REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Universidad Católica de Santa María

Facultad de Ciencias e Ingenierías Físicas y Formales

Escuela Profesional de Ingeniería Electrónica

PROYECTO DE CONTROL Y MONITOREO PARA UN SISTEMA DE LIMPIEZA DE GASES DE HORNOS AFINOS MEDIANTE TECNOLOGÍA DE LA MARCA ROCKWELL AUTOMATION

Trabajo de Suficiencia Profesional

Presentado por el Bachiller:

Castillo Quenaya, Luis Miguel

Para optar el Título Profesional de:

Ingeniero Electrónico con especialidad en Automatización y Control.

Asesor: Ing. Sulla Torres Raúl Ricardo

Arequipa – Perú

2022

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

UCSM-ERP

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

INGENIERIA ELECTRONICA

TITULACIÓN CON TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

DICTAMEN APROBACIÓN DE BORRADOR

Arequipa, 03 de Enero del 2022

Dictamen: 004305-C-EPIE-2022

Visto el borrador del expediente 004305, presentado por:

2009243361 - CASTILLO QUENAYA LUIS MIGUEL

Titulado:

PROYECTO DE CONTROL Y MONITOREO PARA UN SISTEMA DE LIMPIEZA DE GASES DE HORNOS AFINOS MEDIANTE TECNOLOGÍA DE LA MARCA ROCKWELL AUTOMATION

Nuestro dictamen es:

APROBADO

1475 - MALAGA CHAVEZ CESAR EDUARDO
DICTAMINADOR



1547 - RODRIGUEZ GONZALES PEDRO ALEX
DICTAMINADOR



2465 - ZEGARRA GAGO HENRY CHRISTIAN
DICTAMINADOR



REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

DEDICATORIA

A Dios, por darme salud y bendición para alcanzar mis metas como persona y como profesional, así como guiarme por el camino correcto.

A mi Padre, Santos Castillo Lloclla, quien con su esfuerzo y paciencia me ha permitido llegar a cumplir un sueño más, que me cuida desde el cielo.

A mi Madre, Claudia Quenaya Apaza, por brindarme cariño y motivación para seguir ante todas las adversidades de la vida porque Dios está conmigo siempre.

A toda mi familia y amigos porque con sus oraciones, consejos y palabras de aliento me acompañan en todos mis sueños y metas.

A mi pareja, por siempre brindarme fortaleza para alcanzar mis metas y logros propuestos.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

AGRADECIMIENTO

Primeramente, doy gracias a Dios quien me ha guiado y me ha dado la fortaleza para seguir adelante.

A mi familia por su comprensión y estímulo constante, además su apoyo incondicional a lo largo de mis estudios profesionales.

A toda la docencia que me brindaron los conocimientos necesarios para poder desarrollarme profesionalmente y a todas las personas que de una y otra forma me apoyaron en la realización de este trabajo.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

RESUMEN

El presente informe por experiencia profesional describe el diseño e implementación de un sistema de monitoreo y automatización para una la planta de tratamiento de gases, donde el objetivo principal se basa en controlar y monitorear un sistema de limpieza de gases que se encargará de reducir las emisiones de gases contaminantes y lograr que la unidad minera SPCC-Fundición se encuentre en los niveles máximos permisibles (LMP) de emisión de gases, logrando así una mejora en el impacto ambiental.

El presente proyecto constará de la programación de PLC de la marca Allen Bradley desarrollado en el software Rslogix5000 e implementación del interfaz SCADA en el software FactoryTalk View Site Edition, en donde la lógica de control implementado en el PLC tendrá la función de regular de manera automática cada etapa del proceso de planta, de tal forma que se garantice el funcionamiento de la planta, asimismo el cuál facilitará al personal de mantenimiento realizar el mantenimiento correctivo de manera más rápida y sencilla. El desarrollo incluye desde el suministro del gabinete de control que implica la elaboración de planos hasta comisionar la planta para la integración de señales de presión, nivel, temperatura, caudal, vibración entre otros, así como equipos integrados a la red industrial DeviceNet para su control desde el Sistema SCADA.

Palabras claves:
Sistema tratamiento gases, desarrollo SCADA, algoritmo PLC.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

ABSTRACT

This report by professional experience describes the design and implementation of a monitoring and automation system for a gas treatment plant, where the main objective is based on controlling and monitoring a gas cleaning system that will reduce emissions. of polluting gases and ensure that the SPCC-Foundry mining unit is at the maximum permissible levels (LMP) of gas emissions, thus achieving an improvement in environmental impact.

This project will consist of the Allen Bradley brand PLC programming developed in the Rslogix5000 software and implementation of the SCADA interface in the FactoryTalk View Site Edition software, where the control logic implemented in the PLC will have the function of regulating automatically each stage of the plant process, in such a way as to guarantee the operation of the plant, which will also make it easier for maintenance personnel to carry out corrective maintenance more quickly and easily. The development includes from the supply of the control cabinet that implies the preparation of plans to its commissioning in the plant for the integration of pressure, level, temperature, flow, vibration signals, among others, as well as equipment integrated into the DeviceNet industrial network for its control from the SCADA system.

Keywords:
Gas treatment system, SCADA development, PLC algorithm

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

INTRODUCCIÓN

Actualmente, los países industrializados como Perú han estado trabajando para disminuir los niveles de humo, dióxido de azufre y smog, con el objetivo de mejorar el estado de salud de las personas, es por ello que los gobiernos han ido tomando medidas para lograr la reducción de emisión de dióxido de carbono y otros gases que generan el efecto invernadero, por lo cual se requiere plantas de tratamiento de gases que sean eficientes.

La contaminación del dióxido de azufre (SO2) podría llegar a producir efectos adversos en la salud y biodiversidad, ya que el mismo proviene de procesos de fundición y refinación de cobre concentrado y de acuerdo la Organización Mundial de la Salud, es uno de los contaminantes más dañinos y presentes en el ambiente de la ciudad de Ilo.

Con el nuevo sistema de control automatizado permitirá un óptimo funcionamiento del proceso de tratamiento de gases para la disminución de la contaminación atmosférica, que incluirá un sistema SCADA, el cual permitirá el control y monitoreo remoto, a su vez incluirá un diagnóstico de falla, permitiendo indicar la operatividad de cada etapa del proceso, y registrará las fallas que podría presentar el PLC y las identificaciones de la misma será de manera sencilla y rápida para el operador.

El presente informe, describe el proyecto “Sistema de Limpieza de Gases de Hornos de Afinos” realizado para SPCC Fundición, que tiene por objetivo desarrollar un sistema de monitoreo y automatización para el sistema de control encargado de tratamiento de gases y así lograr cumplir con la normativa LMP (Límites Máximos Permisibles) aplicable sobre emisiones contaminantes.

El proyecto queda enmarcado en el área 296 de Hornos de Afinos. La lógica y estrategia de control, así como la programación de las aplicaciones para los sistemas de control correspondientes a los paquetes vendor como la Celda CDS – Circulating Dry Scrubber y Unidad de Circuito de Gases son desarrollos propios de la empresa Controltek S.A.C, siguiendo como referencia el funcionamiento del sistema de control que en el presente documento se indican.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

ÍNDICE

DEDICATORIA iii

AGRADECIMIENTO iv

RESUMEN v

ABSTRACT vi

INTRODUCCIÓN vii

CAPÍTULO I: DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO 1

CAPÍTULO II: OBJETIVO DEL INFORME 2

2.OBJETIVOS 2

2.1. OBJETIVO PRINCIPAL 2

2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS 2

CAPÍTULO III: DATOS DE LA EMPRESA 3

3.INFORMACIÓN Y CARGO EN LA EMPRESA 3

3.1. RAZÓN SOCIAL 3

3.2. LOCALIZACIÓN 3

3.3. DESCRIPCIÓN, MISIÓN Y VISIÓN 3

3.4. ORGANIZACIÓN DE LA EMPRESA 4

3.5. FUNCIONES PRINCIPALES DEL PUESTO DE TRABAJO 5

CAPÍTULO IV: MARCO CONCEPTUAL 6

4.FUNDAMENTOS TEÓRICOS 6

4.1. LA CAL EN EL TRATAMIENTO DE GASES 6

4.2. ELEMENTOS DEL SISTEMA DE LIMPIEZA DE GASES 7

4.2.1. SISTEMA SCRUBBER 7

4.2.2. BAGHOUSE 8

4.3. DIAGRAMAS DE FLUJO DE PROCESO (PFD) y P&ID 9

4.3.1. LOS DIAGRAMAS DE FLUJO DE PROCESO (PFD) 9

4.3.2. LOS DIAGRAMAS DE TUBERÍAS E INSTRUMENTACIÓN (P&ID) 9

4.4. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL ANTIGUO Y NUEVO SISTEMA 11

4.5. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL FUNCIONAMIENTO DE SISTEMA DE LIMPIEZA DE GASES. 12

4.6. DESCRIPCIÓN DE LA LÓGICA DE CONTROL 15

4.6.1. PROCESO DE LA UNIDAD DE AGUA DE ENFRIAMIENTO 15

4.6.2. PROCESO DE LA UNIDAD DE CAL 16

4.6.3. PROCESO DEL SISTEMA DE RECICLAJE – CELDA CDS 17

4.6.4. PROCESO DE LA UNIDAD DE RESIDUOS 18

4.6.5. PROCESO DE UNIDAD DE BAGHOUSE – CELDA CDS 19

4.6.6. PROCESO DE UNIDAD DE CIRCUITO DE GASES 21

4.7. VISTA SUPERIOR Y LATERAL DEL SISTEMA DE LIMPIEZA DE GASES 22

4.8. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL DE PROCESOS 25

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

4.8.1. MODOS DE OPERACIÓN 25
4.8.2. CONTROL DEL MOTOR 27
4.8.3. LÓGICA DE ARRANQUE/PARADA DEL MOTOR 28
4.9. ESTRUCTURA GENERAL DE LA PLANTA A AUTOMATIZAR 29
4.10. AUTOMATIZACIÓN 30
4.10.1. CLASIFICACIÓN TECNOLÓGICA 30
4.11. SENSORES 32
4.12. ACTUADORES 35
4.13. SISTEMA DE CONTROL 36
4.13.1. TIPOS DE SISTEMA DE CONTROL 36
4.13.2. SISTEMAS DE CONTROL DE LAZO ABIERTO 36
4.13.3. SISTEMAS DE CONTROL DE LAZO CERRADO (Control realimentado) 36
4.13.4. ELEMENTOS COMPONENTES DE UN SISTEMA DE CONTROL 37
4.13.5. ACCIONES DE CONTROL 39
4.13.6. MÉTODO DE ZIEGLER-NICHOLS 40
4.14. CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE (PLC) 44
4.15. REDUNDANCIA CONTROLLOGIX 45
4.16. SCADA 46
4.17. REDES DE COMUNICACIÓN INDUSTRIAL 49

CAPÍTULO V: DESARROLLO DEL PROYECTO 52

5.DISEÑO Y DESARROLLO DEL PROGRAMA DE CONTROL PARA EL PLC 52
5.1. PLANIFICACIÓN 52
5.2. ALCANCES DE LA PUESTA EN MARCHA 54
5.3. NORMAS Y ESPECIFICACIONES APLICADAS 54
5.4. ANÁLISIS DEL TABLERO DE CONTROL 56
5.5. IDENTIFICACIÓN DEL PLC, MÓDULOS I/O Y MÓDULOS DE COMUNICACIONES 60
5.6. IDENTIFICACIÓN DE EQUIPOS - LISTADO DE CARGAS 63
5.7. CRITERIOS DE SELECCIÓN Y CONSUMO ENERGÉTICO 64
5.8. IDENTIFICACIÓN DE SEÑALES DE SENSORES, ACTUADORES POR CABLEADO DURO Y POR COMUNICACIÓN 67
5.9. IDENTIFICACIÓN DE PERMISIVOS/INTERLOCKS DE PROCESO Y SEGURIDAD 68
5.10. PROGRAMACIÓN DEL PLC PARA LA AUTOMATIZACIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL 75
5.11. IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL 76
5.11.1. ADD-ON CONTROL DE ENCENDIDO/APAGADO DE MOTORES 76
5.11.2. ADD-ON LECTURA DE ENTRADAS DISCRETAS 79
5.11.3. ADD-ON LECTURA DE ENTRADAS ANÁLOGAS 80
5.11.4. ADD-ON RUTINA DE CONTROL DE APERTURA/CIERRE DE VÁLVULAS 82
5.11.5. ADD-ON CONTROL PIDE 85
5.12. IDENTIFICACIÓN DE ALARMAS SEGÚN SEVERIDAD 86
5.13. CONFIGURACIÓN DEL PLC 87
5.13.1. CONFIGURACIÓN DE RUTINAS DEL PROGRAMA EN RSLOGIX 5000 87
5.13.2. CONFIGURACIÓN DE LA RED ETHERNET 89

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

5.13.3. CONFIGURACIÓN DE LA RED DEVICENET 93
5.14. PRUEBAS DE LAZO – INSTRUMENTACIÓN LOCAL 96
5.15. PRUEBAS DE LAZO – COMUNICACIÓN DEVICENET 101
5.16. RUTINAS DE LA LÓGICA DE CONTROL 104
5.14. RUTINA – UNIDAD DE AGUA DE ENFRIAMIENTO 105
5.15. RUTINA – UNIDAD DE BAGHOUSE 108
5.16. RUTINA – UNIDAD DE RECICLAJE 110
5.17. RUTINA – UNIDAD DE RESIDUO 113
5.18. RUTINA – UNIDAD DE SILO DE CAL 115
5.19. RUTINA – UNIDAD DE CIRCUITO DE GASES 117
5.20. CONTROL PID EN EL PROCESO 124
5.21. PROCEDIMIENTO PARA LA SINTONIZACIÓN PID MEDIANTE AUTOTUNE 127

CAPÍTULO VI: PRUEBAS Y RESULTADOS 131

6.PRUEBAS Y RESULTADOS DEL PROYECTO 131
6.1. OPERACIÓN REAL DEL SISTEMA DE SUPERVISIÓN SCADA 131
6.2. PANTALLA PRINCIPAL 131
6.3. PANTALLA DE PROCESO - SISTEMA DE AGUA DE ENFRIAMIENTO 134
6.4. PANTALLA DE PROCESO – UNIDAD SILO DE CAL 137
6.5. PANTALLA DE PROCESO - UNIDAD DE BAGHOUSE 139
6.6. PANTALLA DE PROCESO – UNIDAD DE RECICLAJE Y RESIDUOS 142
6.7. PANTALLA DE PROCESO - UNIDAD CIRCUITO DE GASES 145
6.8. PANTALLA DE ALARMAS 147
6.9. PANTALLA DE TENDENCIAS 149
6.9.1. FUNCIONES 149
6.10. PANTALLA DE DIAGNÓSTICO 151
6.11. PROCEDIMIENTO DE OPERACIÓN DEL SISTEMA EN GENERAL 154
6.11.1. SECUENCIA AUTOMÁTICA – ARRANQUE CELDA CDS 154
6.11.2. PARADA DEL SISTEMA 155
6.12. DESCARGA DEL SISTEMA SCADA 156

CONCLUSIONES 157

RECOMENDACIONES 158

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS 159

ANEXOS 161

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1. DISPOSITIVOS DE ENTRADAS ANÁLOGAS – PARTE 1 32
TABLA 2. DISPOSITIVOS DE ENTRADAS ANÁLOGAS – PARTE 2 33
TABLA 3. DISPOSITIVOS DE ENTRADAS DISCRETAS 34
TABLA 4. LISTA DE DISPOSITIVO DE SALIDAS ANÁLOGAS 35
TABLA 5. PARÁMETROS DEL CONTROLADOR PID A PARTIR DE KO Y T1, EN LAZO ABIERTO 42
TABLA 6. PARÁMETROS DEL CONTROLADOR PID A PARTIR DE KC Y TC, EN LAZO CERRADO 43
TABLA 7. COMPONENTES DE CHASIS PRIMARIO....61
TABLA 8. COMPONENTES DE CHASIS PRIMARIO....61
TABLA 9. COMPONENTES DEL RACK REMOTO 01 62
TABLA 10. COMPONENTES DEL RACK REMOTO 02 62
TABLA 11. LISTADO DE EQUIPOS INTEGRADOS A LA RED DEVICENET 63
TABLA 12. LISTA DE GRADOS DE PROTECCIÓN....64
TABLA 13. COMPARACIÓN DE COMPACTLOGIX Y CONTROLLOGIX 65
TABLA 14. SELECCIÓN DE CABLES SEGÚN ESPECIFICACIÓN TÉCNICA DEL FABRICANTE....66
TABLA 15. CONSUMO POR HORA Y DIARIO DE CADA EQUIPO 66
TABLA 16. INTERLOCKS DE PROCESO/SEGURIDAD Y PERMISIVOS DEL PROCESO 68
TABLA 17. INTERLOCKS DE PROCESO/SEGURIDAD Y PERMISIVOS DEL PROCESO 69
TABLA 18. INTERLOCKS DE PROCESO/SEGURIDAD Y PERMISIVOS DEL PROCESO 70
TABLA 19. INTERLOCKS DE PROCESO/SEGURIDAD Y PERMISIVOS DEL PROCESO 71
TABLA 20. INTERLOCKS DE PROCESO/SEGURIDAD Y PERMISIVOS DEL PROCESO 72
TABLA 21. INTERLOCKS DE PROCESO/SEGURIDAD Y PERMISIVOS DEL PROCESO 73
TABLA 22. INTERLOCKS DE PROCESO/SEGURIDAD Y PERMISIVOS DEL PROCESO 74
TABLA 23. LÓGICA DE MOTOR EN MODO AUTOMÁTICO 78
TABLA 24. LÓGICA DE MOTOR EN MODO MANUAL 78
TABLA 25. LÓGICA DE STATUS DE VÁLVULA. 85
TABLA 26. TABLA DE TIPOS DE ALARMAS SEGÚN SEVERIDAD 86
TABLA 27. DIRECCIONES IPS PARA LOS EQUIPOS INTEGRADOS A LA RED ETHERNET 89
TABLA 28. CONFIGURACIÓN DE PARÁMETROS PARA EL CONTROL PID....130

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1. CAL HIDRATADA PREPARADO EN SECO 6
FIGURA 2. SCRUBBER TIPO VENTURI....7
FIGURA 3. TÍPICO BAGHOUSE TIPO CHORRO DE PULSO 8
FIGURA 4. ESQUEMA DEL SISTEMA DE CONTROL ANTIGUO 11
FIGURA 5. ESQUEMA DEL SISTEMA DE CONTROL EXISTENTE Y EL NUEVO SISTEMA DE CONTROL. 11
FIGURA 6. DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESO GENERAL DEL SISTEMA DE LIMPIEZA DE GASES HORNOS AFINOS. 12
FIGURA 7. DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESOS (PFD) – UNIDAD DE AGUA DE ENFRIAMIENTO....15
FIGURA 8. DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESOS (PFD) – UNIDAD DE CAL 16
FIGURA 9. DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESOS (PFD) – UNIDAD DE RECICLAJE 17
FIGURA 10. DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESOS (PFD) – UNIDAD DE RESIDUOS....18
FIGURA 11. DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESOS (PFD) – UNIDAD DE BAGHOUSE....20
FIGURA 12. DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESOS (PFD) – UNIDAD DE CIRCUITO DE GASES....21
FIGURA 13. VISTA SUPERIOR GENERAL DEL SISTEMA DE LIMPIEZA DE GASES....22
FIGURA 14. VISTA LATERAL 3D GENERAL DEL SISTEMA DE LIMPIEZA DE GASES....23
FIGURA 15. FOTO DE LA PLANTA DE LIMPIEZA DE GASES....24
FIGURA 16. CENTRO DE CONTROL DE MOTORES – SALA ELÉCTRICA 296ER001....25
FIGURA 17. VISTA LATERAL 3D GENERAL DEL SISTEMA DE LIMPIEZA DE GASES....29
FIGURA 18. CLASIFICACIÓN TECNOLÓGICA 30
FIGURA 19. ELEMENTOS DE SISTEMA DE CONTROL A LAZO ABIERTO....36
FIGURA 20. SISTEMA DE CONTROL A LAZO CERRADO....37
FIGURA 21. ESQUEMA DE BLOQUES DE UN SISTEMA DE CONTROL 37
FIGURA 22. DIAGRAMA A BLOQUES GENERAL DE UN CONTROL AUTOMÁTICO 39
FIGURA 23. ESQUEMA DE UN SISTEMA DE CONTROL EN LAZO CERRADO CON CONTROL PID 40
FIGURA 24. ESQUEMA DE RESPUESTA AL ESCALÓN DE UN SISTEMA DE CONTROL 40
FIGURA 25. RESPUESTA DEL SISTEMA A ESCALÓN....41
FIGURA 26. TIEMPO MUERTO Y TIEMPO DE SUBIDA....41
FIGURA 27. OSCILACIÓN DE LA VARIABLE DE PROCESO 43
FIGURA 28. CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE – CONTROLLOGIX DE LA MARCA ALLEN-BRADLEY .44
FIGURA 29. ARQUITECTURA DE RED TÍPICA– CONTROLLOGIX 45
FIGURA 30. SISTEMA SCADA, PANEL OPERADOR Y 02 PLCS 47
FIGURA 31. ARQUITECTURA BÁSICA DE UN SISTEMA SCADA 48
FIGURA 32. ETHERNET IP Y UN BUS CLÁSICO....49
FIGURA 33. EJEMPLO DE REDES DEVICENET 50
FIGURA 34. TOPOLOGÍA DE LA RED DEVICENET 51
FIGURA 35. PLANIFICACIÓN – DESARROLLO DE PUESTA MARCHA....52

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

FIGURA 36. PLANIFICACIÓN – DESARROLLO DE PUESTA MARCHA 53
FIGURA 37. PLC PRIMARIO Y SECUNDARIO 56
FIGURA 38. TABLERO DE CONTROL – CHASIS 01 RACK REMOTO 01 Y 02 57
FIGURA 39. CHASIS RACK REMOTO 01 57
FIGURA 40. CHASIS RACK REMOTO 02 57
FIGURA 41. PLANO DE DISPOSICIÓN DE EQUIPOS Y COMPONENTES 58
FIGURA 42. PLANOS DE DISTRIBUCIÓN DEL TABLERO DE CONTROL Y CHASISES REMOTOS 01 Y 02 59
FIGURA 43. ADD ON – ARRANQUE TÍPICO DE MOTORES 76
FIGURA 44. ENTRADAS DISCRETAS 79
FIGURA 45. ADD-ON SEÑALES ANÁLOGAS, ... 80
FIGURA 46. ESCALAMIENTO DE SEÑAL 4-20MA VS SEÑAL DE UNIDADES DE INGENIERÍA (%) 81
FIGURA 47. ADD ON – CONFIGURACIÓN DE CONTROL TÍPICO DE VÁLVULA 83
FIGURA 48. CONFIGURACIÓN DEL BLOQUE PIDE 85
FIGURA 49. ESTRUCTURA DEL PROGRAMA DE CONTROL 87
FIGURA 50. CONFIGURACIÓN DE LAS PROPIEDADES DEL CONTROLADOR EN RSLOGIX500 87
FIGURA 51. ESTRUCTURA DEL ÁRBOL CONFIGURACIÓN I/O EN RSLOGIX5000 88
FIGURA 52. DIRECCIÓN IP ESTÁTICA A UTILIZAR 89
FIGURA 53. INTERFACE DE RSLINX GATEWAY 90
FIGURA 54. INTERFACE DE RSLINX CLASSIC, RECONOCIMIENTO DEL PLC 90
FIGURA 55. CONEXIÓN AL RSLOGIX 5000 Y DESCARGA DEL PROGRAMA MEDIANTE “WHO ACTIVE” 91
FIGURA 56. PLANOS DE DISTRIBUCIÓN DEL TABLERO DE CONTROL Y CHASISES REMOTOS 01 Y 02 91
FIGURA 57. PROGRAMA PLC DESCARGADO EN MODO ONLINE”. 92
FIGURA 58. SWITCH DE ACCESO SW2 92
FIGURA 59. PLCS REDUNDANTES (PRIMARIO Y SECUNDARIO) 92
FIGURA 60. NODOS ESCANEADOS EN LA RED DEVICENET, DESDE RSNETWORX FOR DEVICENET (V.27) 93
FIGURA 61. NODOS ADICIONADOS EN EL SCANNER 1756-DNB 93
FIGURA 62. MAPEO DE SALIDA DE DATOS. 94
FIGURA 63. MAPEO DE ENTRADA DE DATOS. 94
FIGURA 64. CENTRO DE CONTROL DE MOTORES (RED DEVICENET) – SALA ELÉCTRICA 95
FIGURA 65. CENTRO DE CONTROL DE MOTORES (RED DEVICENET) – SALA ELÉCTRICA 95
FIGURA 66. SEÑALES ANÁLOGAS DEL SLOT 03 DEL RACK REMOTO 02 96
FIGURA 67. SEÑALES DISCRETAS DEL SLOT 03 DEL RACK REMOTO 01 96
FIGURA 68. SEÑALES DE SALIDAS ANÁLOGAS DEL SLOT 11 DEL RACK REMOTO 02 97
FIGURA 69. SEÑALES DE SALIDA DISCRETA DEL SLOT 12 DEL RACK REMOTO 01 97
FIGURA 70. TARJETA DE ENTRADA ANÁLOGA 1756-IF8H 98
FIGURA 71. TARJETA DE SALIDA ANÁLOGA 1756-OF8H 98
FIGURA 72. TARJETA DE SALIDA DIGITAL 1756-OWS16I 99
FIGURA 73. TARJETA DE ENTRADA DIGITAL 120VAC 1756-IA16 99
FIGURA 74. DISTRIBUCIÓN DE TARJETAS I/O CONFIGURADOS EN LA PROGRAMACIÓN DEL PLC. 100

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

FIGURA 75. CONFIGURACIÓN TÍPICA PARA EL ARRANCADOR DIRECTO MM200 101
FIGURA 76. CONFIGURACIÓN TÍPICA PARA LOS VARIADORES DE FRECUENCIA POWERFLEX 753 102
FIGURA 77. CONFIGURACIÓN TÍPICA PARA EL VENTILADOR DE TIRO 296-FAN-001....103
FIGURA 78. SUBRUTINAS EN LA PROGRAMACIÓN DEL PLC 104
FIGURA 79. CONTROL DE VÁLVULA ON-OFF QUE PERMITE DESCARGA DE LAS BOMBAS CENTRÍFUGAS...105
FIGURA 80. CONTROL DE BOMBA CENTRÍFUGA 296-PMP-001A 106
FIGURA 81. CONTROL DE LLENADO DE TANQUE MEDIANTE VÁLVULA ON-OFF....106
FIGURA 82. CONTROL DE LA VÁLVULA DE TEMPERATURA TV-296135....107
FIGURA 83. CONTROL PID DE TEMPERATURA TIC-296135....107
FIGURA 84. LÓGICA DE CONTROL DE LA LIMPIEZA DE LOS MÓDULOS 1, 2,3 Y 4. 108
FIGURA 85. ACTIVACIÓN SECUENCIAL DE LIMPIEZA AUTOMÁTICO 109
FIGURA 86. RUTINA CONTROL DE LA TARJETA TEMPORIZADORA....109
FIGURA 87. LÓGICA DE ARRANQUE DE SOPLADORES DE AIRE 296-BLO-300/310. 110
FIGURA 88. PROGRAMA CONTROL PID DE PRESIÓN DIFERENCIAL....111
FIGURA 89. RUTINA CONTROL PV-272 Y PID DE PRESIÓN DIFERENCIAL 111
FIGURA 90. RUTINA CONTROL VÁLVULA ROTATORIA 296VAL302. 112
FIGURA 91. RUTINA CONTROL VÁLVULA ROTATORIA 296VAL313. 112
FIGURA 92. RUTINA CONTROL SOPLADOR DE AIREA BLO-322....113
FIGURA 93. RUTINA CONTROL SOPLADOR DE AIRE BLO-324....113
FIGURA 94. RUTINA CONTROL VÁLVULA DE RESIDUO VAL-314 114
FIGURA 95. PROGRAMACIÓN DEL SISTEMA DE FLUIDIZACIÓN DEL SILO DE CAL 115
FIGURA 96. RUTINA CONTROL DE SISTEMA DE FLUIDIZACIÓN DEL ALIMENTADORES....116
FIGURA 97. RUTINA CONTROL DE SISTEMA DE FLUIDIZACIÓN DEL SILO DE RESIDUO 116
FIGURA 98. RUTINA CONTROL DE DAMPER 003 Y 004....117
FIGURA 99. RUTINA CONTROL DE DAMPER 006 117
FIGURA 100. CONTROL DE LOS DAMPERS DE AISLAMIENTO 296-DAM-008 Y 296-DAM-009 118
FIGURA 101. CONTROL DE PRESIÓN MEDIANTE EL DAMPER 296-DAM-001....119
FIGURA 102. CONTROL DE PRESIÓN MEDIANTE EL DAMPER 296-DAM-002....120
FIGURA 103. CONTROL PID DE PRESIÓN MEDIANTE EL DÁMPER 296-DAM-005 Y TRANSMISOR PIT-202....121
FIGURA 104. RUTINA CONTROL DE DAMPER 010 122
FIGURA 105. RUTINA CONTROL DEL VENTILADOR DE TIRO 296-FAN-001 123
FIGURA 106. EJEMPLO TENDENCIA CONTROL PID DE TEMPERATURA 124
FIGURA 107. BLOQUE PIDE PARA EL CONTROLADOR PID 125
FIGURA 108. ESTABLECIMIENTO DE LÍMITES EN BLOQUE PIDE 126
FIGURA 109. VALORES OBTENIDOS MEDIANTE AUTOTUNE....126
FIGURA 110. CONFIGURACIÓN DE ENTRADAS DE AUTOTUNE....127
FIGURA 111. CONFIGURACIÓN PARA PARÁMETROS SP, PV Y CV 128
FIGURA 112. GANANCIAS FINALES PID MEDIANTE AUTOTUNE....129
FIGURA 113. PANTALLA SCADA – PROCESO GENERAL 133

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

FIGURA 114. PANTALLA SCADA – PROCESO DE LA UNIDAD DE AGUA DE ENFRIAMIENTO 135
FIGURA 115. STATUS DE MODO DE OPERACIÓN 136
FIGURA 116. SELECTOR VIRTUAL DE BOMBA PRIMARIA 136
FIGURA 117. ACCESO A VENTANA FACEPLATE DE "PERMISIVOS/INTERLOCKS" 136
FIGURA 118. PANTALLA DE PROCESO – UNIDAD SILO DE CAL 138
FIGURA 119. SETEO DE PRESIÓN ALTA Y BAJA DE LIMPIEZA 139
FIGURA 120. PANTALLA PROCESO – SISTEMA DE BAGHOUSE EN SCADA – PC CLIENTE 296-OWS-001 140
FIGURA 121. MODO DE OPERACIÓN DE LIMPIEZA BAGHOUSE 141
FIGURA 122. CELDA SETEADA EN MODO MANUAL. 141
FIGURA 123. LIMPIEZA SETEADA EN MODO MANUAL. 141
FIGURA 124. LIMPIEZA SETEADA EN MODO AUTO 142
FIGURA 125. CELDA SETEADA EN MODO AUTOMÁTICO 142
FIGURA 126. SELECTOR DE MODO DE OPERACIÓN POR PRESIÓN 143
FIGURA 127. SELECTOR DE MODO DE OPERACIÓN POR INTERRUPTOR DE NIVEL 143
FIGURA 128. PANTALLA PROCESO SCADA - SISTEMA RECICLAJE Y RESIDUO 144
FIGURA 129. PANTALLA DE PROCESO SCADA – UNIDAD DE CIRCUITO DE GASES 146
FIGURA 130. PRIORIDAD DE ALARMAS PRECONFIGURADAS EN EL SCADA 147
FIGURA 131. PANTALLA DE ALARMAS EN SCADA – PC CLIENTE 296-OWS-001 148
FIGURA 132. ICONO DE TENDENCIAS 149
FIGURA 133. PANTALLA DE TENDENCIAS DE PROCESO 150
FIGURA 134. ICONO DE DIAGNÓSTICO 151
FIGURA 135. PANTALLA DE DIAGNÓSTICO DE FALLAS 152
FIGURA 136. VENTANA DE CONFIGURACIÓN DE ESCALAMIENTO 153
FIGURA 137. STATUS DE LA CELDA CDS 154
FIGURA 138. CONDICIONES EN AUTOMÁTICO 155
FIGURA 139. FOTOS DEL SISTEMA SCADA DESCARGADO EN PC CLIENTE 156
FIGURA 140. PLANO DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO. 162
FIGURA 141. PLANO P & ID – UNIDAD DE AGUA DE ENFRIAMIENTO. 163
FIGURA 142. PLANO P & ID - UNIDAD DE CAL 164
FIGURA 143. PLANO P & ID - UNIDAD DE RESIDUO 165
FIGURA 144. PLANO P & ID UNIDAD DE RECICLAJE A 166
FIGURA 145. DIAGRAMA P & ID UNIDAD DE RECICLAJE B 167
FIGURA 146. PLANO P & ID – MÓDULO 1 - BAGHOUSE 168
FIGURA 147. PLANO P & ID – MÓDULO 2 - BAGHOUSE 169
FIGURA 148. PLANO P & ID – MÓDULO 3 - BAGHOUSE 170
FIGURA 149. PLANO P & ID – MÓDULO 4 - BAGHOUSE 171
FIGURA 150. PLANO P & ID – SILO DE RESIDUO 172
FIGURA 151. PLANO P & ID – UNIDAD DE CIRCUITO DE GASES 173

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

FIGURA 152. LISTADO DE SEÑALES POR MENSAJERÍA ETHERNET - PLC 296-PLC-001 Y PLC 294-PLC-006 DE HORNOS AFINOS #2 182

FIGURA 153. LISTADO DE SEÑALES POR MENSAJERÍA ETHERNET - PLC 296-PLC-001 Y PLC 294-PLC-005 DE HORNOS AFINOS #1 183

FIGURA 154. SÍMBOLO ESTÁNDAR DE MOTORES 199

FIGURA 155. ESTÁNDAR DE COLORES 199

FIGURA 156. ESTÁNDAR DE MODOS DE OPERATIVIDAD 199

FIGURA 157. STATUS DE VÁLVULAS 200

FIGURA 158. LISTA DE ESTADOS DE VÁLVULAS 200

FIGURA 159. LISTA DE MODO DE OPERACIÓN 200

FIGURA 160. FACEPLATE VENTILADOR DE TIRO 201

FIGURA 161. FACEPLATE – BOMBA 296-PMP-001A 202

FIGURA 162. FACEPLATE – VÁLVULA DE DESCARGA FV-296125 203

FIGURA 163. FACEPLATE – VÁLVULA DESVÍO 204

FIGURA 164. FACEPLATE - SISTEMA FLUIDIZACIÓN 205

FIGURA 165. FACEPLATE – LAZO DE CONTROL DE NIVEL DE TEMPERATURA – TIC296135 206

FIGURA 166. TREND PID – CONTROLADOR DE TEMPERATURA TIC-296135 207

FIGURA 167. FACEPLATE – LAZO DE CONTROL DE NIVEL DEL TANQUE - LIC_296143 208

FIGURA 168. INDICADOR DE MEDICIÓN DE PRESIÓN 209

FIGURA 169. STATUS MODO DE OPERACIÓN 209

FIGURA 170. DIAGRAMA DE DISTRIBUCIÓN DE EQUIPAMIENTO 212

FIGURA 171. PLANO DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA CHASIS 1-2 – REMOTO 213

FIGURA 172. PLANO DE DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA – CHASIS 3 – CHASIS REMOTO 214

FIGURA 173. PLANO DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA – CHASIS 4 – CHASIS REMOTO 215

FIGURA 174. PLANO DIAGRAMA UNIFILAR DISTRIBUCIÓN DE 120 VAC 216

FIGURA 175. DISTRIBUCIÓN DE 24 VDC 217

FIGURA 176. PLANO DETALLE DE CHASIS REDUNDANTE Y REMOTO 218

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

CAPÍTULO I: DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

La unidad minera SPCC Fundición, cuenta con un Proceso de fundición en los Hornos afinos, el cual genera emisiones de gases que se envían al ambiente directamente desde una chimenea, por lo tanto se requiere de una planta de tratamiento de gases automatizado de tal forma que sea eficiente y óptimo para el proceso de captura de las partículas que están presentes en la emisión de gases y poder disminuir las emisiones al medio ambiente de forma permanente a un valor igual o inferior requerido por los nuevos estándares de calidad ambiental (ECA), asimismo cuente con un sistema de monitoreo SCADA para la localización de fallas de forma inmediata, así como fallas por redes industriales, falla de equipos, falla de instrumentación, falla en los lazos de control PID y alarmas de equipos que comprenden el proceso.

El presente proyecto tienen como alcance el diseño e implementación de un sistema de automatización controlado por 01 PLC con Redundancia, que será programado mediante el software Rslogix5000 donde se implementara las rutinas de control y comunicación según la filosofía de control del proceso y para el monitoreo se desarrollará un sistema SCADA mediante software FactoryTalk View Site Edition, desde el cual será posible realizar el arranque/parada de equipos, seteos de setpoint para los lazos de control PID (temperatura, caudal, presión, etc.) para los lazos cerrados de sensores y actuadores, visualización de tendencias y alarmas, diagnóstico de fallas de activos y el monitoreo de todas variables de proceso de la instrumentación de campo, esto con el fin de obtener un eficiente control y monitoreo remoto del proceso en general. También se contará con equipos que serán integrados a la Red DeviceNet, donde se realizará las configuraciones de mapeo de bytes para la adquisición de información para estatus y control de los equipos de forma remota, lo cual además reducirá el cableado gracias a la alimentación de pequeños dispositivos a través de bus. Finalmente, el PLC y la PC Cliente (SCADA) serán integrados a la red Ethernet industrial de la unidad minera para establecer la comunicación y monitoreo de las variables de proceso.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

CAPÍTULO II: OBJETIVO DEL INFORME

2. OBJETIVOS

2.1. OBJETIVO PRINCIPAL

- Automatizar un sistema de control y diseñar un sistema de supervisión para un sistema de limpieza de gases de hornos afinos.

2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Desarrollar un gabinete de control para la arquitectura del PLC Allen-Bradley.
- Desarrollar la programación y sistema de supervisión, tendencias y faceplates para las diferentes etapas del proceso de limpieza de gases.
- Identificar las variables a supervisar y controlar en la planta de tratamiento de gases
- Determinar la aplicación de un algoritmo que permitirá el control y monitoreo del sistema de limpieza de gases.
- Diseñar el sistema SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition) para mostrar los datos adquiridos dentro de cada uno de los subprocesos de tratamiento de gases, a fin de direccionar las decisiones y acciones necesarias para corregir posibles problemas durante sus procesos de operación.
- Implementar indicadores en el sistema SCADA con la finalidad de hacer eficaces los procesos para la obtención de información, los cuales puedan ser validados en función al tiempo, control y alertas que surjan en el proceso de operaciones.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

CAPÍTULO III: DATOS DE LA EMPRESA

3. INFORMACIÓN Y CARGO EN LA EMPRESA

3.1. RAZÓN SOCIAL

- CONTROLTEK S.A.C.
- RUC: 20456029079

3.2. LOCALIZACIÓN

Dirección: Av. Alianza 206 – Alto Selva Alegre – Arequipa

3.3. DESCRIPCIÓN, MISIÓN Y VISIÓN

ControlTek S.A.C: La empresa se especializa en "brindar soluciones a problemas de automatización y control, instrumentación, pequeños servicios eléctricos, suministros de maquinaria y control de procesos, representando equipos de automatización y dispositivos industriales de las mejores marcas" (Controltek, 2019, párr.1).

VISIÓN:

Brindar "Soluciones integrales de ingeniería, gestión, desarrollo, seguimiento e implementación de proyectos de automatización, instrumentación, control de procesos y electromecánicos a través de la innovación, mejora continua y sustentabilidad de operaciones" (Controltek, 2019, párr.1).

MISIÓN:

"Ser una empresa líder a nivel nacional, fomentar el desarrollo de soluciones integrales de ingeniería, instrumentación, automatización, control de procesos y servicios electromecánicos" (Controltek, 2019, párr.1).

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

3.4. ORGANIZACIÓN DE LA EMPRESA

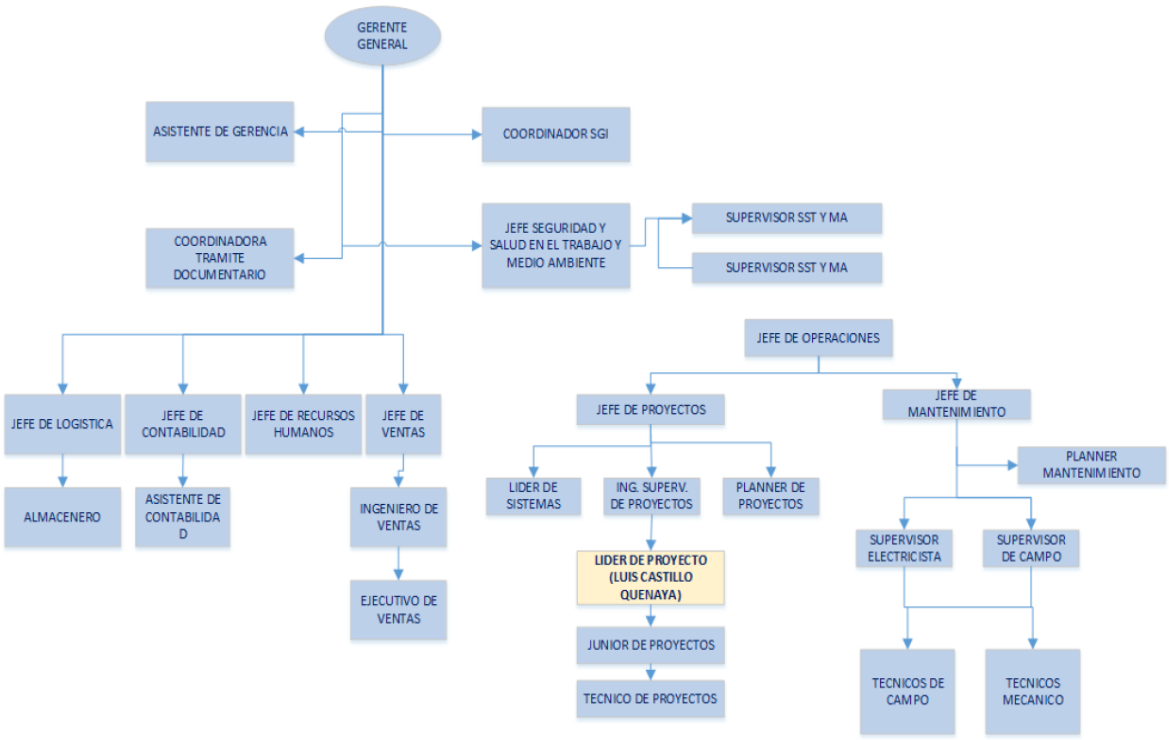


Figura 1. Organigrama de ControlTek S.A.C.

Fuente: RR.HH. Controltek S.A.C.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

3.5. FUNCIONES PRINCIPALES DEL PUESTO DE TRABAJO

- Implementación de proyectos de automatización hasta su puesta en marcha. Gestión y Supervisión de la puesta en marcha.
- Detección de nuevas necesidades en cliente y aportación de soluciones.
- Definición de las especificaciones técnicas y redacción de la documentación técnica del proyecto.
- Elaboración de informes técnicos, manuales de operaciones de SCADA/HMI y filosofías de control.
- Configuración y Programación del PLC (Lenguaje Ladder, Diagrama de bloques, Lenguaje de diagrama funcional secuencial), SCADA y HMI (Marcas: Rockwell Allen Bradley y Wonderware Intouch), Programación de variadores de frecuencia (Marca Rockwell)
- Diseño e implementación de arquitecturas SCADA Standalone y Distribuido.
- Configuración de Redes industriales: DeviceNet, Ethernet, ControlNet, Modbus TCP/RTU (Software RsNetWorx for DeviceNet, Ethernet, ControlNet, ProSoft)
- Sintonización de lazos de control PID.
- Interpretación y elaboración de planos eléctricos/electrónicos, Arquitectura de Red, P & ID en AutoCAD.
- Armado y Comisionamiento de Gabinetes de PLC.
- Realización de pruebas FAT, SAT y CAT con clientes.
- Dar Capacitaciones al personal de operaciones y de ingeniería para su correcto manejo del sistema de control desde el HMI o SCADA.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

CAPÍTULO IV: MARCO CONCEPTUAL

4. FUNDAMENTOS TEÓRICOS

El presente capítulo describe los conceptos que se han considerado para la ejecución del proyecto de automatización del sistema de control.

4.1. LA CAL EN EL TRATAMIENTO DE GASES

De acuerdo con Calcinor (2020) “Los Procesos térmicos industriales son lo que provocan la generación de gases contaminantes” (párr.1).

Además, estos elementos contaminantes, “los cuales de un inicio a procesar están fijados en la materia prima, al tener un incremento en la temperatura del mismo durante la fabricación, estos pasan a estado gaseoso” (Calcinor,2020, párr.1).

De acuerdo con Calcinor (2020), existe la desventaja de que en el caso de que los gases lleguen a liberarse sin un pretratamiento y con una temperatura de gas reducido, lo que va a ocurrir es que va a llegar a un punto de rocío donde las partículas contaminantes van a pasar a un estado de fase líquido, lo cual da una gran posibilidad de llegar a modificar el ambiente o entorno. Por lo tanto, es necesario que sean captados en el proceso de producción y previamente a su emisión hacia la atmósfera. Una de las principales propiedades de la cal que es considerado para esta aplicación es su alta velocidad para capturar contaminantes ácidos que son transportados por la corriente de gas, asimismo en el procesamiento de gas de cal, se puede inyectar en varias formas, ya sea seco o preparado en forma de lechada de cal.



Figura 1. Cal hidratada preparado en seco

Fuente: Flexicon (2018)

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

4.2. ELEMENTOS DEL SISTEMA DE LIMPIEZA DE GASES

4.2.1. SISTEMA SCRUBBER

Los Scrubbers son sistemas de purificación de gases utilizado principalmente para la eliminación tanto de partículas como gases producidos en procesos industriales que son emitidos a la atmósfera (Comquima, 2020).

De acuerdo con Comquima (2020), cuando se emitan gases contaminantes, estos ingresaran en el interior del Scrubber, el cual es un colector de polvo, que primero se llenará parcialmente y antes con un líquido que absorberá los contaminantes que estén presentes en el gas. De esta manera, una vez que el contaminante desaparece, el gas puede volver a emitirse a la atmósfera.

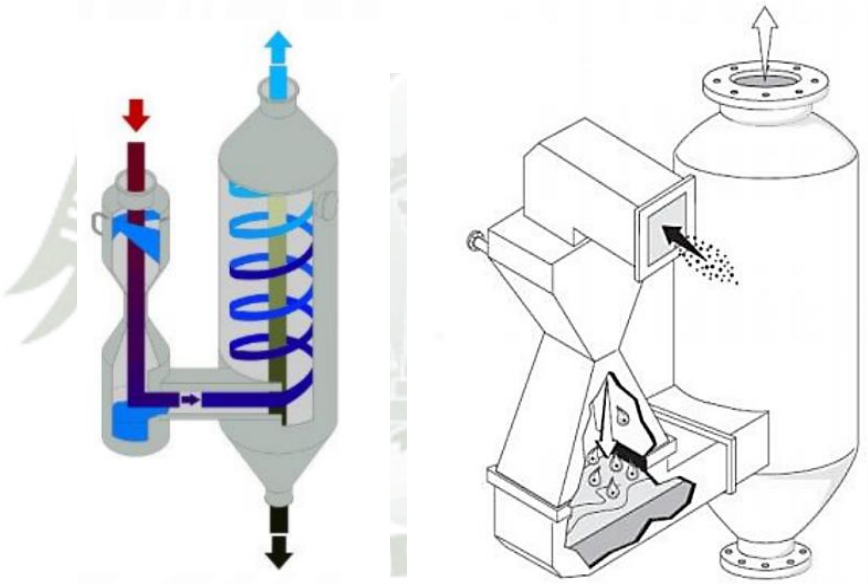


Figura 2. Scrubber Tipo Venturi

Fuente: Verlek, Industria & Química (2021)

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

4.2.2. BAGHOUSE

Denominado también como una cámara de filtros, el cual "Es un dispositivo de control de la contaminación del aire y un colector de polvo que elimina del aire las partículas o el gas liberado de los procesos comerciales" (Wikipedia,2021, párr.1).

De acuerdo con Wikipedia (2021), el aire o gas lleno de polvo ingresa al compartimiento de cámara de filtros mediante las tolvas. Luego el gas es extraído mediante los filtros de bolsas, y de acuerdo con el método de limpieza será desde el interior o exterior y se acumula una capa de polvo en la superficie del filtro hasta que el aire deja de circular. Luego empieza el proceso de limpieza cuando se genera una presión diferencial suficiente. La limpieza se puede realizar cuando la cámara de filtros se encuentre en línea (filtrado) o fuera de línea (aislado). Cuando la cámara de filtros se encuentre limpia, el proceso de filtración normal continuará.

El siguiente BAGHOUSE tipo chorro de pulso, son colectores que brindan una limpieza y reacondicionamiento más completos de las bolsas que los métodos de limpieza con agitador o aire inverso (Wikipedia,2021).

Un temporizador digital secuencial enciende la válvula solenoide a unos intervalos establecidos a fin de inyectar el aire en el tubo de soplado y así poder limpiar los filtros (Wikipedia,2021).

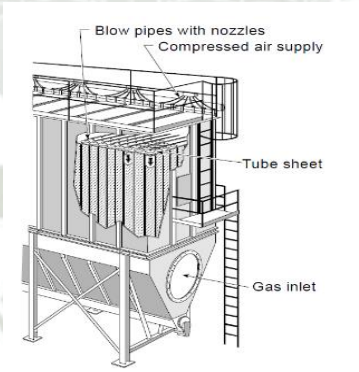


Figura 3.Típico Baghouse tipo chorro de pulso

Fuente: William M. Vatavuk (1998)

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

4.3. DIAGRAMAS DE FLUJO DE PROCESO (PFD) y P&ID

4.3.1. LOS DIAGRAMAS DE FLUJO DE PROCESO (PFD)

Son una representación esquemática del proceso, sus condiciones de operación normal y su control básico, estos tipos de diagramas nos permiten obtener una información ordenada, clara y concisa sobre las distintas etapas que conforman los diversos procesos industriales (Nirosa,2021).

A partir de este tipo de diagrama nos mostrará el diagrama del flujo de proceso, con el fin de proporcionarnos un estudio más detallado con claridad de los procesos para que en su posterior implementación sea analizado.

4.3.2. LOS DIAGRAMAS DE TUBERÍAS E INSTRUMENTACIÓN (P&ID)

De acuerdo con Lucidchart (2021), el P & ID es una ilustración esquemática de las relaciones funcionales entre las tuberías, la instrumentación y los componentes del sistema utilizados en el área de control, instrumentación o automatización, a menudo diseñado por un equipo de ingenieros.

De acuerdo con Pirobloc (2017), estos diagramas incluyen una serie de símbolos, a partir de los cuales podemos identificar todos los componentes que integran el proceso en general, tales como las características de las tuberías (número y tamaño de tuberías), válvulas mecánicas, controladores (PLCs) y SCADA, equipos, alarmas, tanques, niveles, bombas, purgas, entre otros.

En el presente proyecto, los planos P&ID del proceso se dividen según las etapas de la Celda CDS que lo comprenden, donde se visualizarán los instrumentos con los que cuenta los equipos y las señales provenientes por cableado duro o por comunicación, los cuales se mostrarán en el SCADA. Se explicará brevemente a continuación las señales que son más empleadas y lazos de control PID de mayor relevancia que conforman el desarrollo del proyecto.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

- **P&ID – Unidad de Agua de enfriamiento**

Se muestran las señales analógicas de flujo de recirculación de agua, presión diferencial a la entrada del sistema de bombeo, control On-Off de nivel del tanque de agua y control PID de temperatura a la salida del reactor de gases. *(Ver Anexo 1. Planos P&ID – Tanque de Agua y Bombas de Agua)*

- **P&ID – Unidad de Reciclaje y Residuos**

Se muestra la gran cantidad de válvulas rotatoria que permitirán el desplazamiento del material reciclado desde tolvas de reciclaje hacia las tolvas de residuos, se cuenta con un lazo de control PID para mantener la presión diferencial en el reactor de gases y finalmente los interruptores de nivel alto en las tolvas que permitirán accionar el reciclado automático mediante válvulas rotatorias. *(Ver Anexo 1. Planos P&ID – Reciclador A & B, Silo de Residuos)*

- **P&ID – Unidad de Baghouse**

Se muestran las señales analógicas de presión diferencial en el Baghouse que permitirá activar la secuencia de limpieza de filtros mangas, válvulas del sistema de aire comprimido accionados por temporizadores y señales digitales de interruptores de presión baja. *(Ver Anexo 1. Planos P&ID – Módulo 1, 2,3 y 4 de Baghouse)*

- **P&ID – Unidad de Silo Cal**

Se muestran las señales analógicas de peso que permiten el control de llenado de las tolvas de alimentación al reactor de gases, nivel del silo de cal y señal de monitoreo de SO2. *(Ver Anexo 1. Planos P&ID – Silo de Cal & Alimentadores Volumétricos)*

- **P&ID – Unidad de circuito de gases**

Se muestran las señales analógicas de presión de gases de los ductos provenientes de los hornos afinos, lazos de control PID de presión mediante dámperes modulantes, lazo de control PID de flujo de gases para alcanzar el flujo mínimo de recirculación por la celda CDS. *(Ver Anexo 1. Planos P&ID – Unidad Circuito de Gases*)

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

4.4. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL ANTIGUO Y NUEVO SISTEMA

El sistema antiguo de escape de gases de los hornos de afino, encargados del proceso de fundición de cobre, incluía los ventiladores 294-FAN-001 y 294-FAN-002, los cuales enviaban directamente los gases hacia la chimenea (Figura 4), por ende, la necesidad de un sistema de limpieza de gases para los hornos de afino (Figura 5).

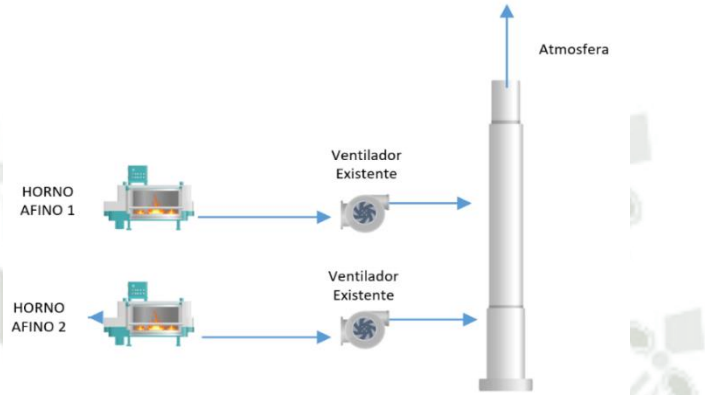


Figura 4. Esquema del sistema de control antiguo
Fuente: Elaboración Propia

El nuevo sistema limpieza de gases para los hornos afinos construido por la unidad minera, contempla el siguiente esquema de proceso, el cual permite la desviación del flujo de gases a través del sistema de limpieza de gases para atrapar el particulado en los filtros manga del Baghouse empleando material Cal, el cual tiene la capacidad para reducir hasta un valor inferior a lo requerido por los nuevos Estándares de Calidad Ambiental (ECA).

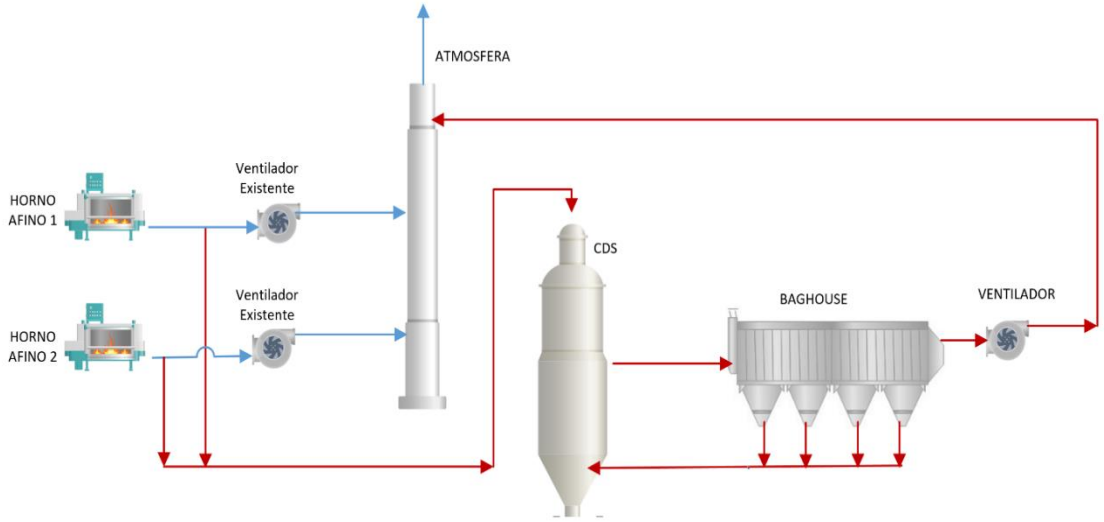


Figura 5. Esquema del sistema de control existente y el nuevo sistema de control.

Fuente: Elaboración Propia

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

4.5. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL FUNCIONAMIENTO DE SISTEMA DE LIMPIEZA DE GASES.

La Figura 6 muestra el diagrama de proceso general, en la cual se muestra el flujo de los gases proveniente de los hornos afinos hacia el Reactor de gases y Baghouse del sistema de control.

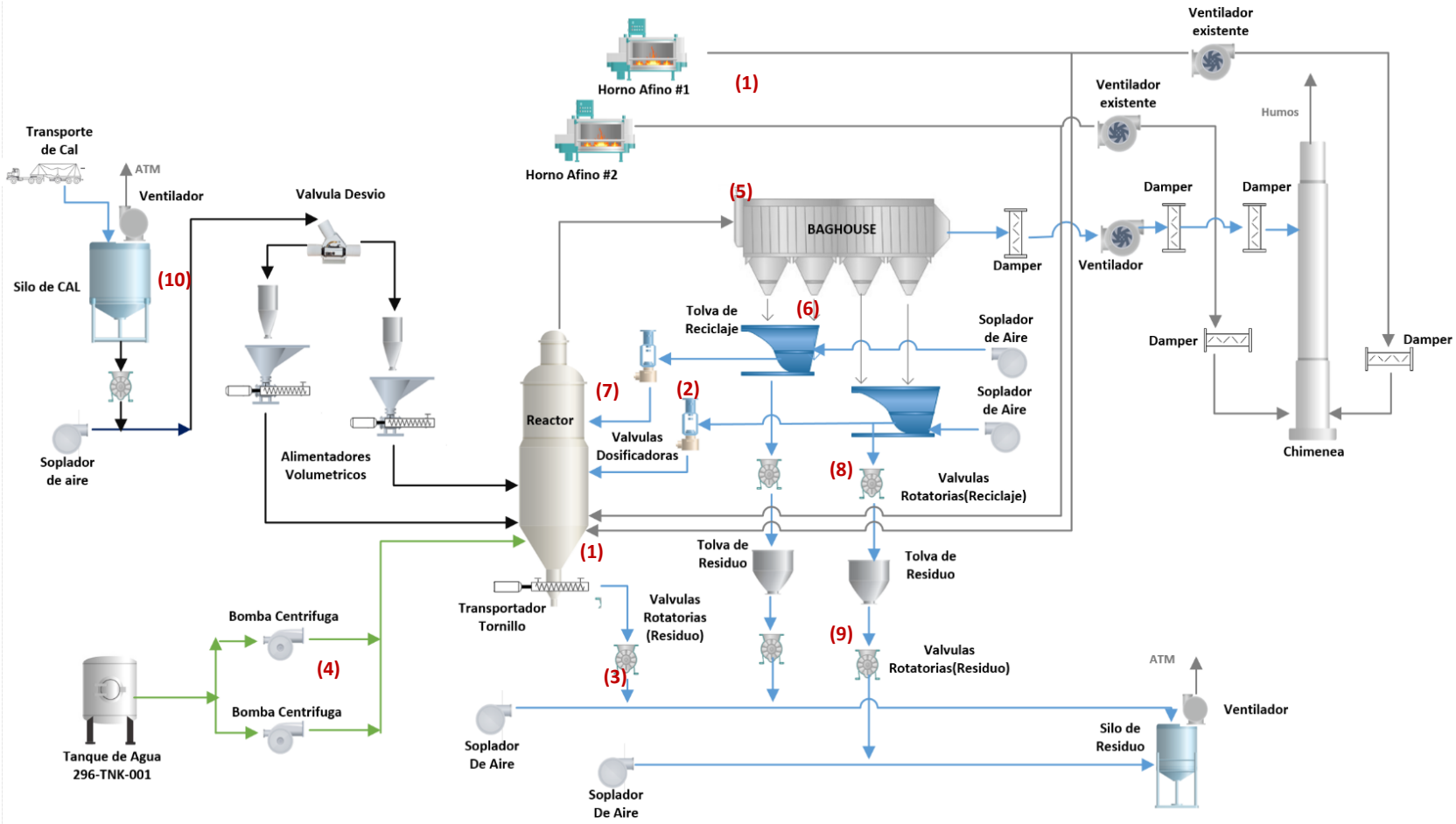


Figura 6. Diagrama de flujo de proceso general del sistema de limpieza de gases hornos afinos.

Fuente: Elaboración Propia

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

1. El sistema comienza con los gases de proceso provenientes de 02 hornos que entran en la sección inferior de la torre de reacción. Esta sección inferior se suministra con una tolva y un transportador de tornillo sin fin (296-SCR-600) para permitir que cualquier material que pueda caerse de la suspensión se elimine del sistema a través del sistema de manejo de desechos.
2. La cantidad de material reciclado se controla a través de válvulas de compuerta de cuchilla giratoria (PV-296252,272) en función de la presión diferencial (PDIT-296180A, B) a través de la torre de reacción que crea un lecho suspendido de material para reaccionar con el SO2 en el gas corriente.
3. En el caso de que el sistema se trastorne y el material sólido caiga al fondo de la torre de reacción, este material puede transportar neumáticamente al silo de residuos a través de una válvula giratoria (296-VAL-602) o puede vaciarse en el suelo o en un recipiente adecuado a través del transportador de tornillo de inversión (296-SCR-600) en la tolva de la torre de reacción
4. La tasa de inyección de reactivo nuevo se basa en el nivel de SO2 deseado medido por el analizador de SO2 de la planta (AIT-296170) ubicado en la chimenea 294-STK-001.
5. El sistema de rociado de agua se controla en función de la temperatura de salida (TIT-296135A, B, C) de la torre de reacción. El sistema de rociado de agua para esta planta es un sistema de fluido a alta presión donde el agua se atomiza y se rocía en la torre. La cantidad de agua se controla a través del punto de ajuste de temperatura de salida realizado por un control PID de temperatura.
6. Al salir de la torre de reacción, la corriente de gas del proceso cargado de polvo ingresa a los filtros mangas (Baghouse) a través del colector de entrada y se distribuye a cada uno de los módulos. Las válvulas tipo Damper de entrada (FV-296210, 220, 230,240) pueden aislar un módulo del colector de entrada durante el mantenimiento. El gas pasa a través de dámperes de compuerta hacia la pared lateral y sufre una disminución en la velocidad que resulta en una caída sustancial de polvo. El gas sucio o contaminado golpea una placa deflectora que distribuye el gas de manera uniforme en todo el alojamiento y permite que las partículas pesadas caigan en el recipiente. La filtración de partículas se logra a medida que el gas sucio fluye desde el exterior (lado sucio) del Baghouse, a través de los medios de filtros mangas, hacia el interior (lado limpio) del Baghouse. El gas limpio fluye a través de la cámara de aire limpio y sale por los Dampers de compuerta (FV-296216,226, 236,246) y entra en el colector de salida. El colector de salida es un conducto especializado que transporta el aire filtrado (aire limpio) desde los módulos de la cámara de filtros al conducto de salida. Los gases limpios se envían a través del ventilador y finalmente son descargados en la chimenea. A medida que funcionan los filtros mangas del Baghouse, el polvo acumulado comienza a formar una torta de polvo que aumenta la resistencia al flujo (porosidad del filtro). Como los filtros del Baghouse son los que filtran los sólidos de los gases, es necesario que se mantenga con un grosor apropiado. Esto se logra mediante

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

un transmisor de presión diferencial (PDIT-296200) que monitorea la diferencia de presión a través del manifold de entrada y salida.

7. Para mantener una caída de presión moderada de 1.495 kPa, los filtros del Baghouse se limpian usando un sistema de tipo de aire pulsante donde existen numerosas válvulas de aire de pulso de doble diafragma conectado al cabezal. El sistema de limpieza se inicia mediante el PLC y se controla mediante tarjetas de temporizador (KC-296-21, 213, 221,223, 231, 233, 241, 243) que activan una por una las bobinas solenoides de la válvula de aire de impulsos. El Venturi induce un flujo de aire secundario varias veces el volumen original y crea un flujo de aire inverso a través de la bolsa, limpiando así el polvo de la bolsa.
8. El polvo pulsado desde los filtros del Baghouse cae directamente en la tolva, donde luego es recogido en las tolvas de reciclaje. Cada tolva de módulo tiene una válvula de compuerta de cuchilla manual en la descarga para aislarla del sistema de la tolva de reciclaje para un mantenimiento.
9. El polvo recogido en las tolvas de reciclaje (296-BIN-300,310) se recicla en el Scrubber como se describió anteriormente. Los fondos de la tolva utilizan transportadores de gravedad por aire, comúnmente denominados deslizamientos de aire, para transportar el material de regreso a la torre de reacción.
10. El nivel de material en estas tolvas se monitorea a través del transmisor de presión (PIT-296255 y 275) en el soplador de tobogán y una sonda de nivel (LSH-296253,273) instalada en la tolva. A medida que la tolva de reciclaje se llena a un alto nivel, las válvulas rotativas de desecho (296-VAL-302,313) en el lado de los transportadores tornillos de gravedad de aire se energizan para permitir que el material sobrante salga del sistema.
11. Este exceso de material se deposita en contenedores de basura duales (296-BIN-304,314) debajo del sistema y luego se transporta al silo de residuos (296-BIN-002).
12. El reactivo fresco para el sistema de lavado se almacena en el silo de cal hidratada (296-BIN-001) que se encuentra cerca del lavador.
13. El silo tiene la capacidad de recibir cal hidratada a través de un camión a granel, el material se descarga mediante una válvula giratoria (296-VAL-104), el cual se encarga de transportar neumáticamente a alimentadores (296-FDR- 210,220). La velocidad de inyección se controla en función del nivel de SO2 medido en el analizador de SO2 de la planta (AIT-296170).

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

4.6. DESCRIPCIÓN DE LA LÓGICA DE CONTROL

4.6.1. PROCESO DE LA UNIDAD DE AGUA DE ENFRIAMIENTO

Este sistema es un sistema de derrame de alta presión que opera entre 3447.4-4826.3 kPa y controla el flujo de agua a la torre a través del control en la válvula de retorno de flujo en la línea de retorno. La válvula que controla el flujo es de acción inversa, es decir la válvula se cierra para aumentar el flujo hacia la torre de reacción. Cuando se encuentra en el modo automático, la válvula se controla según el punto de ajuste de temperatura de la torre de reacción. El sistema tiene dos bombas (296-PMP-001A, B), una en funcionamiento y una en espera, que se encargan de hacer circular el agua para enfriamiento desde el tanque 296-TNK-001 hacia el reactor y luego de regreso al tanque. El llenado del tanque es mediante la inyección de agua con la válvula LV-296143 hasta el nivel deseado medido por el transmisor LIT-296143.Los transmisores de flujo se encuentran instalados en las líneas de flujo de salida (FIT-296126) y de retorno (FIT-296131) para calcular el agua consumida. El control de temperatura al ingreso del Baghouse se realiza midiendo la temperatura a la salida (TIT-296 135A, B, C) del reactor e inyectando agua dentro del reactor por medio de una lanza, este control es realizado por una válvula de control ubicada en la línea de retorno de agua al tanque, la temperatura máxima al ingreso del Baghouse es controlada de manera que sea menor a 90°C, dicho control es realizado por un lazo de control de temperatura en el sistema de enfriamiento, esta condición es para asegurar una eficiente remoción del SO2 en el reactor y para que el arsénico pueda convertirse en un sólido de modo que se puede recolectar en el Baghouse *(Ver Anexo 1.Planos P&ID – Tanque de Agua y Bombas de Agua).*

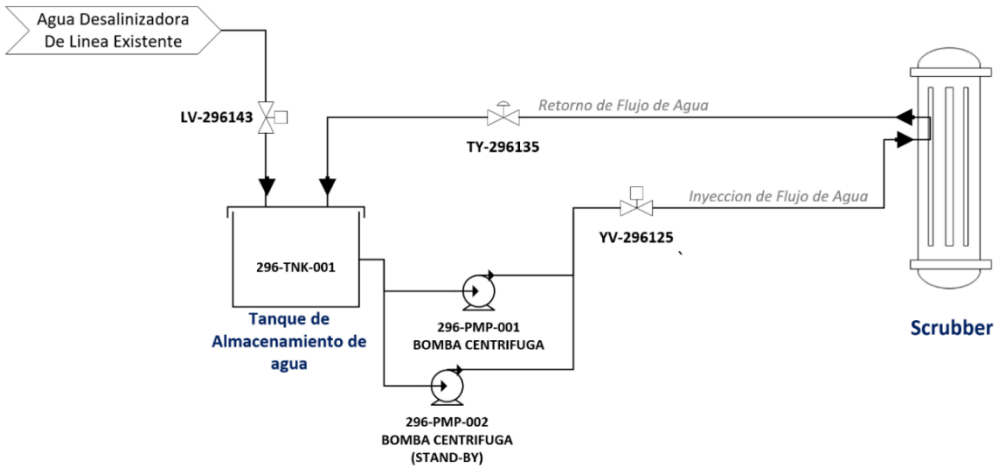


Figura 7.Diagrama de flujo de procesos (PFD) – Unidad de Agua de Enfriamiento
Fuente: Elaboración Propia

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

4.6.2. PROCESO DE LA UNIDAD DE CAL

El sistema de inyección de cal funciona mediante el principio de pérdida de peso. Existen dos alimentadores de tornillo que actúan en función de la medición de cal de las tolvas de cal, donde además la velocidad de los alimentadores está controlada por el sistema de control para ajustarse automáticamente en base a la lectura de SO2 desde el analizador de SO2 (AIT-296170) o se puede configurar a una velocidad fija si es necesario, los alimentadores funcionan uno a la vez y se rellenan automáticamente cuando alcanzan su punto de ajuste de bajo peso. Cuando se alcanza el punto de ajuste de bajo peso, la válvula desviadora (296-VAL-200) cambiará al alimentador vacío y luego la válvula giratoria debajo del silo de cal comenzará a mover la cal al alimentador.

Cuando se alcanza el interruptor de nivel alto (LSH-296166,168) o el punto de ajuste de alto peso, la válvula giratoria se detendrá y el alimentador esperará a que el otro alimentador alcance el punto de ajuste de bajo peso. Mientras se produce el llenado, habrá un aumento notable en la presión de la línea para el sistema de transporte de cal. esto indica que hay cal que está fluyendo.

El soplador de transporte de cal funciona continuamente para garantizar que la línea de transporte permanece despejada. *(Ver Anexo 1. Planos P & ID – Silo de Cal & Alimentadores Volumétricos)*

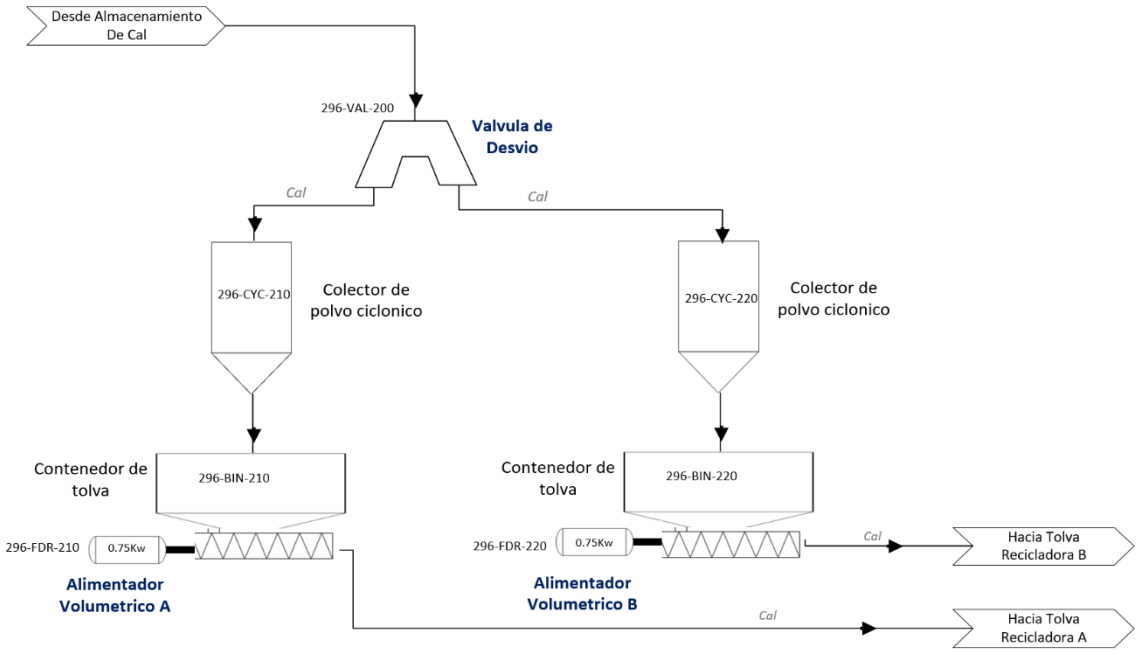


Figura 8. Diagrama de flujo de procesos (PFD) – Unidad de CAL
Fuente: Elaboración Propia

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

4.6.3. PROCESO DEL SISTEMA DE RECICLAJE – CELDA CDS

La función principal del sistema de reciclaje es ayudar a aumentar la utilización del reactivo al reciclar el material recolectado en la cámara de filtros nuevamente dentro del sistema de lavado de la torre de reacción. El material de reciclaje se recoge en tolvas de reciclaje ubicadas debajo de las tolvas de la cámara de filtros. El método principal para controlar el nivel en estos depósitos es medir la contrapresión de descarga en los sopladores de aire.

Cuando las tolvas estén vacías, la presión será de aproximadamente 6.205 -6.895 kPa. Cuando las tolvas estén llenas, la presión será de aproximadamente 10.342 -13.790 kPa. La tasa de reciclaje es controlada por las válvulas de dosificación. Las válvulas de dosificación son válvulas de compuerta de cuchilla giratoria que permiten que el material regrese a la torre de reacción y forme la carga circulante. El punto central de la acción es la torre de reacción (Scrubber).

El material reciclado es recolectado en las tolvas del reciclaje (BIN 300, 310) que se localiza en la parte inferior de las tolvas del Baghouse.

La velocidad en la que se recicla el material es controlada mediante válvulas dosificadoras PV 252, 272, Estas válvulas dosificadoras son válvulas compuerta tipo cuchilla giratorias, que permiten que el material fluya en retorno hacia la torre del reactor y de esta forma cargue a la circulación de gases *(Ver Anexo 1. Planos P & ID – Reciclador A & B).*

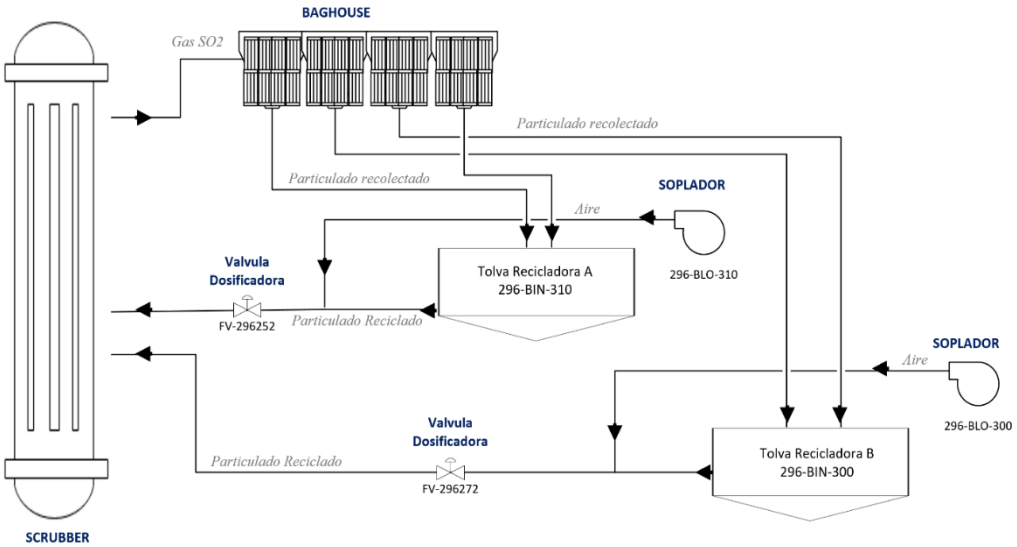


Figura 9. Diagrama de flujo de procesos (PFD) – Unidad de Reciclaje
Fuente: Elaboración Propia

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

4.6.4. PROCESO DE LA UNIDAD DE RESIDUOS

El sistema de residuos está diseñado para eliminar el material utilizado y el polvo acumulado del sistema Scrubber. Cuando se coloca en automático, el sistema está diseñado para eliminar el polvo de una de las dos tolvas de reciclaje a la vez en función del nivel de presión de la tolva. Cuando se alcanza el punto de presión de umbral o Nivel muy alto, la válvula rotativa de eliminación de residuos (VAL 302/313) en el lado con el nivel alto se energiza para permitir la eliminación de material de ese lado del sistema.

La válvula de extracción de residuos dispensa el material en una tolva de recambio de residuos para permitir la alimentación diferencial entre las válvulas superior e inferior. El transportador tornillo Scrubber (SCR-600) es usado para remover el material desde la tolva del Scrubber. El material residuo será transportado a la línea de transporte de residuo a través de la válvula rotatoria de la tolva del Scrubber VAL-602 o a través de la válvula manual de compuerta VAL-602 que dirige el material en dirección al recipiente, la dirección del transportador tornillo es seteado por el operador. Para promover la operación de descarga desde el Silo, un sistema de fluidización es instalado en la tolva del Silo de Residuo. El sistema libera una cantidad controlada de aire comprimido en un patrón circular para promover la alimentación por gravedad de la carga del material almacenado dentro del Silo *(Ver Anexo 1. Planos P & ID – Silo de Residuos).*

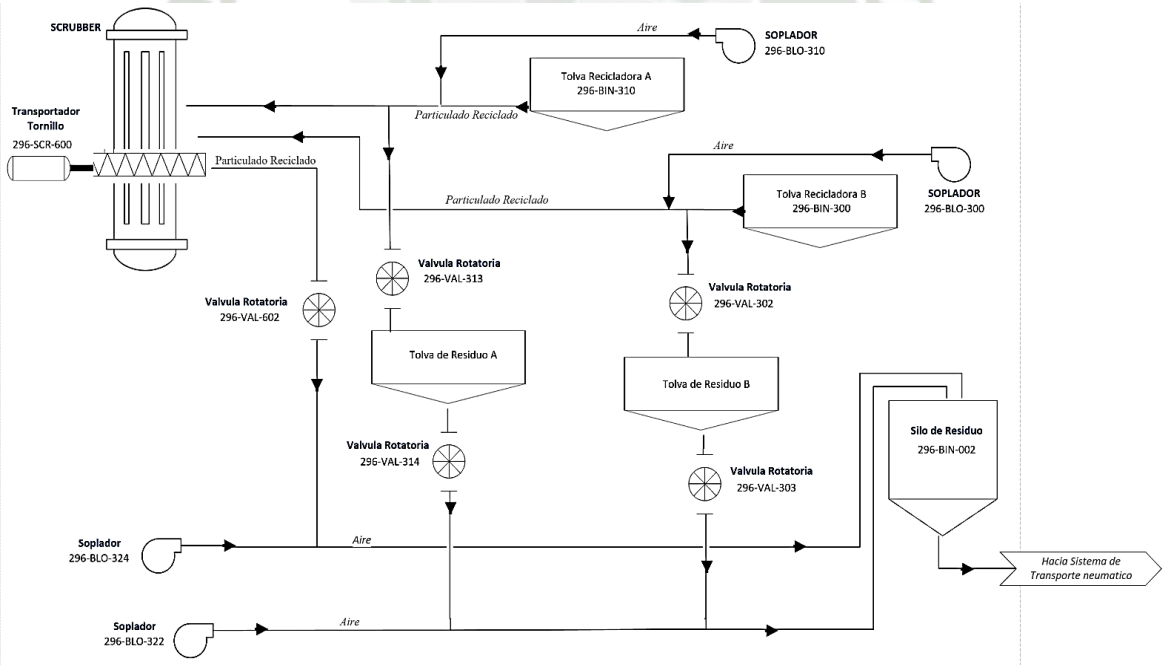


Figura 10. Diagrama de flujo de procesos (PFD) – Unidad de Residuos
Fuente: Elaboración Propia

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

4.6.5. PROCESO DE UNIDAD DE BAGHOUSE – CELDA CDS

Luego del Reactor los gases pasan por el Baghouse, mediante el cual el particulado de cal que contiene SO2 es atrapado y cualquier sustancia que pueda provenir desde los Hornos de afino.

El Baghouse cuenta con 04 módulos, los cuales tienen Dampers a la entrada y salida con la finalidad de poder ser aislados para mantenimiento.

