía poliductos y despachados a través de auto-tanques, la distribución general del poliducto ecuatoriano se la puede observar en la Figura 5.



Figura 5. Mapa de Poliducto Ecuatoriano [6].

1.6. Terminal de productos limpios SANTO DOMINGO

En la terminal se realizan cuatro actividades: recepción de productos, almacenamiento, despacho y la comercialización. En la Figura 6 se observa la entrada. La terminal de productos limpios cuenta con las siguientes secciones:



Figura 6. Terminal de Bombeo Santo Domingo.

1.6.1. Área de Despacho

Dentro del área se distribuye combustible a los tanqueros, esto se realiza en la mañana y en la tarde. Cuenta con 6 áreas de despacho dentro de la estación, en la Figura 7 se puede apreciar una de ellas.



Figura 7. Área de despacho de combustible.

1.6.2. Área de Almacenamiento

A lo largo de toda la estación, cuentan con varios tanques de almacenamiento de combustible algunos tanques están destinados al despacho, uno de ellos es de diésel y cuenta con una capacidad de $238m^3$ y se encuentra en la Figura 8. Los tanques de almacenamiento son un respaldo en caso de que a lo largo del poliducto entre Esmeraldas y Santo Domingo ocurra una falla con la tubería entonces, la estación puede cumplir con el bombeo de combustible.



Figura 8. Tanque de diésel.

1.6.3. Sistema contra incendios

Dentro de la estación existe un tanque lleno de agua contra incendios y también una piscina, el tanque se muestra en la Figura 9. Este sistema se encuentra a lo largo de toda la estación, con dispositivos de accionamiento automático en casos de una emergencia.



Figura 9. Tanque de agua contra incendios.

1.6.4. Área de mantenimiento

En este lugar se realiza la ejecución y logística de mantenimiento. El grupo cubre las estaciones de Esmeraldas, Santo Domingo, Faisanes, Corazón y Beaterio en Quito. Es una parte importante de la estación, ya que se encuentran operativa las 24 horas del día, en la Figura 10 se observa el departamento de mantenimiento.



Figura 10. Fachada del departamento de mantenimiento.

1.6.5. Área de Operaciones

Los operadores se encargan de controlar el sistema de bombeo, dentro de su instalación cuentan con varios indicadores ya sea de presión, temperatura y caudal. Coordinan el sistema de bombeo con las demás estaciones, los operadores son responsable de la distribución de los productos petroquímicos. En la Figura 11 se muestra la pantalla de indicadores de presión, caudal, temperatura, etc.

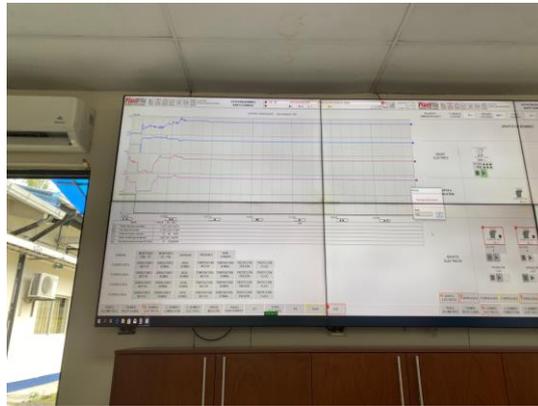


Figura 11. HMI de operadores.

1.7. Sistema de bombeo

Los petroquímicos recorre una gran distancia desde la refinería hacia su destino final, causando una pérdida de presión a lo largo del trayecto llegando con una presión nominal de 72PSI, dentro de la estación cuentan con Bombas Centrifugas accionadas por Motores de Inducción Pegasus MHV con accionador de frecuencia variable. Las bombas centrifugas proporcionan una presión de salida de 1.292 PSI según los indicadores del cuarto de operaciones. Debido a que el recorrido hasta la siguiente estación es de 31 kilómetros en los cuales existen tramos con inclinaciones ascendentes.

1.7.1. Motor de Inducción Horizontal Pegasus MHV

Este motor industrial es utilizado comúnmente en aplicaciones de alta exigencia. Es un motor de corriente alterna y pertenece a la familia de los motores a inducción con una gran robustez, eficiencia y bajo mantenimiento. Al ser un motor con una aplicación específica, el proveedor proporciona una ficha técnica diseñada exclusivamente para este propósito las cuales se observan en la Tabla 2 [8].

Tabla 2. Características técnicas del motor [8].

Motor Pegasus MHV	
Tipo	Jaula de Ardilla
Marca	General Electric Motors (GE)
Potencia	1491 kW
Polos	2
Voltaje	4160 V max
Frecuencia	60 Hz
Fases	3
Rotación nominal	3600 RPM
Corriente nominal	240A
Par Nominal	3956 Nm
KVA Nominal	1729
Ciclo de Trabajo	Continuo
Peso total	7200 kgf
RPM Máxima	3960

Los motores trabajan a una capacidad máxima del 80% brindando una presión de bombeo de 1.292 PSI. El diámetro de la tubería es la que limita la capacidad de funcionamiento de los motores.

1.7.2. Bomba Centrifuga Horizontal DMXH (Simple succión alta presión)

La Bomba Centrifuga Horizontal DMXH de simple succión y alta presión es diseñada para manejar líquidos en sistemas donde se requiere alta presión y flujo constante. La bomba está diseñada para funcionar a la capacidad hidráulica requerida mientras reduce las cargas de empuje. Los rodamientos y los sellos duran más por su diseño optimizando del balance de empuje axial y radial en todo su rango de uso, lo que evita la vibraciones y desviaciones del eje [9]. La bomba utilizada se encuentra en la Figura 12.

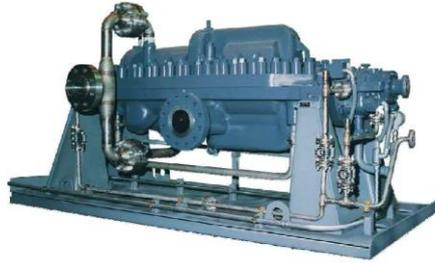


Figura 12. Bombe Centrifuga DMXH [9].

1.8. Partes principales de la bomba

A continuación, se detalla las partes principales que conforman la Bombe Centrifuga multietapa DMXH de FLOWSERVE.

1.8.1. Cuerpo

El cuerpo de la bomba no solo contiene el líquido bombeado, sino también lo guía desde la extracción hacia los impulsores y después mediante volutas, hasta la descarga. Las dos mitades del cuerpo se encuentran selladas mediante juntas y unidas por espárragos, los cuales están colocados en la parte inferior del cuerpo y se aprietan con tuercas ciegas y arandelas [9].

1.8.2. Impulsores

Los impulsores serie de simple succión de tipo cerrado, fabricados en una sola pieza y equilibrados dinámicamente. Se ajustan con anillos de impulsores reemplazables (en el ojo y el cubo), los cuales se fijan con prisioneros sin cabeza. Los impulsores están enchavetados y se ajustan al eje de la bomba, mientras que su posición axial se asegura mediante anillos partidos [9].

1.8.3. Eje

El eje es cuenta con resistencia y es desbastado en todo su largo para permitir tolerancias pequeñas. Está diseñado para transferir la potencia requerida sin vibraciones y es escalonado en cada encastre de impulsor para permitir un armado y desarmado fácil [9].

1.8.4. Cojinetes

Los cojinetes están hechos de acero al carbono y revestidos con babbit, siendo el tipo de inserto en forma de camisa. Los cojinetes axiales consisten en dos rodamientos de bolas de hilera simple con contacto angular, montados en configuración “espalda con espalda” (el estampado estará “cara a cara”), lo que les permite soportar la carga axial en ambas direcciones. El empuje

se transmite a través del eje hacia los rodamientos de bolas, y de ahí al soporte del cojinete y a la base. Tanto los cojinetes de desplazamiento como los de bolas se lubrican mediante anillos de lubricación [9].

1.8.5. Cámaras de sello

Las cámaras de sello son fundidas con el cuerpo. Normalmente el sello mecánico ya se encuentra instalado. El sello mecánico trabaja con cualquier aplicación. Esto crea un ajuste correcto cuando la brida del sello se ajusta en su lugar. Los sellos son de tipo cartucho [9].

1.9. Sistema de Lubricación

El aceite es distribuido por el sistema de lubricación presurizado por una de las dos bombas de aceite. La bomba principal se encuentra montada en un soporte y es tratada por el eje de la bomba a través del acople Lovejoy. Una bomba auxiliar accionada por motor se encarga de suministrar aceite de manera presurizada durante los periodos de arranque y parada. Cuando la bomba principal se encuentre en la presión requerida la bomba auxiliar entrara en un estado de espera hasta que la presión disminuya por debajo de un valor determinado. Disminuida la presión la bomba auxiliar procede a encenderse nuevamente. Durante la operación, el aceite es succionado por la bomba principal del reservorio y enviado al intercambiador de calor. Después se dirige a los filtros y por último alimenta los puntos de inyección en los soportes de cojinete de bomba y motor [9]. Dentro de la Figura 13 se encuentra el sistema de lubricación.

La válvula de alivio de presión se encuentra colocada en el sistema de lubricación para mantener la presión de aceite requerida entre 15–20 psi [9].

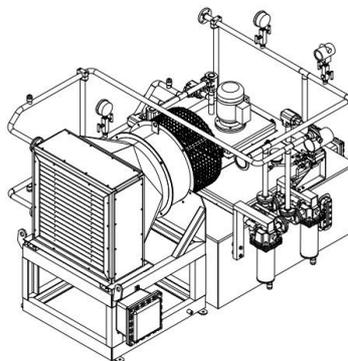


Figura 13. Sistema de Lubricación [10].

1.10. Normativa NFPA 70

Los equipos que se utilizan dentro de EPPETROECUADOR deben ser diseñados para zonas peligrosas, ya que existe presencia de gases. La normativa menciona lo siguiente:

Lugares Clase I. Los lugares clase I son lugares donde puede o hay gases inflamables, vapores producidos por líquidos inflamables en cantidades suficientes para producir mezclas explosivas [21].

Clase I, División 1. Es donde [21]:

- Debido a reparaciones o fugas existan concentraciones de gases inflamables, vapores producidos por líquidos inflamables.
- La avería o mal funcionamiento puede liberar concentraciones de gases inflamables.

Clase I, División 2. Es donde [21]:

- Se manipulan y procesan o aplican gases volátiles inflamables.
- Que se encuentra adyacente a un lugar de la Clase 1 División.

Clasificación por grupos en la clase I [21]:

- Grupo A. Acetileno
- Grupo B. Gas inflamable, gas producido por un líquido inflamable, o vapor producido por un líquido combustible mezclado con el aire que puede arder o explotar, posee o un valor de separación de seguridad experimental máxima menor o igual a 0.45 mm o una relación de corriente de ignición mínima menor o igual a 0.40.
- Grupo C. Gas inflamable, vapor producido por un líquido inflamable que puede arder o explotar, que posee un valor de separación de seguridad experimental máxima mayor a 0.45 mm y menor o igual a 0.75mm o una relación de corriente de ignición mínima mayor de 0.40 y menor o igual a 0.80.
- Grupo D. Gas inflamable, vapor causado por un líquido inflamable que puede arder o explotar, que tiene un valor de seguridad experimental máximo mayor a 0.75 mm

Lugares Clase II. Es la zona en la cual resulta peligrosa por la presencia de polvos combustibles [21].

Lugares Clase III. Son lugares que resultan peligrosos por la presencia de fibras inflamables [21].

CAPÍTULO 2

CONDICIONES ACTUALES DEL SISTEMA DE LUBRICACIÓN

En el presente capítulo se va a detallar todos los componentes instalados tanto en el tablero de control además del análisis del proceso de lubricación de las Bombas Centrifugas y su respectiva lógica de programación.

2.1. Tablero de control existente del Sistema de lubricación

Actualmente se utiliza el tablero de control mostrado en la Figura 14, tiene las siguientes dimensiones 2.20X0.78X0.56m dicho tablero controla el sistema de lubricación de las bombas centrifugas. Existe una parte frontal y trasera del tablero. La parte frontal se encuentra en la Figura 14.



Figura 14. Tablero de Control vista frontal.

Dentro del tablero de control, tanto la parte delantera como la parte trasera cuenta con los mismos elementos; controlador, borneras, elementos de protección, acondicionadores de señal, etc. Cada controlador es individual para cada bomba de tal manera que tiene dos secciones que se muestran la Figura 15.



Figura 15. Tablero de control LOS, vista trasera.

Los componentes que existen dentro de este tablero se describen a continuación:

2.2. Componentes del Tablero de Control

2.2.1. CompactLogix 1769-L23E-QBFC1B

El controlador compacto es resistente y de alto rendimiento, se puede utilizar en cualquier aplicación sea esta de medición o supervisión a nivel industria la cual fue adquirida hace 15 años aproximadamente, en la actualidad se encuentra descontinuado al igual que sus repuestos. Sus principales características que se muestran en la tabla 3.

Tabla 3. Características técnicas del controlador [11].

CompactLogix 1769-L23-QBFC1B	
Memoria	512 KB
Alimentación	24V DC
Puertos de Comunicación	1 puerto Ethernet 1 puerto RS-232
Entradas y salidas Integradas	16 entradas digitales DC 16 salidas digitales DC 4 entradas analógicas 2 salidas analógicas
Capacidad de Expiación de módulos	4 contadores modulares de alta velocidad Hasta 2 módulos de 1769

2.2.2. Fuente de alimentación

La fuente de alimentación es de la marca PHOENIX CONTACT cuenta con una salida de 24 VDC y trabaja con un corriente de salida de 3.5 A, es utilizado para energizar exclusivamente al controlador [12]. La fuente de alimentación que se encuentra en el tablero de control se muestra en la figura 16.

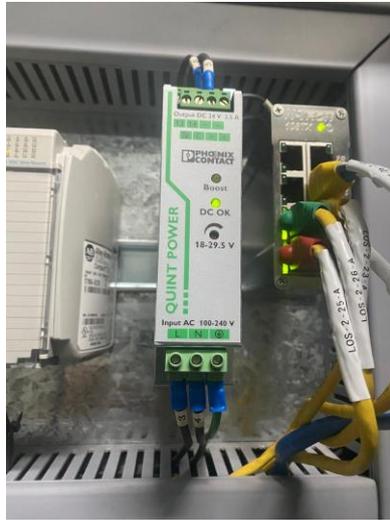


Figura 16. Fuente voltaje de 24VDC.

2.2.3. Switch de Ethernet Industrial 108TX

El switch cumple con la función de adquirir datos que se encuentren en la misma red, los datos que se recolectan provienen desde campo. El switch cuenta con ocho puertos RJ-45, se pueden configurar la velocidad y la capacidad de control de flujo de los ocho puertos [13]. El switch de ethernet se distingue en la Figura 17.



Figura 17. Switch 108TX.

2.2.4. *Bornera de conexión de Tierra*

Bornera de conexión por resorte de color amarillo-verde, cuenta con las siguientes características

- Sección: $0,08 \text{ mm}^2$ - 4mm^2 .
- AWG: 28-12.
- Anchura: $5,2 \text{ mm}$ [14].

Las borneras de tierra colocadas en el tablero se encuentran en la Figura 18. También se puede observar que encuentran conectados cables de color verde quiere decir que se conecta exclusivamente tierra.



Figura 18. Bornera de color verde.

2.2.5. *Disyuntor bipolar automático Siemens*

El disyuntor es un elemento de protección que se acciona cuando existe cortocircuitos y sobrecargas. Los disyuntores que se encuentran en el tablero son destinados a la protección del controlador, en la Figura 19 se lo puede observar. Cuenta con 2 polos y 4A de corriente nominal [15].



Figura 19. Disyuntor.

2.2.6. Interruptor diferencial 5SM1 312-0MB

El interruptor diferencial compara la corriente del sistema, si la entrada es diferente a la corriente de retorno se activa automáticamente, protegiendo así el sistema de control. El interruptor diferencial se lo observa en la Figura 20. Cuenta con 2 polos, corriente nominal de 25 A y una tensión nominal de funcionamiento de 230VAC.



Figura 20. Interruptor diferencial.

2.2.7. MACX MCR-EX-SL-RPSSI-I Amplificador separador de alimentación

Acondicionador de señal de entrada y de alimentación, con transparencia HART. Transmite señales de 0/4-20 mA alimentadas o activas a una carga [16]. El dispositivo se encuentra en la Figura 21. Dentro del tablero se encarga de acondicionar las señales de los transmisores de temperatura y presión del sistema de lubricación.



Figura 21. Acondicionar de señales

2.2.8. Zócalo de Relé

Bornera de base de 6,2 mm, sin equipamiento de relé o relé de estado sólido, para colocar en carril NS 35/7,5,1. Tensión de entrada de 24VDC [17].

2.2.9. REL-MR- 24DC/21- Relé individual

Relé pequeño enchufable con contacto de potencia, 1 contacto conmutado con una tensión de trabajo de 24V DC [18]. El relé y el zócalo del relé se encuentran en la Figura 22.



Figura 22. Zócalo y relé.

2.2.10. Bloque de terminales de color gris

Se utilizan para conectar los elementos de campo a los módulos de salida y entrada de señales ya sea digital y analógica, el bloque de terminales que se encuentra en el tablero LOS se observa en la Figura 23.



Figura 23. Bloque de entradas digitales.

2.2.11. P-FU 5X20-5- Cabeza portafusible

Cabeza portafusible para borneras de un ancho de 5,2 mm, el portafusible se encuentra en la Figura 24 y cuenta con las siguientes características [19]:

- Tipo de conexión: Conexión enchufable.
- Tipo de fusible: G/5 x 20.
- Color: Negro.
- Corriente nominal: 6,3 A.
- Tensión nominal: 400V.

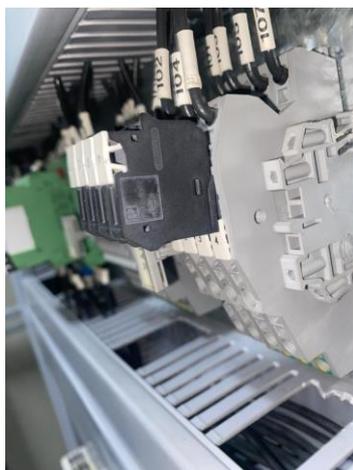


Figura 24. Portafusible.

2.2.12. MACX MCR-EX-SL-2NAM-RO - Amplificador de separación

Acondicionador de señal para el funcionamiento de sensores de proximidad y conmutadores. Las señales son transmitidas por salidas de relé [20]. El acondicionador de señal que se encuentra en el tablero se observa en la Figura 25. El dispositivo adquiere señales de los switches de nivel y presión.



Figura 25. MACX MCR-EX-SL-2NAM-RO.

Descrito todos los elementos del tablero, se muestra en la Figura 26 la posición de cada elemento del sistema de lubricación.

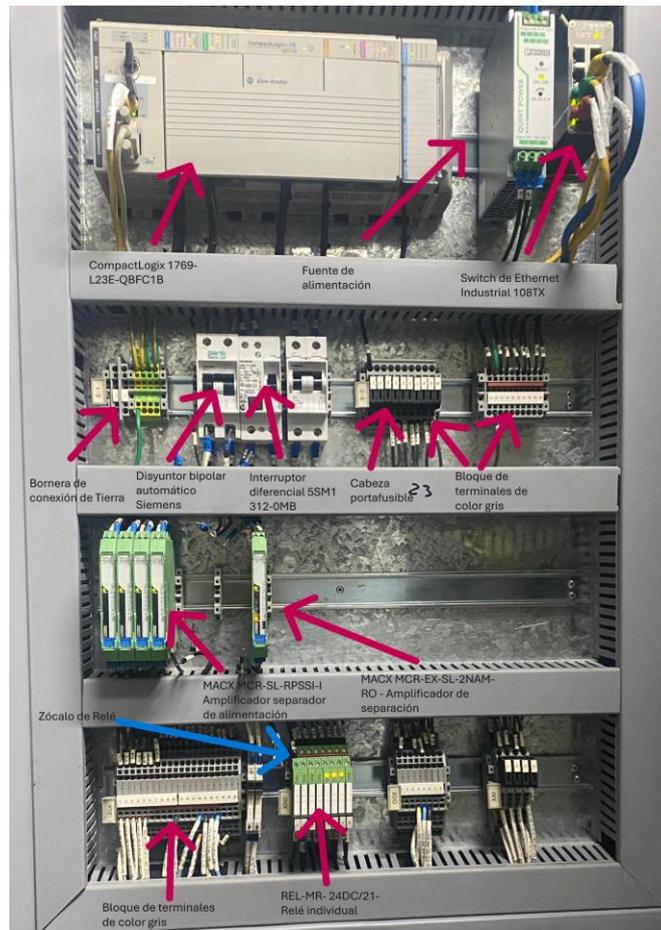


Figura 26. Elementos del tablero LOS.

2.3. Señales de entrada y salida del sistema de lubricación

El sistema de lubricación cuenta con señales digitales y analógicas como entrada que representan los instrumentos que se encuentran en campo, y sus salidas son dos motores, un ventilador y una resistencia que eleva la temperatura del aceite.

En la siguiente Figura 27 se muestra dos tipos de entradas y 3 salidas diferentes.

- LSL: Switch de nivel bajo 3 por lazo de control.
- PS: Switch de presión, 2 por lazo.
- Traceadora: Resistencia que eleva la temperatura del aceite.
- Ventilador: Reduce la temperatura del aceite.
- Motor Aux 1 y 2: Accionamientos para la bomba.



Figura 27. Entradas digitales de LOS.

En la Figura 28 se mencionan las entradas analógicas y de igual manera 3 salidas diferentes.

- TT: Transmisor de temperatura
- PT: Transmisor de presión
- PDT: Transmisor de presión diferencial



Figura 28. Entradas analógicas de LOS.

2.4. Programación del sistema existente

La empresa EMCOMET S.A proporciona el manual sobre la filosofía de funcionamiento de LOS también cuenta con una matriz causa y efecto de todo el sistema en general, la matriz cause y efecto se encuentra en el Anexo 1. En la Figura 29 se encuentra el funcionamiento del sistema de lubricación en forma de diagrama de flujo.

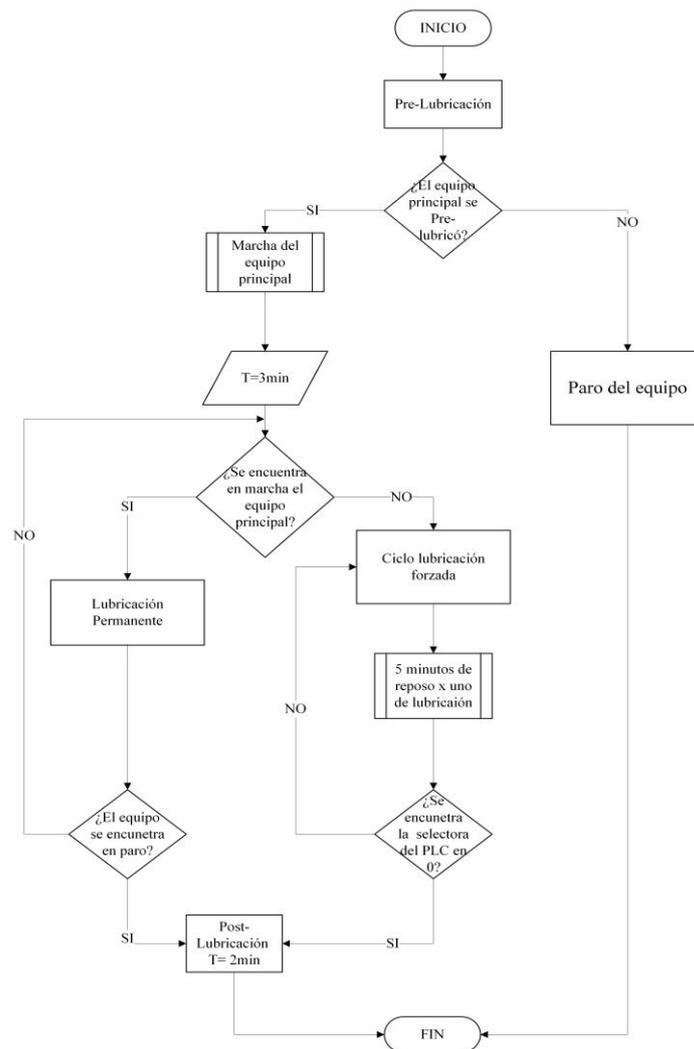


Figura 29. Diagrama de flujo de LOS.

El proceso de funcionamiento del motor y la bomba se inicia con una pre-lubricación en los cojinetes de la bomba. Si la bomba no fue pre-lubricada, no arrancará el equipo hasta verificar el motivo por el cual no se lo realizó. Caso contrario, se tiene dos modos de funcionamiento de lubricación.

2.4.1. Lubricación Permanente

Cumplida la pre-lubricación, se empezará a contar 3 minutos. Dentro de estos tres minutos se habilita la opción de marcha del equipo con una lubricación de forma permanente.

2.4.2. Ciclo de lubricación Forzada

En tal caso de no funcionar con la lubricación permanente el equipo deshabilita la opción de arranque del equipo y entra en un estado de reposo y activa directamente la lubricación “forzada” que cuenta con 5 minutos de reposo por 1 de lubricación. Y la única manera de que

se deshabilite este modo es colocando el selector LL en la posición 0 del tablero como se aprecia en la Figura 30.



Figura 30. Selector del tablero.

Por cualquier motivo que se detenga el equipo, el sistema de lubricación entra en modo “post-lubricación”, consiste en que durante 2 minutos se mantendrá activa la LOS manteniendo así lubricados los cojinetes. Una vez finalizado este proceso el sistema deberá reiniciarse para que la central de lubricación se encuentre en condiciones óptimas para operar.

2.5. Factores para el funcionamiento correcto de LOS

2.5.1. Arranque pre-lubricación

Al iniciar el funcionamiento del equipo, primeramente, se activa la bomba auxiliar 1 para inyectar aceite en los cojinetes del equipo principal durante 2 minutos, asegurándonos así una lubricación óptima para el funcionamiento del equipo. Pasados los 2 minutos y verificando que la presión sea mayor a 21 PSI el sistema de control permite el arranque del equipo. Si no se completa la pre-lubricación no entrará en funcionamiento el equipo.

2.5.2. Detección de baja presión de lubricación

En caso de que la presión sea menor a 13 PSI, el sistema automáticamente accionara la bomba auxiliar 2 y mandara una alarma. Si el sistema sigue operando con el motor auxiliar 2 el operador deberá ejecutar una inspección sobre la bomba auxiliar 1.

Si la presión llega a 10 PSI y se mantiene en descenso durante 3 segundos el equipo principal se debe detener obligatoriamente, y luego de dicho paro entra en el proceso de pos-lubricación.

2.5.3. Presión diferencial del filtro PDIT

Controla el estado de suciedad de los filtros. Cuando se encuentra en 40PSID indicará una alarma y cuando llegue a 45 PSID detendrá el equipo principal. Siempre y cuando el valor de la temperatura del aceite sea aproximadamente 50 °C, que corresponde al valor óptimo de funcionamiento. Detenido el equipo se procederá a la pos-lubricación.

2.5.4. Temperatura de aceite en cañería de impulsión.

Cuando la temperatura del aceite se encuentre en 53 °C en ascenso, el ventilador de calor debe ser accionado y debe ser desconectado una vez la temperatura llegue a 49 °C.

2.5.5. Temperatura del aceite en el reservorio

Permite conocer la temperatura en el reservorio. Cuando la temperatura llegue a 30 °C se activará la resistencia calefactora, siempre y cuando el level switch del reservorio no indique bajo nivel de aceite, llegado a 35 °C la resistencia tendrá que desconectarse. En caso de que la temperatura sea de 75 °C se producirá una alarma y de llegar a 80 °C se detendrá todo el equipo principal.

2.5.6. Nivel de aceite de reservorio

Cuando se acciona el LSL (level switch low) al llegar a un valor determinado se mostrará una alarma o disparo por bajo nivel de aceite en el reservorio. Esta señal detendrá el equipo y posterior se accionará la post-lubricación, después la LOS se detendrá.

2.6. Matriz causa y efecto del Sistema de Lubricación

En la matriz se encuentran parámetros de programación, los factores antes mencionados también se incluyen en la matriz. Esta es obtenida del funcionamiento en general del equipo principal, su matriz se encuentra en el Anexo 1, se redujo la matriz solo enfocada en parámetros del sistema de lubricación y se encuentra en la Figura 31.

CAPÍTULO 3

DISEÑO DEL NUEVO TABLERO LOS

En este capítulo se detalla el diseño del nuevo tablero de control de LOS tomando en cuenta elementos actualizados que cumplen la normativa y las condiciones de funcionamiento.

3.1. Diseño mecánico

3.1.1. Armario para piso *HOFFMAN*

El sistema LOS será migrado a un armario actualizado, tiene el nombre de RIOB-230103-2-90-A se lo puede observar en la Figura 32. Cuenta con las siguientes dimensiones 1830X1830X256mm [21].



Figura 32. Armario RIOB-230103-2-90-A.

El material de fabricación del armario es Acero suave, que cumple la Norma Internacional CEI IEC 60529, que menciona los grados de protección proporcionados por las envolventes (Código IP) [22]. El armario tiene una IP55, significa que cuenta con dos tipos de protecciones:

- Protegido contra el polvo.
- Protegido contra chorros de agua.

Dentro de este armario cuenta con fuentes de alimentación, controladores, elementos de protección, borneras, entre otros elementos que se encuentran ya instalados. Los elementos que forman parte del armario se observan en la Figura 33.

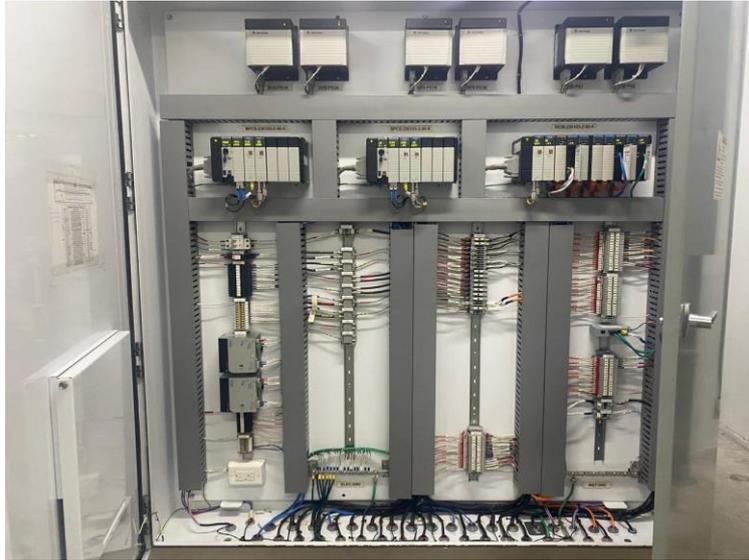


Figura 33. Elementos del Armario.

3.1.2. HUB

En el armario se observan varios conductores que vienen desde campo. Para asegurar su fijación dentro del tablero, se utilizan Hubs en la parte superior de este, son bujes de aluminio a prueba de vibraciones [23]. Estos son utilizados en ambientes de alta exigencia incluido aquellos con presencia de petroquímicos. Según su aplicación se utilizan de 3/4", 1", 1/2", 2". Los Hubs existentes dentro del tablero se muestran en la Figura 34.

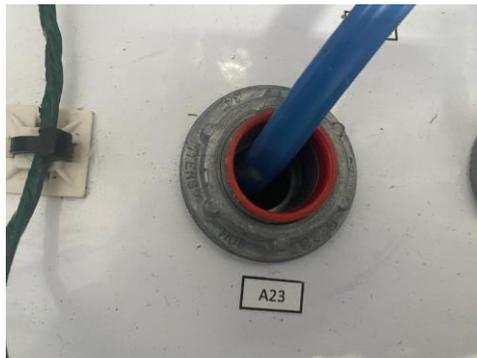


Figura 34. Hub de 3/4".

3.1.3. TMCX

Junto con los Hub se utilizan TMCX, son conectores a prueba de explosiones y son utilizados en entornos industriales peligrosos, en la Figura 35 se observa el TMCX enroscado con el hub. Estos materiales tienen certificaciones que cumplen con las siguientes características y siguen la normativa internacional IEC 60079-1 Atmosferas explosivas:

- Sellado hermético.
- A prueba de explosión.
- Adecuado para ambientes industriales severos.



Figura 35. TMXC.

3.2. Diseño eléctrico y electrónico

3.2.1. Fuentes de alimentación redundante

En el tablero de control se utiliza, fuentes redundantes para asegurar el funcionamiento de los dispositivos continúen trabajando en caso de que una de las fuentes de alimentación falle. En el tablero se encuentra la fuente 1756-PAR2 para ControlLogix y cuenta con las siguientes características:

- Voltaje de trabajo: 85-265V [24].
- Voltaje de salida: 5V CC a 13 A, 3,3 V CC a 4 A, 1,2 V CC a 1,5 A, 2,4V CC a 1,75 A.

El dispositivo alimental al rack del ContrlLogix y se encuentra en la Figura 36.



Figura 36. Fuente de alimentación redundante.

Las fuentes de alimentación redundante cuentan con los siguientes tags:

- SYS-PS1A.
- SYS-PS2A.
- SYS-PS1B.
- SYS-PS2B.
- RIOB-PS1.
- RIOB-PS2.
- SYSTEM-PS1.
- SYSTEM-PS2.

3.2.2. Chasis de 7 Slots para ControlLogix

El chasis modular de 7 espacios es necesario para el montaje de módulos compatibles con el sistema y el controlador [25]. Está diseñado para colocar estos módulos en cualquier parte del chasis y en la Figura 37 se lo observa sin módulos.



Figura 37. Chasis de 7 espacios [25].

3.2.3. Controlador Logix 5574 1756-L74

Es un módulo de la serie ControlLogix, controla y monitorea algunos procesos dentro de la estación. En la Tabla 4 se encuentran las características técnicas.

Tabla 4. Especificaciones del controlador Logix5574 [26].

Especificaciones Técnicas Logix5574	
Memoria IO	0,98MB
Alimentación	5mA 1.2 VDC, 800mA 5.1VDC
Memoria de usuario	16MB
IO máximo	128.000
Entrada analógica máxima	4.000
Entrada/salida digital máxima	128.000
Puerto de programación	USB

El CPU 1756-L74 utilizado en el tablero de control se encuentra en la Figura 38. Este dispositivo es diseñado para soportar ambientes de alta exigencia uno de ellos es la industria del petróleo. Este controlador brinda una alta fiabilidad ya que en la línea de ControlLogix cuenta con redundancia. Haciéndolo así un dispositivo con gran rendimiento y casi nada de perdidas en los procesos industriales [27].



Figura 38. Logix5574.

3.2.4. Módulo de redundancia ControlLogix

El módulo redundante es utilizado para garantizar la continuidad y confiabilidad del sistema [28]. En tal caso que llegase a fallar el controlador número uno, el controlador número dos asume todo el control del sistema y no existen pérdidas en la producción. Se conecta de manera paralela y mediante fibra óptica, el módulo se muestra en la Figura 39.



Figura 39. Módulo de comunicación redundante.

3.2.5. *Cable de fibra óptica para redundancia de ControlLogix*

El cable de fibra óptica es utilizado para conectar los módulos redundantes, este cable se observa en la Figura 40 y tienen las siguientes características [29]:

- Conector: LC-type (fibra óptica).
- Tipo de cable: 8.5/125 cable de fibra óptica.
- Canales: 1 (fibra de transmisión y recepción).
- Transmisión: menor o igual a 100Mbps.
- Longitud de onda: 1300nm.



Figura 40. Cable de fibra óptica [29].

3.2.6. *Módulo de comunicación Ethernet/Ip para ControlLogix 1756-EN2T*

El módulo de comunicación cumple con las siguientes tareas [30]:

- Controla entradas y salidas remotas.
- Controla dispositivos remotos.
- Permite comunicar el sistema ControlLogix con sistemas HMI.

Ocupa una tasa de transferencia de datos de 10/100 Mbps, el módulo de comunicación se muestra en la Figura 41.



Figura 41. Módulo Ethernet-IP.

3.2.7. *Módulo de comunicación redundante ControlNet.*

Garantiza la comunicación continua principalmente en sistemas que requieran alta disponibilidad como en la industria petrolera. Tiene las siguientes características [31]:

- Tasa de transmisión de 5 MBPS.
- Cuenta con 128 conexiones Logix.

El módulo de comunicación redundante se muestra en la Figura 42.

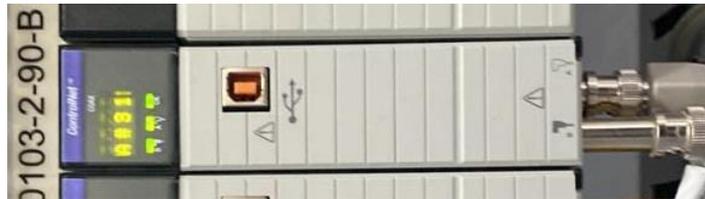


Figura 42. ControlNet.

3.2.8. *Tapa de Slot vacía*

Se utiliza para cubrir los espacios vacíos que no son ocupados del rack modular [32] en la Figura 43 se en la derecha de la figura se encuentran las tapas de los slots. Se los coloca para:

- Protección física [32].
- Seguridad eléctrica.
- Estabilidad mecánica.
- Organización y estética.
- Preparación para expansión futura.

Dentro del tablero se encuentran 2 controladores con las siguientes nomenclaturas BPCS-230103-2-90 A y BPCS-230103-2-90 B ocupan una comunicación redundante ya que se encuentran sincronizados y a la vez si alguno falla el otro toma el control del sistema, los controladores se muestran en la Figura 43 .



Figura 43. Controlador BPCS-230103-2-90 A y B.

Para las entradas y salidas se utiliza un rack ControlLogix de 10 slots, cuenta con los siguientes elementos que se muestran en la Figura 44 y tiene el tag RIOB-230103-90-A.