Estos módulos cuentan con espacio especialmente diseñados para disminuir la velocidad de los gases y así los residuos y el polvo que se precipitan al fondo de los módulos, el polvo y residuos que no se precipitan serán atrapados en los filtros, luego con la limpieza automática el material atrapado en los filtros caerá al fondo. *(Ver Anexo 1. Planos P & ID – Módulo 1, 2,3 y 4 de Baghouse).*

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

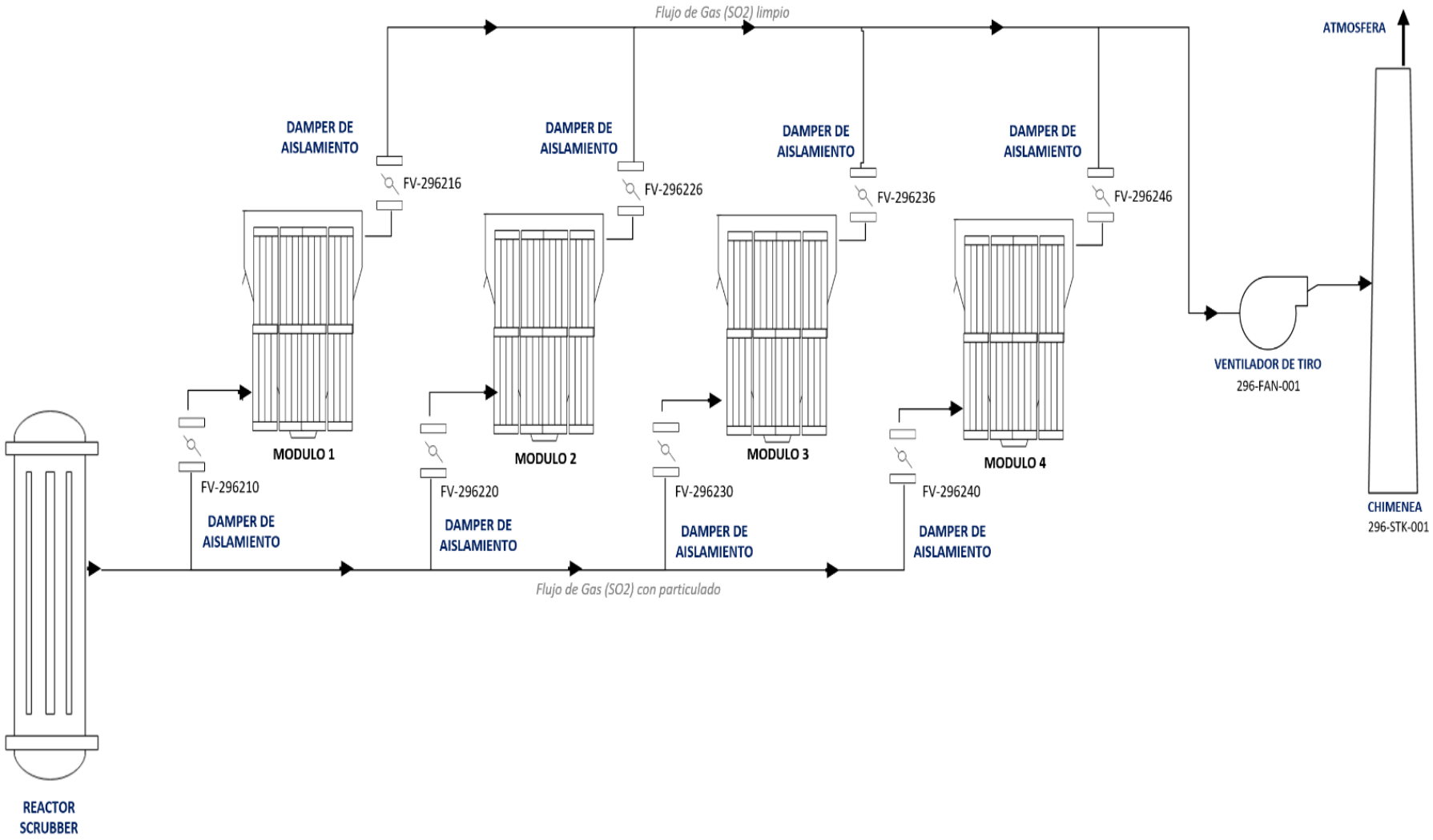


Figura 11. Diagrama de flujo de procesos (PFD) – Unidad de BAGHOUSE

Fuente: Elaboración Propia

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

4.6.6. PROCESO DE UNIDAD DE CIRCUITO DE GASES

Luego del Baghouse, los gases pasan por el ventilador de tiro 296-FAN-001, el cual se encarga de hacer circular los gases por la planta de tratamiento hacia la chimenea existente 294-STK-001, esto se logra mediante la unidad de circuito de gases, el cual está constituido por Dampers on-off y modulantes instalados a la entrada y salida del reactor Scrubber.

Existe una condición de flujo de gases mínimo para que la planta de tratamiento de gases trabaje correctamente, para esto se cuenta con un lazo de control PID de Flujo realizado por un medidor de flujo (FIT-296120) con un Venturi en la línea 296-DUC-005 a la salida del ventilador de tiro 296-FAN-001. El control de flujo se realiza con la recirculación de gases (apertura del Damper 296-DAM-010), así garantizar que en el sistema exista suficiente flujo proveniente de los hornos de afino para que funcione correctamente con el flujo mínimo (120,000 m3/h) necesario para el CDS *(Ver Anexo 1. Planos P & ID – Unidad Circuito de Gases*).

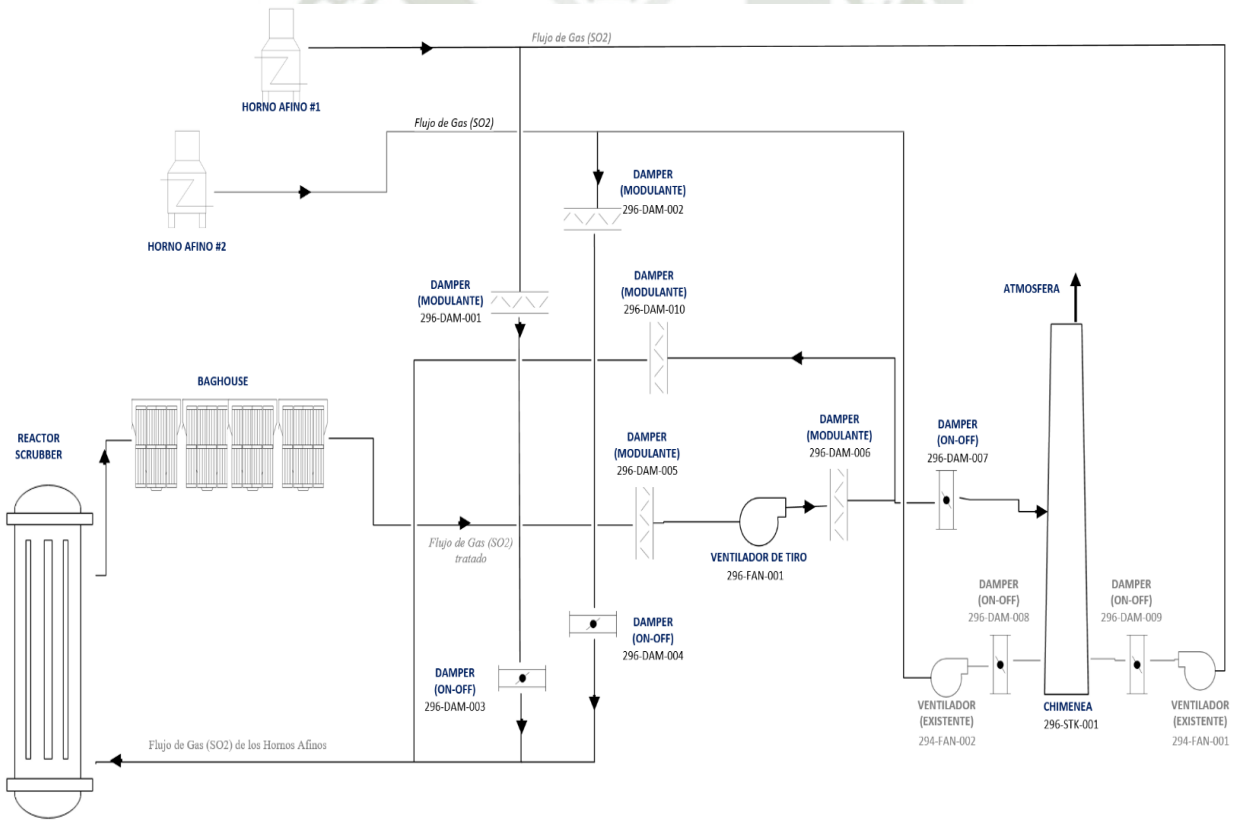


Figura 12. Diagrama de flujo de procesos (PFD) – Unidad de Circuito de Gases

Fuente: Elaboración Propia

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

4.7. VISTA SUPERIOR Y LATERAL DEL SISTEMA DE LIMPIEZA DE GASES

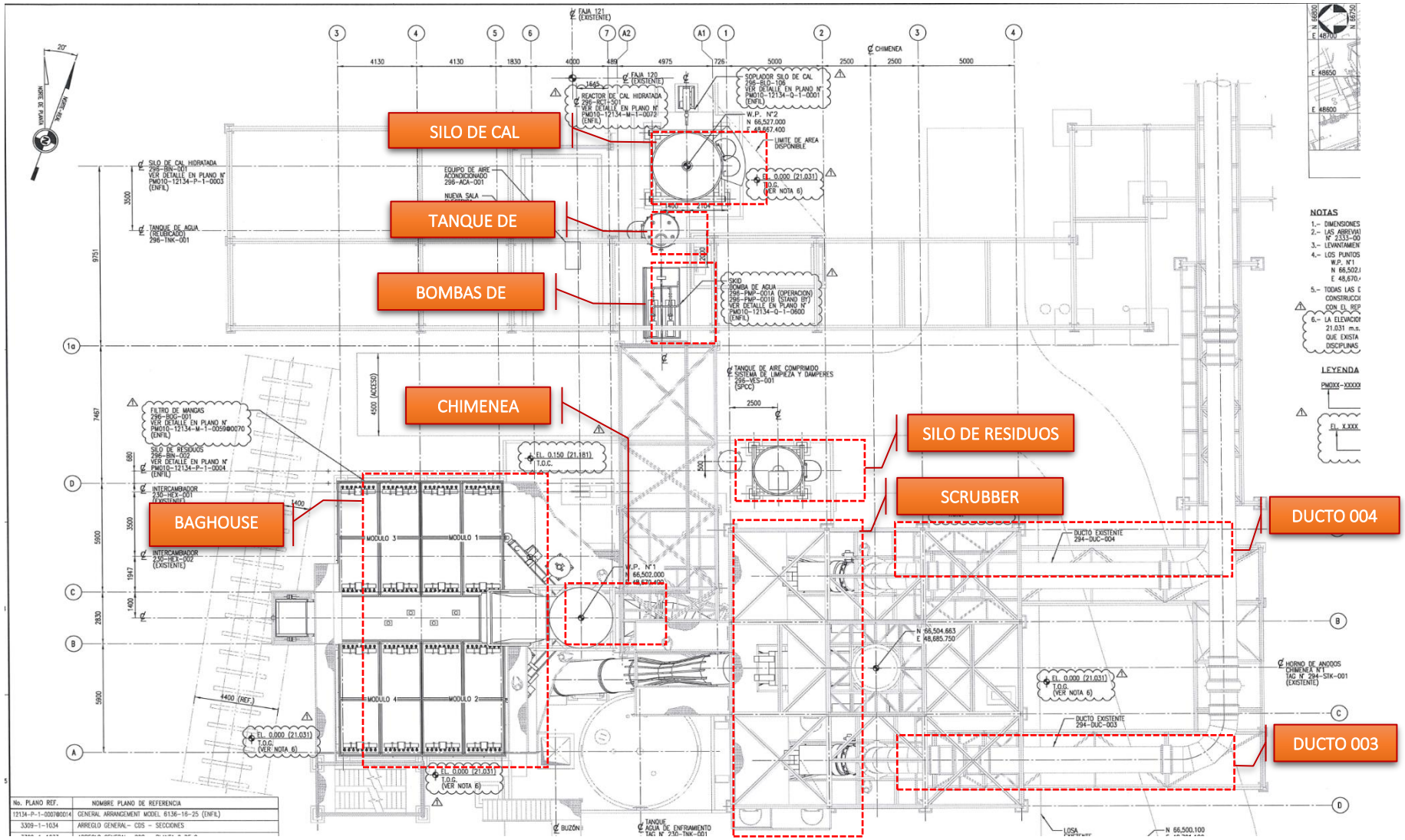


Figura 13. Vista Superior General del sistema de limpieza de gases
Fuente: Hatch (2014)

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

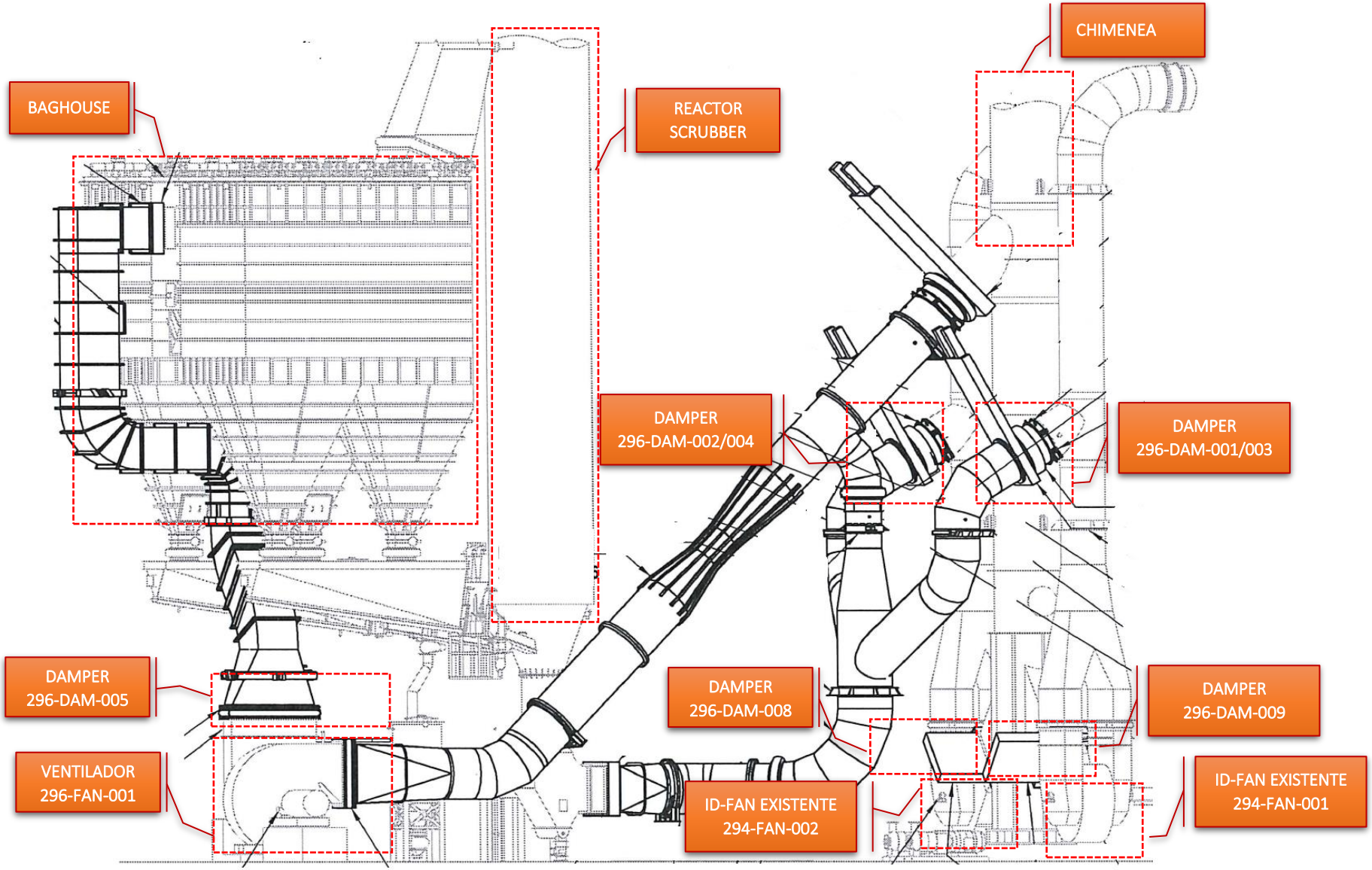


Figura 14. Vista Lateral 3D General del sistema de limpieza de gases
Fuente: Hatch (2014)

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA



Figura 15. Foto de la Planta de limpieza de gases

Fuente: Elaboración Propia

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

4.8. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL DE PROCESOS

En este apartado se explican las condiciones iniciales de operación, el arranque de cada una de las etapas, los criterios de operación y mantenimiento del sistema en general, así como las alarmas que se presentan durante el proceso de tratamiento de gases.

4.8.1. MODOS DE OPERACIÓN

La operación del sistema de limpieza de gases se puede realizar de dos modos diferentes, la primera en modo automático y la segunda en modo manual.

Cada equipo electromecánico (bombas, sopladores, válvulas rotatorias, etc.) cuenta con un selector Local-Remoto y botonera Start/Stop en el centro de control de motores (CCM), asimismo para la operación en modo “Local” se dispone de una estación de botonera ubicada cerca a los equipos en terreno, donde se cuenta con botones de Parada de emergencia, Jog, Start y Stop.



Figura 16. Centro de Control de Motores – Sala eléctrica 296ER001

Fuente: Elaboración Propia

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

En modo **"Remoto"** se podrá optar por los modos Manual/Automático para ser comandados remotamente, mediante el selector virtual que estará disponible en el SCADA.

En modo **"Remoto-Manual",** los equipos podrán ser arrancados y operados en forma individual los equipos tales como bombas centrífugas, sopladores de aire, válvulas automáticas, transportadores tornillos, Dampers modulantes y ventilador de tiro, desde el SCADA. En la condición Manual, serán válidos los enclavamientos de seguridad y no los de proceso.

En modo **"Remoto-Automático",** será usado para realizar arranques manuales y paradas automáticas de acuerdo con condiciones de proceso, siendo válidos los enclavamientos de seguridad y de proceso para los equipos.

La operación de los equipos se realizará en modo **"Remoto-Automático"** desde la sala de control central con fines de operación de la planta y se empleará el modo "Remoto-Manual" o control Local con fines de mantenimiento.

Las paradas de equipos por activación de las botoneras de **Parada de emergencia** serán independientes del modo de operación que se ha seleccionado.

Toda la lógica de control, selección de equipos, secuencia de arranque/parada y los enclavamientos de procesos y seguridad se centran en el sistema de control 296-PLC-001, a excepción de los enclavamientos de seguridad críticos, que son los que se encuentran directamente conectados por cableado duro para las protecciones eléctricas.

En modo automático el Controlador lógico programable se encargará de realizar la secuencia de la Celda CDS y de la unidad de circuito de gases. No obstante, es posible trabajar en ambos modos, dependiendo del criterio y necesidad de operación del operador.

Como resumen, el sistema automatizado cuenta con las siguientes funcionalidades en general:

- Control de los equipos del sistema y alarmas.
- Adquiere los datos a efectos de mantenimiento y control.
- Diagnóstico del sistema y monitoreo.
- Arranque y parada de equipos a partir del sistema de supervisión.
- Protección de los equipos.
- Proporciona captura de eventos, registros y tendencias históricas.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

4.8.2. CONTROL DEL MOTOR

Para el control de los motores, se cuenta con una comunicación cableada mediante Red DeviceNet a un módulo de comunicación 1756-DNB (Allen Bradley) que permite él envió de señales al PLC para la supervisión y control remoto de los motores mediante la comunicación.

Señales de control:

a) Señales físicas

- Las siguientes señales son entradas conectadas al módulo de comunicación del equipo.

  - Interruptor de contactor activado.
  - Interruptor de parada de emergencia.
  - Señal de sobrecarga (Trip Overload).
  - Interruptor de control energizado (llave principal del motor).

- Las siguientes señales son salidas conectadas al módulo de comunicación del equipo

  - Señal de activar el contactor.
  - Interruptor de parada de emergencia que se encuentra conectado directamente interrumpiendo la alimentación al contactor.

b) Señales lógicas

- Las siguientes señales son empleados por el PLC para monitoreo de estatus y lógica de control.

  - Interruptor de Arranque/Parada: Permite el arranque remoto desde SCADA.
  - Interruptor de Local/Remoto: Permite el monitoreo de estatus del selector físico en el CCM.
  - Interruptor de contactor activado: Permite el monitoreo de estatus de arrancado/detenido.
  - Indicador de enclavamiento lógico: Permite monitorear el estatus del equipo.
  - Indicador de falla general: Permite monitorear el estatus del equipo.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

4.8.3. LÓGICA DE ARRANQUE/PARADA DEL MOTOR

Todos los arrancadores cuentan con protocolo de comunicación DeviceNet, mediante el cual permite realizar él envió de señales de la botonera y de control del contactor hacia el PLC, donde el PLC es el que tomará la decisión de activar o desactivar la señal de cerrar el contactor para el arranque del motor correspondiente.

Las condiciones de arranque del motor son las siguientes:

- La señal de enclavamiento debe estar desactivada, es decir no debe tener Trips o Fallas de comunicación.
- El interruptor de parada de emergencia debe estar desactivado.

Cuando se tenga las condiciones mencionadas, el motor se encontrará listo para ser arrancado en modo local o remoto, una vez que se presione la botonera “Start” el contactor deberá activarse para iniciar el arranque del motor, luego de un determinado tiempo se confirmará la activación del contactor con el interruptor de contactor auxiliar, el cual confirmara que el motor ya se encuentra arrancando.

En el caso que el motor se encuentre arrancado y una señal permisiva es desactivada, no afectará el funcionamiento del motor debido a que estas señales son solo para el arranque del motor. Si esta señal es necesaria para permitir el arranque y funcionamiento del motor se considera que el enclavamiento debe estar permanentemente desactivado.

En el caso que una señal de enclavamiento se active, el motor parará inmediatamente, por lo que tampoco permitirá su arranque hasta que se encuentre desactivado.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

4.9. ESTRUCTURA GENERAL DE LA PLANTA A AUTOMATIZAR

La Figura 17 detalla cómo está constituido a nivel de automatización. Para la implementación de este proyecto se considera la creación del área 296, en esta nueva área se incorporarán los siguientes Sistemas y Subsistemas:

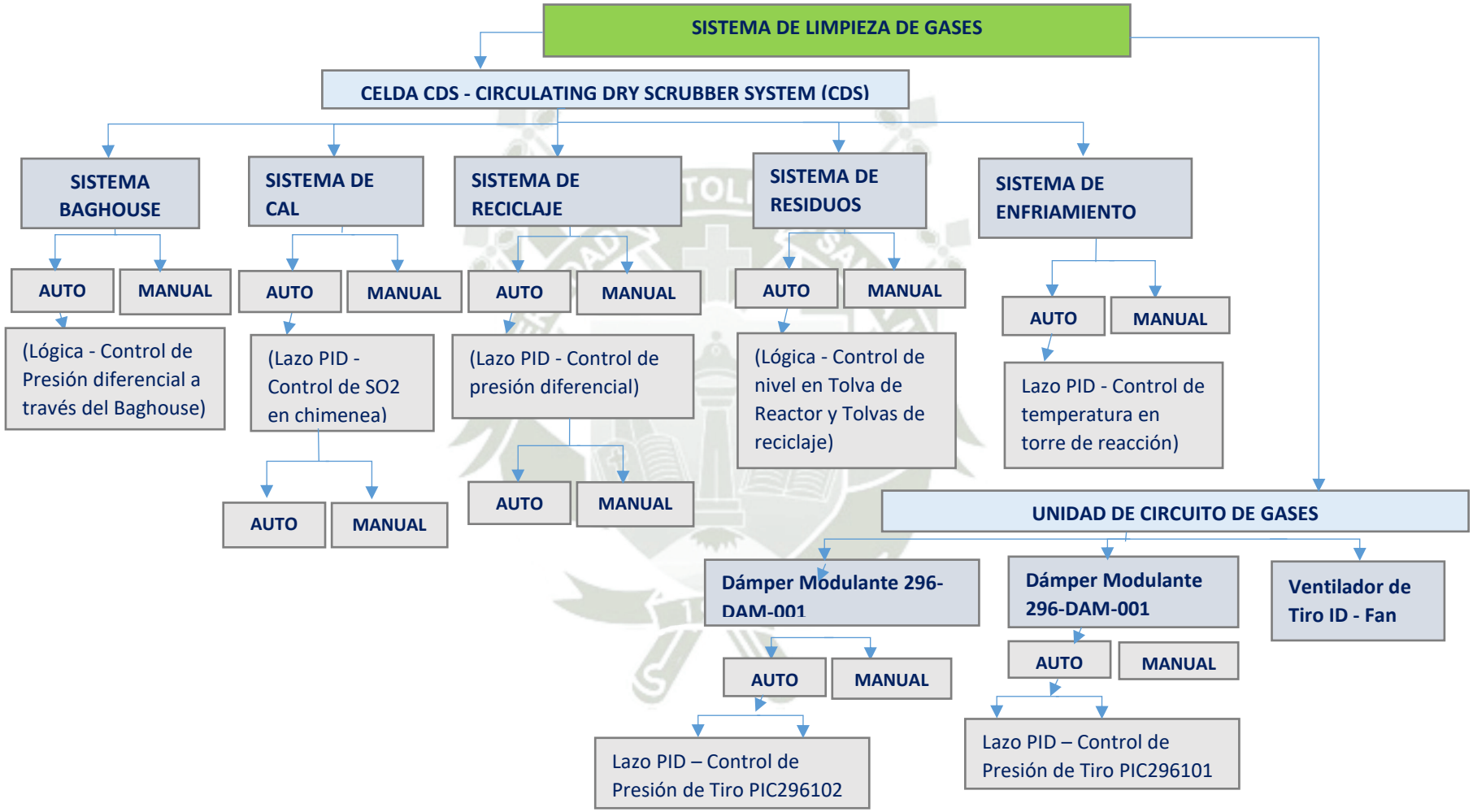


Figura 17. Vista Lateral 3D General del sistema de limpieza de gases
Fuente: Hatch (2014)

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

4.10. AUTOMATIZACIÓN

De acuerdo con Emilio García Moreno (1999), la automatización de procesos industriales implica la integración de un conjunto de elementos tecnológicos y equipos que aseguren la posibilidad del control y que su funcionamiento sea el correcto. La tecnología de la automatización se basa en el conocimiento de los diversos dispositivos tecnológicos que son empleados en la implementación de los automatismos, tales como transductores, pre accionadores, dispositivos funcionales de aplicación específica (temporizadores, contactores, módulos secuenciadores etc.) y los dispositivos lógicos de control.

4.10.1. CLASIFICACIÓN TECNOLÓGICA

De acuerdo con Emilio García Moreno (2001), la evolución de los controladores, su complejidad y eficiencia, está íntimamente ligada a los desarrollos tecnológicos que se van produciendo a lo largo del tiempo. Básicamente, la clasificación viene dada por la lógica programada y lógica cableada.

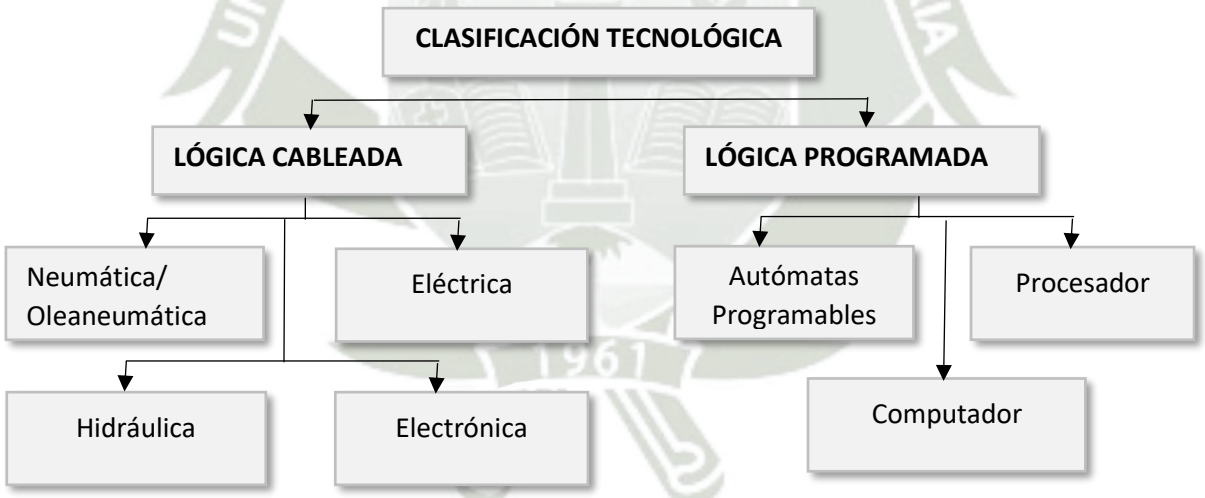


Figura 18. Clasificación Tecnológica

Fuente: Emilio G, 2001

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Lógica Cableada:

De acuerdo con Emilio García Moreno (2001), el concepto de la lógica cableada depende del tipo de elemento que interviene en su implementación. Existen dos tipos de tecnologías que son: La Tecnología eléctrica, el cual implica las uniones físicas mediante cables eléctricos, interruptores, pulsadores, relés electromagnéticos entre otros y La Tecnología electrónica, el cual implica que el elemento fundamental de los controladores sean las compuertas lógicas.

Lógica Programada:

De acuerdo con Emilio García Moreno (2001), la lógica programable trata acerca de la tecnología que ha evolucionado desde la llegada de los microprocesadores y los sistemas programables basados en computadora, controladores lógicos y autómatas programables. Donde las ventajas son que permiten: Una alta flexibilidad, implementación compleja de algoritmos de control de procesos, desarrollo de arquitectura de control distribuido, gestión y comunicación.

De acuerdo con Emilio García Moreno (2001), Las ventajas y desventajas que presentan en la automatización industrial son:

Ventajas de la automatización industrial

- Reduce los costos de fabricación, Incrementa la eficacia del proceso productivo, Acelera la respuesta a las demandas del mercado, Reemplaza al hombre en el trabajo duro que amenaza su integridad física, Mejora la seguridad de los procesos y la calidad del producto, Permite una mayor exactitud en el control de calidad (Emilio García Moreno,2001).

Desventajas de la automatización industrial

- Crea una dependencia tecnológica, Se necesita una gran inversión inicial, Falta de personal calificado para manejar los equipos, Sensibilidad a la obsolescencia tecnológica, Resistencia de los operadores al cambio tecnológico (Emilio García Moreno,2001).

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

4.11. SENSORES

Según Daniel Eduardo (2019), un sensor es un dispositivo empleado para la detectar e indicar una condición de cambio, por lo general, una condición de cambio implica la ausencia o presencia de un material u objeto, asimismo puede ser una variable física que puede ser medido, tales como la distancia, peso, velocidad, etc.

Según Daniel Eduardo (2019), los sensores que permiten la comunicación entre sistemas físicos y de medición y/o control, ya sean electrónicos o eléctricos, son ampliamente utilizados en todo tipo de procesos industriales y no industriales con fines de medición, seguimiento, procesamiento y control.

En la siguiente tabla se muestra el listado de sensores empleados para el presente proyecto de automatización.

DISPOSITIVOS DE ENTRADAS ANÁLOGAS	
Transmisor de temperatura	
Transductor de flujo	
Transductor de presión	
Transmisor de nivel	

Tabla 1. Dispositivos de Entradas análogas – Parte 1

Fuente: Elaboración Propia

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

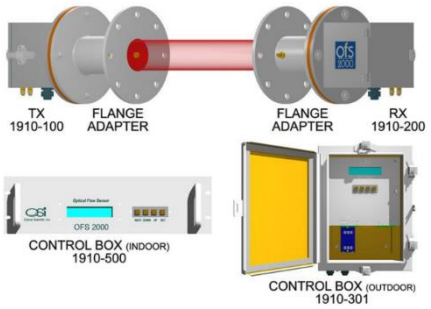
DISPOSITIVOS DE ENTRADAS ANÁLOGAS	
Transmisor analizador de gas	
Transductor de posición de válvula moduladora	
Transmisor de Peso	
Transmisor de Vibración	

Tabla 2. Dispositivos de Entradas análogas – Parte 2

Fuente: Elaboración Propia

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

DISPOSITIVOS DE ENTRADAS DISCRETAS	
Interruptor de posición de válvulas on-off	
Interruptor de nivel de agua	
Interruptor de baja velocidad	
Interruptor de presión aire	

Tabla 3. Dispositivos de Entradas discretas

Fuente: Elaboración Propia

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

4.12. ACTUADORES

De acuerdo con Ogata (2010), un actuador es un dispositivo que cuenta con la capacidad de transformar diversos tipos de energía tales como la energía neumática, hidráulica o eléctrica en una fuerza con el fin de generar un efecto en un proceso industrial automatizado.

Respecto al funcionamiento, de acuerdo con Ogata (2010), los actuadores reciben una instrucción proveniente de un controlador y en base a ello se genera una instrucción para la activación del elemento final de control, tal como podría ser la acción de abrir y cerrar una válvula.

Según Ogata (2010), estos actuadores son elementos que de forma indirecta influyen en la señal de la automatización, dado que modifica la variable física en base a las instrucciones que envía el controlador.

A continuación, se muestra el listado de actuadores que han sido utilizados en el proceso de automatización.

DISPOSITIVOS DE SALIDAS ANÁLOGAS	
Válvula analógica	
Variador de Velocidad	
Válvula Solenoide	
Dampers	

Tabla 4. Lista de Dispositivo de Salidas análogas

Fuente: Elaboración Propia

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

4.13. SISTEMA DE CONTROL

De acuerdo con Samuel Moya (2018) “el sistema de control puede ser definido como un conjunto de dispositivos que se encargan de ordenar, administrar, dirigir o regular el comportamiento de otro sistema, a efectos de reducir las probabilidades de fallo y conseguir los resultados esperados” (párr.1).

4.13.1. TIPOS DE SISTEMA DE CONTROL

Los tipos de sistemas de control que son más comunes son los sistemas de control a lazo cerrado y los sistemas de control a lazo abierto (Ogata,2010).

4.13.2. SISTEMAS DE CONTROL DE LAZO ABIERTO

Según Ogata (2010) “Es aquel sistema de control en el que la salida no es afectada por la señal de entrada” (p.10).

De acuerdo con Ogata (2010), también hay que tener en cuenta que la salida no es realimentada para ser comparada con la entrada. Los elementos que componen un sistema de lazo abierto se suelen dividir en dos partes, los cuales son el controlador y proceso controlador tal como se observa en la siguiente imagen.

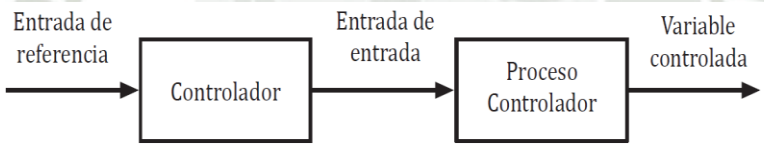


Figura 19. Elementos de sistema de control a lazo abierto

Fuente: Katsuhiko Ogata (2010).

4.13.3. SISTEMAS DE CONTROL DE LAZO CERRADO (Control realimentado)

De acuerdo con Ñeco García, Ramon Pedro (2003), cuando se trata de sistema de tipo lazo cerrado, existe una señal denominada señal de error, que recibe el controlador, el cual representa la diferencia entre la señal de entrada de referencia y la señal que se realimenta a efectos de lograr una reducción del error y conseguir el valor deseado para la salida del sistema. Por lo tanto, en términos conceptuales del lazo cerrado se refiere a que una acción de control es realimentada para lograr reducir el error del sistema de control.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Según Ñeco García, Ramon Pedro (2003), una de las ventajas que podemos rescatar, es que la exactitud que mantiene es debido a que este tipo de sistema de control no presenta sensibilidad a las perturbaciones, donde la comparación que se realiza de la señal de entrada de referencia con respecto a la señal que se realimenta, se obtiene una señal de error, que permite ser minimizado mediante la acción de control. Este tipo de principio de sistema se aplica a los sistemas que frecuentan perturbaciones o cambios impredecibles en los componentes del sistema.

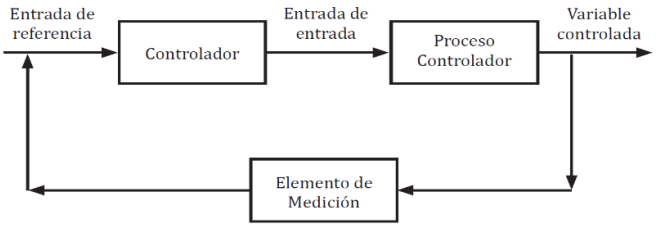


Figura 20. Sistema de control a lazo cerrado.

Fuente: Katsuhiko Ogata (2010).

Donde además "Los objetivos principales del sistema de control es ser estables y robustos frente a errores en los modelos y perturbaciones y ser eficientes en base a un criterio preestablecido a efectos de evitar comportamientos bruscos" (Ñeco García, Ramon Pedro ,2003, p.3).

4.13.4. ELEMENTOS COMPONENTES DE UN SISTEMA DE CONTROL

De acuerdo con J.M. Rivas (2001), la figura.21: "Muestra la representación de un sistema de control genérico simple en forma de esquema de bloques, en lazo cerrado (retroalimentado), con una sola entrada y salida, para un sistema que cuenta con señales continuas" (párr.1).

Se considera además que: "Las fechas del lazo cerrado que hacen la conexión de un bloque con otro, representan dirección en la que fluye la información o energía de control" (J.M. Rivas,2001, párr.1).

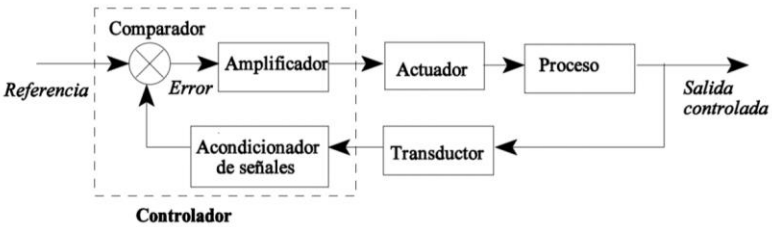


Figura 21. Esquema de bloques de un sistema de control

Fuente: Katsuhiko Ogata (2010).

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

De acuerdo con J.M. Rivas (2001), los elementos que conforman el sistema de control, los más importantes son los siguientes:

- **Proceso:** "Es el conjunto de operaciones que cuentan con un fin determinado, cuyas operaciones se procesan en una planta o máquina que conforman un conjunto de componentes que cumplen con un determinado objetivo" (J.M. Rivas,2001, p.8).

- **Actuador:** "Es el componente que se encarga de actuar sobre la máquina o proceso en base a la señal recibida del amplificador, en un proceso controlado, el actuador tiene como fin modificar la variable de entrada que se tiene como referencia" (J.M. Rivas,2001, p.8).

- **Amplificador:** "Es el elemento que tiene como función incrementar la intensidad o amplitud de un fenómeno, su propósito es amplificar la señal de error para que la señal pueda alcanzar un nivel suficiente para excitar al actuador" (J.M. Rivas,2001, p.8).

- **Comparador:** "Es un elemento que permite realizar la comparación de la señal de control con respecto a la señal de referencia a fin de poder obtener la señal de error" (J.M. Rivas,2001, p.8). Donde el resultado de dicha comparación representará la desviación de la salida del valor deseado (J.M. Rivas,2001).

- **Generador del valor de referencia o consigna:** "Es el componente que tiene la capacidad de generar una señal de salida análoga que se quiere controlar, la cual es empleado como referencia para establecer el valor que se desea obtener en la salida" (J.M. Rivas,2001).

- **Transductor:** "Es el dispositivo que permite la transformación de un tipo de energía física en otro tipo más apto para su utilización. Cuando la señal transformada es en forma eléctrica el dispositivo se denomina "sensor" (J.M. Rivas,2001, p.9).

- **Acondicionador de señales: "**Es el bloque que permite la adaptación de la señal transformada por el transductor a unos niveles que sean adecuados para el comparador" (J.M. Rivas,2001, p.9).

- **Controlador**: El controlador "Es el elemento que integra las funciones del amplificador, comparador y acondicionador de señales, cuya función principal será de automatizar el proceso en específico" (J.M. Rivas,2001, p.9).

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

4.13.5. ACCIONES DE CONTROL

De acuerdo con Núñez Enrique (2007), la señal de control que es generado por el controlador se denomina "acción de control", donde la comparación que realiza el controlador, lo hace de forma automática tomando como señal el valor real de la salida de ajuste y la señal de entrada de referencia y basándose en ello se calcula la desviación, cuyo valor toma el controlador para poder generar una señal de control que permita obtener una desviación reducida.

En la Fig.22, se muestra un diagrama de bloques que representa un sistema de control automático general, el cual incluye un sensor, un controlador, un actuador y una planta.

Según Núñez Enrique (2007), la función del controlador es detectar la señal de error, por lo que además se encarga de amplificar dicha señal y esta es enviada al actuador, el cual finalmente se encarga de generar la señal de entrada hacia la planta; mientras que, para comparar con la señal de referencia, se emplea un sensor en la salida de la planta que se encarga de convertir la señal y enviarla al controlador.

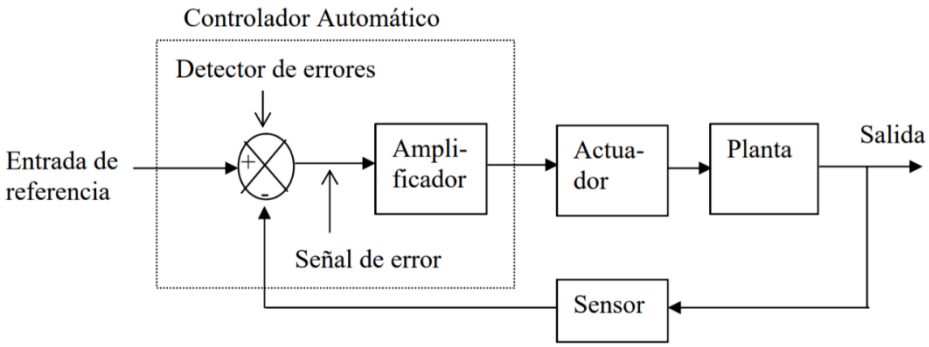


Figura 22. Diagrama a bloques general de un control automático

Fuente: Núñez Enrique (2007)

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

4.13.6. MÉTODO DE ZIEGLER-NICHOLS

Según Ogata (2010), el "método de Ziegler-Nichols" nos permite el ajuste o "sintonización" de un controlador PID de una manera empírica, sin requerir conocer cuáles son las ecuaciones del sistema controlador o la planta. A través de este método de sintonización del controlador PID, podemos establecer los parámetros integrales, proporcional, de ganancia y derivativo, en función de la respuesta del sistema en lazo abierto o pudiendo empezar a partir de la respuesta del sistema en lazo cerrado.

Sintonización por la respuesta al escalón

De acuerdo con Ogata (2010), este método de sintonización se adecua más para sistemas de lazo abierto que presentan estabilidad y además que cuenten con un retraso desde que recibe las señales de control hasta su puesta en marcha. Para la determinación de la respuesta del escalón para el sistema a controlar, se procede al retiro del controlador PID y se hace el reemplazo mediante una señal de escalón aplicada al actuador.

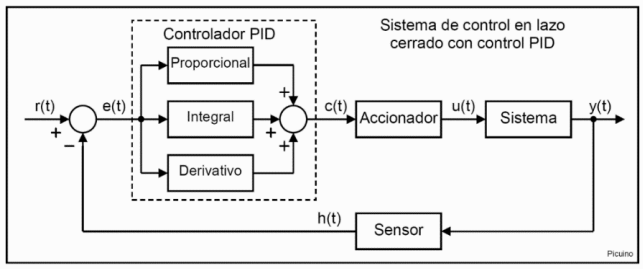


Figura 23. Esquema de un sistema de control en lazo cerrado con control PID
Fuente: Katsuhiko Ogata (2010)

En la siguiente figura podemos ver como el cambio final que se debe realizar en el lazo cerrado a fin de ser convertido a un sistema de lazo abierto para que pueda responder a señales de escalón, donde el Controlador PID se ha extraído (Ogata,2010).

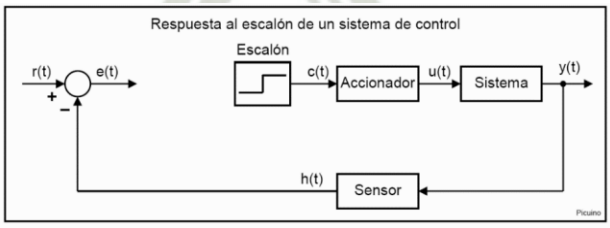


Figura 24. Esquema de Respuesta al Escalón de un Sistema de control
Fuente: Katsuhiko Ogata (2010)

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

De acuerdo con Percuino (2013), en la siguiente figura se visualiza dos señales, la de color rojo corresponde a la señal c(t), que es la entrada escalón y la señal h(t) de color azul corresponde a la señal de temperatura medida por el sensor. En la imagen observamos que la respuesta del sistema cuenta con un retardo que se denomina tiempo muerto, en este caso se representa como T1.

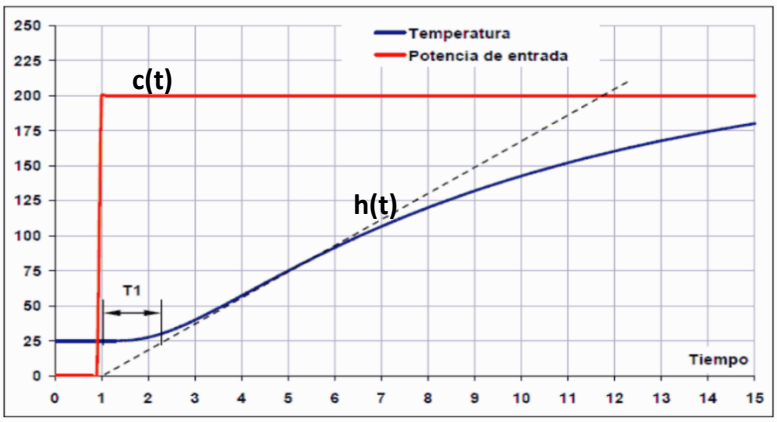


Figura 25. Respuesta del sistema a Escalón
Fuente: Percuino (2013)

De acuerdo con Percuino (2013), en la Fig.26, El tiempo T1 (tiempo muerto) se considera el tiempo que demora en responder el sistema, este intervalo de tiempo corresponde al intervalo de tiempo que se mide desde el punto donde se inicia la señal escalón hasta el punto de que corta la recta tangente con el primer valor que inicia el sistema, cuya temperatura inicial es de 25°C de temperatura.

De acuerdo con Percuino (2013), en la fig.26, el tiempo T2 (tiempo de subida), se considera como el tiempo donde existe el corte de la línea tangente con el valor final de la salida, cuyo valor es de 225°C en el instante de tiempo de 14 segundos.

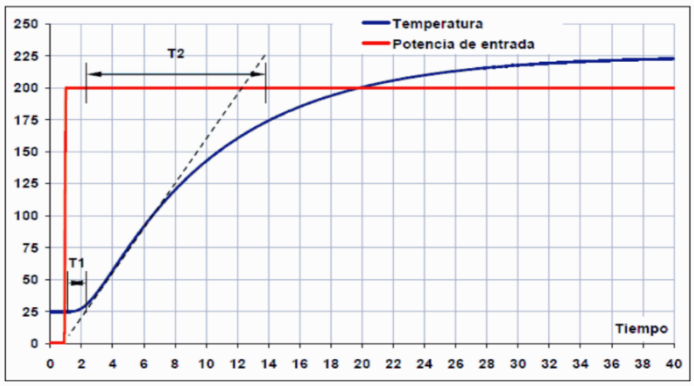


Figura 26. Tiempo muerto y tiempo de subida
Fuente: Percuino (2013)

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Luego de tener el tiempo muerto y tiempo de subida, hay que realizar el cálculo de la variación de la señal escalón "dX" y de la respuesta del sistema "dY" (Percuino,2013).

De acuerdo con Percuino (2013), en el ejemplo de la figura.25, se cuenta con la señal de control c(t) que corresponde a la señal escalón con una variación de dX = 5 Voltios y además se tiene el sensor h(t) que mantiene una variación en el sistema de dY = 200°C de temperatura. Y Partiendo de dichos valores es posible realizar el cálculo de la constante del sistema Ko, mediante la fórmula a continuación.

$$\mathbf{Ko = (dX * T2) / (dY * T1)}$$

Según Percuino (2013), con las constantes T1 y Ko, nos permitirá realizar el cálculo de los parámetros del controlador PID, que corresponden al parámetro proporcional y derivativa (PD), proporcional (P) y proporcional integral (PI).

Control	Kp	Ki	Kd
P	Ko		
PI	0.9*Ko	0.27*Ko/T1	
PD	1.6*Ko		0.60*Ko*T1
PID	1.2*Ko	0.60*Ko/T1	0.60*Ko*T1

Tabla 5. Parámetros del controlador PID a partir de Ko y T1, en lazo abierto

Fuente: Percuino (2013)

De la tabla, tenemos que la constante Kp representa la ganancia proporcional, Ki representa a la ganancia integral y Kd representa a la ganancia derivativa (Ogata,2010).

Sintonización por la ganancia crítica en lazo cerrado.

De acuerdo con Percuino (2013), a diferencia de los anteriores, en este caso no se requiere el retiro del controlador PID del lazo cerrado. Para este caso, se considera que es suficiente reducir los efectos derivados e integrales del regulador PID.

Según Percuino (2013), la prueba del lazo cerrado considera la incrementación gradual de la ganancia relativa hasta que el sistema empiece a oscilar suavemente ante cualquier perturbación o ruido. Esta oscilación debe ser lineal sin ninguna saturación.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Según Percuino (2013), en este punto se debe realizar la medición de la ganancia relativa, llamada ganancia crítica o Kc y también el periodo de oscilación Tc en segundos.

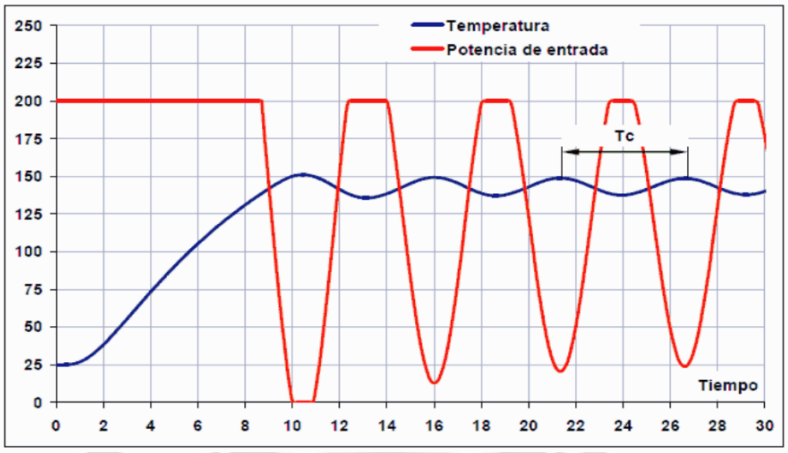


Figura 27. Oscilación de la variable de proceso

Fuente: Percuino (2013)

"Luego de tener los dos valores, podremos realizar los cálculos de los parámetros del controlador PID, con acción solo proporcional (P), proporcional e integral (PI), proporcional y derivativa (PD) o proporcional integral y derivativa (PID)" (Percuino,2013, párr.1).

Control	Kp	Ki	Kd
P	0.50*Kc		
PI	0.45*Kc	0.54*Kc/Tc	
PD	0.80*Kc		0.075*Kc*Tc
PID	0.59*Kc	1.18*Kc/Tc	0.075*Kc*Tc

Tabla 6. Parámetros del controlador PID a partir de Kc y Tc, en lazo cerrado

Fuente: Percuino (2013)

De acuerdo con Percuino (2013), al tener la constante Tc y Kc, podremos realizar el cálculo de los parámetros PID del controlador, los cuales corresponden a la ganancia proporcional (Kp), la ganancia integral (Ki), y la ganancia derivativa (Kd).

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

4.14. CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE (PLC)

Un controlador lógico programable "Es conocido también por sus siglas en inglés PLC (Programmable Logic Controller), es un computador empleado en la automatización industrial, para la automatización de procesos electro neumáticos, electromecánicos electrohidráulicos, así como para el control de maquinarias de fábricas" (M.A. Laughton, D.J. Warne,2003, p.2).

De acuerdo con M.A. Laughton, D.J. Warne (2003), estos PLCs por lo general son empleados para muchas industrias y máquinas, está a diferencia de computadoras de propósito general, han sido diseñados para múltiples señales de salida y entrada, manteniendo amplios rangos de temperatura, inmunidad al ruido eléctrico y alta resistencia al impacto y vibración. Asimismo, la programación suele ser almacenada en copias de seguridad, baterías o memorias no volátiles.



Figura 28. Controlador Lógico Programable – ControlLogix de la marca Allen-Bradley

Fuente: Rockwell Automation (2018)

Ventajas:

Una de las ventajas que podemos rescatar de estos equipos es que "nos permiten el ahorro del tiempo de elaboración de proyectos, ya que es posible realizar modificaciones sin costos adicionales" (M.A. Laughton, D.J. Warne, 2003, p.9).

Asimismo, "Poseen un tamaño reducido y su mantenimiento es de costo bajo, y brinda la factibilidad de controlar más de una máquina usando el mismo equipo y así poder ahorrar dinero en la mano de obra" (M.A. Laughton, D.J. Warne, 2003, p.9).

Además, soporta vibraciones mecánicas que son generadas por las maquinarias, mientras que otros dispositivos serían muy frágiles y propensos a fallar o a las rupturas (M.A. Laughton, D.J Warner, 2003).

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

4.15. REDUNDANCIA CONTROLLOGIX

Según las características del PLC ControlLogix de Rockwell Automation, "Con la redundancia ControlLogix, es posible establecer redundancia entre un par de chasis de controladores sin la necesidad de una programación adicional" (RockwellAutomation,2010, p.30).

La redundancia ControlLogix ha sido diseñada "Para que actúe como un solo sistema, así mismo es transparente para todos los equipos y dispositivos que se encuentren conectados mediante una red ControlNet o Ethernet/IP" (RockwellAutomation, 2010, p.30).

La redundancia consiste en que "el chasis del controlador primario de manera automática define los datos que cambiarán durante el escaneo, y los datos son enviados automáticamente al controlador secundario para que pueda el control de manera inmediata sin afectar algún cambio en las salidas" (RockwellAutomation, 2010, p.30). Esta función permite que no haya la necesidad de usar recursos valiosos en configurar el sistema redundante.

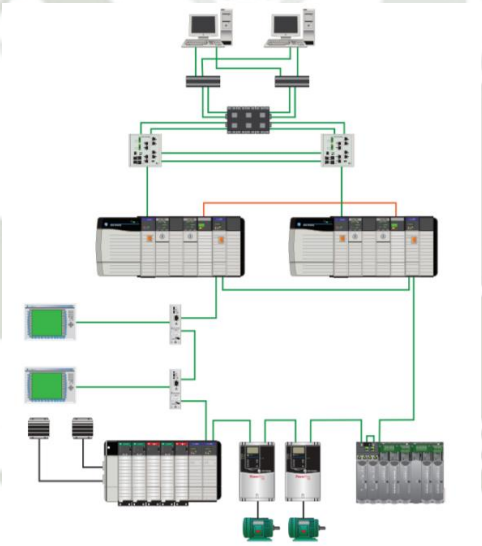


Figura 29. Arquitectura de Red Típica– ControlLogix

Fuente: Rockwellautomation (2010)

Características y Ventajas

La redundancia facilita un mayor rendimiento al permitir mayor disponibilidad al transferir el control hacia un chasis de control secundario en el caso el módulo de redundancia detecta un evento en el chasis primario (Allen-Bradley,2010).

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Según Allen-Bradley (2010), la alta disponibilidad da como resultado menos tiempo de inactividad. La redundancia ControlLogix nos permite lo siguiente:

- Mantenimiento del sistema sin necesidad de detener el controlador (Allen-Bradley,2010).
- Permite que la ejecución de proceso sea de manera continua, ya que el tiempo en el que no se produce, puede ocasionar daño al equipo o reinicios costos, pérdida de ingresos o daño al producto (Allen-Bradley,2010).
- Permite la producción de altos volúmenes de producto (Allen-Bradley,2010).

4.16. SCADA

De acuerdo con Aquilino Rodríguez Penin (2012), el SCADA es conocido con sus siglas en inglés SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition o Supervisión y Adquisición de Datos), es el cual damos nombre de SCADA a cualquier software que nos brinden el acceso a datos remotos de algún proceso y nos permita emplear herramientas necesarias según sea el caso.

De acuerdo con Aquilino Rodríguez Penin (2012), el concepto de SCADA no trata de un sistema de control sino hace referencia a la utilidad del software de supervisión o monitorización, cuya tarea es hacer la interfaz entre la capa de control (PLC) y la capa de gestión que se encuentra a un nivel superior.

Objetivos:

De acuerdo con Aquilino Rodríguez Penin (2012), los sistemas SCADA se consideran principalmente como una herramienta de supervisión y mando. Entre sus objetivos podemos destacar:

- **Ergonómica:** "Es más fácil ver lo que sucede durante la instalación desde el escritorio que enviar a un intermediario u operador para que haga el trabajo" (Aquilino Rodríguez Penin,2012, p.11).

- **Accesibilidad:** "Es posible modificar los parámetros de funcionamiento de cada equipo de un sistema de manera remota, tales como velocidad del ventilador, producción de energía, apagado y encendido de equipos, comprobar el estado de funcionamiento" (Aquilino Rodríguez Penin,2012, p.11).

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

- **Mantenimiento:** "Es mantenible dado que nos permite tomar datos del proceso, almacenarlos y presentarlos de tal manera que puedan comprender los no especialistas" (Aquilino Rodríguez Penin,2012, p.11).

- **Ergonomía:** "Es la ciencia que trata de que el vínculo entre el usuario y el proceso sea lo menos estresante" (Aquilino Rodríguez Penin,2012, p.11).

- **Gestión: "**Los datos que se recopilan pueden ser evaluados de distintas formas empleando herramientas de estadísticas, gráficos valores tabulares, etc., el cual da la posibilidad de que el sistema SCADA funcione con un alto rendimiento posible" (Aquilino Rodríguez Penin,2012, p.11).

- **Flexibilidad:** "Las modificaciones a las características del sistema de supervisión no representa una pérdida de recursos y tiempos, por lo mismo que no se requiere una modificación física donde implique la instalación de cables o medidores" (Aquilino Rodríguez Penin,2012, p.11).

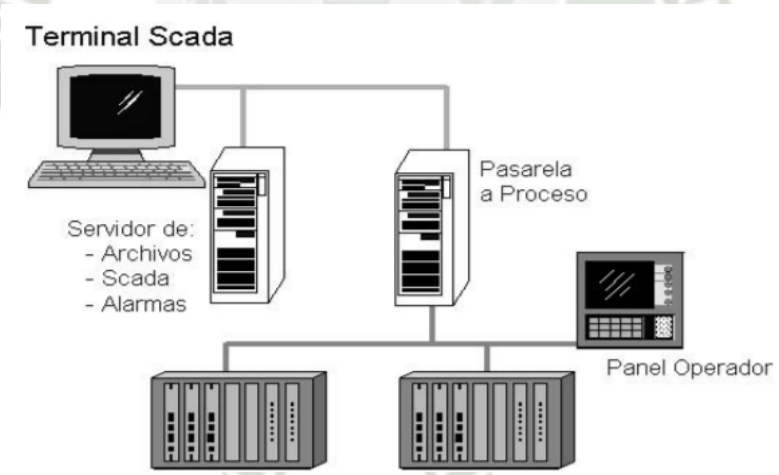


Figura 30. Sistema Scada, Panel Operador y 02 PLCs

Fuente: Aquilino Rodríguez Penin (2012)

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

ARQUITECTURA GENERAL DE UN SISTEMA SCADA

De acuerdo con Aquilino Rodríguez Penin (2012), las primeras exploraciones informáticas en el área de la automatización se centralizaba todo el control en la PC, los cuales representaban una tendencia progresiva hacia el control de fábrica, por ende, el sistema se divide entre tres bloques principales.

De acuerdo con Aquilino Rodríguez Penin (2012), los tres bloques principales son:

- SCADA: "Software de adquisición de datos y control" (Aquilino Rodríguez Penin,2012, p.3).
- Sensores y actuadores: "Sistemas de adquisición y mando" (Aquilino Rodríguez Penin,2012, p.3).
- Comunicaciones: "Sistema de interconexión" (Aquilino Rodríguez Penin,2012, p.3).

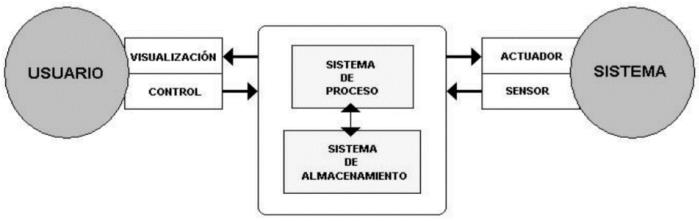


Figura 31. Arquitectura básica de un sistema Scada

Fuente: Aquilino Rodríguez Penin (2012)

Según Aquilino Rodríguez (2012), el usuario desde un ordenador tiene las herramientas de control y visualización donde está instalado la aplicación de control y supervisión al sistema de control de proceso.

De acuerdo con Aquilino Rodríguez Penin (2012), la comunicación que existe entre el sistema de control de proceso y el usuario, por lo general se realiza mediante protocolos de red Ethernet, por otro lado, la transmisión de datos que se realiza entre el sistema de proceso y la instrumentación de campo, que corresponden a los sensores y actuadores, estos se realizan mediante los buses de campo.

Aquilino Rodríguez Penin menciona que "Un sistema Scada es un software que está diseñado para funcionar sobre sistemas operativos de computadoras para el control de producción, el cual nos brinda una comunicación con los dispositivos de campo, que también se denominan RTU (Remote Terminal Units)" (*Aquilino Rodríguez Penin,2012, p.10)*.

Donde podemos encontrar elementos como "Los autómatas programables y una unidad central (MTU, Master Terminal Unit), en la cual se controla el proceso de forma automático desde la aplicación Scada que permite la visualización desde una pantalla de uno o varias computadoras" (*Aquilino Rodríguez Penin,2012, p.10)*.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

4.17. REDES DE COMUNICACIÓN INDUSTRIAL

PROTOCOLO DE COMUNICACIÓN ETHERNET

Según Simeón (2017), ethernet/IP es un protocolo de red para aplicaciones de automatización industrial, el cual se basa en protocolos estándar TCP/IP, y emplea el hardware y software Ethernet para lograr establecer el protocolo que permita realizar la configuración, acceso y el control de dispositivos de automatización industrial.

Por lo tanto, además indica que "Al conseguir la uniformidad de bus (un solo sistema de comunicación), se reduce la complejidad del cableado y el número de herramientas necesarias para llevar a buen término una instalación completa de comunicaciones a todos los niveles" (Simeón, 2017, párr.2).

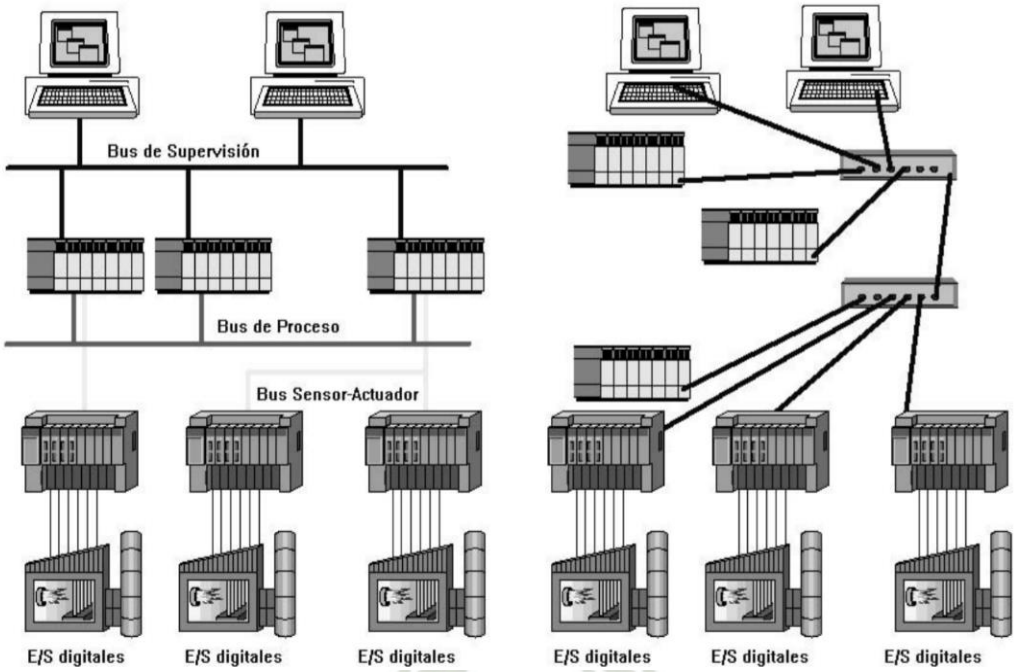


Figura 32. Ethernet IP y un bus clásico

Fuente: Aquilino Rodríguez Penin (2012)

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Estructura

De acuerdo con *Aquilino Rodríguez Penin (2012).* Ethernet –IP, al igual que el resto de los buses de campo, el objetivo es intentar simplificar el método de transmisión mediante el uso de los recursos mínimos suficientes para garantizar el funcionamiento del sistema.

PROTOCOLO DE COMUNICACIÓN DEVICENET

DeviceNet es una "red digital, multipunto para conexión entre sensores, actuadores y sistemas de automatización industrial en general, este tipo de tecnología ha sido desarrollado para lograr obtener una mayor flexibilidad entre dispositivos de campo y la interoperabilidad entre diferentes marcas de fabricantes" (Smar, 2021, párr.1).

De acuerdo con Smar (2021), la tecnología DeviceNet se considera un estándar de automatización abierto, y tiene como propósito la transmisión de 02 principales tipos de información.

Los cuales son "Datos cíclicos de sensores y actuadores, que mantienen una relación al control y Datos no cíclicos que mantienen una relación indirecta al control, tal como el diagnóstico y la configuración" (Smar, 2021, párr.1).

Los datos cíclicos son los que representan la información que es intercambiada de manera periódica entre el controlador y el equipo de campo, mientras que los no cíclicos son informaciones que son intercambiadas de manera eventual durante la configuración o el diagnóstico del equipo de campo (Smar, 2021).

Un ejemplo de red DeviceNet se muestra en la figura siguiente.

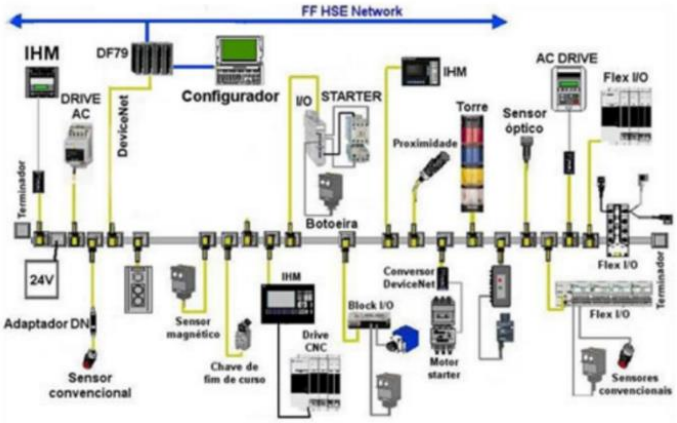


Figura 33. Ejemplo de Redes DeviceNet

Fuente: Smar (2021)

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Topología de la Red DeviceNet

En esta Topología de Red DeviceNet "Soporta una topología "trunk-line/dropline", lo que significa que los nodos se pueden conectar directamente a la línea principal o mediante derivaciones cortas, con longitudes máximas de 6 metros" (*Gaston Pinat, Javier García, 2001, p.12*).

Cada red DeviceNet nos permite la conexión de hasta 64 nodos donde solo un nodo es empleado por el módulo "Scanner" que actúa como maestro mientras el nodo 63 se reserva como el nodo por defecto, dejando disponibles 62 nodos para los demás dispositivos (*Gaston Pinat, Javier García, 2001*).

Sin embargo, la mayoría de los controladores industriales permiten conectarse a múltiples redes DeviceNet, con lo cual se puede ampliar la cantidad de nodos interconectados (*Gaston Pinat, Javier García, 2001*).

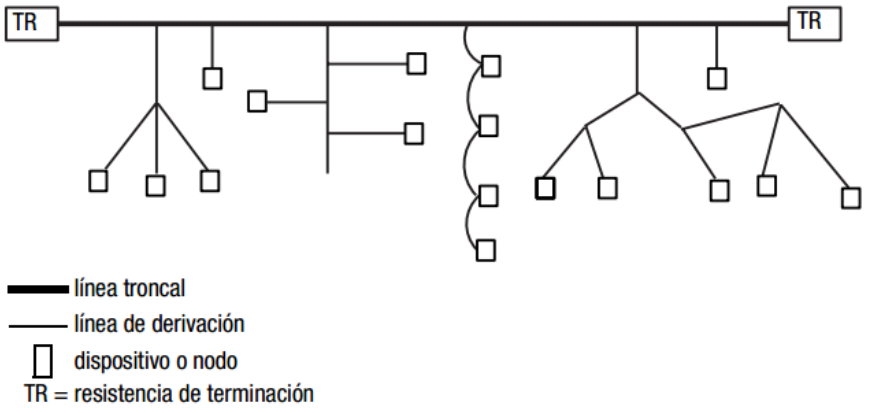


Figura 34. Topología de la Red DeviceNet

Fuente: Allen-Bradley (2008)

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

CAPÍTULO V: DESARROLLO DEL PROYECTO

5. DISEÑO Y DESARROLLO DEL PROGRAMA DE CONTROL PARA EL PLC

5.1. PLANIFICACIÓN

Para el desarrollo del siguiente proyecto se siguieron los siguientes pasos en el orden descrito a continuación a efectos de obtener el entregable final para el desarrollo del sistema de control automatizado y monitoreado desde un sistema SCADA, el cual parte desde la revisión de información hasta la puesta en marcha final del sistema de control.

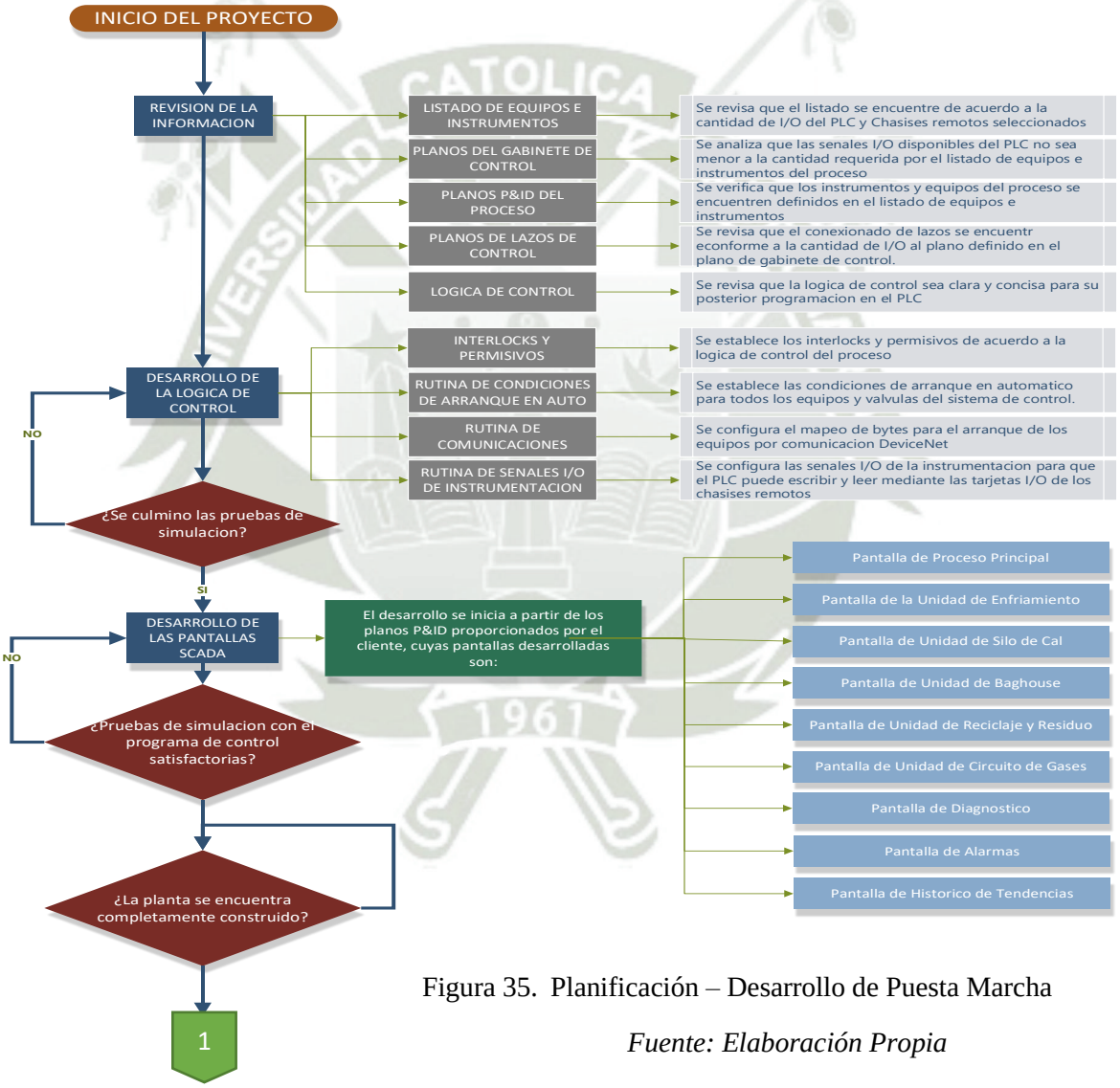


Figura 35. Planificación – Desarrollo de Puesta Marcha

Fuente: Elaboración Propia

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

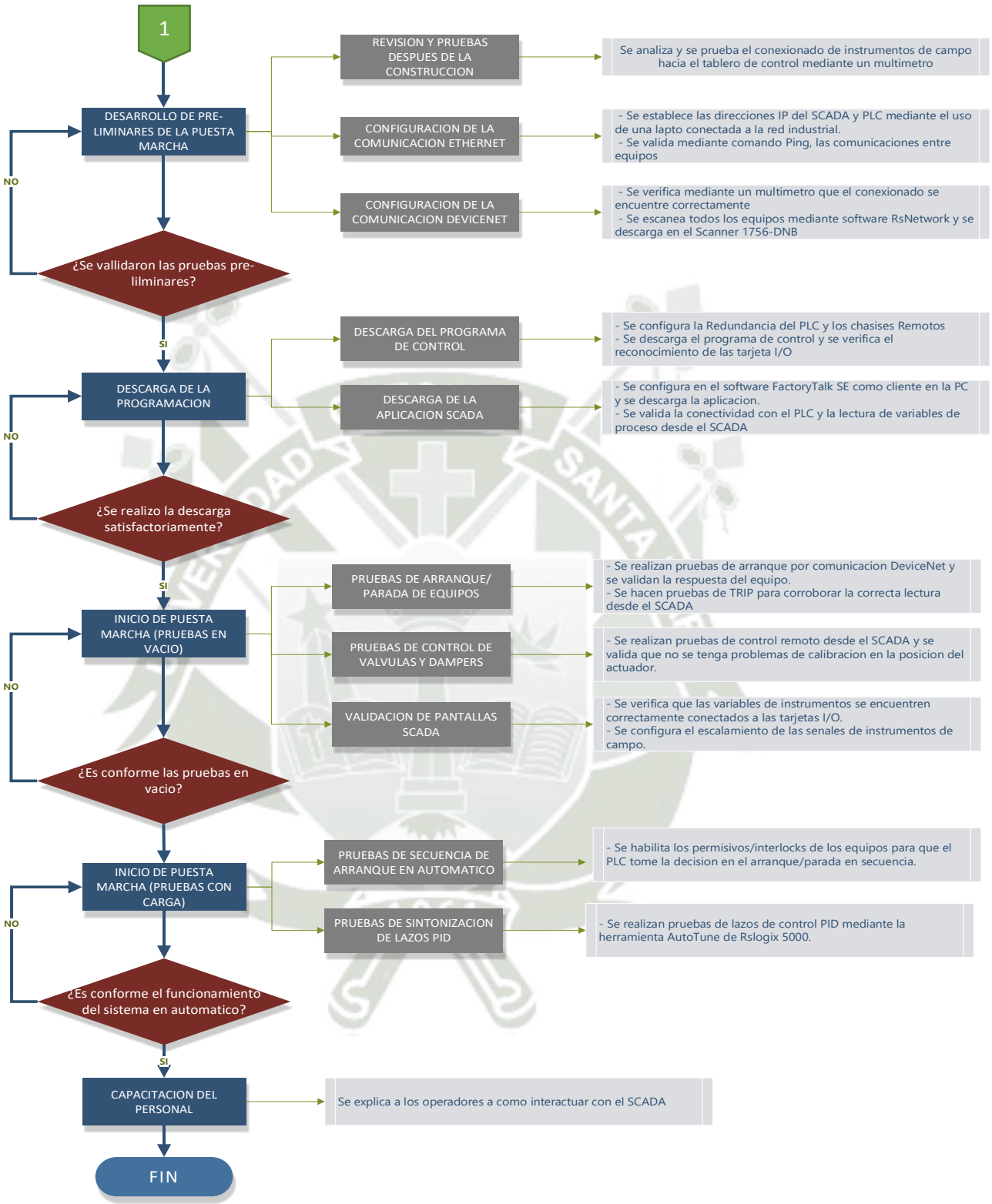


Figura 36. Planificación – Desarrollo de Puesta Marcha

Fuente: Elaboración Propia

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

5.2. ALCANCES DE LA PUESTA EN MARCHA

Una vez culminado la etapa de construcción del sistema de limpieza de gases, se procedió a realizar la etapa de puesta en marcha, el cual está comprendido en las siguientes etapas generales:

1. Pruebas de Lazo con señales I/O de instrumentos de campo, que consiste en verificar que todas las señales lleguen a las borneras del Tablero del PLC correctamente.
2. Pruebas de comunicación con los equipos integrados a la Red DeviceNet.
3. Pruebas de interlocks/permisivos de arranque para los diferentes equipos del proceso, que comprende:
   a. Unidad de Baghouse
   b. Unidad de agua de enfriamiento
   c. Unidad de silo de cal
   d. Unidad de Reciclaje y residuo
   e. Unidad de circuito de gases
4. Pruebas de funcionamiento de las diferentes etapas en manual sin material.
5. Pruebas de funcionamiento de etapas del proceso con material de forma secuencial.
6. Pruebas de control del PID del proceso en modo remoto desde el SCADA.

5.3. NORMAS Y ESPECIFICACIONES APLICADAS

- ✓ **NORMA ISA S5.4:**
  - Establece la información mínima requerida y adicional para un lazo de instrumentación. Esta norma se aplicó para los planos P & ID de instrumentación y control.

- ✓ **NORMA ISO 128:**
  - Establece reglas generales para el dibujo de líneas utilizadas en dibujos técnicos, por ejemplo, diagramas, planos o mapas. Esta norma se aplicó en los planos de distribución de equipos en el Gabinete de Control.

- ✓ **NORMA IEC 61131-3:**
  - Define las especificaciones de la sintaxis y semántica de los lenguajes de programación de PLC, incluyendo el modelo de software y la estructura de lenguaje. Esta norma se aplicó en el Software de RsLogix5000 para la programación del PLC.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

- ✓ **ANSI ISA-S5 2:**
  - Esta norma provee un método de diagramación lógica de entrelazado y secuencia binaria para el arranque de sistemas, operación, alarma, parada de equipos. Esta norma se aplicó a los Planos eléctricos unifilares**.**

- ✓ **NEMA:**
  - Esta norma cumple la función de indicar los estándares de seguridad que debes esperar de un producto determinado. Esta norma se empleó en la Selección en el diseño del Gabinete de Control.

- ✓ **UNE-EN ISO 9241:**
  - Esta norma está enfocada al diseño ergonómico de software para equipos con pantalla de visualización de datos, asimismo se detalla una serie de pautas que puedan servir como una guía a la hora de realizar el diseño y desarrollo de las interfaces gráficas, el cual incluye aspectos como diseño de fondo de pantalla, manejo de colores de pantalla, principios de diseño para dispositivos y ubicación de elementos tales como alarmas entre otros que deben estar en posiciones privilegiadas. Esta norma se aplicó para el diseño ergonómico de las pantallas SCADA.

- ✓ **ISA 112:**
  - Esta norma comprende una serie de estándares e informes técnicos que abordan el diseño, implementación, operación y mantenimiento del sistema SCADA en lo que respecta a tuberías, aguas y aguas residuales, energía, petróleo, gas y otras industrias para respaldar la integridad y confiabilidad general de estos sistemas. Esta norma se aplicó para el desarrollo del diseño de las pantallas SCADA.

- ✓ **ESTÁNDARES DE CALIDAD AMBIENTAL (ECA):**
  - Se establece que para el Dióxido de azufre (SO2), el límite máximo permisible es de 250 ug/m3 cada 24 hrs y que esta media no exceda las 07 veces por año. Este es el estándar que debe cumplir en la medición del analizador de gases en la salida de la chimenea.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

5.4. ANÁLISIS DEL TABLERO DE CONTROL

Previamente al desarrollo de la puesta en marcha del sistema de limpieza de gases, se procedió a analizar la distribución del tablero de control que suministramos como proveedor, cuya función principal será de gobernar todo el proceso en conjunto. Referente a la documentación y referencias utilizadas, las mismas fueron generadas por el área de ingeniería de diseño eléctrico de Controltek S.A.C.

El tablero de control del proyecto está constituido principalmente por los siguientes equipos:

- Fuentes de alimentación para el PLC, Distribución de 24VDC y Red DeviceNet.
- PLC Principal ControlLogix 5573.
- Tarjetas de comunicación Ethernet/IP.
- Tarjeta de comunicación DeviceNet.
- Chasises Remotos de I/O.
- Tarjetas de entradas y salidas digitales.
- Tarjetas de entradas y salidas análogas.
- Switch de comunicación para el acceso a la red industrial.
- Llaves de protección termomagnéticas tipo switch.

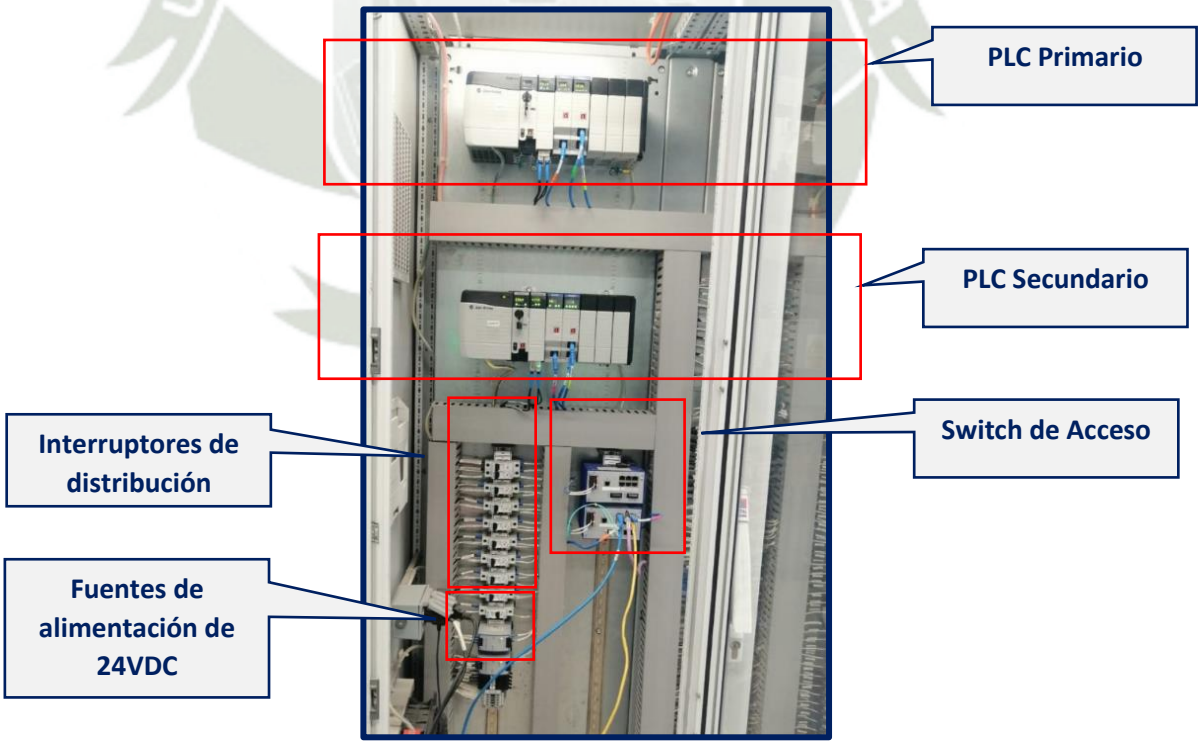


Figura 37. PLC Primario y Secundario

Fuente: Elaboración Propia.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

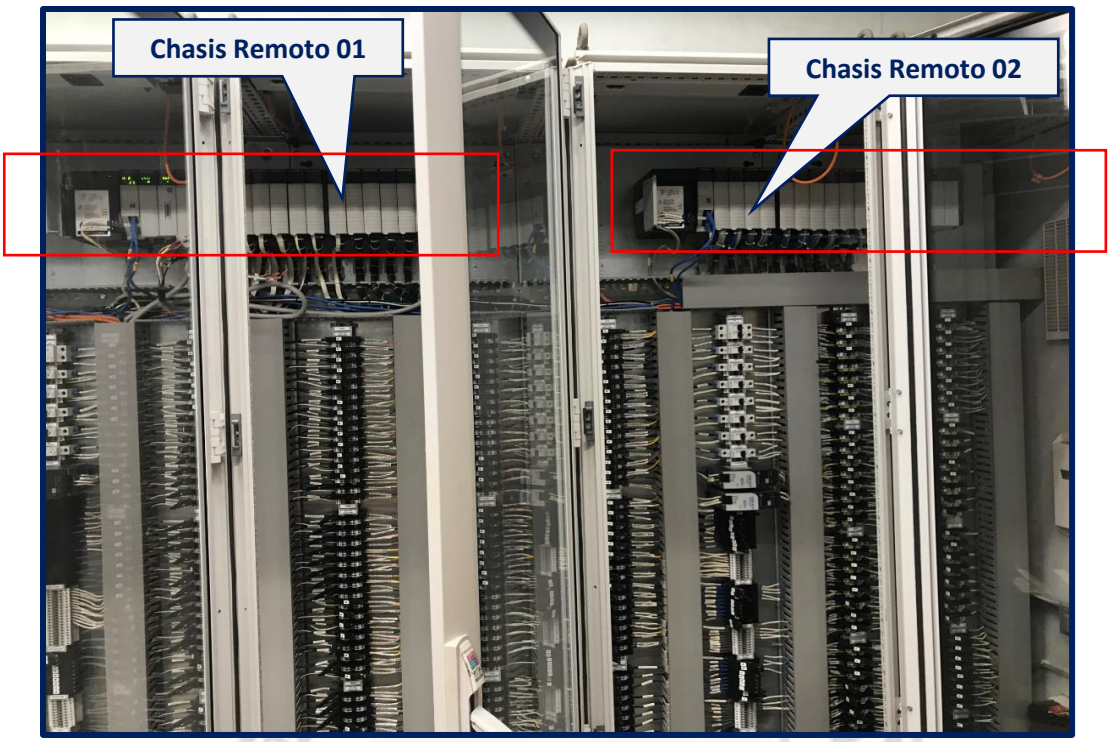


Figura 38. Tablero de Control – Chasis 01 Rack Remoto 01 y 02
Fuente: Elaboración Propia



Figura 39. Chasis Rack Remoto 01
Fuente: Elaboración Propia



Figura 40. Chasis Rack Remoto 02
Fuente: Elaboración Propia

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Desde el plano de disposición general se visualiza la distribución general de los elementos empleados en el gabinete de control, en este caso este permitirá identificar visualmente los materiales utilizados y su respectiva localización de las señales de campo a los canales de las tarjetas I/O del backplane del PLC en el gabinete de control.

Este tablero de control se encuentra ubicado en la sala eléctrica 296-ER-001, donde se encontrarán los PLCs redundantes con los chasises remotos.

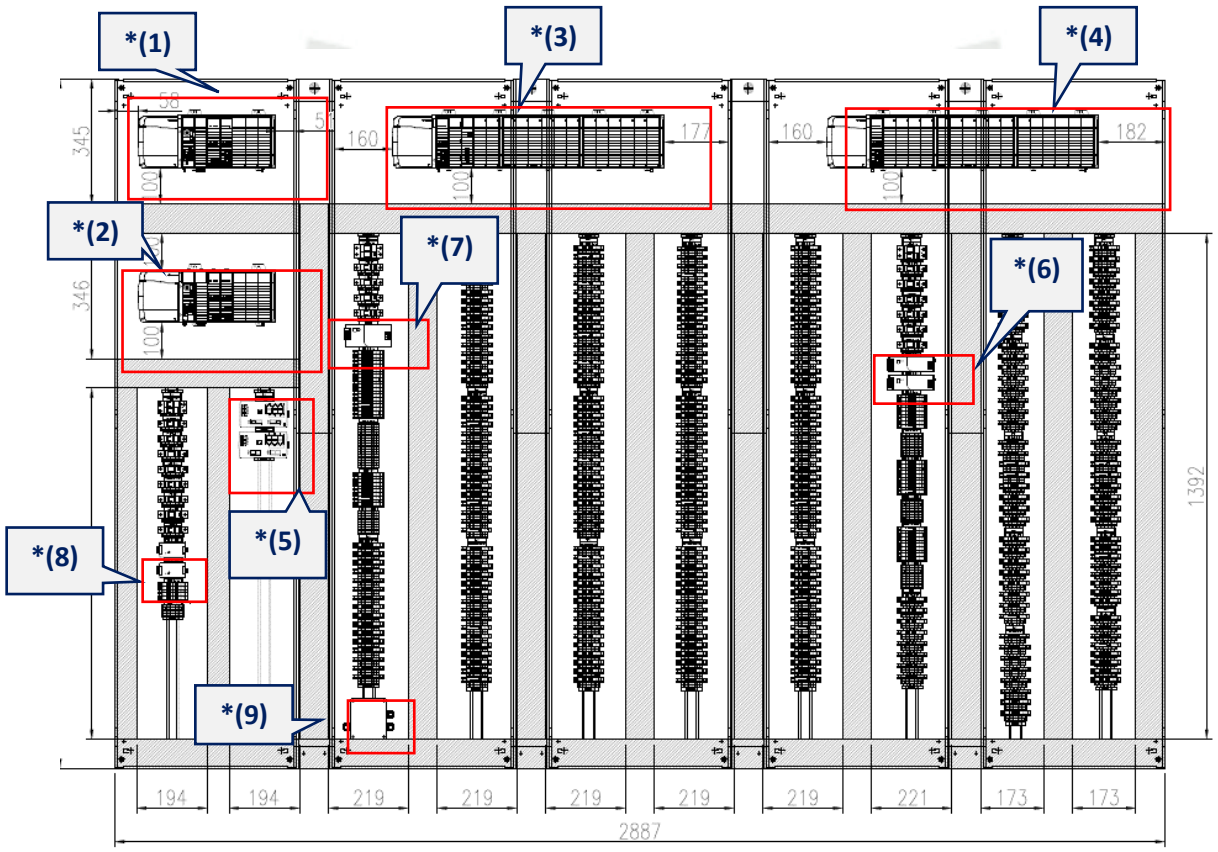


Figura 41. Plano de Disposición de Equipos y componentes

Fuente: Elaboración Propia

***(1).** Rack del PLC Primario

***(2).** Rack del PLC Secundario

***(3).** Rack Remoto 01

***(4).** Rack Remoto 02

***(5).** Switch de acceso

***(6).** Fuente de distribución 24VDC - Instrumentación

***(7).** Fuente de alimentación DeviceNet de 24VDC.

***(8).** Fuente de alimentación 120VAC – Instrumentación

***(9).** Terminal DeviceNet

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

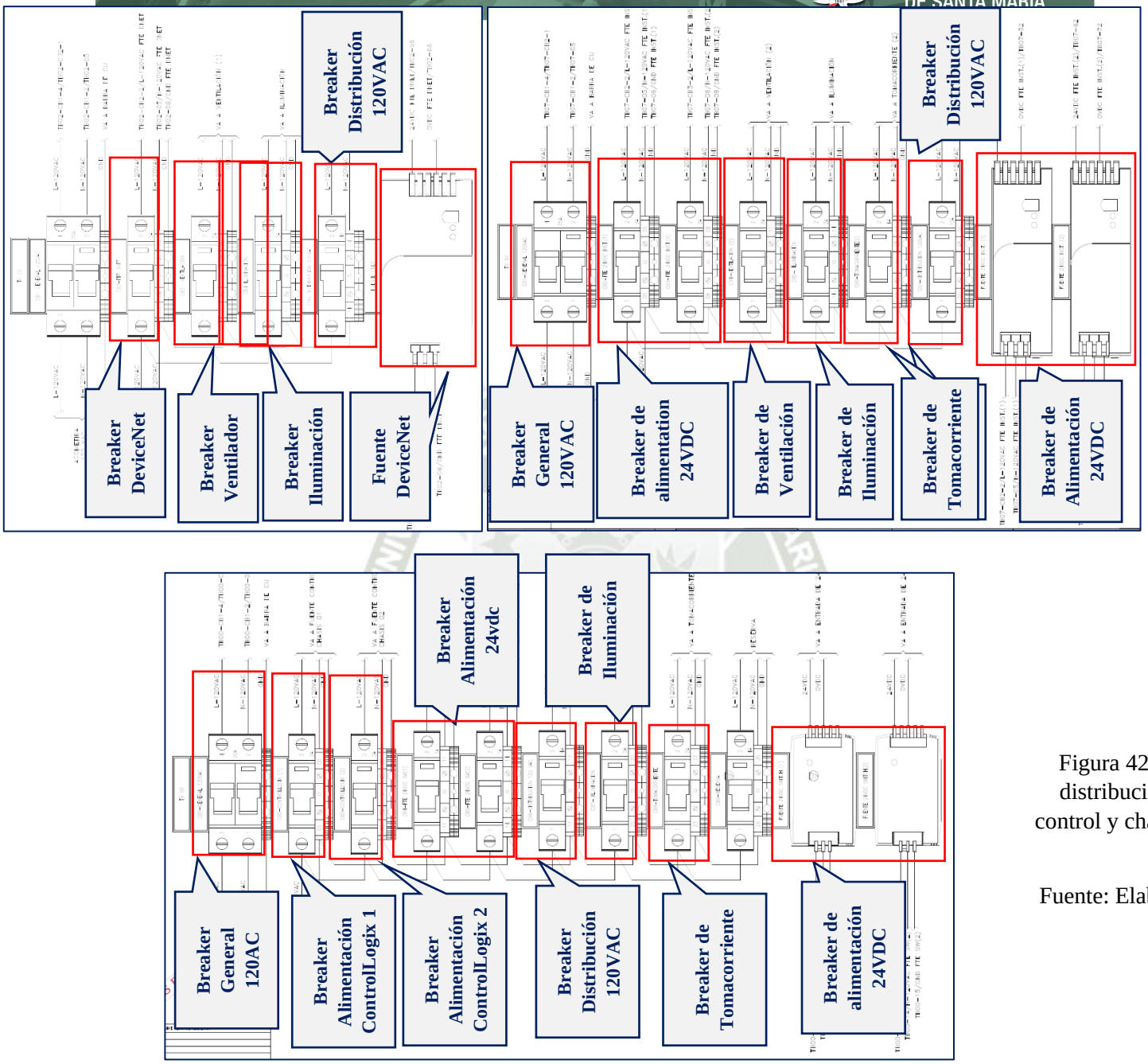


Figura 42. Planos de distribución del tablero de control y chasises remotos 01 y 02

Fuente: Elaboración Propia

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

5.5. IDENTIFICACIÓN DEL PLC, MÓDULOS I/O Y MÓDULOS DE COMUNICACIONES

De acuerdo los requerimientos de la unidad minera, se trabajó con un controlador de la familia de Rockwell Automation, por ello se utilizó el controlador ControlLogix 5570, el cual de acuerdo con su información técnica presenta las siguientes características principales:

- La plataforma ControlLogix permite la reutilización de diseños para lograr reducir el tiempo de desarrollo y costos, de tal forma que haya una respuesta rápida a las necesidades del mercado o del cliente y así reducir los costos de mantenimiento y poder acceder a la información de la planta, obteniendo una mejora en la administración en la toma de decisiones *(Allen-Bradley,2021)*.
- Ofrece opciones de memoria hasta 32MB *(Allen-Bradley,2021)*.
- Fácilmente integrable con las redes existentes de planta *(Allen-Bradley,2021)*.
- Admite varios controladores en un chasis *(Allen-Bradley,2021)*.
- Soporta múltiples e independientes redes de comunicaciones *(Allen-Bradley,2021)*.
- Capacidad para quitar y/o insertar cualquier tarjeta o unidad con el sistema energizado *(Allen-Bradley,2021)*.
- Los controladores ControlLogix ofrecen arquitecturas redundantes sin la necesidad de una programación adicional y controladores para una mayor disponibilidad. El control maestro lo que hace es actualizar de manera automática el control secundario ante cualquier cambio de datos que se requiera para mantener una sincronización completa *(Allen-Bradley,2021)*.
- En cuanto a las Entradas y salidas, la plataforma ControlLogix ofrece una amplia variedad de E/S digitales, digitales de diagnóstico, analógica, de control de movimiento y especial para satisfacer la variedad de necesidades de la aplicación *(Allen-Bradley,2021)*.
- Cuenta con módulo de almacenamiento de energía, evitando así la necesidad de utilizar una batería externa *(Allen-Bradley,2021)*.

Para el conexionado de señales se utilizaron diferentes módulos de E/S digitales y analógicos, los cuales fueron seleccionados según la información recopilada en la base de datos que se encuentra adjunto en el Anexo.2.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

En las siguientes tablas se muestra cada una de las tarjetas utilizadas para el gabinete de control 296-PLC-001.

CHASIS PRIMARIO	**Módulos**	**Señales**	**Señales libres**	**Modelo de tarjeta**
Fuente	1	-	-	1756-PA75
Procesador ControlLogix 1756-L73	1	-	-	1756-L73
Módulo de redundancia	1	-		1756-RM2
Módulo de comunicación Ethernet/IP	1			1756-EN2T
Módulo de comunicación Ethernet/IP Redundante	1	-	-	1756-EN2TR

Tabla 7.Componentes de Chasis Primario
Fuente: Elaboración Propia

CHASIS SECUNDARIO	**Módulos**	**Señales**	**Señales libres**	**Modelo de tarjeta**
Fuente	1	-	-	1756-PA75
Procesador ControlLogix 1756-L73	1	-	-	1756-L73
Módulo de redundancia	1	-		1756-RM2
Módulo de comunicación Ethernet/IP	1			1756-EN2T
Módulo de comunicación Ethernet/IP Redundante	1	-	-	1756-EN2TR

Tabla 8. Componentes de Chasis Primario
Fuente: Elaboración Propia

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

CHASIS RACK REMOTO 01	Módulos	Señales	Señales libres	Modelo de tarjeta
Fuente	1	-	-	1756-PA75
Módulo de comunicación Ethernet/ IP Redundante	1	-	-	1756-EN2TR
Módulo de comunicación Modbus TCP/IP	1	-		1756-MVI56E
Módulo de comunicación DeviceNet	1			1756-DNB
Módulos de entradas discretas	9	118	26	1756-IA16I
Módulos de salidas discretas	4	47	17	1756-OW16I

Tabla 9.Componentes del Rack Remoto 01
Fuente: Elaboración Propia

CHASIS RACK REMOTO 02	Módulos	Señales	Señales libres	Modelo de tarjeta
Fuente	1	-	-	1756-PA75
Módulo de comunicación Ethernet/ IP Redundante	1	-	-	1756-EN2TR
Módulos de entradas analógicas	9	61	11	1756-IF8H
Módulos de salidas analógicas	2	9	7	1756-OF8H

Tabla 10. Componentes del Rack Remoto 02
Fuente: Elaboración Propia

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

5.6. IDENTIFICACIÓN DE EQUIPOS - LISTADO DE CARGAS

Para visualizar a gran escala la magnitud del proyecto, se elaboró un resumen de todas las cargas que conciernen al proceso para poder realizar los diagramas de flujo por etapa, asimismo las cargas se han clasificado de acuerdo a las áreas establecidas en el proyecto.

En las siguientes tablas se detallan las cargas y el listado de señales del sistema de control del proyecto.

TAG	EQUIPO	TIPO	VELOCIDAD NOMINAL	POTENCIA
296-PMP-001A	Bomba de agua centrífuga	Arrancador Directo	60Hz	3HP
296-PMP-001B	Bomba de agua centrífuga	Arrancador Directo	60Hz	3HP
296-BLO-322	Soplador de aire	Arrancador Directo	60Hz	22KW
296-BLO-324	Soplador de aire	Arrancador Directo	60Hz	22KW
296-BLO-106	Soplador de aire	Arrancador Directo	60Hz	3HP
296-VAL-302	Válvula rotatoria	Arrancador Directo	60Hz	1.1KW
296-VAL-303	Válvula rotatoria	Arrancador Directo	60Hz	1.1KW
296-VAL-313	Válvula rotatoria	Arrancador Directo	60Hz	1.1KW
296-VAL-314	Válvula rotatoria	Arrancador Directo	60Hz	1.1KW
296-VAL-602	Válvula rotatoria	Arrancador Directo	60Hz	1.1KW
296-BLO-300	Soplador de aire	Arrancador Directo	60Hz	7.5KW
296-BLO-310	Soplador de aire	Arrancador Directo	60Hz	7.5KW
296-VAL-104	Válvula rotatoria	Arrancador Directo	60Hz	1.5KW
296-FAN-900	Ventilador	Arrancador Directo	60Hz	2.2KW
296-FAN-100	Ventilador	Arrancador Directo	60Hz	2.2KW
296-SCR-600	Transportador tornillo	Arrancador Directo	60Hz	2.2KW
296-FDR-210	Alimentador Volumétrico A	Variador de Velocidad	60Hz	0.75KW
296-FDR-220	Alimentador Volumétrico B	Variador de Velocidad	60Hz	0.75KW
296-FAN-001	Ventilador de tiro	Arrancador Directo	60Hz	550KW

Tabla 11. Listado de Equipos integrados a la Red DeviceNet
Fuente: Elaboración Propia

Nomenclatura empleada:
AI: Analog Input (Entrada Análoga)
AO: Analog Output (Salida Análoga)
DI: Discrete Input (Entrada Discreta)
DO: Discrete Output (Salida Discreta)

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

5.7. CRITERIOS DE SELECCIÓN Y CONSUMO ENERGÉTICO

PARA LA SELECCIÓN DEL GABINETE:

Dado que el tablero es para uso industrial, se considera los siguientes aspectos primordiales:

- **Tipo de gabinete metálico:** debido a que va estar expuesto en una zona húmeda, se ha previsto utilizar acero inoxidable como material principal del gabinete, el cual permite garantizar la hermeticidad ante agentes externos que pudiesen afectar al funcionamiento de los componentes internos del tablero.
- **Certificaciones bajo las cuales deben regirse los materiales:** para esto es necesario realizar el análisis de la clasificación de protección de gabinetes NEMA.

Según el grado de protección de NEMA, se selecciona NEMA 12, el cual se ajusta al uso industrial.

Grado de protección	Descripción
NEMA 1	Instalación interior, protege contra la caída de suciedad
NEMA 2	Instalación interior, protege contra la caída de suciedad y el goteo de agua
NEMA 3	Instalación exterior, protege contra lluvia, aguanieve y polvo transportado por el viento; además protege contra daños ocasionados por la formación de hielo exterior sobre el armario
NEMA 3R	Instalación exterior, protege contra lluvia, aguanieve: además protege contra daños ocasionados por la formación de hielo exterior sobre el armario
NEMA 3S	Instalación interior o exterior, protege contra lluvia, aguanieve y polvo transportado por el viento; además, los mecanismos externos permanecen operativos a pesar de la formación de hielo
NEMA 4	Instalación interior o exterior, protege contra el polvo transportado por el viento y la lluvia, salpicaduras de agua y agua proyectada; además protege contra daños ocasionados por la formación de hielo exterior sobre el armario
NEMA 4X	Instalación interior o exterior, protege contra el polvo transportado por el viento y la lluvia, salpicaduras de agua, agua proyectada y corrosión; además protege contra daños ocasionados por la formación de hielo exterior sobre el armario
NEMA 5	Protección interior contra caída de suciedad, acumulación del polvo del aire ambiental, así como contra el goteo de líquidos no corrosivos
NEMA 6	Protección interior o exterior contra caída de suciedad, chorro de agua y entrada de agua a causa de la inmersión parcial, limitada a una profundidad determinada; así como protección contra daños provocados por la formación de hielo
NEMA 6P	Protección interior o exterior contra proyección de agua y entrada de agua a causa de la inmersión prolongada a una profundidad determinada; así como protección contra daños provocados por la formación de hielo
NEMA 12	Protección interior contra caída de suciedad, acumulación del polvo del aire ambiental, así como contra el goteo de líquidos no corrosivos.
NEMA 13	Protección interior contra polvo, caída de suciedad, salpicaduras de agua y aceite, así como medios refrigerantes no corrosivos

Tabla 12. Lista de Grados de Protección
Fuente: Elaboración Propia

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

PARA LA SELECCIÓN DEL PLC Y COMPONENTES:

Se realizó una comparación técnica de la familia de alta gama de la marca Allen-Bradley, donde se tiene al controlador CompactLogix y ControlLogix, el cual de acuerdo a la requisición técnica se destaca el controlador ControlLogix por su capacidad de memoria, cantidad de I/Os y robustez.

	COMPACTLOGIX	CONTROLLOGIX
Software de programacion	RSLogix 5000	RSLogix 5000
Opciones de comunicación	Puertos Ethernet/IP para equipos 1769-L32E y 1769-L35E y puertos ControlNet para equipos 1769-L32C y 1769-L35CR	EtherNet/IP, ControlNet, DeviceNet, DataHigway Plus, Remote I/O, SynchLink, Third-aprty process and device networks
Modulo de comunicación	Equipo 1769-SDN	1769-EN2T
I/O	Modulos de montaje en Riel DIN	Proporciona de 8 a 32 puntos por modulo
Memoria del controlador	Entre 512 Kb y 1.5MB	Entre 2MB Y 40MB
Numero de tarjetas admitidas	Entre 4,6 u 8	Según chasis hasta 17 módulos adicionales
Numero de modulo de I/O locales admitidos	16 o 30 distribuidos en 3 bancos de I/O	128000 I/O maximo
Tipo de equipo	Industrial de Grupo 1, Clase A	Clase 1, Division 2, Grupo A
Consideraciones de sensibilidad	Ante descargas electroestáticas	Presenta mayor robustez que un Compact Logix

Tabla 13. Comparación entre CompactLogix y ControlLogix
Fuente: Elaboración Propia

Luego para la selección de los demás componentes tales como chasis, fuentes de alimentación y módulos de redundancia, se seleccionan los equipos que mantengan una compatibilidad con el sistema de Redundancia.

PARA LA SELECCIÓN DE MÓDULOS I/O: Se considera como criterio que cumplan los siguientes parámetros como mínimo:

- Compatibilidad con el chasis 1756-A17 (Rack Remoto I/O).
- Compatibilidad con la arquitectura ControlLogix.
- Número de salidas de acuerdo al dimensionado.
- Resolución de bytes entre 16 y 21 bits.
- Periodo de muestreo mayor a 1s.
- Rango de Salida/Entrada (Señales Análogas): Señal de corriente de 4-20mA.
- Rango de voltaje de entrada nominal: 120V AC 50/60Hz.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

PARA LA SELECCIÓN DE CABLES: El calibre del cable fue seleccionado en base a las características técnicas recomendados por el fabricante, los cuales se muestran en la siguiente tabla por cada componente.

Fuente	Equipo	Especificación técnica
1756-PA75	Fuente de alimentación para el controlador ControLogix	2.5mm2 (14AWG) con clasificación para 90 °C (194 °F), o más, aislamiento de 1.2 mm (3/64 pulg.) para conectar la alimentación eléctrica.
1756-A17	Fuente para chasis de 17 slots	8.3mm2 (14 AWG)
1756-EN2TR	Modulo de comunicación ethernet redundante	Ethernet RJ45 Categoría 5
1756-IF8H	Modulo 08 de Entradas Análogas Hart	16 AWG, alambre de cobre sólido o trenzado clasificado para 105 °C (221 °F), o mayor
1756-OF8H	Modulo de 08 Salidas analogas Hart	16 AWG, alambre de cobre sólido o trenzado clasificado para 105 °C (221 °F), o mayor
1756-RM2	Modulo de Redundancia	Cable de comunicación de fibra óptica 1756-RMC2
1756-OW16I	Modulo de 16 Salidas Discretas aisladas a 120Vac	16 AWG, alambre de cobre sólido o trenzado clasificado para 105 °C (221 °F), o mayor
1756-IA16I	Modulo de 16 Entradas Discretas aisladas a 120Vac	16 AWG, alambre de cobre sólido o trenzado clasificado para 105 °C (221 °F), o mayor

Fuente: Elaboración Propia

CONSUMO ENERGÉTICO: En la siguiente tabla se detalla el consumo diario y por hora de cada equipo del gabinete de control.

MODELO	COMPONENTE	TENSION	POTENCIA EN VATIOS	CANTIDAD	CONSUMO DIARIO (Kwh/dia)	CONSUMO POR HORA (Kwh)
1756-PA75	Fuente de alimentación para el controlador ControLogix	120VAC	115	4	11.04	0.46
RSB20-0800M2M2	Switch 6X10	120VAC	8	2	0.384	0.016
-	Iluminacion	120VAC	14	3	1.008	0.042
-	Ventilacion	120VAC	12	2	0.576	0.024
1606-XLSDNET8	Fuente DeviceNet	120VAC	192	1	4.608	0.192
RSB20-0800M2M2	Switch 6X10	120VAC	8	1	0.192	0.008
1606-XLS120E	Fuente 24 VDC Instrumentacion	120VAC	120	2	5.76	0.24
-	Bobina de Contactor 120VAC	120VAC	48	4	4.608	0.192
TOTAL DE CONSUMO ENERGETICO					**28.176**	**1.174**

Tabla 15. Consumo por hora y diario de cada equipo

Fuente: Elaboración Propia

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

5.8. IDENTIFICACIÓN DE SEÑALES DE SENSORES, ACTUADORES POR CABLEADO DURO Y POR COMUNICACIÓN

Teniendo identificado las señales e instrumentos, se procede con la elaboración de la base de datos, la cual incluye a modo resumen lo trabajado previamente, que se dividirá según lo siguiente:

- Señales de Entrada y Salidas digitales y analógicas según Tipo de Señal *(Ver Anexo 2)*.
- Señales por comunicación Ethernet. *(Ver Anexo 3)*.
- Señales por comunicación DeviceNet *(Ver Anexo 4)*.

Los cuales facilitarán más adelante en realizar las actividades de configuración para la programación del PLC, que son:

- Configuración de tarjetas I/O en el programa PLC.
- Configuración de Escalamiento de señales de instrumentos análogos.
- Configuración de mapeado de bytes de la Red DeviceNet y Ethernet.

A continuación, se muestran los instrumentos más empleados en el proceso para poder identificarlos en la base de datos que se encuentra anexada en el presente documento.

- Nivel alto en tolva (LSH).
- Nivel muy alto en tolva (LSHH).
- Transmisor indicador de posición (ZIT).
- Transmisor indicador de temperatura (TIT).
- Transmisor indicador de flujo (FIT).
- Transmisor indicador de vibración (VI).
- Transmisor indicador de presión diferencial (PDIT).
- Transmisor indicador de nivel (LIT).
- Switch de nivel bajo (LS).
- Transmisor indicador de peso (WIT).
- Transmisor analizador de gas (AIT).

Los equipos que se conectan a una Red por comunicación Ethernet o DeviceNet se encontrarán identificados con los nodos o direcciones designadas y las señales digitales/analógicas que están conectados al PLC estarán definidos con la dirección de la tarjeta, con el objetivo de dimensionar los tableros de control.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

5.9. IDENTIFICACIÓN DE PERMISIVOS/INTERLOCKS DE PROCESO Y SEGURIDAD

PROCESO	SEÑALES DE INSTRUMENTOS / COMUNICACIÓN	PERMISIVO	CAUSA			EFECTO EN ACTUADOR
			ENCLAVAMIENTO DE PROCESO	ENCLAVAMIENTO DE SEGURIDAD	VALORES SETEADOS	
UNIDAD DE AGUA DE ENFRIAMIENTO	Nivel alto en tanque de agua 296-TNK-001		X		80 %	Cierre de válvula de llenado de tanque (LV-296143)
	Nivel bajo en tanque de agua 296-TNK-001		X		20 %	Apertura de válvula de llenado de tanque (LV-296143)
	Nivel de arranque en tanque de agua 296-TNK-001	X			30 %	Arranque de la bomba de agua (296-PMP-001A/B)
	Nivel muy bajo en tanque de agua 296-TNK-001					Cierre de válvula de llenado de tanque (LV-296143)
	Presión a la salida de bombas de agua fuera de rango		X		3.447- 4.826 kPa	Parada de las bombas de agua (296-PMP-001A/B)
	Falla de comunicación DeviceNet			X	-	
	Falla de Trip			X	-	
	Activación de Parada de Emergencia			X	-	

Tabla 16. Interlocks de proceso/seguridad y permisivos del proceso

Fuente: Elaboración Propia

PROCESO	SEÑALES DE INSTRUMENTOS Y POR COMUNICACIÓN	PERMISIVO	CAUSA			EFECTO EN ACTUADOR
			ENCLAVAMIENTO DE PROCESO	ENCLAVAMIENTO DE SEGURIDAD	VALORES SETEADOS	
UNIDAD DE BAGHOUSE	Presión diferencial alta en Baghouse (PDH)	X			1.74 kPa	Arranque de sistema de limpieza mediante sistema de aire comprimido (PSV_211,213,221,223,231,233,241,243)
	Ventilador de tiro 296-FAN-001 Detenido	X			-	Aislamiento de más de 01 módulo de aislamiento
	Falla de interruptores de posición			X	-	Activación de comando de apertura de dampers de aislamiento (FV-296210,216,220,226, 230, 236,240,246)
	Falla de apertura			X	-	
	Falla de interruptores de posición			X	-	
	No hay nivel alto en Tolvas-Módulo 1,2,3 y 4		X			Activación de vibradores neumáticos

Tabla 17. Interlocks de proceso/seguridad y permisivos del proceso

Fuente: Elaboración Propia

PRO-CESO	SEÑALES DE INSTRUMENTOS Y POR COMUNICACIÓN	PER-MISIVO	CAUSA			EFECTO EN ACTUADOR
			ENCLAVAMIENTO DE PROCESO	ENCLAVAMIENTO DE SEGURIDAD	VALORES SETEADOS	
UNIDAD DE CAL	Nivel alto de Peso en tolva 296-BIN-210	X			20 kg	Arranque de alimentadores 296-FDR-210/220
	Nivel bajo de Peso en Tolva 296-BIN-210		X		80 kg	Parada de alimentadores 296-FDR-210/220
	Falla de comunicación DeviceNet			X	-	
	Falla TRIP			X	-	
	Parada de emergencia activada			X	-	
	Presión de aire por encima del setpoint				5 kPa	Arranque de válvula rotatoria 296-VAL-104
	Confirmación de posición (ZI) de válvula de desvío 2960VAL200	X			-	
	Soplador de Aire arrancando (296-BLO-106)	X			-	
	Falla de comunicación DeviceNet			X		Parada de válvula rotatoria 296-VAL-104
	Falla TRIP			X		
	Parada de emergencia activada			X		
	Nivel alto en Silo de CAL (LSH)	X				Apertura de válvulas de sistema de fluidización (296-BIN-001)
	Válvula rotatoria 296-VAL-104 Arrancando	X			-	
	Nivel alto en Silo de Residuos (LSH)	X			-	Apertura de válvulas de sistema de fluidización (296-BIN-002)
	Válvula rotatoria 296-VAL-104 Arrancando	X			-	

Tabla 18. Interlocks de proceso/seguridad y permisivos del proceso
Fuente: Elaboración Propia

PRO-CESO	SEÑALES DE INSTRUMENTOS Y POR COMUNICACIÓN	PER-MISIVO	CAUSA			EFECTO EN ACTUADOR
			ENCLAVAMIENTO DE PROCESO	ENCLAVAMIENTO DE SEGURIDAD	VALORES SETEADOS	
UNIDAD DE RECICLAJE Y RESIDUOS	Falla de comunicación DeviceNet			X	-	Parada de soplador de aire 296-BLO-322
	Falla TRIP			X	-	
	Parada de emergencia activada			X	-	
	Falla de comunicación DeviceNet			X	-	Parada de soplador de aire 296-BLO-324
	Falla TRIP			X	-	
	Parada de emergencia			X	-	
	Nivel alto en tolva de reactor (LSH)	X			-	Arranque de válvula rotatoria 296-VAL-602
	Interruptor de baja velocidad (SSL)			X	-	Parada de válvula rotatoria 296-VAL-602
	Falla de comunicación DeviceNet			X	-	
	Falla TRIP			X	-	
	Parada de emergencia activada			X	-	
	Nivel alto en tolva de reactor (LSH)	X			-	Arranque de transportador tornillo 296-SCR-600
	Interruptor de baja velocidad (SSL)			X	-	Parada de transportador tornillo 296-SCR-600
	Falla de comunicación DeviceNet			X	-	
	Falla TRIP			X	-	
	Parada de emergencia activada			X	-	
	Nivel alto en tolva de reciclaje (LSH)	X			-	Arranque de válvula rotatoria 296-VAL-302
	Presión alta de aire en soplador de aire	X			8 kPa	
	Interruptor de baja velocidad (SSL)			X	-	Parada de válvula rotatoria 296-VAL-302
	Falla de comunicación DeviceNet			X	-	

Tabla 19. Interlocks de proceso/seguridad y permisivos del proceso

Fuente: Elaboración Propia

PRO-CESO	SEÑALES DE INSTRUMENTOS Y POR COMUNICACIÓN	PER-MISIVO	CAUSA			EFECTO EN ACTUADORES
			ENCLAVAMIENTO DE PROCESO	ENCLAVAMIENTO DE SEGURIDAD	VALORES SETEADOS	
UNIDAD DE RECICLAJE Y RESIDUOS	Falla TRIP			X	-	Parada de válvula rotatoria 296-VAL-302
	Parada de emergencia activada			X	-	
	Nivel alto en tolva de reciclaje (LSH)	X			-	Arranque de válvula rotatoria 296-VAL-313
	Presión alta de aire en soplador de aire	X			8 kPa	
	Interruptor de baja velocidad (SSL)			X	-	Parada de válvula rotatoria 296-VAL-313
	Falla de comunicación DeviceNet			X	-	
	Falla TRIP			X	-	
	Parada de emergencia activada			X	-	
	Soplador de airea 296-BLO-322/324 Arrancando	X			-	Arranque válvula rotatoria 296-VAL-303
	Presión en soplador por encima del Setpoint	X			8 kPa	
	Interruptor de baja velocidad (SSL)			X	-	Parada de válvula rotativa 296-VAL-303
	Nivel muy alto en silo de residuo (LSH)		X		-	
	Falla de comunicación DeviceNet			X	-	
	Falla Trip			X	-	
	Parada de emergencia activada			X	-	
	Soplador de airea 296-BLO-322/324 Arrancando	X			-	Arranque válvula rotatoria 296-VAL-314
	Presión en soplador por encima del Setpoint	X			8 kPa	

Tabla 20. Interlocks de proceso/seguridad y permisivos del proceso

Fuente: Elaboración Propia

PRO-CESO	SEÑALES DE INSTRUMENTOS Y POR COMUNICACIÓN	PER-MISIVO	CAUSA			EFECTO EN ACTUADORES
			ENCLAVAMIENTO DE PROCESO	ENCLAVAMIENTO DE SEGURIDAD	VALORES SETEADOS	
UNIDAD DE RECICLAJE Y RESIDUOS	Interruptor de baja velocidad (SSL)			X	-	Parada de válvula rotativa 296-VAL-314
	Nivel muy alto en silo de residuo (LSH)		X		-	
	Falla de comunicación DeviceNet			X	-	
	Falla Trip			X	-	
	Parada de emergencia activada			X	-	
	Interruptor de baja velocidad (SSL)			X	-	Parada de soplador de airea 296-BLO-300
	Falla de comunicación DeviceNet			X	-	
	Falla Trip			X	-	
	Parada de emergencia activada			X	-	
	Interruptor de baja velocidad (SSL)			X	-	Parada de soplador de airea 296-BLO-310
	Falla de comunicación DeviceNet			X	-	
	Falla Trip			X	-	
	Parada de emergencia activada			X	-	

Tabla 21. Interlocks de proceso/seguridad y permisivos del proceso

Fuente: Elaboración Propia

PRO-CESO	SEÑALES DE INSTRUMENTOS Y POR COMUNICACIÓN	PER-MISIVO	CAUSA			EFECTO EN ACTUADORES
			ENCLAVAMIENTO DE PROCESO	ENCLAVAMIENTO DE SEGURIDAD	VALORES SETEADOS	
UNIDAD DE CIRCUITO DE GASES	Damper 01 y Damper 02 Cerrado (ZSC, ZSO)		X	X	-	Parada del ventilador de tiro 296-FAN-001
	Damper 06 abierto menor al Setpoint			X	10%	
	Damper 03 y 04 no abiertos (ZSC, ZSO)			X	-	
	Presión muy baja a la entrada del ventilador de tiro			X	-5.25 kPa	
	Damper 05 se encuentra cerrado (ZSC, ZSO)			X	-	
	Damper 07 no está abierto (ZSO)			X	-	
	Temperatura muy alta en arrancador (TIT)		X		110 °C	
	Vibración muy alta (VIT)		X		10.2 mm	
	Falla de comunicación DeviceNet			X	-	
	Falla Trip			X	-	

Tabla 22. Interlocks de proceso/seguridad y permisivos del proceso

Fuente: Elaboración Propia

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

5.10. PROGRAMACIÓN DEL PLC PARA LA AUTOMATIZACIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL

La rutina para el control de este proceso se diseñó en base a la información descrita en el apartado de Lógica de Control del presente documento, poniendo énfasis en la identificación de permisivos/enclavamientos y diagramas de flujo para las secuencias de arranque, siendo estas las plasmadas en la rutina de control.

Para el desarrollo del programa PLC se empleó el software Rslogix 5000, el cual se emplea para los controladores ControlLogix de Rockwell Automation, mediante el cual nos permitirá diseñar en cuatro distintos tipos de lenguajes de programación que pueden ser: Ladder, Diagrama de Bloques, Grafcet o texto estructurado, donde para este proyecto se empleó el lenguaje Ladder y diagrama de bloques.

Con fines de facilitar el uso de rutinas más utilizadas, se desarrollaron instrucciones de tipo Add-On, las cuales permitirán realizar las réplicas para las lógicas de arranque típico de motores, escalamiento de señales análogas, control de válvulas on-off y moduladoras.

En los siguientes sub-apartados se detalla de forma breve el funcionamiento de cada uno de los “add-on instructions” y la lógica de control empleado según los diagramas de flujo desarrollados para cada una de las etapas.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

5.11. IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL

Para la implementación del sistema de control se utilizan instrucciones “Add-on”, el cual nos permitirá la recopilación de la lógica que más se emplea, que son similares a las instrucciones integradas en el software ControlLogix, logrando así ahorrar el tiempo ya que se reutilizara el código que es recurrente.

5.11.1. ADD-ON CONTROL DE ENCENDIDO/APAGADO DE MOTORES

Este Add-on es desarrollado especialmente para el arranque/parada de los motores (equipos) de campo, el cual facilitará la programación para la adquisición de señales proveniente de los equipos ya sea que vengan por cableado duro o por comunicación DeviceNet, ya que mantienen terminales de entradas que definen funciones tales como señales de selector Local/Remoto, status de Trip, modos de operación, status de amperaje, fallas de comunicación y de arrancado/detenido e interlocks/permisivos del equipos que permitirán su rápida identificación y conocimiento del funcionamiento en la lógica de control.

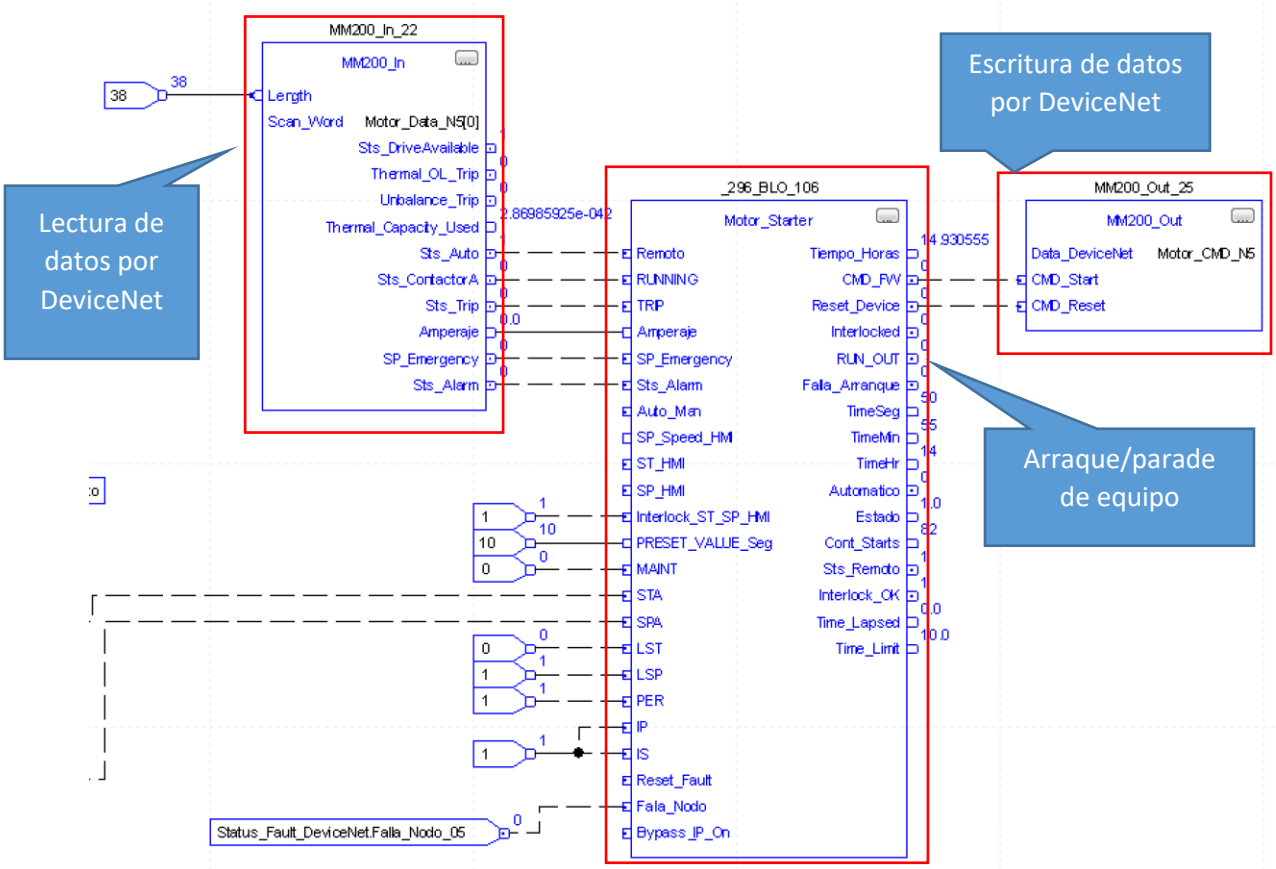


Figura 43. Add On – Arranque típico de motores

Fuente: Elaboración Propia

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Como se puede observar en la figura, el bloque “Motor Starter” contiene diversas entradas y salidas, que a su vez se encuentran conectado a los bloques “MM200_In” y “MM200_Out” que son bloques encargados de la adquisición de datos por comunicación DeviceNet para lectura y escritura, a continuación, se explica el detalle:

- **Remoto:** Señal del selector físico del motor, requerido para el monitoreo desde el SCADA.
- **Running:** Señal de confirmación de arrancado del motor, requerido para el monitoreo desde el SCADA.
- **Trip:** Señal de status de tripeo, configurado para ser monitoreado en alarmas del SCADA.
- **Amperaje:** Señal de medición de corriente del motor.
- **SP Emergency:** Señal de activación de botonera física de Parada de emergencia.
- **Sts Alarm:** Señal de activación de alarma.
- **Auto_Man:** Señal de activación de automático/manual desde el faceplate del Scada.
- **Falla_Nodo:** Señal de falla de comunicación DeviceNet.
- **ST_HMI:** Señal para arrancar/parar equipo remotamente desde SCADA, Con bit en “1 el equipo arranca, con bit en “0” el equipo se detiene.
- **STA:** Señal de arrancar, empleado para la lógica de control en automático.
- **SPA:** Señal de parar, empleado para la lógica de control en automático.
- **CMD_FW:** Señal de comando final de arranque-parada del equipo por comunicación DeviceNet.
- **Reset_Device:** Señal de reseteo de falla de trip desde SCADA.

Para una mejor compresión del bloque típico de arranque de motor “motor starter” se empleará unas tablas donde se muestra la lógica de control empleado para las señales principales, tanto en modo manual como automático.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

LÓGICA MOTOR – TABLA DE ESTADO EN MODO AUTOMÁTICO									
PUERTOS DE ENTRADA					**ESTADO MOTOR**				
STA	**SPA**	**PER**	**/IS**	**/IP**	**INICIAL**	**FINAL**	**FALLA**	**LISTO**	**MODO**
0	**0**	**1**	**1**	**1**	DETEN	DETEN	OK	PREPARADO	AUTO
0	**X**	**0**	**1**	**1**	DETEN	DETEN	OK	NO PREP	AUTO
0	**0**	**X**	**0**	**1**	DETEN	DETEN	FALLA	NO PREP	OFF
0	**0**	**X**	**1**	**0**	DETEN	DETEN	FALLA	NO PREP	OFF
X	**0**	**1**	**1**	**1**	FUNC	FUNC	OK	NO PREP	AUTO
X	**0**	**0**	**1**	**1**	FUNC	FUNC	OK	NO PREP	AUTO
X	**0**	**X**	**0**	**1**	FUNC	DETEN	FALLA	NO PREP	OFF
X	**0**	**X**	**1**	**0**	FUNC	DETEN	FALLA	NO PREP	OFF
0	**1**	**0**	**1**	**1**	FUNC	DETEN	OK	NO PREP	AUTO
0	**1**	**1**	**1**	**1**	FUNC	DETEN	OK	PREPARADO	AUTO
1	**0**	**1**	**1**	**1**	DETEN	FUNC	OK	NO PREP	AUTO

Tabla 23. Lógica de motor en modo automático

Fuente: Elaboración Propia

LÓGICA MOTOR – TABLA DE ESTADO EN MODO MANUAL								
PUERTOS DE ENTRADA					**ESTADO MOTOR**			
LST	**LSP**	**PER**	**/IS**	**/IP**	**INICIAL**	**FINAL**	**FALLA**	**LISTO**
0	**1**	**1**	**1**	**1**	DETEN	DETEN	OK	PREPARADO
0	**X**	**0**	**1**	**1**	DETEN	DETEN	OK	NO PREP
0	**1**	**X**	**0**	**1**	DETEN	DETEN	FALLA	NO PREP
0	**1**	**X**	**1**	**0**	DETEN	DETEN	FALLA	NO PREP
X	**1**	**1**	**1**	**1**	FUNC	FUNC	OK	NO PREP
X	**1**	**0**	**1**	**1**	FUNC	FUNC	OK	NO PREP
X	**1**	**X**	**0**	**1**	FUNC	DETEN	FALLA	NO PREP
X	**1**	**X**	**1**	**0**	FUNC	DETEN	FALLA	NO PREP
0	**0**	**0**	**1**	**1**	FUNC	DETEN	OK	NO PREP
0	**0**	**1**	**1**	**1**	FUNC	DETEN	OK	PREPARADO
1	**1**	**1**	**1**	**1**	DETEN	FUNC	OK	NO PREP

Tabla 24. Lógica de motor en modo manual

Fuente: Elaboración Propia

Nomenclatura

AUTO: Entrada selección equipo en modo automático.
MAN: Entrada selección equipo en modo manual
OFF: Entrada selección equipo en modo off.
STA: Entrada partir equipo (modo automático)
SPA: Entrada detener equipo (modo automático)
LST: Entrada botonera partir local (modo manual)
LSP: Entrada botonera parar local (modo manual)
FUN: Entrada motor funcionando.
PER: Entrada permisivo
IP: Entrada enclavamiento de proceso
IS: Entrada enclavamiento de seguridad
LISTO: Salida equipo listo para partir
Falla: Salida equipo en falla.
CMD: Salida comando partir/parar equipo
X: Cualquier estado

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

5.11.2. ADD-ON LECTURA DE ENTRADAS DISCRETAS

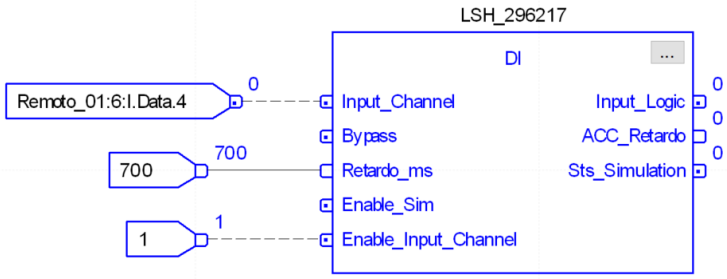


Figura 44. Entradas discretas

Fuente: Elaboración Propia

Esta add-on considera una subrutina que se encarga de leer el dato directo del canal de la tarjeta con funciones añadidas tales como activar un bypass para efectos de simulación, así como también generar retardos para minimizar las oscilaciones de señales y reducir falsos "1" que se pueden dar por parte del instrumento de campo debido a factores externos. A continuación, se explica el detalle:

- **Input_Channel:** Señal conectada a la dirección física de la tarjeta I/O.
- **Bypass:** Señal virtual de bypass, la cual habilita el bypass de la señal para efectos de pruebas de simulación.
- **Retardo_ms**: Señal que genera retardo a la activación, generalmente se emplea para eliminar los ruidos de oscilación de la señal y así evitar falsas alarmas de "1" y "0".
- **Enable_Sim:** Señal bypass, cuando se activa a "1 en el terminal de salida "Input_Logic" se refleja con el mismo bit, este bit funciona solo si el terminal de entrada "Bypass" se encuentra habilitado con "1".
- **Enable_Input_Channel:** Si el bit se encuentra en "1", se habilita la entrada física "Input Channel", por defecto se deja en bit "1", se emplea solo cuando se requiera deshabilitar la lectura de la señal física del instrumento.
- **Input_Logic:** señal de salida, que permite reflejar la salida final hacia la lógica de control del PLC.
- **ACC_Retardo:** señal acumuladora en tiempo de ms, la cual permite monitorear el tiempo transcurrido luego de que la entrada física se haya activado a "1".
- **Sts_Simulation:** Señal indicadora, la cual indica si el bloque tiene bits de simulación habilitada o deshabilitado, se emplea para la visualización en el SCADA, y verificar que la medición de instrumentación no se encuentre simulado.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

5.11.3. ADD-ON LECTURA DE ENTRADAS ANÁLOGAS

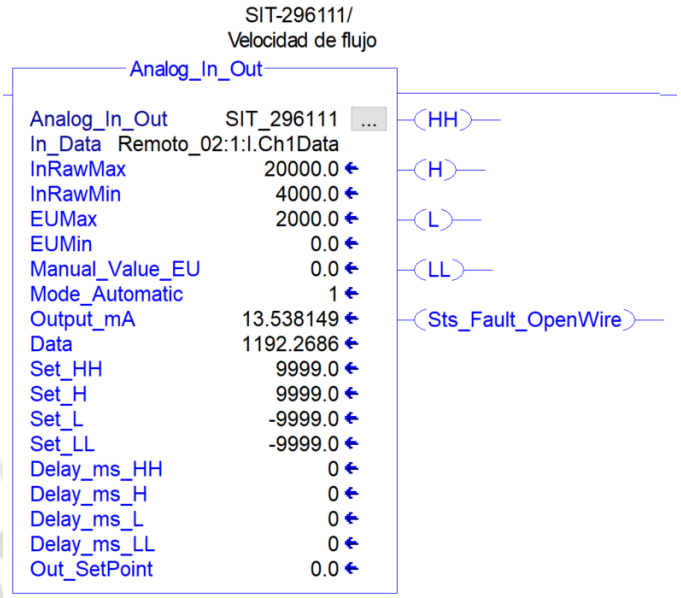


Figura 45. Add-On Señales análogas,

Fuente: Elaboración Propia

Esta add-on considera la lectura de instrumentos análogos de campo, el cual permitirá realizar funciones de escalamiento de señales en unidades de ingeniería, simular señales análogas para efectos de pruebas, seteo de alarmas de niveles altos y bajos (High, Low, High-High, Low-Low) y diagnóstico de cable abierto o mala calidad de señal que es el más importante para el monitoreo desde el SCADA. A continuación, se explica el detalle de los terminales:

- **In_Data:** Señal física del canal de la tarjeta I/O, la cual se direcciona para que el bloque pueda tomar lectura en tiempo real.
- **InRawMax:** Valor de Entrada Máximo sin escalar (4-20mA), generalmente por defecto se encuentra en 20000 que equivale a 20mA.
- **InRawMin:** Valor de Entrada mínimo sin escalar (4-20mA), generalmente por defecto se encuentra con un valor de 4000 que equivale a 4Ma.
- **EUMax:** Valor de Salida Máximo escalado con las unidades de ingeniería, por ejemplo, para el caso de un velocímetro el de la figura, se ha configurado a 2000 RPM, cuando la corriente sea igual a 20mA.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

- **EUMin:** Valor de Salida Mínimo escalado con las unidades de ingeniería, por ejemplo, en el caso de un velocímetro que se muestra en la figura, se ha configurado 0RPM, cuando la corriente sea igual a 4mA.
- **Manual_Value_EU:** Señal de valor simulado, la cual está activo cuando el terminal "Mode automatic" se encuentra con bit "1".
- **Mode_Automatic:** Señal por defecto se encuentra en bit "1", cuando se setea el bit a "0", la simulación se activa y el usuario puede ingresar el valor por el terminal "Manual_Value_EU" para establecer un bypass de la señal del instrumento.
- **Output_Ma:** Señal indicador de medición de corriente de 4-20mA.
- **Data:** Señal de salida final escalada a la unidad de ingeniería configurada.
- **Set_XX:** Señal para el seteo del valor alto, muy alto, bajo y muy bajo, usualmente empleado para la activación de alarmas o interlocks de proceso.
- **Delay_ms_XX:** Retardo de activación de alarmas, la cual puede configurarse en el orden de los milisegundos.
- **Sts_Fault_OpenWire:** Señal de Falla de cable abierto, generalmente se emplea para monitorear que el lazo de conexionado de las señales análogas se encuentre correctamente cerrado y no se tenga falsas señales análogas en el SCADA.

Este bloque incorpora la instrucción SCL, la cual se emplea para escalar datos desde el módulo análogo y traerlo a los límites prescritos por la variable de proceso u otro módulo análogo.

Las siguientes ecuaciones son empleadas para calcular la relación lineal entre el valor de entrada y el valor del resultado escalado.

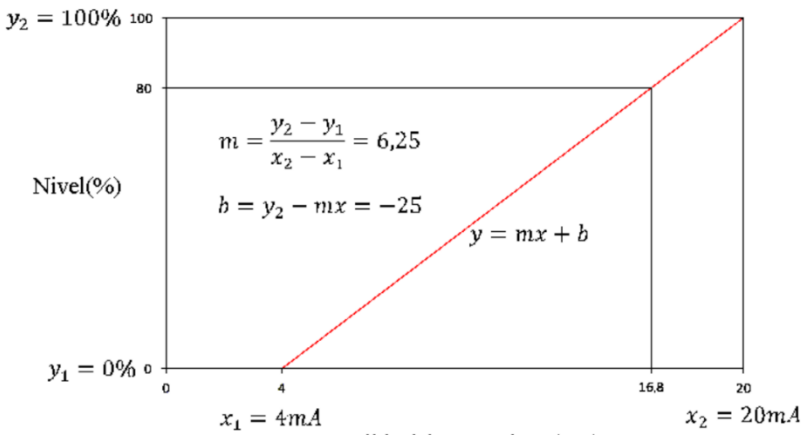


Figura 46. Escalamiento de señal 4-20mA vs señal de unidades de ingeniería (%)

Fuente: Controlreal.com

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

5.11.4. ADD-ON RUTINA DE CONTROL DE APERTURA/CIERRE DE VÁLVULAS

Este Add-on considera una subrutina interna que se encarga de realizar funciones de control de apertura/cierre on-off y de modulación para las válvulas de control del proceso, la cual permite su fácil integración de cualquier válvula ya que la misma permite la lectura de los interruptores de posición, modos de operación auto/manual, control de apertura y cierre, lectura de estatus de posición e interlocks concernientes a la válvula.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

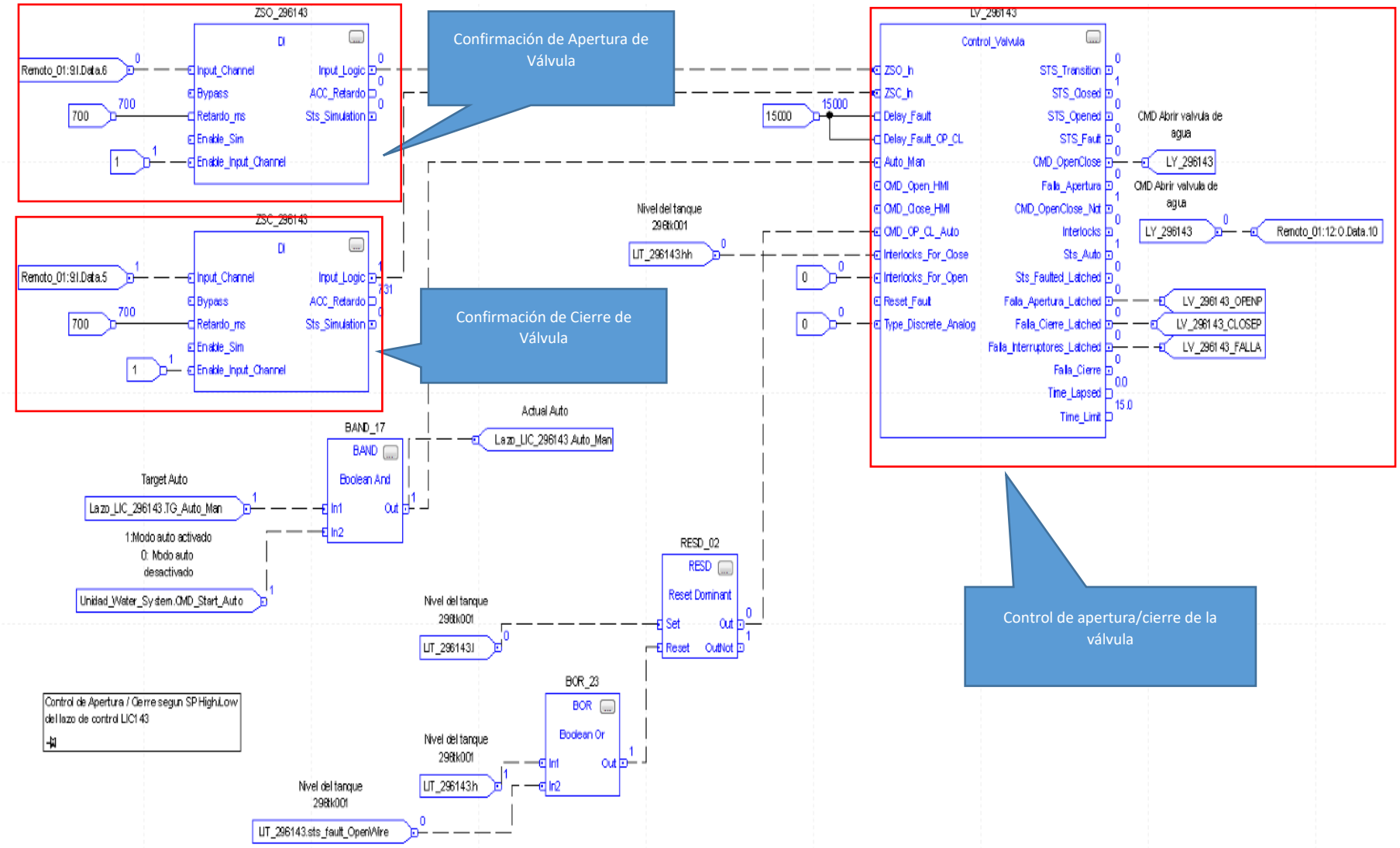


Figura 47. Add On – Configuración de Control Típico de válvula

Fuente: Elaboración Propia

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

A continuación, se explica el detalle:

ZSO_In: Señal de lectura de activación de interruptor de posición abierto

ZSC_In: Señal de lectura de activación de interruptor de posición cerrado.

Delay_Fault/Delay_Faul_OP_CL: Retardo de falla al abrir, cerrar o activación de interlock.

Auto_Man: Señal de seteo de modo automático/manual.

CMD_Open_HMI: Señal de comando de apertura desde el SCADA

CMD_Close_HMI: Señal de comando de cierre desde el SCADA.

CMD_OP_CL_Auto: Señal de comando abrir/cerrar en modo automático.

Interlocks_For_Cose: Señal de interlock, cuando el bit es "1", la señal de salida CMD_OpenClose se cambia a bit "0", lo cual se traduce en cerrar la válvula o damper.

Interlocks_For_Open: Señal de interlock, cuando el bit es "1", la señal de salida CMD_OpenClose se cambia a bit "1", lo cual se traduce en abrir la válvula o damper.

Reset_Fault: Señal se activa desde SCADA para reiniciar las fallas de apertura/cierre y fallas de interruptores de posición.

Type_Discrete_Analog: Con bit a "1", se habilita el control de válvula discreta, y con el bit a "0" se habilita el control de válvula análoga.

STS_Transition: Estado de la válvula en transición, se activará cuando los interruptores de posición se encuentren desactivados. Este bit es empleado para el monitoreo desde el SCADA.

STS_Closed: Estado de la válvula cerrado, se activará cuando el interruptor de posición de cerrado se encuentre activo. Este bit es empleado para el monitoreo desde el SCADA.

STS_Opened: Estado de la válvula abierta, se activará cuando el interruptor de posición de abierto se encuentre activa. Este bit es empleado para el monitoreo desde el SCADA.

STS_Fault: El estado de la válvula en falla se activará cuando el interruptor de posición de abierto y cerrado se encuentre active. Esta señal indicará que la válvula requiere intervención mecánica, el cual además se activará en la zona de alarmas del SCADA.

CMD_Open_Close: Señal de comando de apertura y cierre de la válvula de control.

Falla_Apertura: Señal de falla de apertura, se activa cuando no se tiene confirmación de apertura.

Interlocks: Señal de interlock se activa cuando existe falla de interruptores de posición, una vez se tenga desactivado, será posible resetear la falla desde el scada.

STS_Auto: La señal indica que la válvula está en modo auto.

Para una mayor compresión de la lógica de estatus de la válvula empleado para el monitoreo SCADA, el estado se explica en la siguiente tabla:

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

LÓGICA STATUS VÁLVULA					
PUERTOS DE ENTRADA		**ESTADO VÁLVULA**			
ZSO	ZSC	STS_TRANSITION	STS_CLOSED	STS_OPENED	STS_FAULT
0	0	EN TRANSICION	-	-	-
0	1	-	CERRADO	-	-
1	0	-	-	ABIERTO	-
1	1	-	-	-	FALLA

Tabla 25. Lógica de Status de Válvula.
Fuente: Elaboración Propia

5.11.5. ADD-ON CONTROL PIDE

El sistema cuenta con 6 lazos de control PID, donde la subrutina que se muestra, hace referencia a la configuración realizada para el bloque PIDE, por ejemplo en la siguiente imagen se cuenta con una configuración lazo PID que considera el transmisor de presión PIT 294711 y el actuador PY 296101 (Damper), cuyo objetivo es realizar el control PID de la presión en el ducto DUC-001 mediante la modulación del Damper 296-DAM-001 y la lectura de la variable de proceso de presión realizada por el transmisor PIT-296711, logrando así mantener la presión constante.

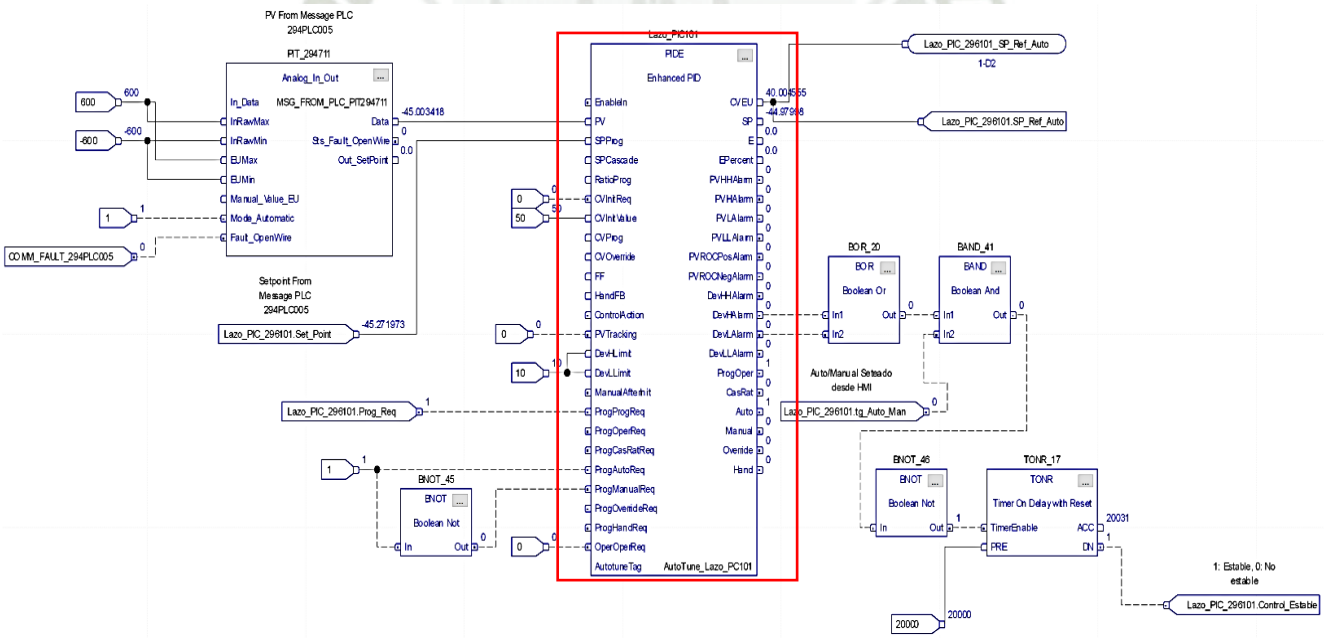


Figura 48. Configuración del bloque PIDE

Fuente: Elaboración Propia

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

5.12. IDENTIFICACIÓN DE ALARMAS SEGÚN SEVERIDAD

Las alarmas configuradas para el sistema SCADA considera el diagnóstico fallas de equipos como alarmas de las variables de proceso, los cuales pueden ser clasificados de la siguiente forma:

1. Falla de Equipos (Trips, Paradas de emergencia, Alarmas de motor)
2. Falla de comunicación DeviceNet con el equipo.
3. Falla al arrancar (Para equipos, tales como bombas, transportadores tornillos, válvulas rotatorias, ventiladores, alimentadores volumétricos y sopladores de aire).
4. Falla al aperturar o cerrar (Para actuadores, tales como válvulas on-off y dampers).
5. Niveles altos y bajos de variables de proceso (Para instrumentos tales como, transmisores de presión, nivel, flujo, concentrado ppm, temperatura y peso).
6. Nivel alto y bajo para interruptores, tales como interruptores de presión, nivel.

Asimismo, se tiene clasificada según la severidad de la alarma:

Tipo de alarma	Severidad	Color
Crítica	800	Rojo
Moderada	500	Anaranjado
Leve	1	Amarillo

Tabla 26. Tabla de tipos de alarmas según severidad

Fuente: Elaboración Propia

Para mayor detalle del listado de alarma configurada, Ver Anexo.5

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

5.13. CONFIGURACIÓN DEL PLC

5.13.1. CONFIGURACIÓN DE RUTINAS DEL PROGRAMA EN RSLOGIX 5000

La estructura del programa para el presente proyecto se muestra en la siguiente imagen:

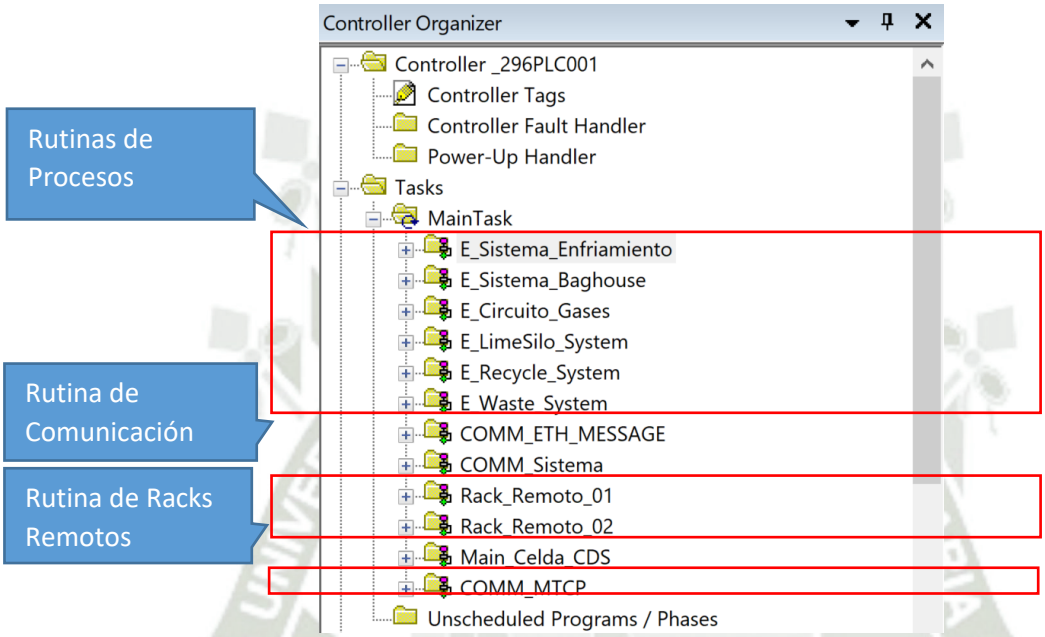


Figura 49. Estructura del Programa de control

Fuente: Elaboración Propia

Se define el tipo de controlador y la revisión con la que se trabajara.

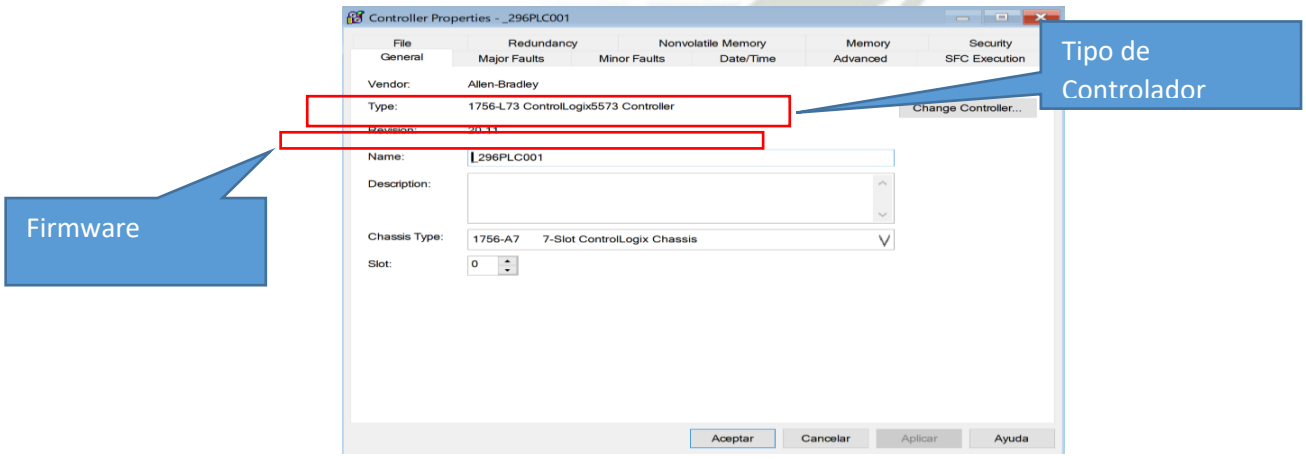


Figura 50. Configuración de las propiedades del controlador en Rslogix500

Fuente: Elaboración Propia

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

De acuerdo a la arquitectura de la Red requerido para el presente proyecto, se dispone a configurar la organización de los módulos I/O y de comunicación mediante el software Rslogix500 tal como se puede observar en la siguiente figura:

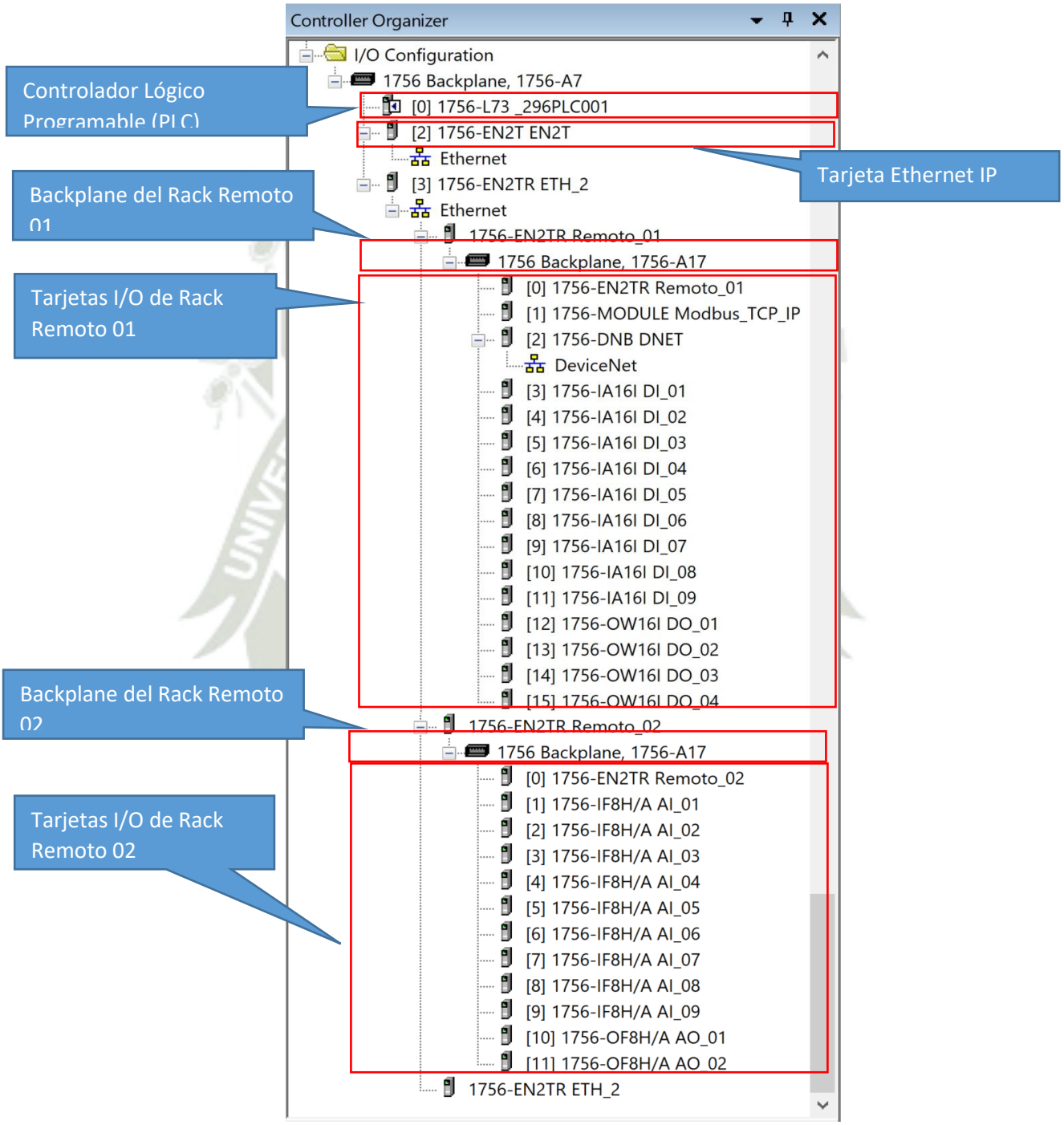


Figura 51. Estructura del árbol configuración I/O en Rslogix5000.

Fuente: Elaboración Propia

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

5.13.2. CONFIGURACIÓN DE LA RED ETHERNET

Para seguir un orden adecuado de la configuración del PLC, primeramente, se requiere definir el tipo del controlador y el firmware con el que se trabajará, en este caso será el firmware 20.055, y finalmente la dirección IP del Módulo Ethernet, que según el plano de arquitectura de Red se cuenta con los siguientes equipos deben ser integrados a la Red industrial existente, cuyas direcciones IPs definidas por cliente se detalla en la siguiente tabla:

Tag Equipo	Descripción	Dirección IP
296-OWS-001	PC-Cliente	192.168.1.168
296-PLC-001	PLC ControlLogix L73	192.168.1.165

Tabla 27. Direcciones IPs para los equipos integrados a la Red Ethernet

Fuente: Elaboración Propia

Para esto se usará una IP estática en nuestra Laptop y luego conectarnos a la Red industrial, para este proyecto se empleó la dirección IP 192.168.1.181 (temporal) según se muestra en la siguiente imagen:

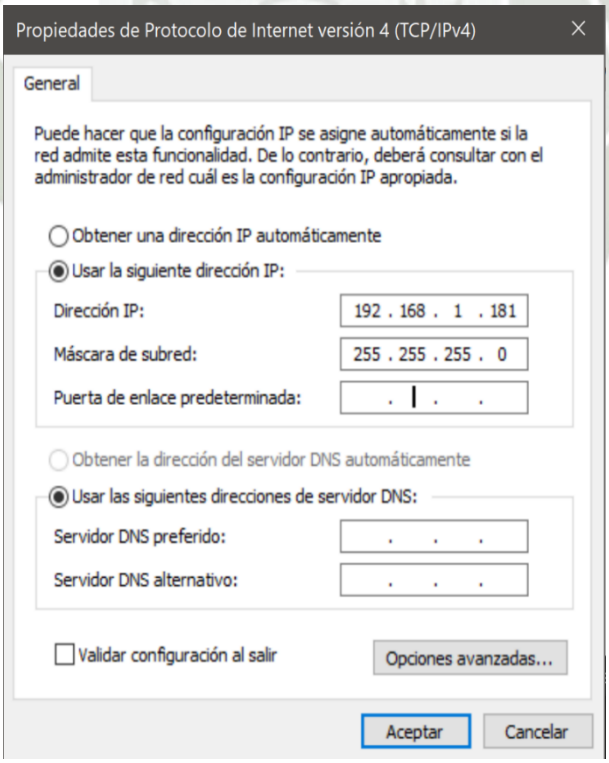


Figura 52. Dirección IP Estática a utilizar

Fuente: Elaboración Propia

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

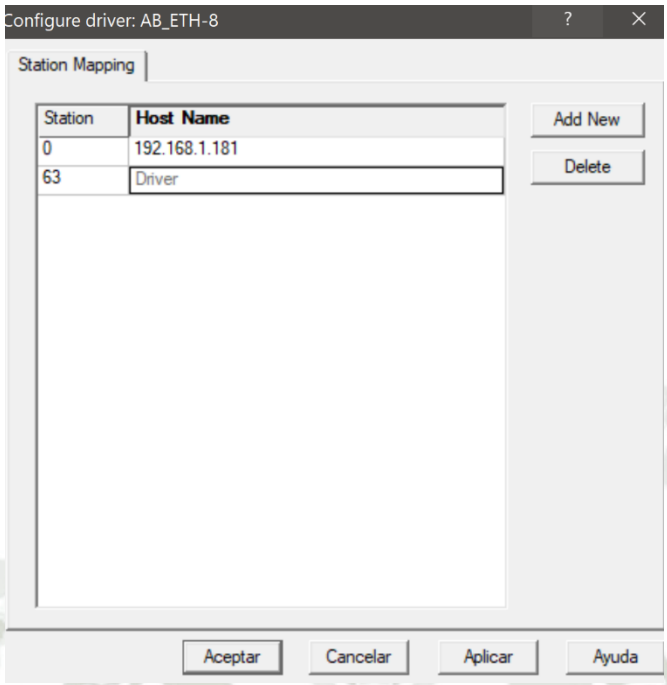


Figura 53. Interface de RsLinx gateway
Fuente: Elaboración Propia

Luego se configura la dirección IP al PLC, En la siguiente imagen se muestra que el PLC ControlLogix ha sido reconocido correctamente con la dirección IP 192.168.1.165.

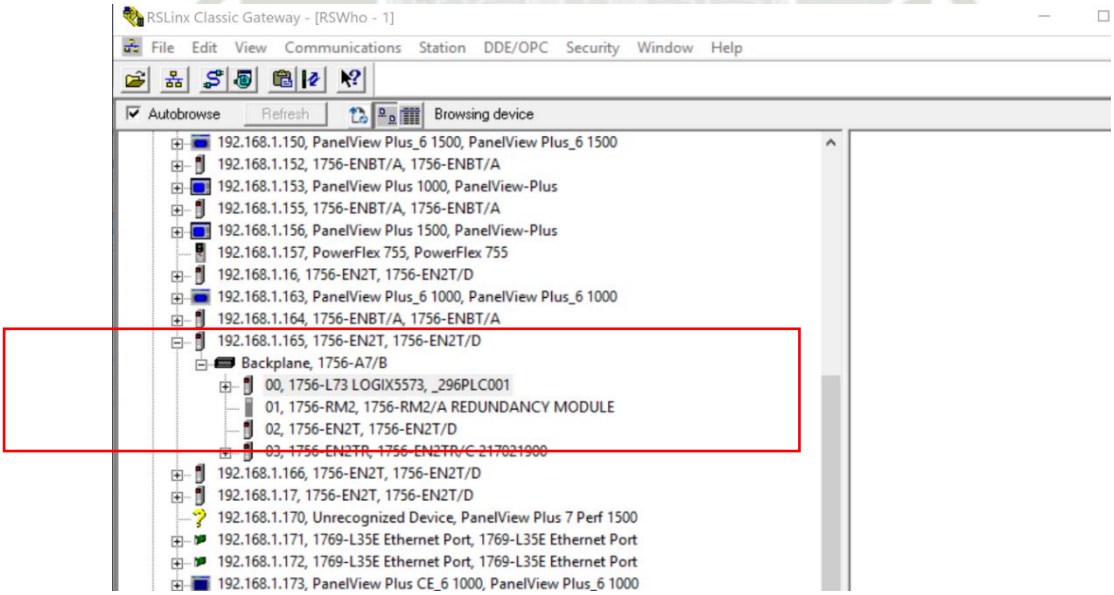


Figura 54. Interface de Rslinx Classic, Reconocimiento del PLC

Fuente: Elaboración Propia

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Con la herramienta "Who Active" de Rslogix 5000, se establece la comunicación con el PLC 296-PLC-001. En este punto descargamos la lógica de control en el PLC, por lo que presionaremos sobre la botonera "Download", para descargar la programación desarrollada. Para modificaciones en el PLC, se accede rápidamente mediante la opción "Go Online".