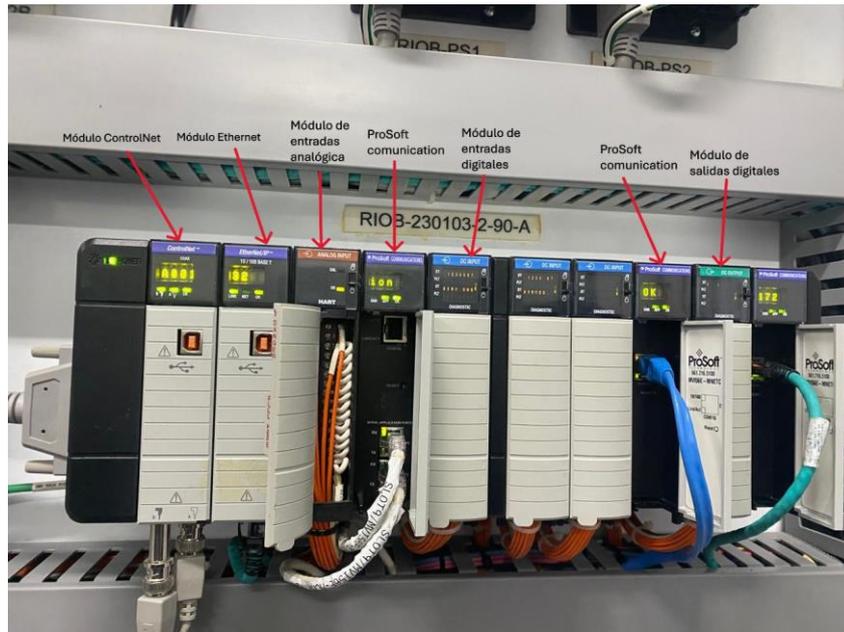


Figura 44. RIOB-230103-2-90-A.

3.2.9. Módulo de entradas analógicas con diagnostico 1656-IF16H

El módulo recibe varias señales analógicas del sistema y se observa en la Figura 45. Las señales recibidas pueden ser de 0-20 mA o 4-20mA, a continuación, se mencionan sus principales características del módulo.

- Entradas analógicas: 16 entradas [33].
- Resolución: 16-21bits.
- Tiempo de escaneo I/O: 11-328ms.
- Detección de ruptura de cable.
- Comunicación HART.



Figura 45. Módulo de entradas analógicas.

3.2.10. Módulo de comunicación ProSoft MVI56E-MCMR

Este módulo permite la comunicación con dispositivos que utilizan el protocolo de comunicación Modbus RTU. Registra y diagnostica eventos en tiempo real para facilitar la detección y resolución de problemas [34].

El módulo se instala en el rack del ControlLogix y se comunica con el procesador mediante backplane. En la Figura 46 se muestra el módulo de comunicación



Figura 46. Módulo de comunicación ProSoft.

3.2.11. Módulo de entradas digitales con diagnóstico 1756-IB16D

Es un módulo de entradas de corriente continua ControlLogix. Cuenta con 16 entradas, la señal de entrada puede ser de 10-30V [35]. El módulo se lo puede observar en la Figura 47



Figura 47. Módulo 1756-IB16D

3.2.12. Módulo de comunicación ProSoft MVI56E-MNETCR

Integra dispositivos que utilizan el protocolo Modbus TCP/IP con el ControlLogix [36]. Tiene los siguientes beneficios y se observa en la Figura 48:

- Compatible con placa base ControlLogix 1756 de una sola ranura.
- No se requiere programación PAC/PLC adicional.
- Habilita de manera programada varios dispositivos en red y sus funciones para administrar múltiples aplicaciones [36].



Figura 48. ProSoft MVI56E-MNETCR.

3.2.13. Módulo de salidas digitales con diagnostico 1756-OB16D

Módulo de 16 canales con salida de 19-30V DC, cuenta con una corriente de salida de 1 A [37]. Dentro del rack modular se encuentra en slot 8, se indica en la Figura 49.



Figura 49. Módulo de salidas 1756-OB16D.

3.2.14. Disyuntor miniatura 1492-SP2C250

El disyunto es un elemento de protección, que está conectado desde un dispositivo de alimentación ininterrumpida (UPS) de 120V, y su salida es al supresor como se muestra en la Figura 50 Las características del disyuntor son las siguientes [38]:

- Disyuntor de 2 polos.
- Protección de corriente de 25 A por polo.
- Curva de disparo tipo C.
- Voltaje máximo de trabajo 415 VAC.



Figura 50. Disyuntor 1492-SP2C250.

3.2.15. *Supresor PT 2-PE/S-120AC/FM*

Es un dispositivo diseñado para la protección de sobretensiones en sistemas eléctricos y electrónicos, es un dispositivo clasificado de protección de tipo 3. Este se encuentra después del disyuntor ya que protege los elementos sensibles [39]. Cuenta con las siguientes características:

- Diseñado para sistemas de 120V AC.
- Tensión de servicio máximo 250 V AC.
- Tensión de servicio máximo 50 V DC.
- Corriente de servicio máximo 3 A AC.

El supresor se encuentra en la Figura 51 y cuenta con dos salidas; línea y neutro, línea se dirige al bloque de terminales TB-AC[L] y neutro de una con TB-AC[N].



Figura 51. Elemento de protección.

3.2.16. *Bornera de conexión porta fusible 1492-H4*

Las borneras tienen el tag TB-AC[L], cuenta con 12 borneras. Las borneras tienen un indicador luminoso de neón. Cuentan con un fusible tipo cartucho que protege los equipos conectados al circuito en caso de sobrecarga. Estas borneras son conectadas hacia las fuentes de alimentación redundantes antes mencionadas y también cuenta con una capacidad de hasta 10 A [40]. Las borneras se encuentran en la Figura 52.



Figura 52. Borneras 1492-H4.

3.2.17. Bornera de conexión por tornillo color gris 1492-J6

La bornera es de uso general para realizar conexiones eléctricas más seguras y ordenadas entre cables [41]. Las borneras son colocadas de manera vertical para tener una mejor distribución dentro del tablero, el tag de estas borneras es TB-AC[N], en la entrada de la bornera se encuentra conectada el neutro del supresor, y para que haga conexión entre todas las borneras se utiliza un conector especial, en la Figura 53 se observa las borneras junto con el conector.

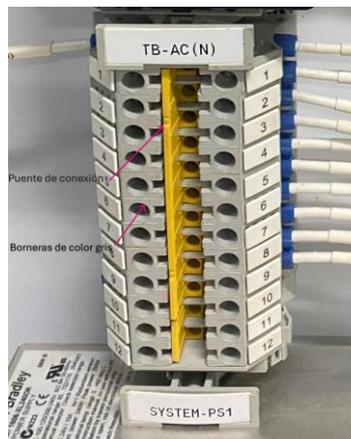


Figura 53. Bornera 1492-J6.

3.2.18. Fuente de alimentación redundante AC/DC

El tablero de control cuenta con dos fuentes de alimentación redundantes de la marca Allen Bradley de 240W con una salida de 24V DC [42]. La fuente con el tag SYSTEM-PS1 alimenta la bornera TB-DC [+] del slot 4 y la fuente SYSTEM-PS2 alimenta TB-DC [-]. El modelo del equipo se muestra en la Figura 54.



Figura 54. Fuentes de alimentación 1606-XL.

3.2.19. Bloque de distribución de alimentación 1492-WFB424 (TB-DC (+))

Es una bornera dedicada a la protección de circuitos eléctricos, la protección de la bornera lo realiza mediante un fusible y también cuenta con un foco indicador del estado del fusible. A la bornera se conectan las fuentes de alimentación del SYSTEM-PAS1 y SYSTEM-PS2 para alimentar las borneras de conexión tal como se muestra en la Figura 55. Cuenta con las siguientes características técnicas [43]:

- Soporta una corriente nominal de 15 A.
- Maneja voltajes hasta 600 V DC/AC.
- Montaje en riel DIN.

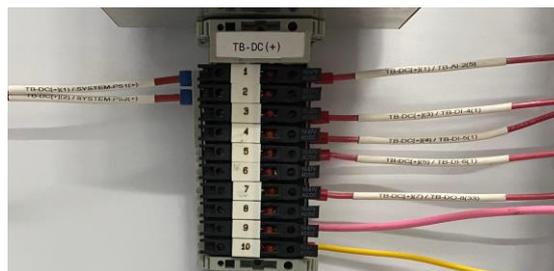


Figura 55. Bloque de distribución de energía.

3.2.20. Toma corriente

Es un componente diseñado para facilitar el acceso rápido a la energía eléctrica en el tablero y se encuentra en la parte superior, esta fija al tablero y se muestra en la Figura 56. Es alimentada TB-AC [L](slot 10) y TB-AC[N](slot 10).



Figura 56. Toma corriente.

3.2.21. Bornera de alimentación para lámpara.

Esta bornera se utiliza para alimentar la iluminación del armario. Es alimentado por TB-AC [L](slot 9) y TB-AC[N](slot 9). En la

Figura 57 se observa la ruta de los conductores para la iluminación.

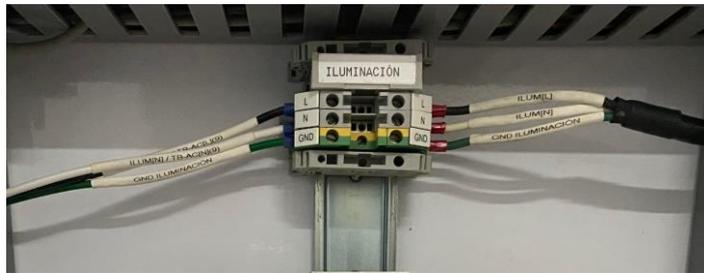


Figura 57. Bornera para iluminación.

3.2.22. Conector coaxial Y-TAP

Es un conector para comunicación ControlNet, permite conectar dispositivos como PLCs, HMIs, módulos de E/S remotas. Cuenta con las siguientes características [44]:

- Diseñado para cables coaxiales RG-6 específicos de ControlNet.
- Dos puertos troncales (trunk).
- Los conectores BNC aseguran una conexión rápida y confiable.
- Diseñado para minimizar la atenuación de señal en la red.

El dispositivo de conexión se encuentra en la Figura 58 y dentro del tablero cuenta con 8 conectores coaxiales.



Figura 58. Coaxial Straight Y-Tap.

3.2.23. *Accesorio 1492-ERL35*

Es un tope final para borneras, diseñado para colocar en el Riel DIN. Dentro del tablero se utiliza para cerrar el bloque de borneras [45]. El tope se muestra en la siguiente figura.



Figura 59. Tope final

3.2.24. *Accesorio 1492-GM35*

Es un marcador de grupo, se utiliza para colocar etiquetas e identificar el grupo al que pertenecen los distintos elementos [46], en la Figura 60 se indica el grupo al que pertenece.



Figura 60. Identificador de grupo.

3.2.25. *Bornera de conexión portafusible de 2 niveles*

La bornera portafusible se utiliza como elemento de protección ya que tiene una sección para colocar fusibles [47] como se indica en la Figura 61. El fusible que se encuentra colocado en la bornera es de 0.1 A. Se conectan los canales de las tarjetas y también elementos de campo.



Figura 61. Bornera portafusible.

3.2.26. Bornera de conexión de color verde 1492-J4-G

Esta bornera se utiliza exclusivamente para las conexiones a tierra, las conexiones son dirigidas a las barras de tierra, según como corresponda al plano de conexionado y la bornera se observa en la Figura 62. Este tipo de bornera cuenta con las siguientes características técnicas:

- Corriente nominal: 24 A.
- Voltaje Nominal: 600 V AC/DC.
- Capacidad de cableado: 22-10 AWG.
- Montaje: riel DIN.



Figura 62. Bornera de tierra

3.3. Nuevo tablero de control

En esta sección se ha descrito los elementos que conforman el tablero de control actual, a continuación, se detalla los cambios que se van a realizar para que este se actualice para que su funcionamiento este acorde al Sistema de Lubricación.

3.3.1. Elementos que serán retirados

3.3.1.1. Módulo ControlNet.

El módulo de comunicación ControlNet se lo encontraba en el slot 00, este se lo puede visualizar en el Anexo 9, y se encargaba de comunicar las señales al BPCS. Para la migración de LOS es necesario agregar dispositivos los cuales no admite la ControlNet, por tal motivo se cambia a un módulo de comunicación Ethernet/IP 1756-EN2T. Dentro de los módulos del BPCS A y B aun cuentan con comunicación tipo ControlNet.

3.3.1.2. Módulo de comunicación Prosoft.

En el slot 07 y 09 se encontraban los módulos de comunicación ProSoft, estos cuentan con duplicidad en la adquisición de datos. Se retirará uno de ellos y no afectará en el funcionamiento. Los datos que se extraen son de los computadores de flujo, son parte del sistema de medición de la estación, cuentan con instrumentación propia, flujo, presión, densidad. Toda esta información se la adquiere mediante este módulo, pero solo se adquiere la información necesaria para ciertos procesos. El módulo que no se lo retiro se encuentra en el slot 09 y observa en el Anexo 9.

3.3.2. Elementos que serán cambiados

3.3.2.1. Módulo Ethernet 1756-EN2T.

Dentro de la arquitectura de red, se tiene una red tipo árbol. El módulo EN2T ethernet no es compatible, aunque maneja la misma línea ControlLogix 1756. Rowell Automation dentro de sus manuales menciona una lista de elementos compatibles [48] [49], en esta lista se menciona el dispositivo 1756-EN2TR, este componente se encuentra disponible en bodega. Cuenta con las siguientes características técnicas y se lo observa en la Figura 63.

- Transferencia de datos: 10/100 Mbps.
- Conexiones tipo: 128 TCP, 256 CIP.
- Puertos: 2 Ethernet RJ45 categoría 5.
- Velocidad de comunicación: 10/100 Mbps.



Figura 63. Modulo 1756-EN2TR [50].

La arquitectura de la red no será modificada, lo que se cambiará son las tarjetas de comunicación, en la Figura 64 se indica la arquitectura de la red.

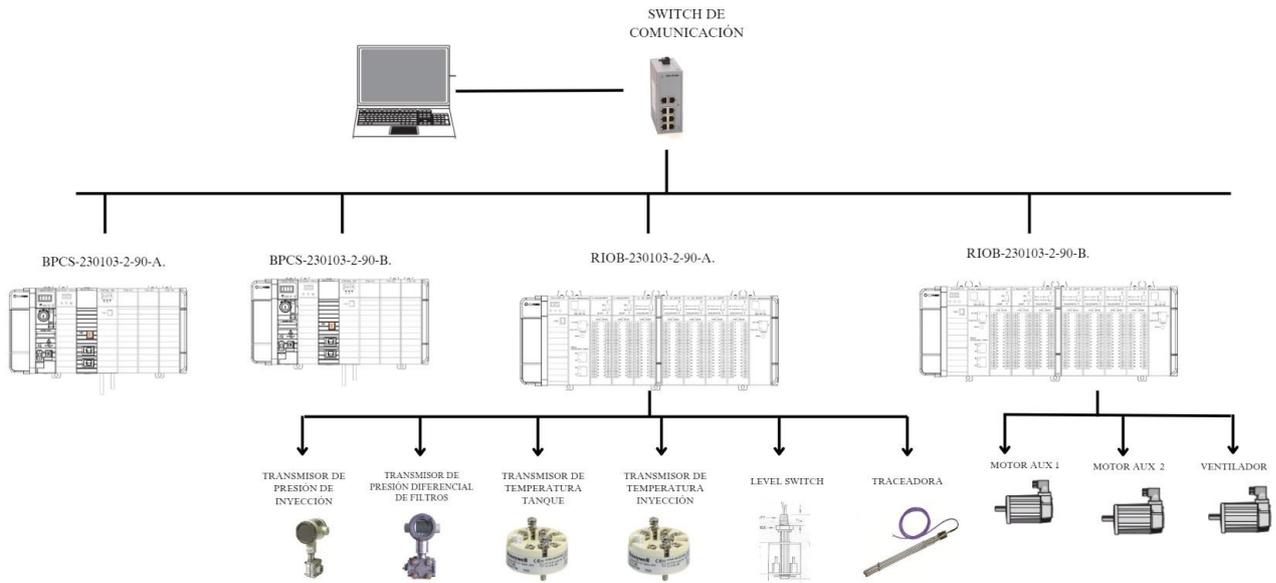


Figura 64. Red tipo árbol.

3.3.3. Elementos que serán agregados

Con lo descrito anteriormente se enumera los diferentes elementos que serán agregados al tablero de control BPCS para que la migración sea adecuada a los nuevos requerimientos de EPPETROECUADOR.

3.3.3.1. 1 módulo de 16 entradas analógicas 1756-IF16H.

Para la migración del sistema LOS es necesario entradas analógicas ya que se tienen transductores de presión y temperatura que cuentan con HART. Se colocará un módulo 1756-IF16H que es compatible con la línea ControlLogix y cuenta con 16 entradas analógicas con protocolo de comunicación tipo HARD.

3.3.3.2. 1 módulo de 16 entradas digitales 1756-IB16D.

Se debe utilizar un módulo de entradas digitales, ya que en él LOS cuenta con 5 instrumentos que mandan este tipo de señal. Los cuales son:

- 3 LSL (Switch de nivel en bajo).
- 2 PS (Switch de presión).

Para la línea ControlLogix se utilizará el módulo de 16 entradas digitales con diagnóstico 1756-IB16D, cada entrada cuenta con un rango de funcionamiento de 10-30V DC [35]. Es compatible con la línea de componentes 1756 de Allen Bradley.

3.3.3.3. 32 bloque de terminales con portafusible color gris 1493-JD3FB.

La cantidad de terminales se los determina según el número de calibre y cantidad de conductores de la tarjeta al terminal y del terminal a los dispositivos de campo. Este bloque de terminales cuenta con una sección para colocar un fusible, los fusibles que serán colocados son de 0.1 A. Admite cables con calibre de 22-12 AWG. Los conductores de campo son de calibre número 12 AWG y 18 AWG.

En la Figura 65 se observa este terminal sin la cubierta de la cara frontal, por lo tanto, se requiere tapas de terminal para bornera 1492-EBJD3FB.

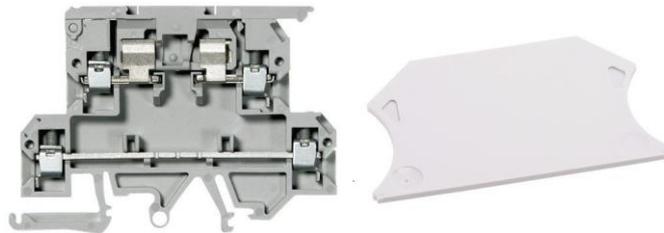


Figura 65. Terminal con accesorio [52] [53].

3.3.3.4. Terminal de color verde 1492-J4-G.

Para los elementos de entradas digitales se requiere una bornera para tierra, ya que los elementos al contar con una comunicación tipo HART tienen una tarjeta electrónica internamente lo cual requiere para su protección contra sobretensiones la puesta a tierra ya sea dentro del tablero o en campo. Los terminales que se colocaran será el modelo 1492-J4-G, este modelo se muestra en la Figura 62.

3.3.3.5. Puente para bornera de doble nivel de 4 polos 1492-SJ8A-4.

Este puente de conexión se lo utilizara para la alimentación del bloque de terminales de las entradas digitales, ya que cada bornera requiere de una alimentación de 24VDC. Por lo tanto, la señal es enviada desde campo y dentro de la bornera del módulo de entradas digitales se cierra el circuito y manda la señal al controlador respectivamente. Los puentes serán de 4 pines o polos, ya que se tienen 16 terminales de doble nivel. Los puentes de conexión se observan en la siguiente figura.

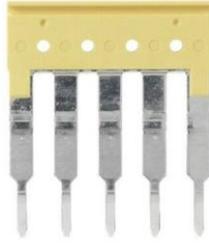


Figura 66. Puente de 4 polos [54].

3.3.3.6. Marcadores de grupo 1492-GM35.

Los marcadores de grupo se utilizarán para identificar los bloques de terminales que serán agregados dentro del tablero de control, contarán con la siguiente descripción los grupos de borneras:

- TB-AI-3.
- TB-DI-7.
- TB-RL-8.

3.3.3.7. Relé 700-HLT1Z24

El relé es de tipo bornera, cuenta con terminales con tornillo y su bobina trabaja a un voltaje de 24 voltios. El relé será utilizado para activar la traceadora de LOS, la traceadora cuenta con una alimentación de 120 VAC [55], para que se active se debe enviar una señal para que cierre el circuito, lo cual hará el relé. El relé se muestra en la siguiente figura.

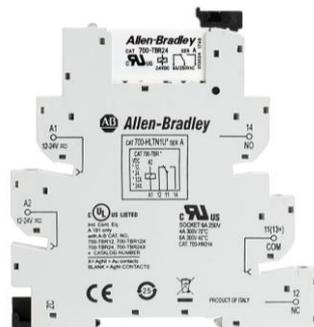


Figura 67. Relé Allen Bradley [55].

3.3.3.8. Tope final para bornera gris 1492-ERL35

Se utilizará el accesorio de tope final para que se mantengan en la posición en las que se colocó el bloque de borneras, ya sea por vibraciones no se moverán. Manteniendo estética dentro del tablero y un orden.

3.3.3.9. Bornera por tornillo 1492-J4

Esta bornera se utilizará para alimentar exclusivamente a la tarjeta de control de entradas analógicas y digitales, se alimentará con el negativo de 24 VDC.

Los detalles de la lista de materiales encuentran en el Anexo 2, dentro de esta lista se menciona los elementos que no se encuentran en bodega.

3.4. Diseño CAD

3.4.1. Armario HOFFMAN A727210ULP

El tablero al ser un producto de catálogo de la marca HOFFMAN con dimensiones estandarizadas. El fabricante proporciona el diseño en 2D. En la Figura 68 se muestran los elementos que cuenta el tablero de control. En el Anexo 3 se puede observar el diseño completo con otras vistas del tablero.



Figura 68. Vista frontal del tablero.

3.4.2. Perforaciones dentro del armario

En la migración del sistema de lubricación se necesita realizar 10 perforaciones de 1 pulgada, la separación de cada perforación será de 10cm. Cada perforación se muestra en la Figura 69 dentro del tablero. Cada perforación tiene una numeración, que representa un código perteneciente al conductor. El listado de estos códigos se encuentra en el Anexo 3.

En la figura se encuentran elementos de 3 colores diferentes:

- Color negro: ½ pulgada.
- Color amarillo: ¾ pulgada.
- Color azul: 1 pulgada.

VISTA INFERIOR

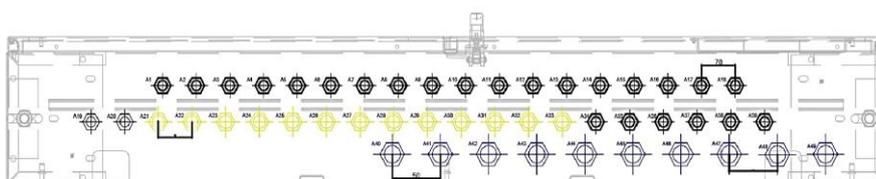


Figura 69. Vista inferior del armario.

3.4.3. Modificación de módulo Ethernet/IP

Las modificaciones de cada controlador se mencionan en la sección 3.3.2. Los módulos Ethernet/IP de la marca Rockwell Automation cuentan con una biblioteca en la cual se encuentra diseñado el módulo de comunicación 1756-EN2TR. En la Figura 70 se muestra el cambio que se realizara en el BPCS-230103-2-90-A y BPCS-230103-2-90-B. El plano completo se encuentra en el Anexo 7 y Anexo 8.

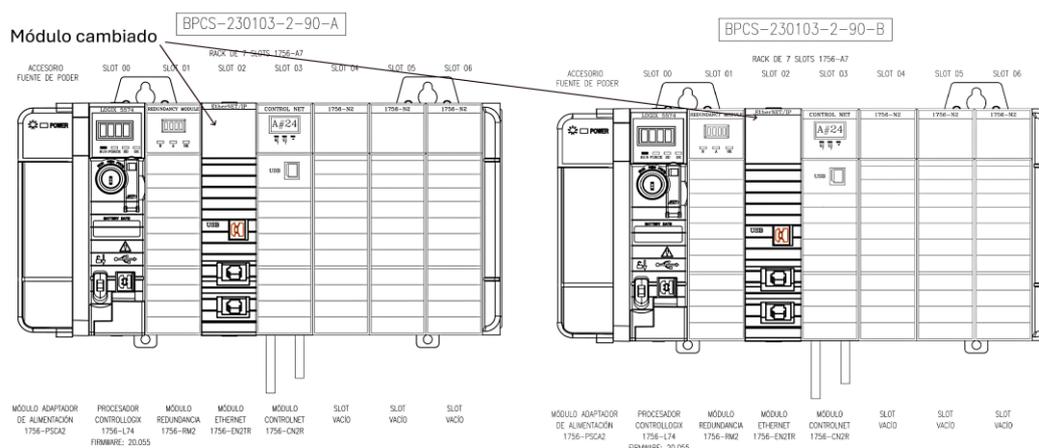


Figura 70. Diseño BPCS.

3.4.4. Modificación de módulos en RIOB-230103-2-90-A

En el RIOB se colocarán 2 tarjetas nuevas las cuales son de entradas analógicas y entradas digitales. Para el diseño de estas tarjetas se acudió a la biblioteca de Rockwell Automation facilitando así el diseño y estética del módulo. En la Figura 71 y Anexo 6 se indican los módulos que serán agregado en el BPCS.

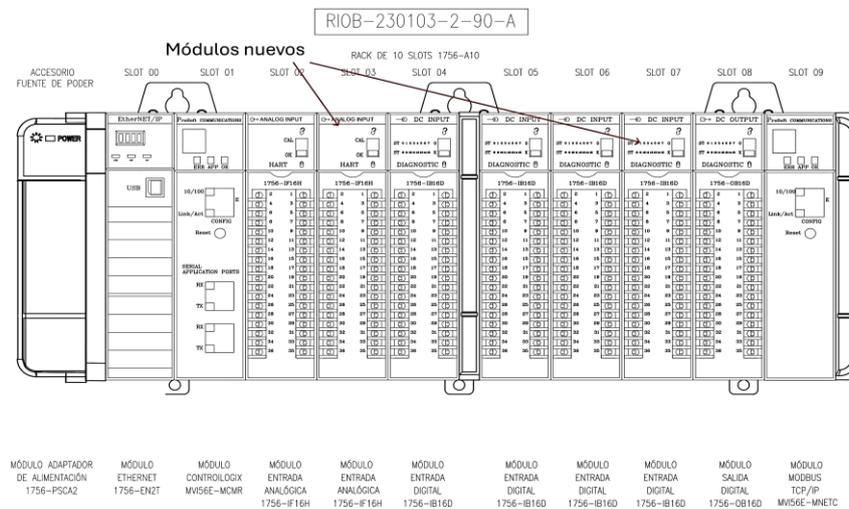


Figura 71. Diseño RIOB.

Dentro de este módulo también se retirará el módulo de comunicación ControlNet, y se agregará Ethernet/IP.

3.4.5. Modificación en elementos del armario RIOB_230103_2_90_A

Todos los elementos del tablero cuentan con una numeración que se observa en el plano del Anexo 5, esta numeración ayuda a identificar cada elemento del tablero. Teniendo la lista de materiales, se procede a diseñar la distribución de cada uno de los elementos como se indica en el Anexo 4, la distribución de los elementos se encuentra en Figura 72.

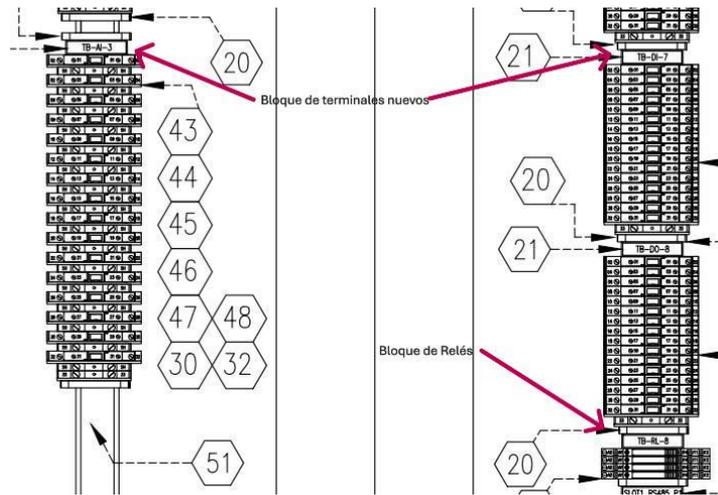


Figura 72. Bloques de terminales agregados.

3.5. Análisis de cargas del tablero

El análisis se tomará en cuenta el elemento que tiene más masa dentro del tablero que son las fuentes de alimentación redundantes, cuentan con un peso aproximado de 2.54kg, considerando que son 2 fuentes por chasis, el peso sería de 15,24kg y una fuerza 149,50N [25]. Esta fuerza se ejerce en la parte trasera del tablero, además se tomará en cuenta a la gravedad, el material es fabricado el tablero es acero estructural que tiene un límite elástico de 250MPa [22]. Tomando esas consideraciones se utilizará el software SolidWorks para realizar el respectivo análisis de deformación.

Dentro de la Figura 73, se observa el tablero sometido a las cargas antes mencionadas, se toma como sujeciones fijas, a los soportes del tablero y la parte trasera ya que esta se encuentra soldada y no generara movilidad en ninguna dirección.



Figura 73. Tablero con cargas.

Realizando el estudio de deformación y factor de seguridad se observa en la Figura 74 el desplazamiento por gravedad es de casi 0mm y por las fuerzas aplicadas casi es de 1mm aproximadamente.

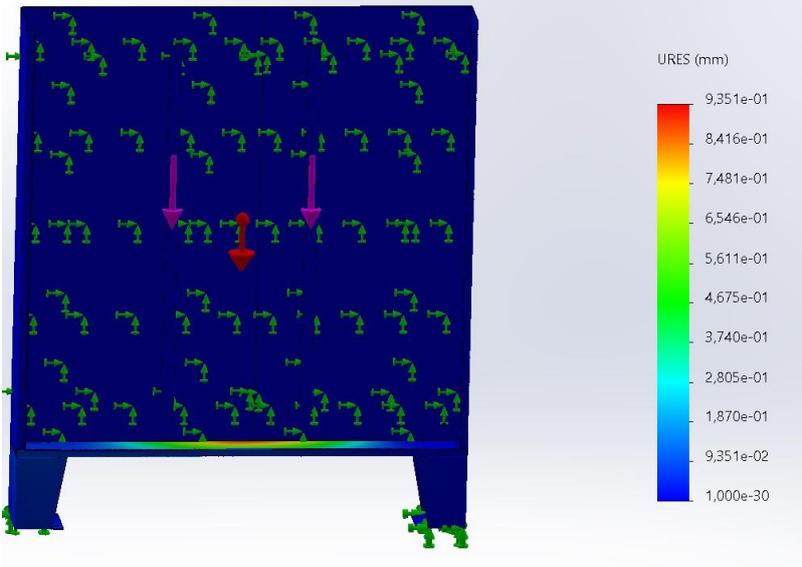


Figura 74. Desplazamiento.

Además, se realizó el estudio del factor de seguridad sin cambiar las condiciones descritas, esta simulación se la observa la Figura 75, en la se tiene como resultado un factor de seguridad mayor a 2 lo que indica el que el tablero no se deformará con el peso de los componentes que se colocaran.

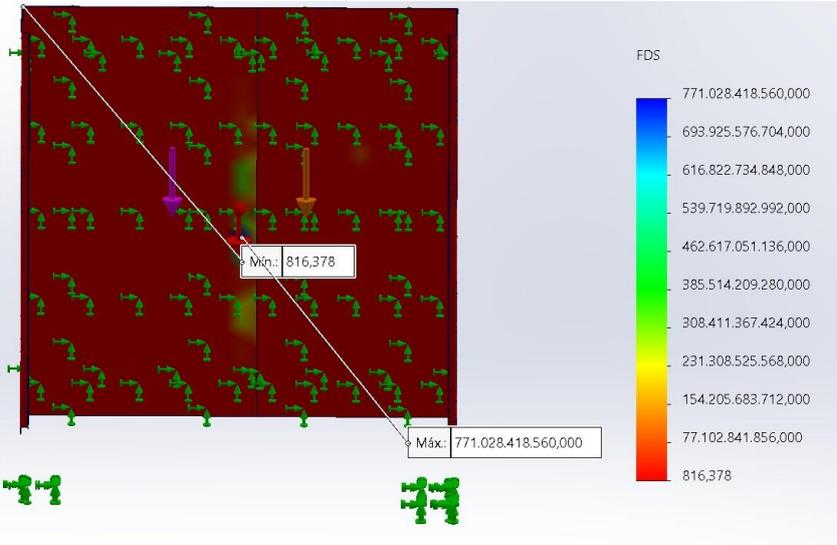


Figura 75. Factor de seguridad.

3.6. Diseño de conexionado de tarjetas digitales y analógicas

3.6.1. Conexionado del módulo digital 1756-IB16D

El conexionado de la tarjeta se encuentra en el manual de usuario de Rockwell Automation [57], en la Figura 76 se muestra la forma de conexión del módulo, cuenta con 3 grupos de GND los cuales deben ser conectados mediante un cable en forma de puente, el cable recomendado es el número 18 AWG flexible de color blanco y será conectado al bornero número 33 del TB-DI-7. Esta se encuentra alimentada por el bloque de terminales TB-DC[-]. Para alimentar el bloque de terminales a 24VDC se utilizará un cable de color rojo número 18 AWG flexible que se conectará a la bornera TB-DC[+].

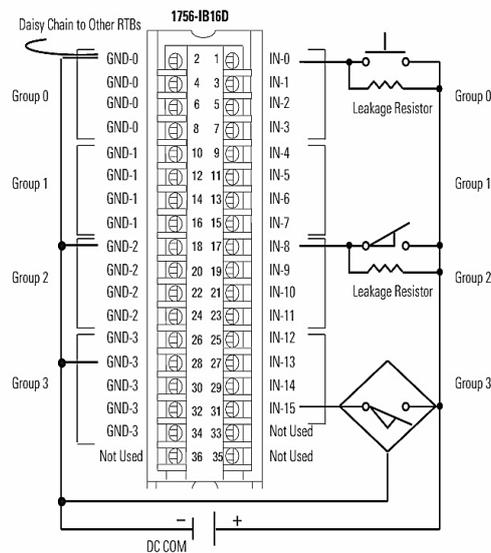


Figura 76. Conexionado módulo de entradas digital [57].

El conexionado del módulo al bloque de terminales de doble nivel, se lo hará con un cable número 18 AWG flexible de color naranja, esta normativa de colores es según la proporcionada por EPPETROECUADOR y también se sigue el código de colores que se encuentran ya instalados con las demás tarjetas del BPCS. Para evitar el uso de puentes con cables, se utilizará el accesorio 1492-SJ8A-4 tipo pin para la interconexión interna del bloque de terminales, dentro de la Figura 77 se encuentra el conexionado de módulo y borneras.

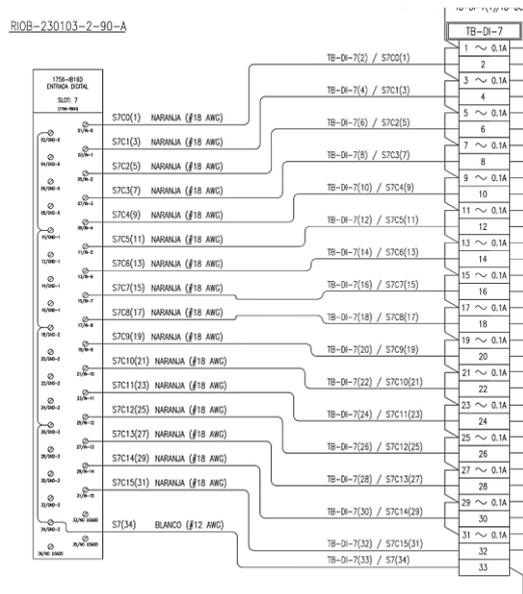


Figura 77. Conexión del módulo digital 1756-IB16D.

3.6.2. Conexión del módulo analógico 1756-IF16H

El modelo de conexión para instrumentos HART se encuentra en el manual sobre “Módulos de E/S analógicos HART ControlLogix” [58], en el cual menciona la forma de conectar este tipo de instrumentos ya sea con una o varias fuentes de alimentación. En este caso se trabajará con una sola fuente, en la Figura 78 se muestra la forma de conexión.

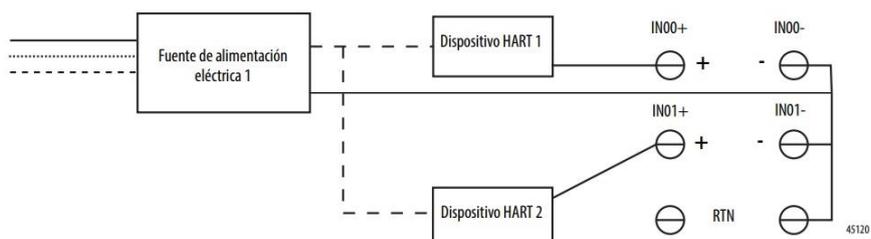


Figura 78. Conexión de módulo a instrumentos [58].

El conexionado no se hará de manera directa, se utilizarán los terminales portafusibles para mantener la seguridad del módulo. La alimentación será de los terminales TB-DC [-] y TB-DC [+] según sea la disponibilidad. El cable de conexión positivo de 24VDC será de color rojo número 18 AWG flexible, el mismo calibre del cable se utilizará con el negativo, pero en color blanco, el cual estará conectado directamente al módulo y se debe realizar los puentes necesarios como se muestra en la Figura 78.

Cada instrumento debe ser aterrizado individualmente, por tal razón se utilizarán borneras de color verde. La tierra será conectada de manera paralela para cada instrumento, el cable para la

conexión es el número 18 AWG flexible de color verde. En la Figura 79 se muestra el conexionado del módulo y las bornera. El plano con todas las especificaciones de conexión se encuentra en el Anexo 11.

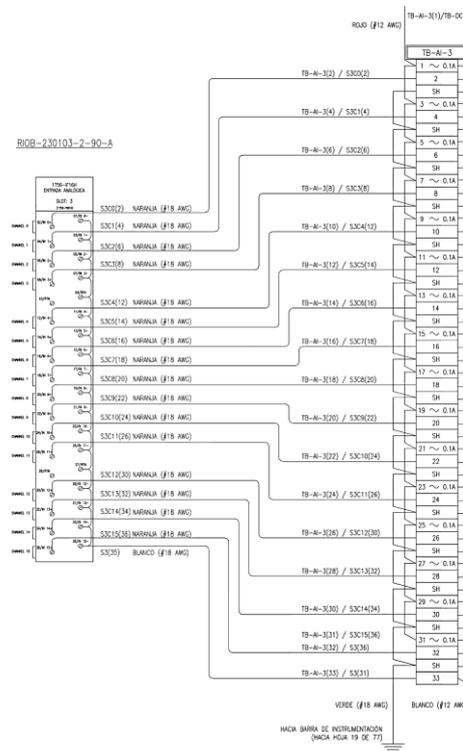


Figura 79. Conexionado módulo analógico.