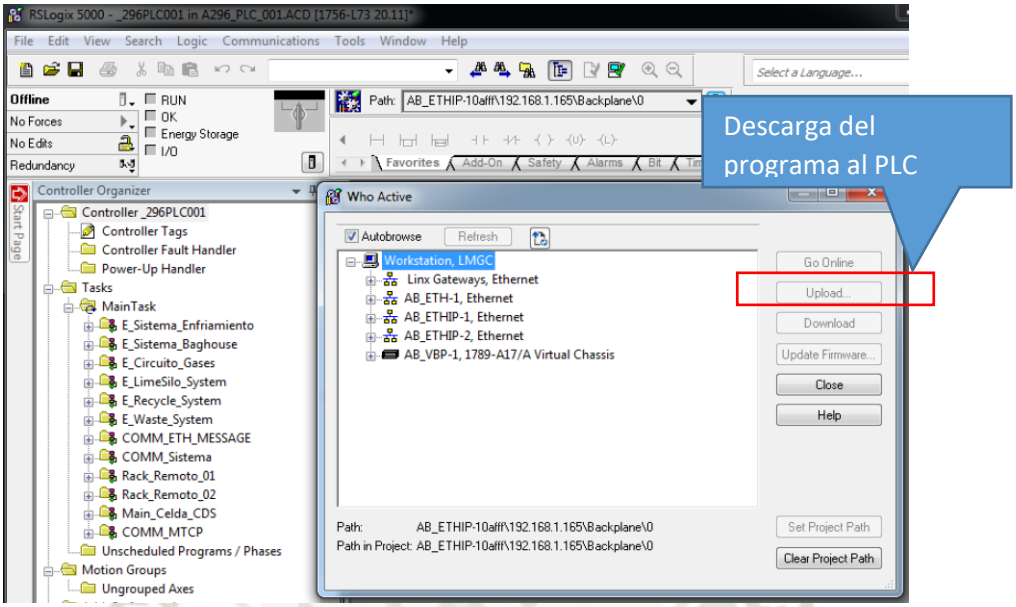


Figura 55. Conexión al Rslogix 5000 y descarga del programa mediante "Who Active"

Fuente: Elaboración Propia

En el Tablero de control también se cuenta con un sistema redundante que comprende 02 PLCs cuya finalidad es aumentar la disponibilidad de un equipo, cuando las paradas del proceso debido a una falla son costosas. El siguiente diagrama detalla las direcciones IP configuradas para la red con topología anillo y para los

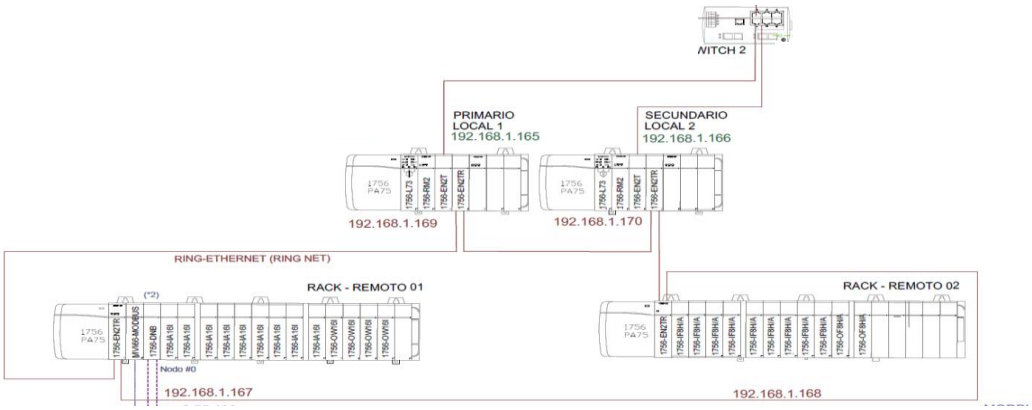


Figura 56. Planos de distribución del tablero de control y chasises remotos 01 y 02

Fuente: Elaboración Propia

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Una vez teniendo introducidos los parámetros mencionados anteriormente (Tipo de controlador, revisión y direcciones IPs), se procede a descargar el programa al PLC.

Una vez finalizada la descarga del programa al PLC, se coloca a modo “Rem Run” para que el PLC arranque el programa con la lógica descargada.

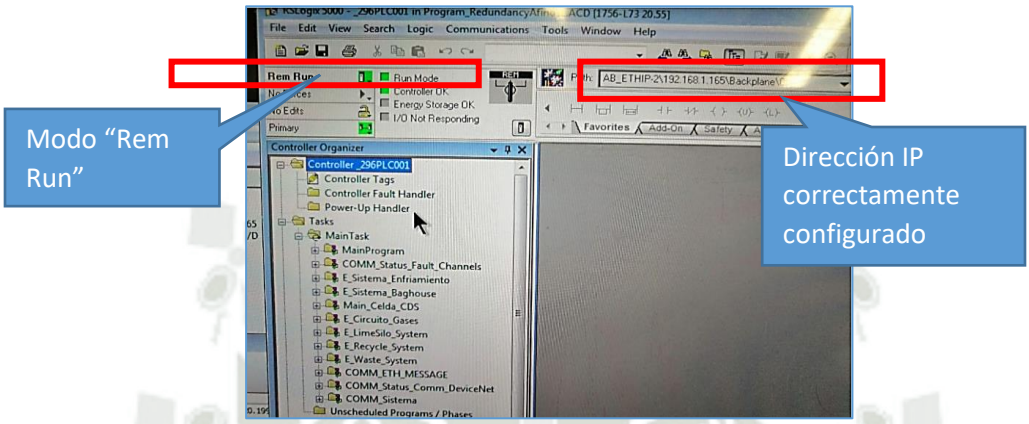


Figura 57. Programa PLC descargado en modo Online”.
Fuente: Elaboración Propia



Figura 58. Switch de acceso SW2
Fuente: Elaboración Propia



Figura 59. PLCs Redundantes (Primario y Secundario)
Fuente: Elaboración Propia

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

5.13.3. CONFIGURACIÓN DE LA RED DEVICENET

Como parte del sistema de control, se incluyen equipos que deben ser integrados a la Red DeviceNet, para posteriormente ser controlados por comunicación con el PLC. Para ello se empleó el software RsNetworx, desde el cual se realizó el escaneo de los nodos DeviceNet, los cuales se muestra en la siguiente imagen:

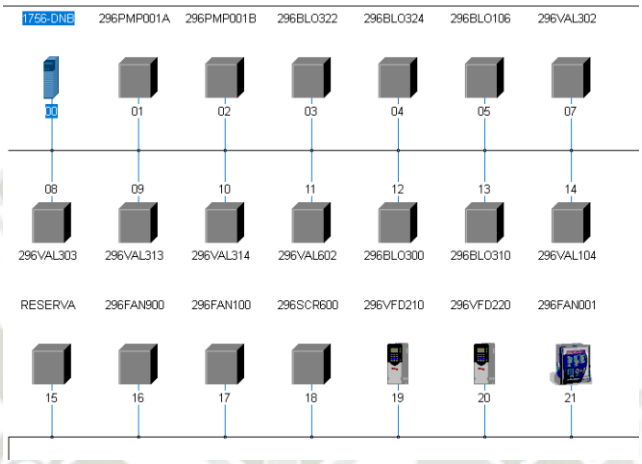


Figura 60. Nodos escaneados en la Red DeviceNet, desde RsNetworx for DeviceNet (V.27)
Fuente: Elaboración Propia

Luego de escanear los nodos que se encuentran conectados a la Red DeviceNet, se procede a integrar los nodos 19 y 20 para la comunicación de datos por mensajería implícita con los variadores Powerflex 753.

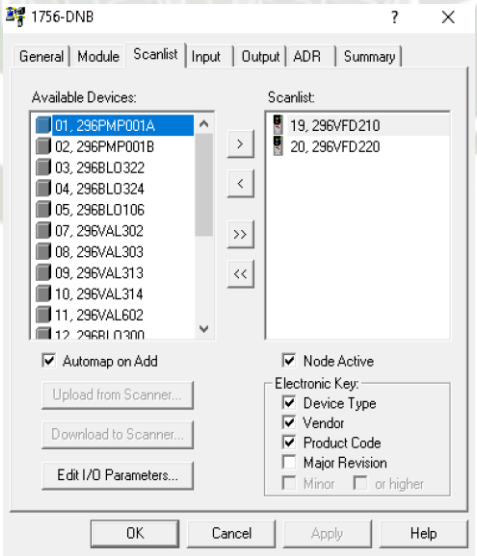


Figura 61. Nodos adicionados en el Scanner 1756-DNB
Fuente: Elaboración Propia

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Finalmente se direcciona o mapea los bytes de entrada y salida en la tarjeta 1756-DNB (DeviceNet) para la lectura y escritura de datos por comunicación DeviceNet.

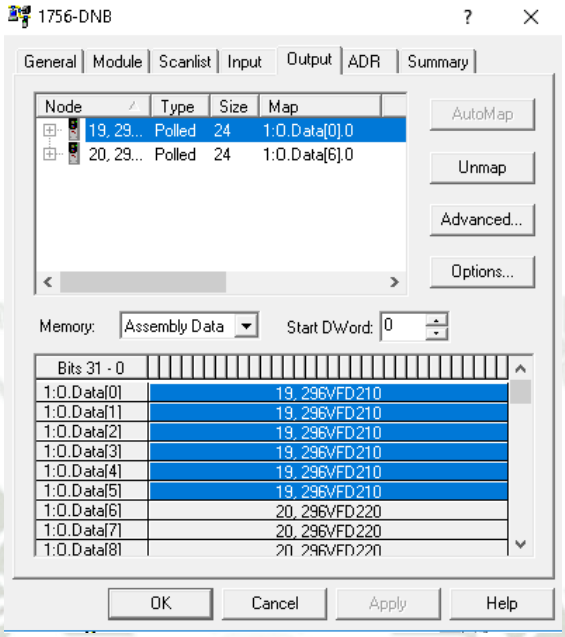


Figura 62. Mapeo de salida de datos.

Fuente: Elaboración Propia

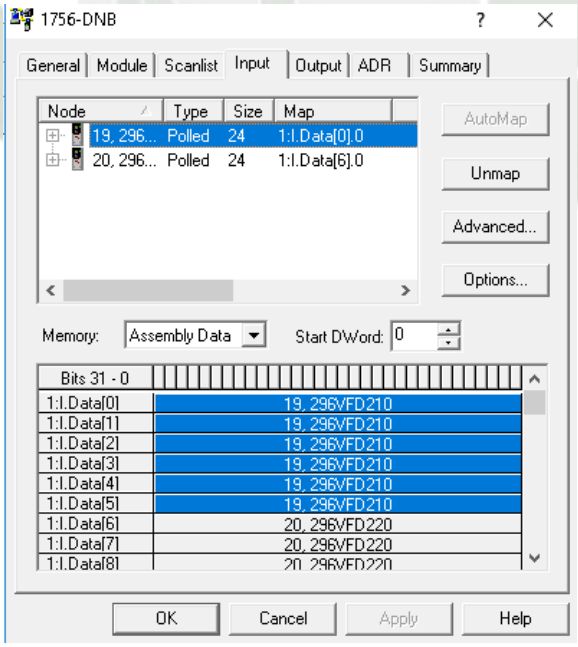


Figura 63. Mapeo de entrada de datos.

Fuente: Elaboración Propia

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA



Figura 64. Centro de Control de Motores (Red DeviceNet) – Sala Eléctrica

Fuente: Elaboración Propia



Figura 65. Centro de Control de Motores (Red DeviceNet) – Sala Eléctrica

Fuente: Elaboración Propia

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

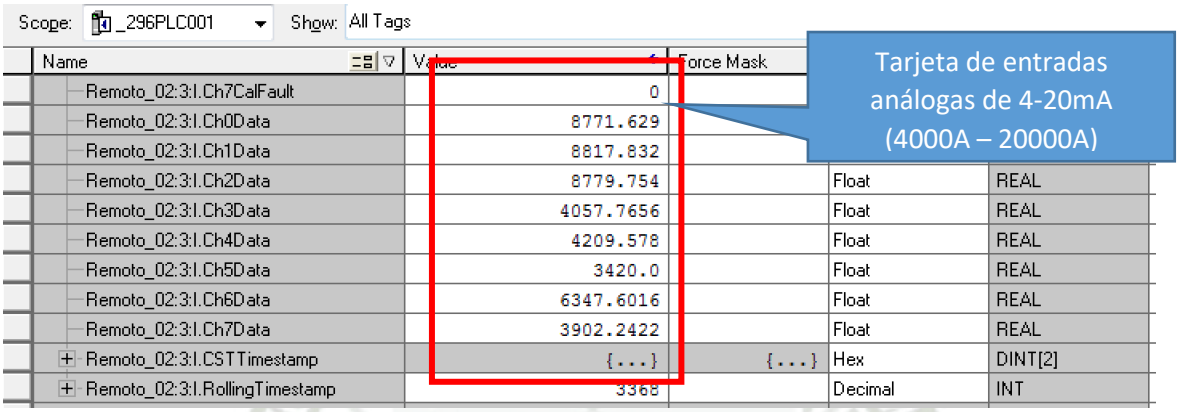
REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

5.14. PRUEBAS DE LAZO – INSTRUMENTACIÓN LOCAL

En esta etapa se inicia con la etapa del comisionamiento de señales, para ello se verifica que todas las señales de campo tanto discretas como análogas se encuentren correctamente conectadas a las borneras del Tablero de control del PLC.

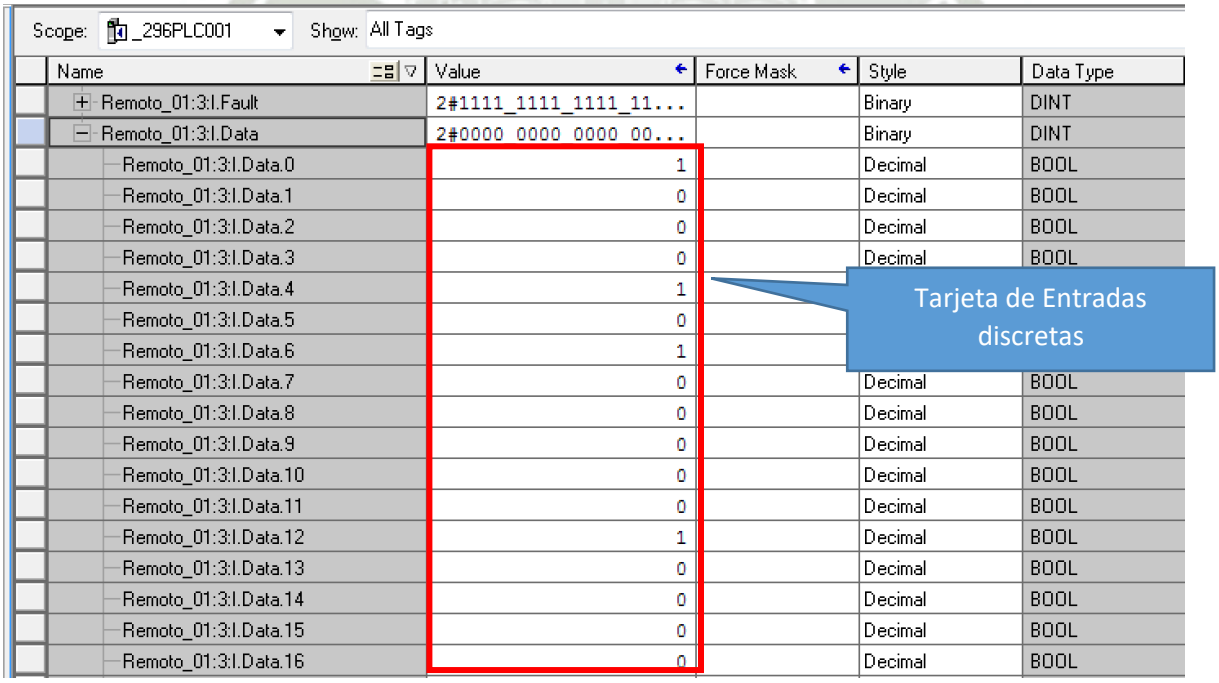
Para esto se cuenta con tags de direcciones físicas en el PLC, desde donde se verificará y validará que todo esté correcto.



Name	Value	Force Mask		
Remoto_02:3:I.Ch7CalFault	0			
Remoto_02:3:I.Ch0Data	8771.629			
Remoto_02:3:I.Ch1Data	8817.832			
Remoto_02:3:I.Ch2Data	8779.754		Float	REAL
Remoto_02:3:I.Ch3Data	4057.7656		Float	REAL
Remoto_02:3:I.Ch4Data	4209.578		Float	REAL
Remoto_02:3:I.Ch5Data	3420.0		Float	REAL
Remoto_02:3:I.Ch6Data	6347.6016		Float	REAL
Remoto_02:3:I.Ch7Data	3902.2422		Float	REAL
Remoto_02:3:I.CSTTimestamp	{...}	{...}	Hex	DINT[2]
Remoto_02:3:I.RollingTimestamp	3368		Decimal	INT

Figura 66. Señales análogas del Slot 03 del Rack Remoto 02

Fuente: Elaboración Propia



Name	Value	Force Mask	Style	Data Type
Remoto_01:3:I.Fault	2#1111_1111_1111_11...		Binary	DINT
Remoto_01:3:I.Data	2#0000_0000_0000_00...		Binary	DINT
Remoto_01:3:I.Data.0	1		Decimal	BOOL
Remoto_01:3:I.Data.1	0		Decimal	BOOL
Remoto_01:3:I.Data.2	0		Decimal	BOOL
Remoto_01:3:I.Data.3	0		Decimal	BOOL
Remoto_01:3:I.Data.4	1			
Remoto_01:3:I.Data.5	0			
Remoto_01:3:I.Data.6	1			
Remoto_01:3:I.Data.7	0		Decimal	BOOL
Remoto_01:3:I.Data.8	0		Decimal	BOOL
Remoto_01:3:I.Data.9	0		Decimal	BOOL
Remoto_01:3:I.Data.10	0		Decimal	BOOL
Remoto_01:3:I.Data.11	0		Decimal	BOOL
Remoto_01:3:I.Data.12	1		Decimal	BOOL
Remoto_01:3:I.Data.13	0		Decimal	BOOL
Remoto_01:3:I.Data.14	0		Decimal	BOOL
Remoto_01:3:I.Data.15	0		Decimal	BOOL
Remoto_01:3:I.Data.16	0		Decimal	BOOL

Figura 67. Señales discretas del Slot 03 del Rack Remoto 01

Fuente: Elaboración Propia

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

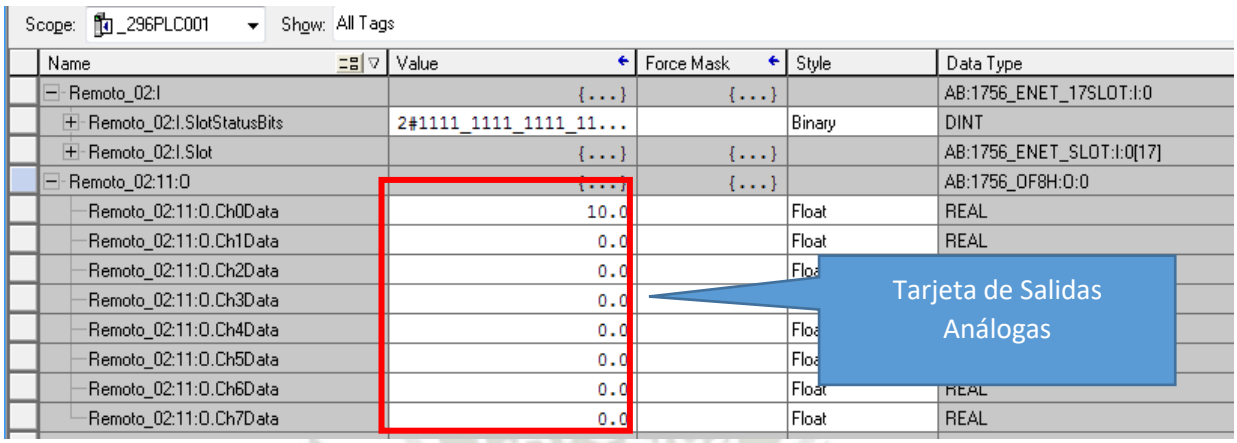


Figura 68. Señales de salidas análogas del slot 11 del rack remoto 02

Fuente: Elaboración Propia

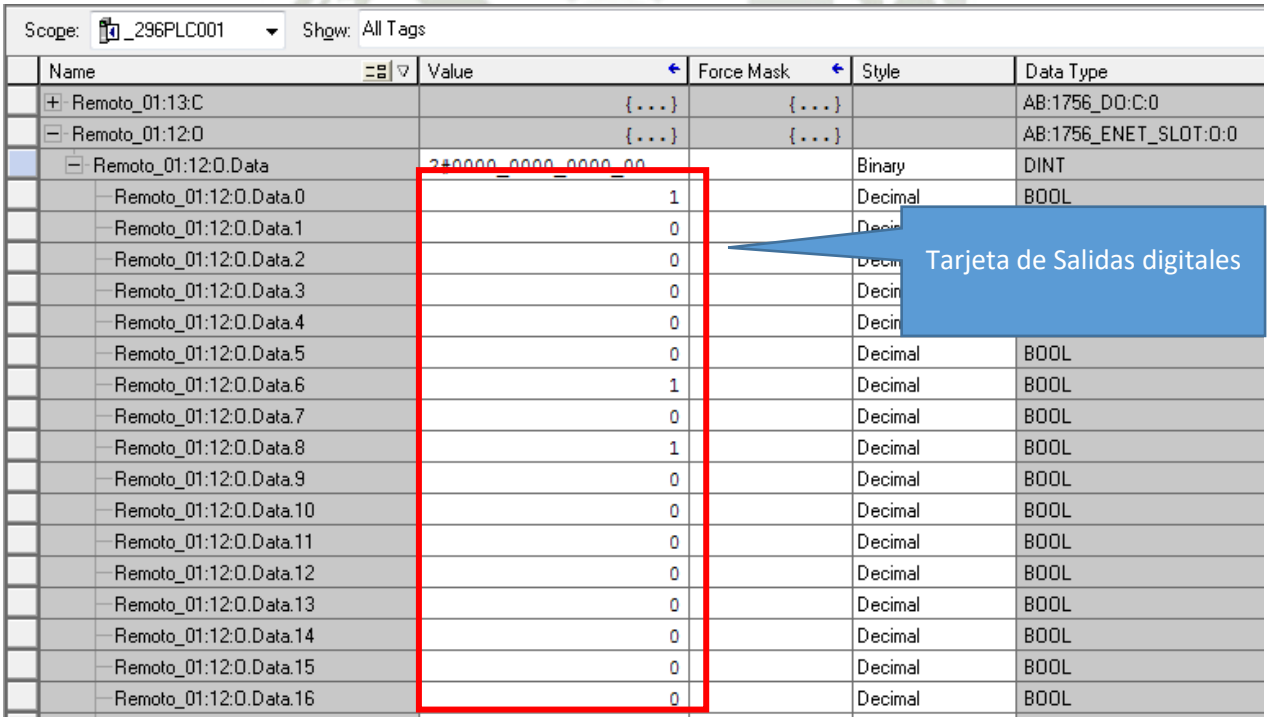


Figura 69. Señales de salida discreta del slot 12 del rack remoto 01

Fuente: Elaboración Propia

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Antes de proceder a realizar las pruebas con las entradas discretas, se verificó cómo están compuestas internamente las tarjetas I/O, a continuación, se detalla la configuración interna de los diferentes modelos de tarjetas instaladas en los racks remotos 01 y 02.

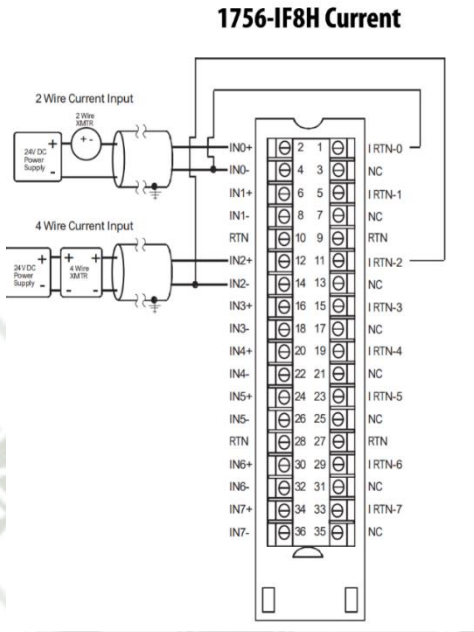


Figura 70. Tarjeta de entrada análoga 1756-IF8H
Fuente: RockwellAutomation (2015)

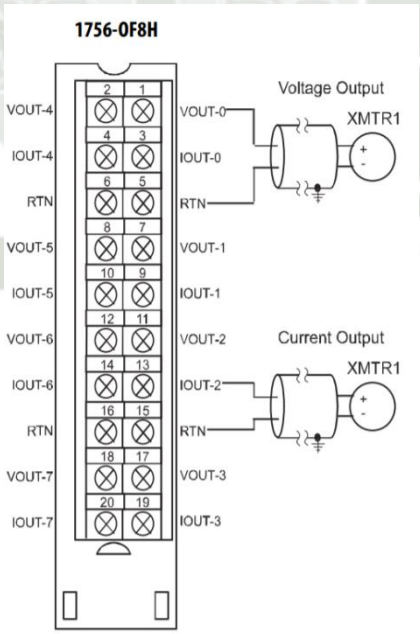


Figura 71. Tarjeta de salida análoga 1756-OF8H
Fuente: RockwellAutomation (2015)

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

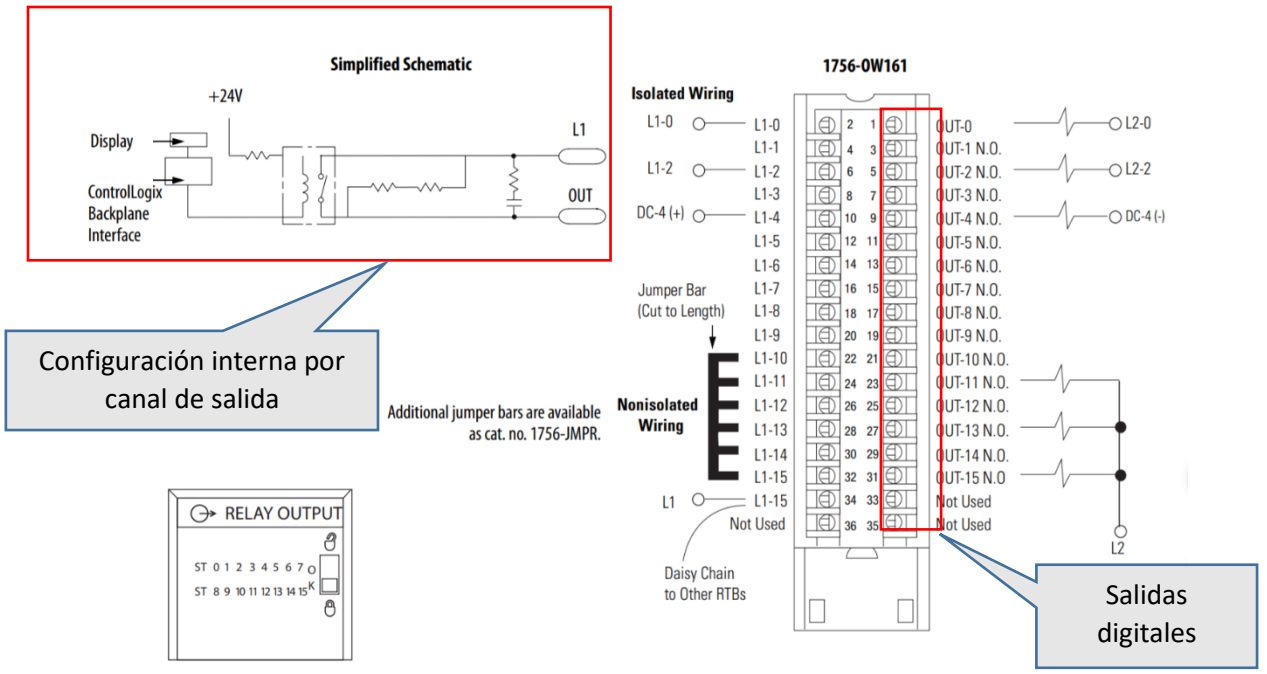


Figura 72. Tarjeta de salida digital 1756-OWS16I
Fuente: RockwellAutomation (2015)

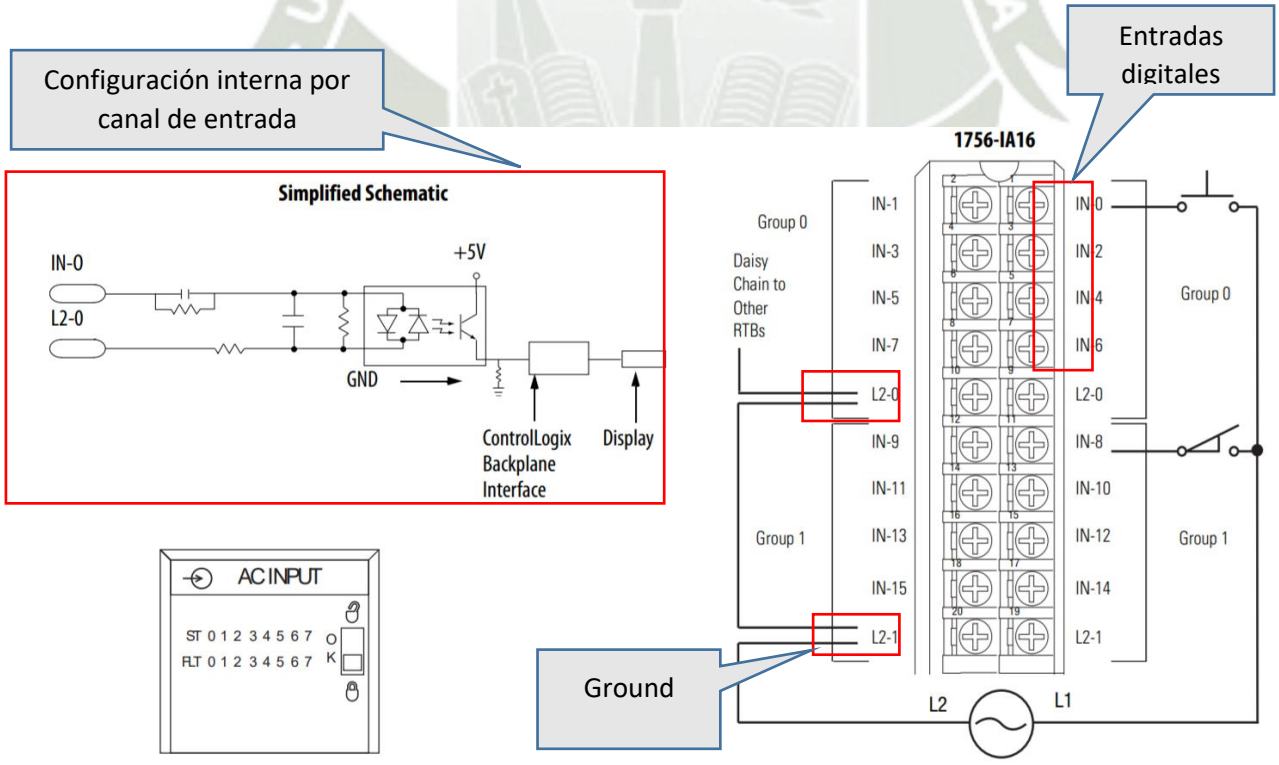


Figura 73. Tarjeta de entrada digital 120VAC 1756-IA16
Fuente: RockwellAutomation (2015)

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Cada tarjeta de entrada/salida digital o entrada/salida análoga es agregada según su modelo y slot que corresponda al programa

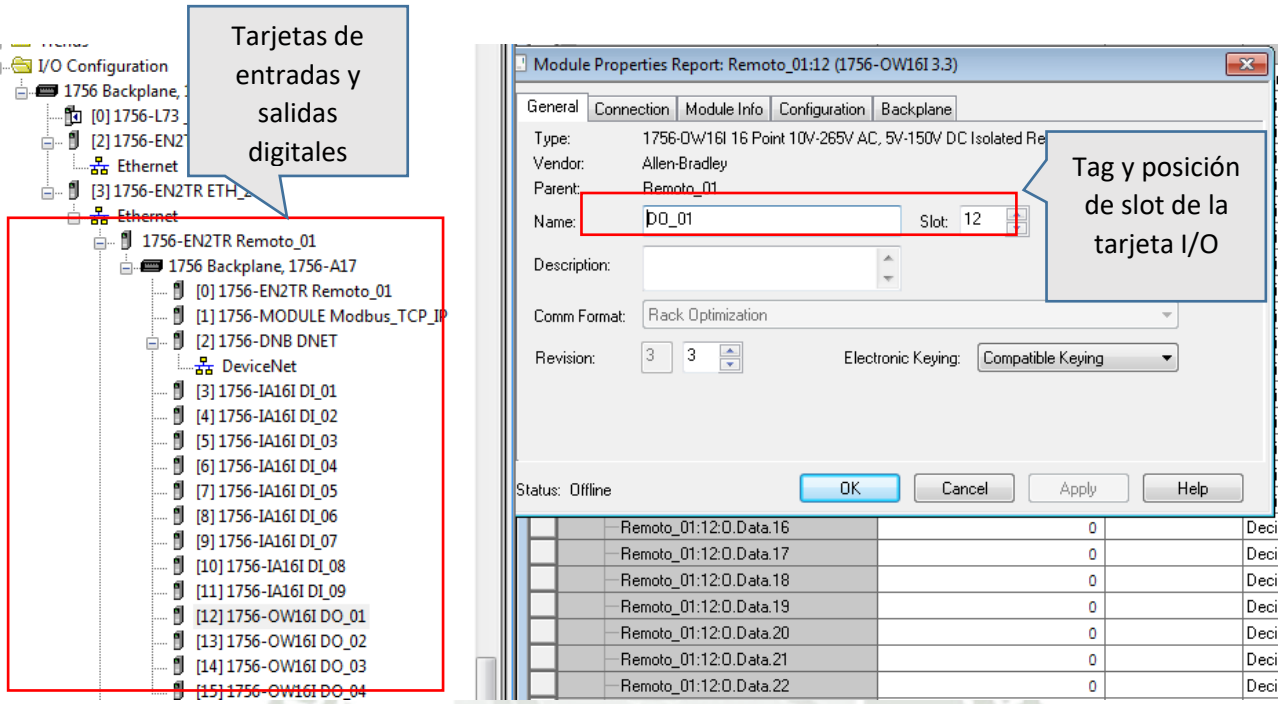


Figura 74. Distribución de tarjetas I/O configurados en la programación del PLC.

Fuente: Elaboración Propia.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

5.15. PRUEBAS DE LAZO – COMUNICACIÓN DEVICENET

Teniendo anteriormente ya integrado los equipos a la Red DeviceNet, se procede a realizar las pruebas de lectura/escritura de los equipos por comunicación DeviceNet, a continuación, se explica la rutina encargada de escritura/lectura de datos para los diferentes equipos.

PARA LOS EQUIPOS CON ARRANCADORES DIRECTOS - MODELO MM200

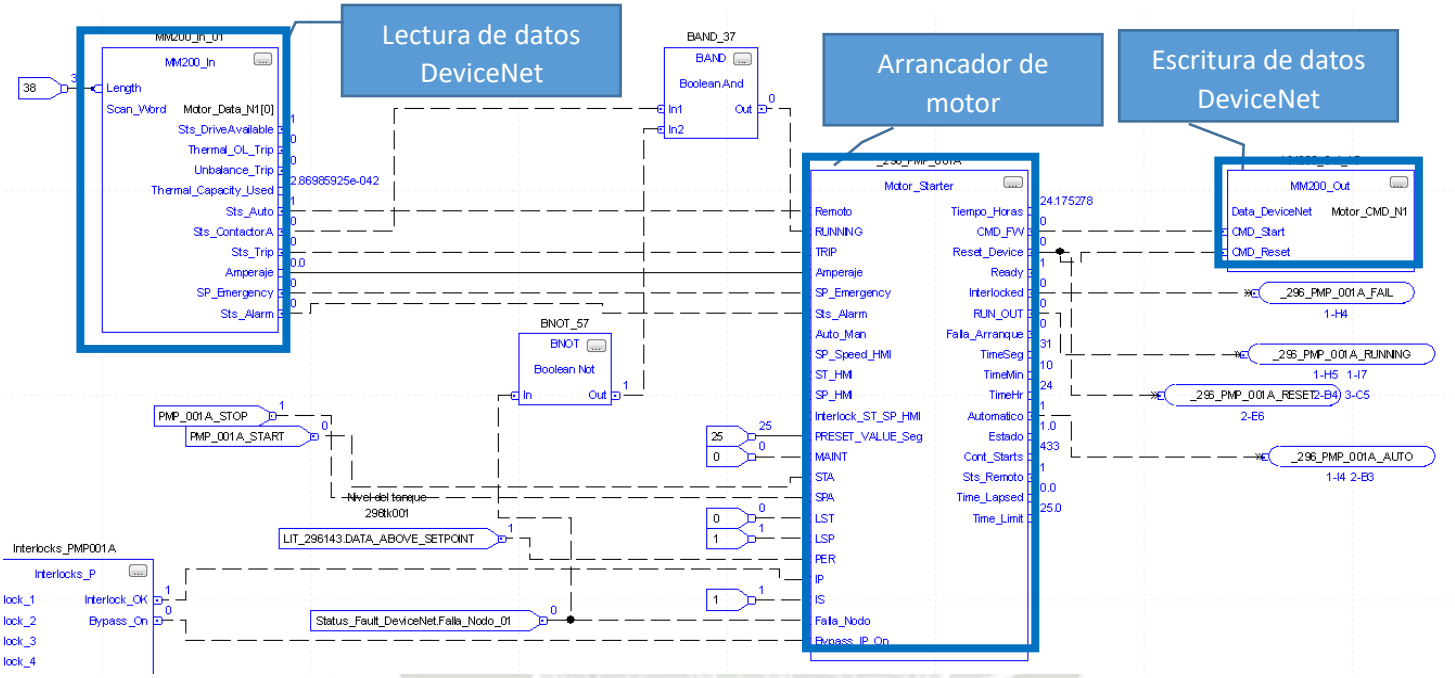


Figura 75. Configuración típica para el arrancador directo MM200

Fuente: Elaboración Propia

En la figura se muestra la configuración para todos los arrancadores modelo MM200, donde el bloque "MM200_In" ubicado al lado izquierdo estará encargado de realizar la lectura de datos DeviceNet mientras el bloque "MM200_Out" ubicado al lado derecho estará encargado de realizar la escritura de datos DeviceNet, dicha configuración se encuentra establecido para los siguientes equipos:

- **296_PMP_001A:** Bomba de agua centrifuga (Unidad Agua de Enfriamiento)
- **296_PMP_001B:** Bomba de agua centrifuga Standby (Unidad Agua de Enfriamiento)
- **296_BLO_106:** Soplador de aire (Unidad Silo de Cal)
- **296_VAL_104:** Válvula rotatoria (Unidad Silo de Cal)
- **296_VAL_602:** Válvula rotatoria (Unidad Silo de Residuo)
- **296_VAL_303:** Válvula rotatoria (Unidad de reciclaje)

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

- **296_VAL_313:** Válvula rotatoria (Unidad de reciclaje)
- **296_VAL_314:** Válvula rotatoria (Unidad de reciclaje)
- **296_BLO_322:** Soplador de aire (Unidad de residuos)
- **296_BLO_324:** Soplador de aire (Unidad de residuos)
- **296_BLO_106:** Soplador de aire (Unidad Silo de Cal)
- **296_BLO_310:** Soplador de aire (Unidad de reciclaje)
- **296_BLO_300:** Soplador de aire (Unidad de reciclaje)
- **296_FAN_900:** Ventilador (Unidad de Residuo)
- **296_FAN_100:** Ventilador (Unidad de Residuo)

PARA LOS EQUIPOS CON VARIADORES DE FRECUENCIA MODELO POWERFLEX 753

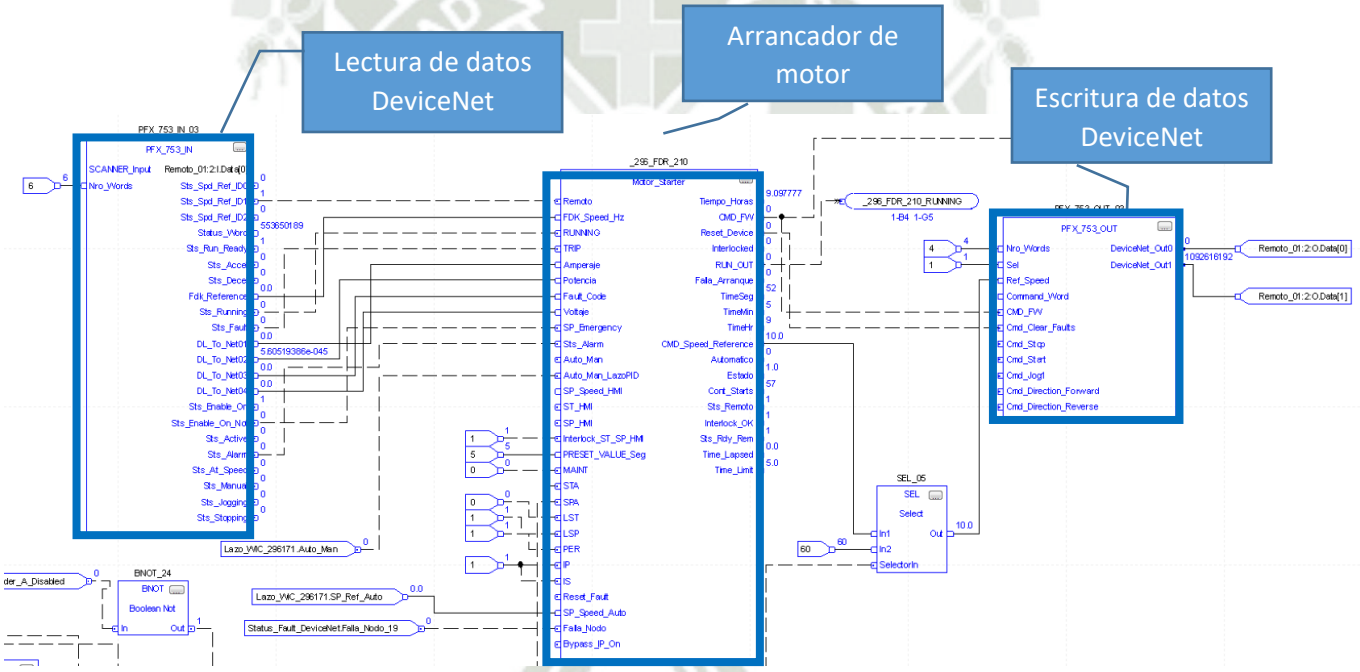


Figura 76. Configuración típica para los variadores de frecuencia Powerflex 753

Fuente: Elaboración Propia

En la figura se muestra la configuración para los variadores de frecuencia, los cuales se emplearon para realizar las pruebas de arranque/parada por comunicación DeviceNet, cuyos tags son:

1. **296_FDR_210:** Alimentador volumétrico A (Unidad de Silo de Cal)
2. **296_FDR_220:** Alimentador volumétrico B (Unidad de Silo de Cal)

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

PARA EL EQUIPO VENTILADOR DE TIRO – MODELO GE469

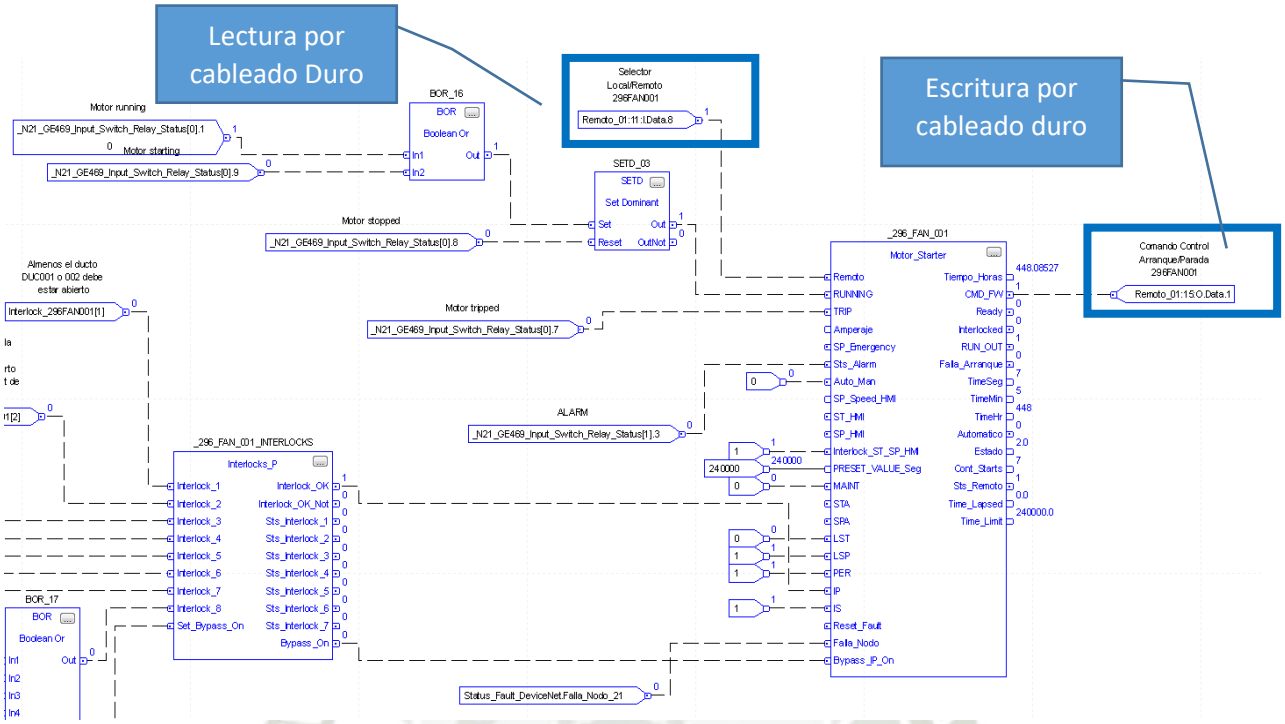


Figura 77. Configuración típica para el ventilador de tiro 296-FAN-001.

Fuente: Elaboración Propia

En la figura se muestra la configuración de arranque para el ventilador de tiro, asimismo debido a que este equipo es el más importante en toda la planta, ya que estará encargado de succionar todo el flujo de gas SO2 proveniente de los hornos afinos, este a diferencia de los demás cuenta con señales de cableado duro dará mayor robustez en la adquisición de datos, la señales que han sido cableadas son:

1. **Selector Local/Remoto:** Esta señal se emplea para poder conmutar el control, de tal forma que se pueda controlar desde el SCADA o desde la botonera en campo.
2. **Comando Control Arranque/Parada**; Esta señal se emplea exclusivamente para realizar los arranques y parada de equipos, es decir si el bit es "1" entonces el motor se arrancará, caso contrario se detendrá.

Para las siguientes señales se obtendrán mediante comunicación DeviceNet, los cuales son:

1. Amperaje
2. Status de motor Tripeado, motor con alarma, falla de comunicación DeviceNet.
3. Confirmación de motor arrancado y detenido

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

5.16. RUTINAS DE LA LÓGICA DE CONTROL

En este apartado se desarrollará todo de forma resumida y objetivo considerando que las subrutinas y lazos de control más importante del proceso.

Las rutinas para el control del proceso se han desarrollado basado en todo lo que se ha elaborado con anterioridad. Para fines de optimizar el tiempo en la implementación de la lógica se empleó las instrucciones Add-On previamente desarrolladas, las cuales nos van a permitir reusar la lógica más utilizadas que son para el arranque de motores, lectura/escritura de datos por DeviceNet, adquisición y bypass de entradas discretas, escalamiento de señales análogas y control de válvulas.

Para un mejor orden con las subrutinas de control, se ha dividido en diferentes grupos según la etapa del proceso:

- **E_Sistema_Enfriamiento:** Subrutina dedicadas para el arranque del sistema de agua de enfriamiento.
- **E_Sistema_Baghouse:** Subrutina dedicadas para el arranque del sistema de limpieza del Baghouse en automático, que considera control de dampers de aislamientos y monitoreo de las variables de presión diferencial.
- **E_Circuito_Gases:** Subrutinas dedicadas al control de dampers del circuito de gases y ventilador de tiro para el flujo de gases.
- **E_LimeSilo_System:** Subrutinas dedicadas al control de los alimentadores volumétricos, soplador de aire, válvulas rotatorias y sistemas de fluidización.
- **E_Recycle_System:** Subrutinas dedicadas al control de las válvulas rotatorias, transportador tornillo y sopladores de aire.
- **E_Waste_System:** Subrutinas dedicadas al control de válvulas rotatorias y control de nivel de tolvas.

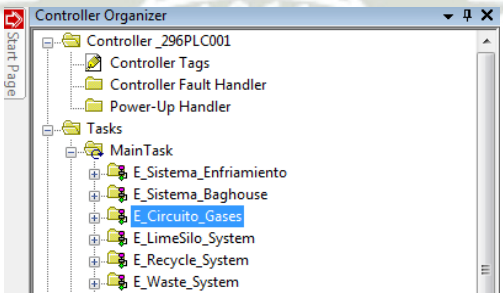


Figura 78. Subrutinas en la programación del PLC

Fuente: Elaboración Propia

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Debido a temas de confidencialidad con la empresa, a continuación, solo se explicará de forma resumida y recopilada la programación del PLC sin entrar al detalle del funcionamiento interno de los bloques.

5.14. RUTINA – UNIDAD DE AGUA DE ENFRIAMIENTO

En esta rutina contiene programación dedicada al control de las bombas centrífugas, válvulas on-off y válvula moduladora.

La siguiente figura muestra el control de la válvula on-off (FV-296125) que apertura la descarga a las bombas centrífugas 296-PMP-001A/B, una vez que se arranque en modo automático la bomba centrífugas disponible arrancará y luego se abrirá la válvula de descarga, luego de que se abra, a válvula no será cerrado hasta que la bomba se detenga, asimismo mediante los interruptores de posición será posible obtener la confirmación de apertura de la válvula.

Para mantener el arranque de la bomba centrifugas no deben encontrarse activos los interlocks, los cuales consideran el nivel del tanque (>30%), presión de agua de operación (Entre 3447 kPa – 4826 kPa) y la válvula de descarga debe encontrarse completamente abierta.

En la figura se muestra la lógica de control de la bomba 296-PMP-001A, la cual mantiene la misma configuración para la bomba 296-PMP-001B.

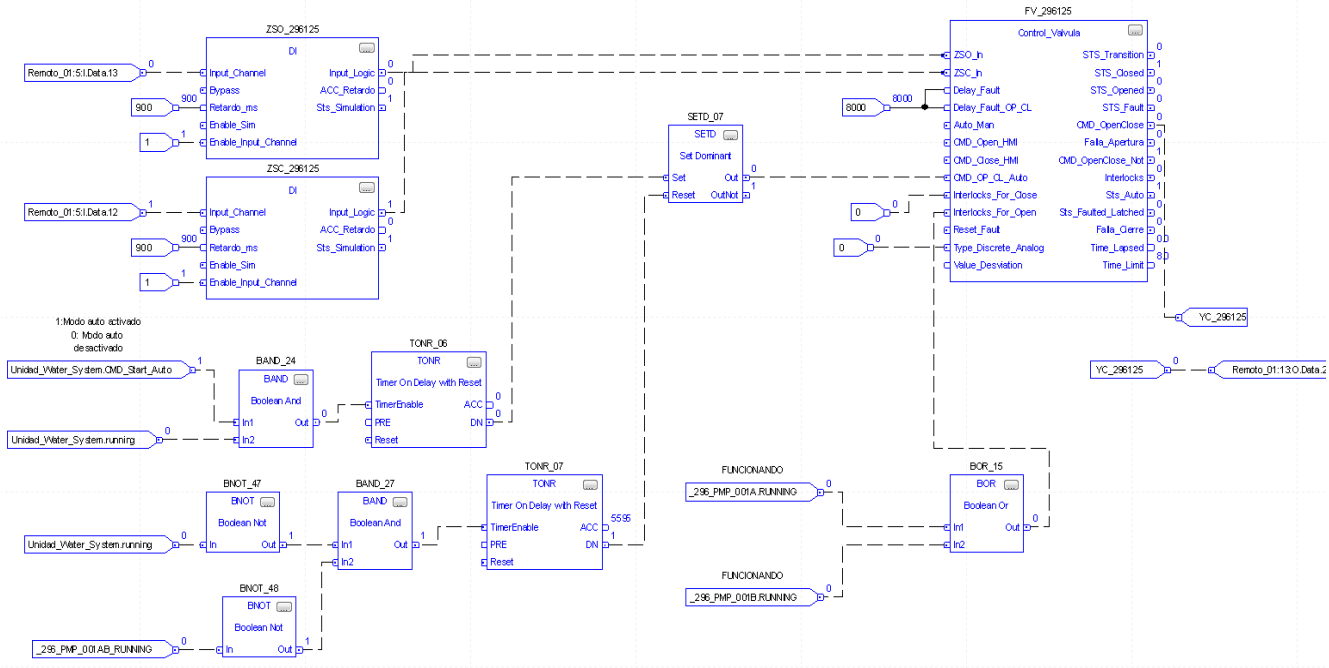


Figura 79. Control de válvula on-off que permite descarga de las bombas centrífugas

Fuente: Elaboración Propia

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

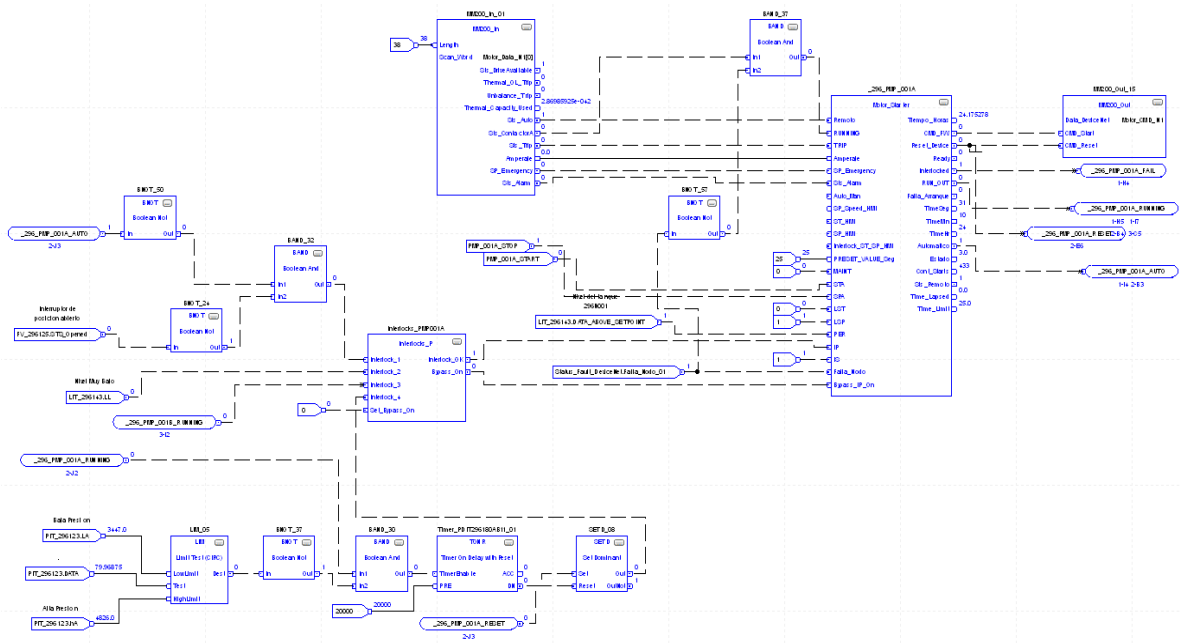


Figura 80. Control de bomba centrífuga 296-PMP-001A
Fuente: Elaboración Propia

Esta rutina, se encuentra programado para controlar las válvulas de llenado (LV-296143) del nivel del tanque 296-TNK-001, el cual mantiene un control de nivel on-off, es decir cuando el nivel es bajo (<50%), en automático la válvula se abre para permitir el llenado del tanque hasta que el nivel sea alto (>90%). Este tipo de control garantizara el arranque de las bombas centrífugas de la programación mencionada anteriormente.

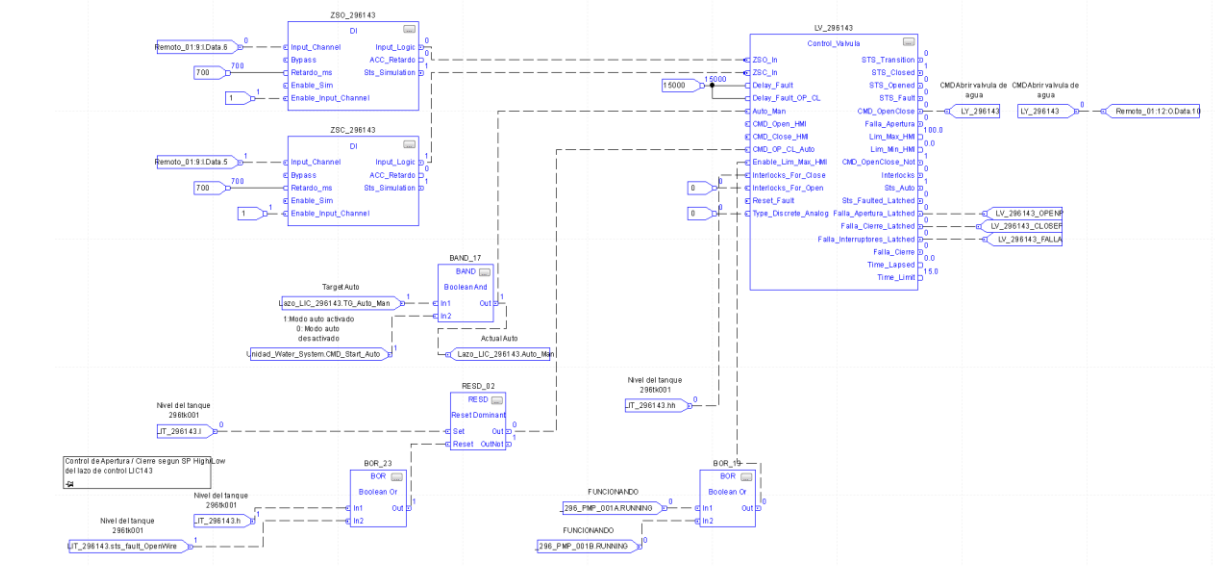


Figura 81. Control de Llenado de tanque mediante válvula on-off
Fuente: Elaboración Propia

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Las siguientes figuras se muestra el control de la válvula TV-296135, cuyo objetivo es controlar la temperatura a la salida del Baghouse entre un rango de 80°C a 90°C a fin de evitar daños en el Baghouse durante la recirculación del flujo de gases, el cual por lo general supera los 120,000m3/h. El control PID de temperatura se activa en automático desde el SCADA, cuando esta se habilite, el controlador recibirá la señal promedio de temperatura de las 03 termocuplas instalados a la salida del Baghouse (TIT-296135A/B/C), dicho promedio es efectuado mediante el bloque "Instrument-AVG". La lógica básica para este proceso es la siguiente: Cuando la temperatura exceda los 100°C, las bombas centrífugas arrancarán y el control PID se activará, regulando así la apertura hasta alcanzar al Setpoint deseado, cuando la temperatura un valor inferior a 60°C entonces las bombas se detendrán y la válvula mantendrá una posición máxima de 100%, esto debido a que el PV>SP.

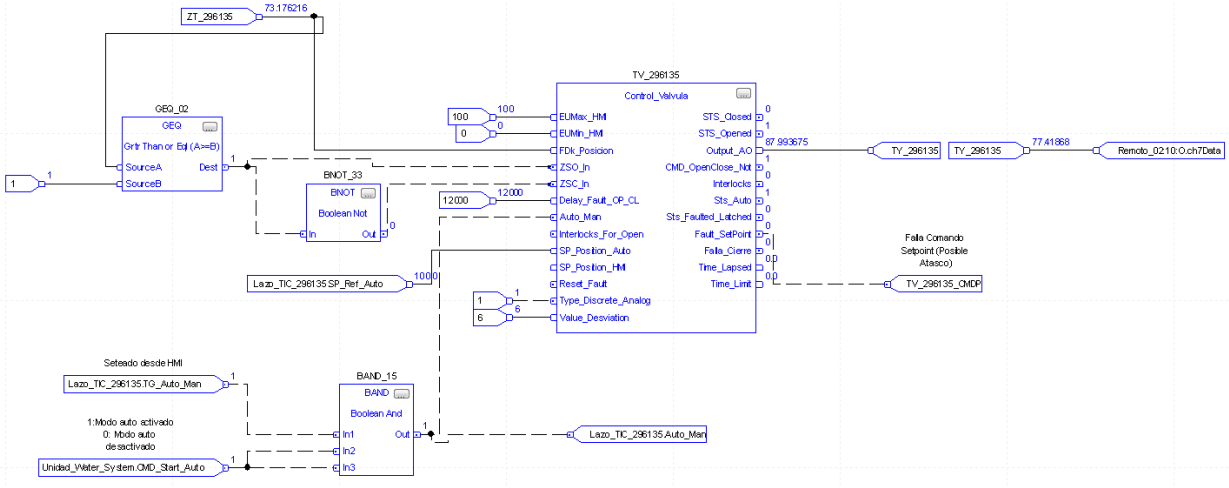


Figura 82. Control de la válvula de temperatura TV-296135
Fuente: Elaboración Propia

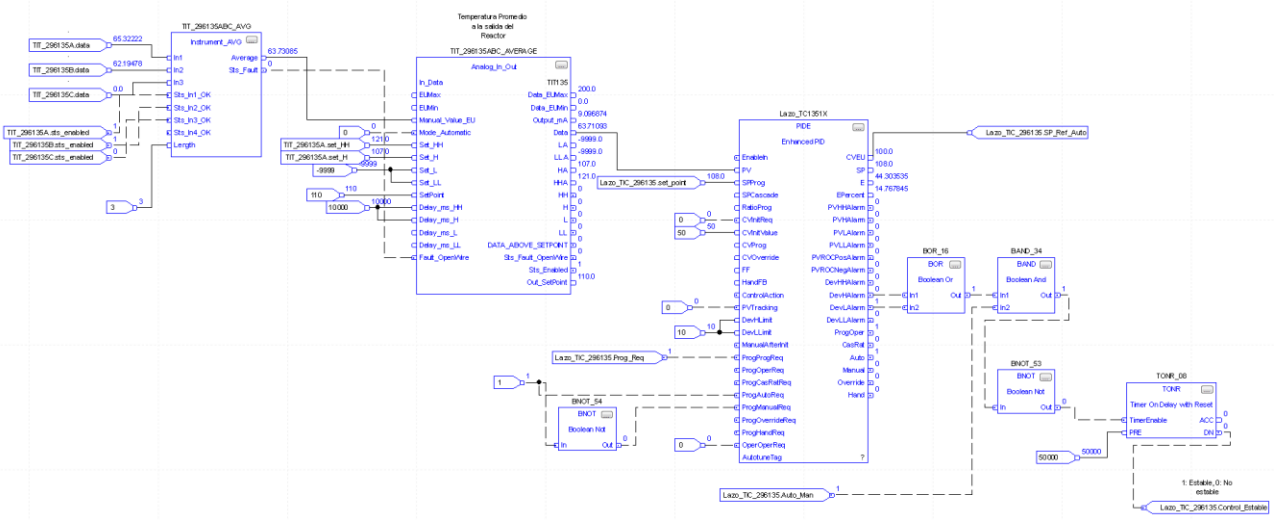


Figura 83. Control PID de temperatura TIC-296135
Fuente: Elaboración Propia

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

5.15. RUTINA – UNIDAD DE BAGHOUSE

En esta rutina, contiene programación dedicada al control del sistema de limpieza de los módulos del Baghouse para la poder capturar el particulado, la cual se activa si la presión diferencial supera los 1.73 kPa y se detienen cuando el valor es inferior a 1.24 kPa, la lógica secuencial es accionada por el bloque "Module_Baghouse" y la rutina realizada en Grafcet, mientras exista una alta presión diferencial, el ciclo de limpieza continuará modulo por modulo, mientras ello el particulado fluirá hacia las tolvas de reciclaje para su posterior recirculación hacia la torre Scrubber. La siguiente figura muestra la programación del PLC del sistema de limpieza de los módulos 1, 2,3 y 4.

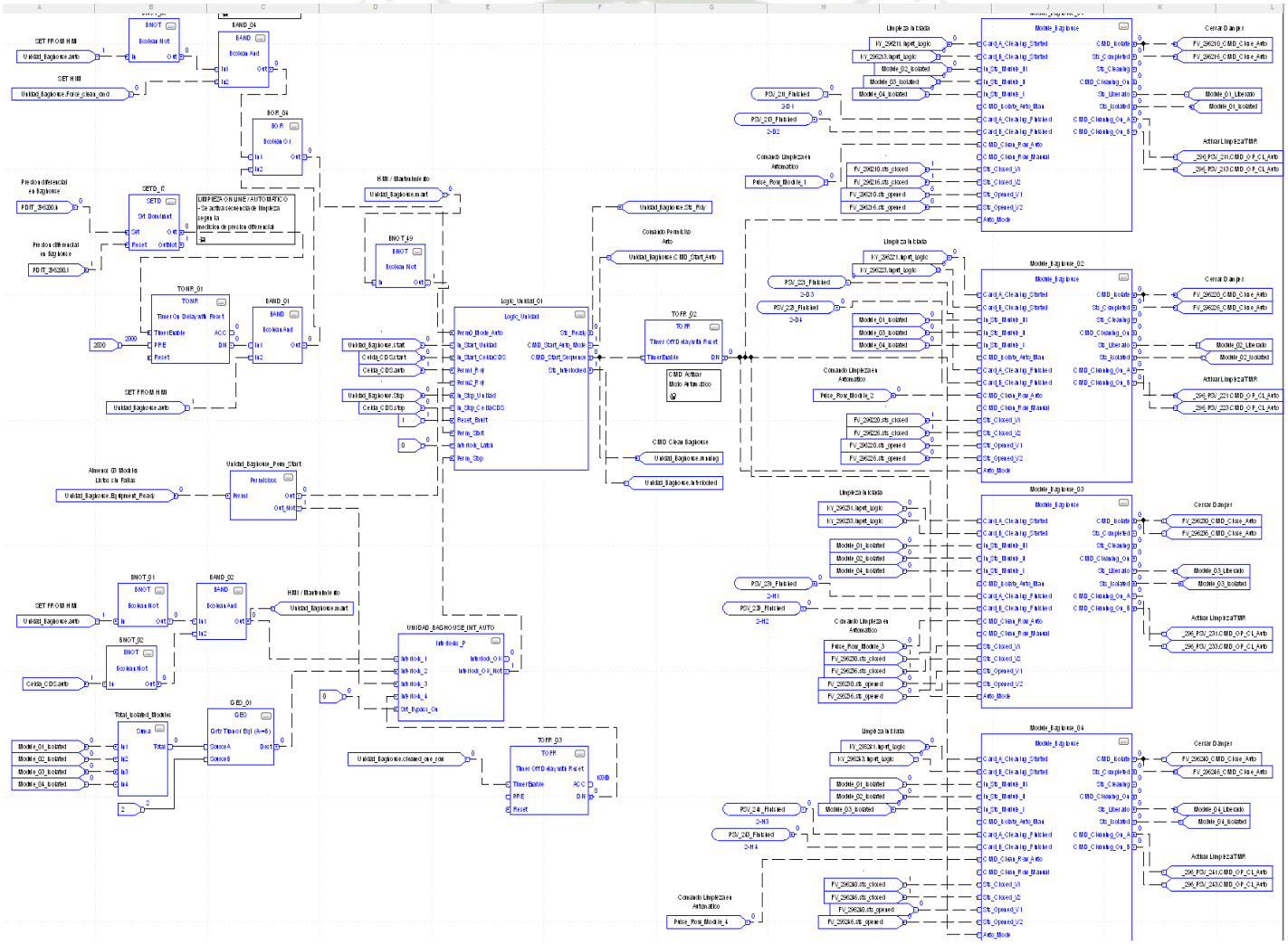


Figura 84. Lógica de control de la limpieza de los módulos 1, 2,3 y 4.
Fuente: Elaboración Propia

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

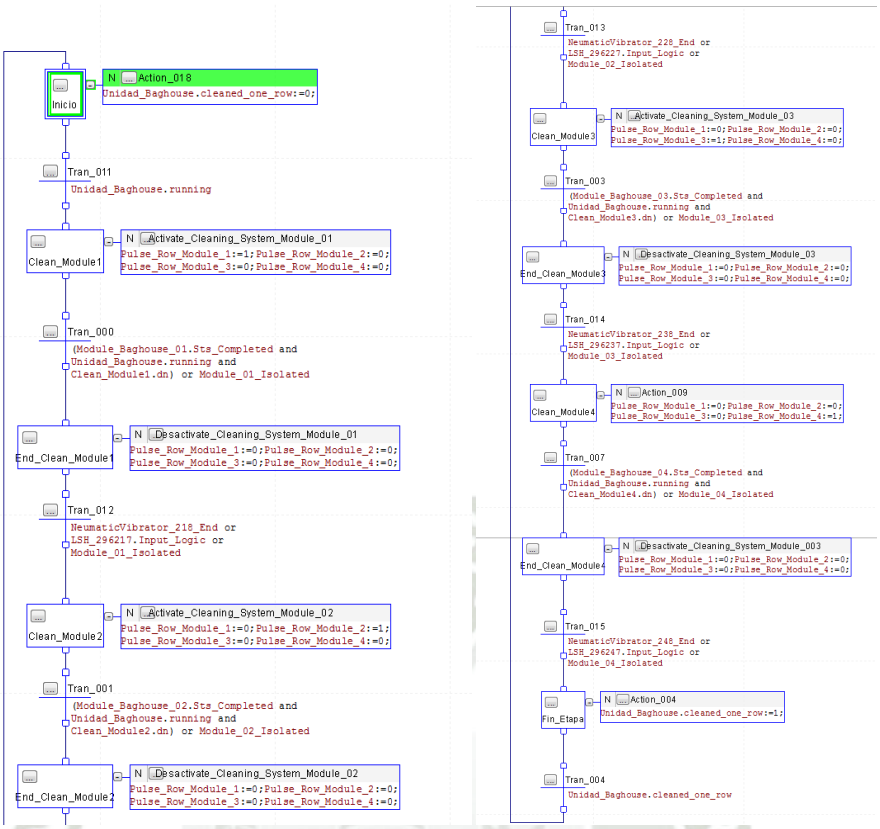


Figura 85. Activación secuencial de limpieza automático
Fuente: Elaboración Propia

La siguiente lógica consiste en activar la señal de comando para que la tarjeta temporizadora de campo pueda activarse y accionar la secuencia de activación válvulas pulsantes de aire, cuando la limpieza finaliza, se confirma mediante la señal YI-213 y se continúa con el ciclo de limpieza así sucesivamente con los demás modulo del Baghouse.

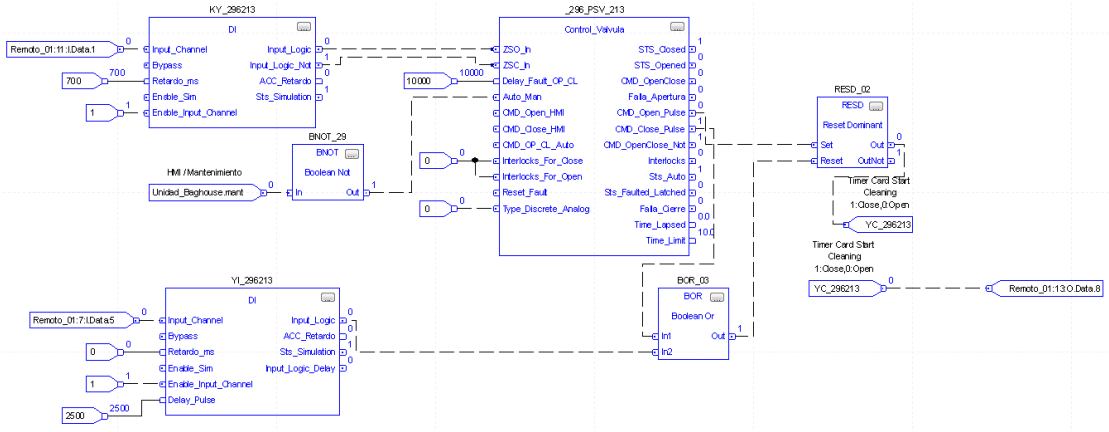


Figura 86. Rutina Control de la tarjeta temporizadora
Fuente: Elaboración Propia

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

5.16. RUTINA – UNIDAD DE RECICLAJE

La programación de esta rutina está dedicada a controlar válvulas dosificadoras y sopladores de aire para permitir la reutilización del particulado reciclado del Baghouse mediante las tolvas recicladoras.

Las siguientes imágenes muestran el arranque de los sopladores de aire 296-BLO-300/310, los cuales se arrancarán al inicio de operación de la unidad de reciclaje, la lógica implementada permitirá que los sopladores se encuentren permanentemente arrancados en automático. La presión de aire de los sopladores inyectará presión de aire mediante alrededor de 8.4 kPa, que podría alcanzar hasta 11 kPa cuando las tolvas alcancen un nivel alto de particulado. Como enclavamiento para los sopladores, se tiene programado que no se tenga activado la señal de "zero speed" posterior al arranque.

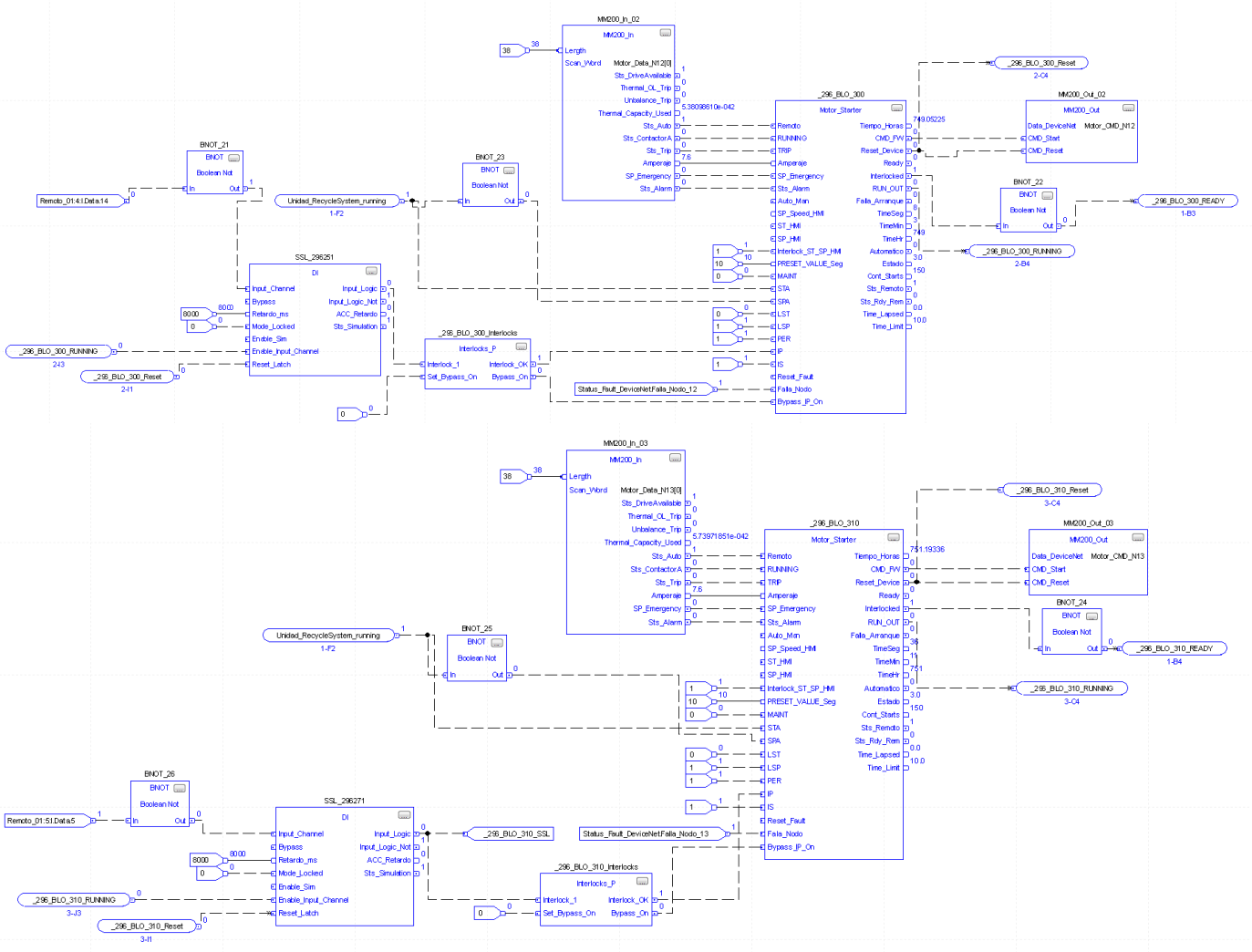


Figura 87. Lógica de arranque de sopladores de aire 296-BLO-300/310.
Fuente: Elaboración Propia

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

La siguiente imagen considera la programación realizada para el control PID de presión diferencial del Reactor Scrubber, para ello se tienen 02 válvulas dosificadoras que son controladas permanentemente en automático en conjunto con el promedio de 02 transmisores de presión diferencial PDIT-2916180 para mantener una presión diferencial de 3.5 kPa.

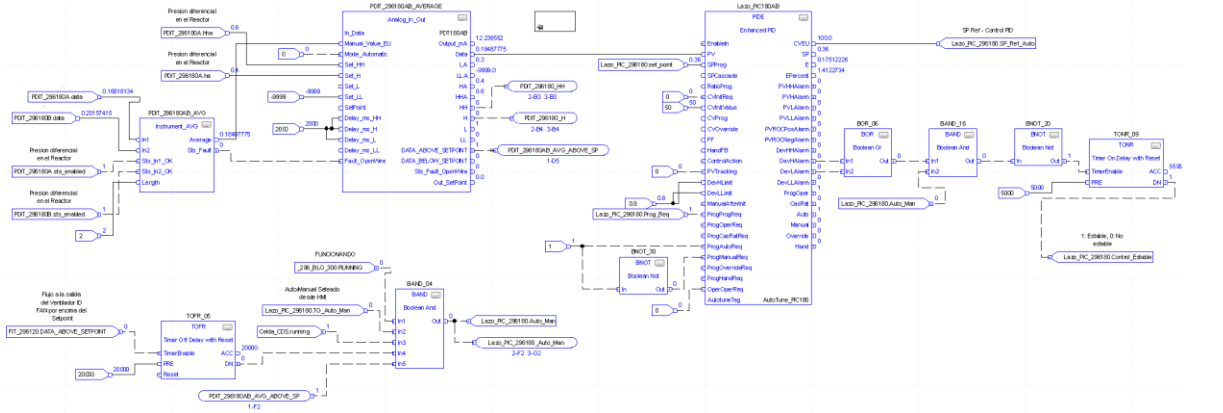


Figura 88. Programa Control PID de presión diferencial
Fuente: Elaboración Propia

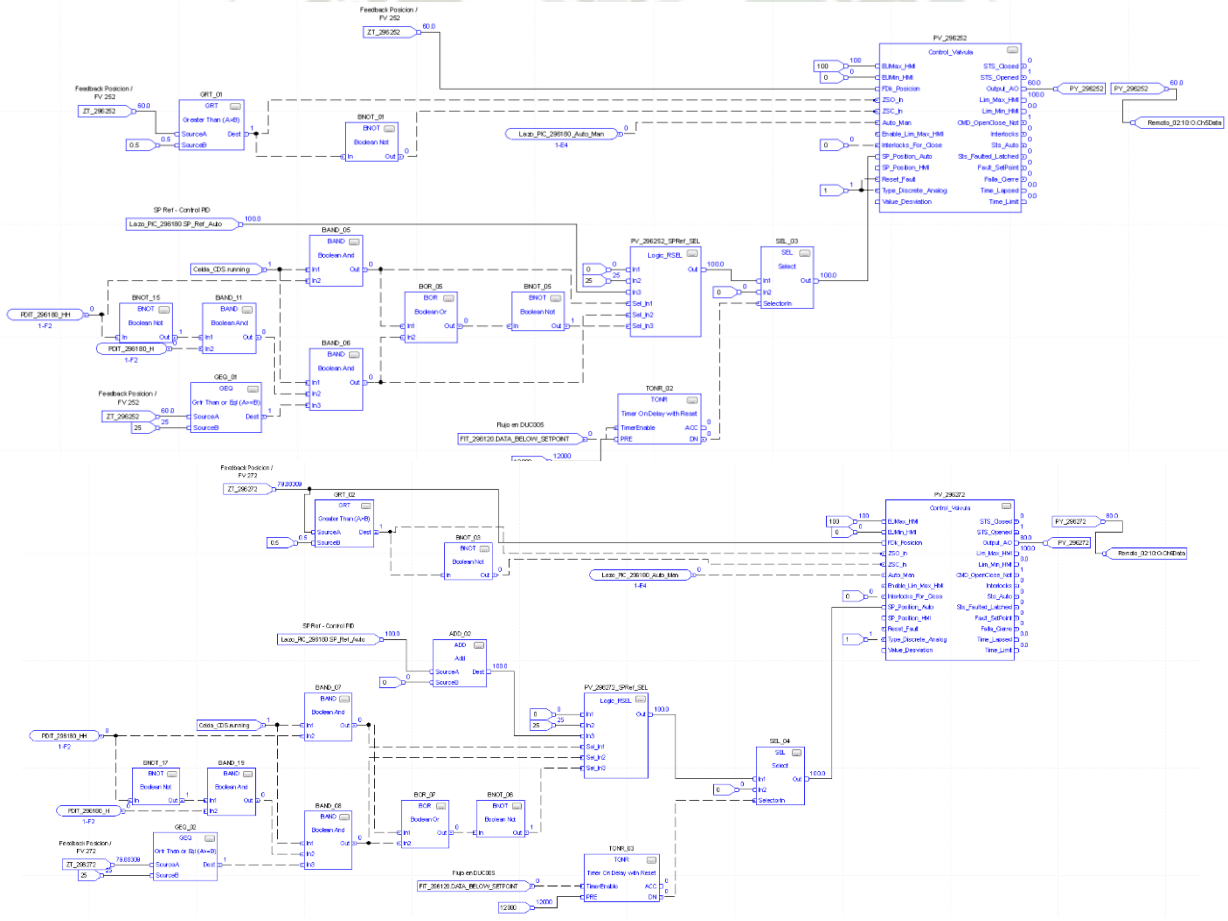


Figura 89. Rutina Control PV-272 y PID de presión diferencial
Fuente: Elaboración Propia

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

En la siguiente figura se muestra la programación para el control de las válvulas rotatorias de reciclaje el cual se acciona cuando la presión en línea del soplador sea alta (>11 kPa) o cuando se active el interruptor de nivel alto en la tolva recicladora, además como enclavamiento de seguridad, el interruptor de velocidad baja debe estar desactivado.

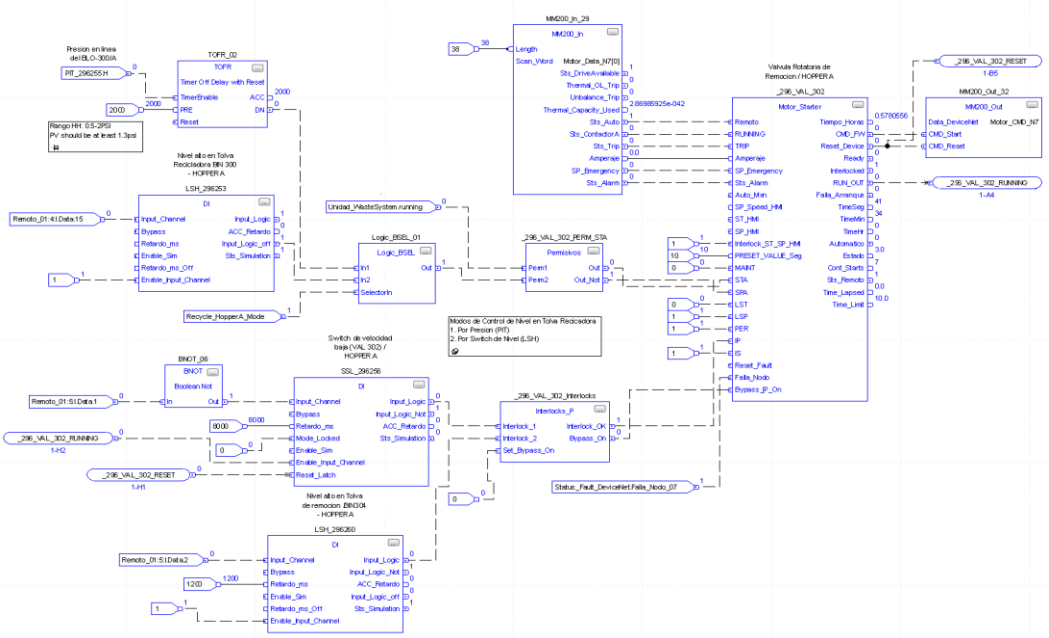


Figura 90. Rutina Control Válvula Rotatoria 296VAL302.
Fuente: Elaboración Propia

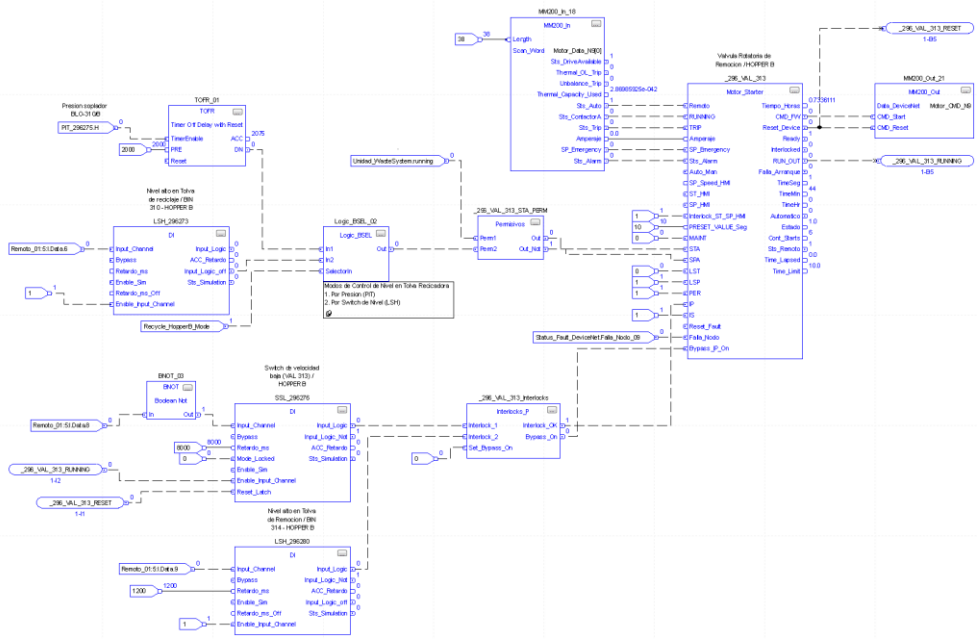


Figura 91. Rutina Control Válvula Rotatoria 296VAL313.
Fuente: Elaboración Propia

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

5.17. RUTINA – UNIDAD DE RESIDUO

Esta rutina de programación está dedicada al arranque de sopladores de aire y válvulas rotatorias que permitirán el transporte del material particulado recolectado en tolvas y llevarlo finalmente al Silo de Residuo.

En las siguientes figuras se muestra el arranque de los sopladores BLO-322/324, los cuales estarán permanentemente arrancados durante el arranque automático, garantizando así que el ducto se encuentre libre de material.

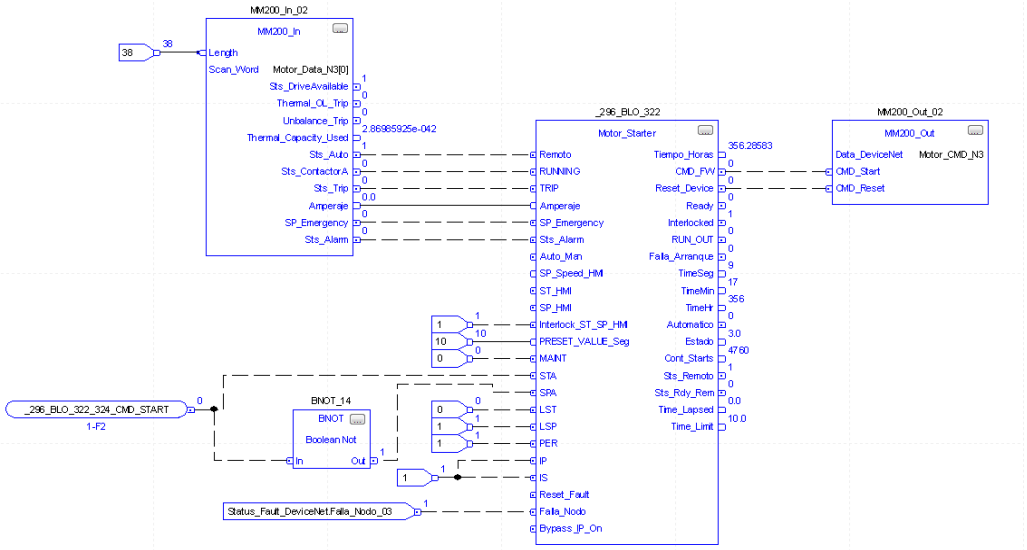


Figura 92. Rutina Control Soplador de airea BLO-322.
Fuente: Elaboración Propia

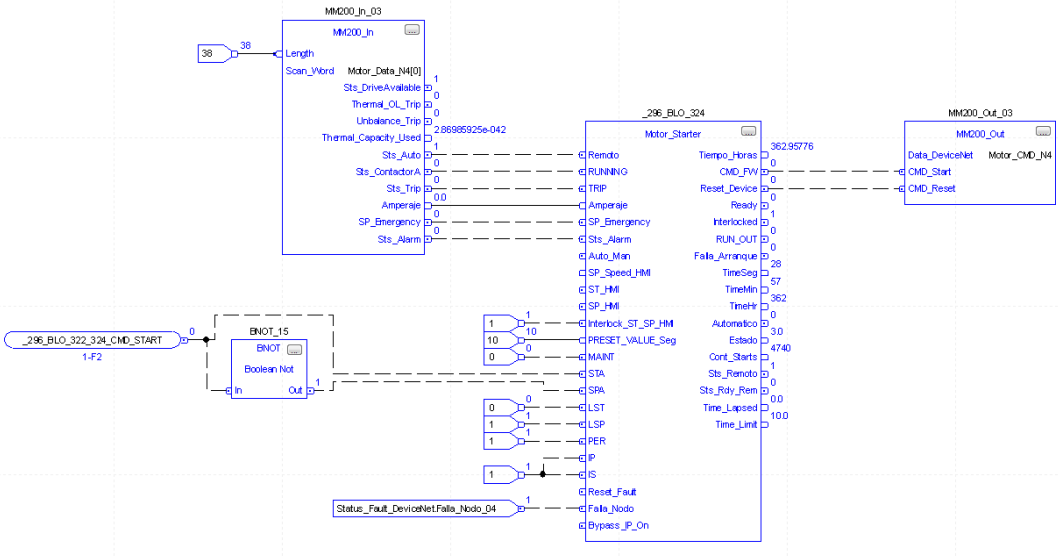


Figura 93. Rutina Control Soplador de aire BLO-324.
Fuente: Elaboración Propia

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

En las siguientes figuras, se muestra la programación para el control de las válvulas rotatorias de residuo, cuya función es desplazar el material de las tolvas recicladoras hacia las tolvas de residuo, esto se realizará mediante los interruptores de nivel alto instalados en las tolvas de residuo y reciclaje, además como condiciones para que arranque las válvulas de residuo, la presión por parte de los sopladores de aire BLO-322/324 debe ser mayor a 4 kPa en el ducto.

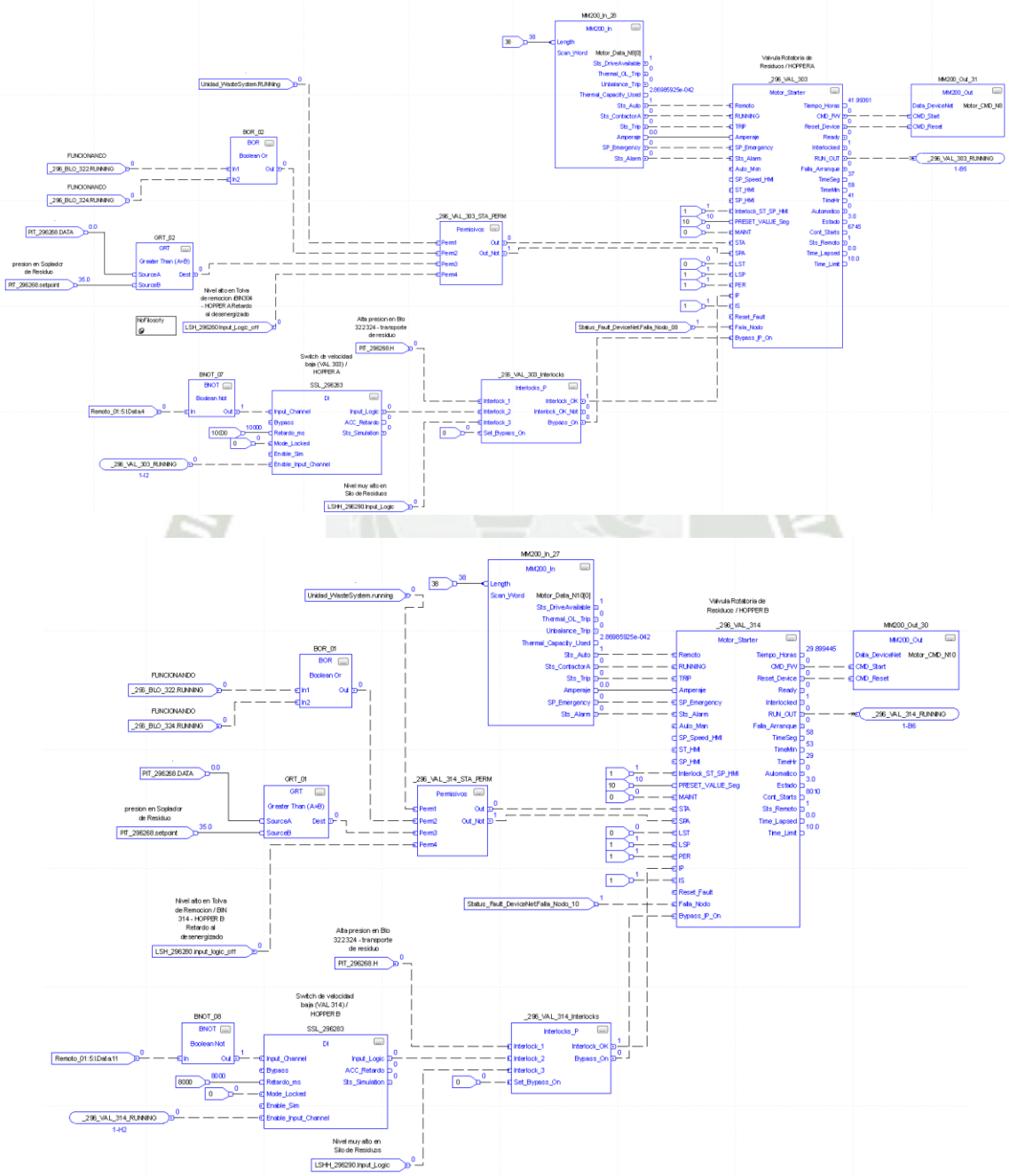


Figura 94. Rutina Control Válvula de Residuo VAL-314
Fuente: Elaboración Propia

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

5.18. RUTINA – UNIDAD DE SILO DE CAL

Esta rutina se encuentra dedicada al control de arranque de alimentadores volumétricos, sistemas de fluidización, soplador de aire, válvula rotatoria y válvula desvió.

La siguiente imagen se refleja el control secuencial para el sistema de fluidización, el cual se inicia dependiendo de los interruptores de nivel en el Silo de Cal, cuando se inicia se accionan 02 válvulas por un lapso de 05 segundos, luego se cierra las válvulas y se activan las otras 02 válvulas de aire, facilitando así el flujo del material CAL hacia las tolvas de los alimentadores volumétricos.

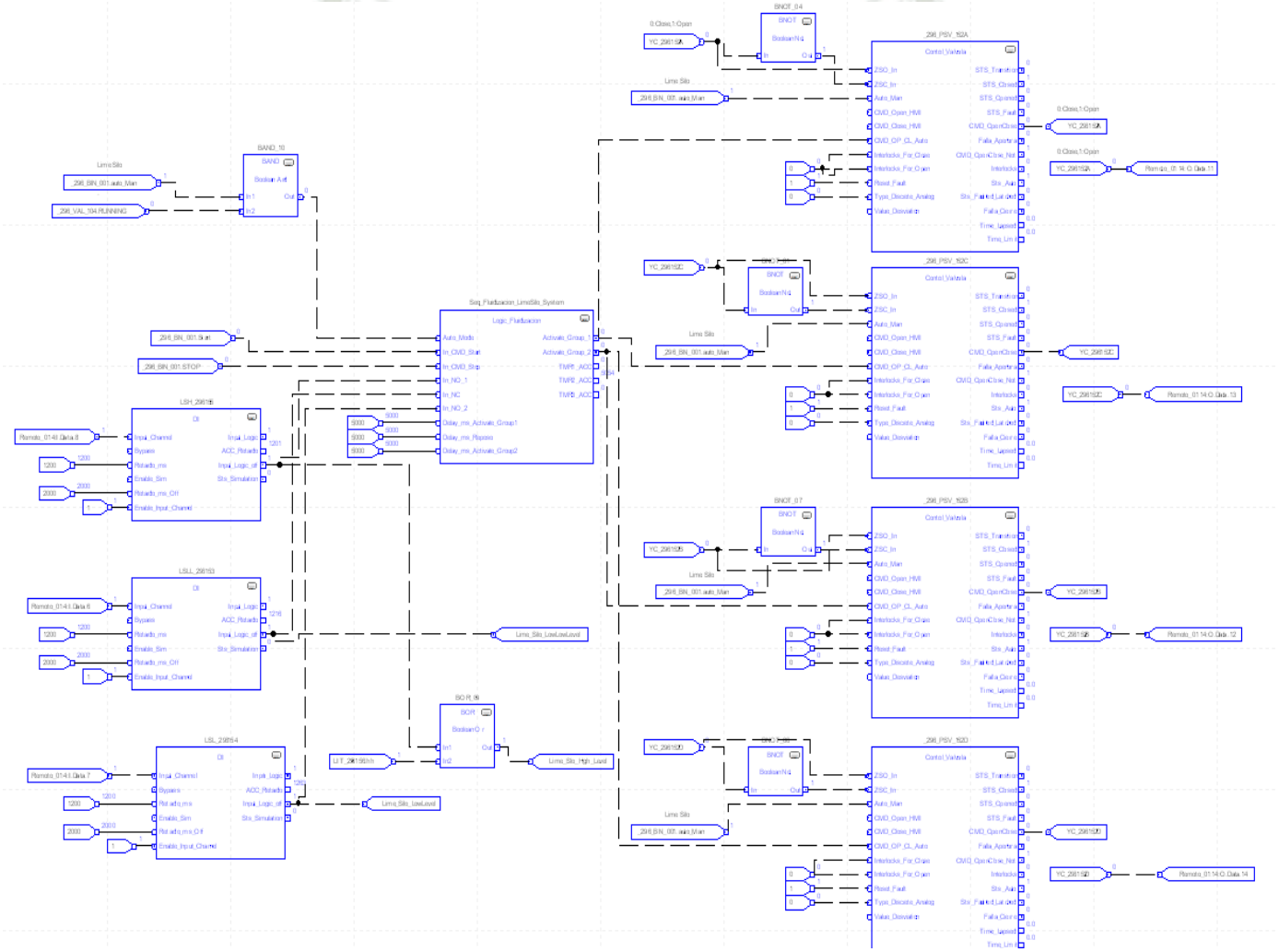


Figura 95. Programación del sistema de fluidización del Silo de Cal
Fuente: Elaboración Propia

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

La siguiente figura muestra el control para el sistema de fluidización de las tolvas de alimentadores volumétricos y para el Silo de Residuo, los cuales mantienen la misma funcionalidad mencionada anteriormente. Recalcar que dicha secuencia estará activa solo en modo automático, mientras en modo manual el operador podrá accionar cada válvula del sistema de fluidización independientemente de la condición de los interruptores de nivel de la tolva.

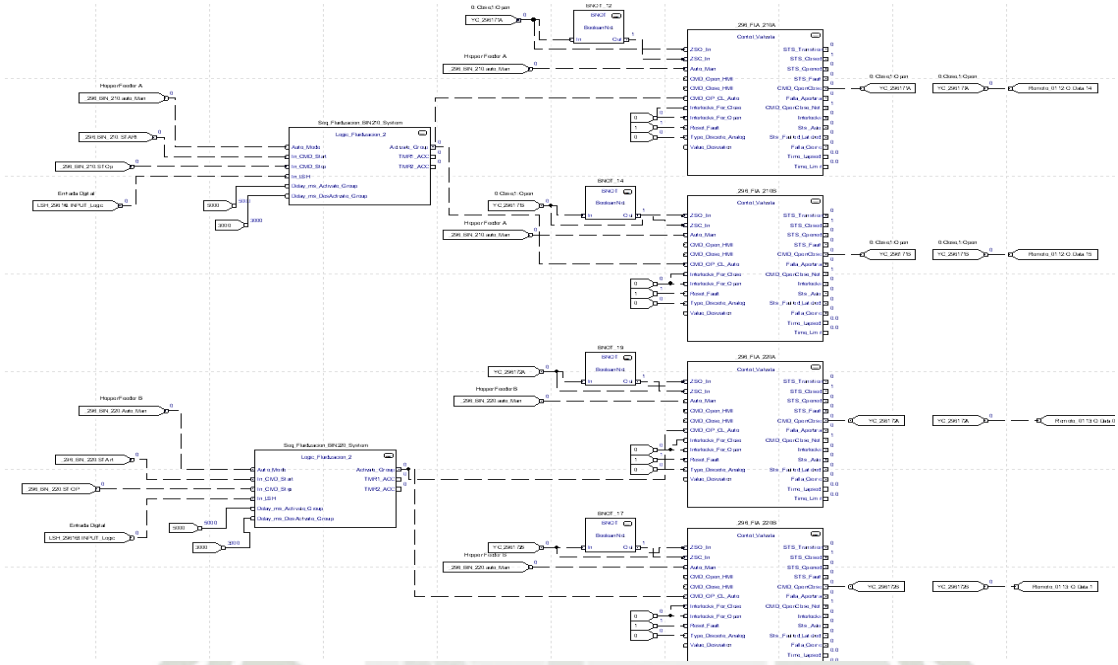


Figura 96. Rutina Control de Sistema de Fluidización del Alimentadores
Fuente: Elaboración Propia

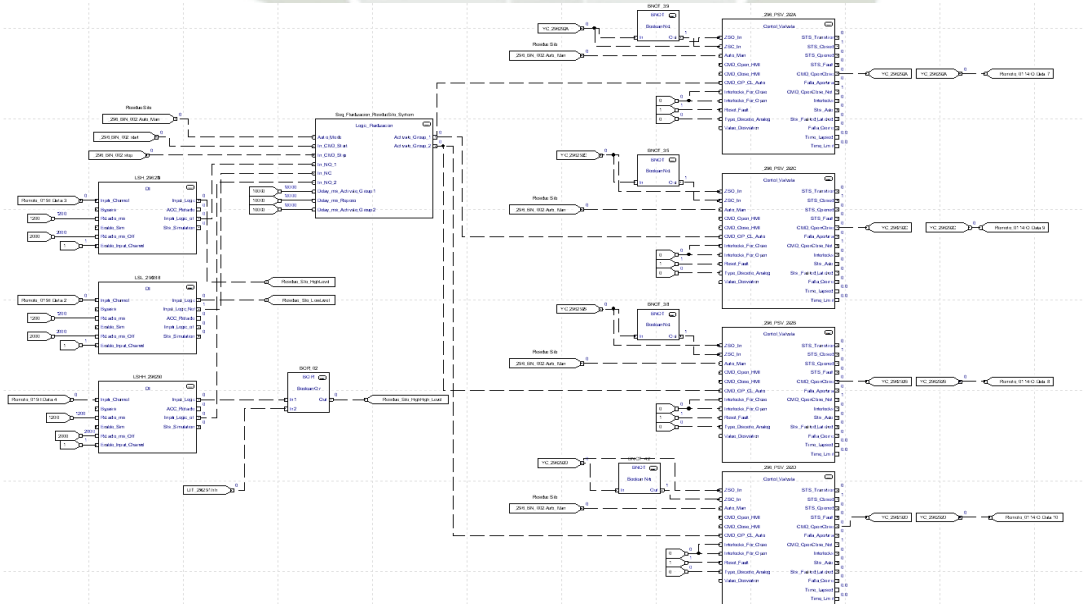


Figura 97. Rutina Control de Sistema de Fluidización del Silo de Residuo
Fuente: Elaboración Propia

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

5.19. RUTINA – UNIDAD DE CIRCUITO DE GASES

Esta rutina se encuentra dedicada al control del ventilador de tiro y dampers.

La siguiente imagen muestra la programación para el control de los dampers discretos con tag 296-DAM-003 y 296-DAM-004, que permitirán el paso de flujo de gases desde los hornos afinos hacia el Scrubber y Baghouse, y de esta hacia la chimenea, Estos dampers están configurados como logica para ser controlados solo en modo manual desde el Scada.

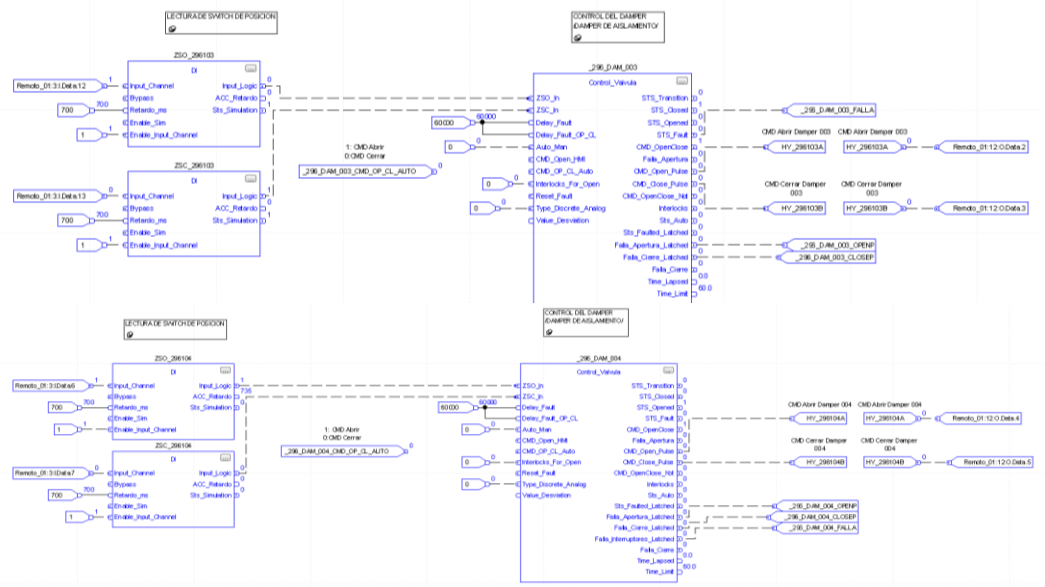


Figura 98. Rutina Control de Damper 003 y 004
Fuente: Elaboración Propia

Para el paso de flujo del ventilador hacia la chimenea, se cuenta con el damper 296-DAM-006 que mantiene una apertura constante,el cual se ha ajustado durante las pruebas a un valor de 70%, este damper se ha configurado para que el control sea completamente manual.

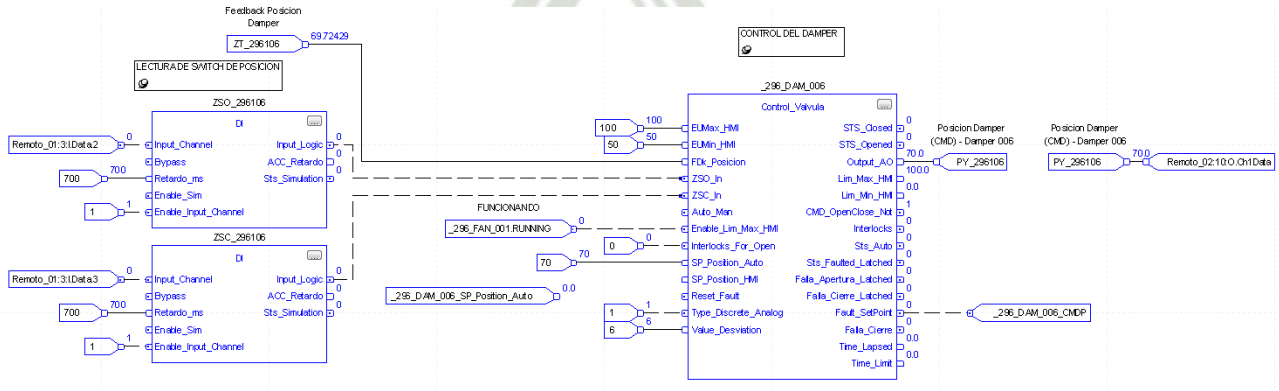


Figura 99. Rutina Control de Damper 006
Fuente: Elaboración Propia

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

La siguiente figura se muestra la programación para el control de los dampers 296-DAM-008 y 296-DAM-009, cuya función es permitir la circulación de gases directa de los hornos afinos hacia la chimenea para casos en que la celda CDS se detenga por fallas. Estos dampers son cerrados de forma manual luego de que la celda CDS se encuentre funcionando.

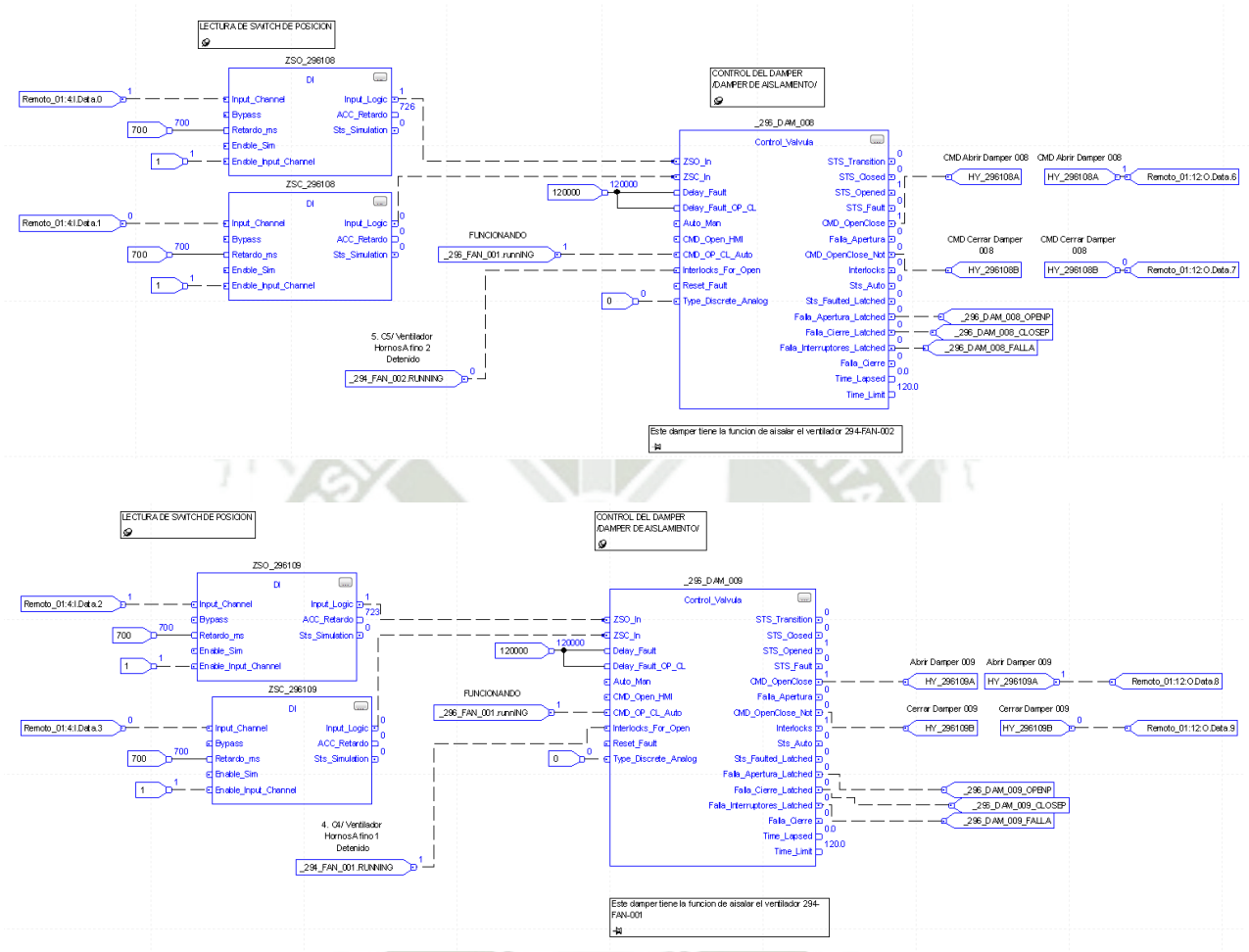


Figura 100. Control de los dampers de aislamiento 296-DAM-008 y 296-DAM-009

Fuente: Elaboración Propia

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Las siguientes figuras muestran la programación para los controladores PID de presión PIC-101 y PIC-102, cuya función es controlar la presión del flujo de gases que son generados por los hornos afinos 1 y 2. El control automático es activado desde el SCADA, el cual es activado cuando los hornos se encuentran emitiendo los gases (SO2) y el sistema de limpieza de gases se encuentra arrancado y listo para recepcionar los gases a tratar.

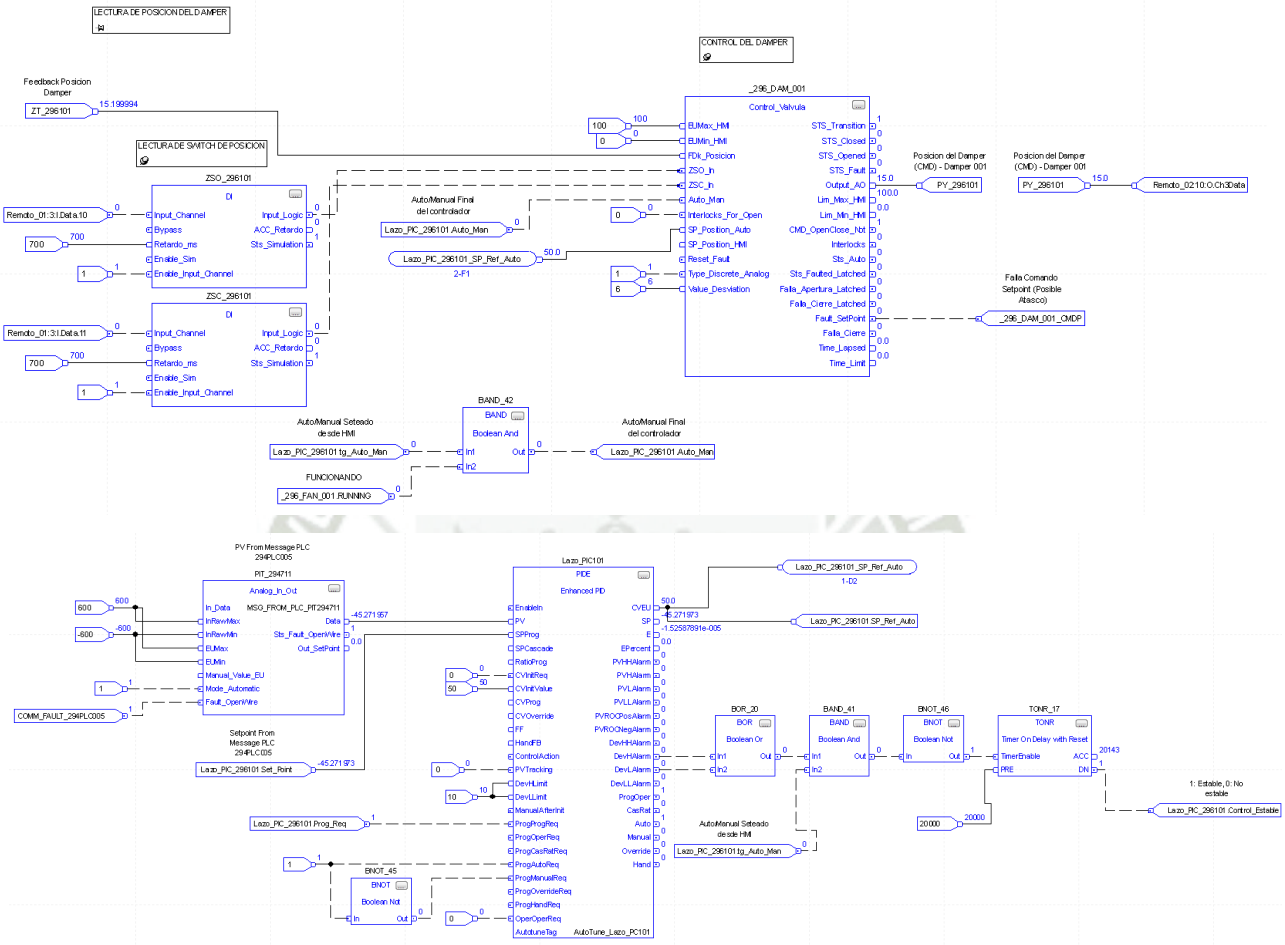


Figura 101. Control de presión mediante el Damper 296-DAM-001

Fuente: Elaboración Propia

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

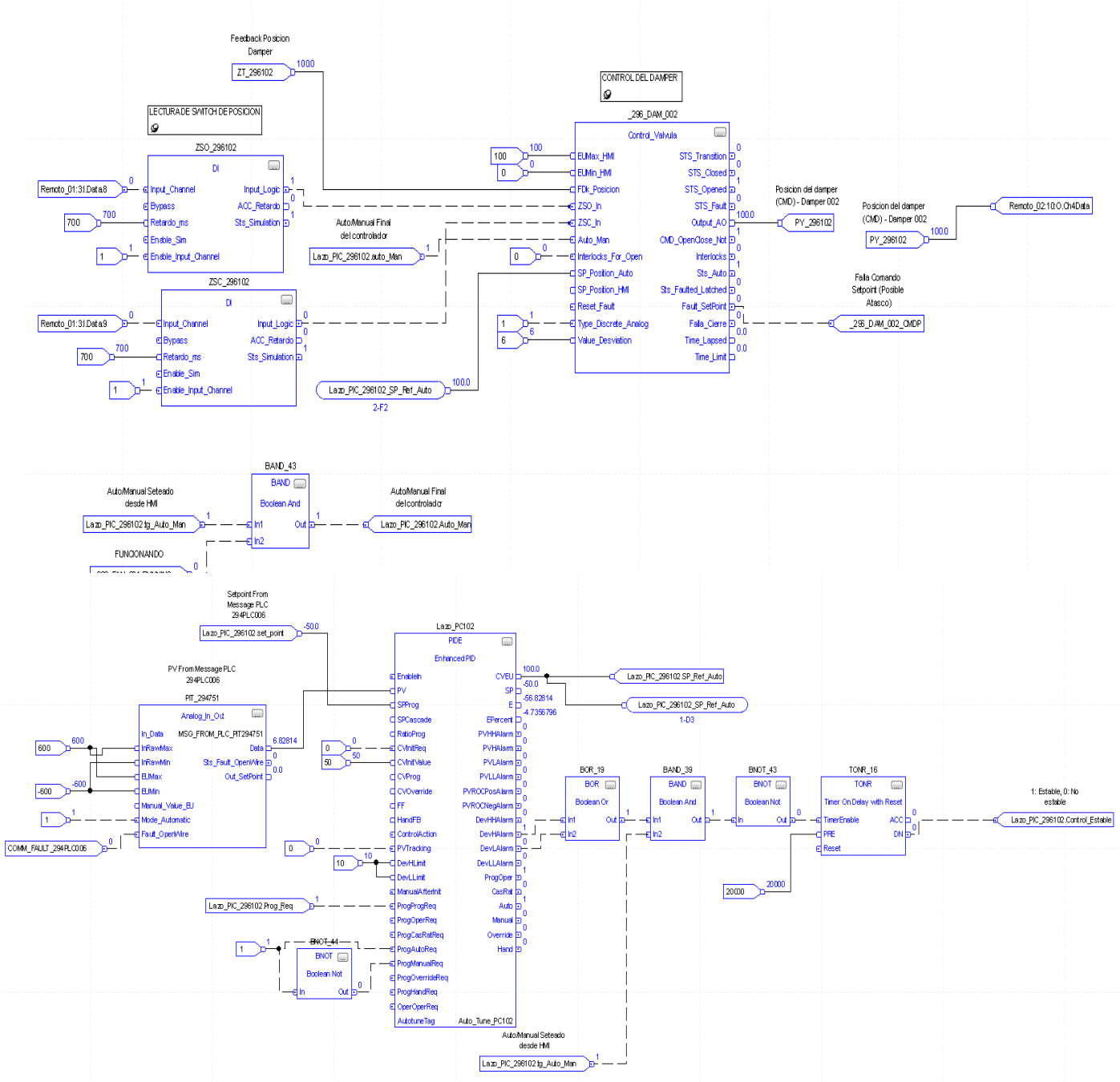


Figura 102. Control de presión mediante el Damper 296-DAM-002

Fuente: Elaboración Propia

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Una vez que el ventilador de tiro 296-FAN-001 se encuentre arrancado, la presión de gases de succión requerirá ser estabilizado, el cual se logra mediante el control PID de presión PIC-105, en la siguiente imagen se muestra la programación realizada que consta del lazo cerrado del transmisor de presión PIT-202 y el damper 296-DAM-005. El control automático es activado desde el SCADA por parte del operador, pudiendo este ser regulado además en modo manual.

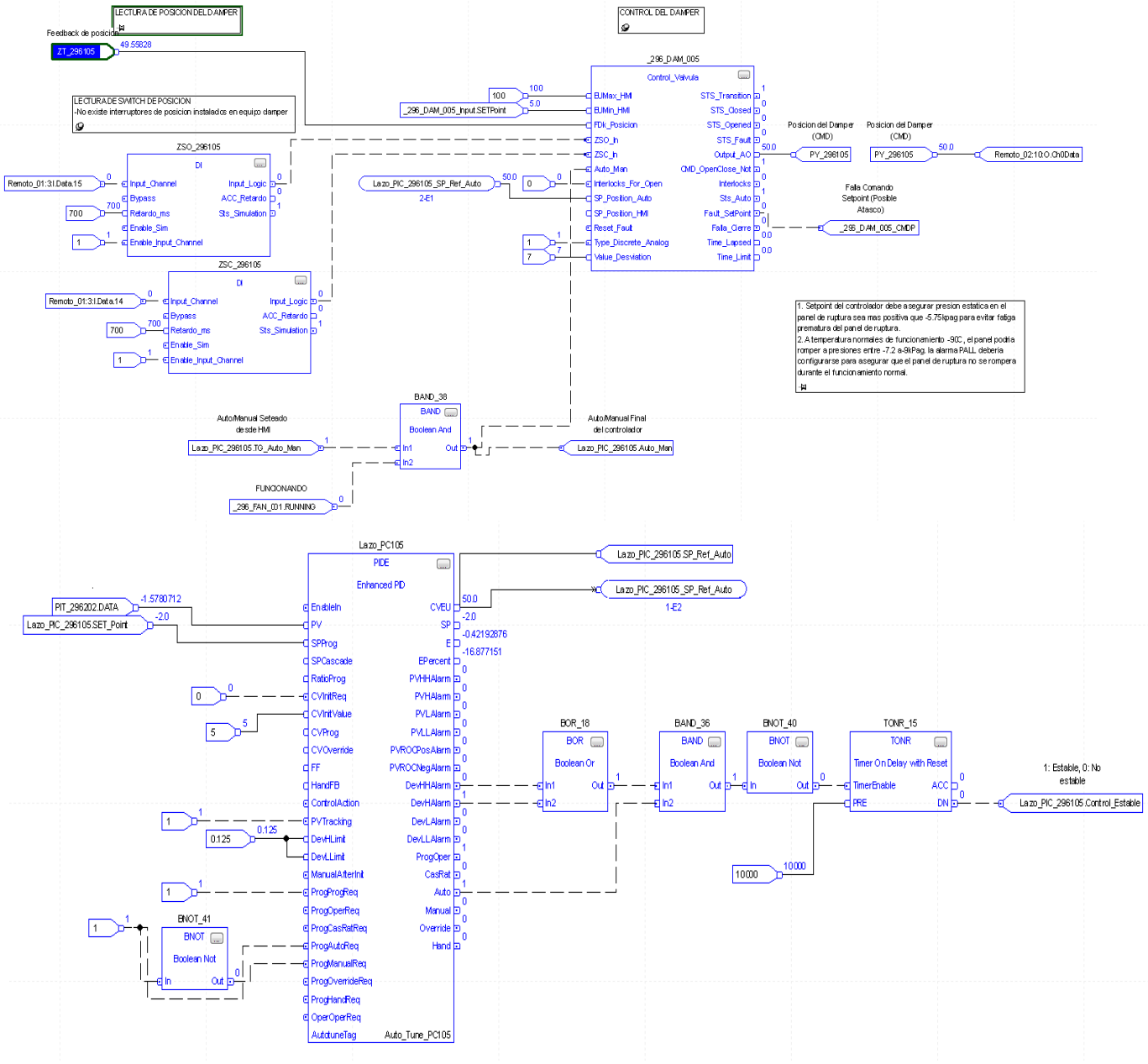


Figura 103. Control PID de presión mediante el dámper 296-DAM-005 y transmisor PIT-202

Fuente: Elaboración Propia

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Una de las condiciones para que el sistema de limpieza de gases funcione correctamente, es necesario que el flujo a la salida del ventilador de tiro 296-FAN-001 se mantenga a un valor superior a 120,000m3/h, para ello se cuenta con un circuito de recirculación que va desde la salida del ventilador hacia la entrada del reactor Scrubber, en donde se tiene instalado el damper con tag 296-DAM-010, cuya función en lazo cerrado con el transmisor de flujo FIT-120, es de controlar el flujo de gases mediante el controlador PID (FIC-120), dicha configuración se puede visualizar en las siguientes figuras. El control automático puede ser activado desde SCADA, pudiendo ser modificado la apertura del damper en modo manual.

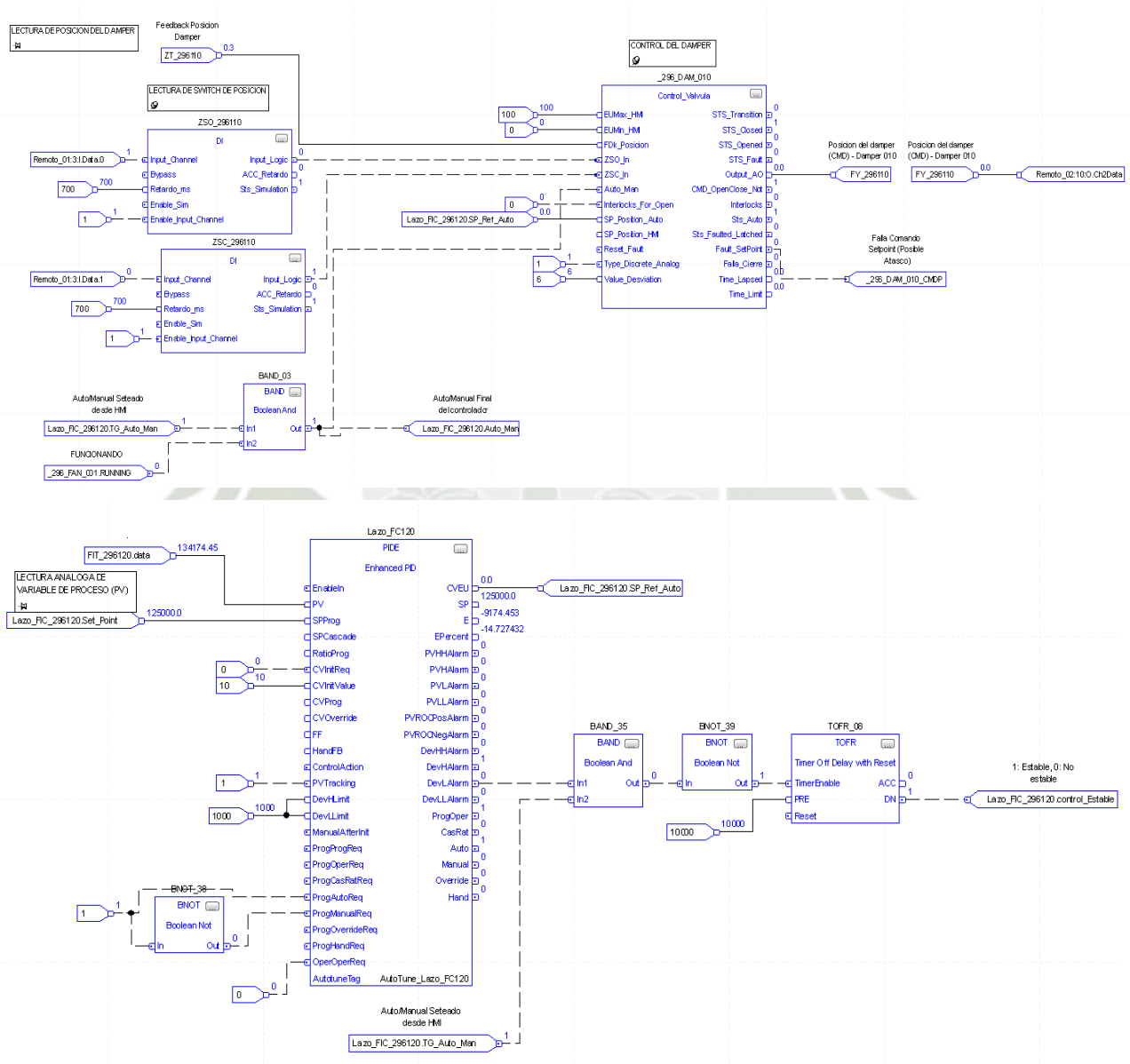


Figura 104. Rutina Control de Damper 010

Fuente: Elaboración Propia

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Finalmente, se cuenta con la rutina para el arranque del ventilador de tiro 296-FAN-001, el cual será el último equipo a ser arrancado de forma manual por parte del operador. Para el arranque de este ventilador se tiene diversos interlocks que deben cumplirse previamente al arranque y después del arranque, tales como:

- Damper 006 debe estar abierto mayor al 50%.
- Damper 003 y 004 deben estar abiertos
- Temperatura muy alta a la entrada del reactor.
- Damper 005 a la entrada no debe estar cerrado.
- Nivel de temperatura muy alta en motor
- Vibración muy alta en motor
- Damper 007 debe estar abierto
- Presión muy baja a la entrada del ventilador de tiro

Debido a que este equipo es el más importante y de alta criticidad para el proceso, a diferencia de los demás equipos, este cuenta con señales por cableado duro que garantizaran la robustez del control y monitoreo, La señal del selector local/remoto es para diferir si el arranque será desde el SCADA o de campo y con la señal de comando de arranque/parada permitirá accionar el motor del ventilador de tiro. Además, se cuenta con señales que se monitorean por comunicación DeviceNet que son de señal de trip, arrancado y alarma tal como se muestra en la siguiente imagen:

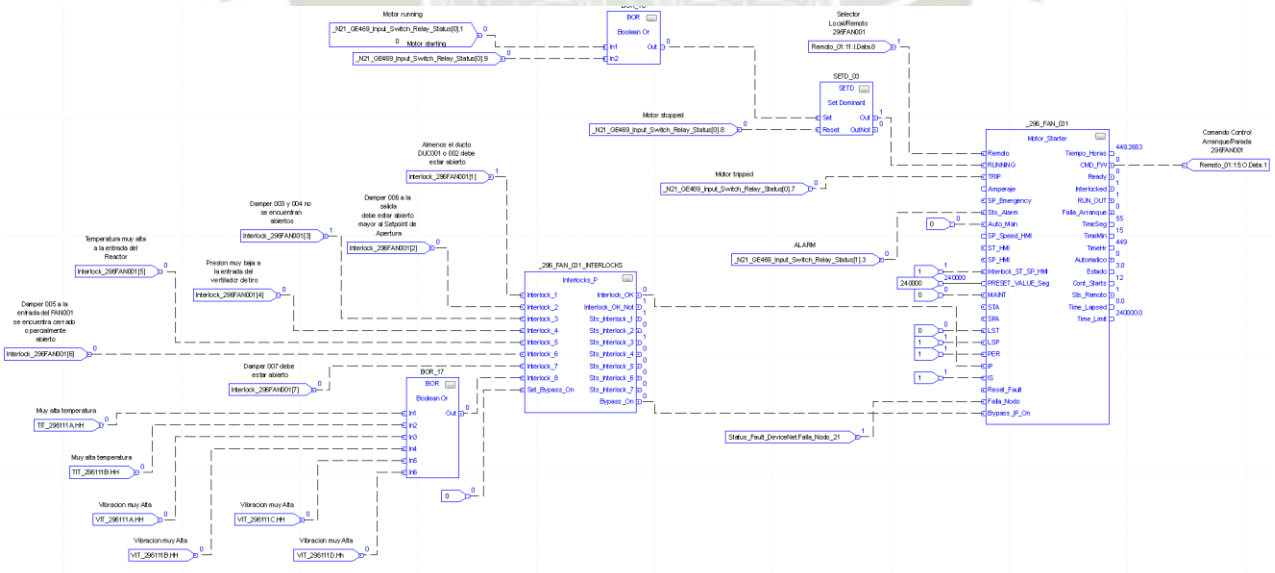


Figura 105. Rutina Control del ventilador de tiro 296-FAN-001
Fuente: Elaboración Propia

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

5.20. CONTROL PID EN EL PROCESO

Para mantener la variable de proceso deseada, se empleó un control PID simple para las diferentes etapas y así poder conseguir una estabilidad para el proceso.



Figura 106. Ejemplo tendencia control PID de temperatura

Fuente: Elaboración Propia

Para el control PID se ha aplicado los siguientes conceptos básicos:

- **SP (Setpoint):** Punto de consigna de magnitud del proceso que deseamos mantener en el lazo de control cerrado.
- **PV (Process Variable):** Es la variable del proceso que será medido por la instrumentación de campo y requiere ser estabilizado.
- **OUT (Salida):** Es la salida del controlador PID, el cual dará el comando hacia el actuador a fin de alterar la variable de proceso.
- **KP, KI, KD:** Son los parámetros de proporcional, integral y derivativo que se debe ingresar al controlador PID, los cuales permitirán lograr la precisión del control de la variable de proceso.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

La siguiente figura muestra el bloque funcional PIDE, cuyo uso es bastante sencillo, ya que solo requiere de ingresar los parámetros del controlador PID (SetPoint, Kp, Ki, Kd), asimismo se cuenta con la variable de proceso y el control de apertura (%) hacia el actuador conectado al bloque. Este bloque se habilitará cuando se active el modo automático desde el SCADA.

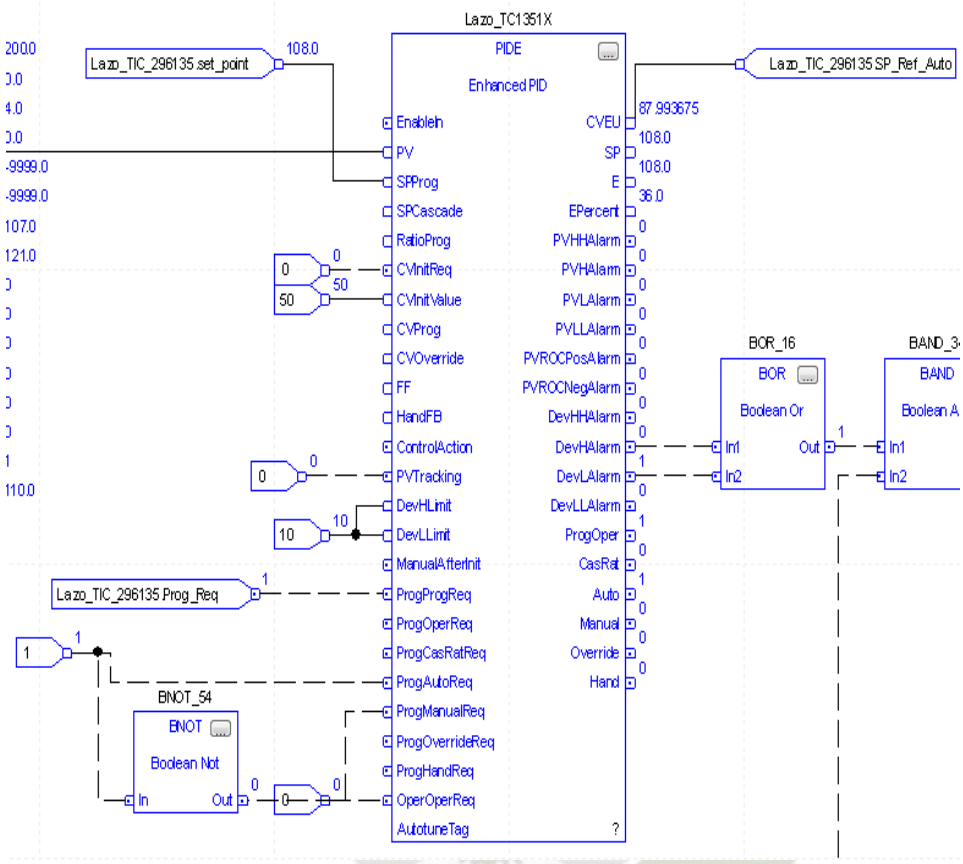


Figura 107. Bloque PIDE para el controlador PID

Fuente: Elaboración Propia

Para el correcto funcionamiento del Control PID, se requiere definir las ganancias proporcional, integral y derivativa correcta a efectos de garantizar un control óptimo del sistema, cuyos parámetros son hallados mediante la herramienta que tiene el bloque PIDE de RsLogix 5000, el cual es llamado “Autotune”.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

A continuación, se muestra un ejemplo de las ventanas de configuración empleados para el bloque PIDE, así como las ganancias halladas mediante la herramienta "AutoTune".

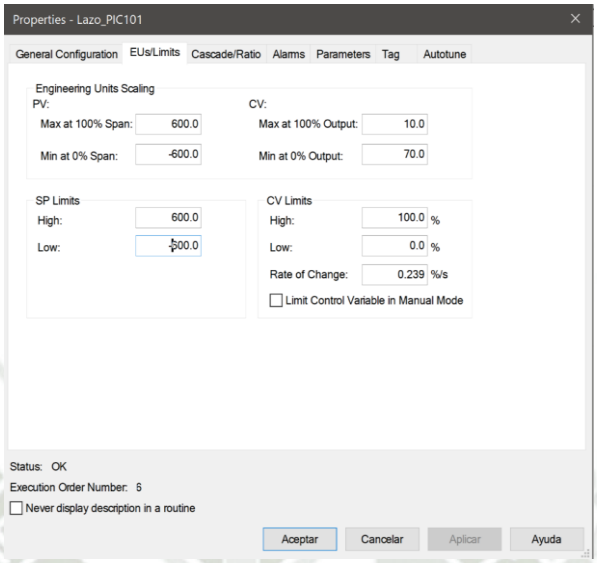


Figura 108. Establecimiento de límites en bloque PIDE

Fuente: Elaboración Propia

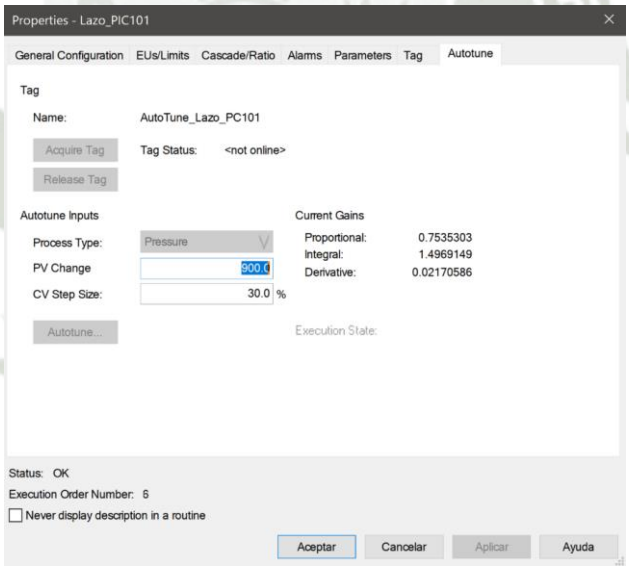


Figura 109. Valores obtenidos mediante Autotune

Fuente: Elaboración Propia

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

5.21. PROCEDIMIENTO PARA LA SINTONIZACIÓN PID MEDIANTE AUTOTUNE

A continuación, en la figura 110 se muestra el bloque de instrucción PIDE propio de allen-bradley que se empleó para sintonizar el lazo de control cerrado PID.

Para una mayor exactitud, precisión y robustez en la obtención de parámetros PID, se aplicó la funcionalidad de autotune, el cual consiste en realizar la sintonización de manera automática, para obtener así los parámetros PID en el menor tiempo posible y con diversos tiempos de respuesta para poder seleccionar el más adecuado.

Primeramente, se establecen los parámetros principales de entrada del bloque PID, los cuales corresponden a los parámetros "PV Change", "CV Step Size" y "Process Type", cuyo significado es el siguiente:

PV Change: Establece un valor lo suficientemente lejano al PV, de tal forma que durante el autotuning no cause que el PV vaya más allá del establecido, de lo contrario se abortará el proceso.
CV Step Size: es la cantidad en la que se desea que salida de paso a paso cuando el autotunning ha iniciado, cuando el autotuning completa, la salida es retornada a su valor previo, el valor de este puede ser positivo (en pasos hacia arriba) o negativo (pasos hacia abajo).
Process Type: Establece el tipo de variable de proceso a controlar, el cual puede ser Presión, Nivel, Posición, Velocidad o Temperatura.

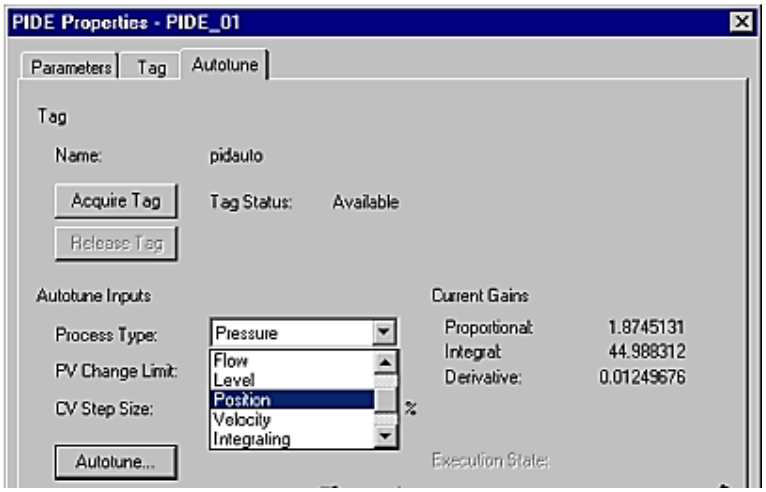


Figura 110. Configuración de Entradas de Autotune

Fuente: Elaboración Propia

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Luego se establecen los siguientes parámetros en referencia a la variable de proceso, setpoint y variable de control:

PV: Se establecen los rangos máximos de medición del instrumento de campo.

SP Limits: Se establecen los rangos límites máximos de Setpoint.

CV: Se establecen los rangos entre el 0% y 100% que corresponden a la variable de control.

La relación de rangos que existe entre las variables PV y CV deben ser previamente corroborados en modo manual, por ejemplo, si el lazo de control comprende de una válvula moduladora y un transmisor de presión, se debe obtener la variable de presión que corresponde a una apertura de 0% y la variable de presión para una apertura de 100%.

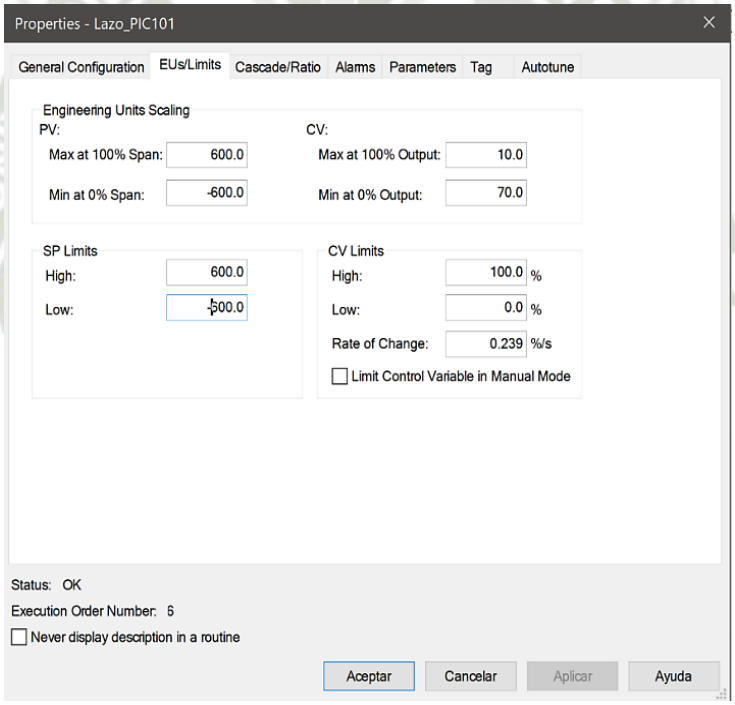


Figura 111. Configuración para parámetros SP, PV y CV

Fuente: Elaboración Propia

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Finalmente, al dar clic en “Start”, la herramienta autotuner empezará a recolectar los datos y el CV irá actualizando de paso en paso su valor hasta la cantidad especificada en el parámetro “CV Step Size”, Una vez que el autotuner ha colectado la suficiente data, este reseteará el CV a su valor original y se mostrará los valores finales calculados.

En la ventana del autotune de la figura 112, se muestra las ganancias finales obtenidas para los diferentes tipos de respuesta, dependiendo del tipo de variable de proceso se selecciona el adecuado, por ejemplo, para la temperatura se seleccionó las ganancias PID para una respuesta lenta mientras que para variables como presión y flujo se seleccionó variables de ganancias PID para una respuesta intermedia o rápida.

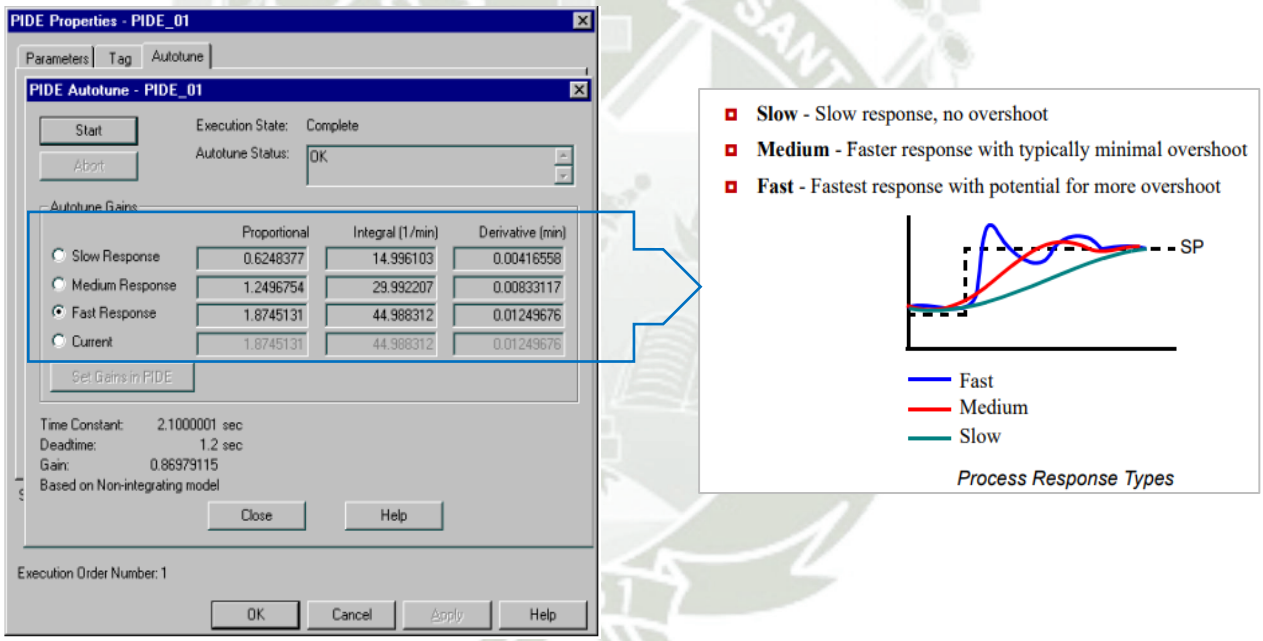


Figura 112. Ganancias finales PID mediante Autotune

Fuente: Elaboración Propia

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Este procedimiento de sintonización se realizó para todos los lazos de control PID del proceso. A modo resumen, las ganancias y parámetros establecidos para cada uno de los lazos de control del sistema se encuentran detallados en la siguiente tabla:

N	Tag – Lazo PID	Parámetros de Ganancias	SetPoint	Parámetros de Unidades de Escalamiento	Observacion
1	**PIC_296101**	P= 0.7535303 I= 1.4969149 D= 0.02170586	Entre 50 – 200Pa, depende según la etapa de proceso de Hornos Afinos	CV Max[100%]: 10 CV Min[0%]: 70 PV Max[100%]: 600 PV Min[0%]: -600	Ok, Tiempo de respuesta: 8 segundos
2	**PIC_296102**	P= 1.4165947 I= 6.93376 D= 0.06517288	Entre 50 – 200Pa, depende según la etapa de proceso de Hornos Afinos	CV Max[100%]: 5 CV Min[0%]: 100 PV Max[100%]: 600 PV Min[0%]: -600	Ok, Tiempo de respuesta: 12 segundos
3	**FIC_296120**	P= 1.19889 I= 11.408585 D= 0.0	130,000m3/h o mayor, requerido para cumplir el flujo mínimo de gases.	CV Max[100%]: 100 CV Min[0%]: 0 PV Max[100%]: 163371.0 PV Min[0%]: 101076.0	Ok, Tiempo de respuesta: 17 segundos
4	**PIC_296105**	P= 0.92734855 I= 9.77185 D= 0.010794242	-2.1Pa, requerido para conseguir la presión de succión a la entrada del ventilador de tiro.	CV Max[100%]: 10 CV Min[0%]: 50 PV Max[100%]: 0 PV Min[0%]: -2.5	Ok, Tiempo de respuesta: 15 segundos
5	**TIC_296135**	P= 114.36145 I= 271.39526 D= 0.4028256	80 ° C, requerido para controlar la temperatura a la salida del Baghouse	CV Max[100%]: 100 CV Min[0%]: 80 PV Max[100%]: 300 PV Min[0%]: 0	Ok,Tiempo de respuesta: 1min y 20 segundos
6	**PIC_296180AB**	P= 13.198486 I= 149.8598 D= 0.034989633	2.5 Pa, requerido para controlar la presión diferencial en el reactor de gases.	CV Max[100%]: 100 CV Min[0%]: 0 PV Max[100%]: 6.2 PV Min[0%]: -6.2	Ok, Tiempo de respuesta : 50 segundos

Tabla 28. Configuración de parámetros para el Control PID

Fuente: Elaboración Propia

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

CAPÍTULO VI: PRUEBAS Y RESULTADOS

6. PRUEBAS Y RESULTADOS DEL PROYECTO

El Presente Capítulo describe el diseño y características de las pantallas SCADA que fueron desarrollados para el monitoreo y control de proceso y descargado en 01 PC Cliente (296-OWS-001) que se encuentra en una sala eléctrica.

El sistema SCADA consta con la representación del proceso en unas pantallas de supervisión en la que se puede apreciar lo que está sucediendo en la planta, se visualiza el estado de los motores, instrumentos, válvulas, secuencias del proceso y diagnósticos de tarjetas I/O.

6.1. OPERACIÓN REAL DEL SISTEMA DE SUPERVISIÓN SCADA

El sistema de supervisión se implementó mediante el software FactoryTalk View Site Edition, el cual es un paquete de software para el desarrollo y arranque de aplicaciones de interfaz hombre-máquina (HMI), para la ejecución de la aplicación se configuró el cliente en FactoryTalk View SE (En la PC Cliente) a fin de dejar que los operadores interactúen con la aplicación. A continuación, se mostrará cada una de las pantallas de supervisión que se desarrollaron para todo el proceso.

6.2. PANTALLA PRINCIPAL

Esta pantalla presenta el diagrama general de la planta y el estado actual en que se encuentran cada una de las Unidades (Unidad de CAL, Unidad de agua de enfriamiento, Unidad Baghouse, Unidad Reciclaje y Residuo, Unidad Circuito de Gases (Estado de Arrancado) con sus respectivos equipos (Motores y Dampers) más principales.

Desde esta pantalla los operadores e ingenieros a cargo de la planta podrán tener el control y monitoreo a nivel general de todo el proceso de sistema de limpieza de gases, donde será posible el arranque y parada de los equipos basándose en la lógica de control explicado en el marco teórico, monitorear el nivel del agua y cal del sistema y establecer el modo automático de la celda CDS.

En la siguiente figura, se muestra equipos arrancados (color verde) y detenidos (color rojo), mientras aquellos que tengan interlocks activos estarán con el símbolo de enclavamiento, finalmente al igual que en todas las pantallas se tendrá acceso directo a las alarmas activas de fallas de equipos, falla de redes de

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

comunicación y falla de instrumentos/actuadores, el cual se visualizará desde el banner inferior de la pantalla. Resumiendo, en esta pantalla se muestran los siguientes equipos para el monitoreo y control, los cuales son:

- **Unidad CAL**
  - Válvula Rotatoria de Silo de Cal: 296-VAL-104
  - Soplador de aire: 296-BLO-106
  - Válvula de desvió: 296-VAL-200
  - Ventilador: 296-FAN-100
  - Alimentador Volumétrico A: 296-FDR-210
  - Alimentador volumétrico B: 296-FDR-220
  - Sistema Fluidización Silo CAL: YC-296152A/152B/152C/152D
- **Unidad Baghouse**
  - Damper de aislamiento: FV-296210/216/220/216/230/236/240/246
  - Vibradores neumáticos: 296-PSV-218/228/238/248
  - Card Timers: 296-PSV-211/113/221/223/231/233/241/243
- **Unidad Sistema agua de enfriamiento**
  - Bomba de Agua de enfriamiento: 296-PMP-001A /001B
  - Válvula de llenado: LV-296143
  - Válvula de descarga: FV-296125
  - Válvula control de Temperatura: TV-296135
- **Unidad Sistema reciclaje y Residuo**
  - Soplador de aire: 296-BLO-300/310/322/324
  - Válvula control de presión: PV-296272/252
  - Válvula rotatoria de remoción: 296-VAL-313/303
  - Válvula rotatoria de residuo: 296-VAL-314/303/602
  - Transportador tornillo: 296-SCR-600
- **Unidad Circuito de Gases**
  - Damper – Hornos Afinos 1: 296-DAM-001 / PIC_296101
  - Damper – Hornos Afinos 2: 296-DAM-002/ PIC_296102
  - Damper de recirculación: 296-DAM-010/ FIC_296105
  - Damper de control de presión: 296-DAM-005/ PIC_296105
  - Ventilador de Tiro: 296-FAN-001

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

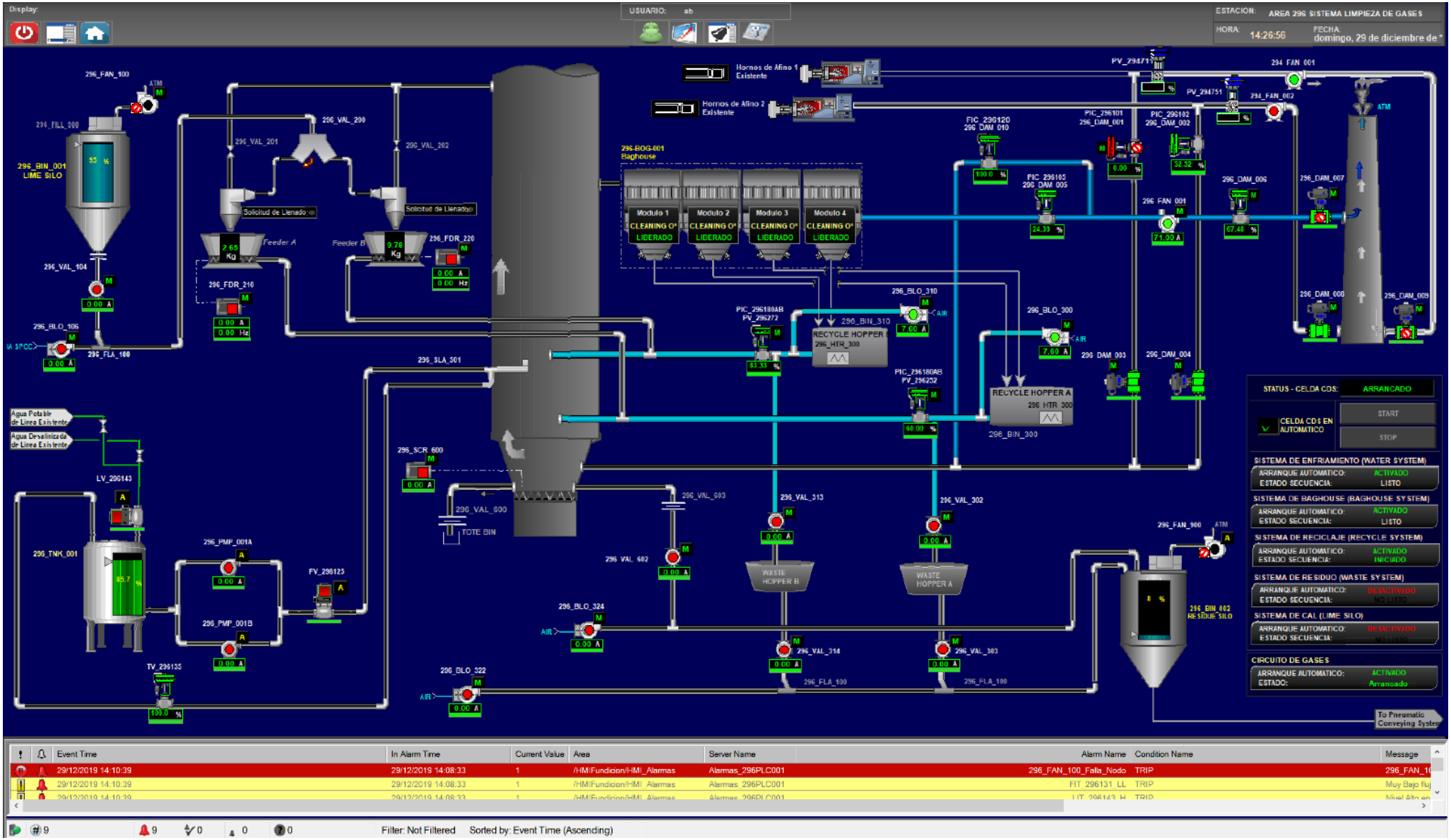


Figura 113. Pantalla SCADA – Proceso General

Fuente: Elaboración Propia

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

6.3. PANTALLA DE PROCESO - SISTEMA DE AGUA DE ENFRIAMIENTO

Esta pantalla permite la visualización del estado del proceso del sistema de agua de enfriamiento, la cual tiene la función de enfriar el gas en el reactor de gases proveniente de los Hornos Afinos 1 y 2.

Desde esta pantalla los operadores e ingenieros a cargo de la planta podrán tener el control del arranque/parada de las bombas centrífugas, apertura/cierre de la válvula de llenado y control de apertura (%) de la válvula de control de temperatura TY-296135. Esta pantalla además muestra un mayor detalle con respecto a la pantalla general, ya que permite la visualización de las variables de proceso, estatus de los instrumentos y actuadores.

Lo que cuenta la unidad, es lo siguiente:

- **Un Lazo de control de nivel (LIC-296143)** que serán conformados por la válvula LV-296143 y el transmisor de nivel LIT-296143.
  El objetivo del control de nivel en el tanque 296-TNK-001 es obtener un nivel constante a efectos de garantizar el correcto funcionamiento de los equipos 296-PMP-001A/B.

- **Un lazo de control de temperatura (TIC-296135)** el cual será realizado por la válvula TV-296135 y el promedio de los 03 transmisores de temperatura TIT-296135A/135 B/135 C a la salida del Reactor de Gases.

- **Un circuito de recirculación**, mediante el cual se bombea el agua con las bombas de recirculación 296-PMP-001A, 296-PMP-001B. Desde esta pantalla se podrá monitorear las variables de proceso que se encuentran comprendidos por los instrumentos a continuación:

  - PIT_296133 - Presión en recirculación de agua
  - PIT_296123 – Presión a la descarga de bombas de agua
  - FIT_296131 – Flujo que mide la recirculación de agua
  - FIT_296126 – Flujo a la descarga de bombas de agua
  - PDT_296120–Presión diferencial a la entrada de las bombas de agua Y el nivel del Tanque 296-TNK-001 se monitorea mediante el instrumento:
    - LIT_296143 – Mide el nivel del tanque que almacena el agua

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

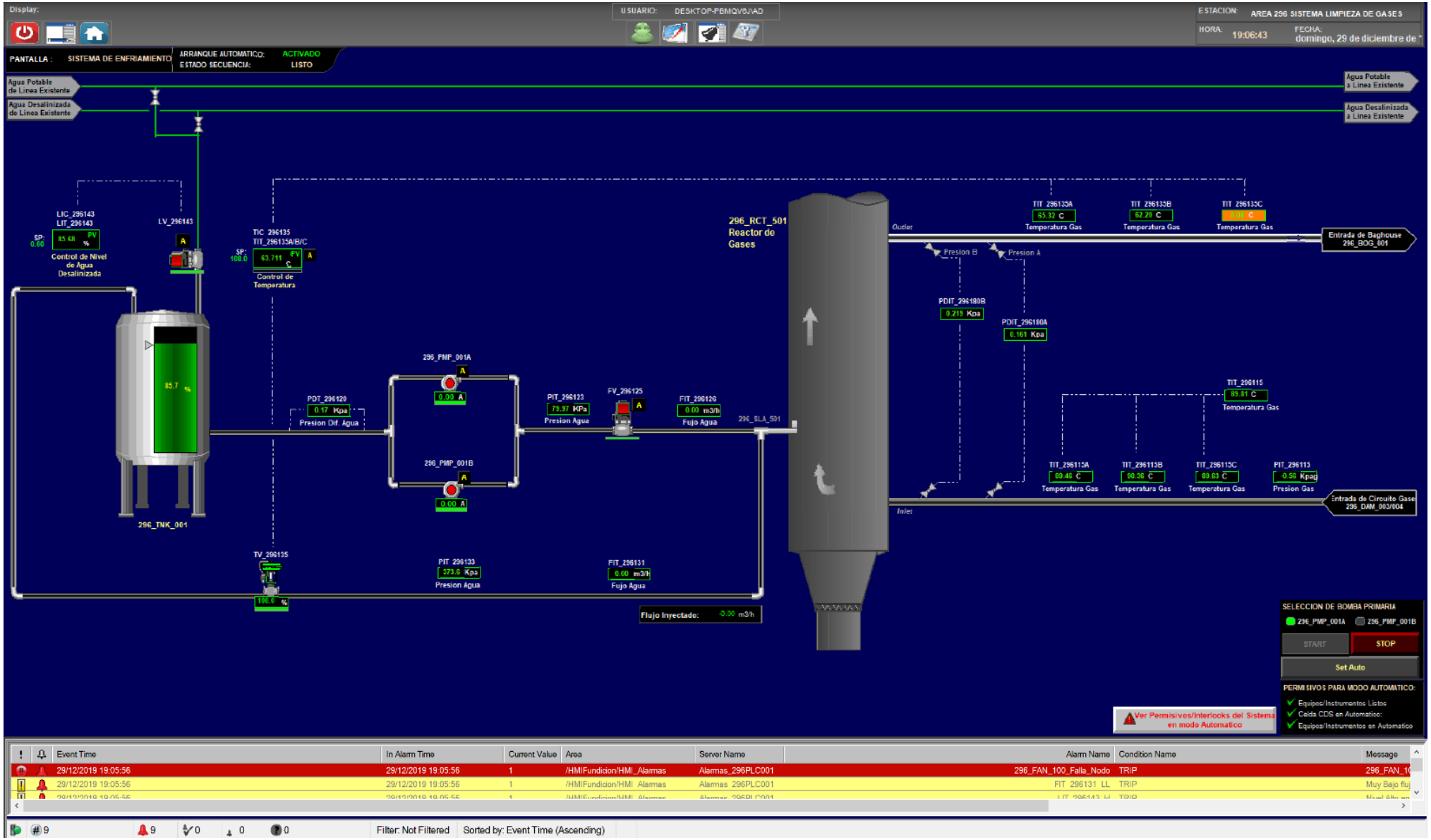


Figura 114. Pantalla SCADA – Proceso de la Unidad de Agua de Enfriamiento

Fuente: Elaboración Propia

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Esta pantalla cuenta con una ventana ubicado en el borde inferior de la pantalla, denominado como "Selección de bomba primaria", que permitirá seleccionar la bomba primaria que se arrancara en el modo automático, asimismo cuenta con modo Manual y Automático que se detallaran a continuación.



Figura 115. Status de Modo de operación
Fuente: Elaboración Propia

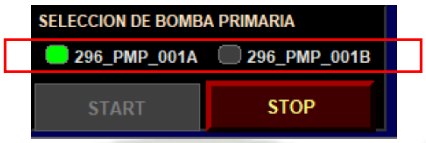


Figura 116. Selector Virtual de Bomba Primaria
Fuente: Elaboración Propia

Para el modo Automático, se debe verificar los Permisivos/Interlocks necesarios para el arranque de las bombas de agua 296-PMP-001A/B, haciendo clic sobre el botón ubicado en la parte inferior derecha de la pantalla de proceso.