3.7. Diseño de conexiones de instrumentos y tablero de campo

3.7.1. Diseño de conexionado de transductores de LOS en campo

Los transductores de presión y temperatura cuentan con un tablero individual, el tag del tablero es CBI-230103-2-23-A y cuenta con borneras de conexión para cada uno de los instrumentos. Son alimentados a 24VDC por dos cables uno de color blanco y otro de color negro, positivo y negativo respectivamente. La alimentación de los instrumentos será proporcionada por el tablero de control, cada instrumento será conectado en el bloque de borneras TB-AI-3.

El cable de conexión de campo al tablero será reutilizado. El cable es armado, tiene 6 pares de conductores, de #18 AWG flexible de color negro y blanco y una tierra individual por par. Cuenta con las siguientes características [59]:

- Chaqueta de interior ignífugo
- Funda C-L-X: Funda de aluminio, impermeable, corrugada, proporciona una protección contra gases, humedad y excelente resistencia mecánica.

- Conexión de tierra a través de la funda.
- Cubierta exterior: color negro, ignifugo, de PVC.
- Blindaje de cable: cuenta con una cinta de aluminio/poliester por cada par de cables.

La conexión se lo realizará siguiendo el código de colores como se muestra en la Figura 80 en esta se observa el tag del instrumento, la numeración de la bornera, el tag del cable armado, el número de pares utilizados y los pares no utilizados.

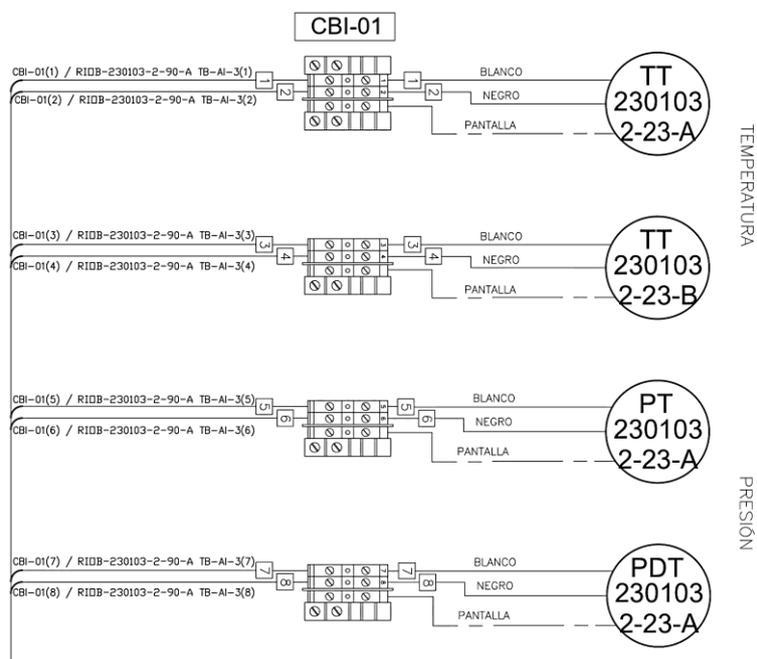


Figura 80. Conexionado de campo CBI-01.

3.7.2. *Diseño de conexionado de instrumentos digitales de LOS en campo*

Las borneras de conexión de los instrumentos digitales se encuentran en el tablero CBI-230103-2-23-A, los switches de presión se encuentran en una conexión normalmente abierta y los switches de nivel se encuentran conectados en la posición normalmente cerrado. El cable que se reutilizará cuenta con las mismas características técnicas del cable armado que se utiliza para los instrumentos analógicos, sin embargo, este armado cuenta con 8 pares y cada par tiene un conductor blanco y negro #18 AWG flexible, no cuenta con una tierra para cada par. El cable armado se muestra en la Figura 81.



Figura 81. Cable armado.

El cable de color negro será el común, se encontrará en el centro de cada bornera, y el cable de color blanco se colocará a lado izquierdo o derecho de la bornera. Siendo normalmente cerrado o normalmente abierto el switch. En la Figura 82 se cuenta el diseño de conexión del instrumento al tablero de campo, el diseño completo del plano se encuentra en el Anexo 20 , Anexo 21, Anexo 22 y Anexo 23.

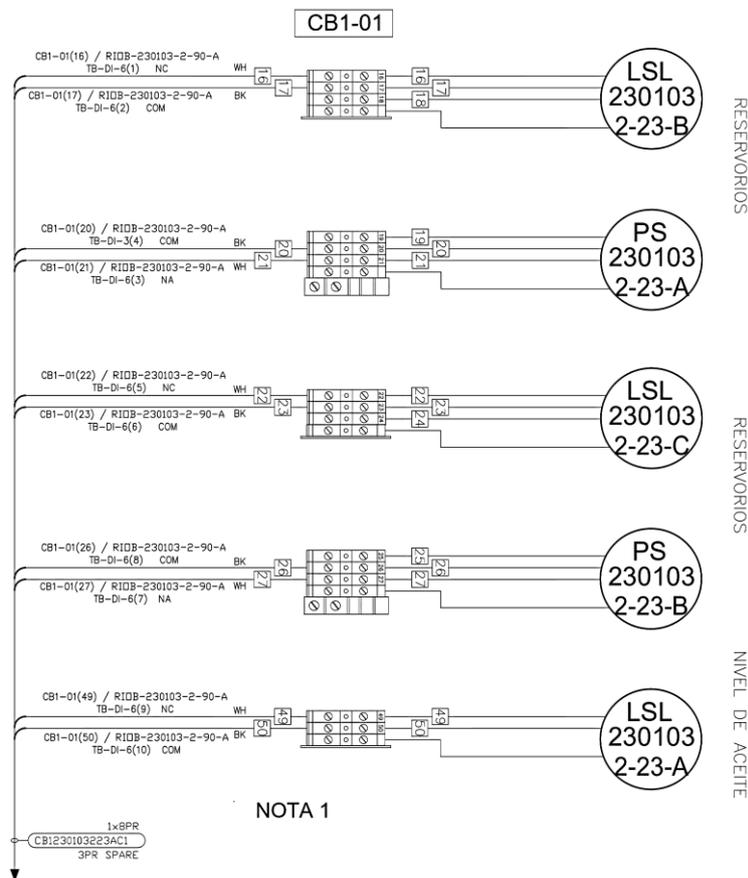


Figura 82. Conexión de instrumentos de campo al tablero CB1-230103-2-23-A.

3.8. Diseño de conexiones de tablero de campo al tablero de control.

3.8.1. Transmisor de temperatura STT17H-BS Honeywell

El conexionado del transmisor de temperatura, se encuentra en la Figura 83, se observa que necesita una fuente de alimentación, la cual será proporcionada desde el tablero de control [60]. Su señal de salida será conectada al positivo de los bloques de terminales que a su vez se encuentran conectado al módulo de entradas analógicas. El dispositivo de medición cuenta con protocolo de comunicación tipo HART, los valores de lectura serán mediante un termopar, que se encuentra conectado a la tarjeta electrónica. Este dispositivo cuenta con certificaciones que validan su funcionamiento en la zona peligrosa clase 1, división 1, grupo A, B, C, D, lo que proporciona una confiabilidad al dispositivo en casos de emergencias [11].

Dentro del Anexo 11 se detalla el diseño de la conexión de los transmisores de temperatura a la bornera del tablero.

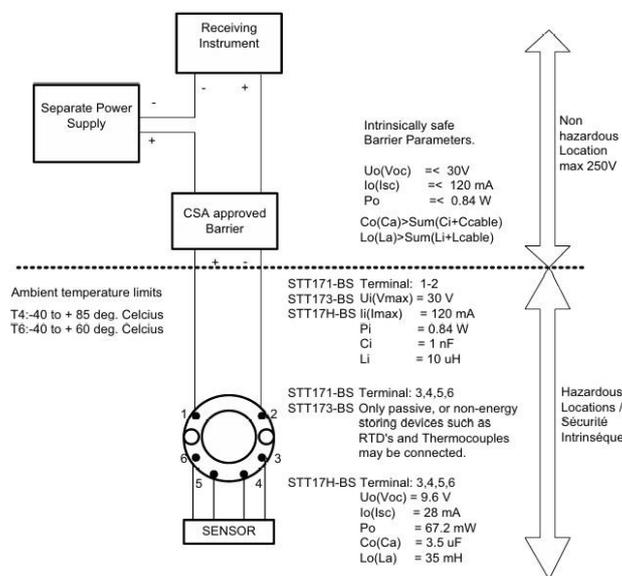


Figura 83. Conexionado transductor de temperatura [60].

3.8.2. Transmisor de presión STG94L y transmisor diferencial STD930 Honeywell

Los transmisores de presión de la línea ST 3000 de Honeywell tienen sensores de medición de presión y presión diferencial, se utiliza un sensor piezorresistivo que contiene 3 sensores a la vez, sensor de presión diferencial, temperatura, presión estática. Este transmisor compensa automáticamente la entrada de temperatura y presión estática. La señal de presión diferencial y presión serán de 4-20mA. El dispositivo está diseñado con protección contra la corrosión y

humedad. Cuentan con certificados que son aptos para las zonas con un ambiente peligrosos clase 1, división 1, grupo A, B, C, D [61].

Los transductores de presión manejan comunicación HART, por lo cual la conexión de los dispositivos será como se mencione en el manual, especificando que deben tener una fuente de alimentación y su retorno será conectado al módulo de comunicación analógico, en la figura siguiente se describe el conexionado y se observa también en el Anexo 11.

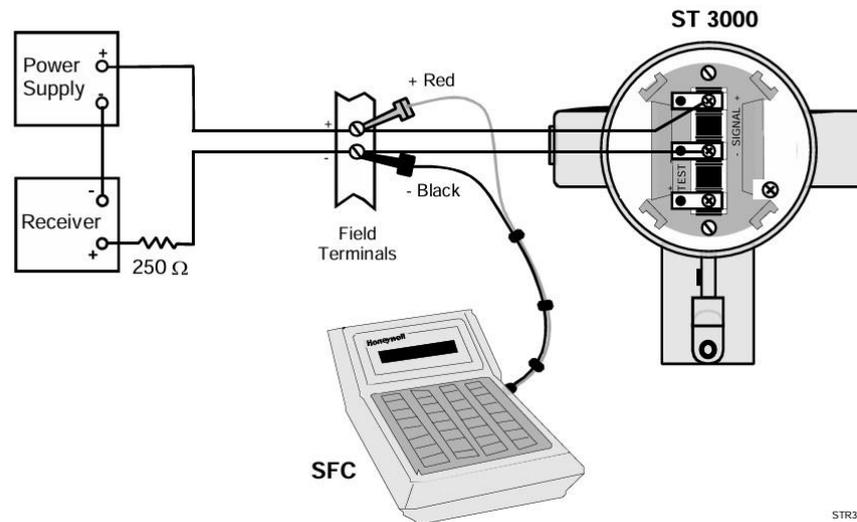


Figura 84. Conexión transductor de presión [62].

3.9. Diseño de programación

El software de programación será el recomendado por el manual de ControlLogix System [63]. El cuál es el Studio 5000 Environment versión 21.00.00 o superior compatible con el módulo controlador 1756-L74. Abriendo el programa indica crear un nuevo proyecto, esta programación será realizada en el laboratorio para posterior evaluación de funcionamiento por parte del tutor de la empresa.

Seleccionada la opción de nuevo proyecto, indicará toda la línea de ControlLogix que se está manejando y en específico que controlador se usa. En este caso será la línea ControlLogix 5570 Controller, específicamente 1756-L74 ControlLogix 5570 Controll. En la Figura 85 se indica los pasos descritos.

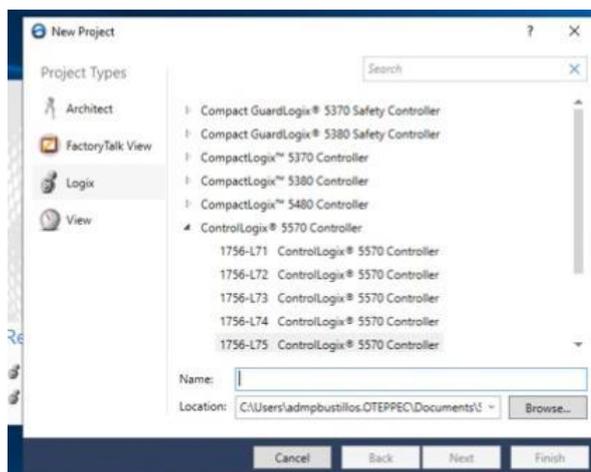


Figura 85. Menú de selección de controlador.

A continuación, se muestra una pantalla para configurar la revisión(firmware), chasis, slot, seguridad. El firmware controla las funciones básicas del dispositivo, este se ira actualizando según las versiones que disponga el fabricante, este también define la compatibilidad con el chasis a utilizar y otros dispositivos. El firmware recomendado es la versión 19 o posterior, en este caso será el 35. El chasis será el 1756-A10 10-Slot ControlLogix Chassis, y el slot, se coloca en la posición en que encuentra el módulo [64]. Dentro de la protección no será colocado ninguna opción tal como se muestra en la Figura 86.

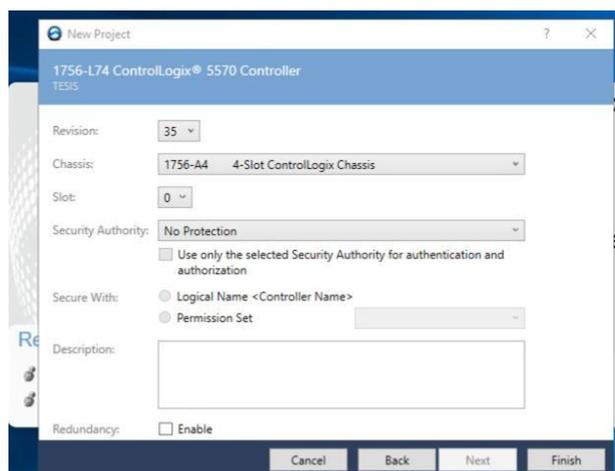


Figura 86. Configuración firmware.

En la Figura 87 se observa el ambiente de programación, se crea una pestaña 1756 Backplane, 1756-A10, en esta pestaña se seleccionará los módulos que se encuentran dentro del RIOB-230103-2-90-A. Dentro del buscador se encuentran todos los equipos de la línea 1756.

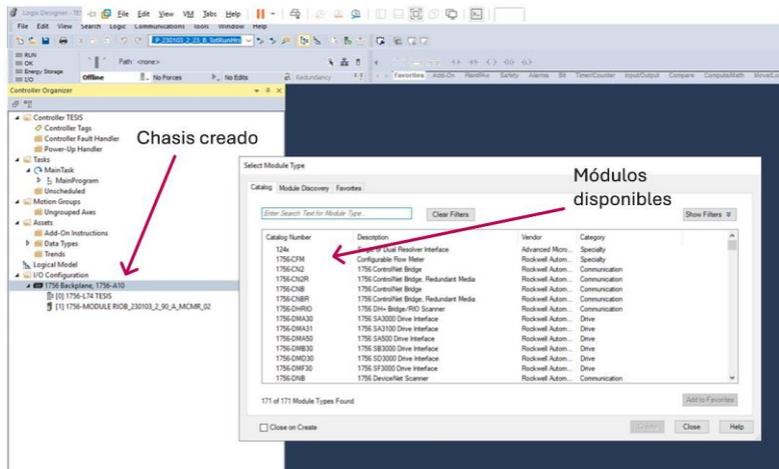


Figura 87. Configuración de chasis.

Todos los elementos del chasis tendrán una nomenclatura específica ya que es el nombre del chasis al que pertenecen y el nombre de la tarjeta, así como se indica en la siguiente figura.

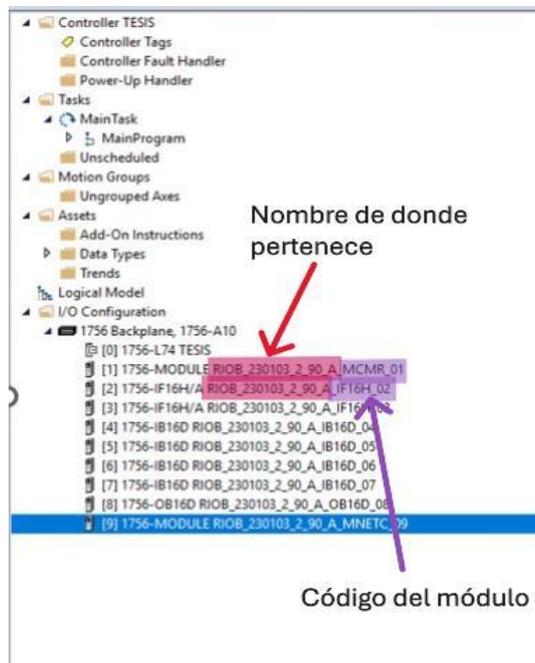


Figura 88. Identificación de dispositivos.

Dentro de la carpeta Task se encuentra la carpeta MainTask, se cambiará el nombre por GRUPOS_ELECTRICOS. Al configurar esta rutina indica el tipo, periodo, prioridad, watchdogs. En el tipo se puede colocar 3 opciones si es continua, periódica, evento. El periodo por defecto tiene el valor de 10ms, será cambiado por 400ms y la prioridad es 2 y el watchdog es el tiempo que tarda en reiniciar el sistema en caso de un fallo (Figura 89).

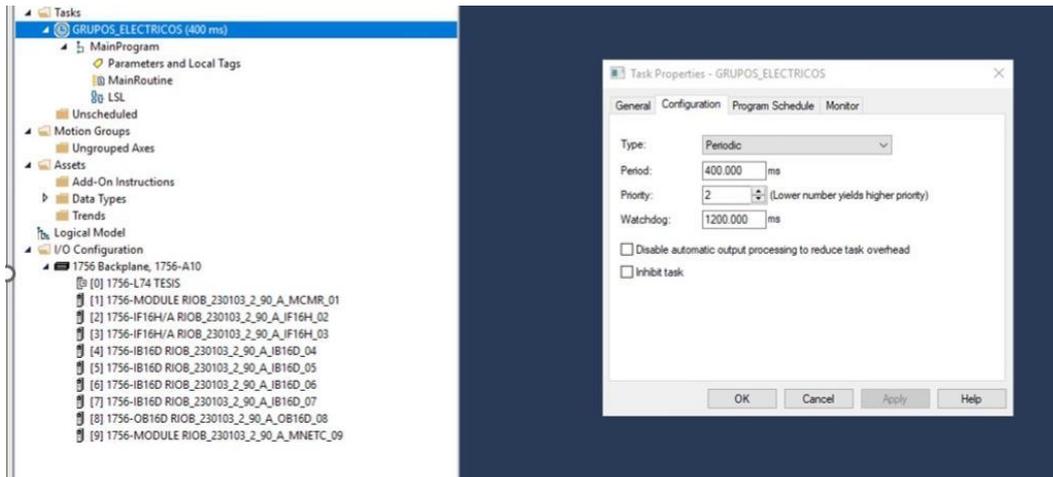


Figura 89. Task Properties.

Dentro de los grupos eléctricos se crea una subrutina GRUPOS_ELECTRICOS_P_230103_2_24_A dentro de esta se hará la programación. La programación es en Ladder y las subrutinas tanto de señales de entrada y salida se lo hará en lenguaje de bloques. Los bloques que serán agregados son de los transmisores de presión y temperatura, los interruptores de presión y nivel, dentro de las salidas será la tarceadora y los motores (Figura 90 y Figura 91).



Figura 90. Configuración de bloques.

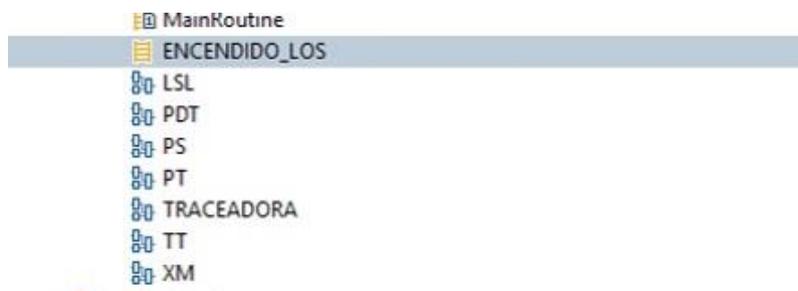


Figura 91. Bloques de transmisores y actuadores.

Las señales analógicas de presión diferencial y temperatura requieren de un escalamiento ya que manejan una señal de 4-20mA. Dentro de la librería de Rockwell Automation tenemos

bloques de instrucción (Add-On Instructions) los cuales son diseñados según la necesidad del usuario. Dentro de la librería de señales analógicas existen varios, tales como [65]:

- Basic Analog Input (P Ain).
- Analog Input Channel (P AIChan).
- Advanced Analog Input (P AInAdv).

En el manual menciona la descripción de cada bloque de instrucciones, cuando utilizarlo y cuando no utilizarlo. De igual manera se tiene bloques de instrucciones para entradas digitales y salidas de tipo motor, etc. Antes de importar las librerías de los bloques de instrucciones se recomienda importar la librería de las instrucciones complementarias P_CmdSrc, P_Alarm, P_Gate ya que estas se utilizan en los bloques de instrucciones [66].

Las bibliotecas principales se las agrega de la carpeta de Add-On Instructions, dentro de esta se coloca la opción de importar instrucciones, se debe ubicar en la carpeta en donde se encuentre la biblioteca de instrucciones. Se importan una por una, tal como se muestra en la Figura 92

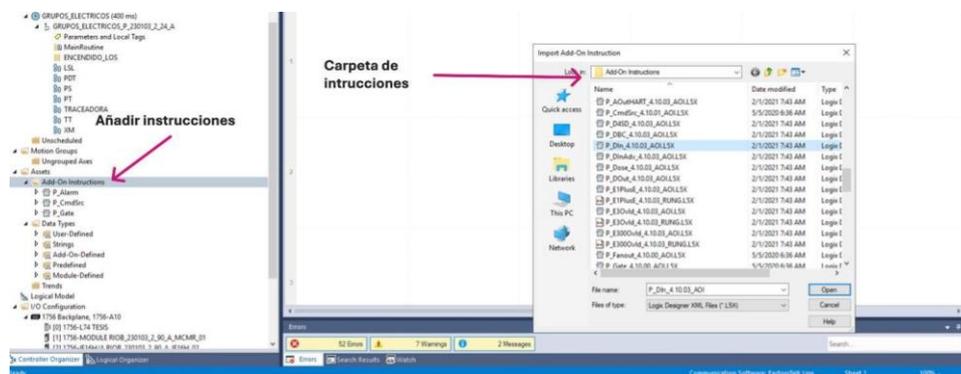


Figura 92. Agregar instrucciones.

Importadas las librerías necesarias, se procede a colocar cada bloque de instrucciones en cada subrutina, también se indica el tag al que pertenece cada instrumento. Para identificar el canal al que pertenece la señal digital se utilizara el diseño CAD de conexionado realizado donde se muestra el canal al que pertenece cada entrada al controlador. La entrada del bloque de instrucciones debe tener una referencia, la se coloca en donde se encuentra el dato, en este caso será en el Local:6:I.Data.4, el últimos número demuestra el canal al que se encuentra conectada el instrumento, esto se indica en la Figura 93 y Figura 94.

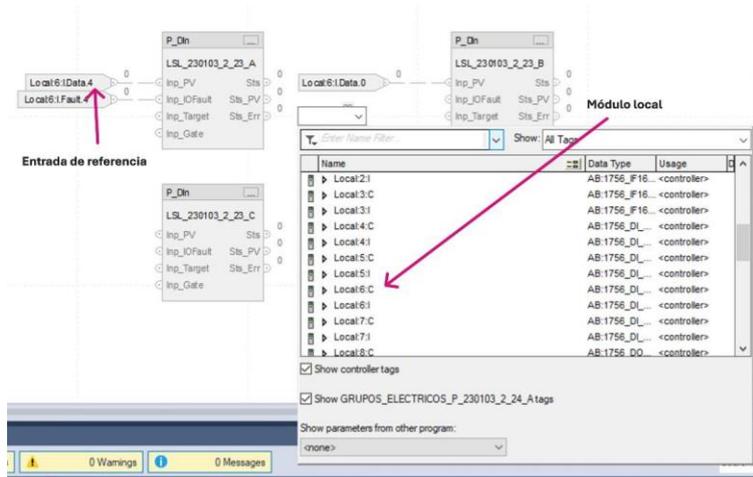


Figura 93. Configuración de entradas.

En la Figura 94 se observan la cantidad de canales los cuales cuenta la tarjeta de entradas analógicas, las numeraciones que se encuentran de otro color son canales que ya se encuentran ocupados.

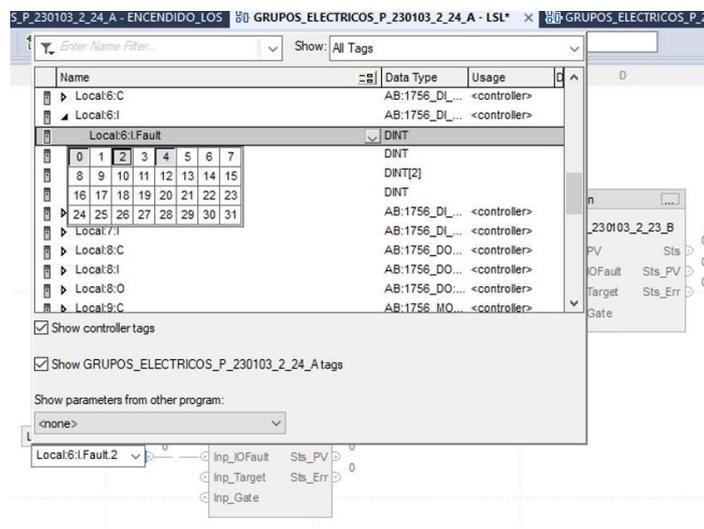


Figura 94. Selección de canal.

3.10. Add-On Instructions utilizados

Los bloques de instrucciones son herramientas para tener un mejor control dentro del proceso, estos son descargados de una biblioteca. Los bloques de instrucciones utilizados son los siguientes:

3.10.1. P_DIn

El bloque de instrucciones de entradas digitales se utiliza cuando tenemos una sola entrada discreta. Se puede monitorear la comunicación, ya que si falla se puede mostrar en Inp_IOFault

[66]. También se puede configurar la entrada tanto si es en estado 1 o 0. Este bloque se utiliza en los LSL y PS, en la Figura 95 se indica la conexión en forma de bloques.

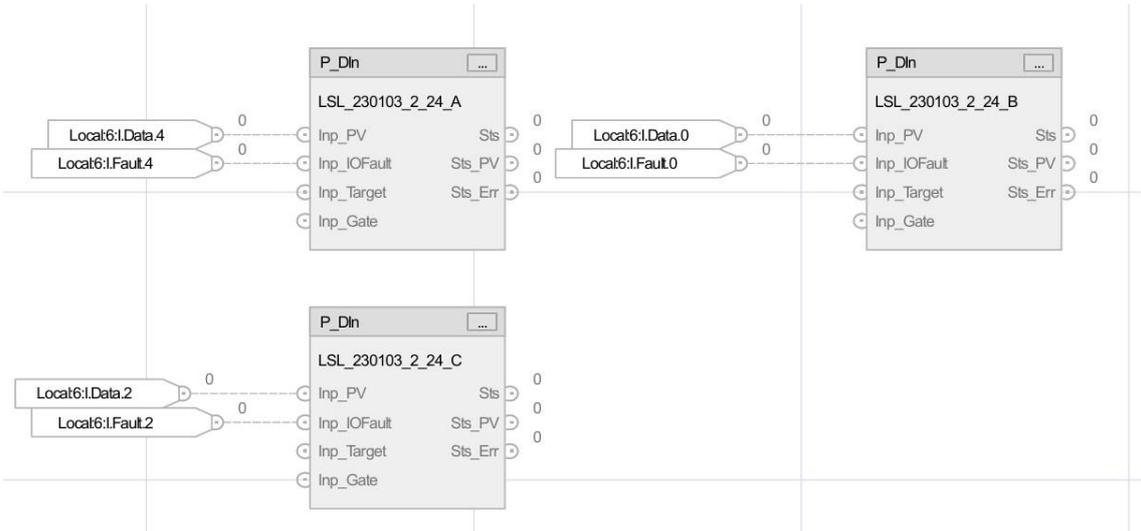


Figura 95. Bloque de instrucciones P_DIn.

3.10.2. P_AIn

La instrucción P_AIn monitorea un valor analógico que se encuentra dentro de un módulo analógica. Monitorea varios estados de la variable ya sea alto, alto alto, bajo, bajo bajo [67]. El bloque de instrucciones cuenta con varias herramientas dentro las cuales solo utilizares In_PV que es el canal donde ingresa la variable y Val es donde tenemos el valor ya escalado. En la Figura 96. Bloque de instrucciones P_AIn se observa el bloque de instrucciones mencionado, el loque tiene el mismo nombre que se maneja en los planos.

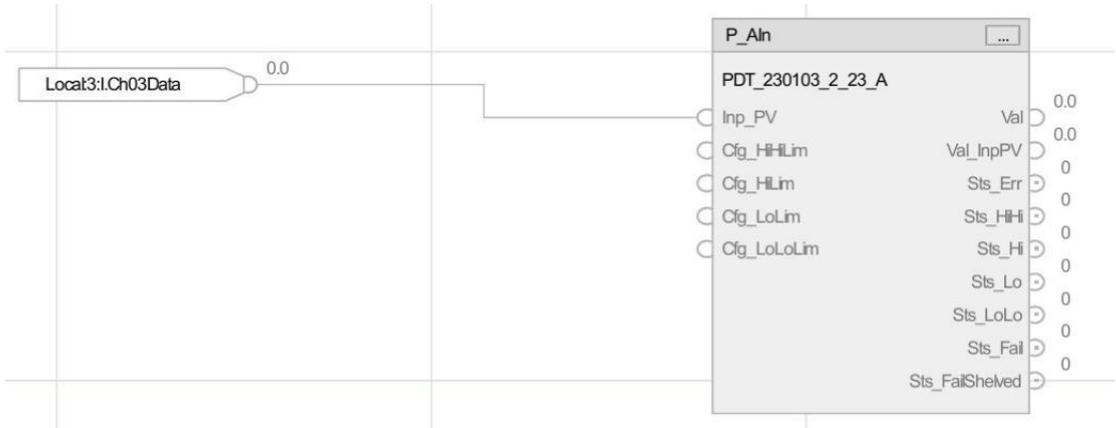


Figura 96. Bloque de instrucciones P_AIn.

3.10.3. P_DOut

Este bloque de salida discreta entre 1 y 0, nos permite encender y apagar la resistencia(traceadora) que calienta el aceite del reservorio. Este bloque tiene la ventaja de monitorear el estado del contador (Inp_OnFdbk, Inp_OffFdbk) y si se encuentra en falla el mismo (Inp_IntlkOK) [68]. Para encender la traceadora se utilizara la condición LEQ(menor o igual que) haciendo comparación la lectura del trasmisor de temperatura, estas condiciones se mencionan en la sección 2.4 del capítulo 2. Dentro de la Figura 97 se observa el bloque de instrucciones.

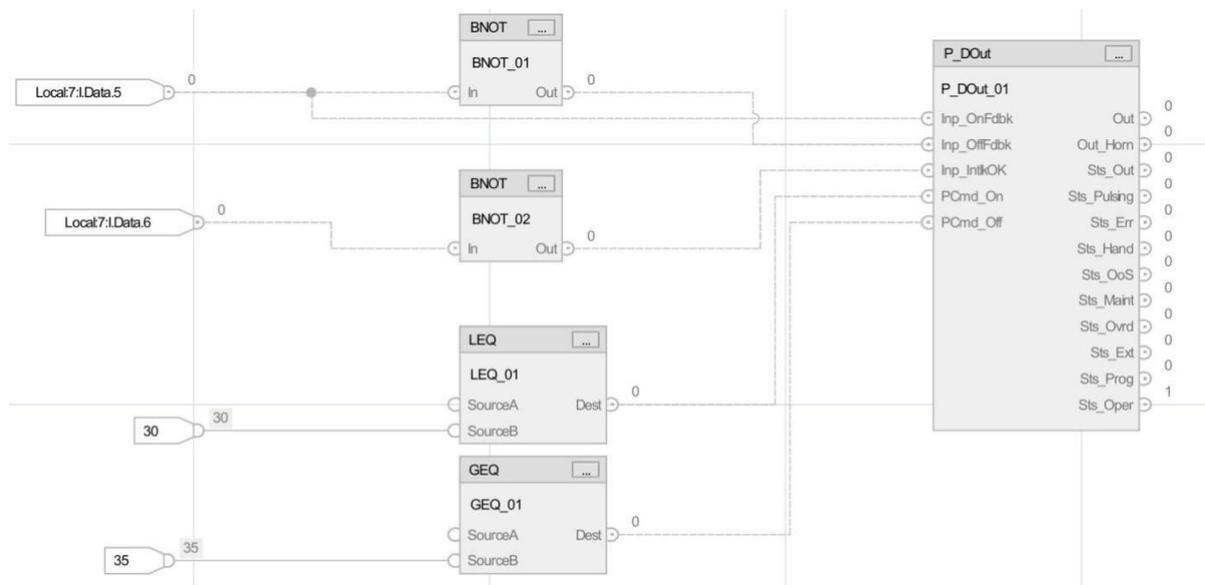


Figura 97. Bloque de instrucciones P_DOut.

3.10.4. Bloques de instrucciones para motores

En el programa Studio 5000 existen diferentes librerías específicas para el control de motores las cuales se detallan a continuación.

3.10.4.1.P_E3Ovld.

Los motores son activados por un relé inteligente, este dispositivo se puede comunicar por una interfaz de EtherNet/IP con este bloque de instrucciones se obtiene información del estado del relé y proporciona comandos para iniciar una activación remota. En la Figura 98 se indica el bloque de instrucciones dentro de este se utilizará la salida Out_TripReset, esta salida significa que se debe reestablecer el estado de sobrecarga, de 1 a 0 [69]. El Out_RemoteTrip indica que debemos reiniciar de manera remota el relé ya que ocurrió una sobrecarga, para supervisar los estados se utiliza Sts_Inp1, Sts_Inp2.

El Sts_Trip indica si existe una sobrecarga, este es conectado al bloque P_Intlk.

3.10.4.2.P_Intlk.

Este bloque nos permite recoger las condiciones de enclavamiento lo cual nos permite arranca el motor, también nos permite realizar un bypass de ser necesario en el funcionamiento [70]. En la Figura 98 se observa que la entrada de In_Intlk00 es el estado de sobrecarga Sts_Trip que funciona como condición, si se cumplen las condiciones de enclavamiento entonces el Sts_IntlkOk y Sts_NBIntlkOK indicaran 1, el equipo puede arrancar. Estos estados se comunican con el bloque P_Motor.

3.10.4.3.P_Motor.

Este bloque es utilizado en motores de una sola velocidad el motor aux 1, aux 2 y del ventilador tienen una velocidad de 1800rpm, por lo tanto, este bloque es el adecuado para esta aplicación. En la Figura 98 se observa la entrada varias condiciones de entrada, a continuación, se describe cada una de ellas [71]:

- Inp_RunFdbk: Nos indica si el motor se encuentra en marca.
- Inp_PermOk: El motor se encuentra en condiciones de arrancar.
- Inp_IntlkOK y Inp_NBIntlkOK: Estas entradas nos indican las condiciones de salida de enclavamiento del bloque P_Intlk.
- PCmd_Start: Señal de entrada que activa el motor.
- PCmd_Stop: Señal de entrada que detiene al motor.

En la salida del bloque tenemos Out_Run, en esta se debe colocar el canal el cual activa el motor. Para medir las horas de funcionamiento del motor de utiliza el bloque de instrucciones P_RunTime. Estas horas de trabajo de los motores son utilizadas para la programación general.

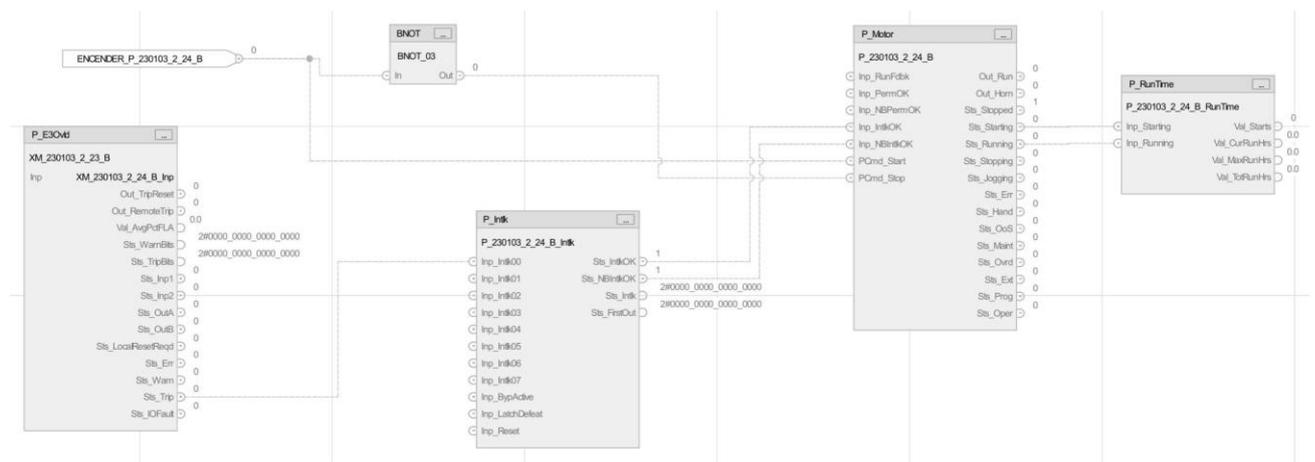


Figura 98. Encendido motor.

La subrutina de “motor” se utiliza tanto en el motor auxiliar 1, 2 y en el ventilador del intercambiador de calor. Lo que cambia son las direcciones a las cuales es activada los motores. La programación del ventilador se encuentra en el Anexo 37.

Para ejecutar cada una de las subrutinas, dirigirse a la pestaña de MainRoutine. Dentro ella al bloque JSR el cual hará que se ejecute cada una de las subrutinas, el orden de ejecución es definido por el usuario. En este caso el MainRoutine tendrá el mismo orden al cual definimos las subrutinas se muestra en la Figura 99.



Figura 99. Orden de Ejecución de Subrutinas.

Con la actualización del sistema de lubricación se ha modificado el proceso del Sistema de Lubricación, en la Figura 100 se indica el diagrama de flujo de la nueva lógica de funcionamiento.

En la Figura 100 se observa la lógica modificada dentro de la programación. Antes de encender los grupos principales (Motor-Bomba) se debe prelubricar, esta se hará por el motor auxiliar el cual tenga menor tiempo de funcionamiento, esto se lo hace con el propósito de igualar las horas de trabajo de cada uno de ellos. Realizada la prelubricación el grupo principal podrá arrancar sin problemas. En tal caso que no arranque el grupo principal es por fallo de LOS. Este fallo podría ser por fallo de instrumentos, presión baja, temperatura inadecuada, etc.