En el siguiente cuadro nos muestra los parámetros permisibles seteados para el arranque del sistema de agua en modo automático, asimismo se ve las variables de proceso de cada permisivo.



Figura 117. Acceso a ventana Faceplate de "Permisivos/Interlocks"
Fuente: Elaboración propia

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

6.4. PANTALLA DE PROCESO – UNIDAD SILO DE CAL

Esta pantalla muestra el estado del proceso de la Unidad Silo de Cal, la cual tiene la función de inyectar CAL hidratada hacia el Reactor Scrubber mediante alimentadores volumétricos.

Desde esta pantalla los operadores e ingenieros a cargo de la planta podrán tener el control del arranque/parada de sopladores, válvula rotatoria y alimentadores volumétricos. Esta pantalla además muestra un mayor detalle del proceso de llenado de las tolvas desde silo de cal en automático.

Esta Unidad cuenta con lo siguiente:

- **Control de nivel de SO2.** El cual se realiza por el transmisor analizador de gases en conjunto con los alimentadores volumétricos que inyectaran CAL a una determinada velocidad. Este lazo se controla de manera manual a una velocidad fija de 15 Hz. El objetivo es controlar que el nivel de SO2 no supere el límite máximo permisible (LMP) de emisión de gases (SO2).

Instrumentos para el monitoreo y control:

- PIT_296163 – Presión de gases del soplador de aire 296-BLO=106
- LIT_296156 - Nivel de CAL hidratada en Silo de Cal
- WIT_296171 – Nivel de Peso de la tolva BIN-210
- WIT_296172 – Nivel de Peso de la tolva BIN-220
- AIT_296170– Nivel de concentrado en chimenea
- LIT_296251 – Nivel de CAL hidratada en Silo de Residuo
- LSH_296166 – Interruptor de nivel en tolva BIN-210
- LSH_296168 – Interruptor de nivel en tolva BIN-220

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

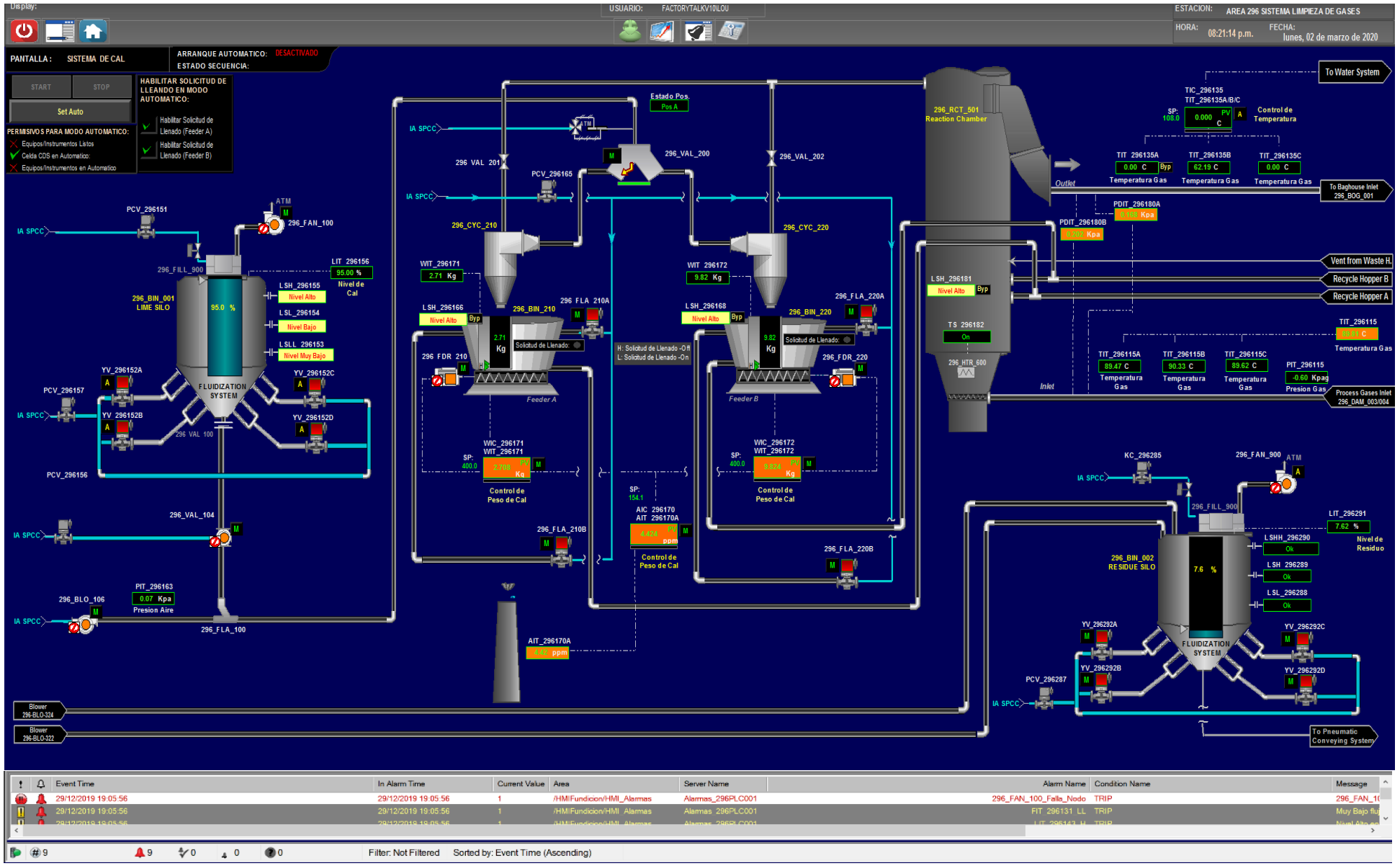


Figura 118. Pantalla de Proceso – Unidad Silo de Cal
Fuente: Elaboración propia

6.5. PANTALLA DE PROCESO - UNIDAD DE BAGHOUSE

Esta pantalla permite la visualización del estado actual en el que está funcionando el proceso de la Unidad Baghouse con mayor detalle para el monitoreo y control del sistema de control.

Desde esta pantalla el operador e ingeniero a cargo de la planta podrá en modo manual controlar los dampers de aislamiento de entrada/salida de cada uno de los módulos del Baghouse, y en modo automático será posible la activación de las válvulas de aire comprimido según la presión diferencial medido por el instrumento de campo, en el caso de que algún damper no haya podido apertura/cerrar de manera correcta, aparecerá un símbolo de enclavamiento para alertar al mantenedor de realizar una inspección en el actuador.

El transmisor de presión diferencial del Baghouse nos dará una indicación que pronto iniciará o se detendrá el sistema de limpieza automático de los módulos 1, 2,3 y 4.

Esta Unidad cuenta con lo siguiente:

- ✓ **Control de presión diferencial On-Off (PDIT-296200**), el cual es empleado para controlar la presión a través de los filtros de Baghouse, ya que a medida que opera el BAGHOUSE (cámara de filtros), el polvo recolectado empieza a formar una capa de polvo que incrementa la resistencia al flujo, es por ello que es necesario mantener un espesor apropiado.
- ✓ **Sistema de aire comprimido** empleado para el sistema de limpieza, consiste en energizar las válvulas solenoides de impulsos de aire de una en una.

  El sistema iniciará cuando la presión diferencial en el Baghouse alcance o sobrepase 1.74 kPa, y se detendrá hasta llegar a 1.24 kPa.

  El valor de Presión alta de limpieza establecido es de 1.74 kPa, el cual puede ser modificado desde pantalla SCADA desde la siguiente ventana:



Figura 119. Seteo de presión alta y baja de limpieza
Fuente: Elaboración propia

- ✓ **Vibradores neumáticos** que se encuentran instalados en las paredes de la tolva para proporcionar una ayuda adicional a efectos de facilitar el flujo de polvo entre la tolva y la tolva de reciclaje.

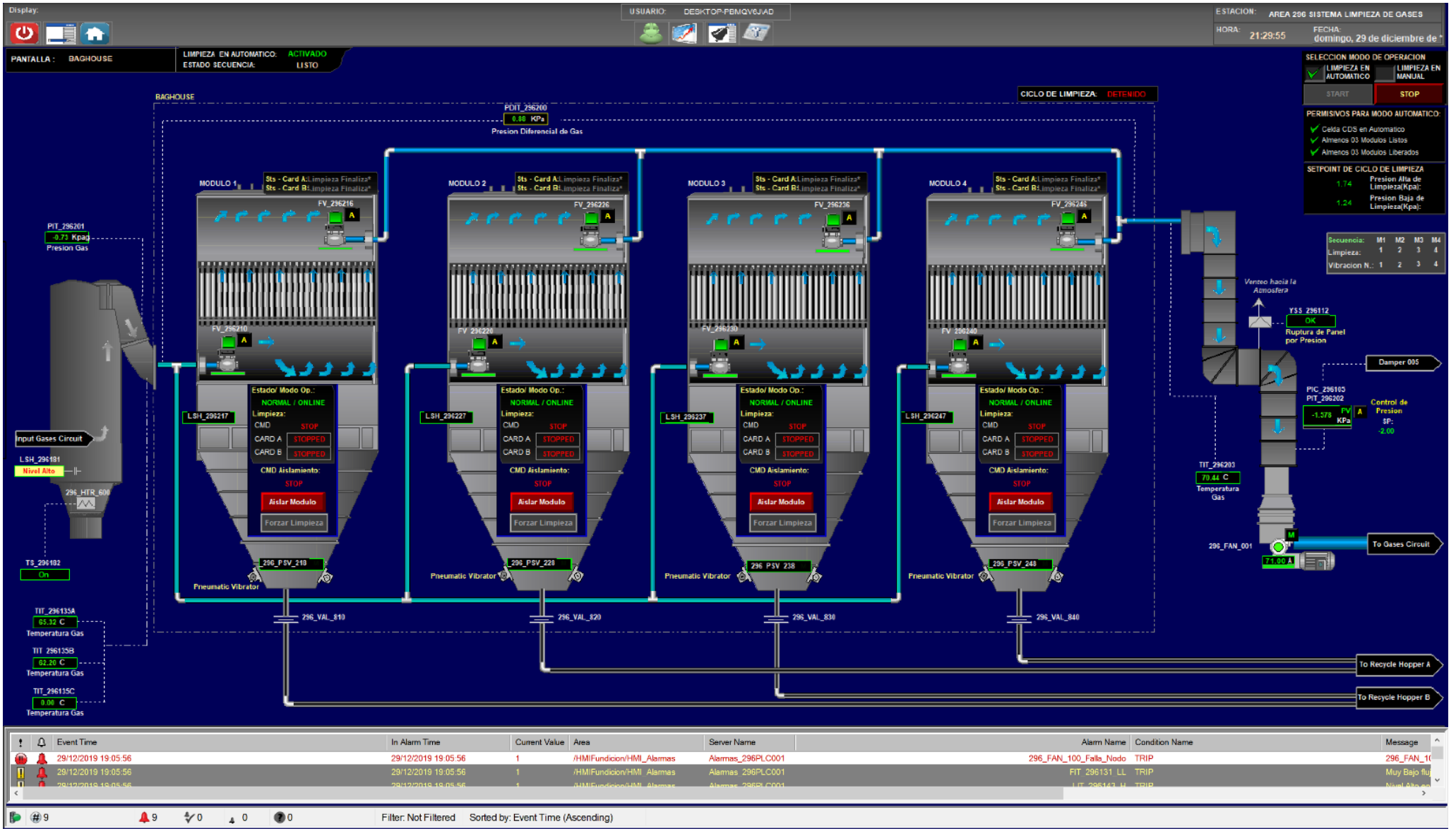


Figura 120. Pantalla Proceso – Sistema de Baghouse en SCADA – PC Cliente 296-OWS-001
Fuente: Elaboración Propia

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Esta pantalla cuenta con una ventana localizado en el borde inferior denominado como "Selección Modo de Operación":



Figura 121. Modo de Operación de Limpieza Baghouse
Fuente: Elaboración propia

A continuación, los modos que puede operar en la secuencia son:

- **Modo Manual:** Cuando se tenga seleccionado "Limpieza en modo Manual", el indicador "Arranque Automático" se tendrá como estado "Activado", luego se habilitará la botonera "START" listo para ser pulsado desde SCADA. Al dar clic en "START", el sistema de limpieza de aire comprimido será forzado a iniciar, independientemente de la medición de la presión diferencial del Baghouse.



Figura 122. Celda seteada en modo Manual.
Fuente: Elaboración Propia

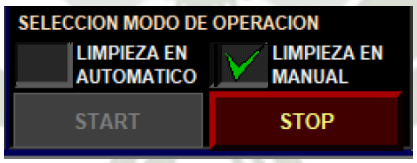


Figura 123. Limpieza seteada en modo Manual.
Fuente: Elaboración Propia

Solo cuando el ventilador de Tiro 296-FAN-001 se encuentre detenido, los dampers de aislamiento y card timers podrán ser accionado individualmente, para ello se deberá setear la Celda CDS en manual y limpieza en modo Manual, esto a fin de mantener un adecuado funcionamiento mientras fluyen los gases por la celda CDS.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

➢ **Modo Automático**: Cuando se tenga seleccionado "Limpieza en Automático", el indicador "Arranque Automático" se tendrá como estado "Activado", luego se habilitará la botonera "START" listo para ser pulsado desde SCADA. Al dar clic en "START", el sistema de limpieza de aire comprimido se activará cuando la presión diferencial del Baghouse alcance un nivel alto.

Previamente antes de iniciar el automático, la celda CDS debe estar seteado en automático, el cual debe ser seteado desde la pantalla "Overview".



Figura 124. Limpieza seteada en modo Auto
Fuente: Elaboración Propia



Figura 125. Celda seteada en modo automático
Fuente: Elaboración Propia

6.6. PANTALLA DE PROCESO – UNIDAD DE RECICLAJE Y RESIDUOS

Desde esta pantalla los operadores e ingenieros a cargo de la planta tendrán acceso a la información del proceso de reciclaje y residuo a la vez, donde además se tendrán el estado de los equipos y medición de los instrumentos de campo referente a las tolvas, válvulas rotatorias y transportador tornillo, donde este último permitirá el flujo del Scrubber hacia el silo de residuos mediante el arranque/parada desde el SCADA en manual o automático.

Unidad de Reciclaje:

En esta parte de la pantalla se visualiza el estado operativo del proceso de reciclaje. La función principal del sistema de reciclaje es incrementar la utilización del reactivo mediante el reciclaje del material colectado en el Baghouse, el cual retorna hacia el Sistema Scrubber.

Los equipos principales de esta unidad son:

✓ Sopladores de aire : 296-BLO-300/310
✓ Válvulas dosificadoras : PV-296272/252

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Unidad de Residuos:

En esta parte de la pantalla permite visualizar el estado en el que está funcionando el proceso de Residuo. El sistema de residuo está diseñado para remover el material usado y polvo colectado desde el sistema Scrubber. Cuando es puesto en auto, el sistema está diseñado para remover el polvo desde las dos tolvas recicladoras (BIN-300/310) basado en el nivel de cada tolva o la presión del soplador de deslizamiento (PIT-255/275). Esta unidad cuenta con los siguientes equipos:

- ✓ Válvula Rotatoria : 296-VAL-302/313/303/314/602
- ✓ Soplador de aire: : 296-BLO-322/324
- ✓ Transportador tornillo : 296-SCR-600

El método primario para controlar el nivel en estas tolvas es midiendo la presión de los sopladores de desplazamiento BLO-300/BLO-310 con los transmisores de presión PIT-255/PIT-275, respecto al control de nivel en las tolvas de reciclaje corresponde al sistema de control de Residuos. Para ello la selección se debe encontrar con el check “PIT”, tal como se muestra en la siguiente imagen:

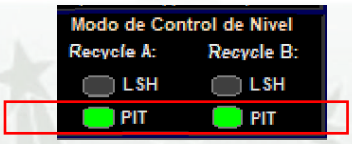


Figura 126. Selector de modo de operación por Presión
Fuente: Elaboración propia

El segundo método consiste en censar el nivel alto de las tolvas 296-BIN-300/310 con los interruptores de nivel LSH-296273 y LSH-296253

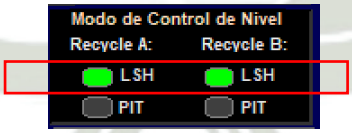


Figura 127. Selector de modo de operación por interruptor de nivel
Fuente: Elaboración propia

La siguiente imagen muestra la pantalla del Sistema de Reciclaje y Residuos en una pantalla unificada para el monitoreo de los equipos e instrumentos de campo.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

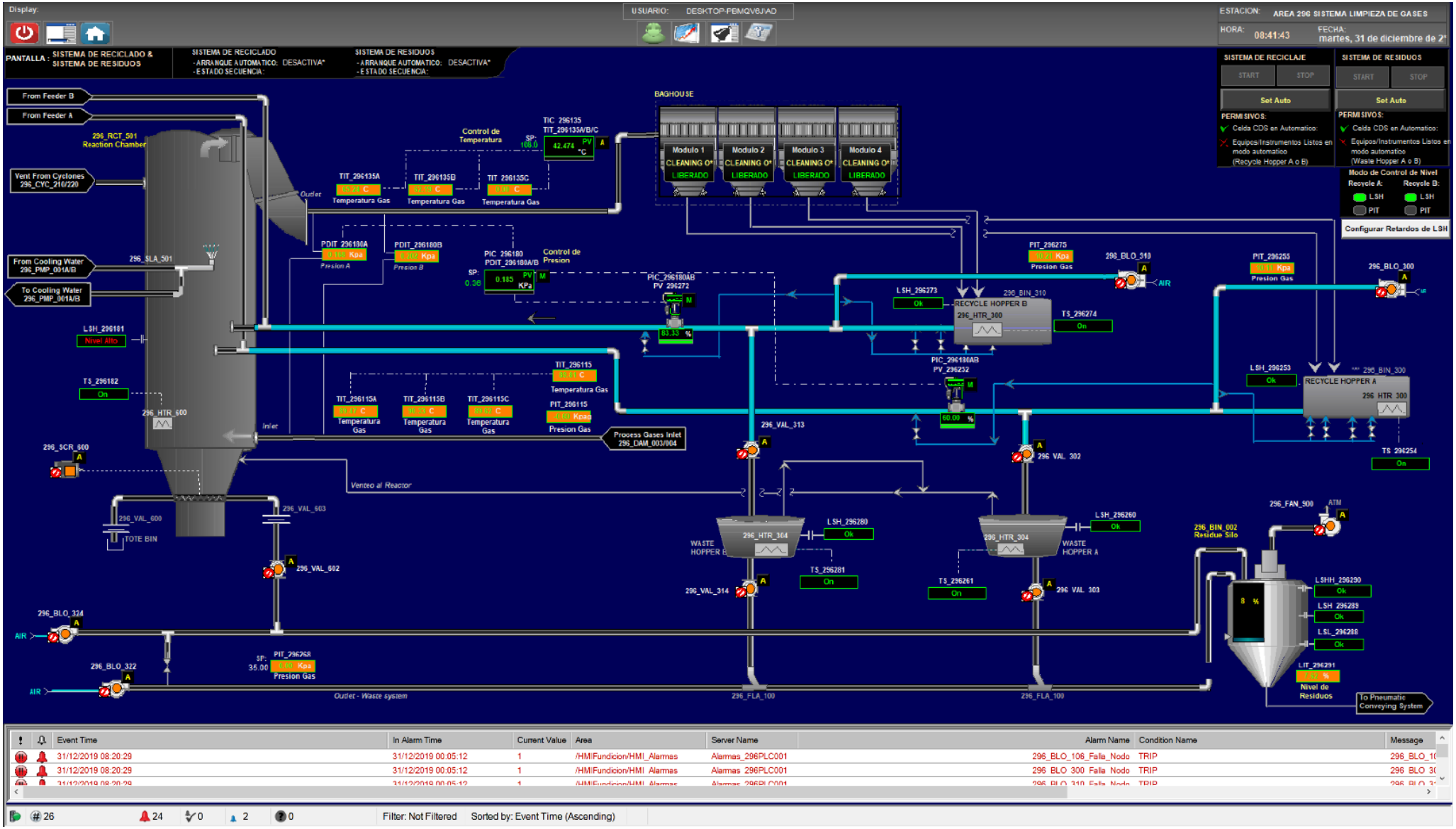


Figura 128. Pantalla Proceso SCADA - Sistema Reciclaje y Residuo

Fuente: Elaboración Propia

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

6.7. PANTALLA DE PROCESO - UNIDAD CIRCUITO DE GASES

Esta pantalla permite la visualización sobre lo relacionado al transporte del gas desde los dámperes 296-DAM-001 y 296-DAM-002 hasta la chimenea existente, mostrando solo como indicación el estado de la celda CDS.

Desde esta pantalla los operadores e ingenieros a cargo de la planta podrán controlar los Dampers y el ventilador de tiro, todos estos equipos como en las anteriores pantallas cambiarán de color según el estado de funcionamiento.

Esta Unidad está comprendido con todo lo relacionado al transporte de gas mediante el sistema de limpieza, que son los siguientes:

- Dampers modulantes:296-DAM-001, 296-DAM-002, 296-DAM-010, 296-DAM-005, 296-DAM-006
- Dampers on-off: 296-DAM-004, 296-DAM-003, 296-DAM-007, 296-DAM-008, 296-DAM-009.
- Estado del Ventilador de tiro 296-FAN-001
- Estado de señales de concentrado ppm y flujo de gases en chimenea 296-STK-001
- Un Lazo de control de presión negativa (PIC-296101), donde la presión es monitoreada por el transmisor de presión PIT-294711 y dicha presión negativa es controlada en conjunto por el Damper 296-DAM-001.
- Un Lazo de control de presión negativa (PIC-296102), donde el valor de la presión se monitorea mediante el transmisor de presión PIT-294751, cuya presión negativa se controla con el Damper 296-DAM-002.
- Un Lazo de control de presión negativa (PIC-296105), donde el valor de la presión se monitorea mediante el transmisor de presión PIT-296202, cuya presión negativa se controla con el Damper 296-DAM-005.
- Un Lazo de control de flujo (FIC-296120), donde el valor de la presión se monitorea mediante el transmisor de flujo FIT-296120, cuyo flujo se controla con el Damper 296-DAM-010.
- Un transmisor de presión PIT-296101 que permite monitorear y controlar la presión negativa en ducto DUC-001 y el equipo transmisor de presión PIT-296102 que permite controlar y monitorear la presión negativa en el ducto DUC-002, en todo el transporte de gas hasta que el gas sea entregado a la atmósfera, para ello se cuenta con transmisores de temperatura y presión.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

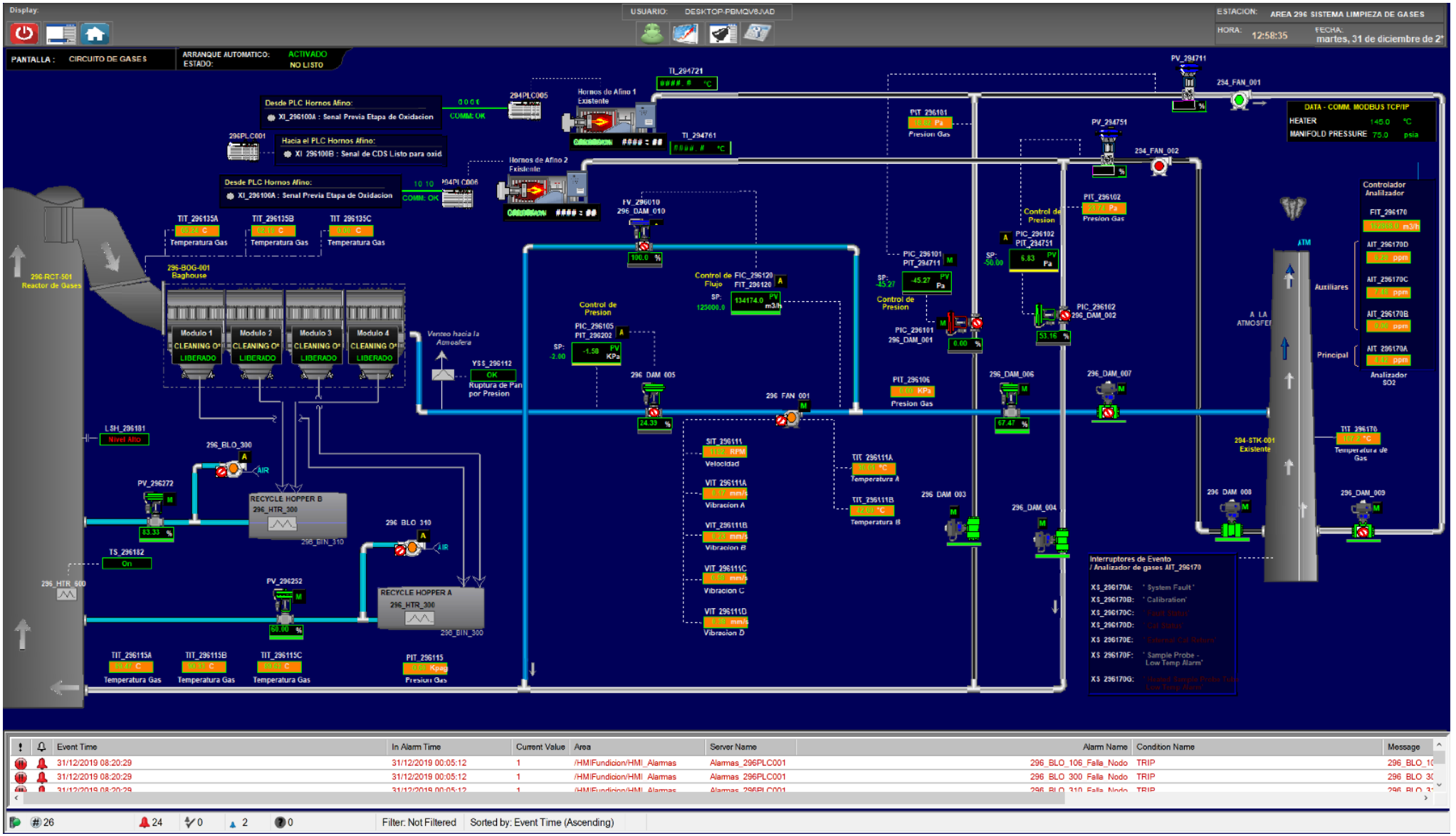


Figura 129. Pantalla de proceso SCADA – Unidad de circuito de gases

Fuente: Elaboración Propia

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

6.8. PANTALLA DE ALARMAS

Esta pantalla permite la visualización de las alarmas activas e historial de alarmas. Las alarmas pueden presentar la información siguiente:

- Fecha y hora de alarma.
- Tag de alarma.
- Mensaje de alarma.

Desde esta pantalla el operador e ingeniero a cargo podrá acceder al historial de alarmas del proceso, la cual será capaz de advertir sobre alguna situación anormal, reduciendo así el tiempo de ejecución de las acciones que se deben tomar según el problema que pueda presentarse, minimizando así las pérdidas humanas o materiales, de ahí la gran importancia de su uso en este proceso.

En esta pantalla también se podrá contar con prioridades alarmas preconfiguradas, cuyo valor numérico asignado se detalla en la siguiente tabla:

Prioridad	Nivel	Descripción
800	Crítico	Acción inmediata del operario para evitar pérdidas o danos al equipo/personas
500	Advertencia	Acción del operario deberá corregir una situación anómala lo más pronto posible.
1	Sugerencia	Acción del operario necesaria para evitar una situación anormal

Figura 130. Prioridad de alarmas preconfiguradas en el SCADA

Fuente: Elaboración propia

.

Para mayor detalle del listado de alarmas configuradas en el SCADA, Ver Anexo.5.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

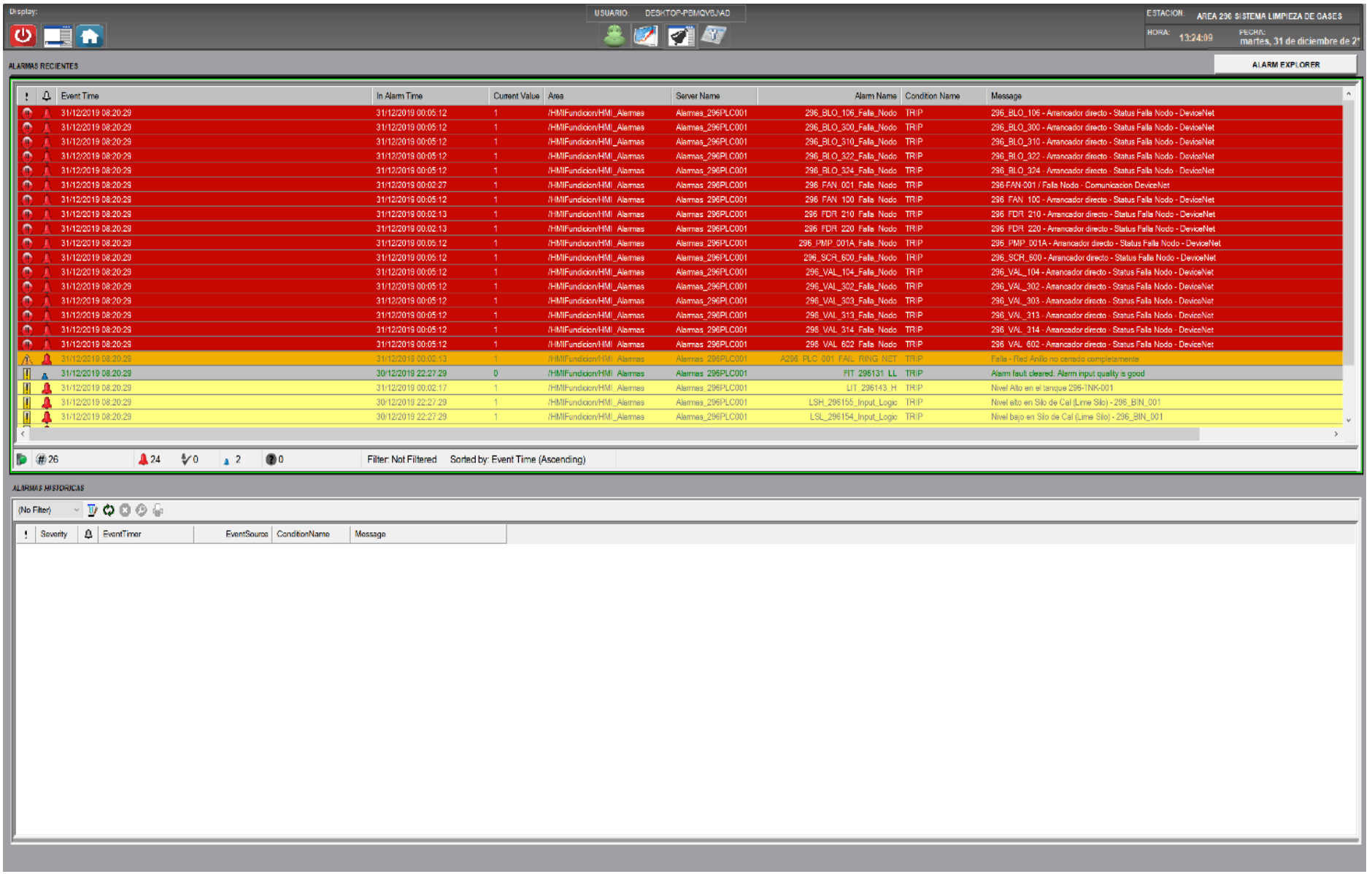


Figura 131. Pantalla de Alarmas en SCADA – PC Cliente 296-OWS-001
Fuente: Elaboración Propia

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

6.9. PANTALLA DE TENDENCIAS

En esta pantalla los operadores e ingenieros a cargo, podrán visualizar el registro de datos de las variables de proceso, logrando así observar el comportamiento históricos de las mediciones de instrumentos de campo mediante tendencias, Sería útil representar la evolución de las variables del proceso.

Para acceder a la pantalla de tendencias, el operador deberá hacer clic en el icono de tendencias localizado en la barra superior de la aplicación SCADA, donde se abrirá la pantalla que se mostrará a continuación.

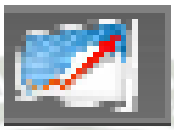


Figura 132. Icono de tendencias
Fuente: Elaboración propia

6.9.1. FUNCIONES

Esta pantalla permitirá mostrar los gráficos de tendencias de las variables almacenadas en Datalogs.

Las funciones básicas de esta pantalla son:

- Permite la actualización permanente o en tiempo real según varié la variable graficada.
- El periodo de tiempo en el que se muestra puede ser varias horas o días (según configuración). Cuenta con la capacidad de visualizar un periodo pasado.
- Cuenta con herramientas auxiliares para modificar tanto el periodo de tiempo (Zoom in y zoom out) como la escala de variables (Máx. y Min.) entre otros.
- Permite visualizar varias variables en un solo gráfico, permitiendo analizar todas las variables en un solo gráfico y con una misma base de tiempo.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

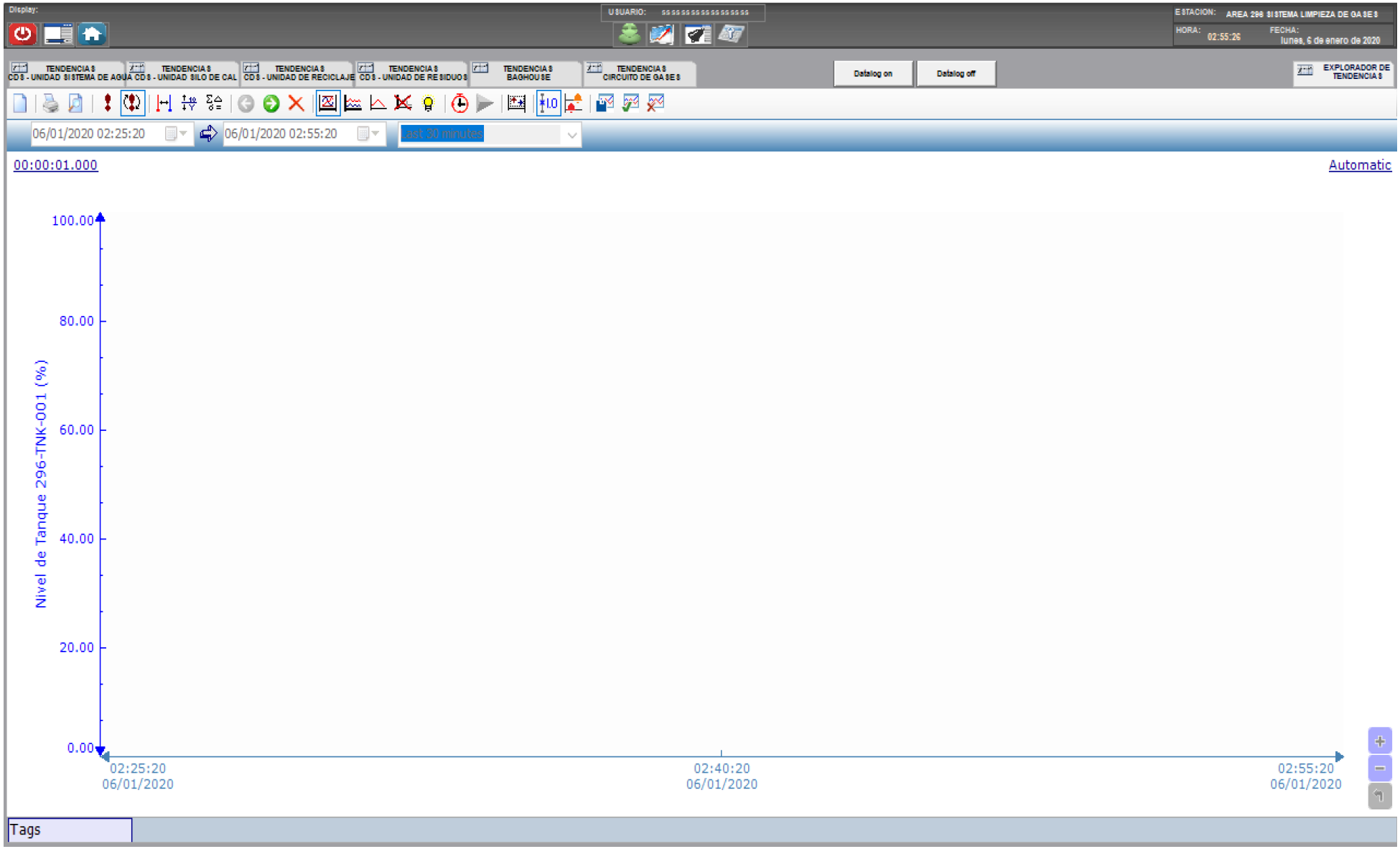


Figura 133. Pantalla de Tendencias de Proceso
Fuente: Elaboración Propia

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

6.10. PANTALLA DE DIAGNÓSTICO

Desde esta pantalla, los operadores e ingenieros a cargo de la planta, tendrá a disposición el diagnóstico de diversas fallas a nivel de sistema de control, por lo que aumentará el grado de confiabilidad y disponibilidad de los equipos para garantizar el correcto funcionamiento del proceso, y de esta forma evitando generar paradas de planta no programadas debido a problemas con antecedente a fallas en la red DeviceNet, falla en la medición de instrumentos de campo y fallas en la redundancia del PLC.

Esta pantalla puede ser accedida haciendo clic en el icono de diagnóstico:



Figura 134. Icono de Diagnóstico
Fuente: Elaboración propia

FUNCIONES

1. **Falla de la Red DeviceNet:**
   - Color Morado: Red DeviceNet (A nivel conexionado) se encuentra sin fallas.
   - Color rojo-amarillo: Red DeviceNet (A nivel conexionado) se encuentra con Fallas, Para mayor detalle de la falla, revisar Código de Falla en Tarjeta DeviceNet del Backplane.

2. **Falla de Nodos de la Red DeviceNet:**
   - Color Rojo: Falla de Comunicación en Nodo.
   - Color Verde: Comunicación DeviceNet en Nodo se encuentra OK.

3. **Falla de canales en instrumentos análogos**
   - Color Rojo: Falla de lazo con instrumento, cuyas posibles causas pueden ser:
   - Lazo se encuentra abierto con el instrumento
   - Instrumento envía señal de corriente fuera de rango (4-20Ma)
   - Color Verde: Lazo de conexionado se encuentra conectado correctamente.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

4. Monitoreo de Status de Redundancia de PLCs

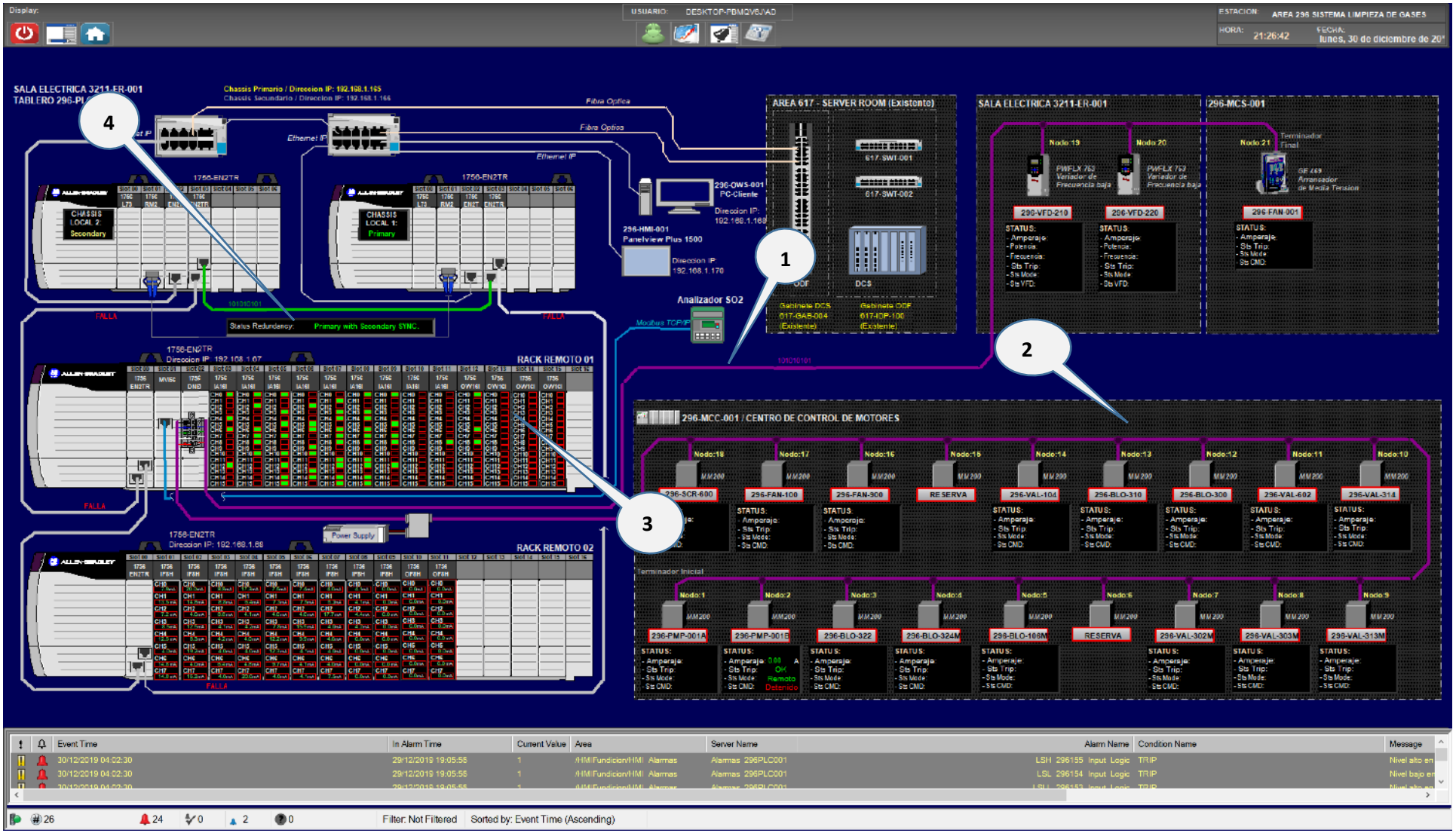


Figura 135. Pantalla de Diagnóstico de Fallas
Fuente: Elaboración Propia.

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Desde esta pantalla, se podrá acceder a una ventana de visualización y configuración de rangos de escalamiento y alarmas, que permitirá facilitar cualquier modificación en el escalamiento u otras opciones que se detallan a continuación.

Dicha ventana se puede acceder haciendo clic desde cada tarjeta análoga.



Figura Tarjeta De entrada Análoga

Figura 136. Ventana de Configuración de escalamiento
Fuente: Elaboración Propia

1. **Falla Activa:** Lazo con instrumento se encuentra desconectado y/o fuera de rango (4-20mA).
2. **Falla Abierta:** Lazo con instrumento se encuentra desconectado.
3. Rango de escalamiento del instrumento.
4. Tags de instrumentos conectados al canal.
5. Valores de alarmas configurados.
6. Número de Slot de la tarjeta.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

6.11. PROCEDIMIENTO DE OPERACIÓN DEL SISTEMA EN GENERAL

En los siguientes apartados, se describen los pasos, condiciones y acciones que el operario debe seguir para arrancar la planta de tratamiento de gases de hornos afinos, el cual debe apoyarse de la lógica de control en auto de cada unidad. Para cada uno de los pasos, una breve descripción sobre la respuesta y acciones.

Considerando que la planta cuenta con 05 unidades (Lime Silo, Water System, Recycle System, Waste System, Baghouse) que corresponden a la Celda CDS, están en la etapa de funcionamiento "Arrancado", y los controladores PID (PIC_296101, PIC_296102, FIC_296120, PIC_296105) se encuentre en modo Manual, el operador puede iniciar el arranque del circuito de gases, para ello se debe arrancar el ventilador de tiro 296-FAN-001.

Una vez que el ventilador de tiro se tenga arrancado, el operador deberá pasar a modo automático cada uno de los Lazos PID conforme se vayan estabilizando, el orden en la cual los lazos PID pasarán a automático dependerá del criterio del operador para lograr la estabilidad del proceso.

No hay un modo de operación de en modo automático en la celda del proceso. Todas las funcionalidades de control se han implementado en cada una de las unidades. A continuación, se muestra una descripción de cómo el operador realiza las acciones. Las primeras cinco unidades se pueden iniciar en cualquier orden, luego se arranca el ventilador de tiro, sin embargo, se puede iniciar en modo manual en cualquier orden. Para fines de proteger al Reactor de Gases es preferible que la Celda CDS se encuentre arrancada antes de que el ventilador de tiro 296-FAN-001 sea arrancado.

6.11.1. SECUENCIA AUTOMÁTICA – ARRANQUE CELDA CDS

El control que a continuación se describe corresponde al control asociado al arranque de la Celda CDS

1. El usuario debe seleccionar la Celda CDS en Automático, para ello se debe hacer clic en el Check de Automático desde la pantalla principal "Overview":



Figura 137. Status de la Celda CDS
Fuente: Elaboración propia

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

2. Luego tiene que ser ajustado los equipos relacionados a cada unidad de proceso, seleccionándolos en modo Automático o presionar sobre la botonera "Set Auto" para setear todos los equipos de la unidad en automático.

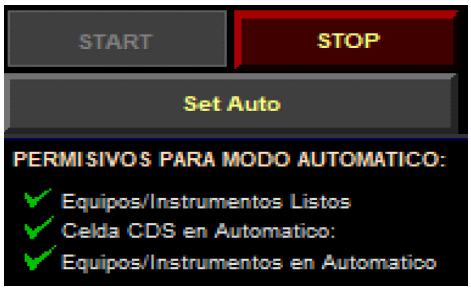


Figura 138. Condiciones en automático
Fuente: Elaboración propia

6.11.2. PARADA DEL SISTEMA

La secuencia que permite la parada (botones de detener secuencia en modo manual) detiene el funcionamiento de cada uno de los equipos de forma segura y secuencial para los equipos y para los operadores.

1. Detener el ventilador de tiro 296-FAN-001 en modo Manual.
2. Presionar sobre la botonera "STOP" para detener la unidad en automático. Este procedimiento se realiza sobre cada unidad de la Celda CDS, luego de estar detenido el ventilador de tiro.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

6.12. DESCARGA DEL SISTEMA SCADA

En esta etapa se deja operativo el sistema SCADA para que el personal de operaciones pueda manejar el control de la planta por parte del personal de operaciones, desde donde se podrá visualizar los status de equipos, alarmas de proceso, diagnósticos de fallas, así como realizar cualquier operación en modo manual de los equipos que se encuentran integrados a la Red DeviceNet, el cual se ha realizado en el punto anterior.

En la siguiente foto se muestra la pantalla del sistema SCADA listo y operativo para el control y monitoreo del proceso.

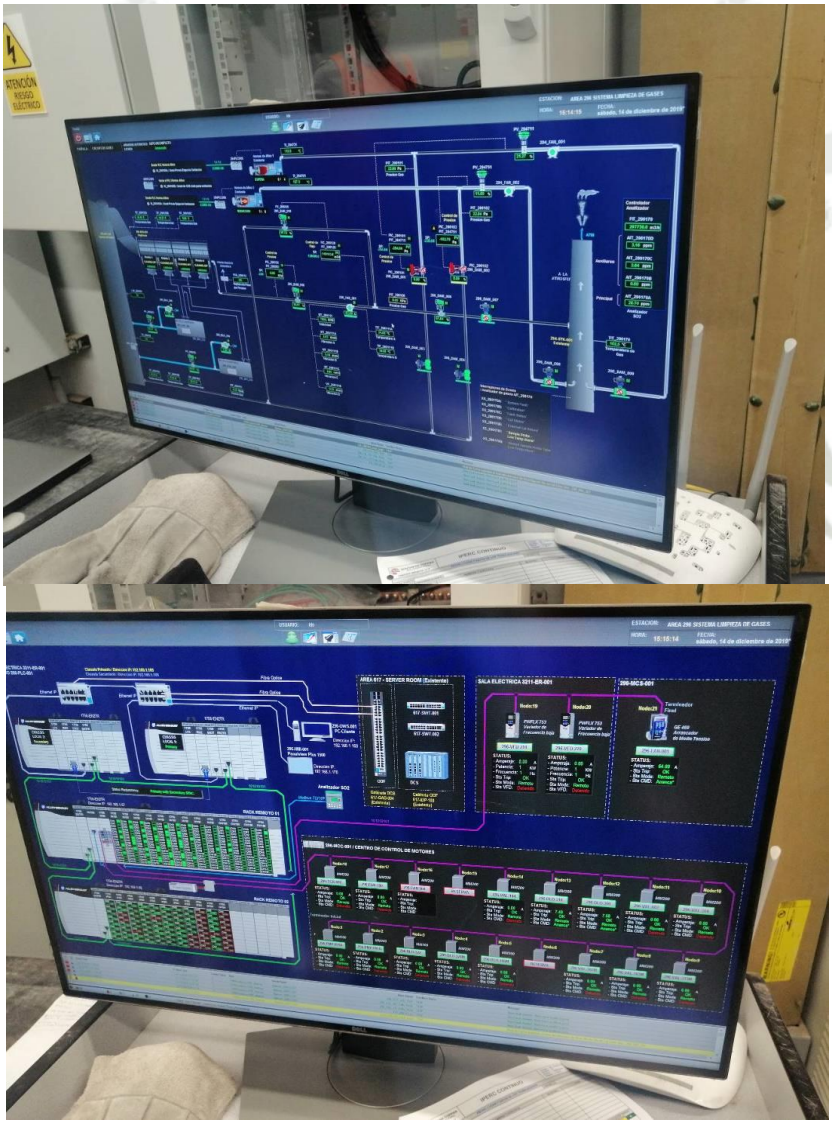


Figura 139. Fotos del sistema SCADA descargado en PC Cliente
Fuente: Elaboración propia

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

CONCLUSIONES

1. Se automatizó el sistema de control satisfactoriamente, el cual mediante el PLC permitió reducir etapas manuales de operación, así como la reducción del tiempo de reacción ante cambios o alteraciones en el proceso mediante la lógica de programación, y la rápida toma de decisiones mediante el sistema de supervisión SCADA monitoreado desde la sala de control.
2. Se suministró el gabinete de control PLC Allen Bradley con el desarrollo de los planos eléctricos, se instaló en la sala eléctrica de la planta de hornos afinos y se integró satisfactoriamente todas las señales de campo y de comunicaciones en el gabinete mediante protocolos SAT.
3. Se desarrolló la lógica de control en el PLC cumpliendo con las características necesarias de la filosofía de control definido para el proceso de la planta industrial, logrando su correcta ejecución en automático, asimismo se validó en conjunto con el desarrollo del sistema de supervisión, las pantallas de procesos, de tendencias y faceplates para que permiten el monitoreo y control remoto manual/automático de las diferentes etapas y equipos del proceso.
4. Se identificaron las variables provenientes de los instrumentos de campo en una tabla que se empleó para su integración en la programación para el control desde el PLC y SCADA.
5. Se determinó el algoritmo para la aplicación en lenguaje Ladder, Grafcet y Diagrama de Bloques Funcionales para el control automático del sistema, asimismo se seleccionó el software FactoryTalk View para el monitoreo remoto de acuerdo a las especificaciones esperadas para el proceso.
6. Se diseño y se validó el correcto funcionamiento del sistema de supervisión SCADA, logrando proporcionar la información más importante sobre la operación de todas etapas del proceso desde la sala de control, a fin de que el operador pueda tomar las decisiones y acciones necesarias para corregir problema de manera más precisa, asimismo minimizando el control manual en sitio y todos los daños que se podría generar si no se tuviese un control a distancia
7. Se implementaron indicadores de instrumentos de campo y de proceso para la obtención de información en tiempo real, e indicadores de alertas de fallas de proceso de operaciones.
8. Durante el periodo laborado se aplicó en los proyectos conceptos de control P & ID, programación orientada a objetos en lenguajes de Ladder, diagrama de bloques y estructurado.
9. Al término de los proyectos de automatización se daba una capacitación al personal de operaciones y de ingeniería para el correcto manejo del sistema de control y monitoreo.
10. Para cada uno de los cierres de los proyectos de automatización se realizaban unos protocolos de pruebas FAT, SAT con el cliente a fin de validar el funcionamiento general de la planta industrial.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

RECOMENDACIONES

1. Implementar cursos de capacitación al personal de operaciones, enfocándose al correcto manejo de los equipos en modo Local conforme sufran cambios en la operación de arranques/paradas de planta, estableciendo así medidas de emergencia y sus respectivas soluciones.
3. Desarrollar un plan de contingencias de acuerdo a las posibles eventualidades que no pudiesen estar contempladas en el manual de procedimiento de operación SCADA, de tal forma que el usuario pueda tomar la mejor decisión dentro de los requerimientos definidos por la unidad minera.
4. Implementar planes de mantenimiento periódicos para cada tipo de proceso (Mecánico, instrumentación y eléctricos), para así poder llevar un historial durante el día, semana y año.
5. El personal experto debe contar con todas las licencias necesarias para el uso de software, hardware y redes de comunicación (DeviceNet), así como instaladores y manuales de los respectivos equipos, sensores y actuadores empleados en el presente proyecto.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] Comquima (2020). ¿Qué es un Scrubber? Disponible en: https://comquima.com/que-es-un-scrubber

[2] Nirosa (2021). Diagrama de Flujo de Proceso (PFD) y P & ID. Disponible en: https://nirosa.es/servicio/diagramas-de-flujo-de-proceso-pfd/)

[3] Luditchart (2021). Diagramas de Tuberías e instrumentación. Disponible en: https://www.lucidchart.com/pages/es/que-son-los-diagramas-de-tuberias-e-instrumentacion)

[4] Pirobloc (2017). ¿Qué es un P & ID? Disponible en: https://www.pirobloc.com/blog-es/que-es-un-piping-and-instrumentation-diagram/).

[5] Smar.com (2020). DeviceNet. Disponible en: http://www.smar.com/devicenet.asp

[6] Siemon.com (2020). Ethernet/IP. Disponible en: https://www.siemon.com/la/white_papers/03-10-13-ethernet-ip.asp

[7] Aquilino Rodríguez Penin.3ra Edición. Alfaomega Sistemas SCADA. Disponible en: http://masserv.utcluj.ro/~florind/cursuri/Manuale/SCADA/Sistemas%20SCADA%203ed%20-%20Rodriguez%202013.pdf

[8] Wikipedia.com. Controlador Lógico programable. Disponible en: https://es.wikipedia.org/wiki/Controlador_l%C3%B3gico_programable

[9] Katsuhiko Ogata (2010). Ingeniería de control moderna. Recuperado de: https://www.ucursos.cl/usuario/78303fe04da8e4eb340eaee09f1840b2/mi_blog/r/Ingenieria_de_Control_Moderna_Ogata_5a_ed.pdf

[10] Pircuino.com (2013). Método de Ziegler-Nichols Disponible en: https://www.picuino.com/es/arduprog/control-ziegler-nichols.html

[11] Pircuino.com (2013). Controlador PID. Disponible en: https://www.picuino.com/es/arduprog/control-pid.html

[12] J.m.Rivas Academia (26/06/2013). Tema 65. Sistemas de control: elementos componentes, variables, función de transferencia y diagrama funcional. Recuperado de: https://www.jmrivas.es/documents/oposiciones/tecnologia.pdf

[13] Núñez Enrique (2007). Capítulo 1. Acciones de Control. Bibliotecas UDLAP. Recuperado de: http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lep/nunez_e_f/capitulo1.pdf

[14] Ing. Marlleis Gutierrez, Ing. Sadi Iturrald (2017). Fundamentos Básicos de Instrumentación y Control. Universidad Estatal Península de Santa Elena. Recuperado de: http://www.fnmt.es/documents/10179/10666378/Fundamentos+b%C3%A1sico+de+instrumentaci%C3%B3n+y+control.pdf/df746edc-8bd8-2191-2218-4acf36957671´

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

[15] Emilio García Moreno (1999). Automatización de Procesos Industriales. Recuperado de: https://gdocu.upv.es/alfresco/service/api/node/content/workspace/SpacesStore/ba85b785-46cb-49e6-a006-a8626d4177e1/TOC_4116_01_01.pdf?guest=true

[16] Wikipedia.com (24/12/2019). Baghouse. Disponible en: https://en.wikipedia.org/wiki/Baghouse

[17] Verlek.com (2017). Lavador de gases tipo Venturi. Disponible en: https://verlek.com/2017/12/01/sistemas-control-emisiones/

[18] Calcinor (2015). La cal en el tratamiento de gases. Obtenido de Calcinor: https://www.calcinor.com/es/actualidad/2017-08-07/cal-tratamiento-gases/

[19] Papers: Allen-Bradley (07/2014). DeviceNet Media (Publicación). Recuperado de: https://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/um/dnet-um072_-en-p.pdf

[20] Papers: Daniel Eduardo Ariza. Fundamentos de Sensores Eléctricos (Publicación). Recuperado de: https://www.studocu.com/co/document/universidad-francisco-de-paula-santander/fundamentos-de-sensores-electricos/practica/laboratorio-n02-un-sensor-es-un-dispositivo-para-detectar-y-senalar-una-condicion-de-cambio/5467666/view

[21] Grelyse Valdez (2017). Controladores Automáticos. Recuperado de: https://es.slideshare.net/saraValdez7/controladores-automaticos-72575616

[22] Papers: Rockwell Automation. Redundancia ControlLogix. Recuperado de: https://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/pp/1756-pp017_-es-p.pdf

[23] InTech México Automation, Samuel Moya (2018). Recuperado de: https://www.isamex.org/intechmx/index.php/2018/12/24/conceptos-basicos-sistemas-de-control/

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

ANEXO 1. PLANOS P & ID

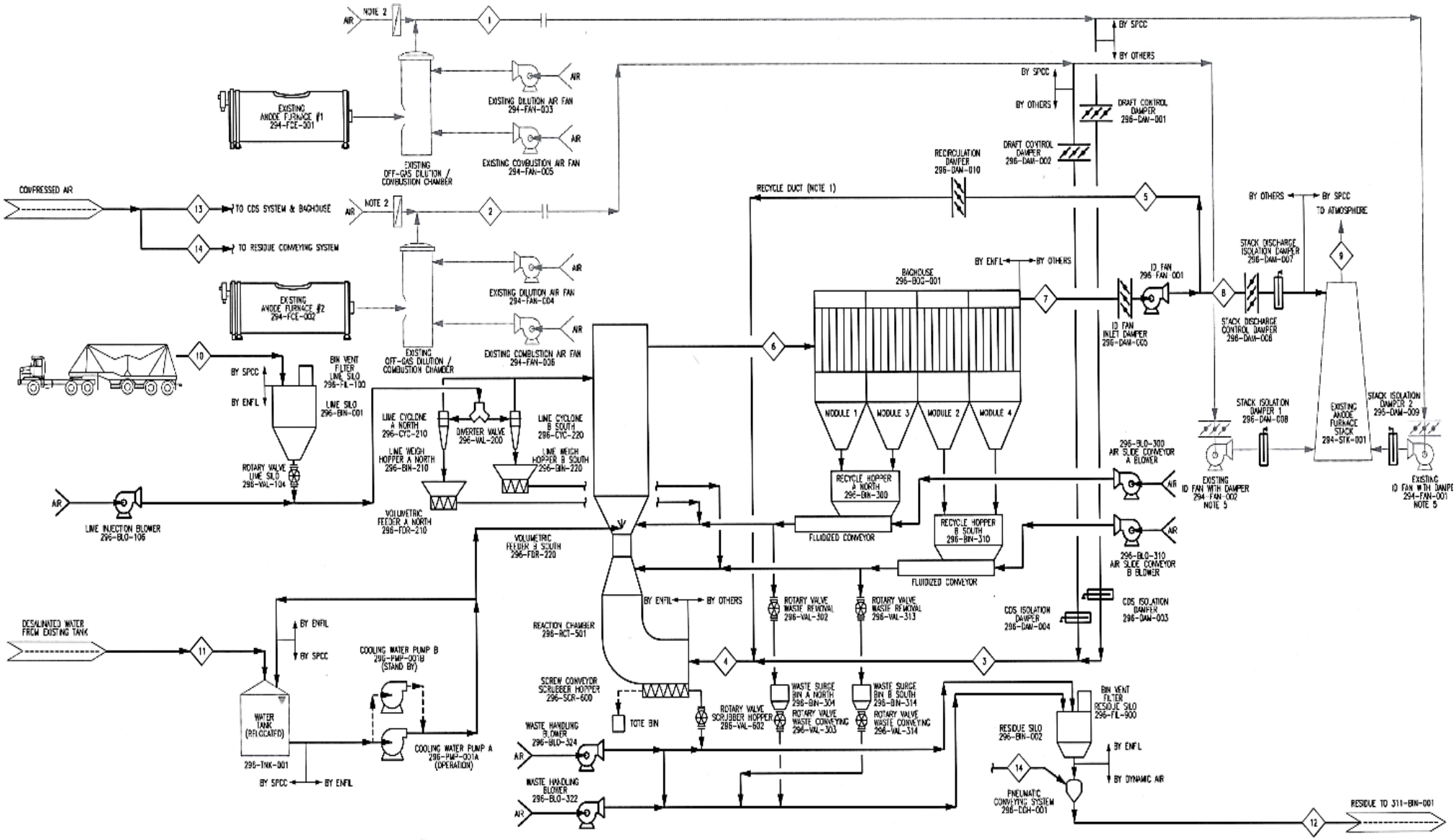


Figura 140. Plano diagrama de flujo del proceso.

Fuente: Hatch (2016)

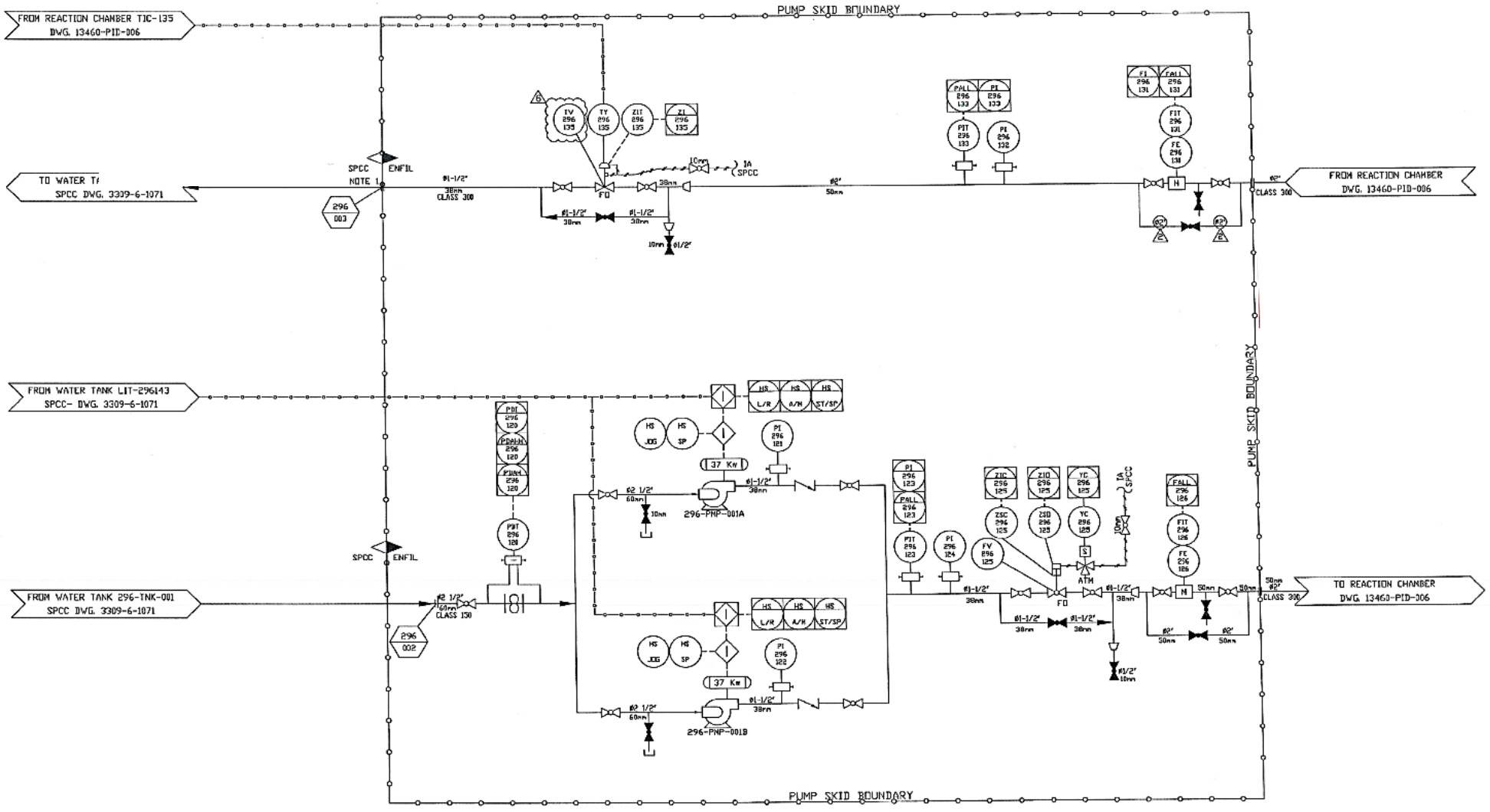


Figura 141. Plano P & ID – Unidad de Agua de Enfriamiento.

Fuente: Enfil (2014)

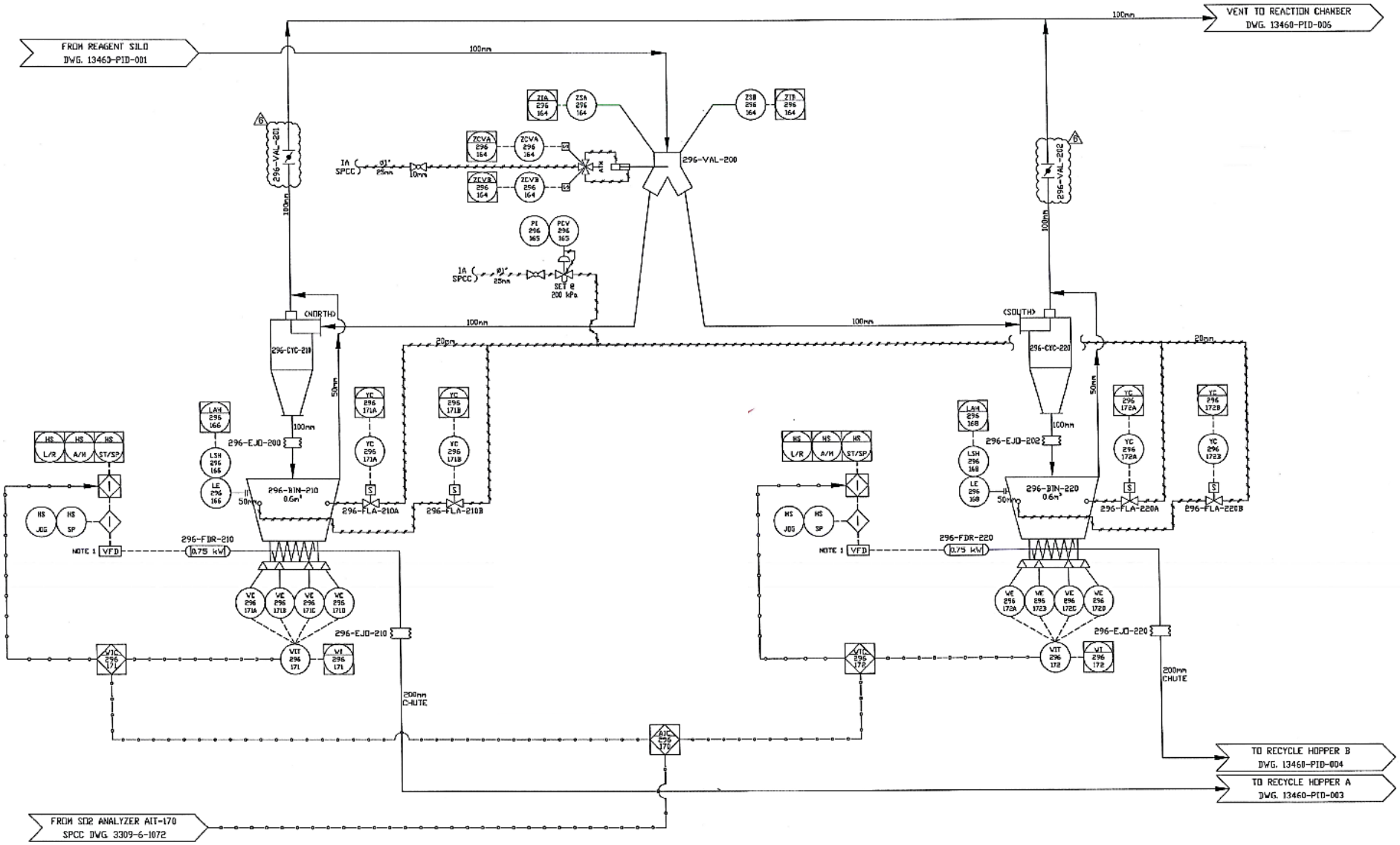


Figura 142. Plano P & ID - Unidad de Cal

Fuente: Enfil (2014)

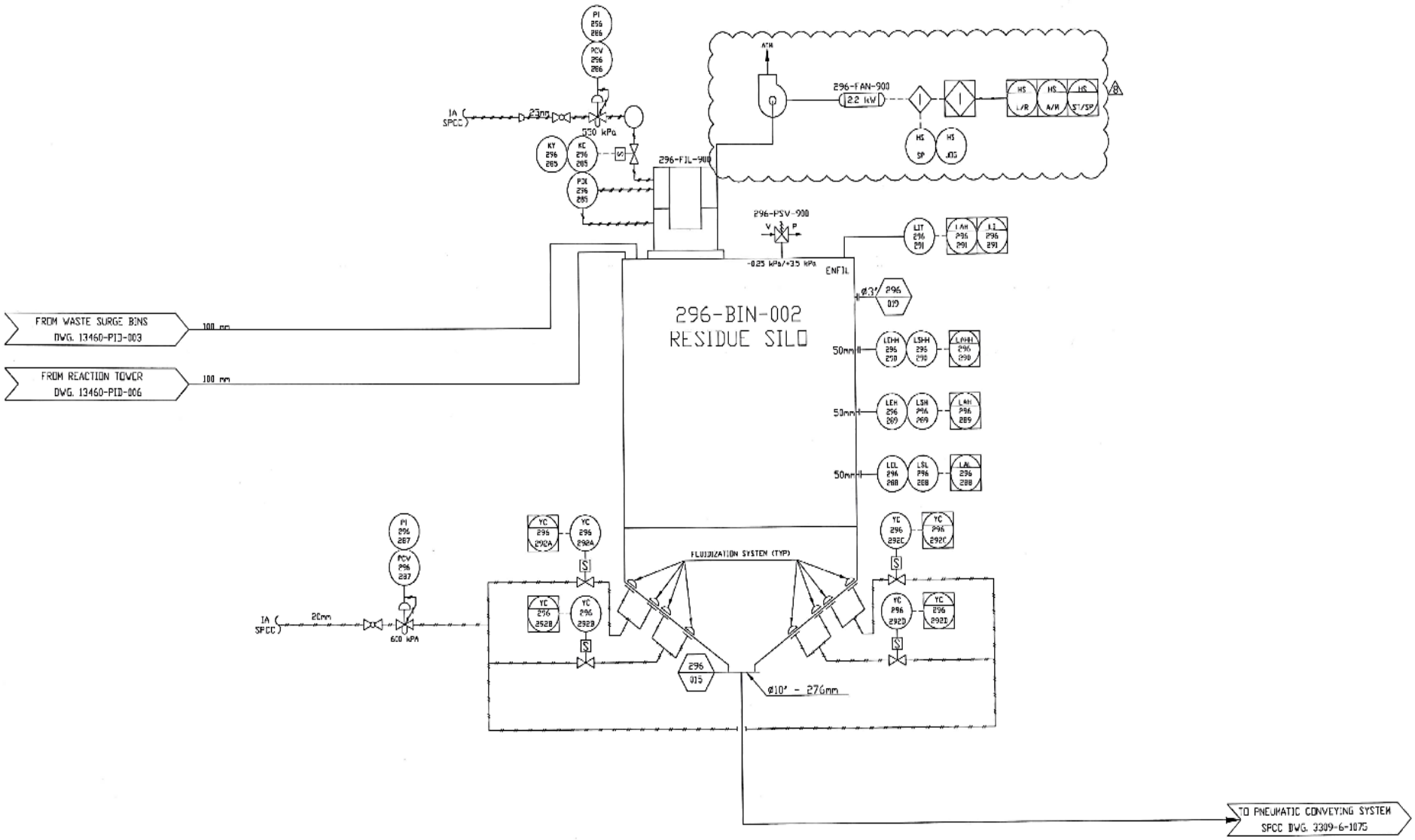


Figura 143. Plano P & ID - Unidad de Residuo

Fuente: Enfil (2014)

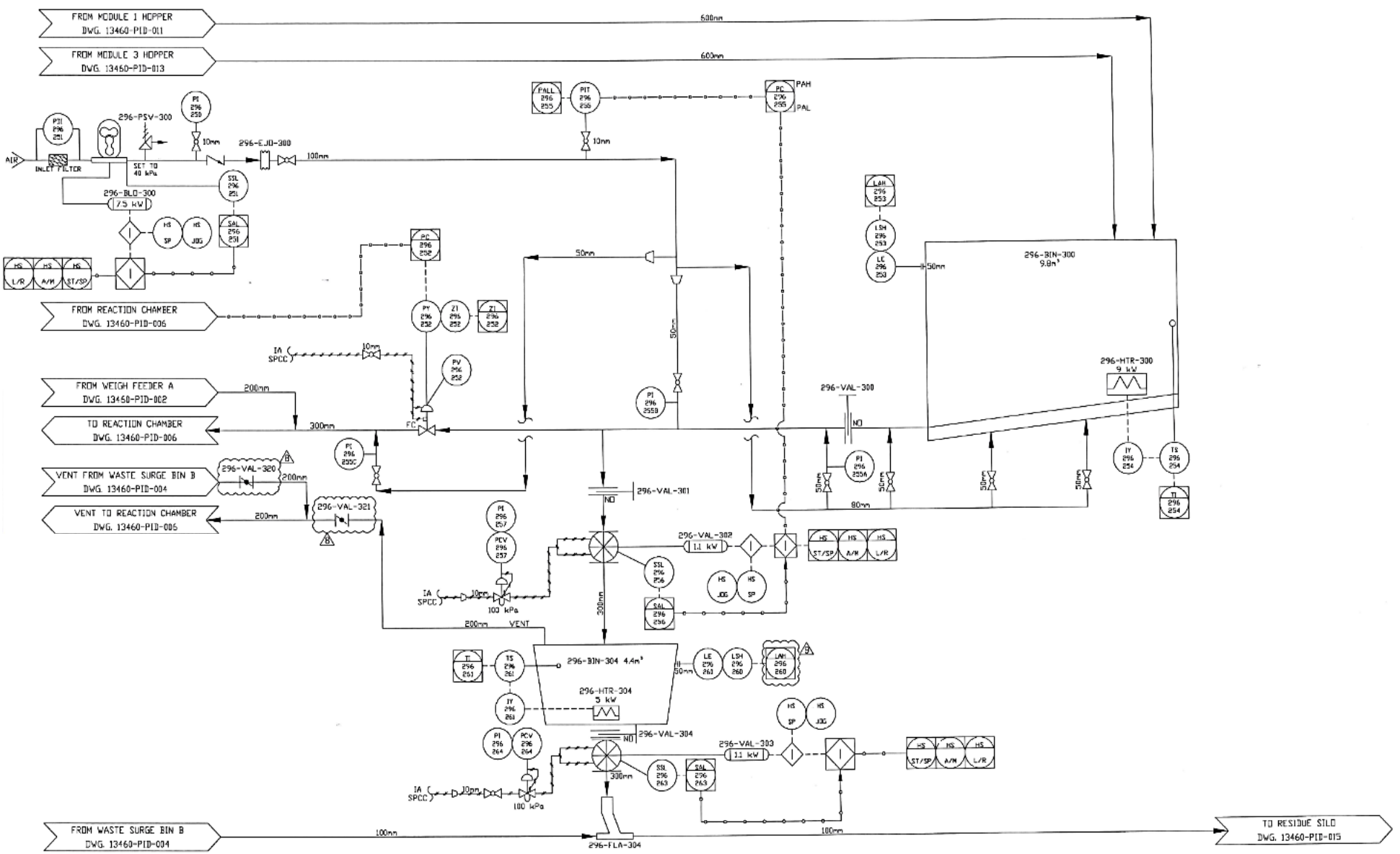


Figura 144. Plano P & ID Unidad de Reciclaje A

Fuente: Enfil (2014)

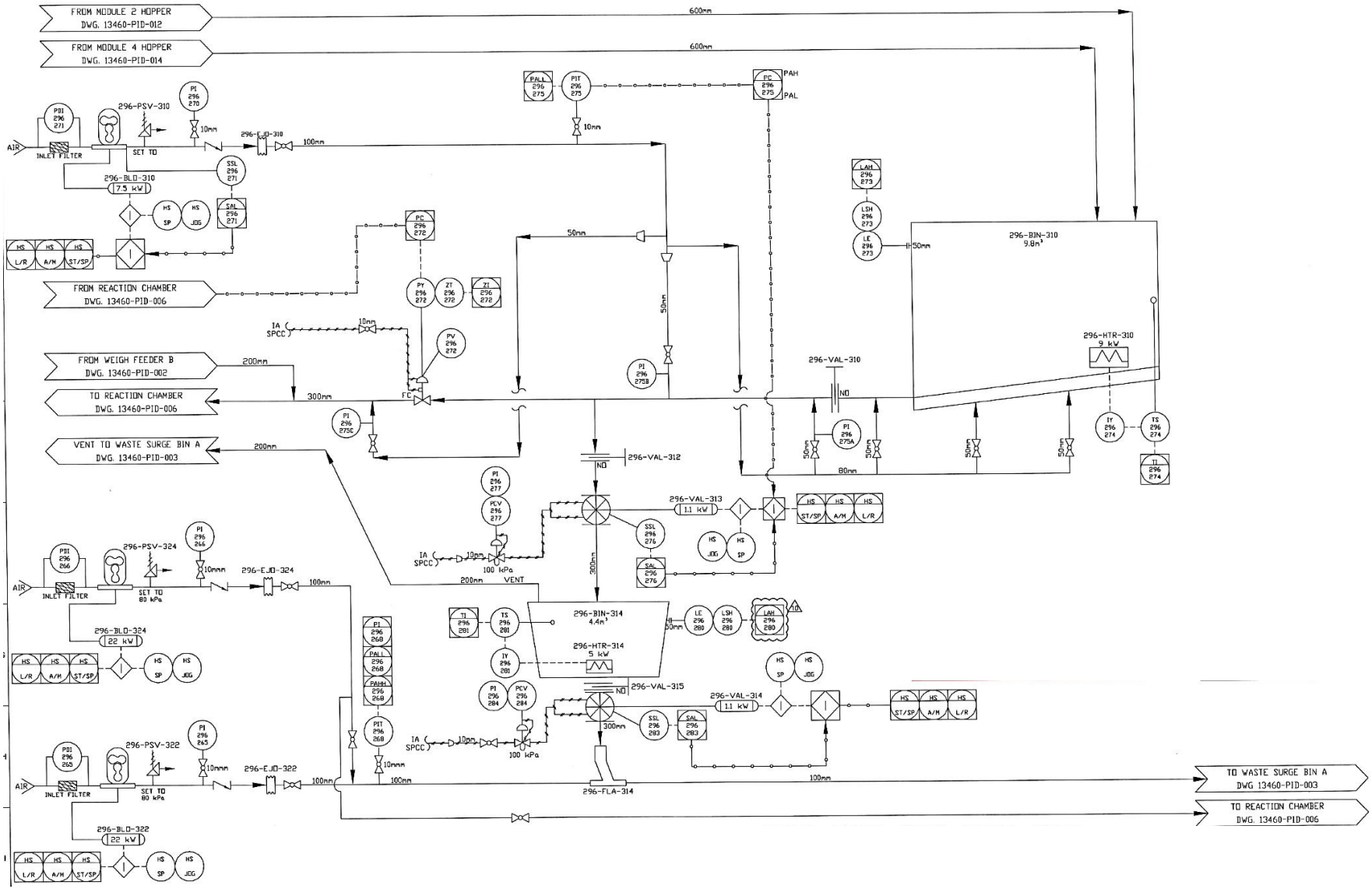


Figura 145. Diagrama P & ID Unidad de Reciclaje B

Fuente: Enfil (2014)

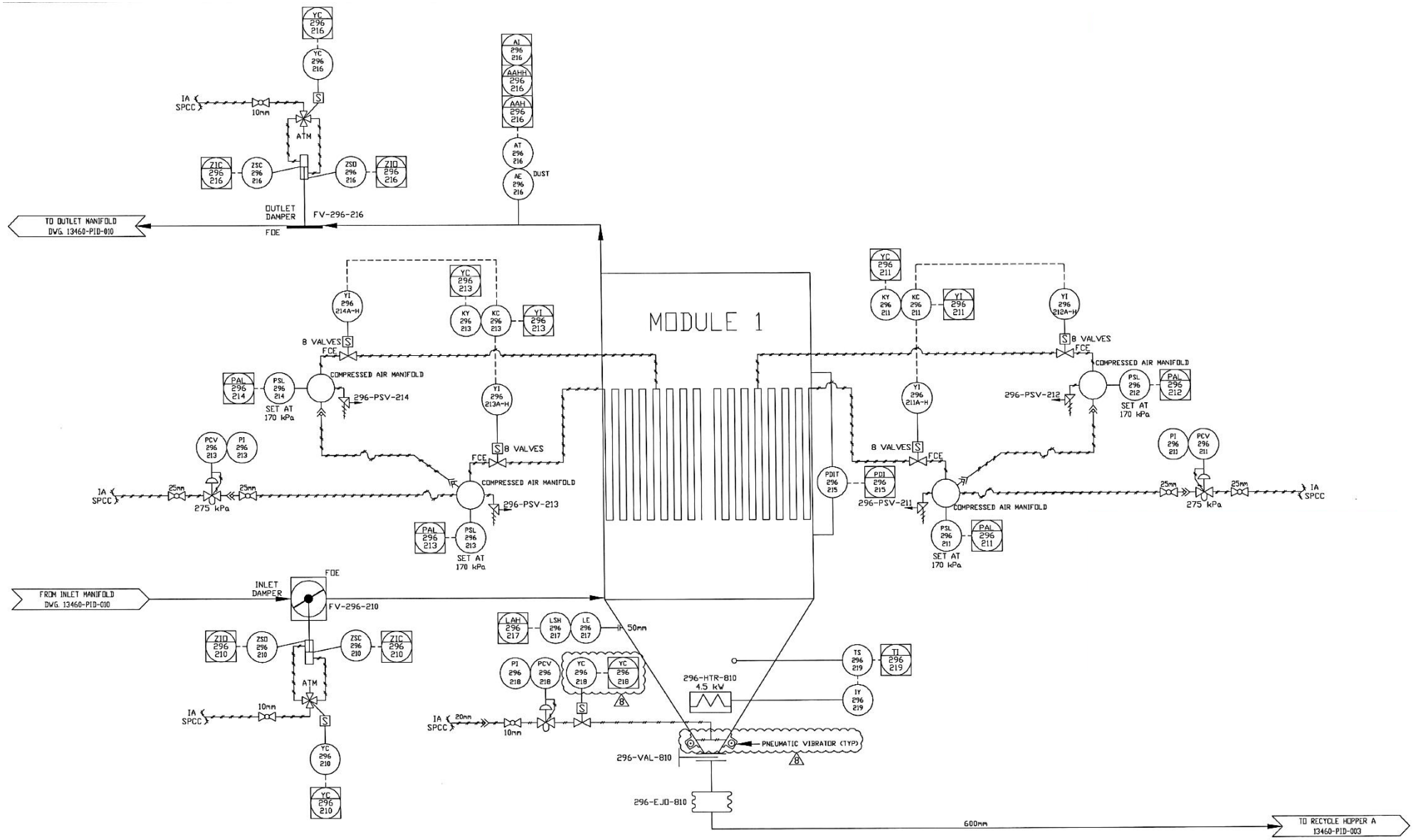


Figura 146. Plano P & ID – Módulo 1 - Baghouse

Fuente: Enfil (2014)