Los diagramas de bloques del proceso, en esta migración siguen siendo los explicados en el apartado 2.3 y descritos con las Figura 27 y Figura 28, tomando en cuenta que no se modificó las entradas y salidas del sistema.

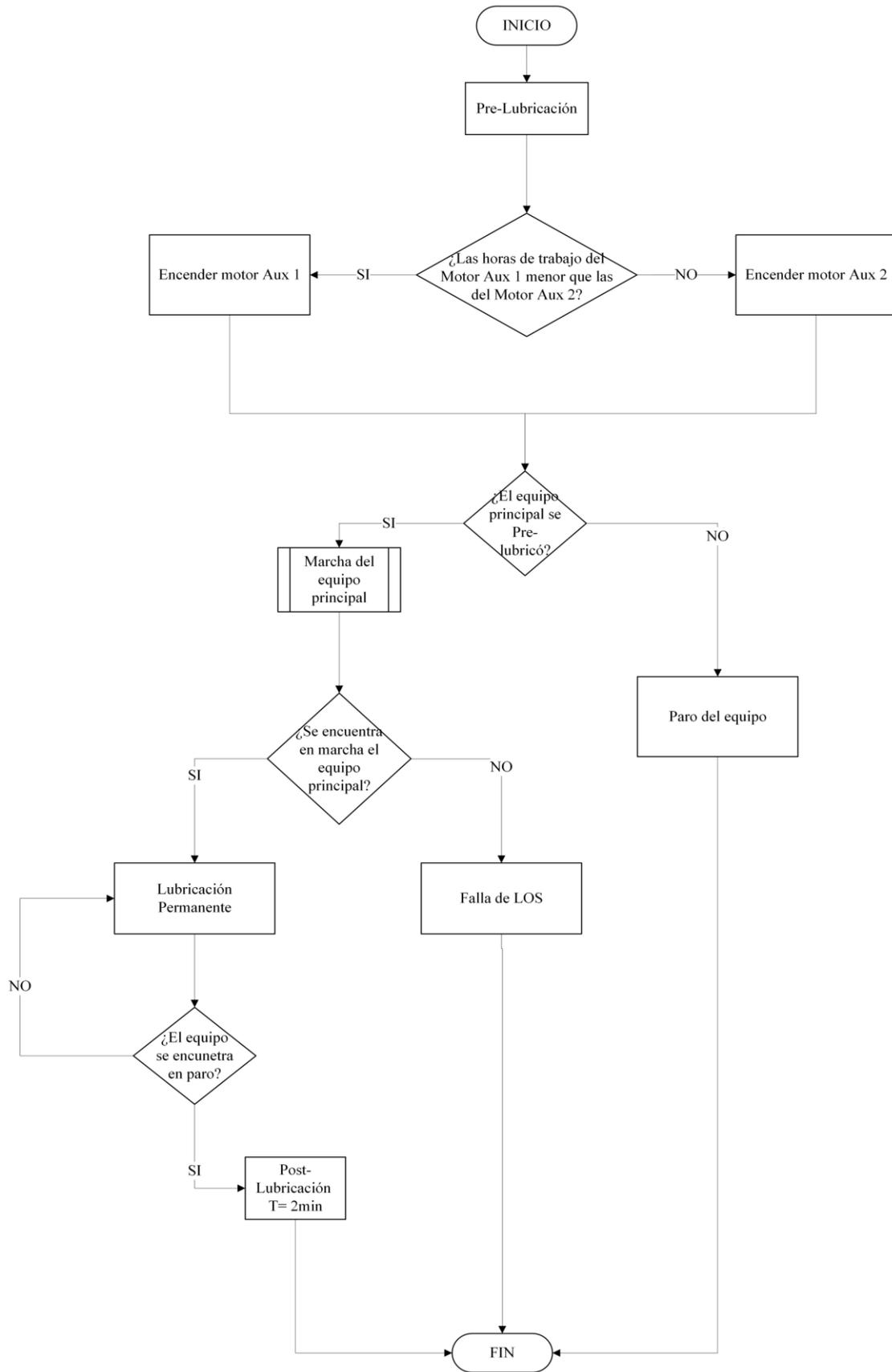


Figura 100. Nueva lógica de programación.

3.11. Simulación del programa

Basándose en los ítems 3.9 y 3.10 donde se detalla la lógica y programación utilizada para el nuevo sistema de lubricación, se realizó en el programa Cade-Simu una simulación general del funcionamiento como se puede observar en la Figura 101.

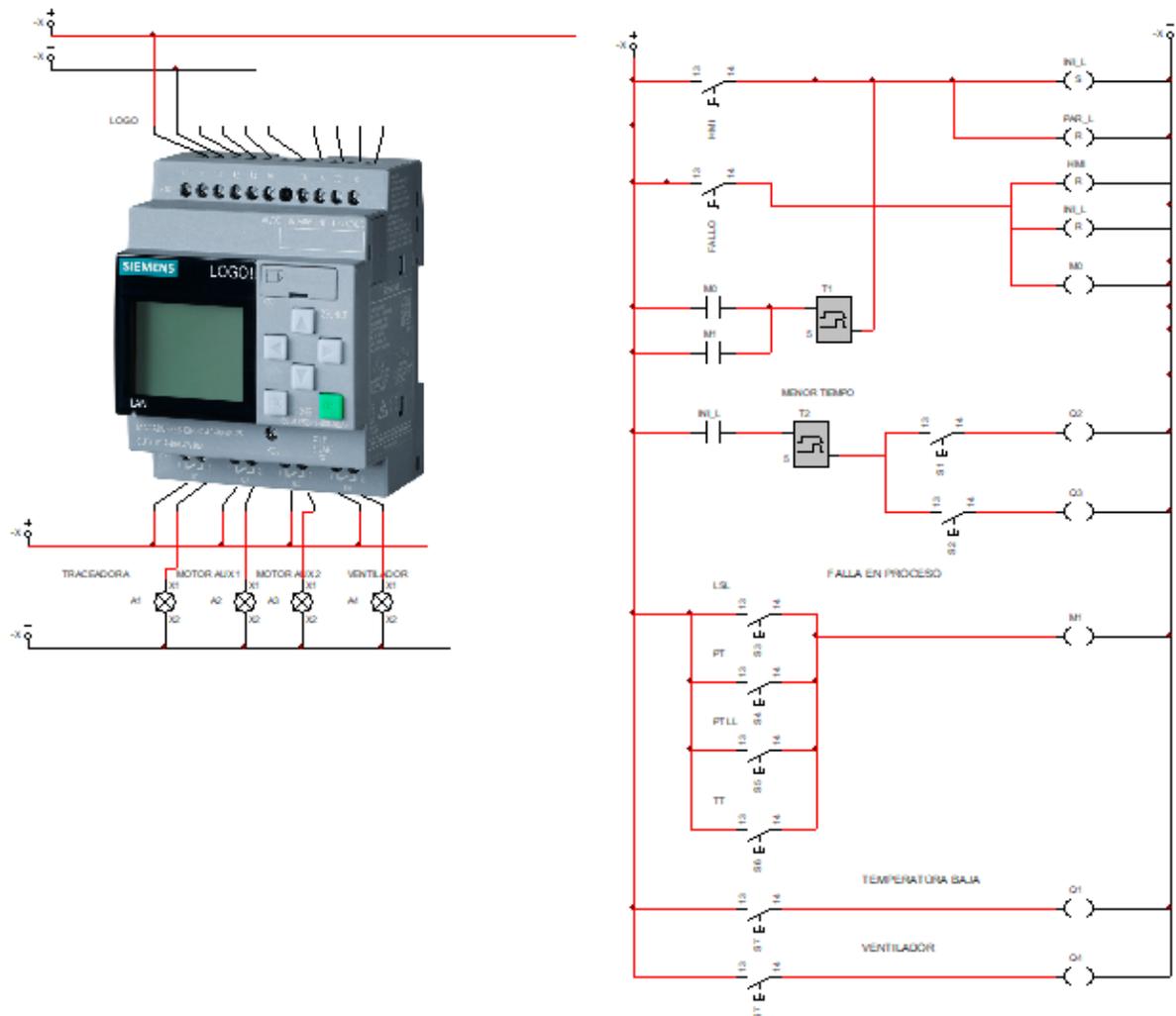


Figura 101. Simulación del programa en Cade-Simu.

En la simulación se utilizó el controlador LOGO, que cuenta con 4 salidas. Cada una de ellas representa el ventilador, motor auxiliar 1, 2 y tracedora. Se utilizaron interruptores para demostrar el funcionamiento representando el manejo del operador en el HMI. Los interruptores son HMI y FALLO tal como se indica en la siguiente figura.

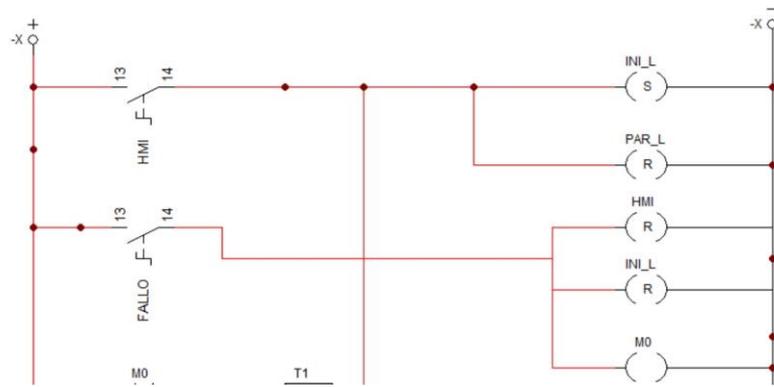


Figura 102. Interruptores.

Esto energizará INI_L que representa el enclavamiento de una memoria la cual iniciará la pre-lubricación, además se reiniciará la memoria PAR_L la cual detiene el sistema de lubricación. Junto a ella se encuentra el interruptor FALLO, este deshabilitará HMI, INI_L y activará una marca M0 la cual ejecuta la pos-lubricación.

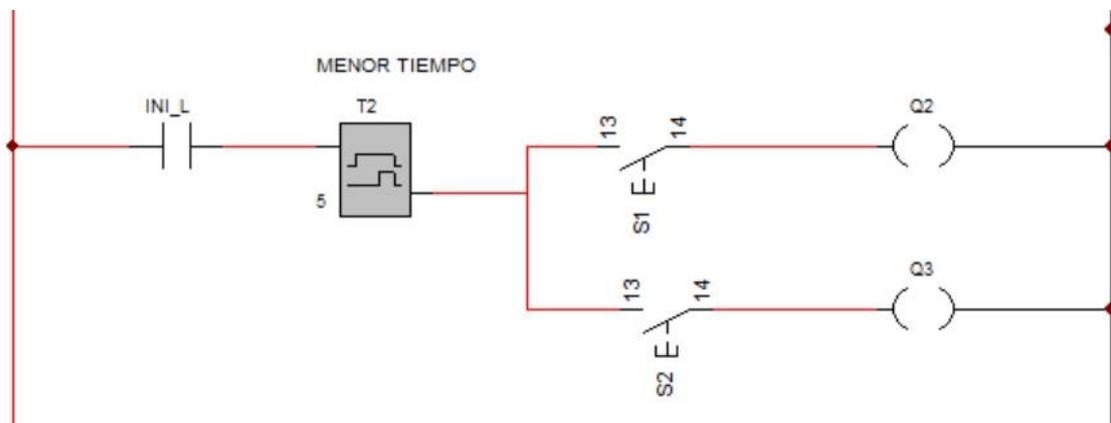


Figura 103. Menor tiempo en motores.

La bomba se pre-lubricará 2 minutos, el temporizador T2 es su representación como se puede ver en la Figura 103, pero con 5 segundos. El motor que será accionado es el que cuente con menor tiempo de funcionamiento por lo cual se colocó S1 y S2. Dentro de la Figura 104 se puede observar que mediante luces piloto representan el funcionamiento de cada componente.

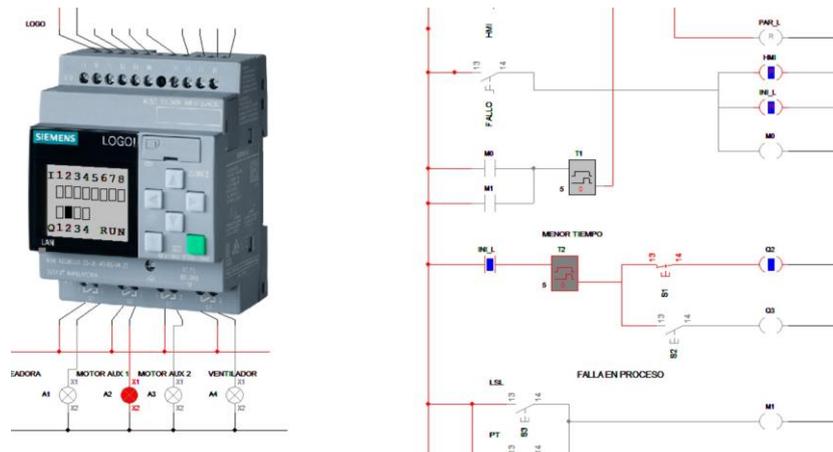


Figura 104. Encendido motor Aux 1.

En el caso de que el sistema deje de funcionar u ocurra un fallo será accionado el interruptor de FALLO tal como se muestra en la Figura 105 el cual accionará de igual manera por 120 segundos la pos-lubricación.

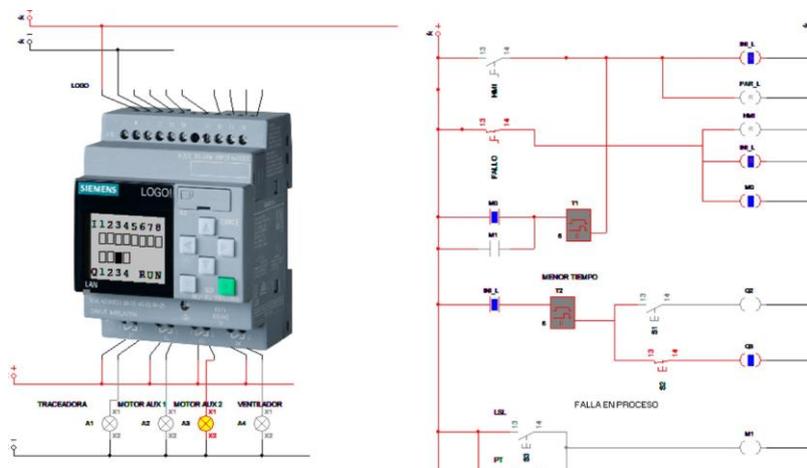


Figura 105. FALLO LOS.

Los fallos se pueden presentar debido a que la temperatura del aceite es muy alta, baja presión, switch de nivel accionados y altas temperaturas. En caso de bajas temperaturas se accionará la traceadora, esta es representada con una luz de color verde. La podemos observar en la Figura 106

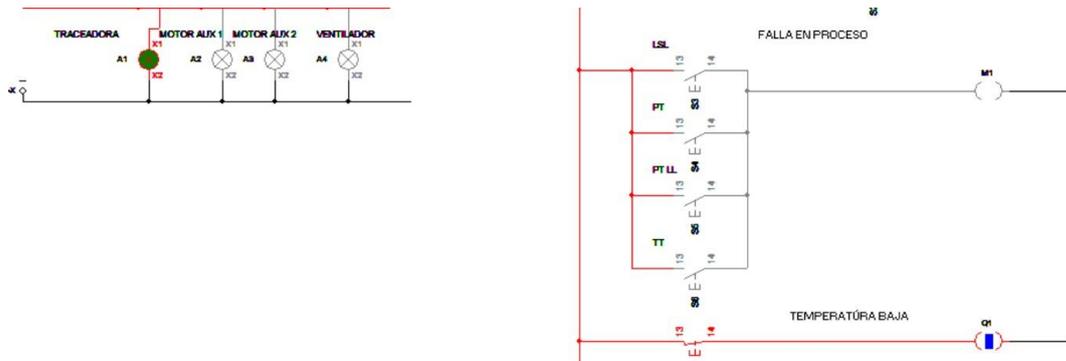


Figura 106. Encendido de traceadora.

El ventilador se encenderá todos los días a las 12 de la noche, esto es para que entren en funcionamiento el motor, es representado con el color azul, tal como se puede ver en la Figura 107.

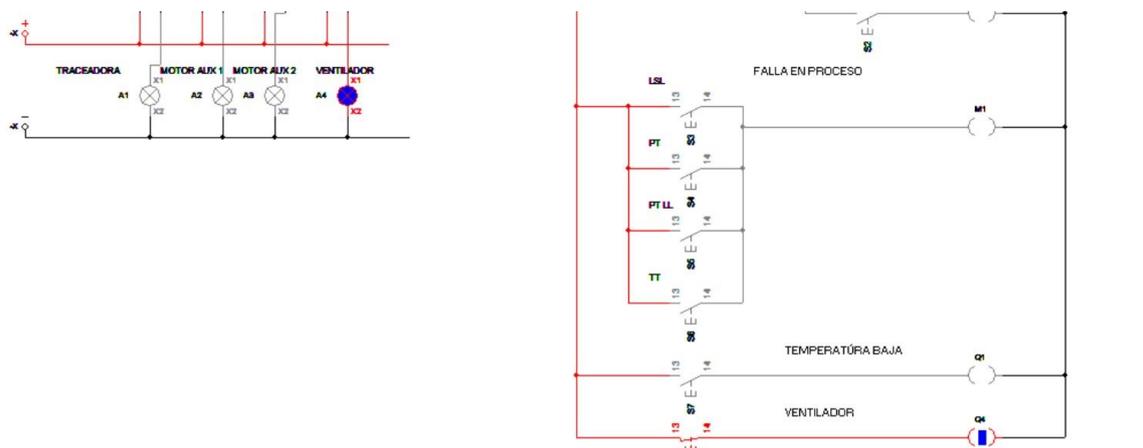


Figura 107. Encendido ventilador.

CAPÍTULO 4 IMPLEMENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

En este capítulo se abordarán detalles de la instalación de los equipos y migración del sistema de lubricación que se realizó desde los elementos de campo hasta el nuevo tablero de control RIOB-230103-2-90-A. También se hará mención los detalles de las pruebas de funcionamiento del tablero con la programación y pruebas que se realizaron para verificar el conexionado realizado.

4.1. Pruebas de funcionamiento dentro del tablero

En la Figura 108, se indica las conexiones realizadas del bloque de borneras TB-AI-3 tanto la alimentación como las puestas a tierra de las entradas analógicas. Cada cable cuenta con su etiqueta de identificación, además para los cables que se conectan a las borneras se utilizan terminales tipo puntera, estos son utilizados junto su herramienta que es la prensadora de terminales.

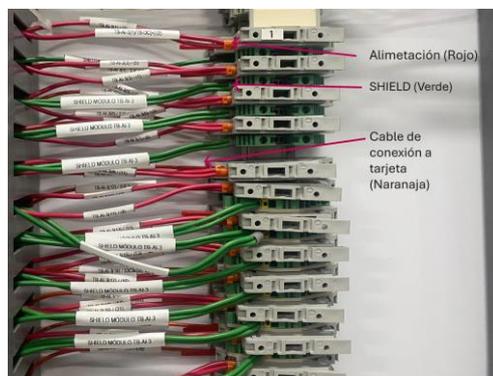


Figura 108. Conexión TB-AI-3.

A diferencia de las entradas analógicas en el bloque de terminales TB-DI-7 no se utilizan borneras de tierra. En la Figura 109 se observa el bloque de terminales el cual se encuentra a cada entrada de la tarjeta, en este caso se utiliza un puente de conexión como accesorio.

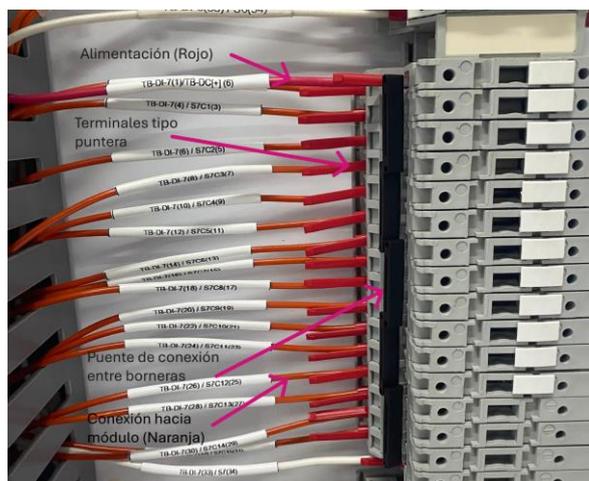


Figura 109. Conexión TB-DI-7.

Se tomó en consideración la salida de la traceadora la cual es activada a 120VAC, por lo tanto, se utilizará el relé 700-HLT1Z24, el cual será activado con la salida del TB-DO-8 a 24VDC, en la Figura 110 se indican 4 relés los cuales corresponden a la bomba 23, 24, 25, 26.

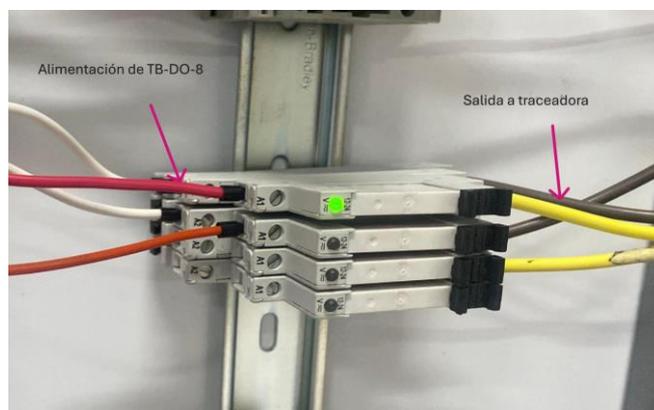


Figura 110. Bloqué de relés.

Se deben realizar 2 pruebas de funcionamiento para verificar las conexiones realizadas. Para lo cual se utilizará la pinza amperimétrica o multímetro para cada una de ellas.

4.2.1. Pruebas punto a punto sin voltaje

Durante estas pruebas no se conecta la alimentación a las borneras, ya que se previene algún fallo al módulo de entradas analógicas y digitales. Se colocará la pinza amperimétrica en continuidad y utilizando los planos realizados verificaremos cada conexión realizada tanto de la tarjeta al bloque de borneras y viceversa. Así verificando punto por punto en la Figura 111 se observa el uso del amperímetro para esta prueba.



Figura 111. Pruebas punto a punto (1).

Mediante la medición de continuidad se evidenció que las conexiones se encuentran acorde con el plano de conexiones diseñado y sus conexiones dentro del tablero se encuentran bajo normativa de la empresa.

4.2.2. Pruebas punto a punto con voltaje

Revisado y realizado las correcciones se procede a conectar la alimentación de cada bornera. Primero el negativo y posterior el positivo de 24VDC. Se verifica que en cada bornera marque el valor de 24V. Verificado y aprobado el voltaje en cada uno de los puntos de los bloques de terminales por parte del ingeniero tutor. Se procede a realizar las conexiones de campo. En la Figura 112 las mediciones realizadas.



Figura 112. Pruebas de voltaje en borneras.

Comprobado el voltaje en cada una de las borneras se descarta el mal funcionamiento de cana una de ella, también se verificó que se encuentren energizadas para su correcto funcionamiento en los instrumentos.

4.2. Desconexión y conexión de cables de campo a RIOB-230103-2-90-A

Los cables que serán desconectados se van a reutilizar cada uno de ellos tiene un tag de identificación. Además, dentro de los planos de conexión del tablero LOS se encuentran los tags de los cables y donde se encuentran conectados cada uno de ellos.

El código CBI230103223AC representa el cable armado que contiene las señales analógicas y el CB1230103223AC1 es para las señales digitales de la bomba 23. En la Figura 113 se muestra la identificación de cada uno de ellos en campo. Los tags se encuentran tanto en la entrada del tablero de campo y en la parte inferior del tablero de control de LOS. Esto se lo realiza para facilitar la identificación a la cual pertenece cada conductor.

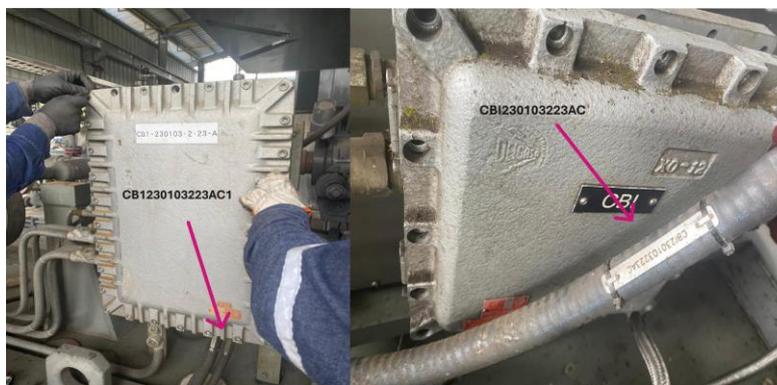


Figura 113. Identificación de cables.

Para abrir los tableros antiexplosivos se deben retirar los tornillos hexagonales, dentro encontraremos la numeración que identifica a los instrumentos del tablero tal como se muestra en el Anexo 17, todos estos se deben desconectar tanto de la caja CBI Y CBI, en la Figura 114 se observa el contenido de cada tablero.



Figura 114. Interior del tablero CB1 y CBI.

Desconectados los cables de las borneras, se procede a desenroscar el TMCX. Se retira por completo ya que el cable será enviado por otra ruta, la ruta antigua del cable CB1230103223AC1 se observa en la siguiente figura.



Figura 115. Ruta del cable CB1230103223AC1.

Este cable armado se encuentra pasado dentro de un tubo enterrado, para facilitar la extracción del cable se utilizó la grúa de colocar amarillo que se encuentra en la Figura 115. Cuando el cable ya es retirado de la tubera se procede a jalar el cable de las bandejas. Este será colocado en un espacio libre para mayor manipulación en la Figura 116 se observa cómo se retira el cable de las bandejas.

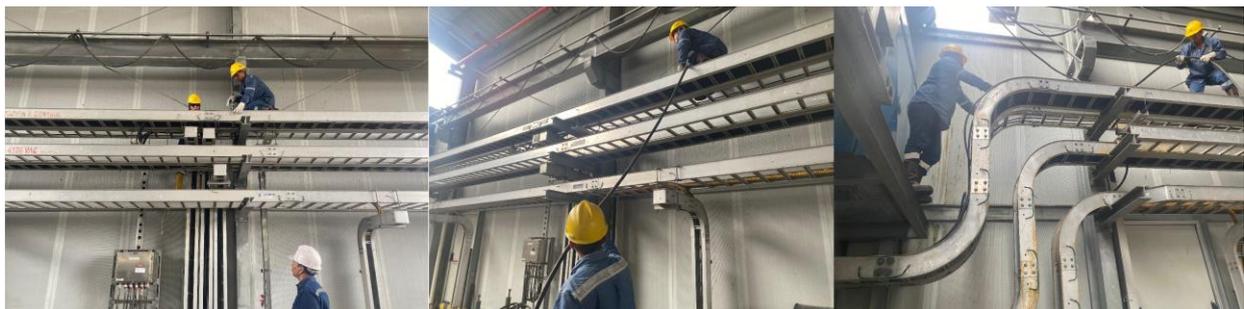


Figura 116. Retirado de cable.

Al mismo tiempo que es retirado el cable de las bandejas, se desconectó tanto las entradas digitales como analógicas tal como se muestra en la Figura 117 para la desconexión se utilizó un destornillador tipo bornero. Dentro de la siguiente figura se observa la desconexión de estos.



Figura 117. Desconexión entradas de instrumentos LOS.

Extraído por completo el cable se procede a colocar dentro del tablero RIOB-230103-2-90-A. Las perforaciones del tablero se lo realizaron con la herramienta para perforaciones de la marca RIDGID, cuenta con un mecanismo hidráulico para realizar perforaciones de 1 pulgada, estas perforaciones no producen ninguna limalla la cual puede saltar dentro del tablero evitando así la contaminación de los accesorios. En la Figura 118, se observa cómo se utilizó la herramienta para dichas perforaciones.



Figura 118. Perforación del tablero.

Teniendo la perforación se coloca el Hub para posterior enroscarlo con el TMCX. Se debe retirar la chaqueta protectora junto con la funda corrugada de aluminio(armadura), esto se lo

realizó con una cierra. Se tiene que dejar aproximadamente 10cm de armadura para que el TMCX tenga un mejor agarre y fijación. En la Figura 119 se indica el proceso descrito.

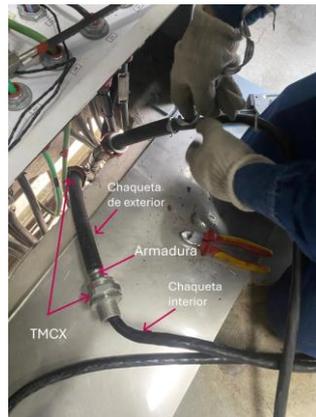


Figura 119. Instalación de conductores en tablero.

Antes de pasar el cable por el tablero se debe considerar la altura a la cual se encuentra la bornera, a partir de ello se retira la chaqueta interior desde donde empieza la canaleta ranurada de plástico, se deja alrededor de 30cm más de cable en caso de que suceda algún problema. Luego se conecta según corresponda en el plano las entradas analógicas y digitales.

A cada par de cable se colocará una etiqueta de identificación, la etiqueta debe constar en donde se encuentra y hacia dónde va el cable. Las etiquetas se recomiendan que sean termo contraíble, junto con ello se utilizarán terminales tipo puntera para que no existan falsos contactos o cables sueltos dentro del tablero. En la Figura 120 se observan las etiquetas y los terminales, para que se contraiga la etiqueta se aplicara calor alrededor de 80°C con la pistola de calor.

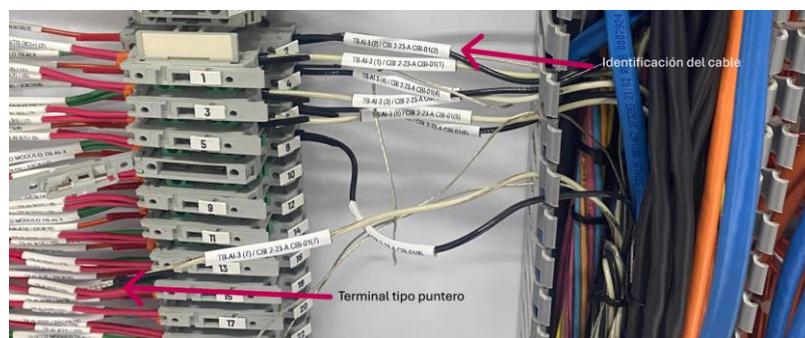


Figura 120. Conexión de campo a bornera del tablero.

Los cables de color blanco y negro que se observan en la Figura 120 cuentan con una tierra independiente por cada par. Esta tierra se conecta al a la bornera de color verde “SHIELD” del TB-AI-3. Se debe cubrir de cinta aislante, tal como se muestra en la Figura 121



Figura 121. Recubrimiento de tierra.

La nueva ruta del cable es la que se encuentra en la Figura 122, esta ruta es más corta que la anterior lo cual nos permite reutilizar el cable. el proceso de desconexión y conexión es el mismo para el cable armado del tablero CBI230103223AC. Este cable al ser llevado por bandejas debe ser peinado para una mayor estética y debe ser manipulado con cuidado ya que es reutilizado. En la Figura 123 se indica el tablero de control terminado, con nuevos accesorios y una mejor distribución de los conductores.



Figura 122. Nueva ruta del cable armado.

Al no encontrarse los cables soterrados es más fácil identificar fallas, tanto en el mantenimiento preventivo como el correctivo, disminuyendo así los tiempos de parada del sistema de lubricación.

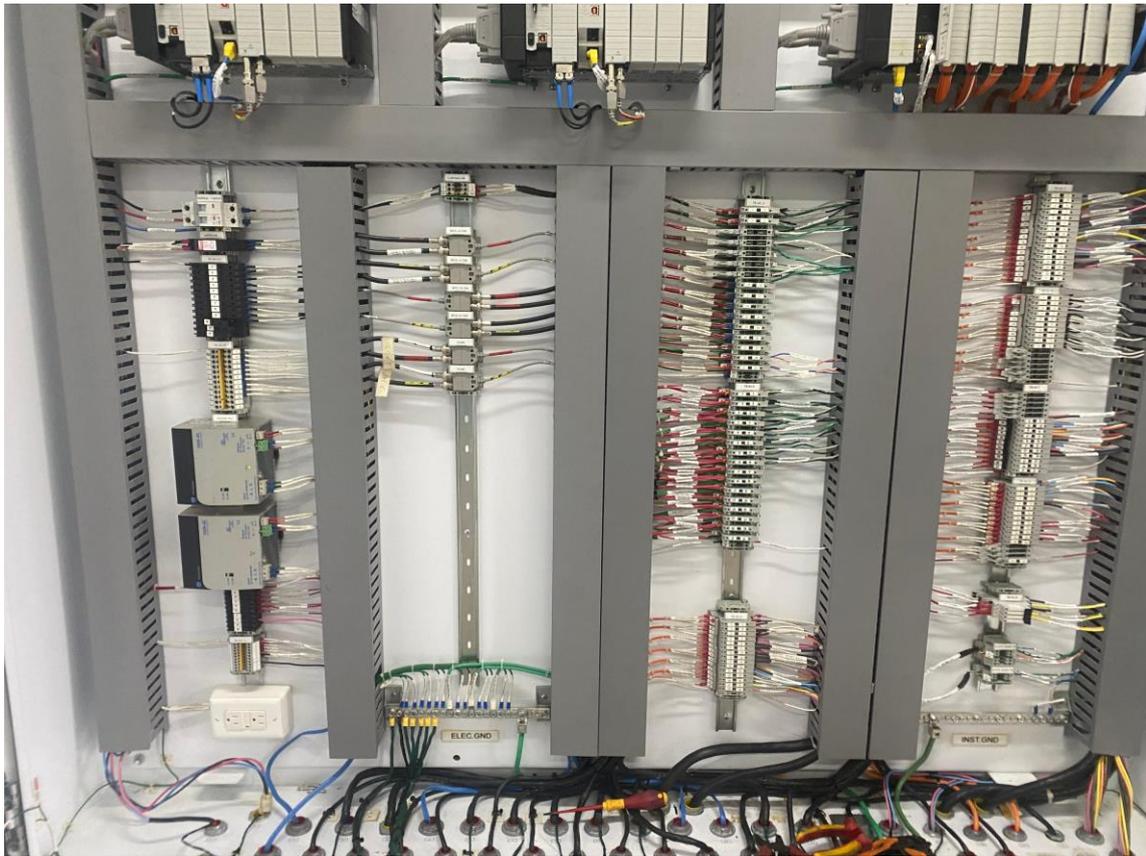


Figura 123. Tablero terminado.

Realizadas las conexiones se procedió a forzar la salida de la traceadora de la bomba 23. Dentro de la Figura 110 se observa cómo se enciende el foco del bloque del relé, evidenciando el funcionamiento de la traceadora y además el funcionamiento de la programación.

4.3. Funcionamiento de programación

Verificado que no exista ningún error dentro de la programación se procede a colocar las entradas correspondientes de señal en cada bloque de instrucciones, en la Figura 124 se observa la siguiente etiqueta `RIOB_230103_2_90_A_EN2T_00:3:I:Ch:07.Data`. Esta indica donde se encuentra el módulo de entradas analógicas y en que canal se encuentra la señal.

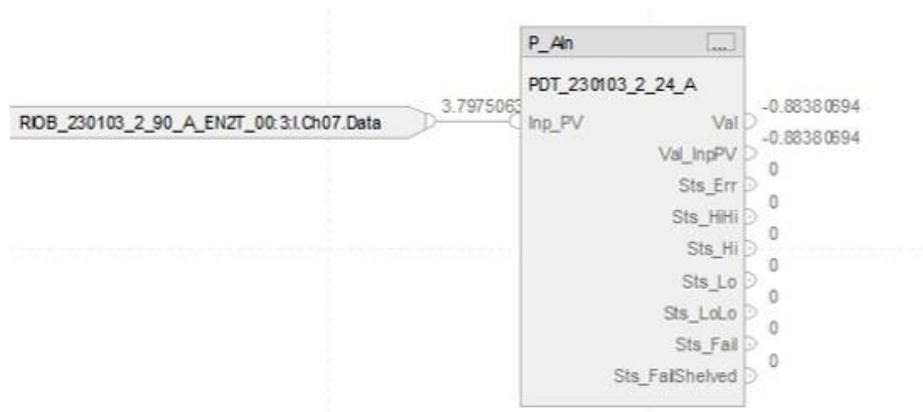


Figura 124. Identificación de canal RIOB_230103_2_90_A_EN2T_00:3:I:Ch:07.Data.

Esto se lo realiza en todas las subrutinas, de igual manera con las salidas. En la Figura 125 se indica se indica la salida de la traceadora su señal activara un relé que se encuentra en RIOB_230103_2_90_A_EN2T_00:8:O.Data.9.

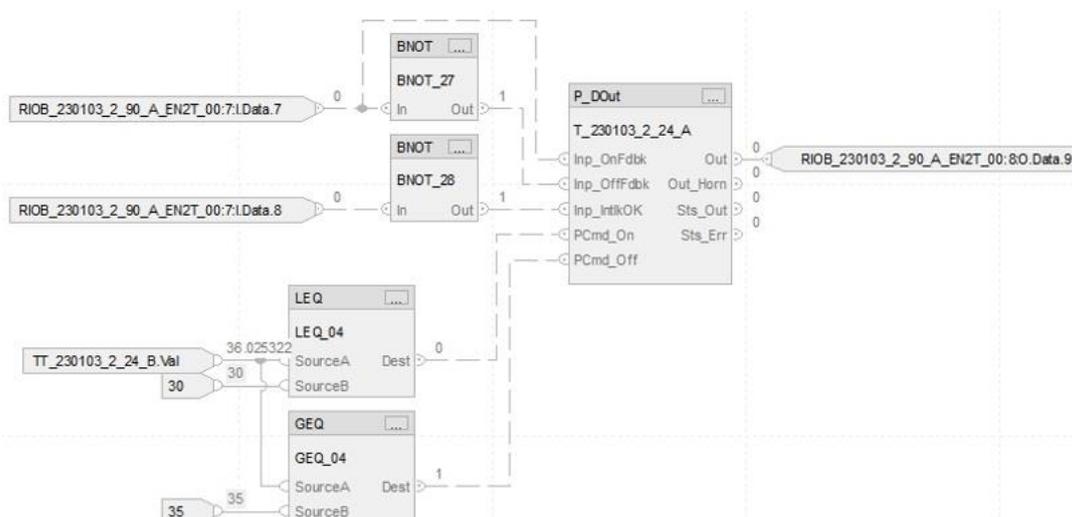


Figura 125. Etiqueta de traceadora RIOB_230103_2_90_A_EN2T_00:8:O.Data.9.