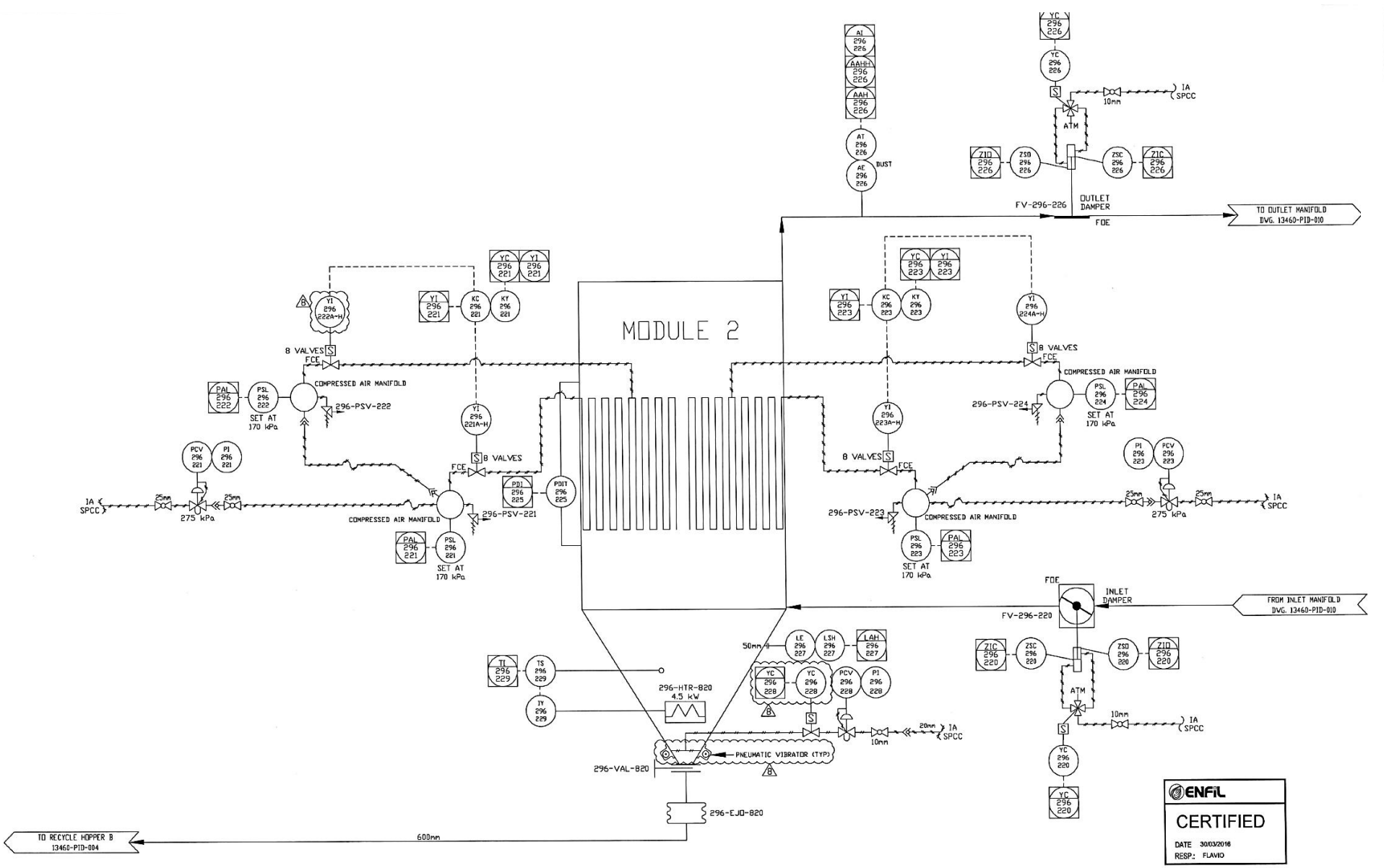


Figura 147. Plano P & ID – Módulo 2 - Baghouse
Fuente: Enfil (2014)

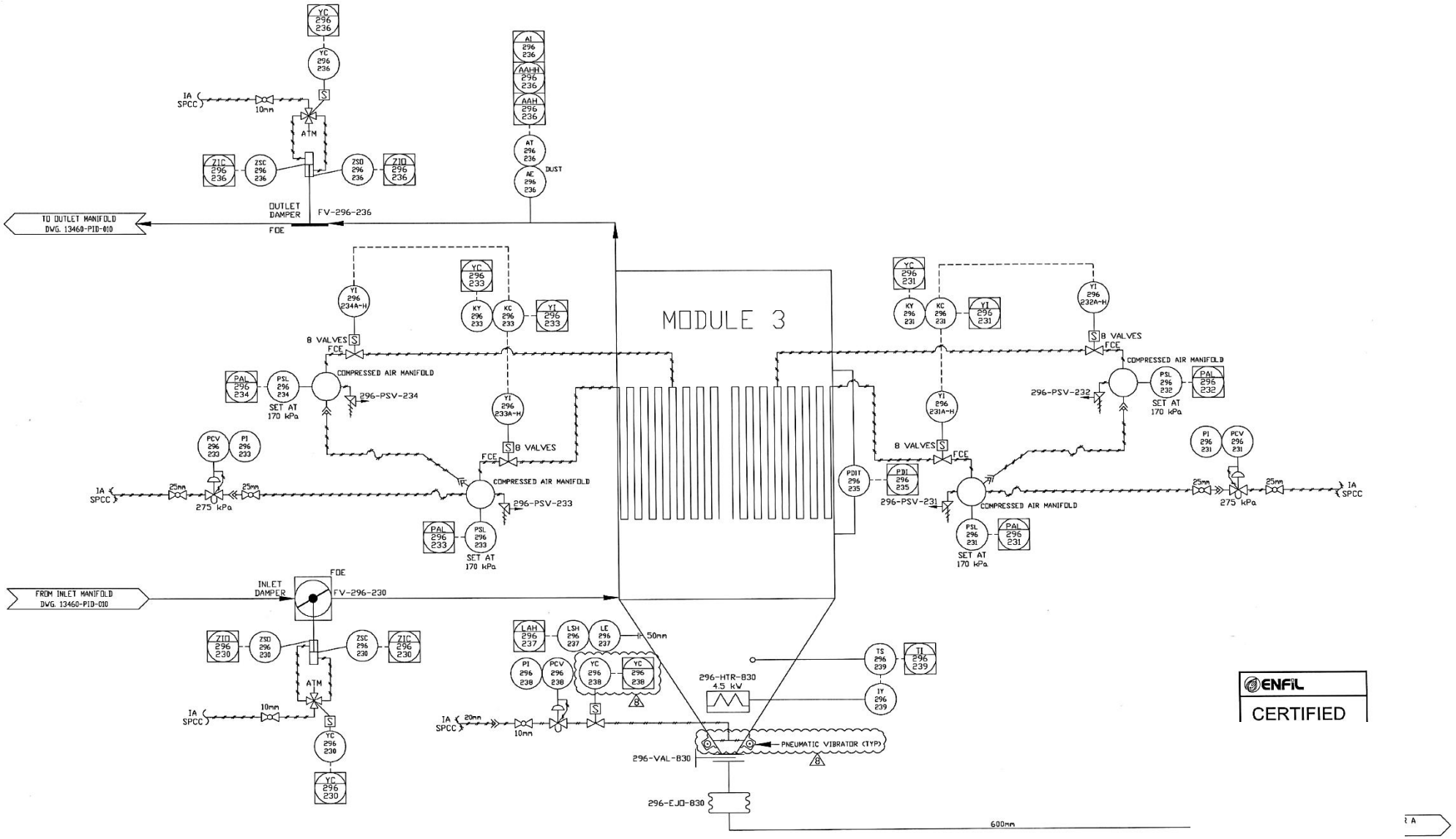


Figura 148. Plano P & ID – Módulo 3 - Baghouse
Fuente: Enfil (2014)

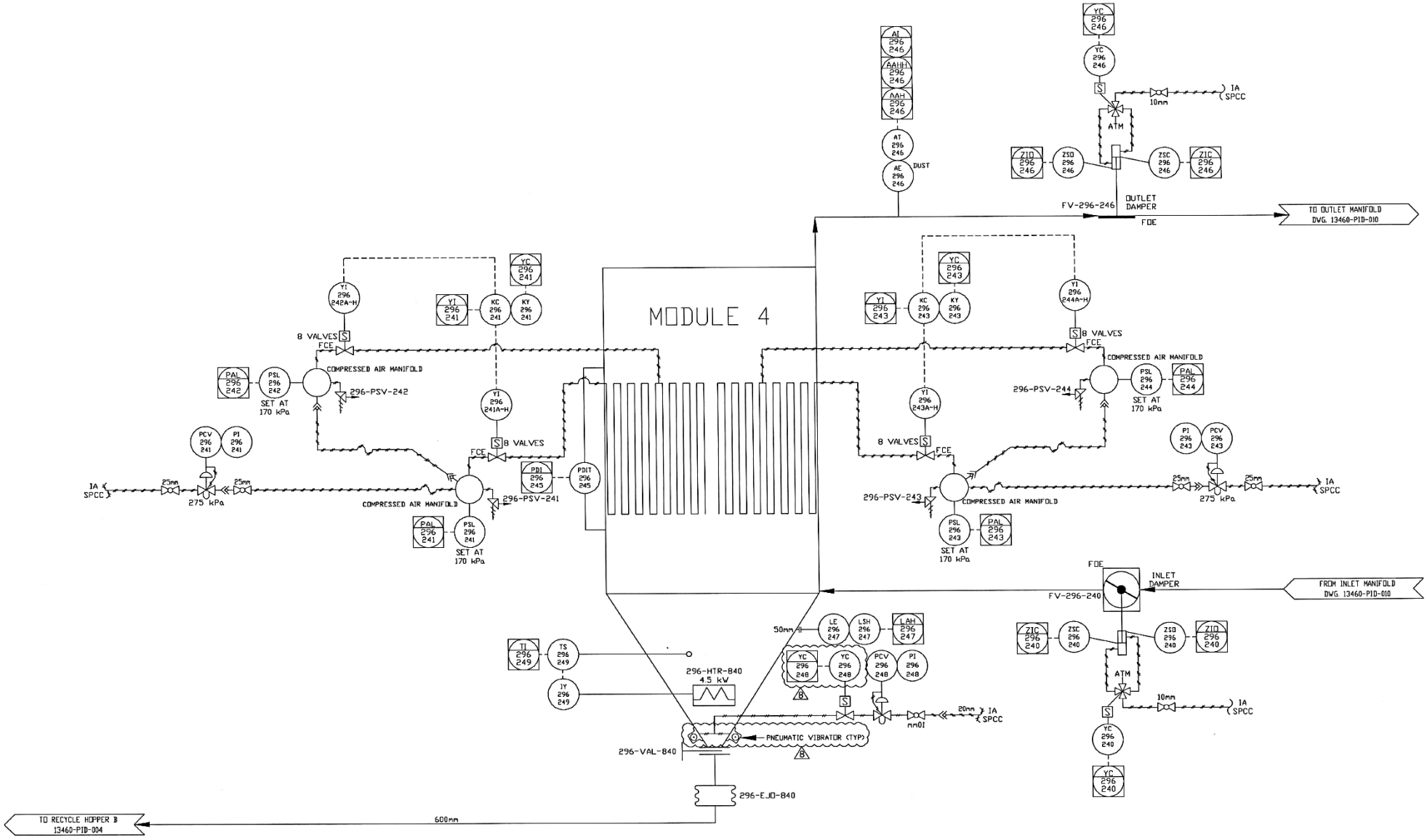


Figura 149. Plano P & ID – Módulo 4 - Baghouse
Fuente: Enfil (2014)

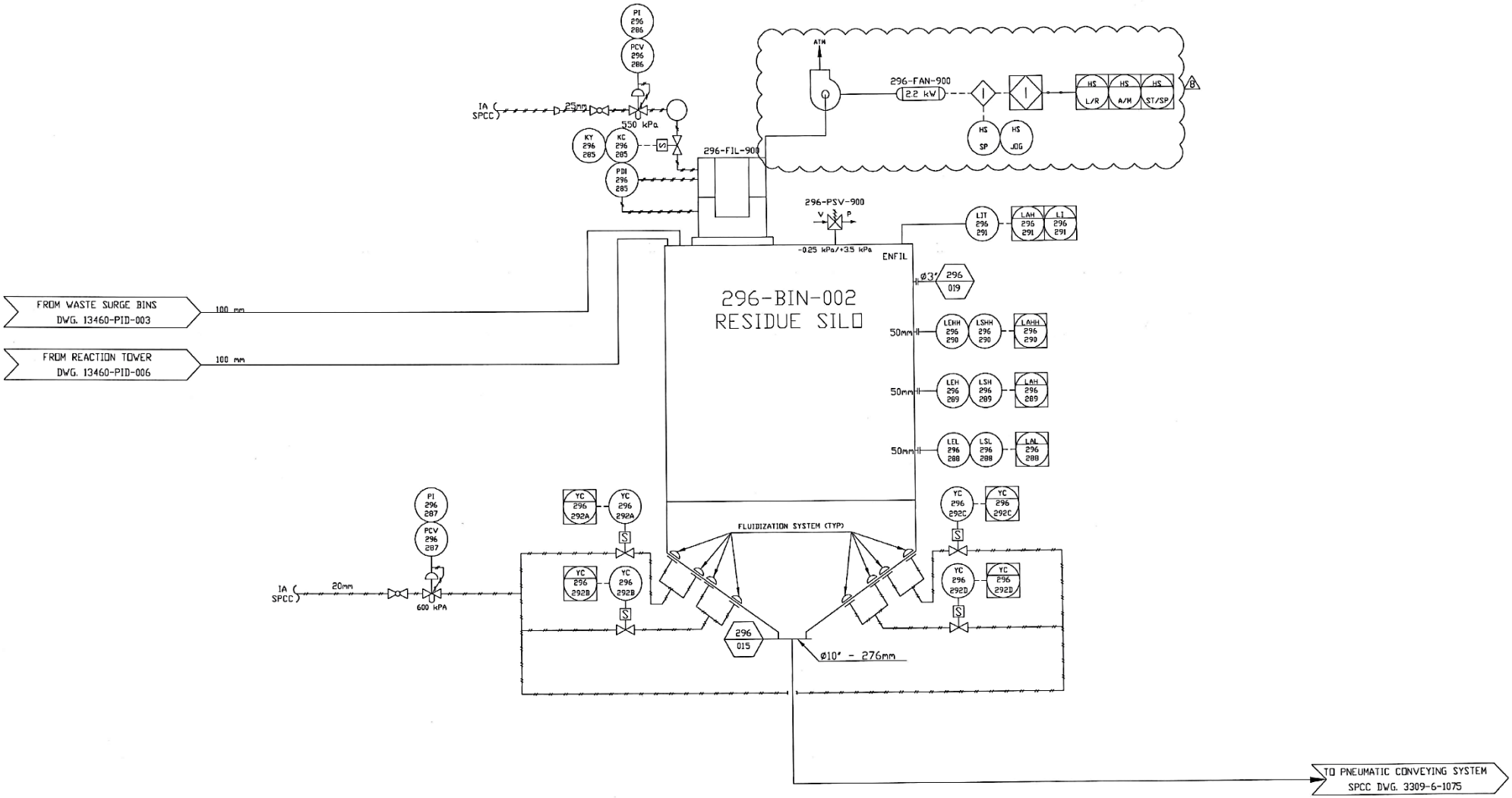


Figura 150. Plano P & ID – Silo de Residuo

Fuente: Enfil (2014)

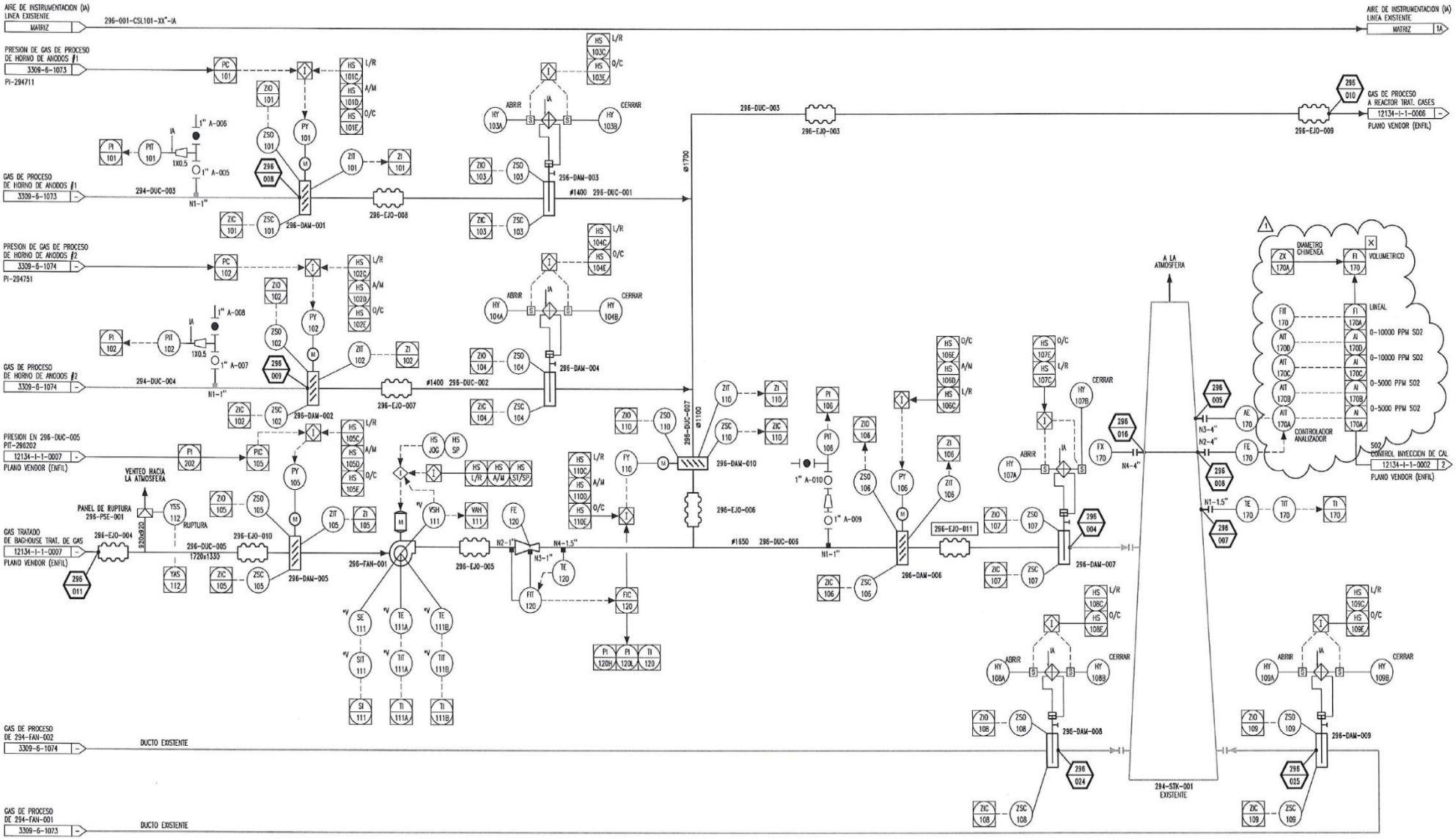


Figura 151. Plano P & ID – Unidad de Circuito de Gases
Fuente: Hatch (2014)

ANEXO 2. BASE DE DATOS – LISTADO DE SEÑALES I/O

ETIQUETA DEL INSTRUMENTO	DESCRIPCION	SERVICIO	SEÑAL	TIPO DE SEÑAL	CHASIS	SLOT	CANAL
ZSO-296110	Interruptor de posicion abierta	Damper en posicion abierto	Discreta - 120Va	DI	Rack Remoto 01	3	0
ZSC-296110	Interruptor de posicion cerrado	Damper en posicion cerrado	Discreta - 120Va	DI	Rack Remoto 01	3	1
ZSO-296106	Interruptor de posicion abierta	Damper en posicion abierto	Discreta - 120Va	DI	Rack Remoto 01	3	2
ZSC-296106	Interruptor de posicion cerrado	Damper en posicion cerrado	Discreta - 120Va	DI	Rack Remoto 01	3	3
ZSO-296107	Interruptor de posicion abierta	Damper en posicion abierto	Discreta - 120Va	DI	Rack Remoto 01	3	4
ZSC-296107	Interruptor de posicion cerrado	Damper en posicion cerrado	Discreta - 120Va	DI	Rack Remoto 01	3	5
ZSO-296104	Interruptor de posicion abierta	Damper en posicion abierto	Discreta - 120Va	DI	Rack Remoto 01	3	6
ZSC-296104	Interruptor de posicion cerrado	Damper en posicion cerrado	Discreta - 120Va	DI	Rack Remoto 01	3	7
ZSO-296102	Interruptor de posicion abierta	Damper en posicion abierto	Discreta - 120Va	DI	Rack Remoto 01	3	8
ZSC-296102	Interruptor de posicion cerrado	Damper en posicion cerrado	Discreta - 120Va	DI	Rack Remoto 01	3	9
ZSO-296101	Interruptor de posicion abierta	Damper en posicion abierto	Discreta - 120Va	DI	Rack Remoto 01	3	10
ZSC-296101	Interruptor de posicion cerrado	Damper en posicion cerrado	Discreta - 120Va	DI	Rack Remoto 01	3	11
ZSO-296103	Interruptor de posicion abierta	Damper en posicion abierto	Discreta - 120Va	DI	Rack Remoto 01	3	12
ZSC-296103	Interruptor de posicion cerrado	Damper en posicion cerrado	Discreta - 120Va	DI	Rack Remoto 01	3	13
ZSC-296105	Interruptor de posicion abierta	Damper en posicion cerrado	Discreta - 120Va	DI	Rack Remoto 01	3	14
ZSO-296105	Interruptor de posicion cerrado	Damper en posicion abierto	Discreta - 120Va	DI	Rack Remoto 01	3	15
ZSC-296108	Interruptor de posicion cerrado	Damper en posicion abierto	Discreta - 120Va	DI	Rack Remoto 01	4	0
ZSO-296108	Interruptor de posicion abierta	Damper en posicion cerrado	Discreta - 120Va	DI	Rack Remoto 01	4	1
ZSC-296109	Interruptor de posicion cerrado	Damper en posicion abierto	Discreta - 120Va	DI	Rack Remoto 01	4	2
ZSO-296109	Interruptor de posicion abierta	Damper en posicion cerrado	Discreta - 120Va	DI	Rack Remoto 01	4	3
YSS-296112	Interruptor de seguridad de ever	Ruptura de panel por presion	Discreta - 120Va	DI	Rack Remoto 01	4	5
LSLL-29615	Interruptor de nivel muy bajo	Nivel silo de cal muy bajo	Discreta - 120Va	DI	Rack Remoto 01	4	6
LSL-296154	Interruptor de nivel bajo	Nivel silo de cal bajo	Discreta - 120Va	DI	Rack Remoto 01	4	7
LSH-296155	Interruptor de nivel alto	Nivel silo de cal alto	Discreta - 120Va	DI	Rack Remoto 01	4	8
SSL-296158	Interruptor de velocidad baja	Velocidad de valvula rotativa ba	Discreta - 120Va	DI	Rack Remoto 01	4	9
ZSA-296164	Interruptor de posicion A	Posicion A de valvula	Discreta - 120Va	DI	Rack Remoto 01	4	10
ZSB-296164	Interruptor de posicion B	Posicion B de valvula	Discreta - 120Va	DI	Rack Remoto 01	4	11
LSH-296166	Interruptor de nivel alto	Nivel alto en Hopper	Discreta - 120Va	DI	Rack Remoto 01	4	12
LSH-296168	Interruptor de nivel alto	Nivel alto en Hopper	Discreta - 120Va	DI	Rack Remoto 01	4	13
SSL-296251	Interruptor de velocidad baja	Velocidad del soplador baja	Discreta - 120Va	DI	Rack Remoto 01	4	14
LSH-296253	Interruptor de nivel alto	Nivel de Hopper alto	Discreta - 120Va	DI	Rack Remoto 01	4	15
TS-296254	Interruptor de temperatura	Temperatura del Hopper	Discreta - 120Va	DI	Rack Remoto 01	5	0
SSL-296256	Interruptor de velocidad baja	Velocidad de válvula rotativa ba	Discreta - 120Va	DI	Rack Remoto 01	5	1
LSH-296260	Interruptor de nivel alto	Nivel de tolva de residuos alto	Discreta - 120Va	DI	Rack Remoto 01	5	2
TS-296261	Interruptor de temperatura	Temperatura de tolva	Discreta - 120Va	DI	Rack Remoto 01	5	3
SSL-296263	Interruptor de velocidad baja	Velocidad de válvula rotativa ba	Discreta - 120Va	DI	Rack Remoto 01	5	4
SSL-296271	Interruptor de velocidad baja	Velocidad de soplador baja	Discreta - 120Va	DI	Rack Remoto 01	5	5
LSH-296273	Interruptor de nivel alto	Nivel de Hopper alto	Discreta - 120Va	DI	Rack Remoto 01	5	6
TS-296274	Interruptor de temperatura	Temperatura de Hopper	Discreta - 120Va	DI	Rack Remoto 01	5	7
SSL-296276	Interruptor de velocidad baja	Velocidad de válvula rotativa ba	Discreta - 120Va	DI	Rack Remoto 01	5	8
LSH-296280	Interruptor de nivel alto	Nivel de tolva de residuos alto	Discreta - 120Va	DI	Rack Remoto 01	5	9
TS-296281	Interruptor de temperatura	Temperatura de tolva de residuo	Discreta - 120Va	DI	Rack Remoto 01	5	10
SSL-296283	Interruptor de velocidad baja	Velocidad e válvula rotativa baja	Discreta - 120Va	DI	Rack Remoto 01	5	11
ZSC-296125	Interruptor de posicion cerrada	Válvula cerrada	Discreta - 120Va	DI	Rack Remoto 01	5	12
ZSO-296125	Interruptor de posicion abierta	Válvula abierta	Discreta - 120Va	DI	Rack Remoto 01	5	13
LSH-296181	Interruptor de nivel alto	Nivel alto de Hopper reactor	Discreta - 120Va	DI	Rack Remoto 01	5	14
TS-296182	Interruptor de temperatura	Temperatura de Hopper reactor	Discreta - 120Va	DI	Rack Remoto 01	5	15
SSL-296185	Interruptor de velocidad baja	Velocidad baja del transportado	Discreta - 120Va	DI	Rack Remoto 01	6	0
SSL-296187	Interruptor de velocidad baja	Velocidad baja de valvula rotati	Discreta - 120Va	DI	Rack Remoto 01	6	1

ETIQUETA DEL INSTRUMENTO	DESCRIPCION	SERVICIO	SEÑAL	TIPO DE SEÑAL	CHASIS	SLOT	CANAL
ZSC-296210	Interruptor de posicion cerrada	Damper en posicion cerrado	Discreta - 120Vac	DI	Rack Remoto 01	6	2
ZSO-296210	Interruptor de posicion abierta	Damper en posicion abierto	Discreta - 120Vac	DI	Rack Remoto 01	6	3
LSH-296217	Interruptor de nivel alto	Nivel alto del Hopper del modulo d	Discreta - 120Vac	DI	Rack Remoto 01	6	4
TS-296219	Interruptor de temperatura	Temperatura del hopper del modul	Discreta - 120Vac	DI	Rack Remoto 01	6	5
ZSC-296220	Interruptor de posicion cerrada	Damper en posicion cerrado	Discreta - 120Vac	DI	Rack Remoto 01	6	6
ZSO-296220	Interruptor de posicion abierta	Damper en posicion abierto	Discreta - 120Vac	DI	Rack Remoto 01	6	7
LSH-296227	Interruptor de nivel alto	Nivel alto del hopper del modulo d	Discreta - 120Vac	DI	Rack Remoto 01	6	8
TS-296229	Interruptor de temperatura	Temperatura del hopper del modul	Discreta - 120Vac	DI	Rack Remoto 01	6	9
ZSC-296230	Interruptor de posicion cerrada	Damper en posicion cerrado	Discreta - 120Vac	DI	Rack Remoto 01	6	10
ZSO-296230	Interruptor de posicion abierta	Damper en posicion abierto	Discreta - 120Vac	DI	Rack Remoto 01	6	11
LSH-296237	Interruptor de nivel alto	Nivel alto del Hopper del modulo d	Discreta - 120Vac	DI	Rack Remoto 01	6	12
TS-296239	Interruptor de temperatura	Temperatura del Hopper del Modu	Discreta - 120Vac	DI	Rack Remoto 01	6	13
ZSC-296240	Interruptor de posicion cerrada	Damper en posicion cerrado	Discreta - 120Vac	DI	Rack Remoto 01	6	14
ZSO-296240	Interruptor de posicion abierta	Damper en posicion abierto	Discreta - 120Vac	DI	Rack Remoto 01	6	15
LSH-296247	Interruptor de nivel alto	Nivel alto del Hopper del modulo d	Discreta - 120Vac	DI	Rack Remoto 01	7	0
TS-296249	Interruptor de temperatura	Temperatura del Hopper del modul	Discreta - 120Vac	DI	Rack Remoto 01	7	1
YI-296211	Indicador de valvula	Limpieza de modulo de baghouse f	Discreta - 120Vac	DI	Rack Remoto 01	7	2
PSL-296211	Interruptor de presion baja	Presion baja en valvulas de limpiez	Discreta - 120Vac	DI	Rack Remoto 01	7	3
PSL-296212	Interruptor de presion baja	Presion baja en valvulas de limpiez	Discreta - 120Vac	DI	Rack Remoto 01	7	4
YI-296213	Indicador de valvula	Limpieza de modulo de baghouse f	Discreta - 120Vac	DI	Rack Remoto 01	7	5
PSL-296213	Interruptor de presion baja	Presion baja en valvulas de limpiez	Discreta - 120Vac	DI	Rack Remoto 01	7	6
PSL-296214	Interruptor de presion baja	Presion baja en valvulas de limpiez	Discreta - 120Vac	DI	Rack Remoto 01	7	7
ZSC-296216	Interruptor de posicion cerrada	Damper en posicion cerrado	Discreta - 120Vac	DI	Rack Remoto 01	7	8
ZSO-296216	Interruptor de posicion abierta	Damper en posicion abierto	Discreta - 120Vac	DI	Rack Remoto 01	7	9
YI-296221	Indicador de valvula	Limpieza de Modulo de baghouse f	Discreta - 120Vac	DI	Rack Remoto 01	7	10
PSL-296221	Interruptor de presion baja	Presion baja en valvulas de limpiez	Discreta - 120Vac	DI	Rack Remoto 01	7	11
PSL-296222	Interruptor de presion baja	Presion baja en valvulas de limpiez	Discreta - 120Vac	DI	Rack Remoto 01	7	12
YI-296223	Indicador de valvula	Limpieza de modulo de baghouse f	Discreta - 120Vac	DI	Rack Remoto 01	7	13
PSL-296223	Interruptor de presion baja	Presion baja en valvulas de limpiez	Discreta - 120Vac	DI	Rack Remoto 01	7	14
PSL-296224	Interruptor de presion baja	Presion baja en valvulas de limpiez	Discreta - 120Vac	DI	Rack Remoto 01	7	15
ZSC-296226	Interruptor de posicion cerrada	Damper en posicion cerrado	Discreta - 120Vac	DI	Rack Remoto 01	8	0
ZSO-296226	Interruptor de posicion abierta	Damper en posicion abierto	Discreta - 120Vac	DI	Rack Remoto 01	8	1
YI-296231	Indicador de Valvula	Limpieza de modulo de baghouse f	Discreta - 120Vac	DI	Rack Remoto 01	8	2
PSL-296231	Interruptor de presion baja	Presion baja en valvulas de limpiez	Discreta - 120Vac	DI	Rack Remoto 01	8	3
PSL-296232	Interruptor de presion baja	Presion baja en valvulas de limpiez	Discreta - 120Vac	DI	Rack Remoto 01	8	4
YI-296233	Indicador de Valvula	Limpieza de modulo de baghouse f	Discreta - 120Vac	DI	Rack Remoto 01	8	5
PSL-296233	Interruptor de presion baja	Presion baja en valvulas de limpiez	Discreta - 120Vac	DI	Rack Remoto 01	8	6
PSL-296234	Interruptor de presion baja	Presion baja en valvulas de limpiez	Discreta - 120Vac	DI	Rack Remoto 01	8	7
ZSC-296236	Interruptor de posicion cerrada	Damper en posicion cerrado	Discreta - 120Vac	DI	Rack Remoto 01	8	8
ZSO-296236	Interruptor de posicion abierta	Damper en posicion abierto	Discreta - 120Vac	DI	Rack Remoto 01	8	9
YI-296241	Indicador de valvula	Limpieza de modulo de baghouse f	Discreta - 120Vac	DI	Rack Remoto 01	8	10
PSL-296241	Interruptor de presion baja	Presion baja en valvulas de limpiez	Discreta - 120Vac	DI	Rack Remoto 01	8	11
PSL-296242	Interruptor de presión baja	Presion baja en valvulas de limpiez	Discreta - 120Vac	DI	Rack Remoto 01	8	12
YI-296243	Indicador de válvula	Limpieza de modulo de baghouse f	Discreta - 120Vac	DI	Rack Remoto 01	8	13
PSL-296243	Interruptor de presion baja	Presion baja en valvulas de limpiez	Discreta - 120Vac	DI	Rack Remoto 01	8	14

ETIQUETA DEL INSTRUMENTO	DESCRIPCION	SERVICIO	SEÑAL	TIPO DE SEÑAL	CHASIS	SLOT	CANAL
PSL-296244	Interruptor de presion baja	Presion baja en valvulas de limpieza	Discreta - 120V	DI	Rack Remoto 01	8	15
ZSC-296-246	Interruptor de posicion cer	Damper en posicion cerrado	Discreta - 120V	DI	Rack Remoto 01	9	0
ZSO-296246	Interruptor de posicion abi	Damper en posicion abierto	Discreta - 120V	DI	Rack Remoto 01	9	1
LSL-296288	Interruptor de nivel bajo	Nivel bajo del silo de residuos	Discreta - 120V	DI	Rack Remoto 01	9	2
LSH-296289	Interruptor de nivel alto	Nivel alto del silo de residuos	Discreta - 120V	DI	Rack Remoto 01	9	3
LSHH-29629(	Interruptor de nivel muy a	Nivel muy alto de silo de residuos	Discreta - 120V	DI	Rack Remoto 01	9	4
ZSC-296143	Interruptor de posicion cer	Interruptor de posicion cerrada	Discreta - 120V	DI	Rack Remoto 01	9	5
ZSO-296143	Interruptor de posicion abi	Interruptor de posicion abierta	Discreta - 120V	DI	Rack Remoto 01	9	6
XS-296170A	Interruptor de evento	Interruptor de evento	Discreta - 120V	DI	Rack Remoto 01	9	7
XS-296170B	Interruptor de evento	Interruptor de evento	Discreta - 120V	DI	Rack Remoto 01	9	8
XS-296170C	Interruptor de evento	Interruptor de evento	Discreta - 120V	DI	Rack Remoto 01	9	9
XS-296170D	Interruptor de evento	Interruptor de evento	Discreta - 120V	DI	Rack Remoto 01	9	10
XS-296170E	Interruptor de evento	Interruptor de evento	Discreta - 120V	DI	Rack Remoto 01	9	11
XS-296170F	Interruptor de evento	Interruptor de evento	Discreta - 120V	DI	Rack Remoto 01	9	12
XS-296170G	Interruptor de evento	Interruptor de evento	Discreta - 120V	DI	Rack Remoto 01	9	13
KY-296211	Confirmacion de limpieza	-	Discreta - 120V	DI	Rack Remoto 01	11	0
KY-296213	Confirmacion de limpieza	-	Discreta - 120V	DI	Rack Remoto 01	11	1
KY-296221	Confirmacion de limpieza	-	Discreta - 120V	DI	Rack Remoto 01	11	2
KY-296223	Confirmacion de limpieza	-	Discreta - 120V	DI	Rack Remoto 01	11	3
KY-296231	Confirmacion de limpieza	-	Discreta - 120V	DI	Rack Remoto 01	11	4
KY-296233	Confirmacion de limpieza	-	Discreta - 120V	DI	Rack Remoto 01	11	5
KY-296241	Confirmacion de limpieza	-	Discreta - 120V	DI	Rack Remoto 01	11	6
KY-296243	Confirmacion de limpieza	-	Discreta - 120V	DI	Rack Remoto 01	11	7
-	Selector Remoto/Local - 2	-	Discreta - 120V	DI	Rack Remoto 01	11	8
HY-296107A	Valvula Solenoide	Abrir damper	Discreta - 120V	DO	Rack Remoto 01	12	0
HY-296107B	Valvula Solenoide	Cerrar Damper	Discreta - 120V	DO	Rack Remoto 01	12	1
HY-296103A	Valvula Solenoide	Abrir damper	Discreta - 120V	DO	Rack Remoto 01	12	2
HY-296103B	Valvula Solenoide	Cerrar Damper	Discreta - 120V	DO	Rack Remoto 01	12	3
HY-296104A	Valvula Solenoide	Abrir damper	Discreta - 120V	DO	Rack Remoto 01	12	4
HY-296104B	Valvula Solenoide	Cerrar Damper	Discreta - 120V	DO	Rack Remoto 01	12	5
HY-296108A	Valvula Solenoide	Abrir damper	Discreta - 120V	DO	Rack Remoto 01	12	6
HY-296108B	Valvula Solenoide	Cerrar Damper	Discreta - 120V	DO	Rack Remoto 01	12	7
HY-296109A	Valvula Solenoide	Abrir damper	Discreta - 120V	DO	Rack Remoto 01	12	8
HY-296109B	Valvula Solenoide	Cerrar Damper	Discreta - 120V	DO	Rack Remoto 01	12	9
LY-296143	Valvula Solenoide	Abrir Valvula de agua	Discreta - 120V	DO	Rack Remoto 01	12	10
XY-296170H	Evento	Activar señal "Remote Calibration"	Discreta - 120V	DO	Rack Remoto 01	12	11
ZCVA-29616	Valvula Solenoide	Activar válvula solenoide para posicion A	Discreta - 120V	DO	Rack Remoto 01	12	12
ZCVB-29616	Valvula Solenoide	Activar valvula solenoide para posicion B	Discreta - 120V	DO	Rack Remoto 01	12	13
YC-296171A	Valvula Solenoide	Activar valvula solenoide para aire al Hopper	Discreta - 120V	DO	Rack Remoto 01	12	14
YC-296171B	Valvula Solenoide	Activar valvula solenoide para aire al Hopper	Discreta - 120V	DO	Rack Remoto 01	12	15
YC-296172A	Valvula Solenoide	Activar valvula solenoide para aire al Hopper	Discreta - 120V	DO	Rack Remoto 01	13	0
YC-296172B	Valvula Solenoide	Activar valvula solenoide para aire al Hopper	Discreta - 120V	DO	Rack Remoto 01	13	1
YC-296125	Valvula Solenoide	Abrir Valvula	Discreta - 120V	DO	Rack Remoto 01	13	2
YC-296210	Valvula Solenoide	Abrir Damper al ingreso del modulo del Baghouse	Discreta - 120V	DO	Rack Remoto 01	13	3
YC-296220	Valvula Solenoide	Abrir Damper al ingreso del modulo del Baghouse	Discreta - 120V	DO	Rack Remoto 01	13	4
YC-296230	Valvula Solenoide	Abrir Damper al ingreso del modulo del Baghouse	Discreta - 120V	DO	Rack Remoto 01	13	5
YC-296240	Valvula Solenoide	Abrir Damper al ingreso del modulo del Baghouse	Discreta - 120V	DO	Rack Remoto 01	13	6
YC-296211	Controladora	Activar limpieza de modulo del Baghouse	Discreta - 120V	DO	Rack Remoto 01	13	7
YC-296213	Controladora	Activar limpieza de modulo del Baghouse	Discreta - 120V	DO	Rack Remoto 01	13	8
YC-296216	Valvula Solenoide	Abrir Damper a la salida del modulo del Baghouse	Discreta - 120V	DO	Rack Remoto 01	13	9

ETIQUETA DEL INSTRUMENTO	DESCRIPCION	SERVICIO	SEÑAL	TIPO DE SEÑAL	RANGO	CHASIS	SLOT	CANAL
ZIT-296105	Transmisor indicador de Posicion	Posicion del Damper	4-20mA HART	AI	0-100%	Rack Remoto 02	1	0
SIT-296111	Transmisor Indicador de Velocidad	Velocidad del ventilador de Tiro	4-20mA HART	AI	0-2000 RPM	Rack Remoto 02	1	1
TIT-296111A	Transmisor Indicador de Temperatura	Temperatura del ventilador de tiro	4-20mA HART	AI	0-150 °C	Rack Remoto 02	1	2
TIT-296111B	Transmisor Indicador de Temperatura	Temperatura del ventilador de tiro	4-20mA HART	AI	0-150 °C	Rack Remoto 02	1	3
FIT-296120	Transmisor Indicador de Flujo	Flujo en Ducto	4-20mA HART	AI	163371-101076	Rack Remoto 02	1	4
PIT-296106	Transmisor Indicador de Presion	Presión en Ducto	4-20mA HART	AI	0-15 KPa	Rack Remoto 02	1	5
PIT-296101	Transmisor Indicador de Presion	Presion en Ducto	4-20mA HART	AI	-2000 - 1000 Pa	Rack Remoto 02	1	6
PIT-296102	Transmisor Indicador de Presion	Presion en Ducto	4-20mA HART	AI	-2000 - 1000 Pa	Rack Remoto 02	1	7
ZIT-296110	Transmisor indicador de Posicion	Posicion de damper	4-20mA HART	AI	0-100%	Rack Remoto 02	2	0
ZIT-296106	Transmisor indicador de Posicion	Posicion de damper	4-20mA HART	AI	0-100%	Rack Remoto 02	2	1
ZIT-296101	Transmisor indicador de Posicion	Posicion de damper	4-20mA HART	AI	0-100%	Rack Remoto 02	2	2
ZIT-296102	Transmisor indicador de Posicion	Posicion de damper	4-20mA HART	AI	0-100%	Rack Remoto 02	2	3
TIT-296170	Transmisor Indicador de Temperatura	Temperatura en Chimenea	4-20mA HART	AI	0-400 °C	Rack Remoto 02	2	4
LIT-296156	Transmisor Indicador de Nivel	Nivel silo de cal	4-20mA HART	AI	0-100%	Rack Remoto 02	2	5
PIT-296163	Transmisor indicador de Presión	Presión de soplador	4-20mA HART	AI	0 -68.9 KPa	Rack Remoto 02	2	6
PIT-296115	Transmisor indicador de Presión	Presión de soplador	4-20mA HART	AI	-2.5 a 0 KPa	Rack Remoto 02	2	7
TIT-296115A	Transmisor Indicador de Temperatura	Temperatura de gases a la entrada del F	4-20mA HART	AI	0-300 °C	Rack Remoto 02	3	0
TIT-296115B	Transmisor Indicador de Temperatura	Temperatura de gases a la entrada del F	4-20mA HART	AI	0-300 °C	Rack Remoto 02	3	1
TIT-296115C	Transmisor Indicador de Temperatura	Temperatura de gases a la entrada del F	4-20mA HART	AI	0-300 °C	Rack Remoto 02	3	2
WIT-296171	Transmisor Indicador de Peso	Peso de cal en Feeder	4-20mA HART	AI	0 – 750Kg	Rack Remoto 02	3	3
WIT-296172	Transmisor Indicador de Peso	Peso de cal en Feeder	4-20mA HART	AI	0 – 750Kg	Rack Remoto 02	3	4
ZT-296252	Transmisor de Posicion	Posicion de Válvula	4-20mA HART	AI	0-100%	Rack Remoto 02	3	5
PIT-296255	Transmisor indicador de Presión	Presión de Soplador	4-20mA HART	AI	0 -68.9 KPa	Rack Remoto 02	3	6
PIT-296268	Transmisor indicador de Presión	Presión de sopladores	4-20mA HART	AI	0 -68.9 KPa	Rack Remoto 02	3	7
ZT-296272	Transmisor de Posicion	Posicion de Válvula	4-20mA HART	AI	0-100%	Rack Remoto 02	4	0
PIT-296275	Transmisor indicador de Presión	Presión de soplador	4-20mA HART	AI	0 -68.9 KPa	Rack Remoto 02	4	1
PDT-296120	Transmisor de presión diferencial	Presión diferencial de filtro de bombas	4-20mA HART	AI	0 -45 KPa	Rack Remoto 02	4	2

ETIQUETA DEL INSTRUMENTO	DESCRIPCION	SERVICIO	SEÑAL	TIPO DE SEÑAL	RANGO	CHASIS	SLOT	CANAL
PIT-296123	Transmisor indicador de Presión	Presión de Bombas	4-20mA HART	AI	0 – 8000KPa	Rack Remoto 02	4	3
FIT-296126	Transmisor indicador de Flujo	Flujo de Bombas	4-20mA HART	AI	0 – 10m3/h	Rack Remoto 02	4	4
FIT-296131	Transmisor indicador de Flujo	Flujo de Bombas (Retorno)	4-20mA HART	AI	0 – 10m3/h	Rack Remoto 02	4	5
PIT-296133	Transmisor indicador de Presión	Presión de Bombas (Retorno)	4-20mA HART	AI	0 – 8000KPa	Rack Remoto 02	4	6
ZIT-296135	Transmisor de Posicion	Posicion de Válvula	4-20mA HART	AI	0-100%	Rack Remoto 02	4	7
TIT-296135A	Transmisor indicador de Temperatura	Temperatura de gases a la salida del rea	4-20mA HART	AI	0-300 °C	Rack Remoto 02	5	0
TIT-296135B	Transmisor indicador de Temperatura	Temperatura de gases a la salida del rea	4-20mA HART	AI	0-300 °C	Rack Remoto 02	5	1
TIT-296135C	Transmisor indicador de Temperatura	Temperatura de gases a la salida del rea	4-20mA HART	AI	0-300 °C	Rack Remoto 02	5	2
TIT-296203	Transmisor indicador de Temperatura	Temperatura de gases a la salida del Ba	4-20mA HART	AI	0-300 °C	Rack Remoto 02	5	3
PDIT-296180A	Transmisor indicador de presión diferen	Presión diferencial del reactor	4-20mA HART	AI	-6.216 a 6.216 KPa	Rack Remoto 02	5	4
PDIT-296180B	Transmisor indicador de presión diferen	Presión diferencial del reactor	4-20mA HART	AI	-6.216 a 6.216 KPa	Rack Remoto 02	5	5
PDIT-296200	Transmisor indicador de presion diferen	Presion diferencial del Baghouse	4-20mA HART	AI	0 – 2.5KPa	Rack Remoto 02	5	6
PDIT-296215	Transmisor indicador de presion diferen	Presion diferencial del modulo del Bagl	4-20mA HART	AI	0 – 2.5KPa	Rack Remoto 02	5	7
PDIT-296225	Transmisor indicador de presion diferen	Presion diferencial del modulo del Bagl	4-20mA HART	AI	0 – 2.5KPa	Rack Remoto 02	6	0
PDIT-296235	Transmisor indicador de presion diferen	Presion diferencial del modulo del Bagl	4-20mA HART	AI	0 – 2.5KPa	Rack Remoto 02	6	1
PDIT-296245	Transmisor indicador de presion diferen	Presion diferencial del modulo del Bagl	4-20mA HART	AI	0 – 2.5KPa	Rack Remoto 02	6	2
PIT-296201	Transmisor indicador de Presion	Presion del gas a la entrada del Baghou	4-20mA HART	AI	-2.5KPa - 0	Rack Remoto 02	6	3
PIT-296202	Transmisor indicador de Presion	Presion del gas a la salida del Baghouse	4-20mA HART	AI	-2.5KPa - 0	Rack Remoto 02	6	4
AT-296216	Transmisor Analizador de Polvo	Polvo en Baghouse - Modulo 1	4-20mA HART	AI	0 – 100mg/m3	Rack Remoto 02	6	5
AT-296226	Transmisor Analizador de Polvo	Polvo en Baghouse - Modulo 2	4-20mA HART	AI	0 – 100mg/m3	Rack Remoto 02	6	6

ETIQUETA DEL INSTRUMENTO	DESCRIPCION	SERVICIO	SEÑAL	TIPO DE SEÑAL	RANGO	CHASIS	SLOT	CANAL
AT-296236	Transmisor Analizador de Polvo	Polvo en Baghouse - Modulo 3	4-20mA HART	AI	0 – 100mg/m3	Rack Remoto 02	6	7
AT-296246	Transmisor Analizador de Polvo	Polvo en Baghouse - Modulo 4	4-20mA HART	AI	0 – 100mg/m3	Rack Remoto 02	7	0
LIT-296291	Transmisor indicador de Nivel	Nivel silo de residuos	4-20mA HART	AI	0 – 100%	Rack Remoto 02	7	1
LIT-296143	Transmisor indicador de Nivel	Nivel del tanque de agua	4-20mA HART	AI	0 – 100%	Rack Remoto 02	7	2
AIT-296170A	Transmisor Analizador de Gases (SO2)	Cantidad de SO2 (0-5000PPM)	4-20mA HART	AI	0 – 5000ppm	Rack Remoto 02	7	3
AIT-296170E	Transmisor Analizador de Gases (SO2)	Cantidad de SO2 (0-5000PPM)	4-20mA HART	AI	0 – 5000ppm	Rack Remoto 02	7	4
AIT-296170C	Transmisor Analizador de Gases (SO2)	Cantidad de SO2 (0-10000PPM)	4-20mA HART	AI	0 – 5000ppm	Rack Remoto 02	7	5
AIT-296170D	Transmisor Analizador de Gases (SO2)	Cantidad de SO2 (0-10000PPM)	4-20mA HART	AI	0 – 5000ppm	Rack Remoto 02	7	6
FIT-296170	Transmisor indicador de Flujo	Velocidad de gas (OFS)	4-20mA HART	AI	163371-101076 m3/h	Rack Remoto 02	7	7
VIT-296111A	Transmisor de vibracion A - 296FAN100	Vibracion del ventilador 296FAN001	4-20mA HART	AI	0 – 25mm/s	Rack Remoto 02	8	0
VIT-296111B	Transmisor de vibracion B - 296FAN100	Vibracion del ventilador 296FAN001	4-20mA HART	AI	0 – 25mm/s	Rack Remoto 02	8	1
VIT-296111C	Transmisor de vibracion C - 296FAN100	Vibracion del ventilador 296FAN001	4-20mA HART	AI	0 – 25mm/s	Rack Remoto 02	8	2
VIT-296111D	Transmisor de vibracion D - 296FAN100	Vibracion del ventilador 296FAN001	4-20mA HART	AI	0 – 25mm/s	Rack Remoto 02	8	3
PY-296105	Posicionador	Posicion de Damper	4-20mA HART	AO	0 – 100%	Rack Remoto 02	10	0
PY-296106	Posicionador	Posicion de Damper	4-20mA HART	AO	0 – 100%	Rack Remoto 02	10	1
FY-296110	Posicionador	Posicion de Damper	4-20mA HART	AO	0 – 100%	Rack Remoto 02	10	2
PY-296101	Posicionador	Posicion de Damper	4-20mA HART	AO	0 – 100%	Rack Remoto 02	10	3
PY-296102	Posicionador	Posicion de Damper	4-20mA HART	AO	0 – 100%	Rack Remoto 02	10	4
PY-296252	Posicionador	Posicionador de Valvula	4-20mA HART	AO	0 – 100%	Rack Remoto 02	10	5
PY-296272	Posicionador	Posicionador de Valvula	4-20mA HART	AO	0 – 100%	Rack Remoto 02	10	6
TY-296135	osicionador	Posicionador de Valvula	4-20mA HART	AO	0 – 100%	Rack Remoto 02	10	7

ANEXO 3. BASE DE DATOS – LISTADO DE SEÑALES ETHERNET

COMUNICACION CON PLC: 294PLC006 / Hornos Afinos #2			
Escritura de datos desde el PLC 296-PLC-006 hacia al PLC 294-PLC-006 (Hornos Afinos #2)			
Tag PLC	**Senales Analogas**		**Descripcion**
1	PIT_296102.Data	MSG_TO_294PLC006_REAL[0]	Presion en ducto 296-DUC-002
2	PIT_296115.Data	MSG_TO_294PLC006_REAL[1]	Presion de gases a la entrada del reactor
3	TIT_296115ABC_AVERAGE.Data	MSG_TO_294PLC006_REAL[2]	Temperatura de gases a la entrada del reactor (Promedio)
4	AIT_296170.Data	MSG_TO_294PLC006_REAL[3]	Cantidad de SO2 en chimenea 296STK001
5	_296_DAM_010.FDk_Posicion	MSG_TO_294PLC006_REAL[4]	Porcentaje de apertura del damper 296-DAM-010
6	_296_DAM_005.Fdk_Posicion	MSG_TO_294PLC006_REAL[5]	Porcentaje de apertura del damper 296-DAM-005
7	_296_DAM_006.Fdk_Posicion	MSG_TO_294PLC006_REAL[6]	Porcentaje de apertura del damper 296-DAM-006
8	_296_DAM_002.Fdk_Posicion	MSG_TO_294PLC006_REAL[7]	Porcentaje de apertura del damper 296-DAM-002
9	_296_DAM_002.Output_AO	MSG_TO_294PLC006_REAL[8]	Comando de apertura del damper 296-DAM-002
Tag PLC	**Senales Discretas**		**Descripcion**
1	_296_DAM_004.STS_Closed	MSG_TO_294PLC006_DINT.0	Damper 296-DAM-004 Cerrado
2	_296_DAM_004.STS_Opened	MSG_TO_294PLC006_DINT.1	Damper 296-DAM-004 Abierto
3	_296_DAM_007.STS_Closed	MSG_TO_294PLC006_DINT.2	Damper 296-DAM-007 Cerrado
4	_296_DAM_007.STS_Opened	MSG_TO_294PLC006_DINT.3	Damper 296-DAM-007 Abierto
5	_296_DAM_008.STS_Closed	MSG_TO_294PLC006_DINT.4	Damper 296-DAM-009 Cerrado
6	_296_DAM_008.STS_Opened	MSG_TO_294PLC006_DINT.5	Damper 296-DAM-009 Abierto
7	_296_FAN_001.Running	MSG_TO_294PLC006_DINT.10	Ventilador de tiro 296-FAN-001 arrancado
8	Celda_CDS.Running	MSG_TO_294PLC006_DINT.11	Celda CDS Arrancado
9	Pulse_Check	MSG_TO_294PLC006_DINT.12	Heartbeat - Comunicacion
10	XI_296100B	MSG_TO_294PLC006_DINT.13	Senal de CDS Listo para Oxidacion
Lectura de datos desde el PLC 294-PLC-006 (Hornos Afinos #1) hacia el PLC 296-PLC-001			
Tag PLC	Senales Analogas		Descripcion
1	Lazo_PIC_296102.Set_Point	MSG_FROM_294PLC006_REAL[0]	Setpoint de lazo de control PIC 296102
2	PIT_294751.In_Data	MSG_FROM_294PLC006_REAL[1]	Presion de gases de Hornos afino 2
3	_296_DAM_002.SP_Position_HMI	MSG_FROM_294PLC006_REAL[2]	Control de posicion del damper en Modo Manual
Tag PLC	Senales Discretas		Descripcion
1	Lazo_PIC_296102.TG_Auto_Man	MSG_FROM_294PLC006_DINT.0	1: Set Modo Manual
2	Lazo_PIC_296102.TG_Auto_Man	MSG_FROM_294PLC006_DINT.1	1: Set Modo Automatico
3	_294_FAN_002.RUNNING	MSG_FROM_294PLC006_DINT.2	Senal de Ventilador Hornos Afino 2 Arrancado
4	_294_FAN_002.INTERLOCKED	MSG_FROM_294PLC006_DINT.3	Senal de Ventilador Hornos Afino 2 Con Interlock Activo
5	XI_296100AA	MSG_FROM_294PLC006_DINT.4	Senal de hornos afino previa etapa de oxidacion
6	COMM_FAULT_294PLC006	MSG_FROM_294PLC006_DINT.12	Falla de comunicacion con PLC 294PLC006

Figura 152. Listado de señales por mensajería Ethernet - PLC 296-PLC-001 y PLC 294-PLC-006 de Hornos Afinos #2

Fuente: Elaboración propia

COMUNICACION CON PLC: 294PLC005 / Hornos Afinos #1			
Escritura de datos desde el PLC 296-PLC-001 hacia al PLC 294-PLC-005 (Hornos Afinos #1)			
Tag PLC	Senales Analogas		Descripcion
1	PIT_296101.Data	MSG_TO_294PLC005_REAL[0]	Presion en ducto 296-DUC-001
2	PIT_296115.Data	MSG_TO_294PLC005_REAL[1]	Presion de gases a la entrada del reactor
3	TIT_296115ABC_AVERAGE.Data	MSG_TO_294PLC005_REAL[2]	Temperatura de gases a la entrada del reactor
4	AIT_296170.Data	MSG_TO_294PLC005_REAL[3]	Cantidad de SO2 en chimenea 296STK001 (Promedio)
5	_296_DAM_010.FDk_Posicion	MSG_TO_294PLC005_REAL[4]	Porcentaje de apertura del damper 296-DAM-010
6	_296_DAM_005.Fdk_Posicion	MSG_TO_294PLC005_REAL[5]	Porcentaje de apertura del damper 296-DAM-005
7	_296_DAM_006.Fdk_Posicion	MSG_TO_294PLC005_REAL[6]	Porcentaje de apertura del damper 296-DAM-006
8	_296_DAM_001.Fdk_Posicion	MSG_TO_294PLC005_REAL[7]	Porcentaje de apertura del damper 296-DAM-001
9	_296_DAM_001.Output_AO	MSG_TO_294PLC005_REAL[8]	Comando de apertura del damper 296-DAM-001
Tag PLC	Senales Discretas		Descripcion
1	_296_DAM_003.STS_Closed	MSG_TO_294PLC005_DINT.0	Damper 296-DAM-003 Cerrado
2	_296_DAM_003.STS_Opened	MSG_TO_294PLC005_DINT.1	Damper 296-DAM-003 Abierto
3	_296_DAM_007.STS_Closed	MSG_TO_294PLC005_DINT.2	Damper 296-DAM-007 Cerrado
4	_296_DAM_007.STS_Opened	MSG_TO_294PLC005_DINT.3	Damper 296-DAM-007 Abierto
5	_296_DAM_009.STS_Closed	MSG_TO_294PLC005_DINT.4	Damper 296-DAM-009 Cerrado
6	_296_DAM_009.STS_Opened	MSG_TO_294PLC005_DINT.5	Damper 296-DAM-009 Abierto
7	_296_FAN_001.Running	MSG_TO_294PLC005_DINT.10	Ventilador de tiro 296-FAN-001 arrancado
8	Celda_CDS.Running	MSG_TO_294PLC005_DINT.11	Celda CDS Arrancado
9	Pulse_Check	MSG_TO_294PLC005_DINT.12	Heartbeat - Comunicacion
10	XI_296100B	MSG_TO_294PLC005_DINT.13	Senal de CDS Listo para Oxidacion
Lectura de datos desde el PLC 294-PLC-006 (Hornos Afinos #1) hacia el PLC 296-PLC-001			
Tag PLC	Senales Analogas		Descripcion
1	Lazo_PIC_296101.Set_Point	MSG_FROM_294PLC005_REAL[0]	Setpoint de lazo de control PIC 296101
2	PIT_294711.In_Data	MSG_FROM_294PLC005_REAL[1]	Presion de gases de Hornos afinos #1
3	_296_DAM_001.SP_Position_HMI	MSG_FROM_294PLC005_REAL[2]	Control de posicion del damper en Modo Manual
Tag PLC	Senales Discretas		Descripcion
1	Lazo_PIC_296101.TG_Auto_Man	MSG_FROM_294PLC005_DINT.0	1: Set Modo Manual
2	Lazo_PIC_296101.TG_Auto_Man	MSG_FROM_294PLC005_DINT.1	1: Set Modo Automatico
3	_294_FAN_001.RUNNING	MSG_FROM_294PLC005_DINT.2	Senal de Ventilador Hornos Afinos #1 Arrancado
4	_294_FAN_001.INTERLOCKED	MSG_FROM_294PLC005_DINT.3	Senal de Ventilador Hornos Afinos #1 Con Interlock Activo
5	XI_296100A	MSG_FROM_294PLC005_DINT.4	Senal de hornos afino previa etapa de oxidacion
5	COMM_FAULT_294PLC005	MSG_FROM_294PLC005_DINT.12	Falla de comunicacion con PLC 294PLC005

Figura 153. Listado de señales por mensajería Ethernet - PLC 296-PLC-001 y PLC 294-PLC-005 de Hornos Afinos #1

Fuente: Elaboración propia

ANEXO 4. BASE DE DATOS – LISTADO DE SEÑALES DEVICENET

TAG	DESCRIPCION DE EQUIPO	EQUIPO	TIPO ARRANCADOR	DESCRIPCION DE SENAL	TIPO DE DATO	DEVICENET NODO	N de DWORDS	N de Bytes	Direccion Tag PLC	Message TYPE
296-PMP-001A	BOMBA DE AGUA - UNIDAD DE SISTEMA DE ENFRIAMIENTO	MM200	ARRANCADOR DIRECTO	Motor status	DINT[0]	1	38	152	Motor_Data_N1[0].-[38]	Message Explicit
				Contact Input Status	DINT[7]					
296-PMP-001B	BOMBA DE AGUA - UNIDAD DE SISTEMA DE ENFRIAMIENTO	MM200	ARRANCADOR DIRECTO	Motor status	DINT[0]	2	38	152	Motor_Data_N2[0].-[38]	Message Explicit
				Contact Input Status	DINT[7]					
296-BLO-322	SOPLADOR DE AIRE - UNIDAD DE RESIDUOS	MM200	ARRANCADOR DIRECTO	Motor status	DINT[0]	3	38	152	Motor_Data_N3[0].-[38]	Message Explicit
				Contact Input Status	DINT[7]					
296-BLO-324	SOPLADOR DE AIRE - UNIDAD DE RESIDUOS	MM200	ARRANCADOR DIRECTO	Motor status	DINT[0]	4	38	152	Motor_Data_N4[0].-[38]	Message Explicit
				Contact Input Status	DINT[7]					
296-BLO-106	SOPLADOR DE AIRE - SILO DE CAL	MM200	ARRANCADOR DIRECTO	Motor status	DINT[0]	5	38	152	Motor_Data_N5[0].-[38]	Message Explicit
				Contact Input Status	DINT[7]					
RESERVA		MM200	ARRANCADOR DIRECTO	Motor status	DINT[0]	6	38	152	Motor_Data_N6[0].-[38]	Message Explicit
				Contact Input Status	DINT[7]					
296-VAL-303	VALVULA ROTATORIA - UNIDAD DE RECICLAJE	MM200	ARRANCADOR DIRECTO	Motor status	DINT[0]	7	38	152	Motor_Data_N7[0].-[38]	Message Explicit
				Contact Input Status	DINT[7]					
296-VAL-303	VALVULA ROTATORIA - UNIDAD DE RECICLAJE	MM200	ARRANCADOR DIRECTO	Motor status	DINT[0]	8	38	152	Motor_Data_N8[0].-[38]	Message Explicit
				Contact Input Status	DINT[7]					
296-VAL-313	VALVULA ROTATORIA - UNIDAD DE RECICLAJE	MM200	ARRANCADOR DIRECTO	Motor status	DINT[0]	9	38	152	Motor_Data_N9[0].-[38]	Message Explicit
				Contact Input Status	DINT[7]					
296-VAL-314	VALVULA ROTATORIA - UNIDAD DE RECICLAJE	MM200	ARRANCADOR DIRECTO	Motor status	DINT[0]	10	38	152	Motor_Data_N10[0].-[38]	Message Explicit
				Contact Input Status	DINT[7]					
296-VAL-602	VALVULA ROTATORIA - UNIDAD SILO DE RESIDUO	MM200	ARRANCADOR DIRECTO	Motor status	DINT[0]	11	38	152	Motor_Data_N11[0].-[38]	Message Explicit
				Contact Input Status	DINT[7]					
296-BLO-300	SOPLADOR DE AIRE - UNIDAD DE RECICLAJE	MM200	ARRANCADOR DIRECTO	Motor status	DINT[0]	12	38	152	Motor_Data_N12[0].-[38]	Message Explicit
				Contact Input Status	DINT[7]					
296-BLO-310	SOPLADOR DE AIRE - UNIDAD DE RECICLAJE	MM200	ARRANCADOR DIRECTO	Motor status	DINT[0]	13	38	152	Motor_Data_N13[0].-[38]	Message Explicit
				Contact Input Status	DINT[7]					
296-VAL-104	SOPLADOR DE AIRE - UNIDAD DE CAL	MM200	ARRANCADOR DIRECTO	Motor status	DINT[0]	14	38	152	Motor_Data_N14[0].-[38]	Message Explicit
				Contact Input Status	DINT[7]					
RESERVA		MM200	ARRANCADOR DIRECTO	Motor status	DINT[0]	15	38	152	Motor_Data_N15[0].-[38]	Message Explicit
				Contact Input Status	DINT[7]					
296-FAN-900	VENTILADOR - UNIDAD DE RESIDUO	MM200	ARRANCADOR DIRECTO	Motor status	DINT[0]	16	38	152	Motor_Data_N16[0].-[38]	Message Explicit
				Contact Input Status	DINT[7]					
296-FAN-100	VENTILADOR - UNIDAD DE CAL	MM200	ARRANCADOR DIRECTO	Motor status	DINT[0]	17	38	152	Motor_Data_N17[0].-[38]	Message Explicit
				Contact Input Status	DINT[7]					
296-SCR-600	TRANSPORTADOR TORNILLO - UNIDAD DE RESIDUO	MM200	ARRANCADOR DIRECTO	Motor status	DINT[0]	18	38	152	Motor_Data_N18[0].-[38]	Message Explicit
				Contact Input Status	DINT[7]					
296-FDR-210	ALIMENTADOR VOLUMETRICO A - UNIDAD DE CAL	PWFLX 753	VFD	Status Word	DINT	19	6	24	Remoto_01:2:I.Data[0].-[5]	SCANNER
				Feedback	DINT					
				Amperaje	REAL					
				Potencia	REAL					
				Fault Code	DINT					
				Voltage	REAL					
296-FDR-220	ALIMENTADOR VOLUMETRICO B - UNIDAD DE CAL	PWFLX 753	VFD	Status Word	DINT	20	6	24	Remoto_01:2:I.Data[6].-[11]	SCANNER
				Feedback	DINT					
				Amperaje	REAL					
				Potencia	REAL					
				Fault Code	DINT					
				Voltage	REAL					
296-FAN-001	VENTILADOR DE TIRO - UNIDAD CIRCUITO DE GASES	GE469	ARRANCADOR DIRECTO	Relay Status	INT	21	-	2	_N21_GE469_Input_Switch_Relay_Status[0	Message Explicit
				Switch Input Status	INT		-	2	_N21_GE469_Input_Switch_Relay_Status[1	
				Real Power	REAL		-	4	_296_FAN_001_REAL_POWER	

TAG	DESCRIPCION DE EQUIPO	EQUIPO	TIPO ARRANCADOR	DESCRIPCION DE SENAL	TIPO DE DATO	DEVICENET NODO	N de DWORDS	N de Bytes	Direccion Tag PLC	Message TYPE
296-PMP-001A	BOMBA DE AGUA - UNIDAD DE SISTEMA DE ENFRIAMIENTO	MM200	ARRANCADOR DIRECTO	Logic Command	SINT[0]	1	-	1	Motor_CMD_N1	Message Explicit
296-PMP-001B	BOMBA DE AGUA - UNIDAD DE SISTEMA DE ENFRIAMIENTO	MM200	ARRANCADOR DIRECTO	Logic Command	SINT[0]	2	-	1	Motor_CMD_N2	Message Explicit
296-BLO-322	SOPLADOR DE AIRE - UNIDAD DE RESIDUOS	MM200	ARRANCADOR DIRECTO	Logic Command	SINT[0]	3	-	1	Motor_CMD_N3	Message Explicit
296-BLO-324	SOPLADOR DE AIRE - UNIDAD DE RESIDUOS	MM200	ARRANCADOR DIRECTO	Logic Command	SINT[0]	4	-	1	Motor_CMD_N4	Message Explicit
296-BLO-106	SOPLADOR DE AIRE - SILO DE CAL	MM200	ARRANCADOR DIRECTO	Logic Command	SINT[0]	5	-	1	Motor_CMD_N5	Message Explicit
RESERVA		MM200	ARRANCADOR DIRECTO	Logic Command	SINT[0]	6	-	1	Motor_CMD_N6	Message Explicit
296-VAL-303	VALVULA ROTATORIA - UNIDAD DE RECICLAJE	MM200	ARRANCADOR DIRECTO	Logic Command	SINT[0]	7	-	1	Motor_CMD_N7	Message Explicit
296-VAL-303	VALVULA ROTATORIA - UNIDAD DE RECICLAJE	MM200	ARRANCADOR DIRECTO	Logic Command	SINT[0]	8	-	1	Motor_CMD_N8	Message Explicit
296-VAL-313	VALVULA ROTATORIA - UNIDAD DE RECICLAJE	MM200	ARRANCADOR DIRECTO	Logic Command	SINT[0]	9	-	1	Motor_CMD_N9	Message Explicit
296-VAL-314	VALVULA ROTATORIA - UNIDAD DE RECICLAJE	MM200	ARRANCADOR DIRECTO	Logic Command	SINT[0]	10	-	1	Motor_CMD_N10	Message Explicit
296-VAL-602	VALVULA ROTATORIA - UNIDAD SILO DE RESIDUO	MM200	ARRANCADOR DIRECTO	Logic Command	SINT[0]	11	-	1	Motor_CMD_N11	Message Explicit
296-BLO-300	SOPLADOR DE AIRE - UNIDAD DE RECICLAJE	MM200	ARRANCADOR DIRECTO	Logic Command	SINT[0]	12	-	1	Motor_CMD_N12	Message Explicit
296-BLO-310	SOPLADOR DE AIRE - UNIDAD DE RECICLAJE	MM200	ARRANCADOR DIRECTO	Logic Command	SINT[0]	13	-	1	Motor_CMD_N13	Message Explicit
296-VAL-104	SOPLADOR DE AIRE - UNIDAD DE CAL	MM200	ARRANCADOR DIRECTO	Logic Command	SINT[0]	14	-	1	Motor_CMD_N14	Message Explicit
RESERVA		MM200	ARRANCADOR DIRECTO	Logic Command	SINT[0]	15	-	1	Motor_CMD_N15	Message Explicit
296-FAN-900	VENTILADOR - UNIDAD DE RESIDUO	MM200	ARRANCADOR DIRECTO	Logic Command	SINT[0]	16	-	1	Motor_CMD_N16	Message Explicit
296-FAN-100	VENTILADOR - UNIDAD DE CAL	MM200	ARRANCADOR DIRECTO	Logic Command	SINT[0]	17	-	1	Motor_CMD_N17	Message Explicit
296-SCR-600	TRANSPORTADOR TORNILLO - UNIDAD DE RESIDUO	MM200	ARRANCADOR DIRECTO	Logic Command	SINT[0]	18	-	1	Motor_CMD_N18	Message Explicit
296-FDR-210	ALIMENTADOR VOLUMETRICO A - UNIDAD DE CAL	PWFLX 753	VFD	Command Word	DINT[0]	19	6	24	emoto_01:2:O.Data[0].-[	SCANNER
				Ref Speed	DINT[1]					
				DL To NET 01	DINT[2]					
				DL To NET 02	DINT[3]					
				DL To NET 03	DINT[4]					
				DL To NET 04	DINT[5]					
296-FDR-220	ALIMENTADOR VOLUMETRICO B - UNIDAD DE CAL	PWFLX 753	VFD	Command Word	DINT[6]	20	6	24	emoto_01:2:O.Data[6].-[	SCANNER
				Ref Speed	DINT[7]					
				DL To NET 01	DINT[8]					
				DL To NET 02	DINT[9]					
				DL To NET 03	DINT[10]					
				DL To NET 04	DINT[11]					

ANEXO 5. ALARMAS DEL SISTEMA SCADA

	TAG PLC	Severity	MENSAJE
1	_296_BLO_106.Falla_Nodo	800	296_BLO_106 - Arrancador directo - Status Falla Nodo - DeviceNet
2	_296_BLO_106.SP_Emergency	500	296_BLO_106 - Arrancador directo - Parada de emergencia activada
3	_296_BLO_106.Sts_Alarm	500	296_BLO_106 - Arrancador directo - Status Alarm activada
4	_296_BLO_106.TRIP	800	296_BLO_106 - Arrancador directo - Falla Trip
5	_296_BLO_300.Falla_Nodo	800	296_BLO_300 - Arrancador directo - Status Falla Nodo - DeviceNet
6	_296_BLO_300.SP_Emergency	500	296_BLO_300 - Arrancador directo - Parada de emergencia activada
7	_296_BLO_300.Sts_Alarm	500	296_BLO_300 - Arrancador directo - Status Alarm activada
8	_296_BLO_300.TRIP	800	296_BLO_300 - Arrancador directo - Falla Trip
9	_296_BLO_310.Falla_Nodo	800	296_BLO_310 - Arrancador directo - Status Falla Nodo - DeviceNet
10	_296_BLO_310.SP_Emergency	500	296_BLO_310 - Arrancador directo - Parada de emergencia activada
11	_296_BLO_310.Sts_Alarm	500	296_BLO_310 - Arrancador directo - Status Alarm activada
12	_296_BLO_310.TRIP	800	296_BLO_310 - Arrancador directo - Falla Trip
13	_296_BLO_322.Falla_Nodo	800	296_BLO_322 - Arrancador directo - Status Falla Nodo - DeviceNet
14	_296_BLO_322.SP_Emergency	500	296_BLO_322 - Arrancador directo - Parada de emergencia activada
15	_296_BLO_322.Sts_Alarm	500	296_BLO_322 - Arrancador directo - Status Alarm activada
16	_296_BLO_322.TRIP	800	296_BLO_322 - Arrancador directo - Falla Trip
17	_296_BLO_324.Falla_Nodo	800	296_BLO_324 - Arrancador directo - Status Falla Nodo - DeviceNet
18	_296_BLO_324.SP_Emergency	500	296_BLO_324 - Arrancador directo - Parada de emergencia activada
19	_296_BLO_324.Sts_Alarm	500	296_BLO_324 - Arrancador directo - Status Alarm activada
20	_296_BLO_324.TRIP	800	296_BLO_324 - Arrancador directo - Falla Trip
21	_296_DAM_001_CMDP	500	Falla Comando Setpoint (Posible Atasco)
22	_296_DAM_002_CMDP	500	Falla Comando Setpoint (Posible Atasco)
23	_296_DAM_003_CLOSEP	1	296-DAM-003 / Falla al Cerrar

24	_296_DAM_003_OPENP	1	296-DAM-003 / Falla al Abrir
25	_296_DAM_004_CLOSEP	1	296-DAM-004 / Falla al Cerrar
26	_296_DAM_004_FALLA	1	296-DAM-004 / Falla interruptores de posicion
27	_296_DAM_004_OPENP	1	296-DAM-004 / Falla al Abrir
28	_296_DAM_005_CMDP	500	Falla Comando Setpoint (Posible Atasco)
29	_296_DAM_006_CMDP	500	Falla Comando Setpoint (Posible Atasco)
30	_296_DAM_007_CLOSEP	1	296-DAM-007 / Falla al Cerrar
31	_296_DAM_007_FALLA	1	296-DAM-007 / Falla interruptores de posicion
32	_296_DAM_007_OPENP	1	296-DAM-007 / Falla al Abrir
33	_296_DAM_008_CLOSEP	1	296-DAM-008 / Falla al Cerrar
34	_296_DAM_008_FALLA	1	296-DAM-008 / Falla interruptores de posicion
35	_296_DAM_008_OPENP	1	296-DAM-008 / Falla al Abrir
36	_296_DAM_009_CLOSEP	1	296-DAM-009 / Falla al Cerrar
37	_296_DAM_009_FALLA	1	296-DAM-009 / Falla interruptores de posicion
38	_296_DAM_009_OPENP	1	296-DAM-009 / Falla al Abrir
39	_296_DAM_010_CMDP	500	Falla Comando Setpoint (Posible Atasco)
40	_296_FAN_001.Falla_Arranque	800	296_FAN_001 - Arrancador directo - Falla arranque
41	_296_FAN_001.Falla_Nodo	800	296_FAN_001 - Arrancador directo - Status Falla Nodo - DeviceNet
42	_296_FAN_001.TRIP	500	296_FAN_001 - Arrancador directo - Falla Trip
43	_296_FAN_100.Falla_Nodo	800	296_FAN_100 - Arrancador directo - Status Falla Nodo - DeviceNet
44	_296_FAN_100.SP_Emergency	500	296_FAN_100 - Arrancador directo - Parada de emergencia activada
45	_296_FAN_100.Sts_Alarm	500	296_FAN_100 - Arrancador directo - Status Alarm activada
46	_296_FAN_100.TRIP	800	296_FAN_100 - Arrancador directo - Falla Trip
47	_296_FAN_900.Falla_Nodo	800	296_FAN_900 - Arrancador directo - Status Falla Nodo - DeviceNet
48	_296_FAN_900.SP_Emergency	500	296_FAN_900 - Arrancador directo - Parada de emergencia activada
49	_296_FAN_900.Sts_Alarm	500	296_FAN_900 - Arrancador directo - Status Alarm activada
50	_296_FAN_900.TRIP	800	296_FAN_900 - Arrancador directo - Falla Trip
51	_296_FDR_210.Falla_Nodo	800	296_FDR_210 - Arrancador directo - Status Falla Nodo - DeviceNet

52	_296_FDR_210.SP_Emergency	500	296_FDR_210 - Arrancador directo - Parada de emergencia activada
53	_296_FDR_210.Sts_Alarm	500	296_FDR_210 - Arrancador directo - Status Alarm activada
54	_296_FDR_210.TRIP	800	296_FDR_210 - Arrancador directo - Falla Trip
55	_296_FDR_220.Falla_Nodo	800	296_FDR_220 - Arrancador directo - Status Falla Nodo - DeviceNet
56	_296_FDR_220.SP_Emergency	500	296_FDR_220 - Arrancador directo - Parada de emergencia activada
57	_296_FDR_220.Sts_Alarm	500	296_FDR_220 - Arrancador directo - Status Alarm activada
58	_296_FDR_220.TRIP	800	296_FDR_220 - Arrancador directo - Falla Trip
59	_296_PMP_001A.Falla_Nodo	800	296_PMP_001A - Arrancador directo - Status Falla Nodo - DeviceNet
60	_296_PMP_001A.SP_Emergency	500	296_PMP_001A - Arrancador directo - Parada de emergencia activada
61	_296_PMP_001A.Sts_Alarm	500	296_PMP_001A - Arrancador directo - Status Alarm activada
62	_296_PMP_001A.TRIP	800	296_PMP_001A - Arrancador directo - Falla Trip
63	_296_PMP_001B.Falla_Nodo	800	296_PMP_001B - Arrancador directo - Status Falla Nodo - DeviceNet
64	_296_PMP_001B.SP_Emergency	500	296_PMP_001B - Arrancador directo - Parada de emergencia activada
65	_296_PMP_001B.Sts_Alarm	500	296_PMP_001B - Arrancador directo - Status Alarm activada
66	_296_PMP_001B.TRIP	800	296_PMP_001B - Arrancador directo - Falla Trip
67	_296_SCR_600.Falla_Nodo	800	296_SCR_600 - Arrancador directo - Status Falla Nodo - DeviceNet
68	_296_SCR_600.SP_Emergency	500	296_SCR_600 - Arrancador directo - Parada de emergencia activada
69	_296_SCR_600.Sts_Alarm	500	296_SCR_600 - Arrancador directo - Status Alarm activada
70	_296_SCR_600.TRIP	800	296_SCR_600 - Arrancador directo - Falla Trip
71	_296_VAL_104.Falla_Nodo	800	296_VAL_104 - Arrancador directo - Status Falla Nodo - DeviceNet
72	_296_VAL_104.SP_Emergency	500	296_VAL_104 - Arrancador directo - Parada de emergencia activada
73	_296_VAL_104.Sts_Alarm	500	296_VAL_104 - Arrancador directo - Status Alarm activada
74	_296_VAL_104.TRIP	800	296_VAL_104 - Arrancador directo - Falla Trip
75	_296_VAL_302.Falla_Nodo	800	296_VAL_302 - Arrancador directo - Status Falla Nodo - DeviceNet
76	_296_VAL_302.SP_Emergency	500	296_VAL_302 - Arrancador directo - Parada de emergencia activada

77	_296_VAL_302.Sts_Alarm	500	296_VAL_302 - Arrancador directo - Status Alarm activada
84	_296_VAL_302.TRIP	800	296_VAL_302 - Arrancador directo - Falla Trip
85	_296_VAL_303.Falla_Nodo	800	296_VAL_303 - Arrancador directo - Status Falla Nodo - DeviceNet
86	_296_VAL_303.SP_Emergency	500	296_VAL_303 - Arrancador directo - Parada de emergencia activada
87	_296_VAL_303.Sts_Alarm	500	296_VAL_303 - Arrancador directo - Status Alarm activada
88	_296_VAL_303.TRIP	800	296_VAL_303 - Arrancador directo - Falla Trip
89	_296_VAL_313.Falla_Nodo	800	296_VAL_313 - Arrancador directo - Status Falla Nodo - DeviceNet
90	_296_VAL_313.SP_Emergency	500	296_VAL_313 - Arrancador directo - Parada de emergencia activada
91	_296_VAL_313.Sts_Alarm	500	296_VAL_313 - Arrancador directo - Status Alarm activada
92	_296_VAL_313.TRIP	800	296_VAL_313 - Arrancador directo - Falla Trip
93	_296_VAL_314.Falla_Nodo	800	296_VAL_314 - Arrancador directo - Status Falla Nodo - DeviceNet
94	_296_VAL_314.SP_Emergency	500	296_VAL_314 - Arrancador directo - Parada de emergencia activada
95	_296_VAL_314.Sts_Alarm	500	296_VAL_314 - Arrancador directo - Status Alarm activada
96	_296_VAL_314.TRIP	800	296_VAL_314 - Arrancador directo - Falla Trip
97	_296_VAL_602.Falla_Nodo	800	296_VAL_602 - Arrancador directo - Status Falla Nodo - DeviceNet
98	_296_VAL_602.SP_Emergency	500	296_VAL_602 - Arrancador directo - Parada de emergencia activada
99	_296_VAL_602.Sts_Alarm	500	296_VAL_602 - Arrancador directo - Status Alarm activada
100	_296_VAL_602.TRIP	800	296_VAL_602 - Arrancador directo - Falla Trip
101	A296_PLC_001_FAIL_RING_NET	500	Falla - Red Anillo no cerrado completamente
102	A296_PLC_001.auxFailDNB	800	Falla en Red DeviceNet
103	AIT_296170.H	500	Nivel de SO2 alto en la chimenea 296-STK-001
104	AIT_296170.HH	800	Nivel de SO2 muy alto en la chimenea 296-STK-001
105	AT_296216.H	500	Modulo 1 -Detector de ruptura en Modulo ha superado el setpoint alto de particulas
106	AT_296216.HH	800	Modulo 1 -Detector de ruptura en Modulo ha superado el setpoint muy alto de particulas
107	AT_296226.H	500	Modulo 2 -Detector de ruptura en Modulo ha superado el setpoint alto de particulas