En las Figura 124 y Figura 125 se encuentran en funcionamiento los instrumentos de medida tanto el PDT como el TT. La señal del PDT se encuentra fuera del rango de 4 a 20mA, este se encuentra en avería. El instrumento monitorea el estado de suciedad de los filtros, al no encontrarse en óptimas condiciones el personal de mantenimiento mecánico realiza la limpieza de estos.

La entradas del transmisor de temperatura TT_230103_2_24_B.Val indica el valor al cual se encuentra en funcionamiento ya en línea. Indicando una temperatura de 36.0253222 °C. Por lo tanto, el programa se encuentra funcionando correctamente tanto la lectura de las señales de entrada como las salidas (motor, ventilador, traceadora).

En la Figura 126 se observa la bomba 24 con un incremento de presión. Siendo así el correcto funcionamiento del sistema de lubricación ya que, caso contrario no funcionaría el grupo principal(bomba-motor).

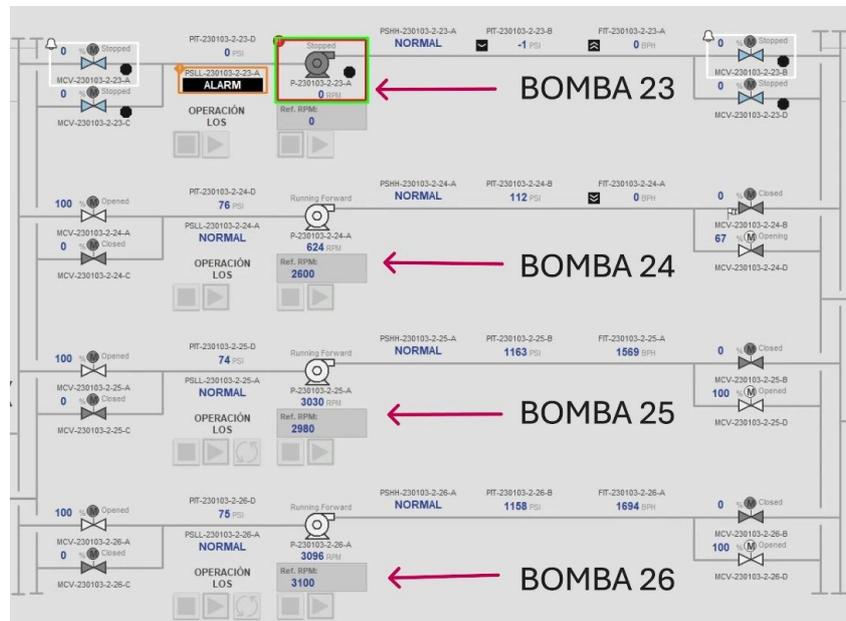


Figura 126. HMI del control de las bombas.

Dentro del incremento de presión de la bomba 24 se obtiene los datos de velocidad del motor los cuales se encuentran en la Tabla 5.

Tabla 5. Velocidad del motor.

Tiempo (s)	RPM
0	0
1	174
2	516
3	624
4	780
5	1074
6	1284
7	1608
8	1824
9	2154
10	2370
11	2538
12	2568
13	2586
14	2592
15	2610
16	2622

17	2634
18	2652
19	2670
20	2712
21	2730
22	2754
23	2832
24	2850
25	2922
26	2946
27	2976
28	2988
29	3024
30	3036
31	3054
32	3096
33	3108
34	3114
35	3144
36	3156

Como se puede observar el tiempo varía de 0 a 36 segundos con una variación de velocidad angular de 0 a 3156 RPM, como se puede observar en Figura 127. Lo que indica el correcto desempeño del motor junto con la lubricación.

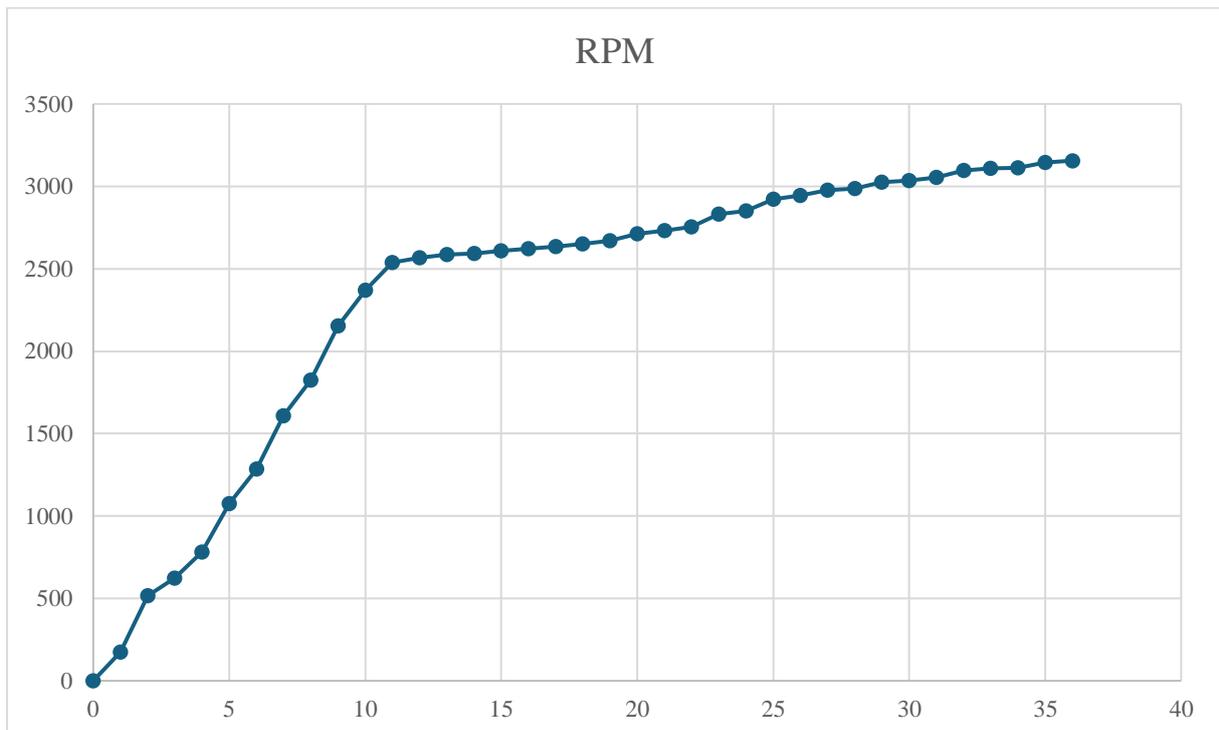


Figura 127. Tiempo vs Velocidad angular.

CONCLUSIONES

- La migración de las unidades de lubricación de los grupos principales de bombeo Flowserve hacia el BPCS de la estación de bombeo Santo Domingo de la Empresa Pública de Hidrocarburos del Ecuador EP PETROECUADOR se realizó debido a que los CompactLogix se encuentran discontinuados y obsoletos, además, el tablero fue optimizado mediante la incorporación de nuevos módulos de comunicación y accesorios, lo que facilitara su interacción con el sistema completo de la estación.
- En la indagación bibliográfica realizada con los manuales del controlador ControlLogix y los equipos instalados se determinó que todos los parámetros tomados en cuenta para la modernización del sistema de lubricación siguen la norma NFPA 70 para ambientes con presencia de hidrocarburos los cuales son utilizados por EPPETROECUADOR.
- El presente proyecto es parte de la modernización de la estación de bombeo Santo Domingo el cual cuenta con un cronograma ya establecido, para este caso fue de cuatro meses tiempo en el cual se logró la migración parcial del sistema de lubricación. Siendo este el modelo de aplicación de la migración del sistema de lubricación para las demás estaciones de bombeo.
- Dentro de la programación se determinó que cada motor auxiliar debe tener el mismo tiempo de trabajo, siendo así el motor auxiliar 1 cuenta con 24761.0 horas de trabajo y el segundo motor auxiliar tiene 10416.4 horas, de tal manera que el motor que cuente con menor tiempo de trabajo será el que entre en funcionamiento así se obtiene un mejor rendimiento del sistema de lubricación, y la programación es más sencilla para reconocer fallas ya que es más compacta.
- La simulación y pruebas realizadas en el sistema de lubricación mostraron resultados consistentes, cumpliendo los criterios definidos para asegurar el correcto desempeño del sistema en condiciones reales. Esto valida tanto la programación desarrollada como la efectividad del cronograma aplicado durante la implementación, permitiendo establecer un modelo de migración replicable en futuras estaciones de bombeo.

RECOMENDACIONES

Se recomienda cambiar el transmisor de presión diferencial de la bomba 24 para tener un mejor monitoreo del estado de los filtros del sistema de lubricación. Mejorando así el desempeño del sistema y evitando averías o paradas innecesarias, esto no debe existir durante el bombeo de productos limpios.

Antes de realizar las conexiones de los instrumentos, se debe medir la alimentación ya que puede encontrarse energizados desde campo, de tal manera que si se conectan de manera incorrecta en el tablero de control podría generar grandes daños dentro del módulo de comunicación.

Durante la programación se recomienda tener conocimiento previo de cada una de las estradas de los bloques de instrucciones, ya que cuentan con varias entradas que nos ayudan a monitorear la variable de estado o el estado del conductor. Cada bloque de instrucciones tiene su propio, se debe saber cuándo utilizar un bloque simple o uno más avanzado, con más herramientas.

REFERENCIAS

- [1] Empresa Pública de Hidrocarburos del Ecuador EP Petroecuador, «el petróleo en el Ecuador la nueva era petrolera,» Coordinación General de Imagen Empresarial EP Petroecuador, Junio 2013. [En línea]. Available: <https://www.eppetroecuador.ec/wp-content/uploads/downloads/2015/03/El-Petr%C3%B3leo-en-el-Ecuador-La-Nueva-Era.pdf>. [Último acceso: 27 Septiembre 2024].
- [2] EP PetroEcuador, «Cadena de Valor,» [En línea]. Available: <https://www.eppetroecuador.ec/?p=3766>. [Último acceso: 28 Septiembre 2024].
- [3] ZOILORÍOS, «Proceso de refinamiento del petróleo: ¿cómo es?,» 22 Octubre 2020. [En línea]. Available: <https://www.zoilorios.com/noticias/proceso-de-refinamiento-del-petroleo-como-es>. [Último acceso: 4 Octubre 2024].
- [4] EP Petroecuador, «Entre enero y septiembre de 2023, los tres centros refinadores de EP Petroecuador alcanzaron una producción nacional de 39.827.530,73 barriles,» 8 Noviembre 2023. [En línea]. Available: <https://www.eppetroecuador.ec/?p=19783#:~:text=La%20petrolera%20p%C3%ABlica%20industrializa%20el,las%20regiones%20Amaz%C3%B3nica%20y%20Litoral..> [Último acceso: 4 Octubre 2024].
- [5] Bnamericas, «Recomiendan utilizar diseño modular para refinería en Ecuador,» 23 Octubre 2019. [En línea]. Available: <https://www.bnamericas.com/es/noticias/recomiendan-utilizar-diseno-modular-para-refineria-en-ecuador>. [Último acceso: 4 Octubre 2024].
- [6] EP Petroecuador, [En línea]. Available: <https://www.eppetroecuador.ec/wp-content/uploads/downloads/2016/01/Mapa-de-Transporte-y-Almacenamiento-de-derivados.pdf>. [Último acceso: 4 Octubre 2024].
- [7] P. D. Pinto Medina, «IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA CONTROLADO DE BOMBEO DE PRODUCTOS LIMPIOS DE LA TERMINAL SANTO DOMINGO EP PETROECUADOR GERENCIA DE TRANSPORTE Y ALMACENAMIENTO,» Agosto 2012. [En línea]. Available: <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/4835/1/CD-4428.pdf>. [Último acceso: 15 Octubre 2024].
- [8] GE Motors, «HOJA DE DATOS,» 2009.
- [9] Flowserve, «DMX de Flowserve,» [En línea]. Available: <https://www.flowserve.com/es/flowserve-dmx/>. [Último acceso: 13 Octubre 2024].
- [10] FLOWSERVE, «CONJUNTO GENERAL BOMBA 1 ESTACION SANTO DOMINGO,» FLOWSERVE, Quito, 2009.
- [11] Allen-Bradley, «CompactLogix Controllers Specifications,» Mayo 2018. [En línea]. Available: https://es.dcsmodule.com/js/htmledit/kindeditor/attached/20210910/20210910142524_15136.pdf. [Último acceso: 25 Octubre 2024].
- [12] Newark, «QUINT-PS/1AC/24DC/3.5,» [En línea]. Available: <https://www.newark.com/es/phoenix-contact/quint-ps-1ac-24dc-3-5/power-supply-ac-dc-medical-24v/dp/73T9481>. [Último acceso: 25 Octubre 2024].
- [13] red lion , «108TX Industrial Ethernet Switch,» [En línea]. Available: https://datasheet.octopart.com/108TX-N-TRON-datasheet-99731466.pdf?_gl=1*1qeevxd*_gcl_aw*R0NMLjE3Mjk4NjgzNjEuQ2p3S0NBandnLTI0QmhCX0V

pd0ExWk94OHBfYXZtN2ZjdmV0WHAtVXQzTU9GWFFRdk1NUHpEdEpMS29zUTE5THpTalRabTA3Z1FNb1h4b0NqcWdRQXZEX0J3RQ..*_gcl_au*MTM2NTAxMDkyN. [Último acceso: 25 Octubre 2024].

- [14] PHOENIX CONTACT, «ST 2,5-PE - Borne de tierra de conexión por resorte,» 05 Junio 2015. [En línea]. Available: <https://docs.rs-online.com/59fb/0900766b813f971e.pdf>. [Último acceso: 25 Octubre 2024].
- [15] SIEMENS, «SIEMENS,» 15 Noviembre 2023. [En línea]. Available: https://datasheet.octopart.com/5SY4504-7-Siemens-datasheet-177670273.pdf?_gl=1*_wlrq7q*_gcl_au*R0NMLjE3Mjk4NzIxOTguQ2p3S0NBandnLTi0QmhCX0Vpd0ExWk94OHJqZ3R3bnN0ZmQ2LW13ejE1NVFwOXptNUgxS0UycG9qS3I1U2JSRGdxa1g5NERWTEd3U25Sb0NnT0FRQXZEX0J3RQ..*_gcl_au*MTM2NTAx. [Último acceso: 25 Octubre 2024].
- [16] PHOENIX CONTACT, «MACX MCR-SL-RPSSI-I - Amplificador separador de alimentación/entrada,» PHOENIX CONTACT, [En línea]. Available: <https://www.phoenixcontact.com/es-mx/productos/amplificador-separador-de-alimentacionentrada-macx-mcr-sl-rpssi-i-2865955>. [Último acceso: 28 Octubre 2024].
- [17] PHOENIX CONTACT, «PLC-BPT- 24DC/21 - Zócalo de relé,» PHOENIX CONTACT, [En línea]. Available: <https://www.phoenixcontact.com/es-pc/productos/zocalo-de-rele-plc-bpt-24dc-21-2900445>. [Último acceso: 28 Octubre 2024].
- [18] PHOENIX CONTACT, «REL-MR- 24DC/21 - Relé individual,» PHOENIX CONTACT, [En línea]. Available: <https://www.phoenixcontact.com/es-pc/productos/rele-individual-rel-mr-24dc-21-2961105>. [Último acceso: 28 Octubre 2024].
- [19] PHOENIX CONTACT, «P-FU 5X20-5 - Cabeza portafusible,» PHOENIX CONTACT, [En línea]. Available: <https://www.phoenixcontact.com/es-pc/productos/cabeza-portafusible-p-fu-5x20-5-3209235>. [Último acceso: 12 Noviembre 2024].
- [20] PHOENIX CONTACT, «MACX MCR-EX-SL-2NAM-RO - Amplificador de separación,» PHOENIX CONTACT, [En línea]. Available: <https://www.phoenixcontact.com/es-es/productos/amplificador-de-seccionador-macx-mcr-ex-sl-2nam-ro-2865476>. [Último acceso: 28 Octubre 2024].
- [21] HOFFMAN, «Two-Door Floorstand White Inside Type 12, 72.06x72.06x10.06, Gray, Steel,» nVent, [En línea]. Available: <https://www.nvent.com/es-do/hoffman/products/enca727210ulp#Details>. [Último acceso: 15 Noviembre 2024].
- [22] IEC, «Grados de protección proporcionados por las envolventes (Código IP),» Febrero 2001. [En línea]. Available: <https://pdfcoffee.com/iec-60529pdf-2-pdf-free.html>. [Último acceso: 15 Noviembre 2024].
- [23] EATON, «Myers™ Hubs,» 2015. [En línea]. Available: https://d14aeh40s5zf9b.cloudfront.net/userfiles/productdocuments/CRHISTA1/SPEC_47472002_SpecificationSheet.pdf. [Último acceso: 17 Noviembre 2024].
- [24] Rockwell Automation, «Paquete de fuente de alimentación ControlLogix,» [En línea]. Available: <https://www.rockwellautomation.com/es-mx/products/details.1756-PAR2.html#technical-specifications>. [Último acceso: 17 Noviembre 2024].

- [25] Rockwell Automation , «ControlLogix 7 Slots Chassis,» [En línea]. Available: <https://www.rockwellautomation.com/es-mx/products/details.1756-A7.html>. [Último acceso: 17 Noviembre 2024].
- [26] Rockwell Automation , «ControlLogix 16 MB Controller,» [En línea]. Available: <https://www.rockwellautomation.com/es-mx/products/details.1756-L74.html>. [Último acceso: 17 Noviembre 2024].
- [27] PRECISION , «Controladores y Automatización: La versatilidad de ControlLogix,» PRECISION , [En línea]. Available: <https://blog.precision.cl/automatizacion/controladores-y-automatizacion-la-versatilidad-de-controllogix>. [Último acceso: 30 Noviembre 2024].
- [28] Rockwell Automation, «ControlLogix Redundancy Enhanced Module,» [En línea]. Available: <https://www.rockwellautomation.com/es-mx/products/details.1756-RM2.html>. [Último acceso: 17 Noviembre 2024].
- [29] Rockwell Automation , «ControlLogix 1 m RM Fiber Optic Cable,» [En línea]. Available: <https://www.rockwellautomation.com/es-mx/products/details.1756-RMC1.html>. [Último acceso: 17 Noviembre 2024].
- [30] Rockwell Automation, «CLX ENet/IP 100M,» [En línea]. Available: <https://www.rockwellautomation.com/es-mx/products/details.1756-EN2T.html>. [Último acceso: 17 Noviembre 2024].
- [31] Rockwell Automation , «ControlLogix Communication Module,» [En línea]. Available: <https://www.rockwellautomation.com/es-mx/products/details.1756-CN2R.html>. [Último acceso: 17 Noviembre 2024].
- [32] Rockwell Automation , «ControlLogix Empty Slot Cover,» [En línea]. Available: <https://www.rockwellautomation.com/es-mx/products/details.1756-n2.html>. [Último acceso: 17 Noviembre 2024].
- [33] Rockwell Automation, «ControlLogix 16 Pt A/I HART Module,» [En línea]. Available: <https://www.rockwellautomation.com/es-mx/products/details.1756-IF16H.html>. [Último acceso: 17 Noviembre 2024].
- [34] ProSoft, «Módulo de interfaz de comunicaciones maestro/esclavo Modbus mejorado ControlLogix con bloque de datos reducido,» [En línea]. Available: <https://www.prosoft-technology.com/Products/Rockwell-Automation-In-chassis/Platform/ControlLogix/Modbus-Master-Slave-Enhanced-Network-Interface-Module-with-Reduced-Data-Block-for-ControlLogix>. [Último acceso: 17 Noviembre 2024].
- [35] Rockwell Automation, «ControlLogix 16 Point D/I Module,» [En línea]. Available: <https://www.rockwellautomation.com/es-mx/products/details.1756-IB16D.html>. [Último acceso: 17 Noviembre 2024].
- [36] ProSoft, «Módulo de interfaz de red mejorada multicliente Modbus TCP/IP con bloque de datos reducido para ControlLogix,» [En línea]. Available: <https://www.prosoft-technology.com/Products/Rockwell-Automation-In-chassis/Platform/ControlLogix/Modbus-TCP-IP-Multi-Client-Enhanced-Network-Interface-Module-with-Reduced-Data-Block-for-ControlLogix>. [Último acceso: 17 Noviembre 2024].

- [37] Rockwell Automation, «ControlLogix 16 Pt 24V DC D/O Module,» Rockwell Automation, [En línea]. Available: <https://www.rockwellautomation.com/es-mx/products/details.1756-OB16D.html>. [Último acceso: 17 Noviembre 2024].
- [38] RADWELL, «1492-SP2C250,» RADWELL, [En línea]. Available: <https://www.radwell.com/es-ES/Buy/ALLEN%20BRADLEY/ALLEN%20BRADLEY/1492-SP2C250/?srsltid=AfmBOorwQQjwAkhMZQfJqRexdsZRojmX18apR7x25XJqvODGyR741Rnx>. [Último acceso: 18 Noviembre 2024].
- [39] PHOENIX CONTACT, «PT 2-PE/S-120AC/FM - Disp. de protec. contra sobretensiones tipo 3,» PHOENIX CONTACT, [En línea]. Available: <https://www.phoenixcontact.com/es-pc/productos/disp-de-protec-contrasobretensiones-tipo3-pt-2-pe-s-120ac-fm-2856812>. [Último acceso: 18 Noviembre 2024].
- [40] Rockwell Automation , «4 square mm Fuse Terminal Block,» Rockwell Automation , [En línea]. Available: <https://www.rockwellautomation.com/es-mx/products/details.1492-H4.html>. [Último acceso: 18 Noviembre 2024].
- [41] Rexel, «Bloque de terminales, 50 A, 600 V CA/CC, gris, 6 mm, paso pasante,» Rexel, [En línea]. Available: <https://www.rexelusa.com/p/11916/allen-bradley/terminal-block-50a-600v-ac-dc-gray-6mm-feed-through/662073058106/1492-j6>. [Último acceso: 20 Noviembre 2024].
- [42] Rockwell Automation, «Power Supply XL 240 W Power Supply,» Rockwell Automation, [En línea]. Available: <https://www.rockwellautomation.com/es-mx/products/details.1606-XL240DR.html>. [Último acceso: 20 Noviembre 2024].
- [43] Rockwell Automation , «IEC Term Blck 8x47.6x41mm,» Rockwell Automation , [En línea]. Available: <https://www.rockwellautomation.com/es-mx/products/details.1492-WFB424.html>. [Último acceso: 20 Noviembre 2024].
- [44] Rockwell Automation, «ControlNet Coaxial Straight Y-Tap,» Rockwell Automation, [En línea]. Available: <https://www.rockwellautomation.com/es-mx/products/details.1786-TPYS.html>. [Último acceso: 23 Noviembre 2024].
- [45] Rockwell Automation, «IEC End Retainer, 6 x 55.6 x 41.5mm,» Rockwell Automation, [En línea]. Available: 23. [Último acceso: 23 Noviembre 2024].
- [46] Rockwell Automation, «IEC Term Blck Group Marker Carrier,» Rockwell Automation, [En línea]. Available: <https://www.rockwellautomation.com/es-mx/products/details.1492-GM35.html>. [Último acceso: 23 Noviembre 2024].
- [47] Rockwell Automation, «2.5 square mm Double Level Fuse Block,» Rockwell Automation, [En línea]. Available: <https://www.rockwellautomation.com/es-mx/products/details.1492-JD3FB.html>. [Último acceso: 23 Noviembre 2024].
- [48] Rowell Automation , «Lista de productos compatibles con el anillo de nivel de dispositivo (DLR) de Rockwell Automation,» Rowell Automation , [En línea]. Available: https://rockwellautomation.custhelp.com/app/answers/answer_view/a_id/49185. [Último acceso: 28 Noviembre 2024].

- [49] Rowell Automation, «EtherNet/IP Device Level Ring,» Rowell Automation, Junio 2023. [En línea]. Available: https://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/at/enet-at007_en-p.pdf. [Último acceso: 28 Noviembre 2024].
- [50] Rockwell Automation , «CLX ENet/IP 100M DLR,» Rockwell Automation , [En línea]. Available: <https://www.rockwellautomation.com/es-mx/products/details.1756-EN2TR.html#certifications>. [Último acceso: 28 Noviembre 2024].
- [51] Allen-Bradley , « Configuración de la red EtherNet/IP,» Julio 2015. [En línea]. Available: https://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/um/enet-um001_es-p.pdf. [Último acceso: 14 Enero 2025].
- [52] Tienda Eléctrica virtual , «Bornera portafusible 2.5 mm2 cable 22-12 AWG 600V AC/DC 1492-JD3FB,» Tienda Eléctrica virtual , [En línea]. Available: <https://www.tiendaelectricavirtual.com/producto/bornera-portafusible-2-5-mm2-cable-22-12-awg-600v-ac-dc-1492-jd3fb/>. [Último acceso: 28 Noviembre 2024].
- [53] PRECISION, «BLOQUE TERMINAL ALLEN BRADLEY 1492-EBJD3FB,» PRECISION, [En línea]. Available: <https://www.precision.tech/cl/productos/bloque-terminal-allen-bradley-1492-ebjd3fb-1492-ebjd3fb/>. [Último acceso: 28 Noviembre 2024].
- [54] Rexel, «Bloque de terminales, puente lateral aislado, 8 A, 4 pines, gris,» Rexel, [En línea]. Available: <https://www.rexelusa.com/p/60994/allen-bradley/terminal-block-insulated-side-jumper-8a-4p-gray/662074734504/1492-sj8a-4>. [Último acceso: 28 Noviembre 2024].
- [55] Rockwell Automation , «Relé electromecánico/de estado sólido de uso general 700-HL,» Rockwell Automation , [En línea]. Available: <https://configurator.rockwellautomation.com/api/Product/700-HLT1U1/cutsheet>. [Último acceso: 28 Noviembre 2024].
- [56] Rockwell Automation , «Módulos de E/S digitales ControlLogix,» [En línea]. Available: https://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/um/1756-um058_es-p.pdf. [Último acceso: 1 Diciembre 2024].
- [57] Rockwell Automation , «Módulos de E/S analógicas HART ControlLogix,» [En línea]. Available: https://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/um/1756-um533_es-p.pdf. [Último acceso: 1 Diciembre 2024].
- [58] THE OKONITE COMPANY, « Type ITC/PLTC Armored Instrumentation Cable,» [En línea]. Available: <https://www.okonite.com/media/catalog/product/files/5-14.pdf>. [Último acceso: 30 Noviembre 2024].
- [59] Honeywell , «STT3000 Smart Temperature Transmitter Operator Manual,» [En línea]. Available: <file:///C:/Users/Christian/Desktop/MECANICA/MECANICA/08AE0187/LOS/Catalogos/Manual%20Transmisores%20de%20Temperatura%20HONEYWELL,%20modelo%20STT17H-BS.pdf>. [Último acceso: 3 Diciembre 2024].
- [60] Códgigo Electrico Nacional , «NFPA 70 2014,» 13 Agosto 2013. [En línea]. Available: file:///C:/Users/Christian/Downloads/Codigo_Electrico_Nacional_2014_NFPA_70_E.pdf. [Último acceso: 3 Diciembre 2024].

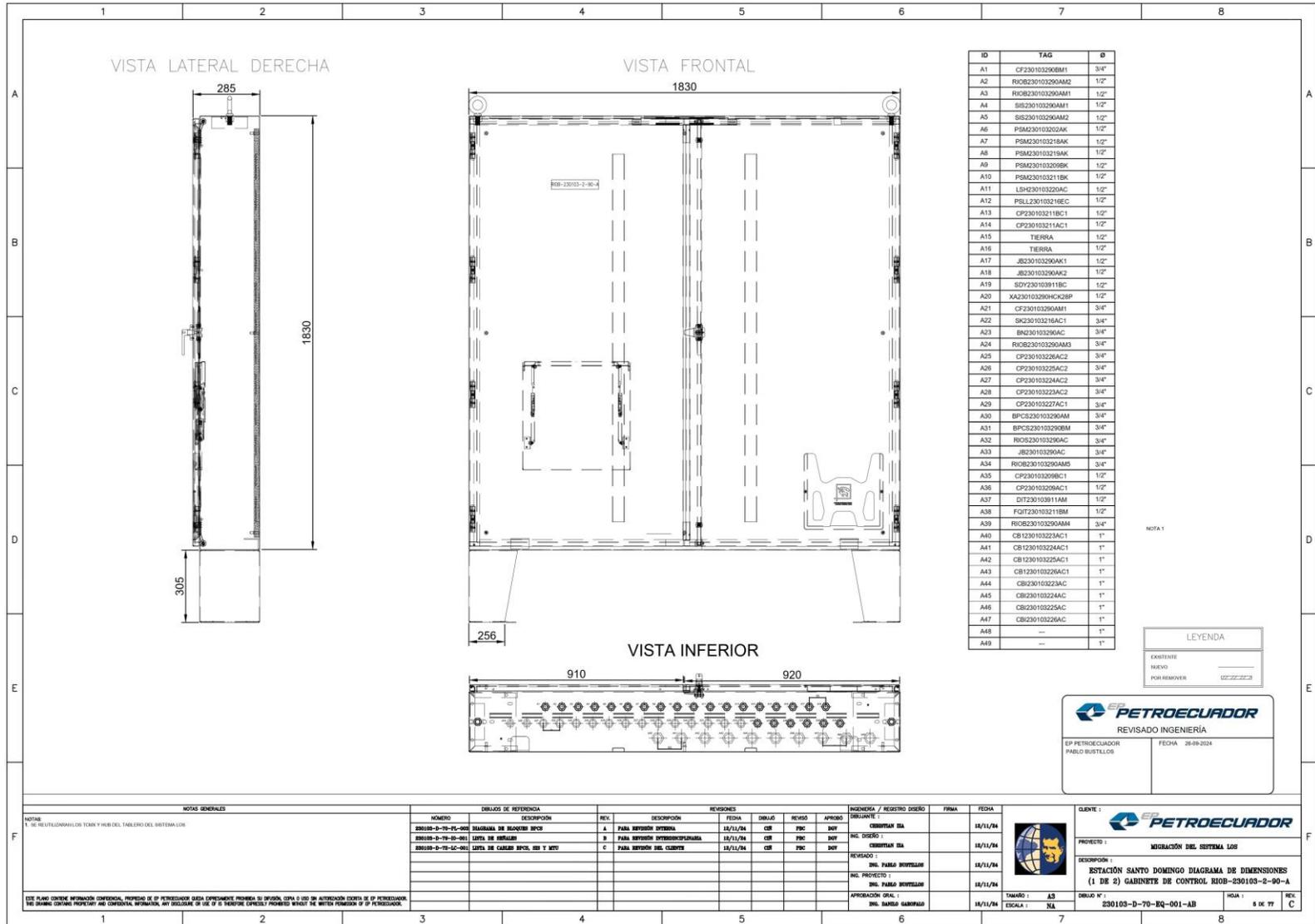
- [61] Honeywell, «ST 3000 Smart Pressure Transmitter Series 900 Differential Pressure Models,» [En línea]. Available: <file:///C:/Users/Christian/Desktop/MECANICA/MECANICA/08AE0187/LOS/Catalogos/Catalogo%20Transmisor%20de%20Presi%C3%B3n%20Diferencial%20HONEYWELL,%20modelo%20STD930.pdf>. [Último acceso: 4 Diciembre 2024].
- [62] Honeywell, «ST 3000 Smart Transmitter Release 300 and Smart Field Communicator Model STS103 User's Manual,» [En línea]. Available: <https://controltrends.org/wp-content/uploads/2011/11/Honeywell-STD.pdf>. [Último acceso: 4 Diciembre 2024].
- [63] Allen-Bradley, «ControlLogix System,» [En línea]. Available: https://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/um/1756-um001_-en-p.pdf. [Último acceso: 9 Diciembre 2024].
- [64] Allen Bradley , «Sistema ControlLogix,» [En línea]. Available: https://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/um/1756-um001_-es-p.pdf. [Último acceso: 9 Diciembre 2024].
- [65] PlantPax, «Rockwell Automation Library of Process Objects: Logic Instructions,» Diciembre 2020. [En línea]. Available: [file:///C:/Users/Christian/Desktop/Rockwell%20Control/PLANTPAX/PLANTPAX/proces-rm013_-en-p%20\(Manual%20ADDON\).pdf](file:///C:/Users/Christian/Desktop/Rockwell%20Control/PLANTPAX/PLANTPAX/proces-rm013_-en-p%20(Manual%20ADDON).pdf). [Último acceso: 10 Diciembre 2024].
- [66] PlantPAX, «Rockwell Automation Library of Process Objects: Configuration and Usage,» Mayo 2019. [En línea]. Available: [file:///C:/Users/Christian/Desktop/Rockwell%20Control/PLANTPAX/PLANTPAX/proces-rm002_-en-p%20\(Configuration%20and%20Usage\).pdf](file:///C:/Users/Christian/Desktop/Rockwell%20Control/PLANTPAX/PLANTPAX/proces-rm002_-en-p%20(Configuration%20and%20Usage).pdf). [Último acceso: 10 Diciembre 2024].
- [67] PlantPAX, «Rockwell Automation Library of Process Objects: Basic Analog Input (P_AIn),» Junio 2016. [En línea]. Available: https://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/rm/syplib-rm001_-en-e.pdf. [Último acceso: 13 Diciembre 2024].
- [68] Plant PAX, «Rockwell Automation Library of Process Objects: Discrete Output (P_DOut),» Febrero 2017. [En línea]. Available: https://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/rm/syplib-rm029_-en-p.pdf. [Último acceso: 13 Dicimebre 2024].
- [69] PlantPAX, «Rockwell Automation Library of Process Objects: E3/E3 Plus Overload Relay (P_E3Ovld),» Agosto 2014. [En línea]. Available: <https://ia601808.us.archive.org/27/items/manualzilla-id-5645652/5645652.pdf>. [Último acceso: 13 Diciembre 2024].
- [70] PlantPAX, «Rockwell Automation Library of Process Objects: Interlocks with First Out and Bypass (P_Intlk),» Febrero 2017. [En línea]. Available: https://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/rm/syplib-rm004_-en-e.pdf. [Último acceso: 13 Diciembre 2024].
- [71] PlantPAX, «Rockwell Automation Library of Process Objects: Single-speed Motor (P_Motor),» Febrero 2017. [En línea]. Available:

https://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/rm/syslib-rm006_-en-e.pdf. [Último acceso: 13 Diciembre 2023].

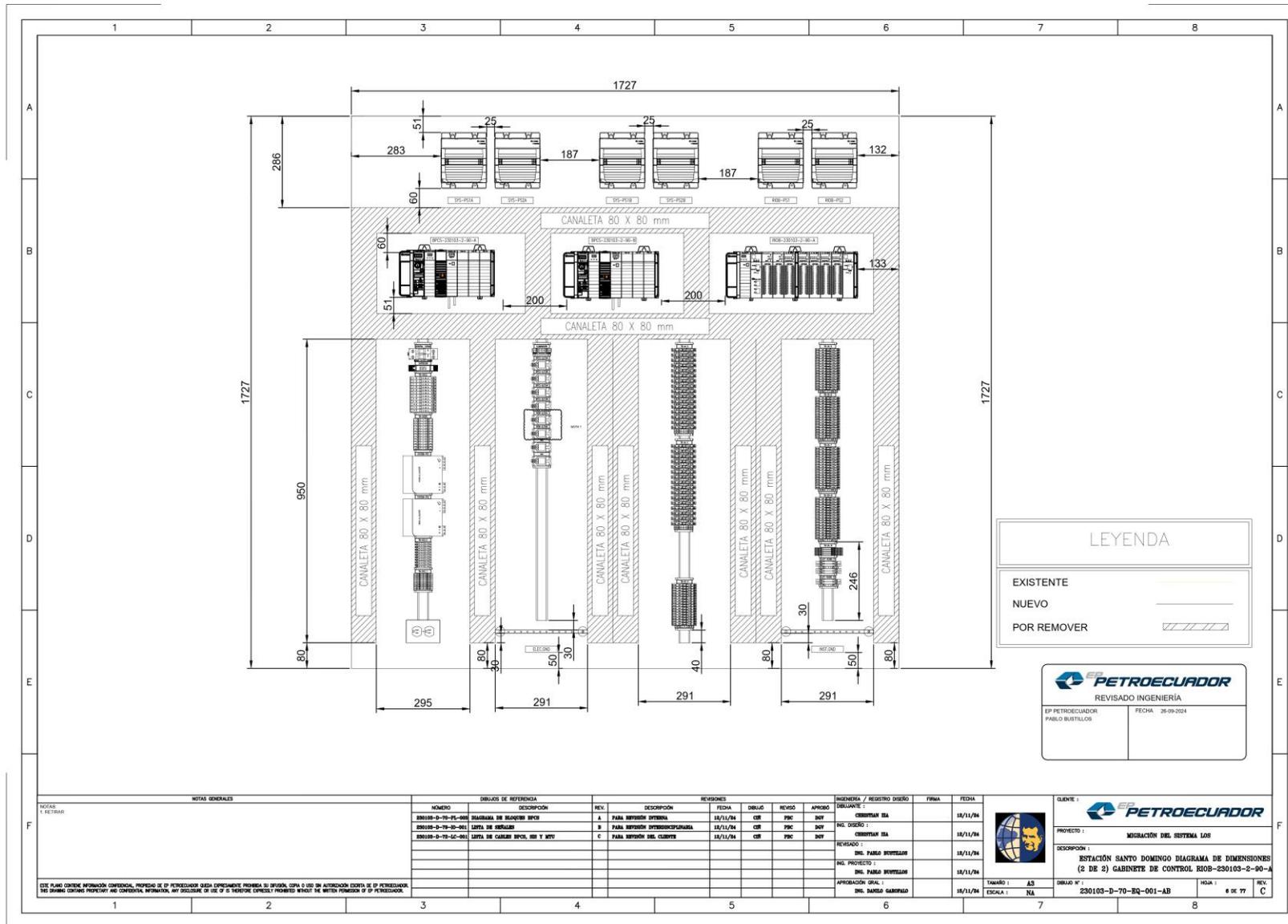
- [72] Flowserve, «INSTRUCCIONES PARA EL USUARIO: INSTALACION, OPERACION, MANTENIMIENTO,» Flowserve, Quito.

		MIGRACIÓN DEL SISTEMA LOS					Departamento: MANTENIMIENTO			
							Código No.: EXP.03.00			
							Revisión: 0			
							Página No.:			
LISTA DE MATERIALES										
ITEM	DESCRIPCIÓN	MARCA	MODELO	CANTIDAD	UNIDAD	OBSERVACIONES				
1	Tope final para bornera; gris - 35mm DIN	ALLEN BRADLEY	1492-ERL35	4	Bornera					
2	Módulo de 16 entradas analógicas de corriente	ALLEN BRADLEY	1756-IF16H	1	Tarjeta	Se encuentra disponible en bodega				
3	Módulo de 16 entradas digitales 24V, con diagnóstico	ALLEN BRADLEY	1756-IB16D	1	Tarjeta	Se encuentra disponible en bodega				
4	Marcador de grupo	ALLEN BRADLEY	1492-GM35	3	Marcador					
5	Placa de cierre gris	ALLEN BRADLEY	1492-EBJ3	2	Placa					
6	Marcadores para Borneras 1492-J6/ 1492-JD3FB (108/TARJETA)	ALLEN BRADLEY	1492-M7X12	2	Marcador					
7	Bornera de conexión por tornillo de 2 niveles con bisagra portafusible, 0.5-	ALLEN BRADLEY	1492-JD3FB	32	Bornera	Se encuentra disponible en bodega				
8	Tapa terminal para borneras 1492-JD3FB	ALLEN BRADLEY	1492-EBJD3FB	17	Tapa					
9	Fusibles de 0.1 A, Tamaño 5x20mm	-----	-----	32	Fusible					
10	Marcadores para borneras 1492-J4/J4-G (120/Tarjeta)	ALLEN BRADLEY	1492-M6X12	2	Marcador	Se encuentra disponible en bodega				
11	Bornera de conexión por tornillo 4mm2 Gris	ALLEN BRADLEY	1492-J4	2	Bornera	Se encuentra disponible en bodega				
12	Bornera de conexión por tornillo 4mm2 Verde	ALLEN BRADLEY	1492-J4-G	16	Bornera					
13	Espuma aislante	evans	SEP900	1						
14	Cable de color naranja #18 AWG	CONELSA	TN0018NARANJA	50	metros	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;"> <p>(LOGO CONTRATISTA)</p> <p>APROBADO PARA CONSTRUCCIÓN</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 33%; height: 40px;">CONTRATISTA</td> <td style="width: 33%;">FECHA</td> <td style="width: 33%;">FIRMA</td> </tr> </table> </div>		CONTRATISTA	FECHA	FIRMA
CONTRATISTA	FECHA	FIRMA								
15	Cable color rojo #18 AWG	CONELSA		15	metros					
16	Cable de color verde #18 AWG	CONELSA		15	metros					
17	Cable de color blanco #18 AWG	CONELSA		10	metros					
18	Broca cónica de 1"	TRUPER	700384	1	Broca					
						<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;"> <p></p> <p>REVISADO INGENIERÍA</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 60%; height: 40px;">EP PETROECUADOR</td> <td style="width: 40%;">FECHA</td> </tr> </table> </div>		EP PETROECUADOR	FECHA	
EP PETROECUADOR	FECHA									
CLASIFICACIÓN: RESTRINGIDO "Este documento es de propiedad exclusiva de EP PETROECUADOR. Se prohíbe su uso no autorizado."										

Anexo 2. Lista de materiales.



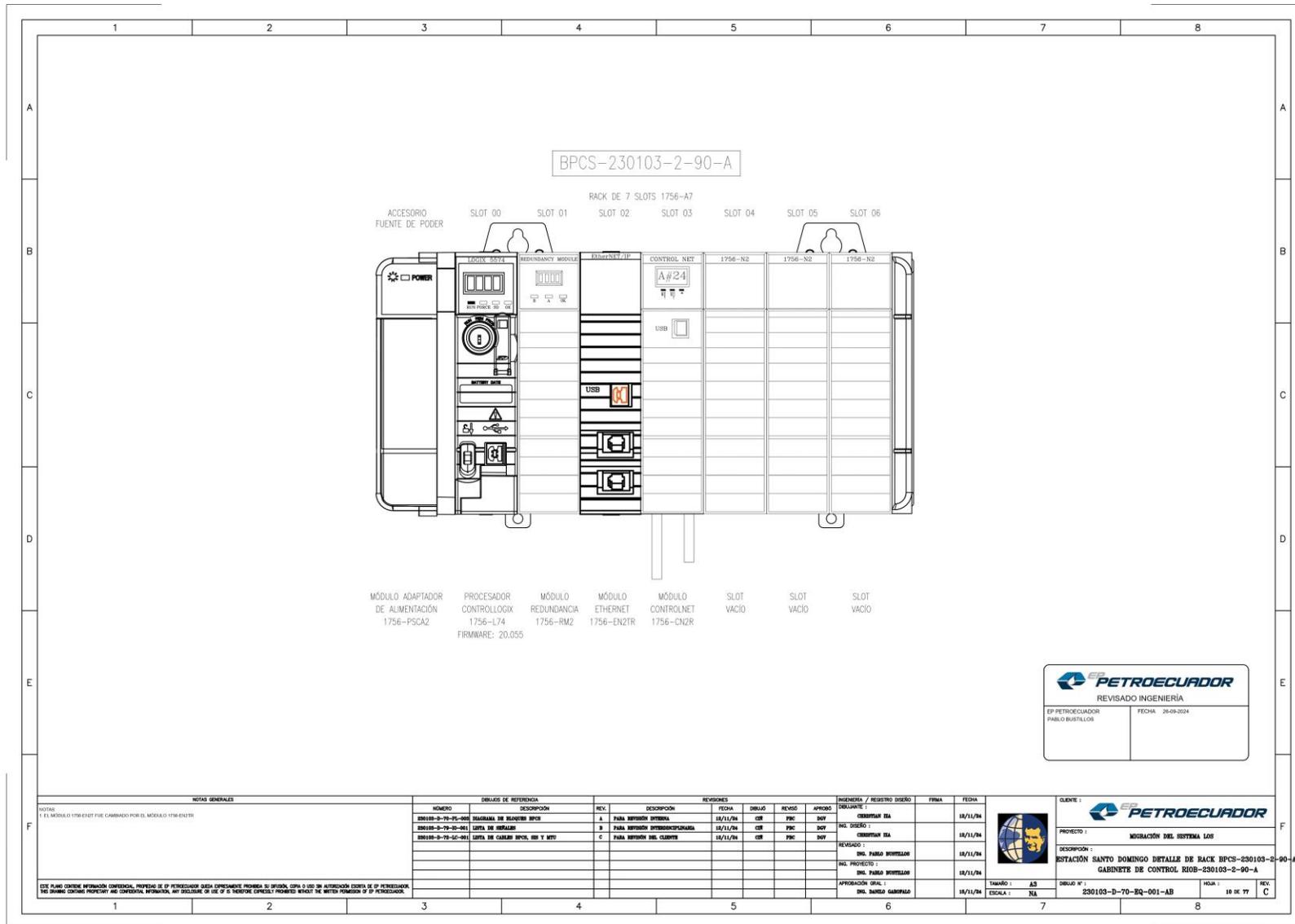
Anexo 3. Tablero de control.



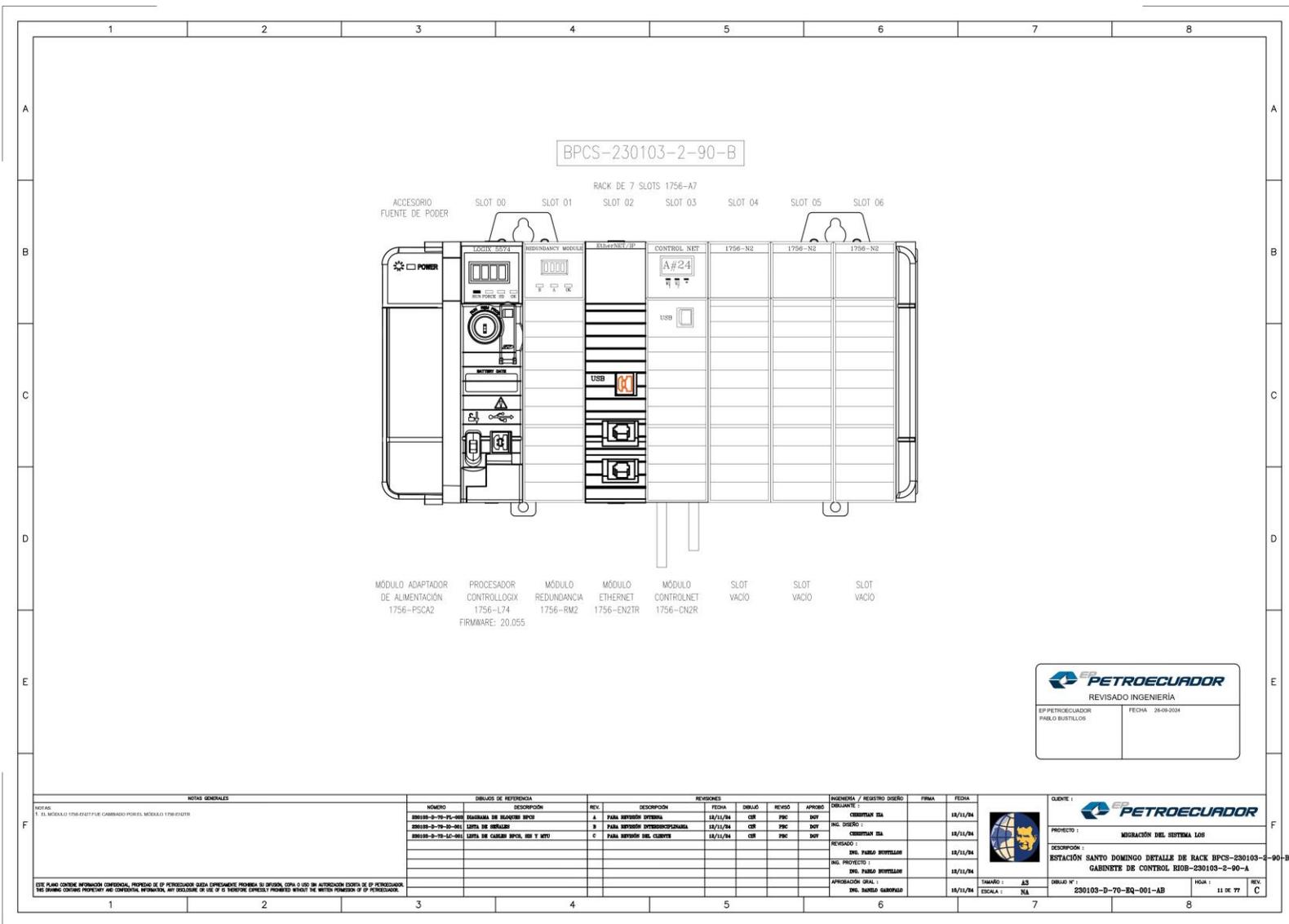
Anexo 4. Interior Tablero de control.

1		2		3		4		5		6		7		8			
A	ITEM	CANT	FABRICANTE	CATALOGO	DESCRIPCION												
	01	01	HOFFMAN	A72710ALP	ARMARIO PARA PISO, TIPO NEMA12, TAMAÑO DEL ARMARIO 1830X1830X256mm												
	01	01	HOFFMAN	A7272	PLACA DE MONTAJE, TAMAÑO 1727X1727mm, COLOR BLANCO												
	B	01	01	HOFFMAN	LF120M18	LÁMPARA PARA ARMARIO 120VAC											
		01	01	HOFFMAN	ALFSWD	MICRO SWITCH PARA LÁMPARA 120VAC											
		01	01	----	----	PLACA DE IDENTIFICACIÓN 200x49mm, MATERIAL PLÁSTICO/FONDO BLANCO/LETRAS NEGRAS											
		C	01	01	HOFFMAN	AMSHL1818	PLATAFORMA PLATEABLE GRINDE, COLOR BLANCO, TAMAÑO 457x457mm										
			03	03	ALLEN BRADLEY	1756-PWR2	FUENTES REDUNDANTES DE ALIMENTACIÓN PARA CONTROLLOGIX A 110/220 VAC, (85.285MVA), INCLuye: 2 FUENTES 1756-PA75R, 1 ADAPTADOR DE CHASSIS 1756-PS2AZ, 2 CABLES 1756-CPR2										
			02	02	ALLEN BRADLEY	1756-A7	RACK CONTROLLOGIX 7 SLOTS										
			02	02	ALLEN BRADLEY	1756-L74	PROCESADOR CONTROLLOGIX 5574										
			02	02	ALLEN BRADLEY	1756-RM2	MÓDULO DE REDUNDANCIA CONTROLLOGIX										
			02	02	ALLEN BRADLEY	1756-RM1C	CABLE F.O. PARA MÓDULO DE REDUNDANCIA CONTROLLOGIX										
			03	03	ALLEN BRADLEY	1756-EN2T	MÓDULO DE COMUNICACIÓN ETHERNET/IP 10/100 Mbps, CABLE PARES TRENDAOS										
			03	03	ALLEN BRADLEY	1756-EN2R	MÓDULO BRIDGE REDUNDANTE CONTROLNET										
			08	08	ALLEN BRADLEY	1756-N2	TAPA DE SLOT INICIO										
			01	01	ALLEN BRADLEY	1756-A10	RACK CONTROLLOGIX 10 SLOTS										
			01-01	01-01	ALLEN BRADLEY	1756-R16H	MÓDULO DE 16 ENTRADAS ANALÓGICAS DE CORRIENTE										
			03-01	03-01	ALLEN BRADLEY	1756-B18D	MÓDULO DE 16 ENTRADAS DIGITALES 24VDC, CON DIAGNÓSTICO										
			01	01	ALLEN BRADLEY	1756-OB16D	MÓDULO DE 16 SALIDAS DIGITALES 24VDC, CON DIAGNÓSTICO										
			05-02	05-02	ALLEN BRADLEY	1756-TBCH	BLOQUE DE TERMINALES DE 36 PINES CON SAUCIÓN POR TORNILLOS										
			21-1	21-1	ALLEN BRADLEY	1492-EBL35	TOPE FINAL PARA BORNERA, GRIS - 35mm DIN										
			24-2	24-2	ALLEN BRADLEY	1492-AM35	MARCADOR DE GRUPO										
			01	01	ALLEN BRADLEY	1492-SP2C250	INTERRUPTOR AUTOMÁTICO MODULAR, 2 POLOS, CURVA DE DISPARO TIPO C, (5..10 IN), 25A										
			02	02	ALLEN BRADLEY	1492-J04	BORNERA DE TIERRA DE CONEXIÓN POR TORNILLO, 4mm VERDE/AMARILLO										
			01	01	PHOENIX CONTACT	2856812	DISPOSITIVO DE PROTECCIÓN CONTRA SOBRETENSIÓN Y FILTRO. INCLuye: BASE DE MÓDULO PROTECCIÓN PT 2-PC) 2839282 Y MÓDULO DE PROTECCIÓN CONTRA PICOS DE TENSIÓN (120VAC) 2839334										
			12	12	ALLEN BRADLEY	1492-H4	BORNERA DE CONEXIÓN IEC, BORNERA PORTAFUSIBLE 0.5-6mm ² CON NEÓN										
			02	02	ALLEN BRADLEY	1492-N40	PUENTE DE INTERCONEXIÓN LATERAL 10P BORNERA PORTAFUSIBLE										
			08	08	WEDMULLER	043000000	FUSIBLES DE 2A, TAMAÑO 5x20mm										
			01	01	ALLEN BRADLEY	1492-M5B12	MARCADORES PARA BORNERAS 1492-M5B4/14 (56/TARJETA)										
			12	12	ALLEN BRADLEY	1492-J6	BORNERA DE CONEXIÓN POR TORNILLO 6mm ² GRIS										
			09-10	09-10	ALLEN BRADLEY	1492-EBJ3	PLACA DE CIERRE GRIS										
			02	02	ALLEN BRADLEY	1492-CJ8-10	PUENTE DE INTERCONEXIÓN CON TORNILLO 10 POLOS										
			04-02	04-02	ALLEN BRADLEY	1492-M7X12	MARCADORES PARA BORNERAS 1492-J6/1492-J03FB (106/TARJETA)										
			02	02	ALLEN BRADLEY	1606-XL2400R	FUENTE DE ALIMENTACIÓN REDUNDANTE AC/DC 240V, 24V										
			01	01	ALLEN BRADLEY	1492-M5B424	BORNERA DE CONEXIÓN IEC, BORNERA PORTAFUSIBLE										
01			01	ALLEN BRADLEY	1492-S4FB8-10	PUENTE DE INTERCONEXIÓN LATERAL, AISLADO 10P BORNERA PORTAFUSIBLE											
02			02	WEDMULLER	041300000	FUSIBLES DE 5A, TAMAÑO 5x20mm											
D			14	14	ALLEN BRADLEY	1492-33	BORNERA DE CONEXIÓN POR TORNILLO 2.5mm ² GRIS										
	01		01	ALLEN BRADLEY	1492-CA5-10	PUENTE DE INTERCONEXIÓN CON TORNILLO 10 POLOS											
	01		01	ALLEN BRADLEY	1492-M5X12	MARCADORES PARA BORNERAS 1492-J3 (144/TARJETA)											
	08		08	ALLEN BRADLEY	1786-IPFS	CONTROLNET 7-10P/STRAIGHT											
	16	16	ALLEN BRADLEY	1786-ENC	CONECTORES BNC CONTROLNET												
	02	02	ALLEN BRADLEY	1786-TDAP	CARGA ARTIFICIAL DE DEBARRAZO CONTROLNET												
	80-32	80-32	ALLEN BRADLEY	1492-J03FB	BORNERA DE CONEXIÓN POR TORNILLO DE 2 NIVELES CON BISAGRA PORTAFUSIBLE, 0.5-4mm ² GRIS												
	20-11	20-11	ALLEN BRADLEY	1492-EBJ03FB	TAPA TERMINAL PARA BORNERAS 1492-J03FB												
	64-32	64-32	WEDMULLER	043030000	FUSIBLES DE 0.1A, TAMAÑO 5x20mm												
	16-16	16-16	ALLEN BRADLEY	1492-J4-G	BORNERA DE CONEXIÓN POR TORNILLO 4mm ² VERDE												
	01-02	01-02	ALLEN BRADLEY	1492-M5X12	MARCADORES PARA BORNERAS 1492-J4/14-G (120/TARJETA)												
	07-02	07-02	ALLEN BRADLEY	1492-J4	BORNERA DE CONEXIÓN POR TORNILLO 4mm ² GRIS												
	25-1-4	25-1-4	ALLEN BRADLEY	1492-SB4-G	PUENTE DE INTERCONEXIÓN 4 POLOS												
	16	16	WEDMULLER	043060000	FUSIBLES DE 0.5A, TAMAÑO 5x20mm												
	----	----	----	----	REL. DIN 3047.5mm												
	01	01	----	----	TOMACORRIENTE DE DOBLE TOMA PARA 120 VAC												
	02	02	HOFFMAN	POS4K	GUÍA DE PUESTA A TIERRA DE COBRE, HORIZONTAL, 400mm												
	----	----	----	----	CAVILETA RANURADA 80x80mm												
	02	02	ALLEN BRADLEY	1492-J3-G	BORNERA DE CONEXIÓN POR TORNILLO 2.5mm ² VERDE												
	08	08	----	----	PLACA DE IDENTIFICACIÓN 100x20mm, MATERIAL PLÁSTICO/FONDO BLANCO/LETRAS NEGRAS												
	03	03	----	----	PLACA DE IDENTIFICACIÓN 150x20mm, MATERIAL PLÁSTICO/FONDO BLANCO/LETRAS NEGRAS												
	08-03	08-03	----	----	CONECTORES RJ45												
	01	01	HOFFMAN	LPCT2	CABLE DE ALIMENTACIÓN PARA LÁMPARA DE ARMARIO 120VAC												
	01	01	HOFFMAN	LDSWH272	CABLE DE CONEXIÓN PARA MICRO SWITCH DE LÁMPARA 120VAC												
	09	09	WEDMULLER	029400000	FUSIBLES DE 2A, TAMAÑO 1/4 X 1-1/4 PULGADAS												
	02	02	WEDMULLER	029300000	FUSIBLES DE 10A, TAMAÑO 1/4 X 1-1/4 PULGADAS												
	01	01	WEDMULLER	025500000	FUSIBLES DE 1A, TAMAÑO 1/4 X 1-1/4 PULGADAS												
	01	01	ALLEN BRADLEY	1492-N37	PLACA DE CIERRE PARA BORNERA PORTAFUSIBLE 1492-H4												
	01	01	ALLEN BRADLEY	M595-ANETCR	MÓDULO DE INTERFAZ DE RED MEGARON MULTISERVIDOR M595-15P/IP												
	01	01	ALLEN BRADLEY	M595-M5MR	MÓDULO DE INTERFAZ DE COMUNICACIONES M595-15P/RS485 M595-M5MR												
	02	02	ALLEN BRADLEY	1756-EN2TR	MÓDULO ETHERNET-IP DLX PARA CONTROLLOGIX												
	04	04	ALLEN BRADLEY	700-HLT1224	700-HL RELAY OUTPUT, SPDT (1 C/0), 24V DC, PKG. QTY. OF 10												
	LEYENDA												 REVISADO INGENIERÍA CLIENTE:				
	DISEÑADO: PABLO MUSTILLLOS APROBADO:												PETROECUADOR PABLO MUSTILLLOS FECHA: 26-09-2024				
	NOTAS GENERALES												 PROYECTO: MIGRACIÓN DEL SISTEMA LOS				
DESCRIPCION: ESTACION SANTO DOMINGO LISTA DE EQUIPOS DISTRIBUCION GABINETE DE CONTROL RI08-230103-2-90-A												DESCRIPCION:					
TAMAÑO: AS ESCALA: NA												TAMAÑO: AS ESCALA: NA					
REV. 1 2 3 4 5 6 7 8												REV. 1 2 3 4 5 6 7 8					

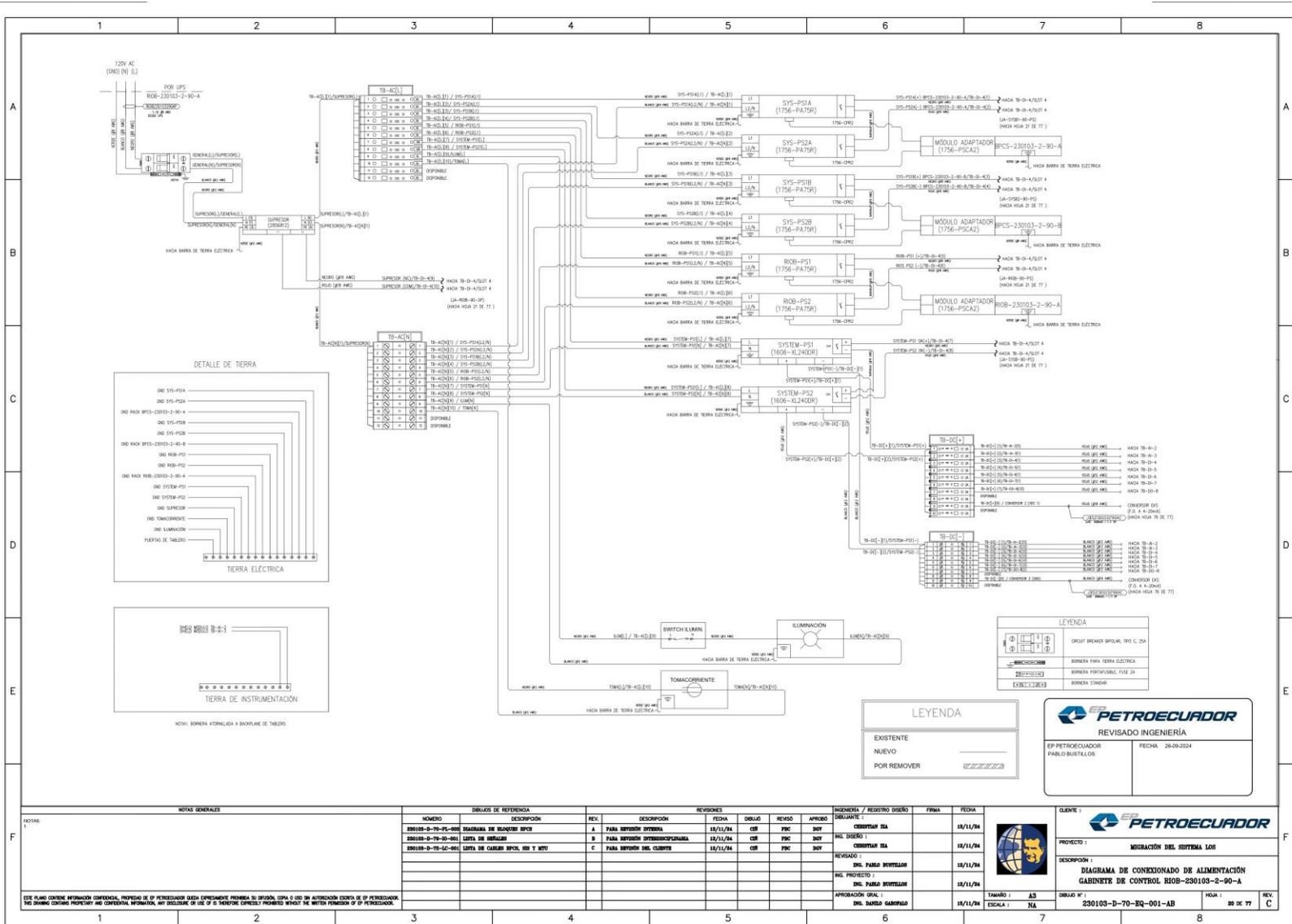
Anexo 6. Lista de materiales del tablero.



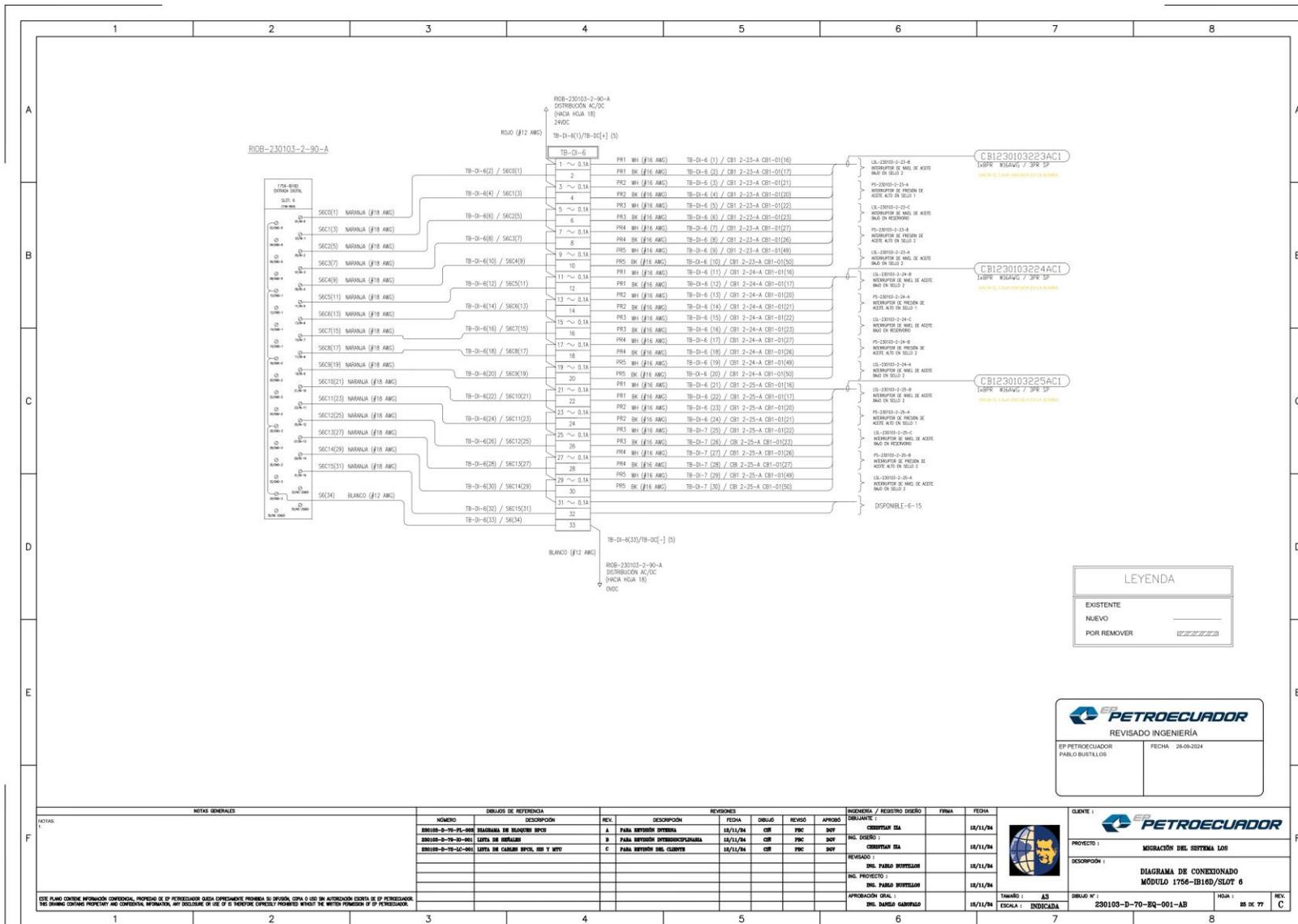
Anexo 7. BPCS-230103-2-90-A.



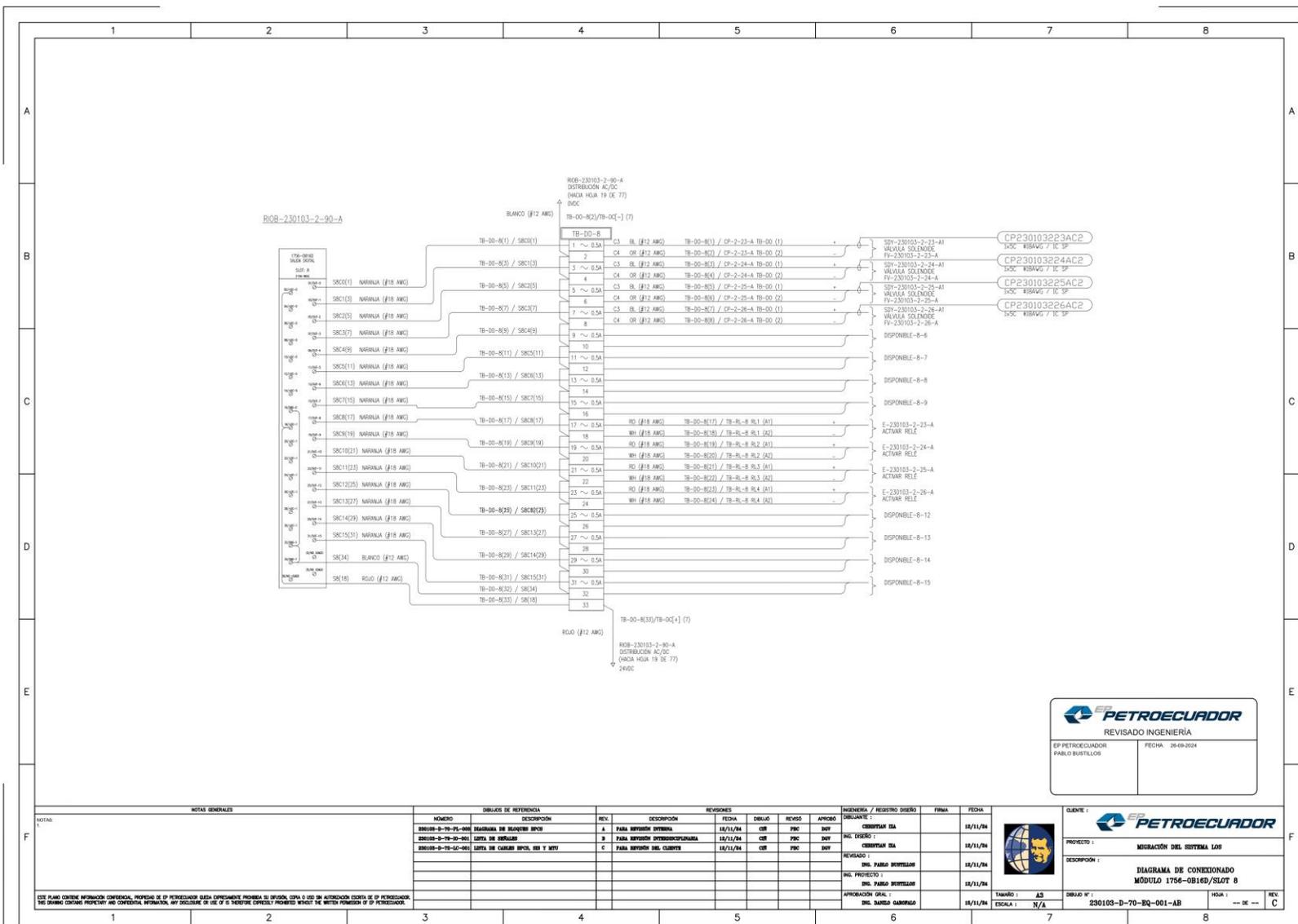
Anexo 8. BPCS-230103-2-90-B.



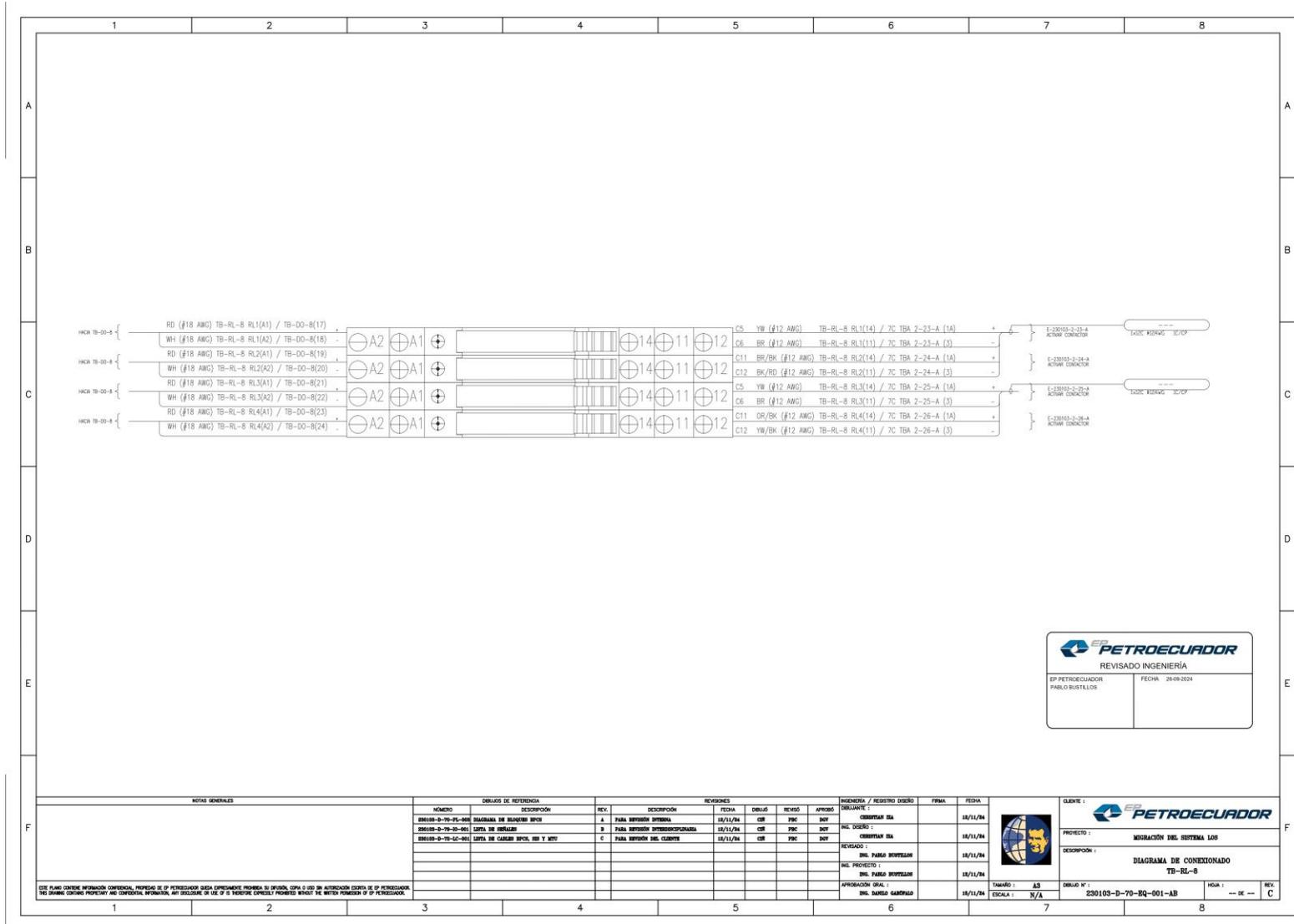
Anexo 10. Diagrama de conexión de alimentación.