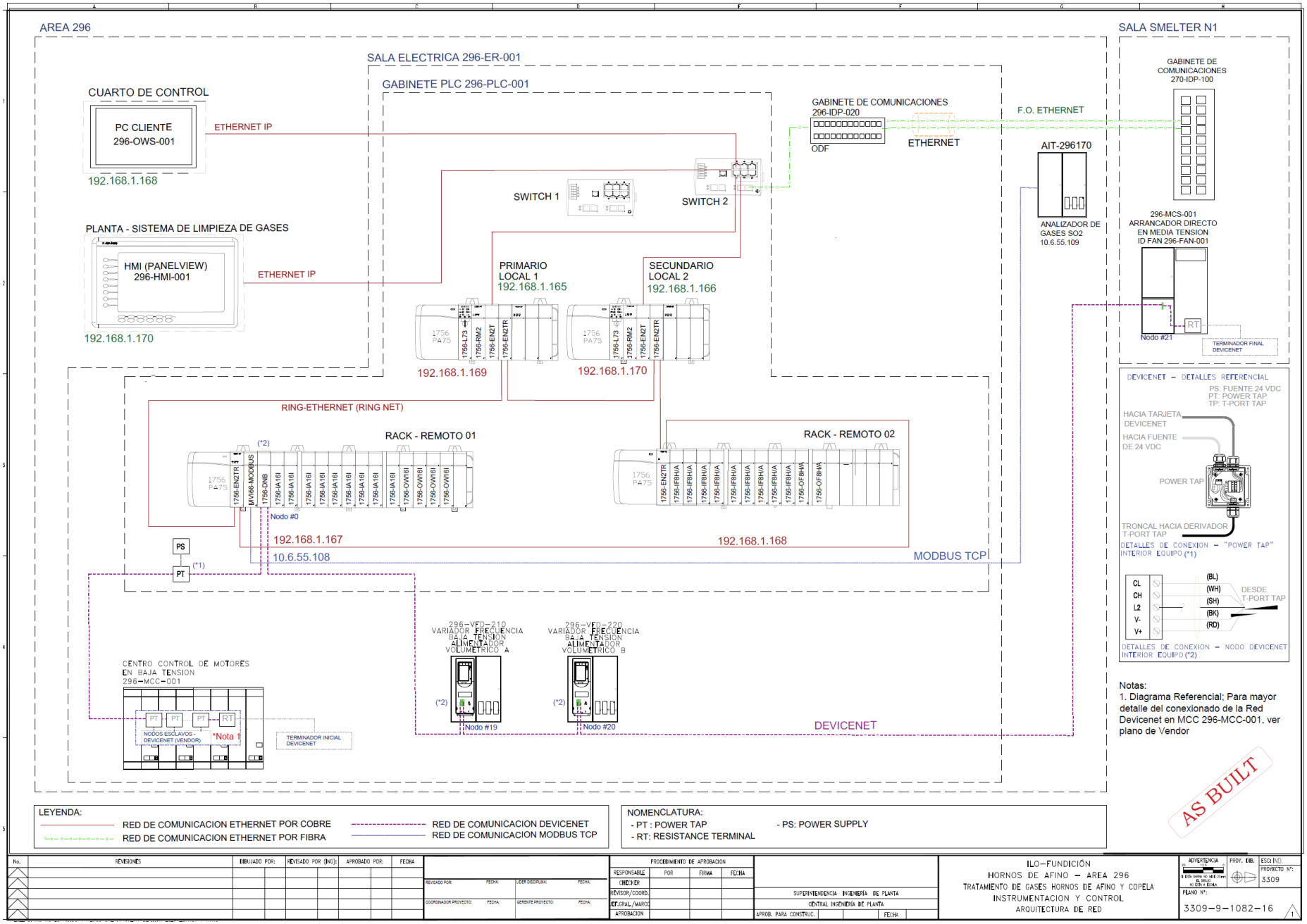
108	AT_296226.HH	800	Modulo 2 -Detector de ruptura en Modulo ha superado el setpoint muy alto de particulas
109	AT_296236.H	500	Modulo 3 -Detector de ruptura en Modulo ha superado el setpoint alto de particulas
110	AT_296236.HH	800	Modulo 3 -Detector de ruptura en Modulo ha superado el setpoint muy alto de particulas
111	AT_296246.H	500	Modulo 4 -Detector de ruptura en Modulo ha superado el setpoint alto de particulas
112	AT_296246.HH	800	Modulo 4 -Detector de ruptura en Modulo ha superado el setpoint muy alto de particulas
113	FIT_296126.LL	1	Muy Bajo flujo de agua a la salida de las bombas 296-PMP-001A/B
114	FIT_296131.LL	1	Muy Bajo flujo de agua en salida de recirculacion de las bombas 296-PMP-001A/B
115	LIT_296143.H	1	Nivel alto en el tanque 296-TNK-001
116	LIT_296143.HH	1	Nivel muy alto en el tanque 296-TNK-001
117	LIT_296143.L	1	Nivel bajo en el tanque 296-TNK-001
118	LIT_296143.LL	1	Nivel muy bajo en el tanque 296-TNK-001
119	LSH_296155.Input_Logic	1	Nivel alto en Silo de Cal (Lime Silo) - 296_BIN_001
120	LSH_296166.Input_Logic	1	Nivel alto en Tolva A (Hopper A) - 296_BIN_210
121	LSH_296168.Input_Logic	1	Nivel alto en Tolva B (Hopper B) - 296_BIN_220
122	LSH_296217.Input_Logic	1	Modulo 1 - Se ha acumulado material de desecho en la tolva hasta el interruptor de nivel
123	LSH_296227.Input_Logic	1	Modulo 2 - Se ha acumulado material de desecho en la tolva hasta el interruptor de nivel
124	LSH_296237.Input_Logic	1	Modulo 3 - Se ha acumulado material de desecho en la tolva hasta el interruptor de nivel
125	LSH_296247.Input_Logic	1	Modulo 4 - Se ha acumulado material de desecho en la tolva hasta el interruptor de nivel
126	LSH_296253.Input_Logic	500	Recycle Hopper A - Se ha acumulado material de desecho en la tolva hasta el interruptor de nivel
127	LSH_296260.Input_Logic	500	Waste Surge Bin A - Se ha acumulado material de desecho en la tolva hasta el interruptor de nivel
128	LSH_296273.Input_Logic	500	Recycle Hopper B - Se ha acumulado material de desecho en la tolva hasta el interruptor de nivel
129	LSH_296280.Input_Logic	500	Waste Surge Bin B - Se ha acumulado material de desecho en la tolva hasta el interruptor de nivel

130	LSHH_296290.Input_Logic	500	Residue Silo - Se ha acumulado material de desecho en la tolva hasta el interruptor de nivel
131	LSL_296154.Input_Logic	1	Nivel bajo en Silo de Cal (Lime Silo) - 296_BIN_001
132	LSLL_296153.Input_Logic	1	Nivel alto en Silo de Cal (Lime Silo) - 296_BIN_001
133	LV_296143_CLOSEP	1	LV_296143 / Falla al Cerrar
134	LV_296143_FALLA	1	LV_296143 / Falla de interruptores de posicion
135	LV_296143_OPENP	1	LV_296143 / Falla al Abrir
136	PDIT_296180AB_AVERAGE.H	500	Presion diferencial alta en el Reactor
137	PDIT_296180AB_AVERAGE.HH	800	Presion diferencial muy alta en el Reactor
138	PDIT_296180AB_AVERAGE.L	500	Presion diferencial baja en el Reactor
139	PDIT_296200.H	500	Alta presion diferencial en el Baghouse
140	PDIT_296200.HH	800	Muy alta presion diferencial en el Baghouse
141	PDT_296120.H	1	Alta presion diferencial en la bomba 296-PMP-001A/B
142	PDT_296120.HH	1	Muy alta presion diferencial en la bomba 296-PMP-001A/B
143	PIT_296101.H	500	Presion alta del gas en ducto 296-DUC-001
144	PIT_296101.HH	800	Presion muy alta del gas en ducto 296-DUC-001
145	PIT_296102.H	500	Presion alta del gas en ducto 296-DUC-002
146	PIT_296102.HH	800	Presion muy alta del gas en ducto 296-DUC-002
147	PIT_296106.H	500	Presion alta del gas en ducto 296-DUC-006
148	PIT_296106.HH	800	Presion muy alta del gas en ducto 296-DUC-006
149	PIT_296106.L	500	Presion baja del gas en ducto 296-DUC-006
150	PIT_296123.HH	1	Muy Alta Presion en bombas 296-PMP-001A/B
151	PIT_296123.LL	1	Muy Baja Presion en bombas 296-PMP-001A/B
152	PIT_296163.H	1	Alta presion en soplador de cal (Lime Blower)
153	PIT_296202.L	500	Presion Baja a la entrada del Damper 005
154	PIT_296202.LL	500	Presion Muy Baja a la entrada del Damper 005
155	PIT_296255.H	1	Presion alta en Soplador de deslizamiento 296-BLO-300
156	PIT_296268.HH	500	Muy alta presion en Soplador de Residuo
157	PIT_296275.H	1	Presion alta en Soplador de deslizamiento 296-BLO-310
158	PSL_296211.Input_Logic	500	Modulo 1 - Switch de presion baja / PSL_296211
159	PSL_296212.Input_Logic	500	Modulo 1 - Switch de presion baja / PSL_296212
160	PSL_296213.Input_Logic	500	Modulo 1 - Switch de presion baja / PSL_296213
161	PSL_296214.Input_Logic	500	Modulo 1 - Switch de presion baja / PSL_296214

162	PSL_296221.Input_Logic	500	Modulo 2 - Switch de presion baja / PSL_296221
163	PSL_296222.Input_Logic	500	Modulo 2 - Switch de presion baja / PSL_296222
164	PSL_296223.Input_Logic	500	Modulo 2 - Switch de presion baja / PSL_296223
165	PSL_296224.Input_Logic	500	Modulo 2 - Switch de presion baja / PSL_296224
166	PSL_296231.Input_Logic	500	Modulo 3 - Switch de presion baja / PSL_296231
167	PSL_296232.Input_Logic	500	Modulo 3 - Switch de presion baja / PSL_296232
168	PSL_296233.Input_Logic	500	Modulo 3 - Switch de presion baja / PSL_296233
169	PSL_296234.Input_Logic	500	Modulo 3 - Switch de presion baja / PSL_296234
170	PSL_296241.Input_Logic	500	Modulo 4 - Switch de presion baja / PSL_296241
171	PSL_296242.Input_Logic	500	Modulo 4 - Switch de presion baja / PSL_296242
172	PSL_296243.Input_Logic	500	Modulo 4 - Switch de presion baja / PSL_296243
173	PSL_296244.Input_Logic	500	Modulo 4 - Switch de presion baja / PSL_296244
174	TIT_296115ABC_AVERAGE.H	500	Alta temperatura a la entrada del Reactor
175	TIT_296115ABC_AVERAGE.HH	800	Muy alta temperatura a la entrada del Reactor
176	TIT_296135ABC_AVERAGE.H	500	Alta temperatura a la salida del Reactor
177	TIT_296135ABC_AVERAGE.HH	800	Muy alta temperatura a la salida del Reactor
178	WIT_296171.H	1	Nivel de Peso alto en Feeder A
179	WIT_296171.L	1	Nivel de Peso bajo en Feeder A
180	WIT_296172.H	1	Nivel de Peso alto en Feeder B
181	WIT_296172.L	1	Nivel de Peso bajo en Feeder B
182	ZAA_296200	1	296VAL200 - Valvula de desvio - Falla al llegar a la posicion del lado A
183	ZAB_296200	1	296VAL200 - Valvula de desvio - Falla al llegar a la posicion del lado B
184	ZAC_296210	1	Modulo 1 - Damper de entrada, Falla al cerrar - YC_296210
185	ZAC_296216	1	Modulo 1 - Damper de salida, Falla al cerrar - YC_296216
186	ZAC_296220	1	Modulo 2 - Damper de entrada, Falla al cerrar - YC_296220
187	ZAC_296226	1	Modulo 2 - Damper de salida, Falla al cerrar - YC_296226
188	ZAC_296230	1	Modulo 3- Damper de entrada, Falla al cerrar - YC_296230

189	ZAC_296236	1	Modulo 3- Damper de salida, Falla al cerrar - YC_296236
190	ZAC_296240	1	Modulo 4- Damper de entrada, Falla al cerrar - YC_296240
191	ZAC_296246	1	Modulo 4- Damper de salida, Falla al cerrar - YC_296246
192	ZAO_296210	1	Modulo 1 - Damper de entrada, Falla al abrir - YC_296210
193	ZAO_296216	1	Modulo 1 - Damper de entrada, Falla al abrir - YC_296216
194	ZAO_296220	1	Modulo 2 - Damper de entrada, Falla al abrir - YC_296220
195	ZAO_296226	1	Modulo 2 - Damper de entrada, Falla al abrir - YC_296226
196	ZAO_296230	1	Modulo 3 - Damper de entrada, Falla al abrir - YC_296230
197	ZAO_296236	1	Modulo 3 - Damper de entrada, Falla al abrir - YC_296236
198	ZAO_296240	1	Modulo 4 - Damper de entrada, Falla al abrir - YC_296240

ANEXO 6. ARQUITECTURA DE CONTROL


AREA 296
SALA ELECTRICA 296-ER-001
GABINETE PLC 296-PLC-001
CUARTO DE CONTROL
PC CLIENTE
296-OWS-001
192.168.1.168
ETHERNET IP
PLANTA - SISTEMA DE LIMPIEZA DE GASES
HMI (PANELVIEW)
296-HMI-001
192.168.1.170
ETHERNET IP
SWITCH 1
SWITCH 2
GABINETE DE COMUNICACIONES
296-IDP-020
ODF
ETHERNET
F.O. ETHERNET
AIT-296170
ANALIZADOR DE GASES SO2
10.6.55.109
SALA SMELTER N1
GABINETE DE COMUNICACIONES
270-IDP-100
296-MCS-001
ARRANCADOR DIRECTO EN MEDIA TENSION
ID FAN 296-FAN-001
Nodo #21
TERMINADOR FINAL DEVICENET
PRIMARIO
LOCAL 1
192.168.1.165
SECUNDARIO
LOCAL 2
192.168.1.166
192.168.1.169
192.168.1.170
RING-ETHERNET (RING NET)
RACK - REMOTO 01
RACK - REMOTO 02
Nodo #0
192.168.1.167
10.6.55.108
192.168.1.168
MODBUS TCP
PS
PT
(*1)
(*2)
296-VFD-210
VARIADOR FRECUENCIA
BAJA TENSION
ALIMENTADOR
VOLUMETRICO A
296-VFD-220
VARIADOR FRECUENCIA
BAJA TENSION
ALIMENTADOR
VOLUMETRICO B
Nodo #19
Nodo #20
DEVICENET
CENTRO CONTROL DE MOTORES
EN BAJA TENSION
296-MCC-001
NODOS ESCLAVOS - DEVICENET (VENDOR)
*Nota 1
TERMINADOR INICIAL DEVICENET
DEVICENET – DETALLES REFERENCIAL
PS: FUENTE 24 VDC
PT: POWER TAP
TP: T-PORT TAP
HACIA TARJETA DEVICENET
HACIA FUENTE DE 24 VDC
POWER TAP
TRONCAL HACIA DERIVADOR T-PORT TAP
DETALLES DE CONEXION – "POWER TAP" INTERIOR EQUIPO (*1)
CL
CH
L2
V-
V+
(BL)
(WH)
(SH)
(BK)
(RD)
DESDE T-PORT TAP
DETALLES DE CONEXION – NODO DEVICENET INTERIOR EQUIPO (*2)
Notas:
1. Diagrama Referencial; Para mayor detalle del conexionado de la Red Devicenet en MCC 296-MCC-001, ver plano de Vendor
AS BUILT
LEYENDA:
RED DE COMUNICACION ETHERNET POR COBRE
RED DE COMUNICACION ETHERNET POR FIBRA
RED DE COMUNICACION DEVICENET
RED DE COMUNICACION MODBUS TCP
NOMENCLATURA:
- PT : POWER TAP
- PS: POWER SUPPLY
- RT: RESISTANCE TERMINAL
REVISIONES
DIBUJADO POR:
REVISADO POR (ING):
APROBADO POR:
FECHA
PROCEDIMIENTO DE APROBACION
RESPONSABLE
CHECKER
REVISOR/COORD.
REF.GRAL./MARCO
APROBACION
POR
FIRMA
FECHA
SUPERINTENDENCIA INGENIERIA DE PLANTA
CENTRAL INGENIERIA DE PLANTA
APROB. PARA CONSTRUC.
ILO–FUNDICIÓN
HORNOS DE AFINO – AREA 296
TRATAMIENTO DE GASES HORNOS DE AFINO Y COPELA
INSTRUMENTACION Y CONTROL
ARQUITECTURA DE RED
PROY. DIB.
ESC: (NO)
PROYECTO N°: 3309
PLANO N°: 3309–9–1082–16

ANEXO 7. ESTÁNDAR DE PANTALLAS SCADA

.

1.1. STATUS DE EQUIPOS - MOTORES

El estado operativo de la bomba y el ventilador (para monitoreo) se basa en el color estándar y el simbolismo que se muestra en la siguiente tabla.

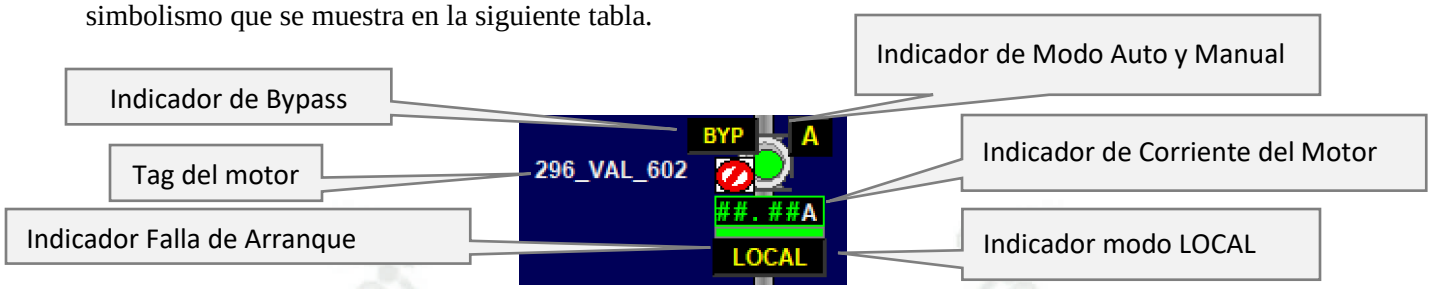


Figura 154. Símbolo Estándar de Motores

Fuente: Elaboración Propia

SÍMBOLO DE GRÁFICOS	DESCRIPCIÓN DE ESTADOS
	Estado Color rojo: El motor está listo para su arranque y detenido.
	Estado Color Rojo y su Símbolo de enclavamiento: El motor se detuvo por enclavamiento de proceso, el operario debe hacer clic para mayor detalle.
	Estado Color Verde: El motor se encuentra operando o en marcha.
	Estado Color Negro-Anaranjado: El color cambia de negro a naranja significa que existe un mal funcionamiento del motor y se detiene.

Figura 155. Estándar de Colores

Fuente: Elaboración Propia

Cuando el selector físico (que se encuentra en el cuarto eléctrico) se encuentra en "modo manual" (o modo local en sitio), en el SCADA podrá ser visualizado la letra "L", el cual indicará el operador ejecutará los comandos de control a través de los botones “start y stop” desde el equipo. Asimismo, cuando el selector este en modo Remoto-Auto en el SCADA aparecerá la letra "R", que indicará que el control se ejecutará a través del faceplate del SCADA.

Tipos de Modo de Operación de equipos	DESCRIPCIÓN DE ESTADOS
	Modo Remoto y Automático: el motor se enciende en base a las condiciones del sistema.
	Modo Remoto y Manual: el motor se enciende en Modo Manual mediante los botones lógicos start y stop desde el SCADA.
	Local: El motor es únicamente accionado desde los botones “Start” y “Stop” que están ubicados en sitio.

Figura 156. Estándar de Modos de Operatividad

Fuente: Elaboración Propia

Nota: Para que pueda funcionar el control sin inconvenientes desde el SCADA, es necesario revisar en sitio que los botones de PARADA DE EMERGENCIA no estén activados porque impiden completamente el control desde la pantalla el SCADA.

1.2. STATUS DE VÁLVULAS

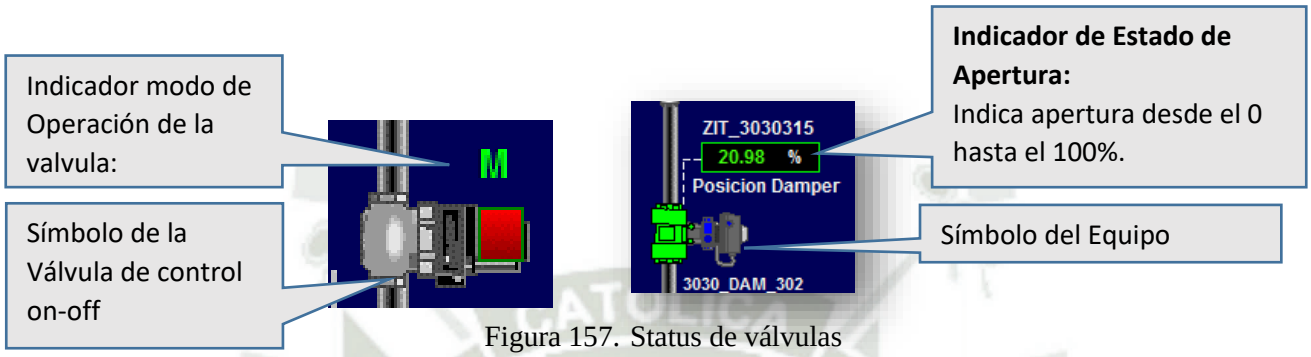


Figura 157. Status de válvulas
Fuente: Elaboración Propia

En la siguiente tabla se hace mención los diversos estados que pueden funcionar los equipos:

Estados de las válvulas	DESCRIPCIÓN DE ESTADOS
	Color Verde (Posición Abierta): Este estado indica que la válvula se encuentra abierto al 100%.
	Color Rojo (Posición Cerrado): Indica que la válvula se encuentra cerro al 100%.
	Color Amarillo (En Transición): Indica que existe transición de la válvula al cierre o hacia la apertura.
	Color Parpadeante (Falla): Existe una falla por parte de interruptores de posición en la válvula, y el parpadeo es de color amarillo y rojo.

Figura 158. Lista de Estados de válvulas
Fuente: Elaboración Propia

Los modos de operación del motor existentes son los siguientes:

Modo de Operación	DESCRIPCIÓN
	Manual: Indica que se ha habilitado el accionamiento de abrir y cerrar desde el faceplate del SCADA.
	Automático: Indica que el control del equipo se realiza automáticamente en base a las condiciones del proceso.

Figura 159. Lista de Modo de Operación
Fuente: Elaboración Propia

1.3. FACEPLATE PARA EL CONTROL DE LOS MOTORES Y VÁLVULAS

A continuación, se hará una breve descripción acerca de los Faceplates, los cuales permitirán determinar el estado de funcionamiento actual del equipo. Se tendrá el texto parpadeante de color rojo para los interlocks, status o permisivos activos.

1.3.1. FACEPLATE - VENTILADOR DE TIRO 296-FAN-001 – GE 469



Figura 160. Faceplate ventilador de tiro

Fuente: Elaboración Propia

1.3.2. FACEPLATE – TÍPICO ARRANCADORES DIRECTOS - MM200

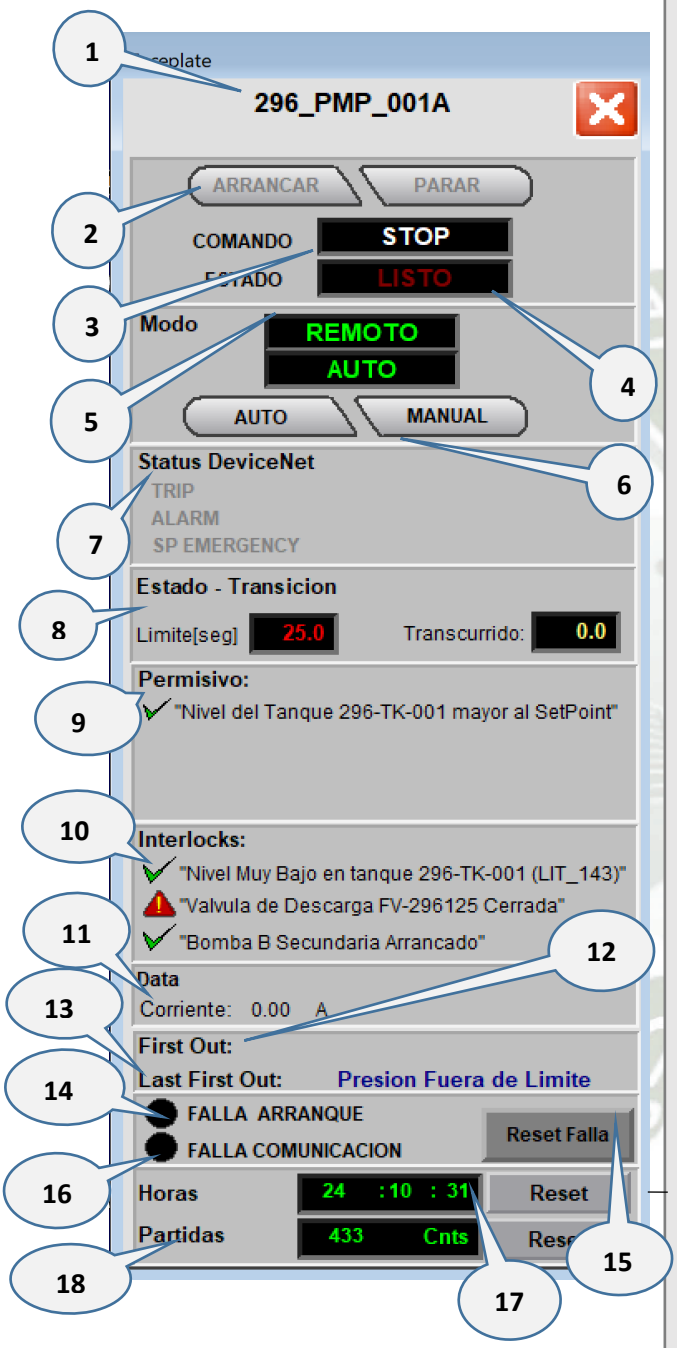


Figura 161. Faceplate – Bomba 296-PMP-001A

Fuente: Elaboración Propia

1. Tag del Equipo
2. Botoneras para la Parada y Arranque, que estarán deshabilitados en modo Remoto Auto y Modo Local.
3. Indica si el ultimo comando seteado fue manual o auto.
4. Indica el estado actual del equipo:
   a. Arrancado
   b. Listo, el equipo está listo para su arranque y sin fallas.
   c. Detenido por alguna condición del sistema o falla.
   d. Falla (Falla de comunicación DeviceNet)
5. Indica el modo que opera el motor:
   a. Modo Local (Selector ubicado en campo)
   b. Modo Remoto (Selector ubicado en campo)
6. Modo de operatividad en Modo- Remoto:
   a. Manual. El operador puede arrancar y detener el equipo desde el SCADA.
   b. Auto. El equipo se enciende o detiene según condición del sistema.
7. **Status.** Indica los estados de trip, alarma o parada de emergencia adquiridos por comunicación DeviceNet.
8. **Estado – Transición:** Indica el límite (seg) establecido para el arranque y el tiempo transcurrido desde que se pulso START.
9. **Permisivo**. Indica que condición se requiere para empezar el arranque en modo manual y auto.
10. **Interlock**. Indica que condición no permitirá encender el equipo y detendrá al equipo si este encendido en modo manual o auto.
11. **Corriente.** Indica la medición de corriente del equipo.
12. **First Out.** Indica cual fue el último motivo o condición de la parada del equipo.
13. **Last First Out.** Indica el penúltimo motivo de la detención del equipo.
14. **Falla Arranque.** Indica que fallo el equipo al intentar arrancar.
15. **Reset.** Botonera para resetear la falla de arranque.
16. **Falla Comunicación.** Señal que indica que la tarjeta scanner DeviceNet no detecta en la red al equipo o eléctricamente esta des energizado.
17. **Horas.** Muestra la cantidad de tiempo en horas que el equipo estuvo en operación.
18. **Partidas**. Indica cuantas veces se ha dado el comando de arranque al equipo.

1.3.3. FACEPLATE TÍPICO - VÁLVULAS DISCRETAS O DAMPERS

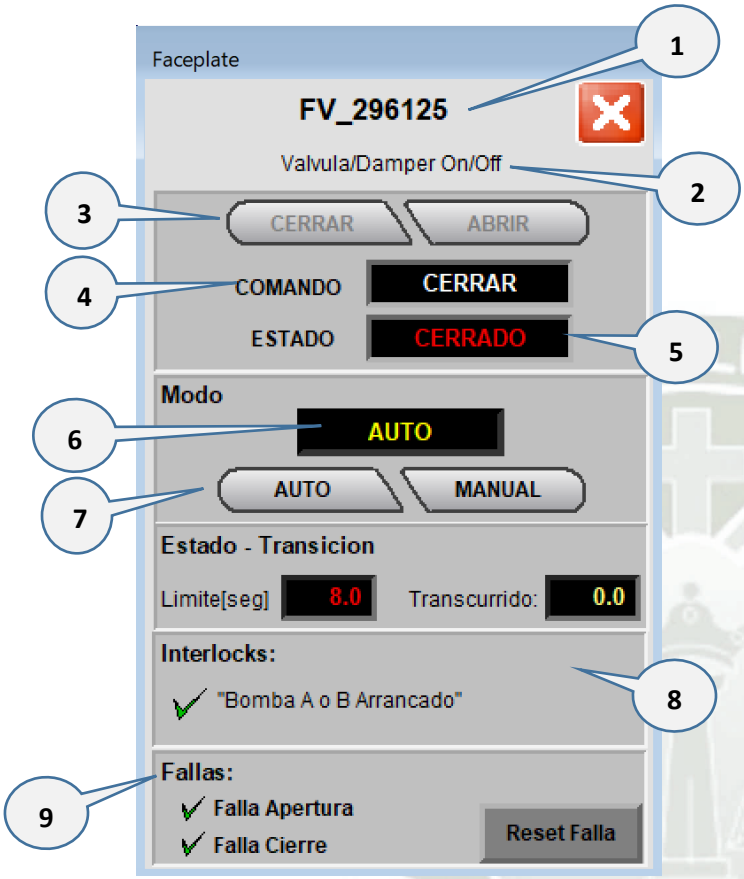


Figura 162. Faceplate – Válvula de descarga FV-296125

Fuente: Elaboración propia

1. Nombre identificador del equipo (tag).
2. Descripción de la válvula/dámper.
3. Botonera para abrir y cerrar la válvula de control
4. Muestra el ultimo comando que permitió cerrar o abrir la válvula.
5. Estado de la Apertura de la válvula. Los estados pueden ser:
    a. Abierto
    b. Cerrado
    c. Falla (Falla interruptores posición)
    d. Transición
6. Indica en qué modo de operatividad se encuentra, ya sea en auto o manual. Se debe presionar en Modo Manual para habilitar botoneras "Cerrar" y "Abrir"
7. Botoneras de Seteo Auto y Manual. Presionar Manual para abrir y cerrar desde Faceplate.
8. Interlocks: Indica la condición de proceso que permite que la válvula se cierra en modo manual y automático).
9. Falla Apertura/Cierre, Indicador parpadea cuando los interruptores de posición no alcanzan al comando seteado.

1.3.4. FACEPLATE TÍPICO -VÁLVULA DE DESVIÓ Y SISTEMA DE FLUIDIZACIÓN

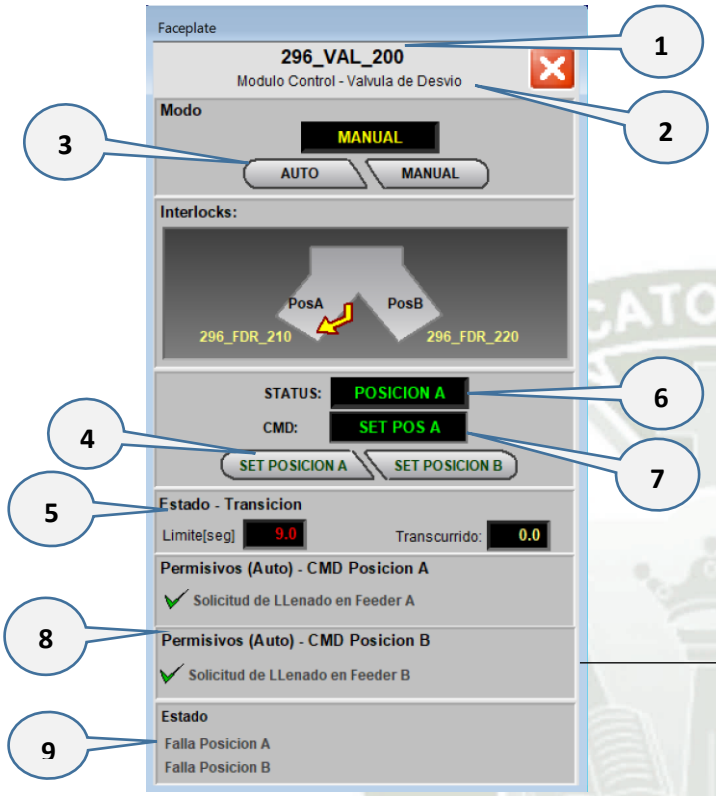


Figura 163. Faceplate – Válvula Desvío

Fuente: Elaboración propia

1. Nombre identificador del equipo (tag).
2. Descripción de la válvula desvió.
3. Botoneras de Seteo Auto y Manual. Presionar Manual para habilitar botoneras "SET POSICIÓN A" y "SET POSICIÓN B" desde Faceplate.
4. Botón de Control de Posición A y B en modo Manual
5. Estado de transición: Tiempo límite establecido para el cambio de posición A y B y tiempo transcurrido desde que se presionó Set Posición A o Set Posición B.
6. Estado de Posición de la válvula desvió. Los estados pueden ser:
    a. Posición A
    b. Posición B
7. Ultimo Comando seteado desde faceplate
    a. SET POS A: Se presionó Posición A
    b. SET POS B: Se presionó Posición B
8. Permisivos (Auto): Condiciones en automático que permitirán el cambio de Posición hacia A o B.
9. Estado: Muestra falla al intentar cambiar a posición A o B.

1. Nombre identificador del equipo (tag).
2. Descripción del sistema fluidización.
3. Botoneras de Seteo Auto y Manual. Presionar Manual para habilitar botoneras “Abrir” y “Cerrar” válvulas, desde Faceplate.
4. Status de válvulas: En esta grafica se mostrará el status de la apertura/cierre de las válvulas.
5. Tiempos: Se muestra el tiempo de activación de fluidización, el cual consiste en:
   a. Time Lapsed (Valve A & C): Tiempo transcurrido de activación de válvulas A y C.
   b. Time Repose: Tiempo transcurrido de reposo, en la que las válvulas permanecen desactivadas
   c. Time Lapsed (Valve B & D): Tiempo transcurrido de activación de válvulas B y D.
6. Botoneras de forzado: Si el sistema se encuentra en automático, es posible forzar la secuencia de válvulas presionando sobre “Forzar Secuencia”.
7. Permisivos en automático: Condiciones que permitirán el inicio de secuencia en automático las válvulas de fluidización.
8. Control de electroválvulas: Muestra Status de modo operación (A: Automático, M:Manual) y botoneras de control de Apertura y Cierre,

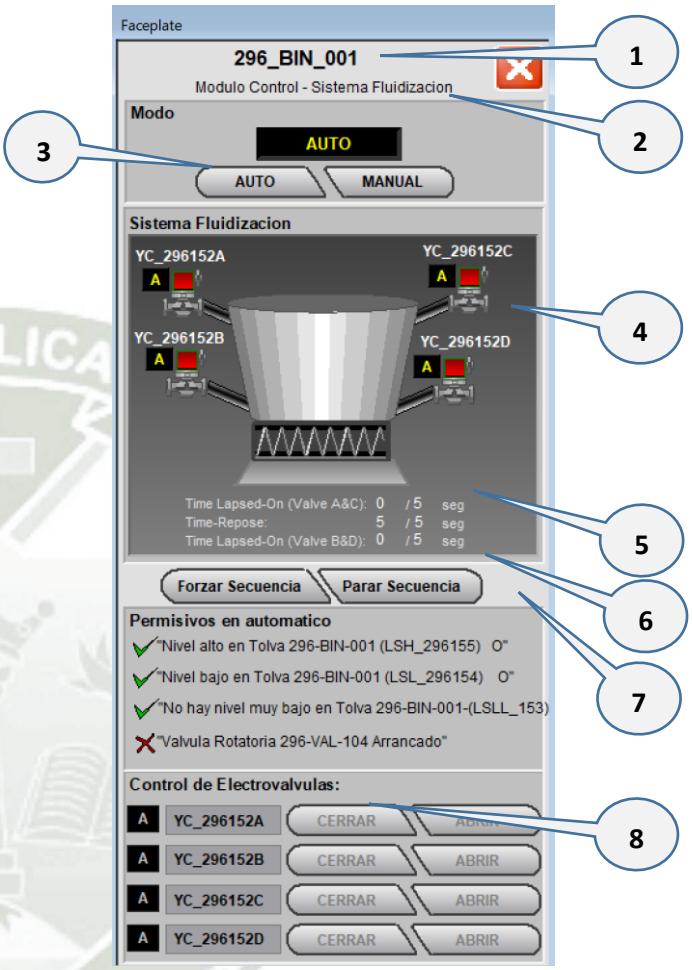


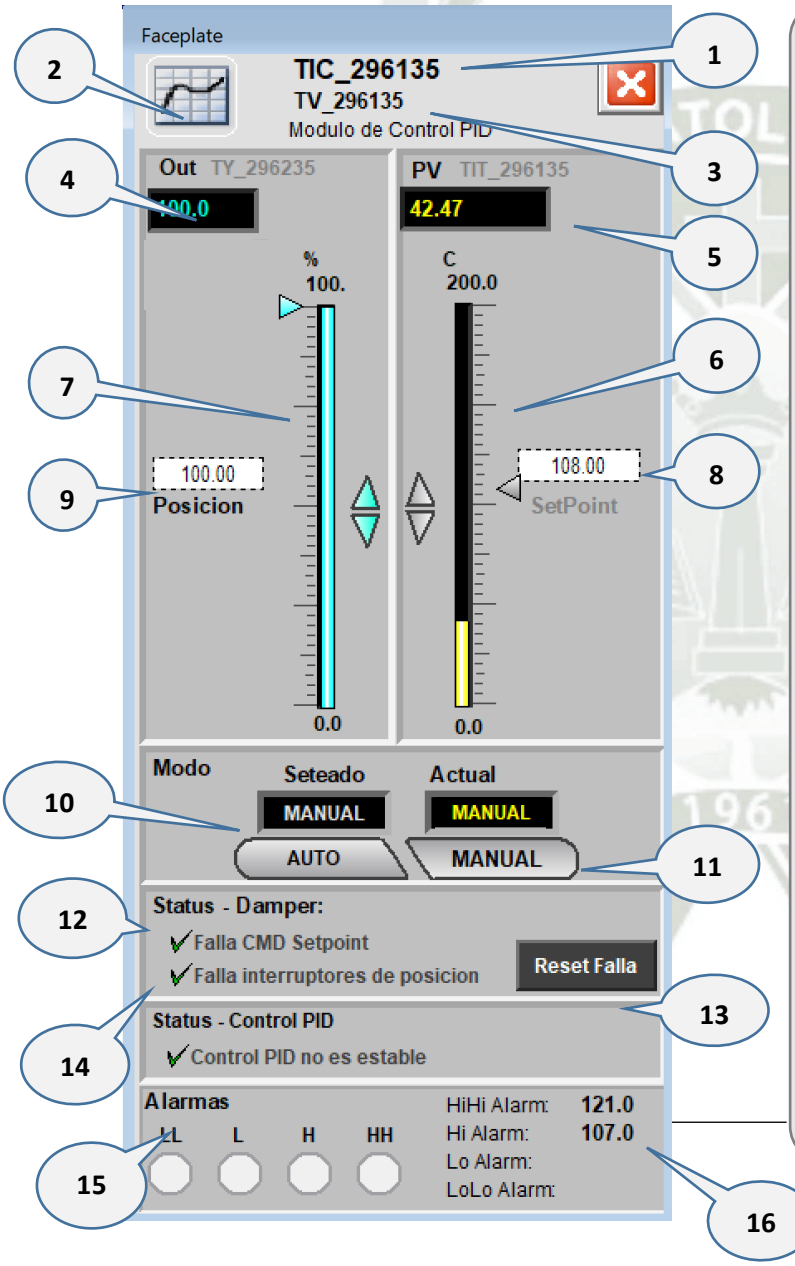
Figura 164. Faceplate - Sistema Fluidización

Fuente: Elaboración propia

1.4. FACEPLATE DE LAZOS DE CONTROL PID y ON-FF.

En los siguientes Faceplates se hace mención sobre cómo manejar los Faceplate para los diversos lazos de control de nivel, presión de vacío presión diferencial, temperatura, caudal.

1.4.1. FACEPLATE TÍPICO DE CONTROL PID



1. Identificador del Lazo de Control.
2. Botonera de Tendencia de lazo PID
3. Tag de Equipo
4. **Out:** Indica que porcentaje se encuentra abierto la válvula TV-296135
5. **PV:** Indica el valor de la Variable de Proceso. El cuál es el PV de nivel de temperatura.
6. Barra indicadora del nivel de temperatura (PV).
7. Barra que indica la medición de porcentaje de la apertura de la válvula TY-296135
8. Botonera e indicador para el seteo del SetPoint del Nivel de Temperatura establecido.
9. Botonera e indicador para establecer en que posición de apertura, el cual se habilita en modo manual.
10. Indica el Modo de operatividad del equipo.
11. Botoneras de Seteo de Modo Manual y Automático.
12. Status-Damper: Se activa por feedback o por interruptores de posición.
13. Reset Falla: Resetea la falla para desenclavar
14. Status Control PID: Indica que el control PID no es estable
15. Alarmas: Indica que alarmas se encuentran activas en referencia a variables de proceso.
16. Indica el valor de los niveles de alarmas establecidos.

Figura 165. Faceplate – Lazo de Control de Nivel de Temperatura – TIC296135

Fuente: Elaboración propia

La siguiente ventana de tendencias “Trend – PID” muestra las variables que incluyen al Control PID:

1. Variable de Proceso (PV)
2. Comando de Setpoint de Actuador del Controlador PID
3. Feedback del Actuador
4. Setpoint del controlador PID (SP)

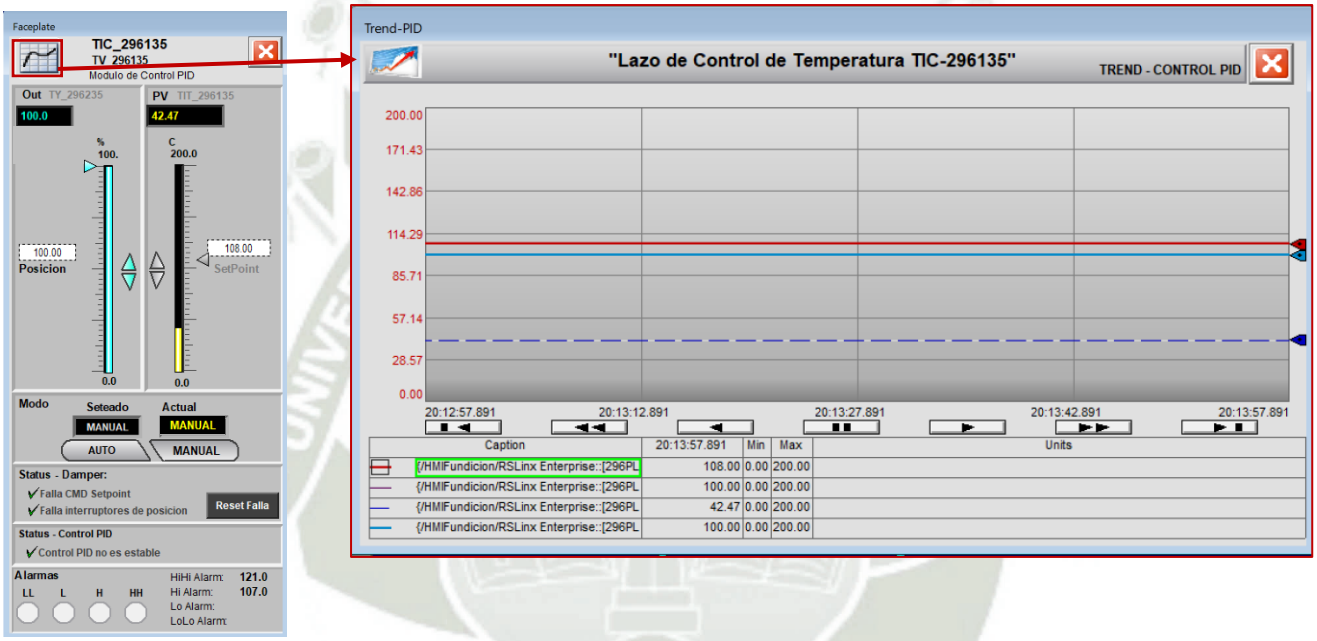


Figura 166. Trend PID – Controlador de Temperatura TIC-296135

Fuente: Elaboración propia

1.4.2. FACEPLATE DE CONTROL DE NIVEL ON-OFF – LIC-296143

1. Identificador del Lazo de Control ON-OFF
2. Se describe la función del lazo de control.
3. **PV:** Indica la medición del instrumento, en la imagen la medición es el Nivel del tanque 296-TNK-001
4. Indica los niveles de alarmas Hi y HiHi.
5. Barra que indica el nivel de agua (%) en tanque 296-TNK-001.
   SP High. Indica que posición se encuentra en el límite superior.
   SP Low. Indica el límite inferior que está configurado en la barra de nivel.
6. SetPoint Start: Permisivo Nivel (%) de agua para el arranque de las bombas 296PMP001A/B.
7. Out: Indica el ultimo Comando establecido en manual o automático.
8. Botonera que permiten abrir y cerrar la válvula, cuya habilitación se habilita en el modo manual.
9. Indica el estado de la Válvula, el cual puede ser abierto, transición, cerrado o en falla.
10. Estado-Transición: Límite de tiempo establecido para el arranque y tiempo transcurrido luego arrancar equipo.
11. Falla Apertura/Cierre, Indicador parpadea cuando los interruptores de posición no funcionan correctamente.
12. Indica los modos de operación que pueden ser:
    a. **Modo manual – manual**. Se permite abrir y cerrar la válvula, siempre que el enclavamiento esté desactivado.
    b. **Modo Auto – Auto.** El Controlador regular automáticamente la apertura de la válvula para controlar el nivel.
    c. **Modo Auto – Manual.** cuando el nivel en el tanque está muy alto, el plc decidirá pasar automáticamente su modo auto a manual
13. Botoneras de que permiten establecer el Modo Manual y automático.
14. Interlocks: Indica las condiciones de proceso que permiten el cierre de la válvula en modo manual y auto.
15. Alarmas. Muestra que alarmas se encuentran activas.
16. Indica los niveles de alarmas que han sido configurados.

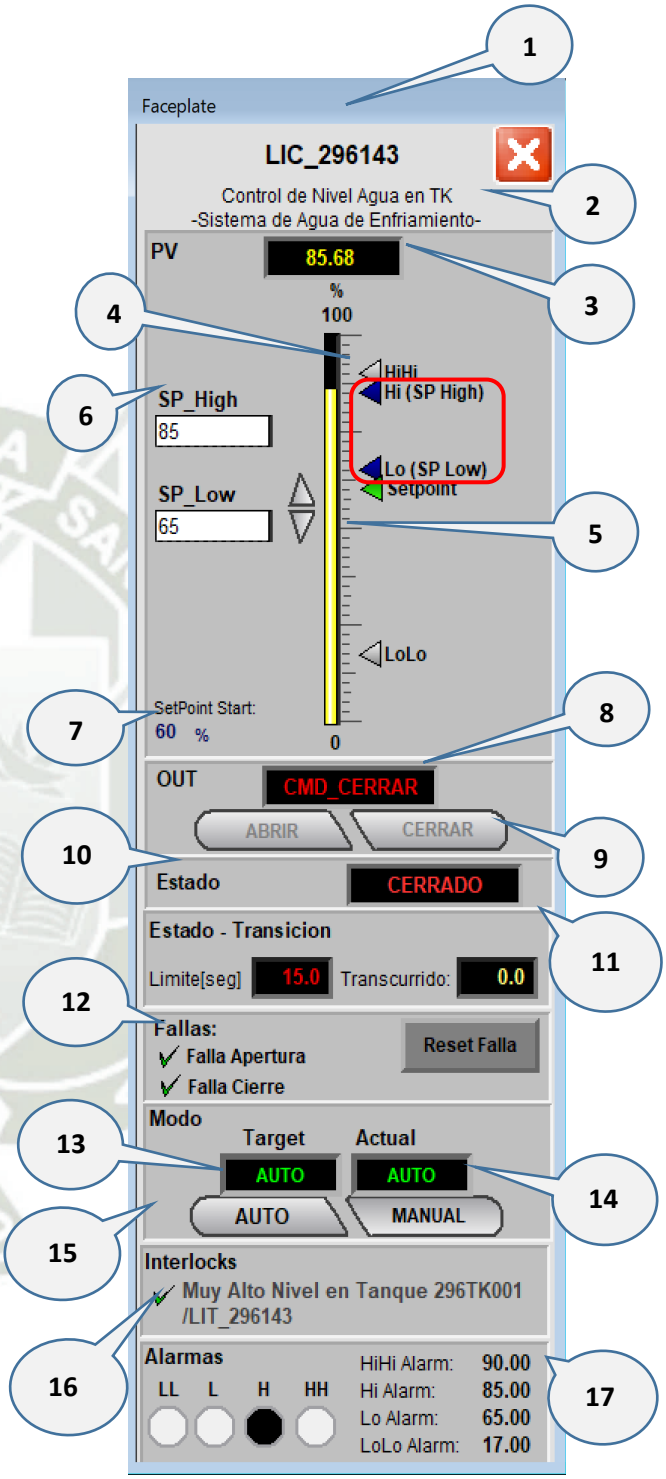


Figura 167. Faceplate – Lazo de Control de Nivel del tanque - LIC_296143

Fuente: Elaboración propia

1.5. FACEPLATE TÍPICO DE ESCALAMIENTO Y ALARMA

En el sistema SCADA se han configurado ventanas para visualizar las alarmas establecidas para determinados instrumentos, tales como transmisores de temperatura, presión, flujo y nivel, y pueden ser accedidos desde cualquier indicador de variable de proceso ubicado en las pantallas de proceso.

Para acceder a estas ventanas se hace clic sobre los indicadores de instrumentos.

Desde este Faceplate es posible realizar los siguientes seteos de parámetros:

- Seteo de alarmas pueden ser alterados mediante el usuario con privilegios de “Líderes”,
- Seteo de rango de escalamiento (EUMin, EUMax)

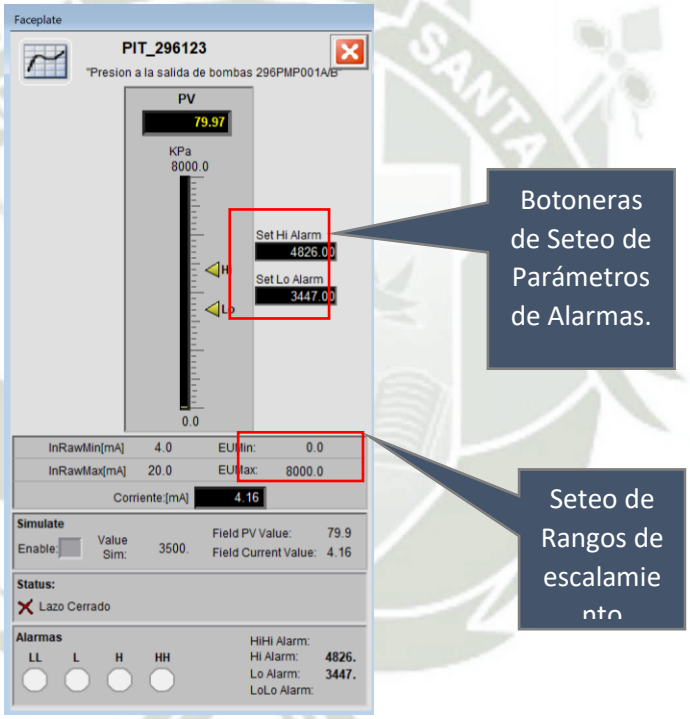


Figura 168. Indicador de medición de presión
Fuente: Elaboración propia

Cada una de las subpantallas de procesos cuenta con indicadores de modos de operación para su respectiva secuencia de arranque/parada, los cuales se resume en lo siguiente:

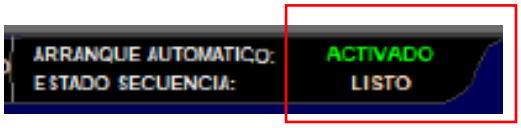


Figura 169. Status Modo de Operación
Fuente: Elaboración propia

- **Modo Manual:** El indicador “Arranque Automático” indicará “Desactivado” cuando el arranque automático de los equipos propios de la secuencia no se encuentre habilitados, asimismo los equipos podrán ser arrancado en modo Remoto-Manual desde el SCADA.
- **Modo Automático:** El indicador “Arranque Automático” indicará “Activado” para cuando todos los equipos/lazos estén en el modo automático, cuyas posibles condiciones que se deben tener son:
    - ✓ Lazo de Control PID de actuadores en auto Y
    - ✓ Equipos (Motores, válvulas) en modo auto sin Fallas
    - ✓ Equipos (Motores) en modo Remoto-Auto

Además, se cuenta con el indicador “Estado Secuencia”, donde los estados de secuencia que pueden existir, se describen a continuación:

- ✓ **Estado: Listo**

En el SCADA se visualizará “Listo” para indicar que la secuencia está lista para comenzar en modo automático. Si por algún motivo no está Listo, el operador/supervisor deberá marcar las condiciones "Permitir modo automático" en el recuadro que se encuentra en la parte inferior derecha de la pantalla de operación.

- ✓ **Estado: Arrancado**

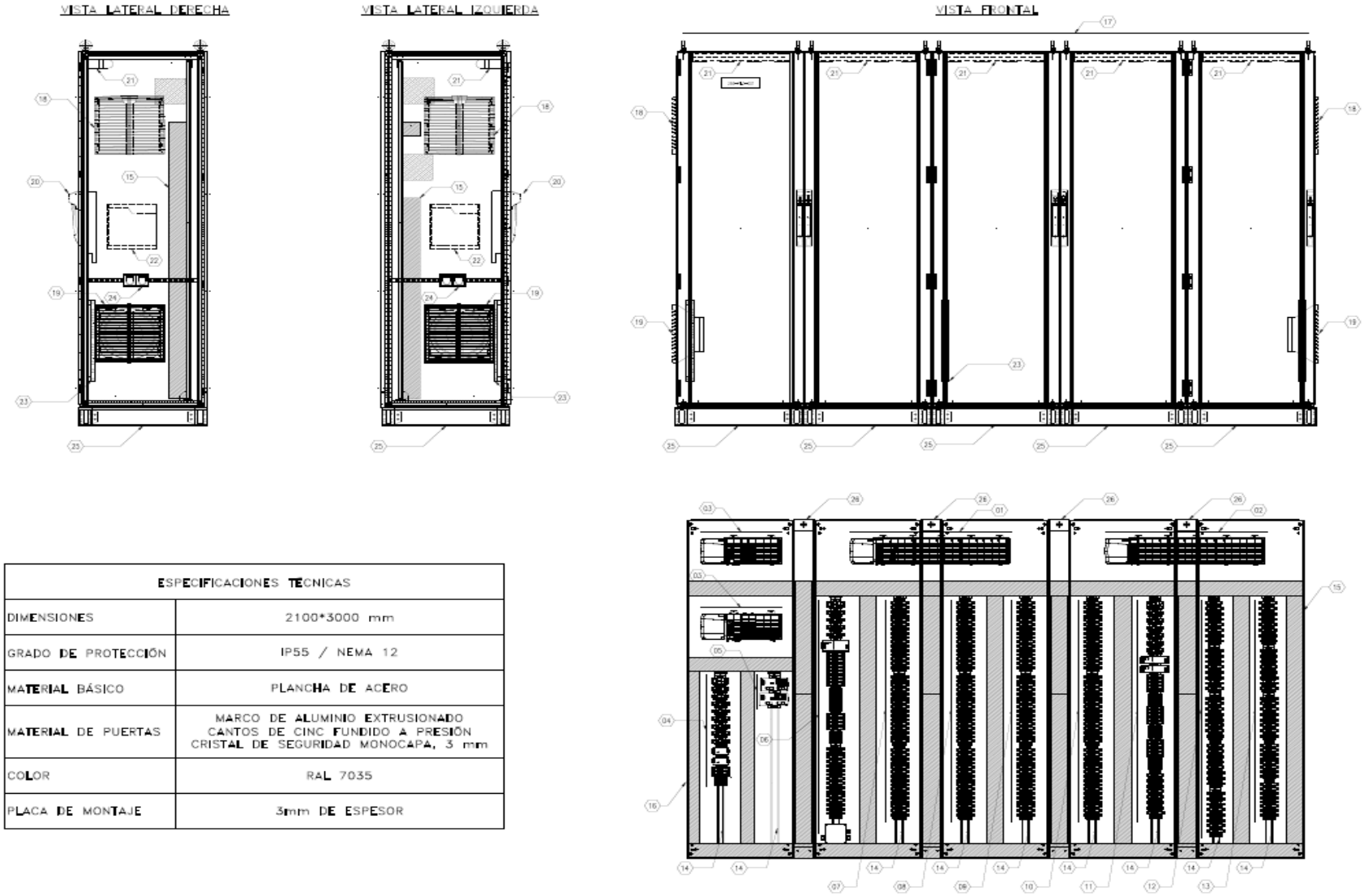
En el SCADA se visualizará “Arrancado”, para cuando todos los equipos estén controlados en modo automático sin falla, Por lo tanto, esto asegurará al operador que la lógica en automático o manual de la unidad funcione en automático sin ningún problema.

- ✓ **Estado: No Listo**

En el SCADA se visualizará “No Listo”, el cual mostrará cuando todos los equipos estén en modo automático, sin embargo, existen algunas condiciones que impiden el inicio o la continuación de la secuencia automática, lo que puede ocurrir cuando

- ✓ Lazo de Control PID de actuadores No está en auto O
- ✓ Equipos (Motores, válvulas) No está en modo auto o esta con Fallas O
- ✓ Equipos (Motores) no están en modo Remoto-Auto

ANEXO 8. PLANOS DE GABINETE DE CONTROL



ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	
DIMENSIONES	2100*3000 mm
GRADO DE PROTECCIÓN	IP55 / NEMA 12
MATERIAL BÁSICO	PLANCHA DE ACERO
MATERIAL DE PUERTAS	MARCO DE ALUMINIO EXTRUSIONADO CANTOS DE CINC FUNDIDO A PRESIÓN CRISTAL DE SEGURIDAD MONOCAPA, 3 mm
COLOR	RAL 7035
PLACA DE MONTAJE	3mm DE ESPESOR

Figura 170. Diagrama de Distribución de equipamiento

Fuente: Elaboración Propia

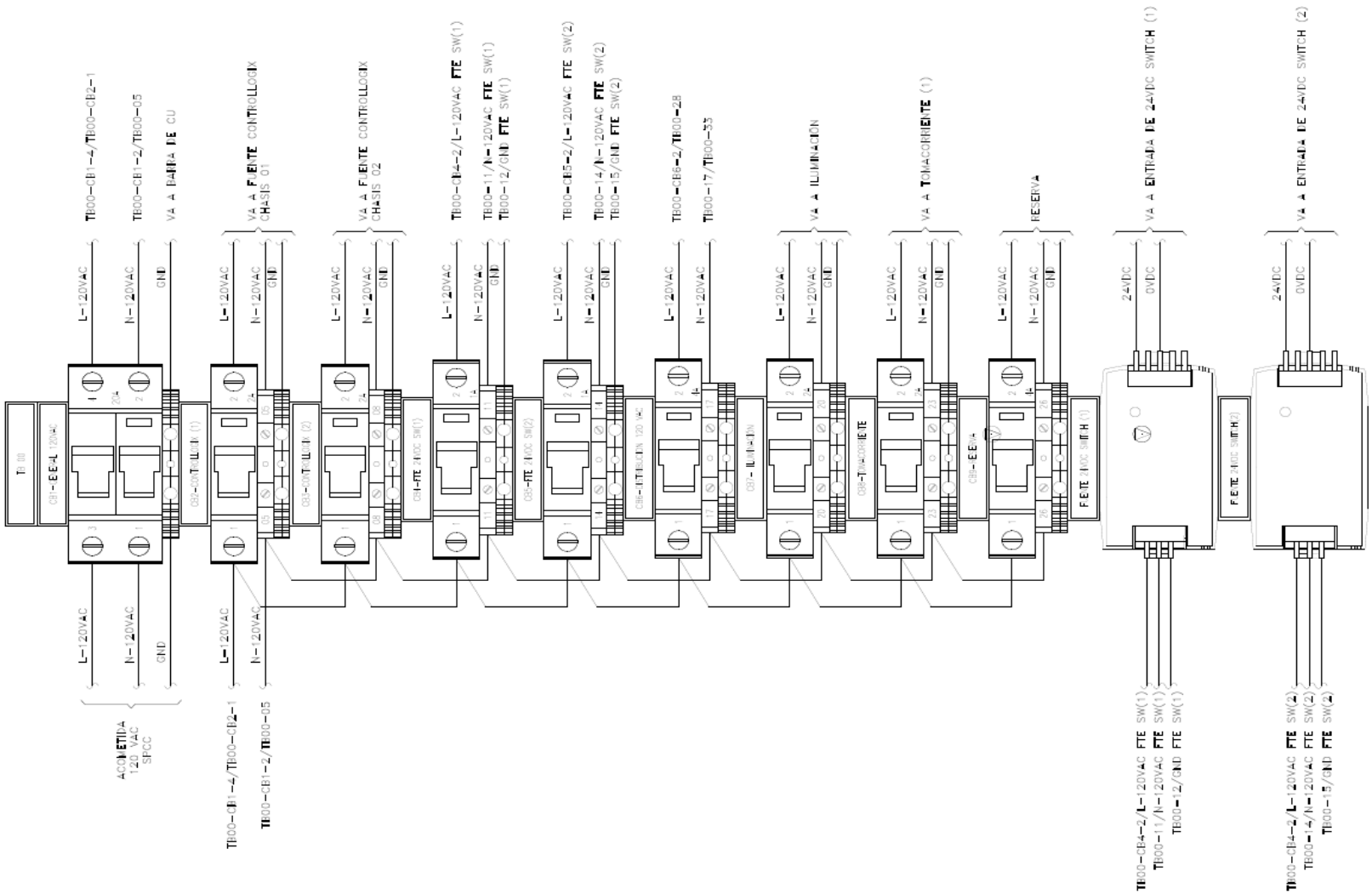


Figura 171. Plano Distribución de energía chasis 1-2 – remoto

Fuente: Elaboración Propia.

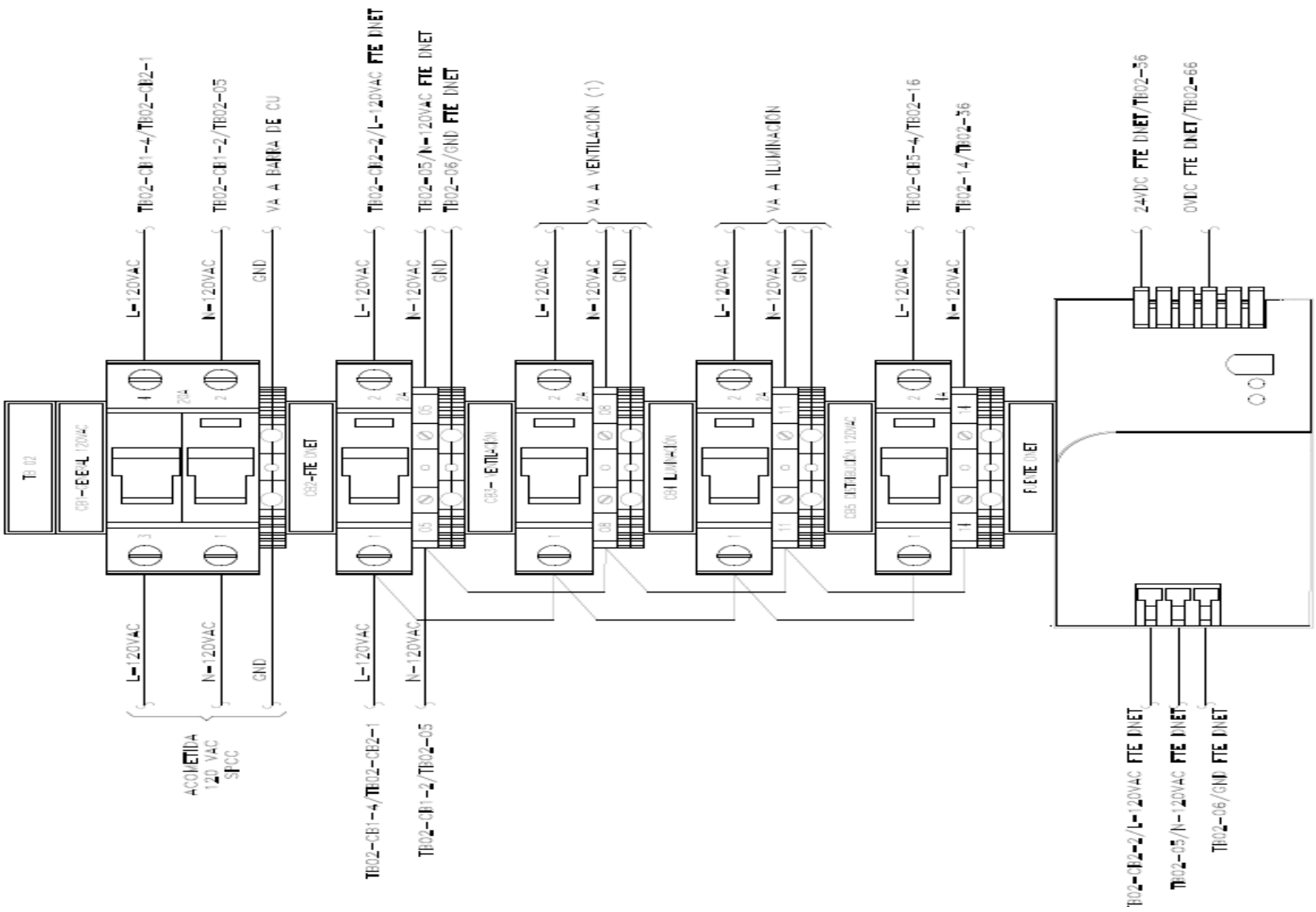


Figura 172. Plano de Distribución de energía – chasis 3 – chasis remoto

Fuente: Elaboración propia

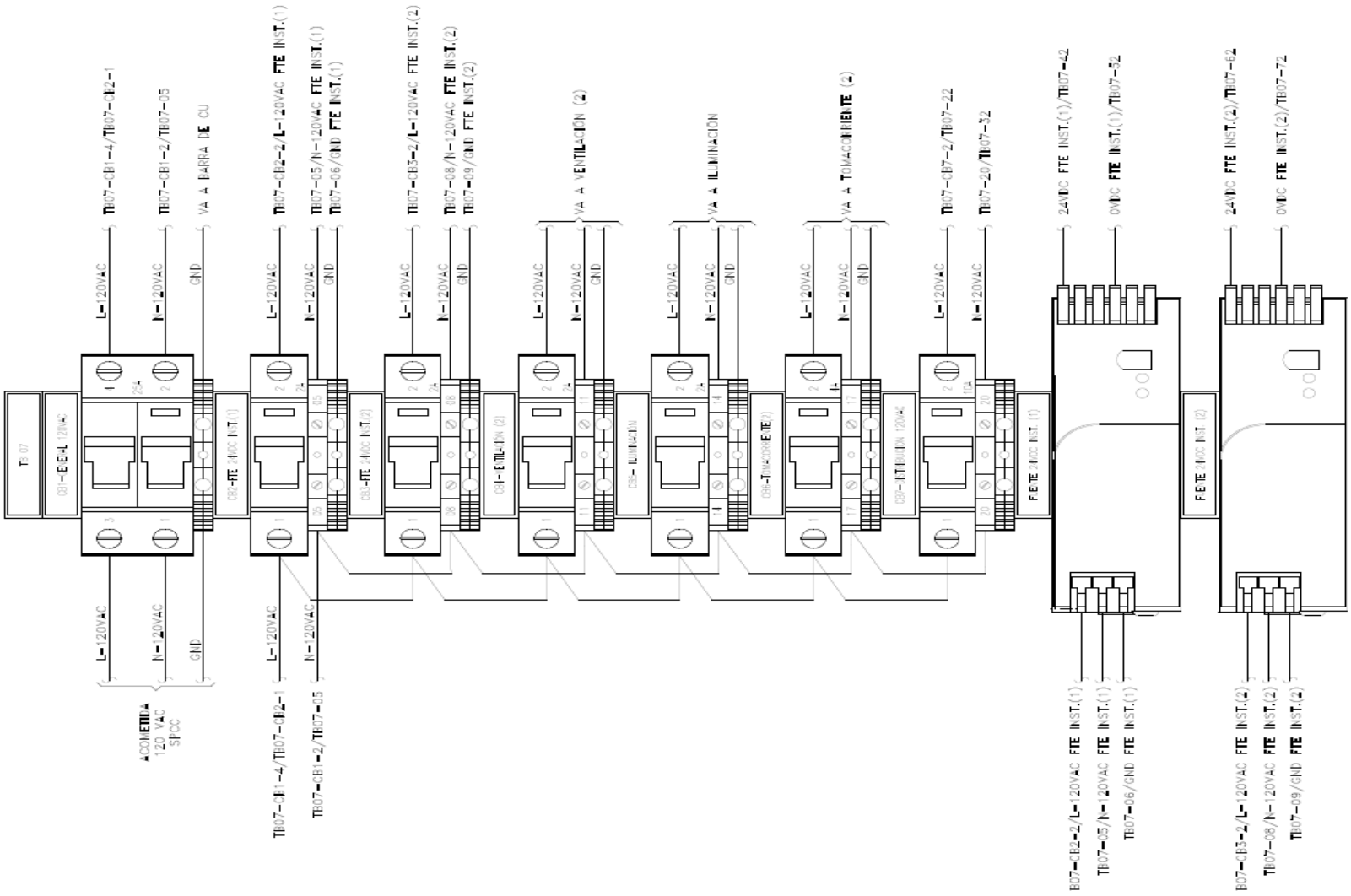


Figura 173. Plano Distribución de energía – chasis 4 – chasis remoto

Fuente: Elaboración Propia

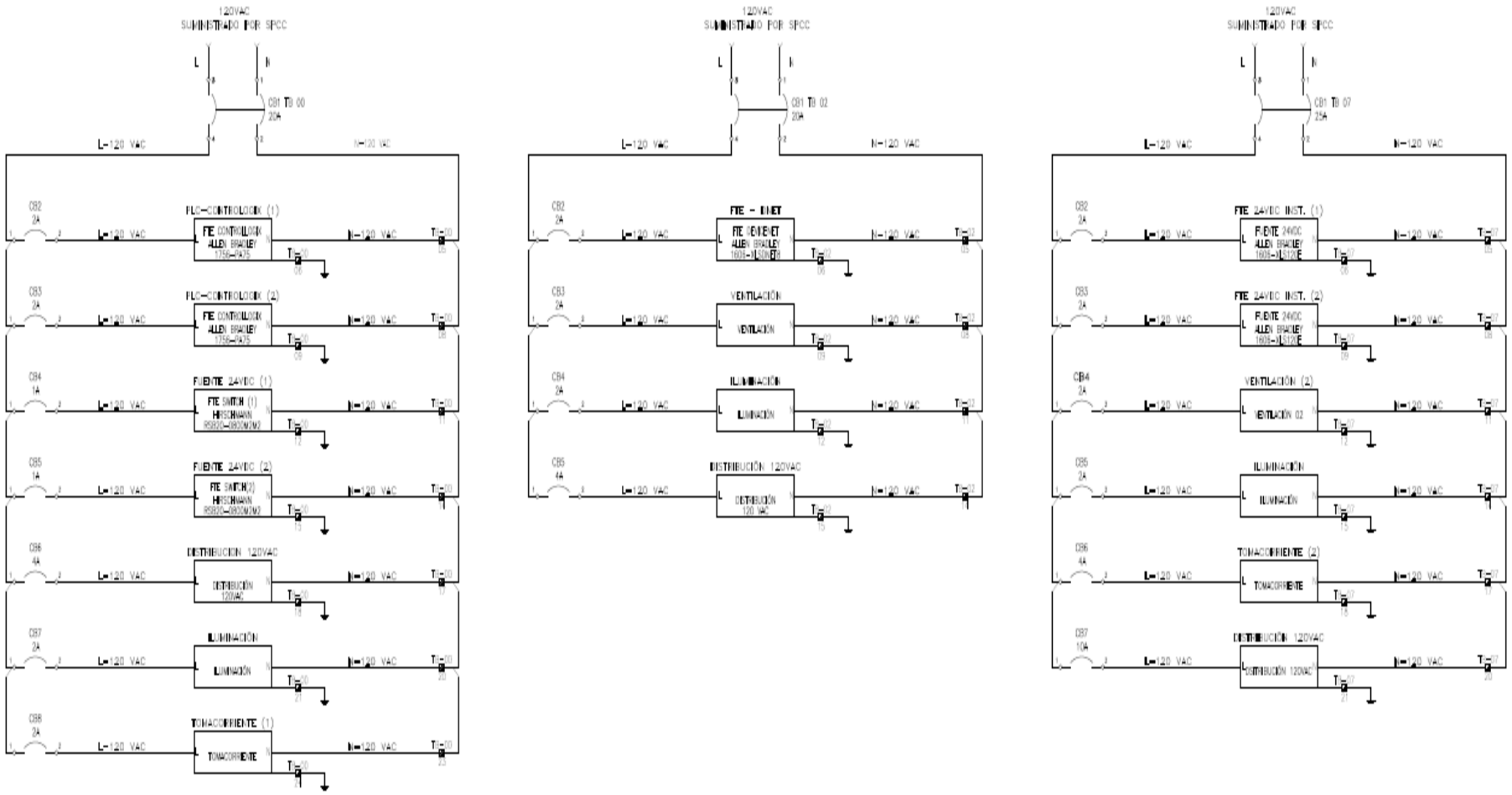


Figura 174. Plano Diagrama Unifilar distribución de 120 VAC

Fuente: Elaboración Propia

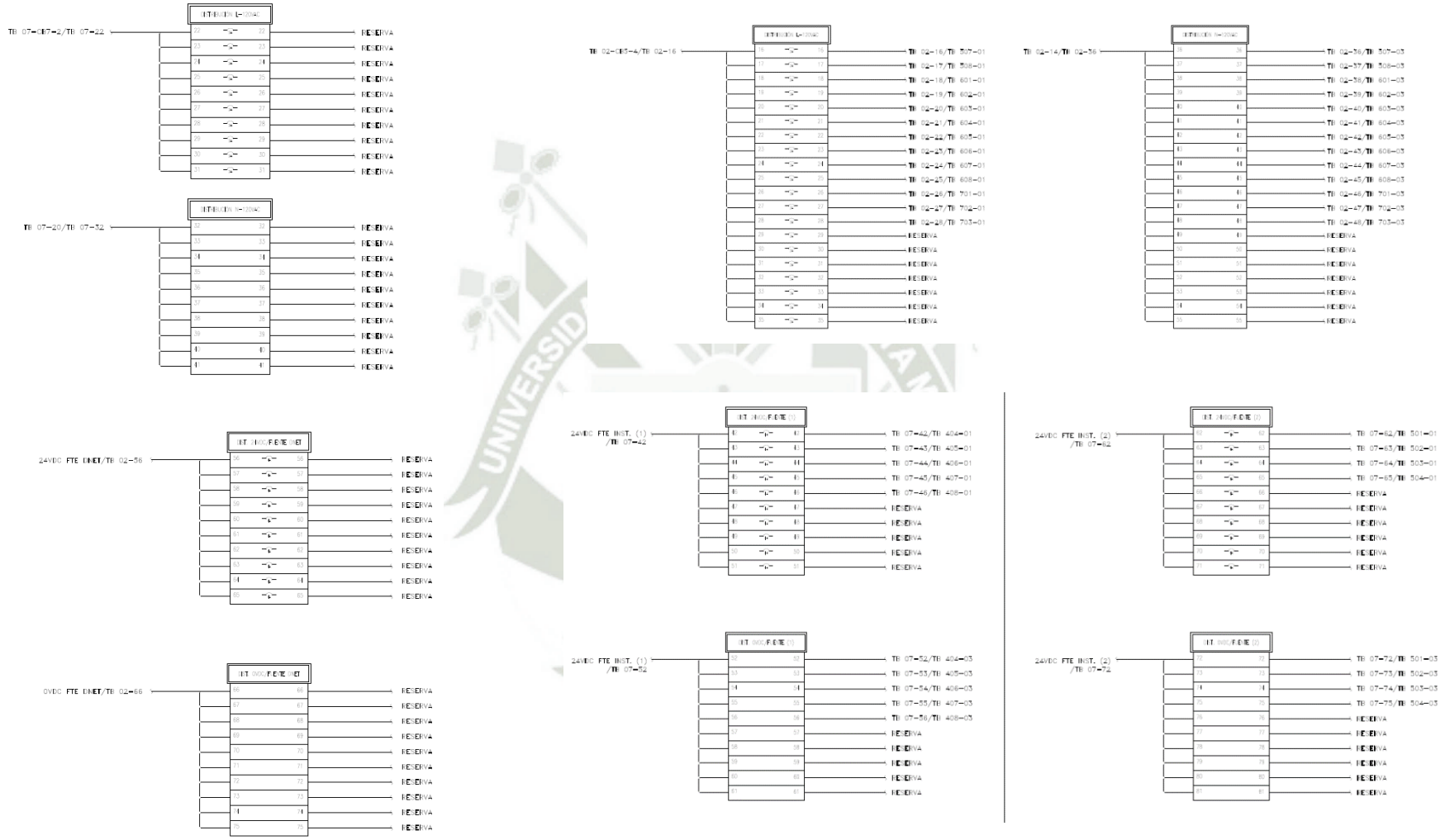


Figura 175. Distribución de 24 VDC

Fuente: Elaboración Propia

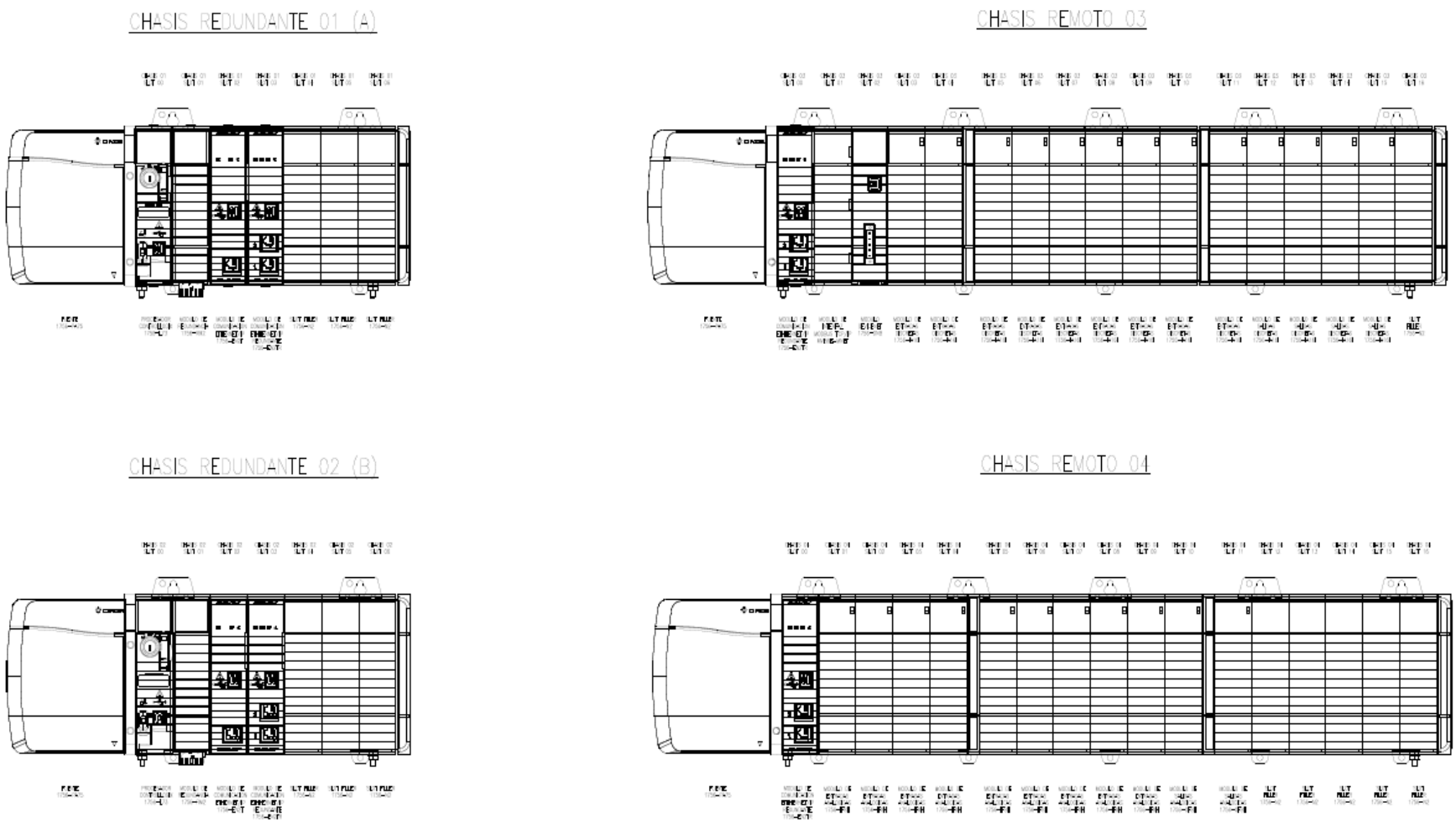


Figura 176. Plano Detalle de chasis redundante y remoto

Fuente: Elaboración Propia