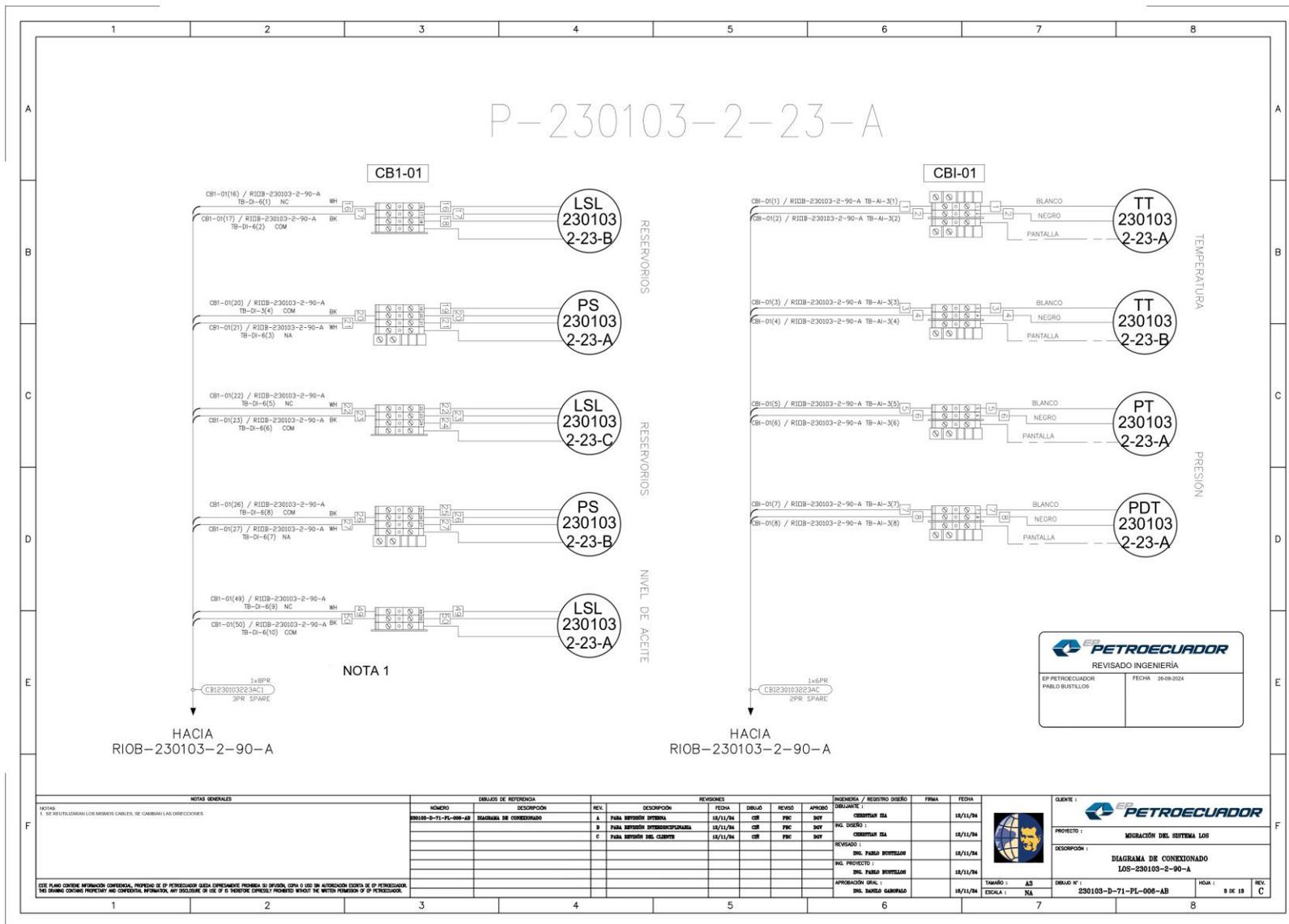
Anexo 12. Diagrama de conexionado TB-DI-6.



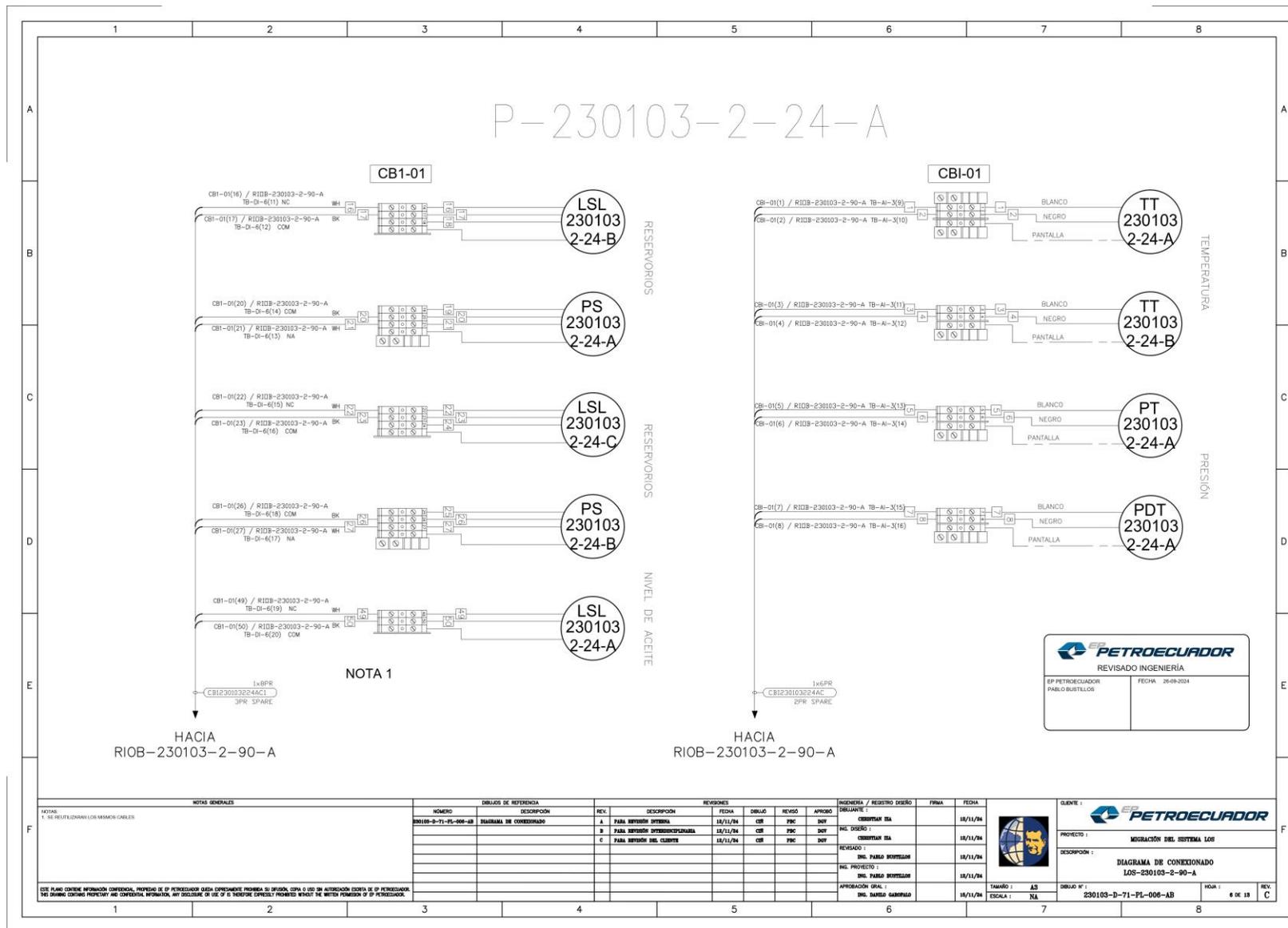
Anexo 14. Diagrama de conexionado TB-DO-8.



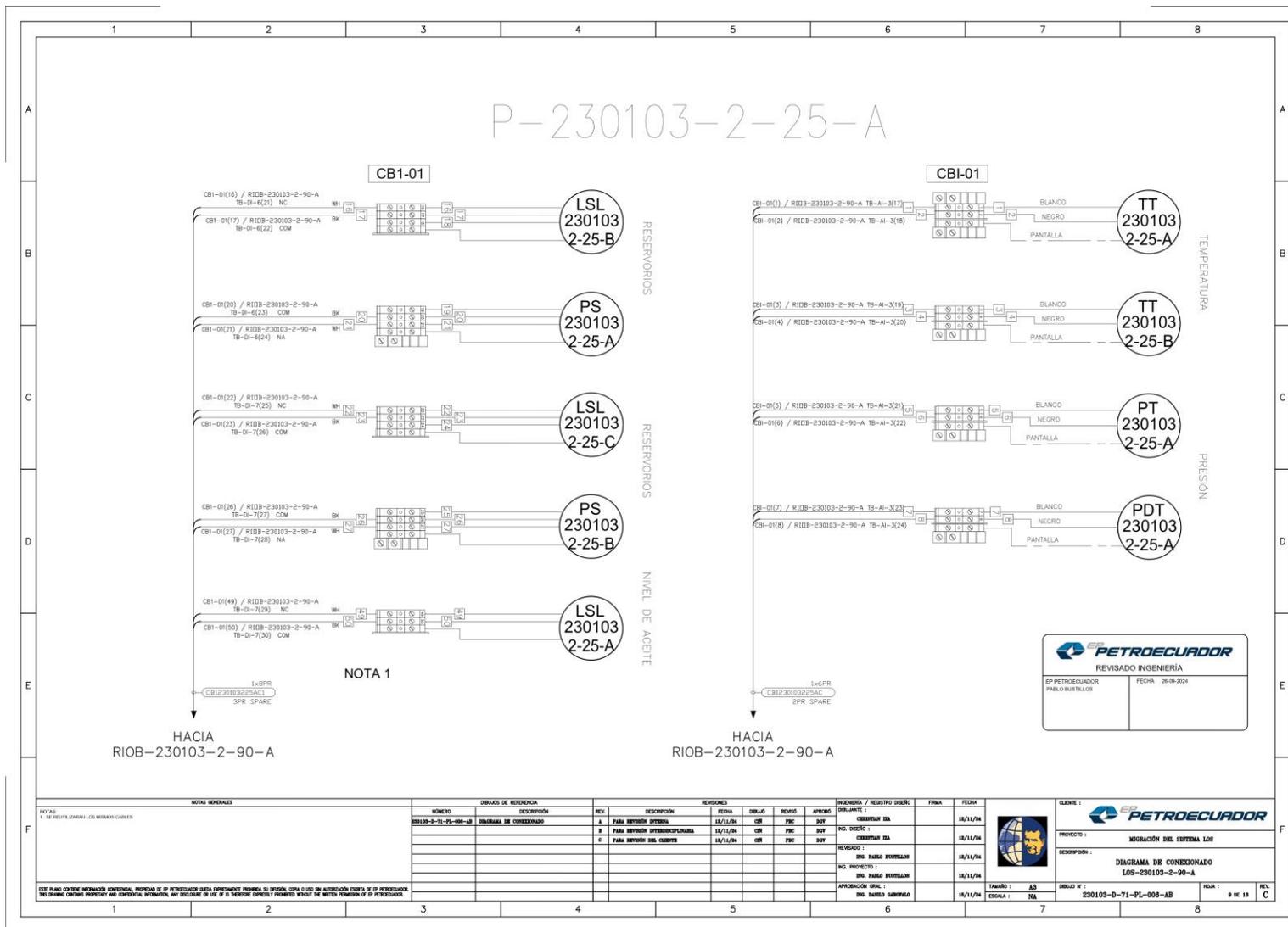
Anexo 15. Diagrama de conexionado TB-RL-8.



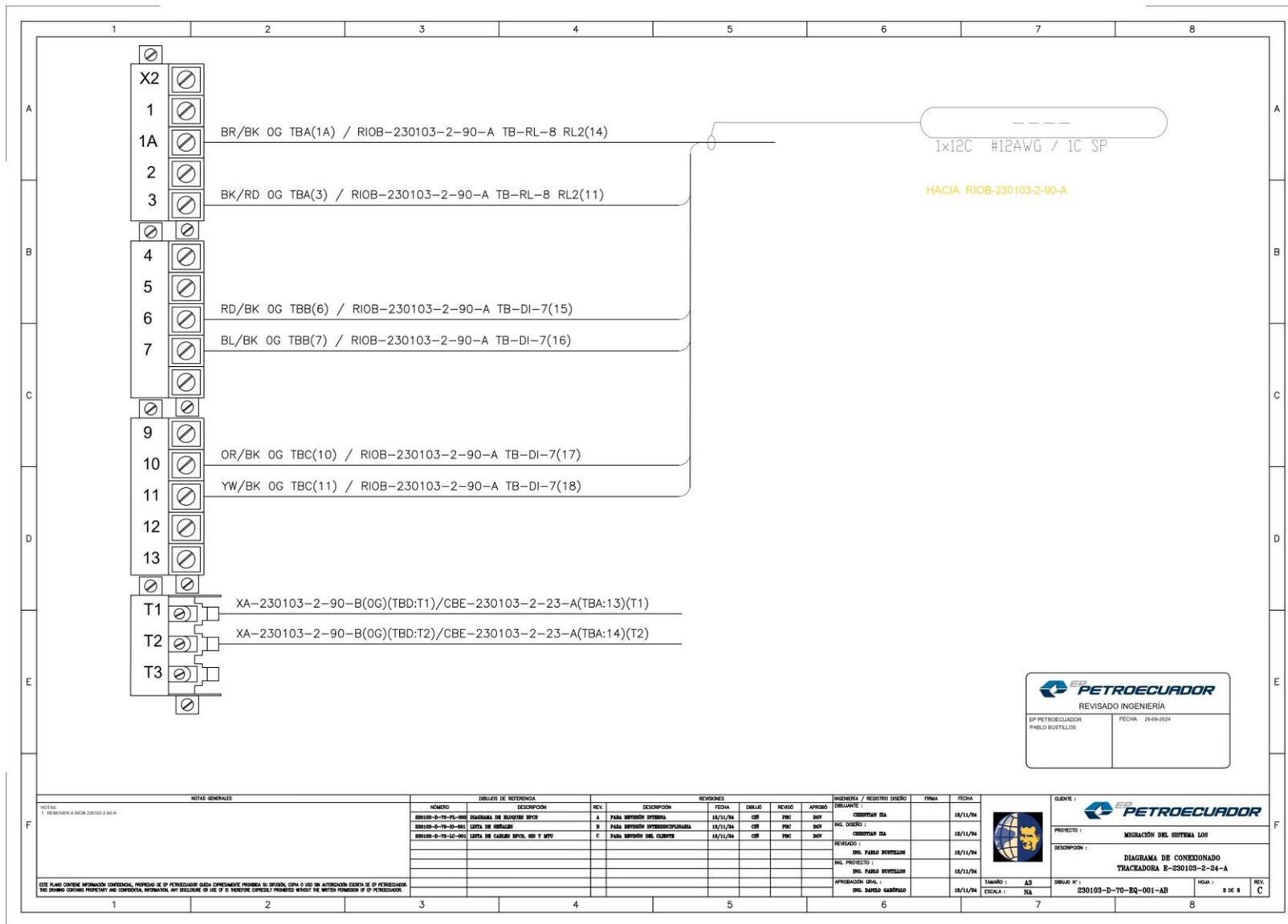
Anexo 16. Diagrama de conexión de campo bomba 23.



Anexo 17. Diagrama de conexión de campo bomba 24.



Anexo 18. Diagrama de conexión de campo bomba 25.



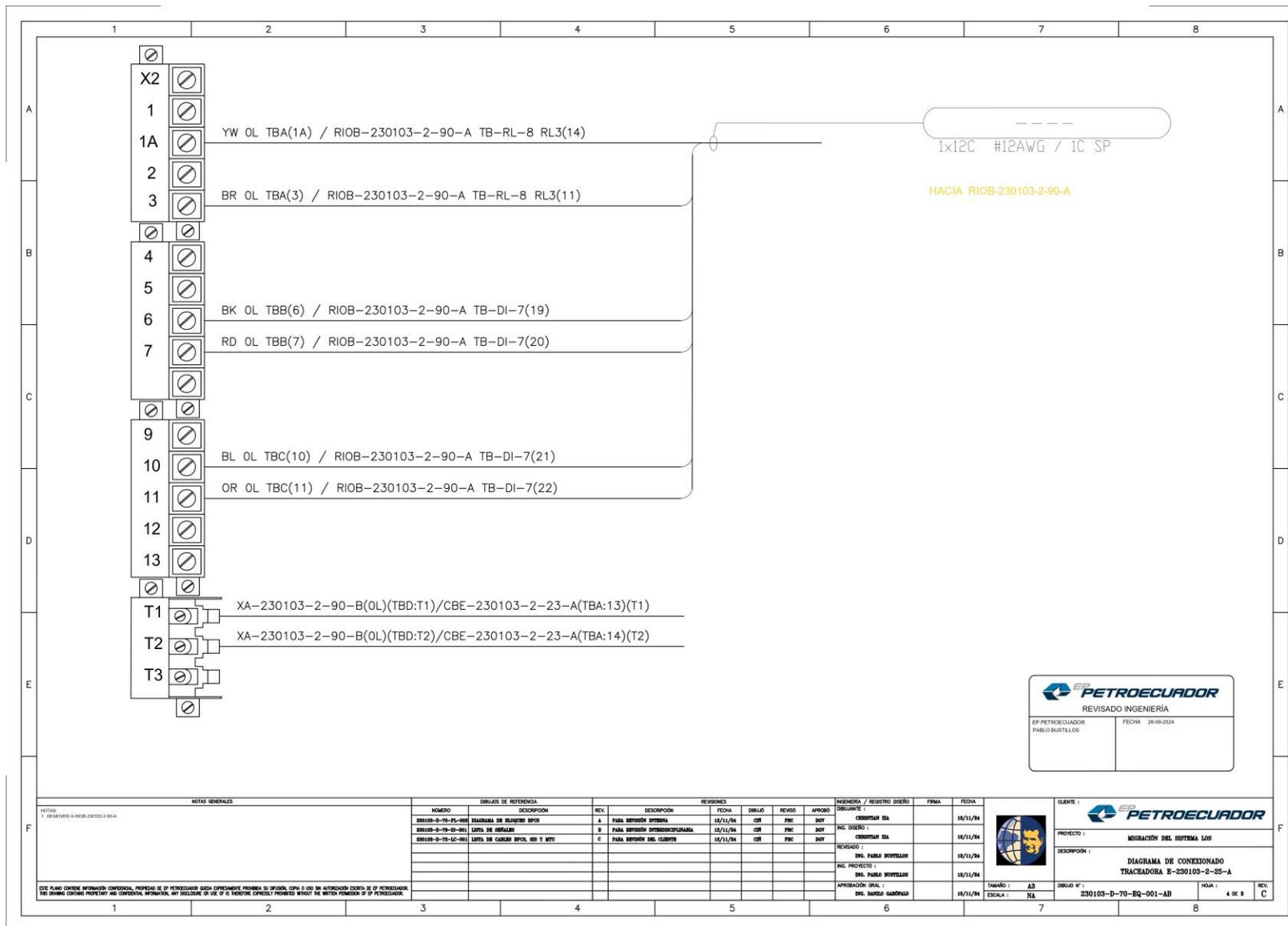
EP PETROECUADOR
REVISADO INGENIERÍA

EP PETROECUADOR PABLO BUSTILLOS	FECHA: 26-09-2024
------------------------------------	-------------------

NOTAS GENERALES		DIBUJOS DE REFERENCIA		REVISIONES				INGENIERIA / REGISTRO DISEÑO		FINA	FECHA
NÚMERO	DESCRIPCIÓN	REV.	DESCRIPCIÓN	FECHA	DIBUJO	REVISO	APROBO	DEBUTANTE			
230103-2-70-05-000	REEMPLAZO DE BARRAS DE BARRAS	A	PARA REVISIÓN INTERNA	18/11/24	CEB	PRC	DOT	CEBUSTIAN SA		18/11/24	
230103-2-70-10-000	LISTA DE CABLES	B	PARA REVISIÓN INTERNACIONAL	18/11/24	CEB	PRC	DOT	ING. USERO		18/11/24	
230103-2-70-14-000	LISTA DE CABLES EPCL, IBS Y WPU	C	PARA REVISIÓN DEL CLIENTE	18/11/24	CEB	PRC	DOT	REVISADO :	ING. PABLO BUSTILLOS	18/11/24	
								ING. PROYECTO :	ING. PABLO BUSTILLOS	18/11/24	
								APROBACIÓN GRAL :	ING. PABLO BUSTILLOS	18/11/24	

CLIENTE :	EP PETROECUADOR			
PROYECTO :	MIGRACIÓN DEL SISTEMA LOS			
DESCRIPCIÓN :	DIAGRAMA DE CONEXIONADO TRACEADORA E-230103-2-24-A			
TAMAÑO :	AS	DIBUJO N° :	230103-D-70-BQ-001-AB	HOM. :
ESCALA :	NA	REV. :		2 DE 8

Anexo 21. Diagrama de conexión traceadora E-230103-2-24-A.



EP PETROEQUADOR
REVISADO INGENIERÍA

EP PETROEQUADOR PABLO BUSTILLOS FECHA: 26-09-2024

NOTAS GENERALES		DIBUJOS DE REFERENCIA		REVISIONES			INGENIERIA / REGISTRO DISEÑO		CLIENTE	
NÚMERO	DESCRIPCIÓN	REV.	DESCRIPCIÓN	FECHA	DIBUJÓ	REVISÓ	APROBÓ	INGENIERIA / REGISTRO DISEÑO	FIRMA	FECHA
230103-2-70-01-001	DIAGRAMA DE BLOQUE SPIC	A	PARA REVISIÓN INTERNA	15/11/24	CSB	PSB	DOT	INGENIERIA / REGISTRO DISEÑO	CHRISTIAN BA	15/11/24
230103-2-70-02-001	LISTA DE SEÑALES	B	PARA REVISIÓN INTERDISCIPLINARIA	15/11/24	CSB	PSB	DOT	INGENIERIA / REGISTRO DISEÑO	CHRISTIAN BA	15/11/24
230103-2-70-03-001	LISTA DE CABLES SPIC, EIB Y MYO	C	PARA REVISIÓN DEL CLIENTE	15/11/24	CSB	PSB	DOT	INGENIERIA / REGISTRO DISEÑO	CHRISTIAN BA	15/11/24
								REVISADO:	ING. PABLO BUSTILLOS	15/11/24
								ING. PROYECTO:	ING. PABLO BUSTILLOS	15/11/24
								APPROBACIÓN GRAL:	ING. DANIEL GARCÍA	15/11/24

ESTE PLANO CONTIENE INFORMACIÓN CONFIDENCIAL, PROPIEDAD DE EP PETROEQUADOR. Queda expresamente prohibida su difusión, copia o uso sin autorización escrita de EP PETROEQUADOR. THE DRAWING CONTAINS PROPRIETARY AND CONFIDENTIAL INFORMATION, ANY DISCLOSURE OR USE OF IT IS THEREFORE EXPRESSLY PROHIBITED WITHOUT THE WRITTEN PERMISSION OF EP PETROEQUADOR.

EP PETROEQUADOR

CLIENTE: **EP PETROEQUADOR**

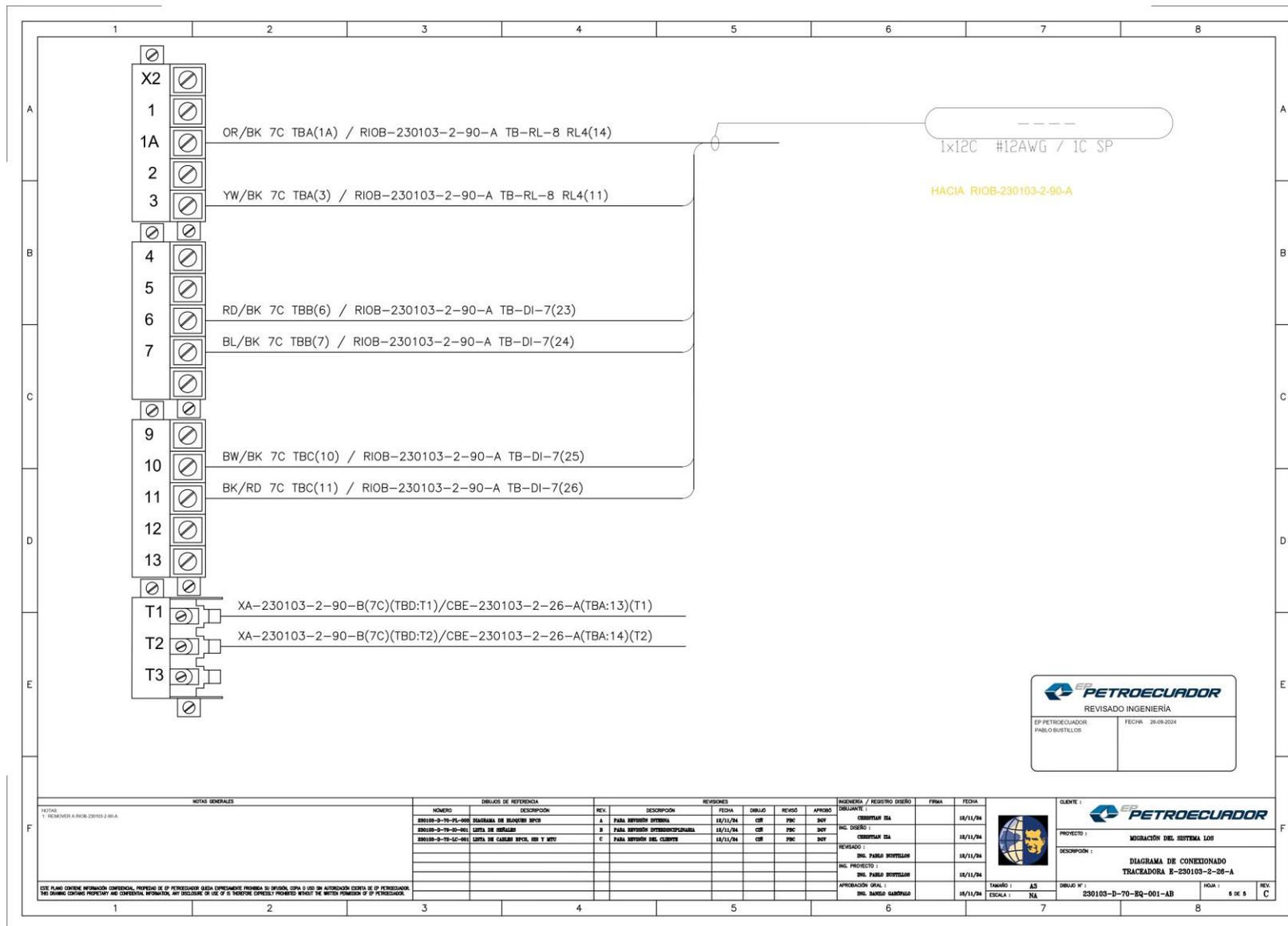
PROYECTO: **MIGRACION DEL SISTEMA LOS**

DESCRIPCIÓN: **DIAGRAMA DE CONEXIONADO TRACADORA E-230103-2-25-A**

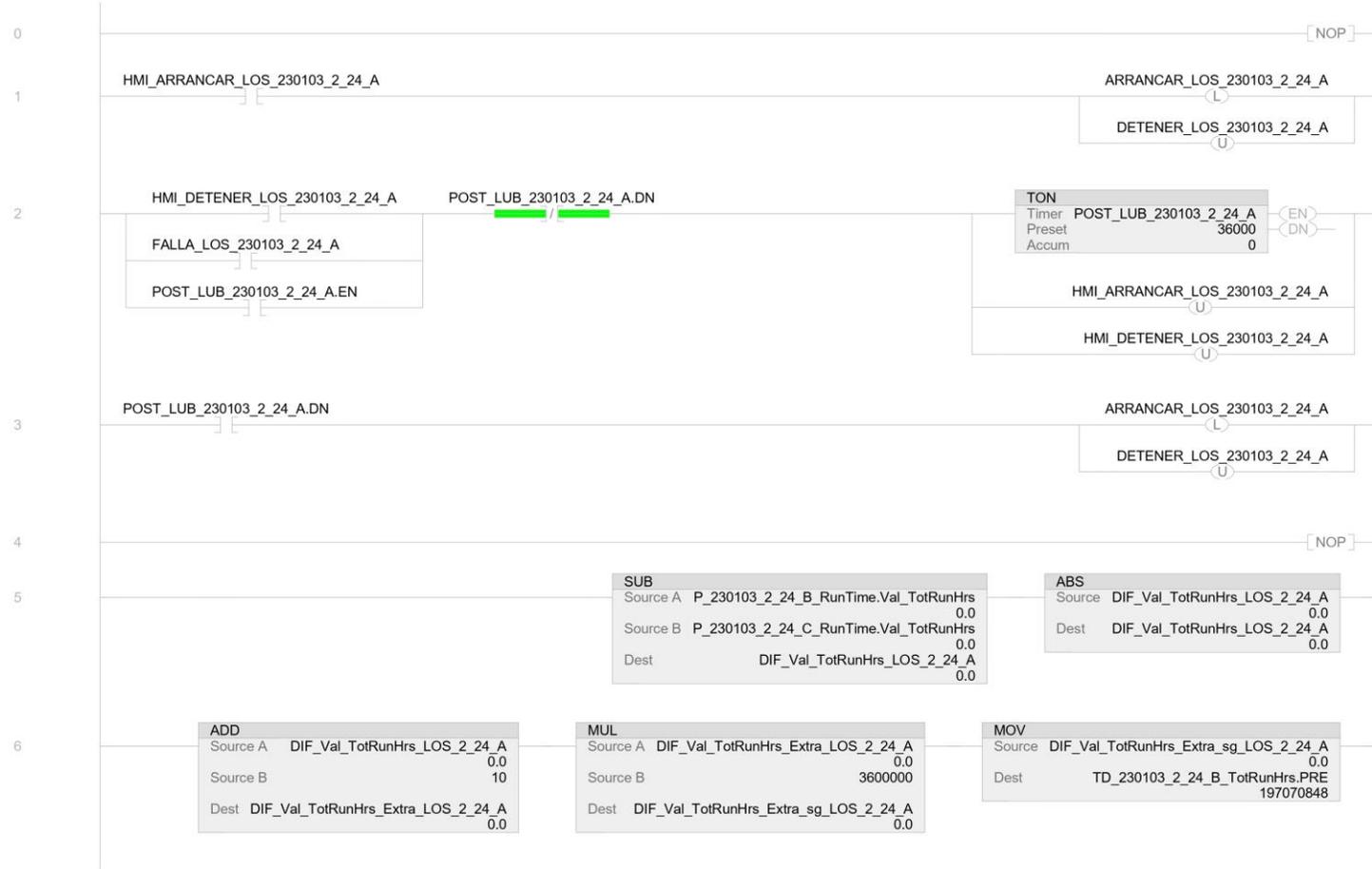
TAMAÑO: **A3** DIBUJO N°: **230103-D-70-BQ-001-AB** HOJA: **4 DE 8** REV: **C**

ESCALA: **NA**

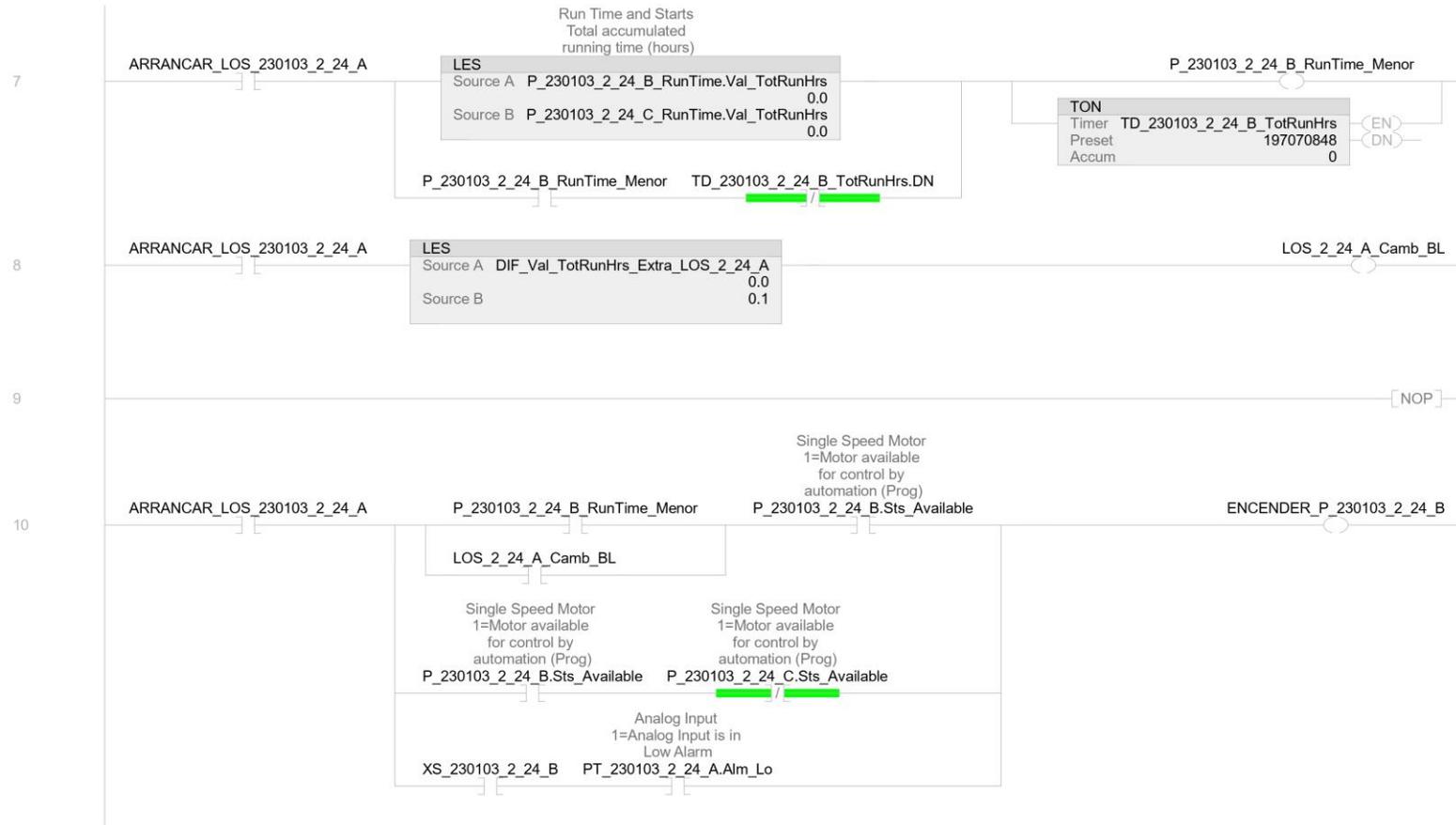
Anexo 22. Diagrama de conexión traceadora E-230103-2-25-A.

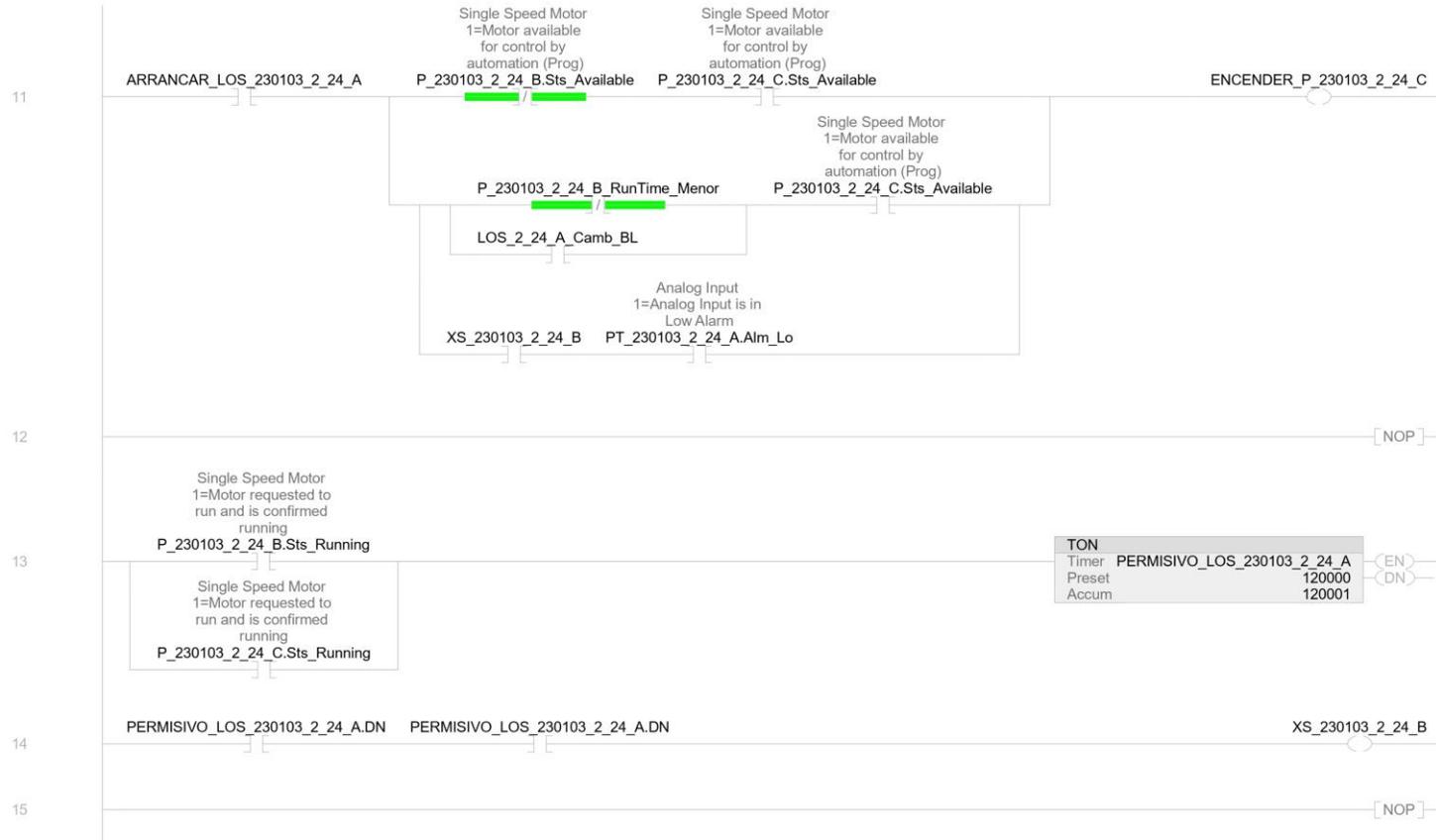


Anexo 23. Diagrama de conexión traceadora E-230103-2-24-A.

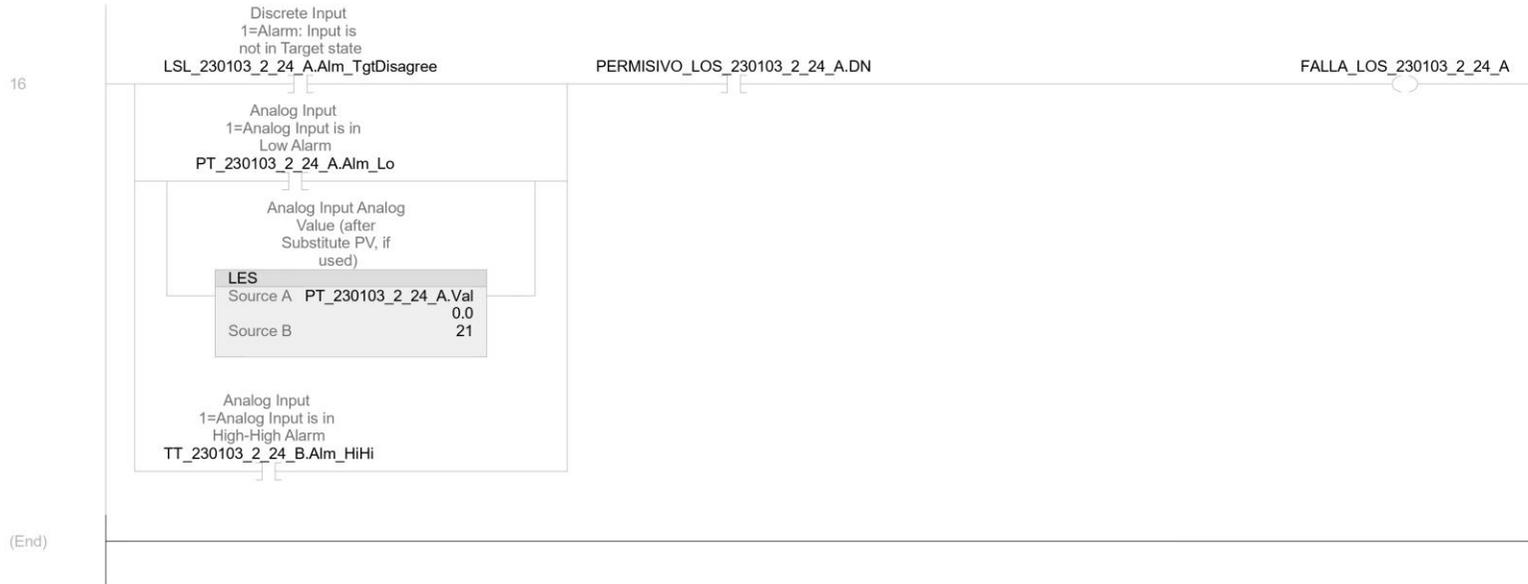


Anexo 24. Programación.





Anexo 26. Programación (3).



MainRoutine - Ladder Diagram

TESIS:GRUPOS_ELECTRICOS:GRUPOS_ELECTRICOS_P_230103_2_24_A
Total number of rungs in routine: 8

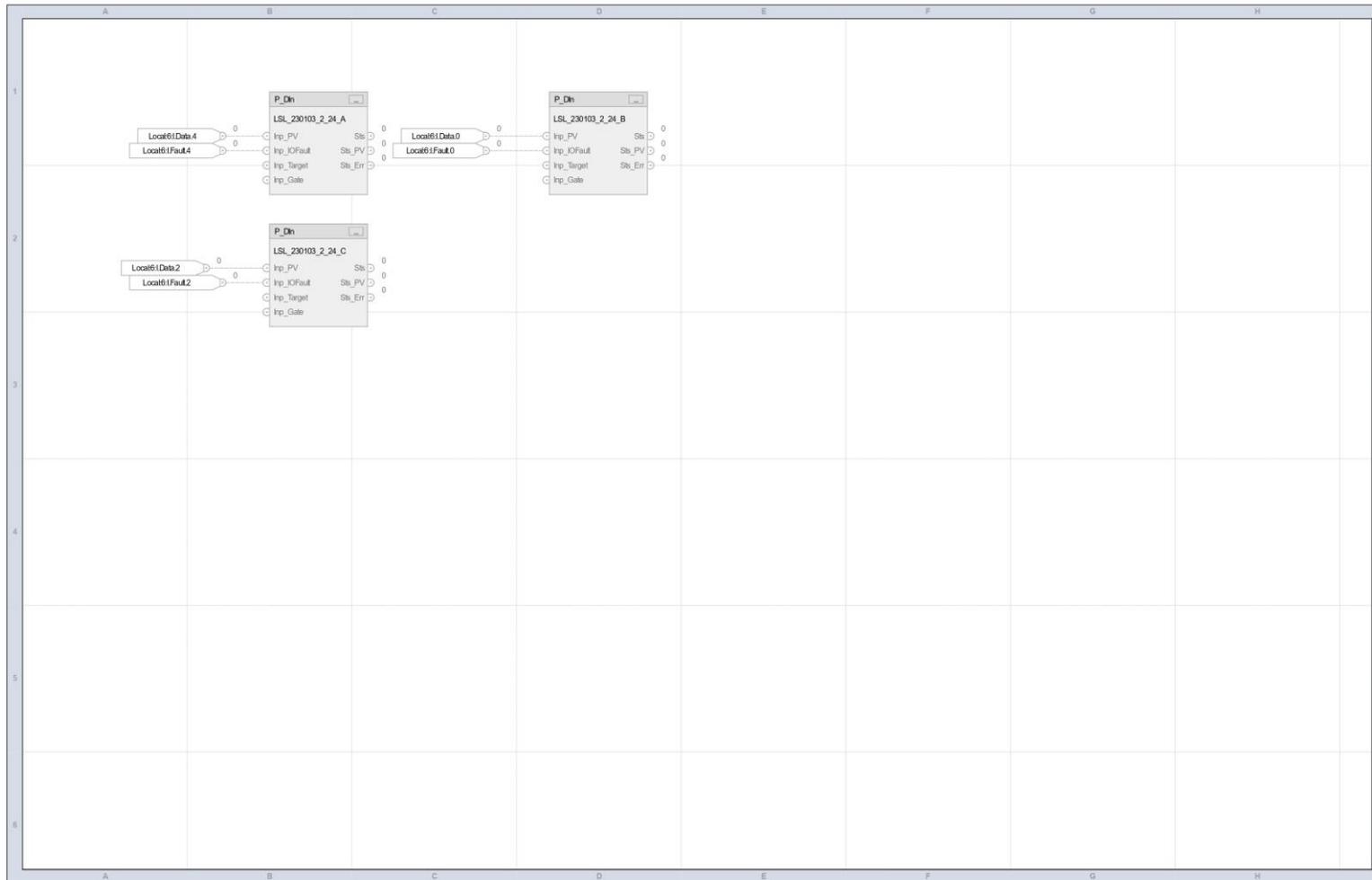


LSL - Function Block Diagram

TESIS:GRUPOS_ELECTRICOS_P_230103_2_24_A
1 of 1 total sheets in routine

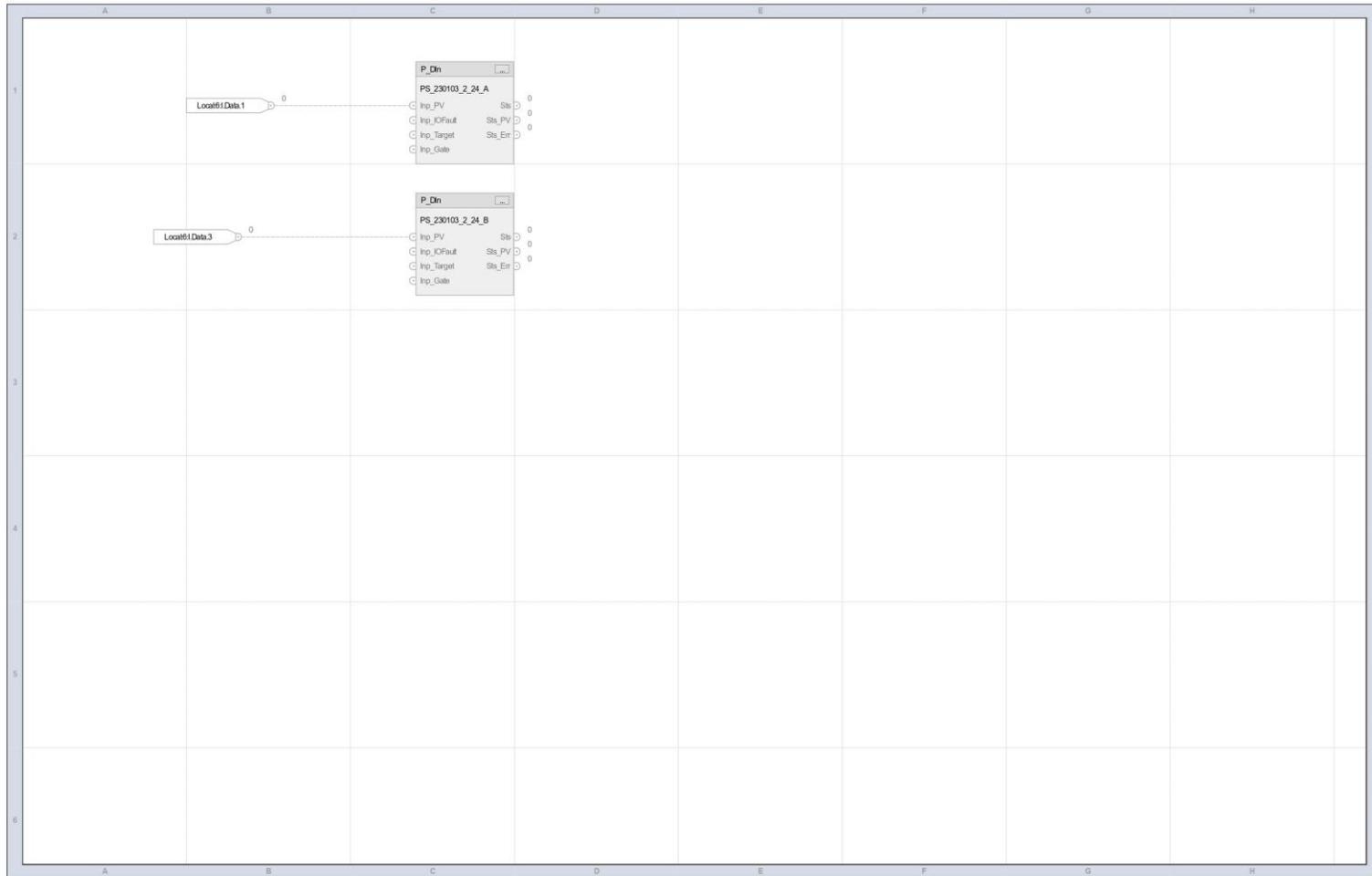
12/9/2024 8:31:11 AM

C:\Users\admpbustillos.OTEPPEC\Documents\Studio 5000\Projects\TESIS.ACD

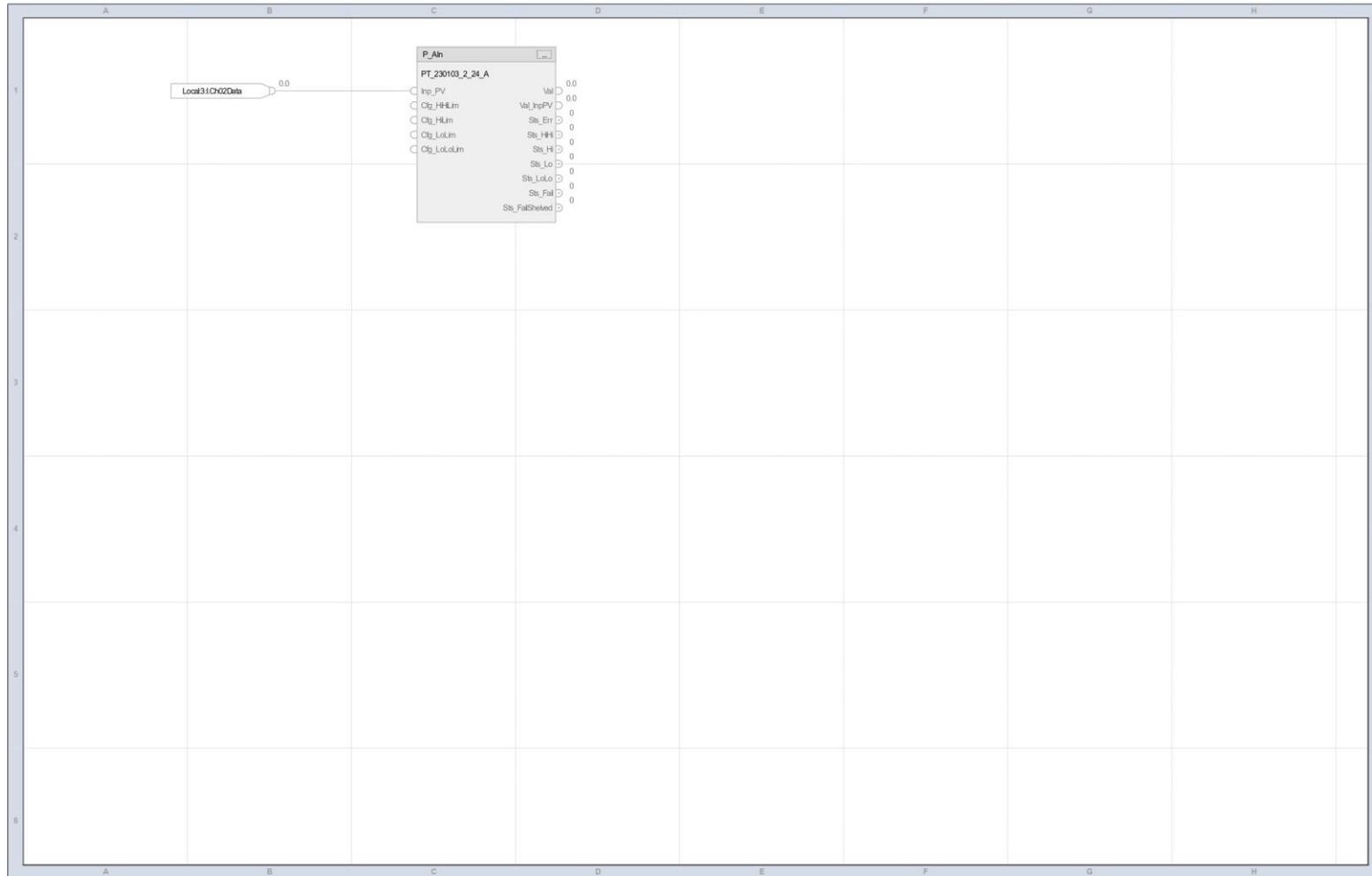


Logix Designer

Anexo 29. Bloque de instrucciones para LSL.

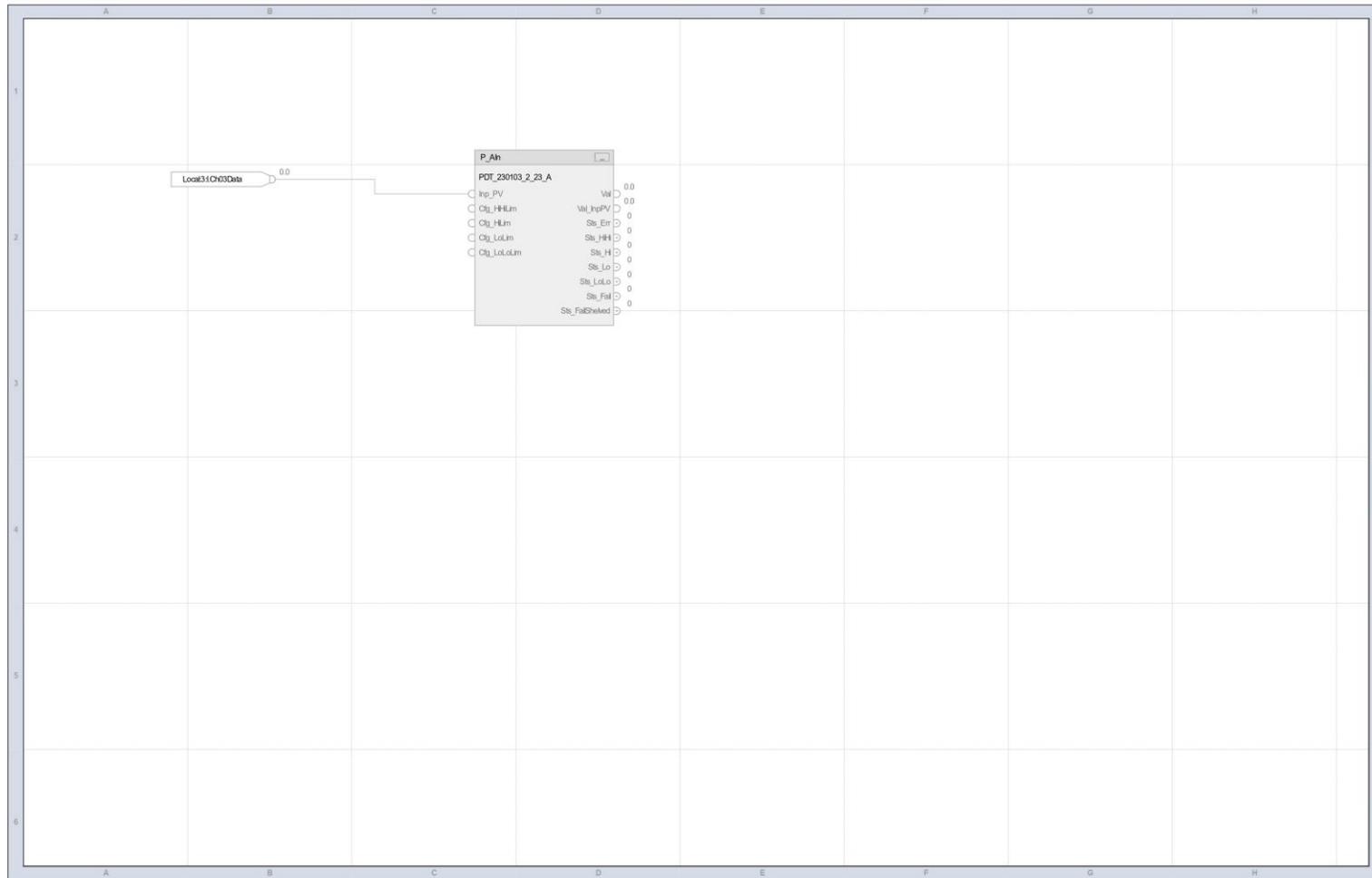


Anexo 30. Bloque de instrucciones para PS.

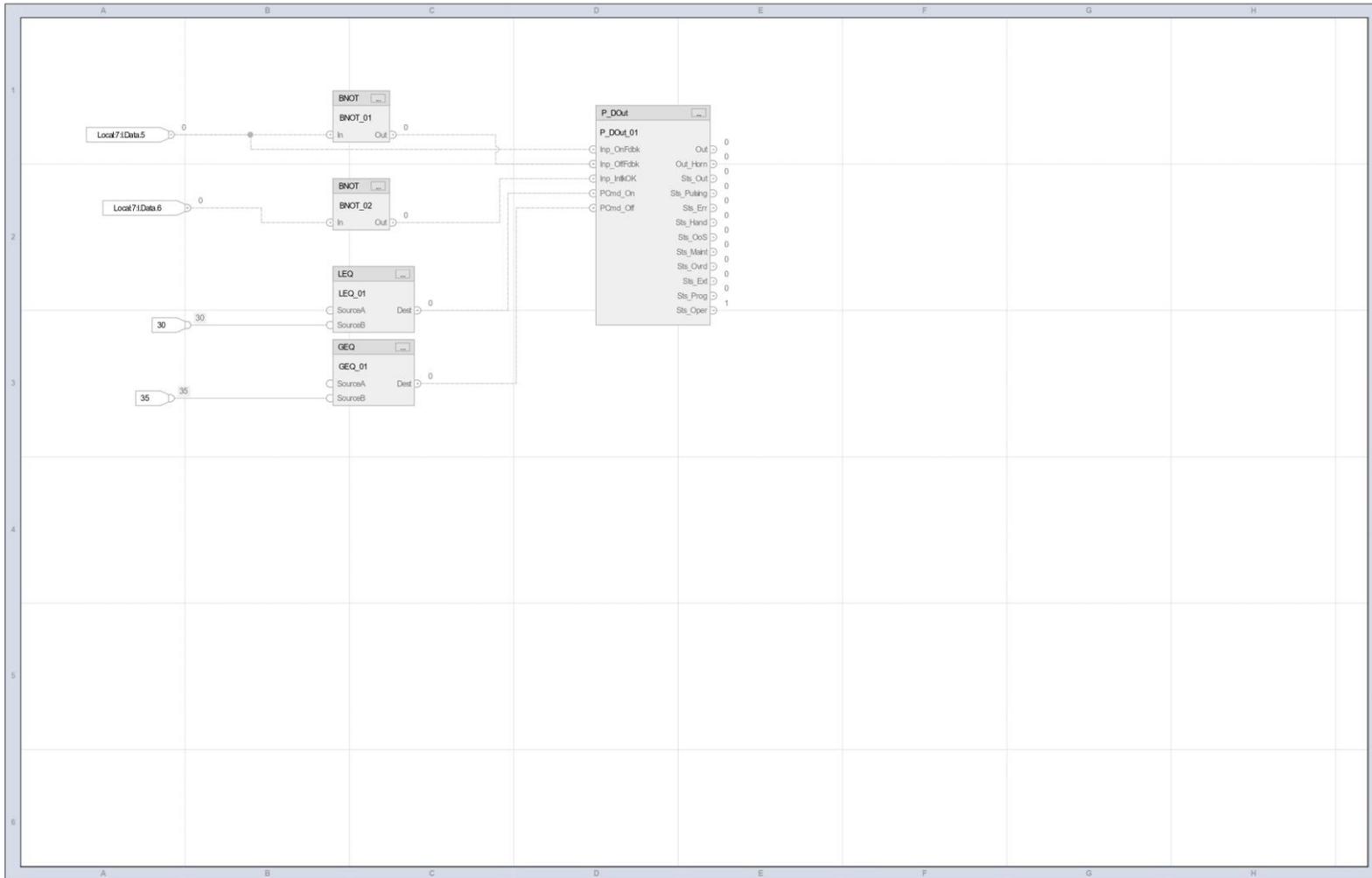


Logix Designer

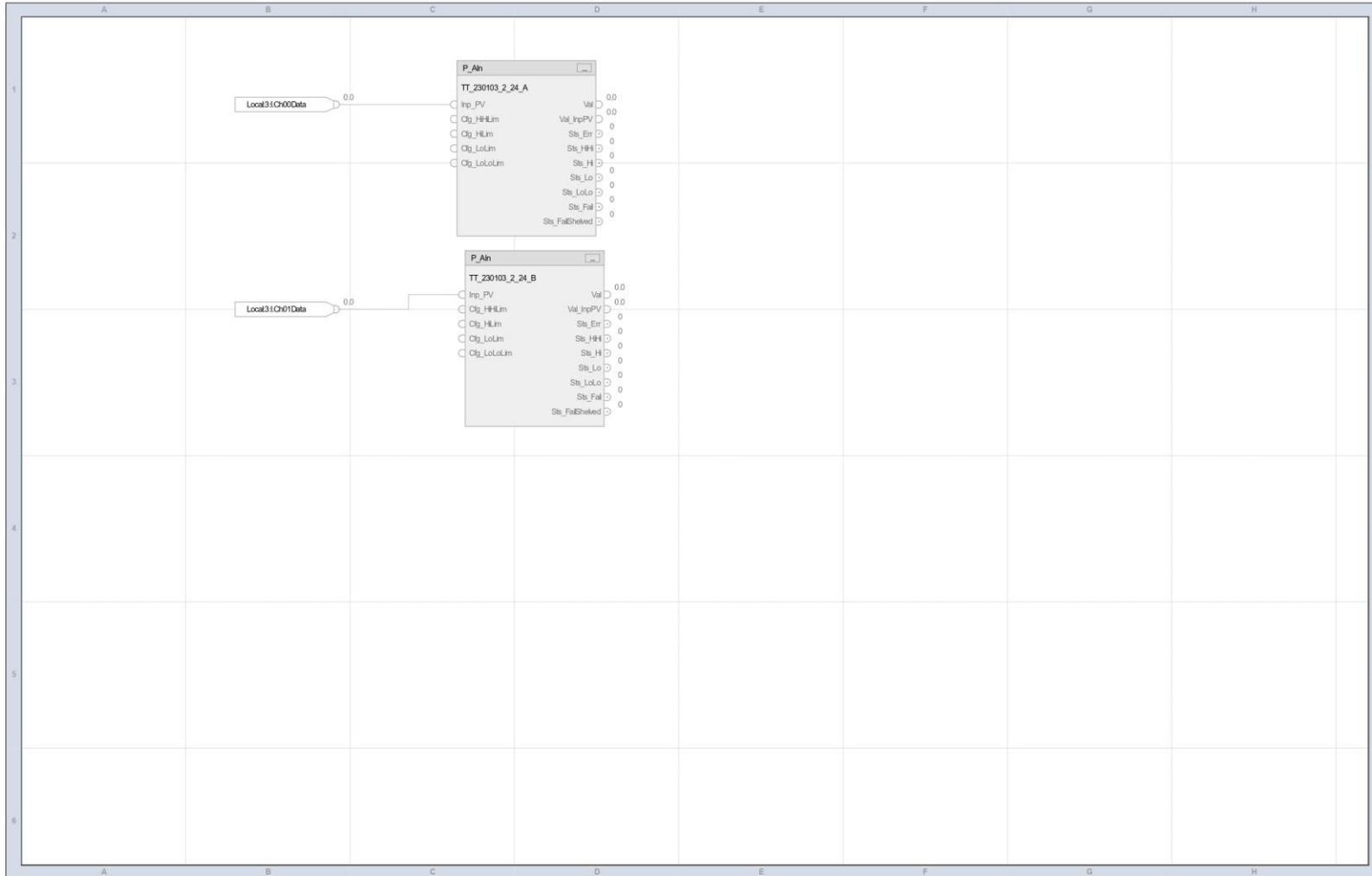
Anexo 31. Bloque de instrucciones para PT.

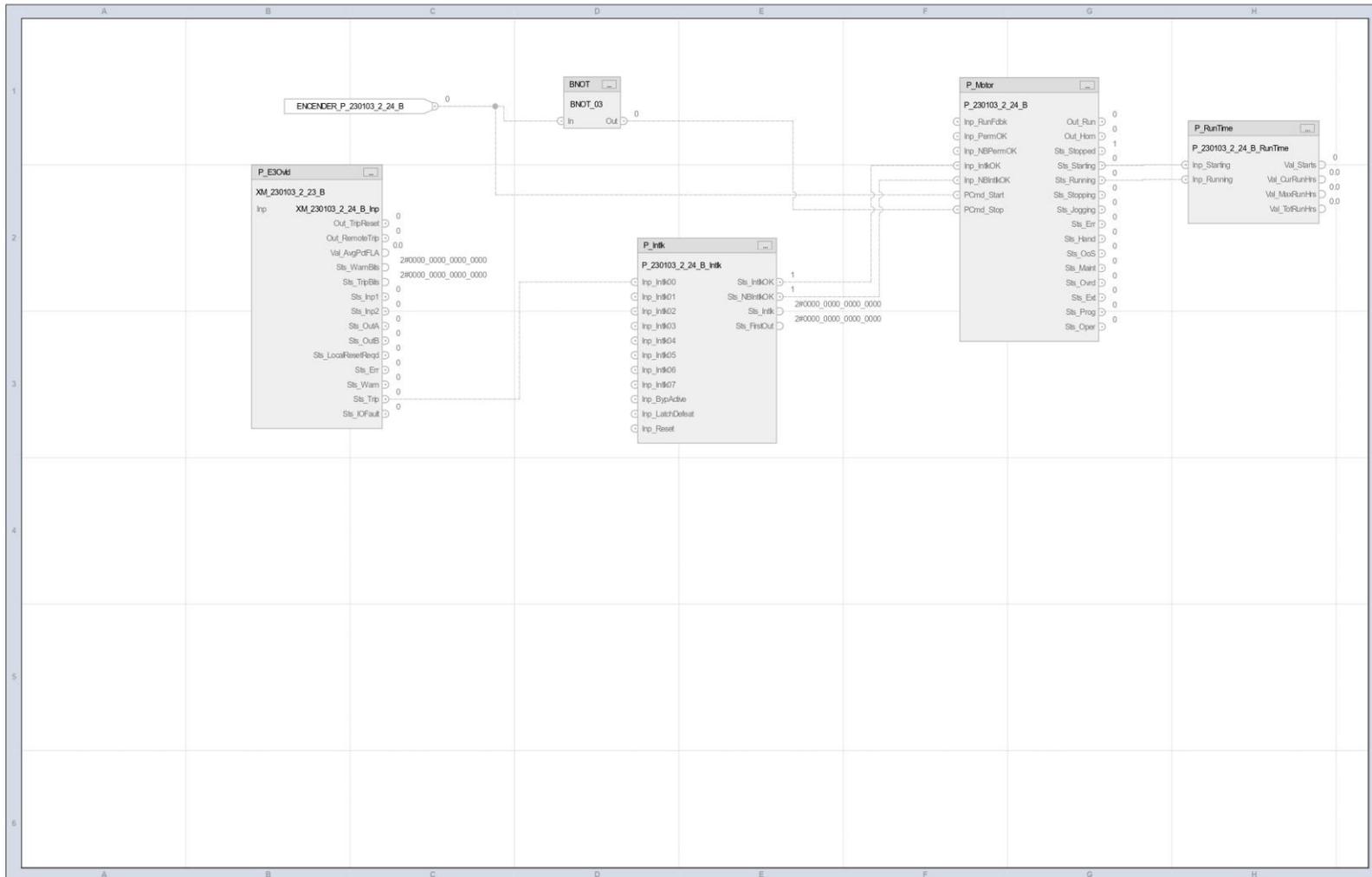


Anexo 32. Bloque de instrucciones para PDT.

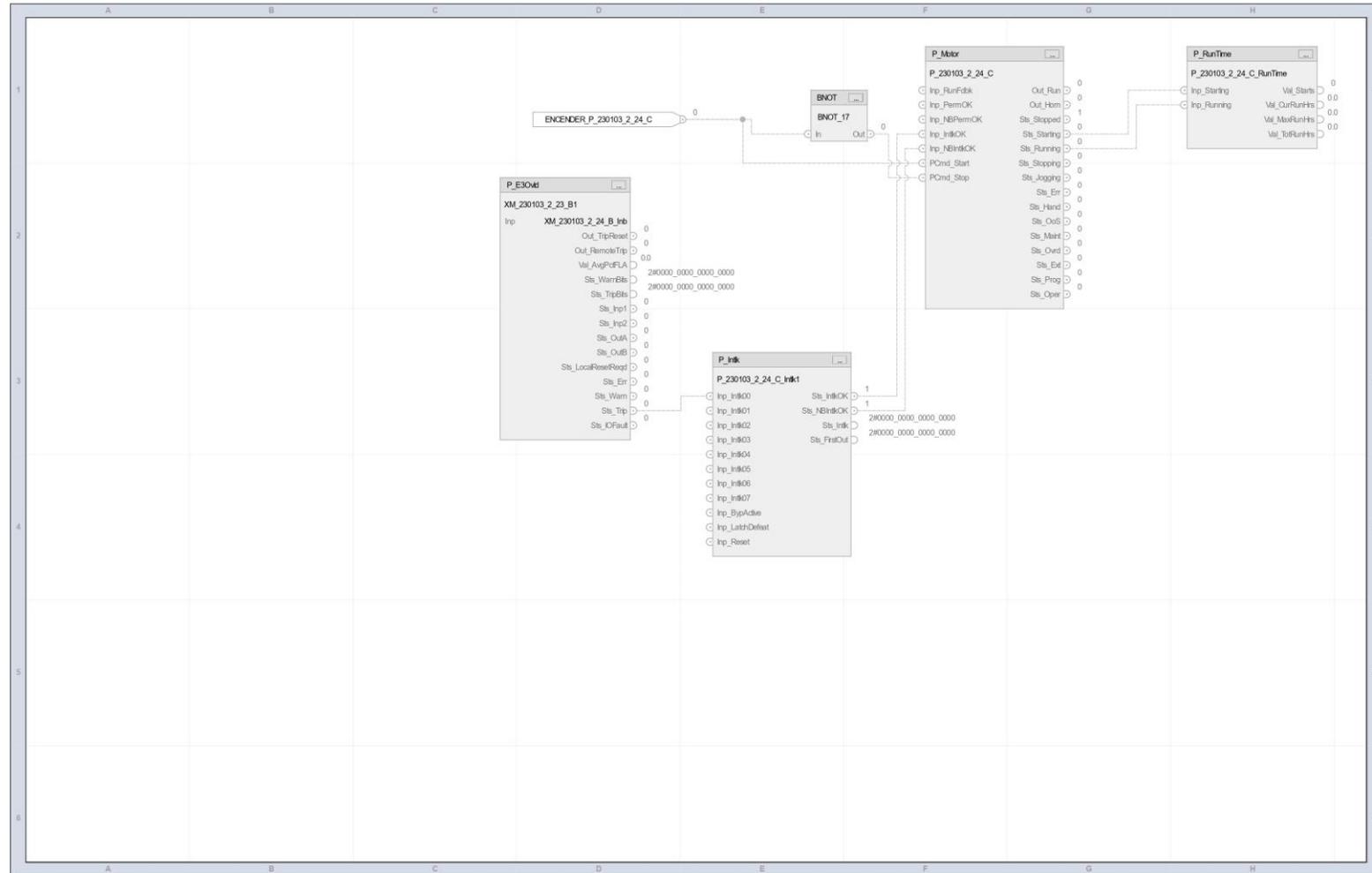


Anexo 33. Bloque de instrucciones para Traceadora.

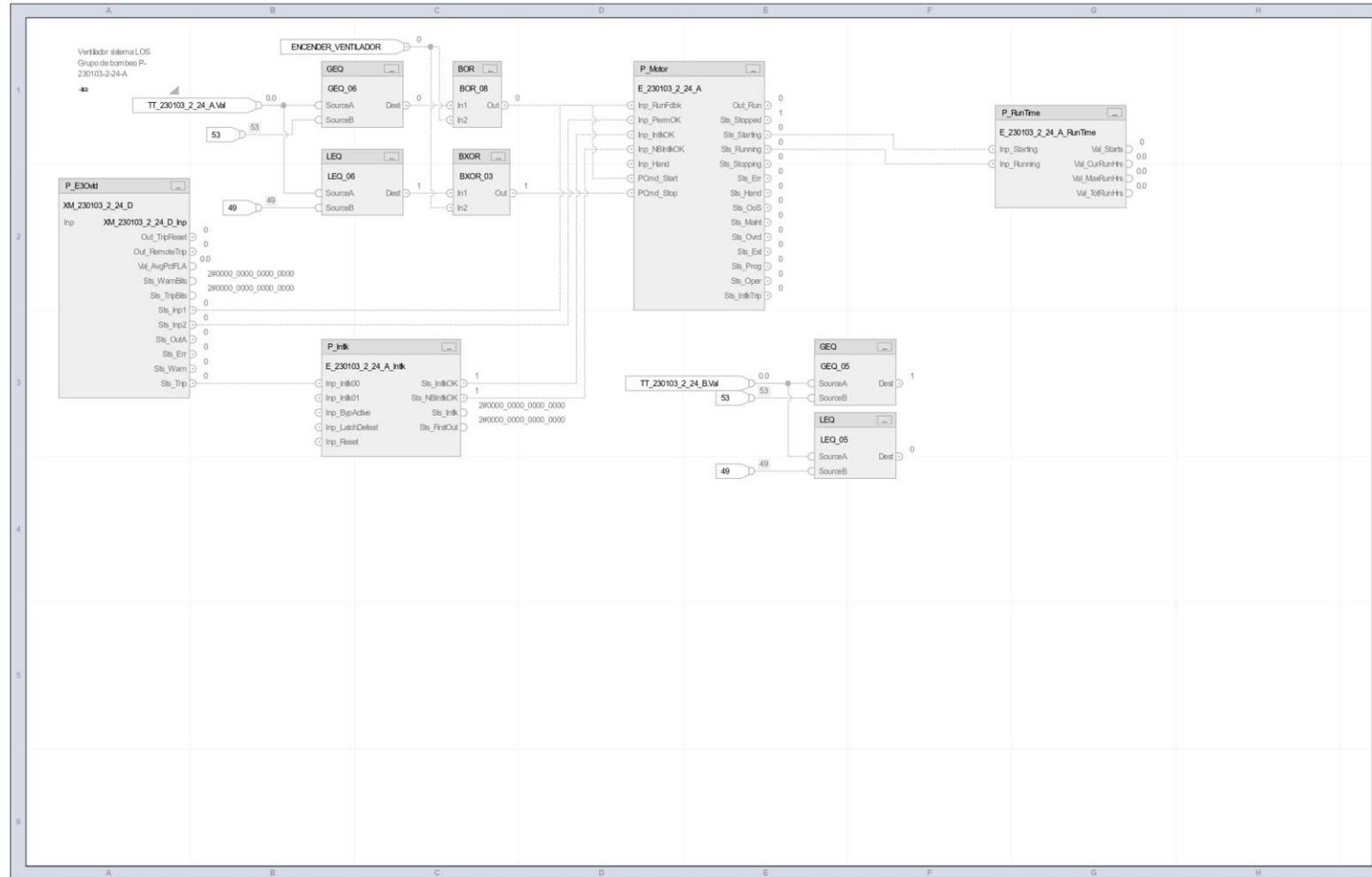




Anexo 35. Bloque de instrucciones para XM (motor auxiliar 1).



Anexo 36. Bloque de instrucciones para XM (motor auxiliar 2).



Logix Designer

Anexo 37. Bloque de instrucciones para XM (ventilador).

	MIGRACIÓN DEL SISTEMA LOS		
	Departamento:	Gerencia de Transporte – Jefatura de Mantenimiento Electromecánico	
	Documento:	Certificado de funcionamiento del Sistema de Lubricación	
	Fecha:	19/12/2024	

Santo Domingo, 19 de diciembre del 2024

Señores
 Universidad Politécnica Salesiana
 Presente.-

De nuestras consideraciones:

Por medio de la presente, PETROECUADOR certifica que el proyecto de tesis titulado:

“MIGRACIÓN DE LAS UNIDADES DE LUBRICACIÓN (LOS) DE LOS GRUPOS PRINCIPALES DE BOMBEO FLOWSERVE HACIA EL BPCS DE LA ESTACION DE BOMBEO SANTO DOMINGO DE LA EMPRESA PÚBLICA DE HIDROCARBUROS DEL ECUADOR EP PETROECUADOR”

Realizado por el estudiante Christian Matias Iza Ñacato, con numero de cedula 1751259894 cumple con los objetivos establecidos del trabajo de titulación y ha sido sometido a pruebas y validaciones necesarias para demostrar su correcto funcionamiento.

El proyecto fue evaluado en el laboratorio de Mantenimiento Electromecánico, el día 6 de diciembre del 2024, por el tutor a cargo Ing. Pablo Bustillos, y se determinó que:

- El diseño técnico cumple con las especificaciones planteadas en el documento de tesis.
- El sistema ha sido calibrado y ajustado para realizar las funciones esperadas.
- Los resultados obtenidos son consistentes con los objetivos y marcos teóricos del trabajo.

Este certificado se emite para constancia del correcto desarrollo y funcionamiento del proyecto como parte integral de la obtención del título académico.

Atentamente,



Firmado electrónicamente por:
**PABLO ANDRES
 BUSTILLOS CALVACHI**

Ing. Pablo A. Bustillos C.
 Técnico Líder de I&C



Firmado electrónicamente por:
**DANILO MANUEL
 GAROFALO VELASCO**

Ing. Danilo Garófalo V.
 Jefe de Mantenimiento Poliducto E-SD-Q-M

Anexo 38. Certificado de funcionamiento.