

**Universidad Católica de Santa María**  
**Facultad de Ciencias e Ingenierías Físicas y Formales**  
**Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica,**  
**Mecánica Eléctrica y Mecatrónica**



**“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA SCADA USANDO  
COMUNICACIÓN ETHERNET Y DEVICENET EN SISTEMAS DE BOMBEO  
PARA INTERCEPTACIÓN DE AGUA DE RELAVES”**

Tesis presentada por el Bachiller:

Velásquez Santillán, Aldo

para optar el Título Profesional de:

Ingeniero Mecatrónico

Asesor:

Ing. Collado Oporto, Christian

**Arequipa – Perú**

**2019**



*Universidad Católica de Santa María*

☎ (51 54) 382038 Fax:(51 54) 251213 ✉ [ucsm@ucsm.edu.pe](mailto:ucsm@ucsm.edu.pe) 🌐 <http://www.ucsm.edu.pe> Apartado:1350

AREQUIPA - PERÚ

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA, MECÁNICA  
ELÉCTRICA Y MECATRÓNICA

INFORME DICTAMINATORIO

VISTO

EL BORRADOR DE TESIS TITULADO:

**“DISEÑO E IMPLEMENTACION DE UN SISTEMA  
SCADA USANDO COMUNICACIÓN ETHERNET Y  
DEVICENET EN SISTEMA DE BOMBEO PARA  
INTERCEPTACION DE AGUA DE RELAVES”**

Presentado por el Bachiller:

VELASQUEZ SANTILLAN ALDO

Nuestro DICTAMEN es:

*Aprobado*

OBSERVACIONES: *Ninguna*

Arequipa, *07 enero* 201*9*

  
\_\_\_\_\_  
ING. CHRISTIAN COLLADO OPORTO

  
\_\_\_\_\_  
ING. MARCELO QUISPE CCACHUCO

## AGRADECIMIENTOS

*Agradezco en especial a mis padres, por su infinito apoyo a lo largo de mi vida, a mi hermano y familia por su motivación para culminar este proyecto.*



## INTRODUCCIÓN

Para llevar a cabo la investigación sobre diseño e implementación de un sistema SCADA usando comunicación EtherNet y DeviceNet en sistema de bombeo para interceptación de aguas de relave, se ha formulado el problema general de la siguiente manera: ¿Cómo se podría lograr la interceptación de aguas de relave filtrada haciendo uso de un sistema de control moderno, eficiente y confiable?, interrogante que a través del proceso de investigación se ha tratado de responder.

El motivo fundamental del estudio, fue encontrar, diseñar y desarrollar el sistema de control adecuado para la interceptación de agua que se desea realizar. Además, los resultados de esta investigación servirán de base a todo aquel que se encuentre con un problema parecido en su vida laboral y podrá hacer uso de la arquitectura de control propuesta, así como de la estructura del programa y de las pantallas de supervisión, pudiendo modificarla de acuerdo a sus requerimientos y/o mejorándola.

El objetivo principal fue diseñar e implementar un sistema SCADA para la supervisión del sistema de bombeo, sin embargo, la investigación abarca mucho más, ya que se puede apreciar el diseño de tableros que controlarán el sistema y desarrollo del programa de control.

Se ha estructurado un marco teórico teniendo en cuenta los planteamientos teóricos y enfoques relacionados con el tema en general, los cuales deben usarse como apoyo para entender a cabalidad el tema de investigación desarrollado.

## RESUMEN

El presente trabajo de investigación tiene como objetivo diseñar e implementar un sistema SCADA, el cuál responde a una lógica diseñada para el control de un sistema de bombeo que evitará la filtración de agua de relave a los valles adyacentes a la minera.

El sistema existente es eléctrico, el cual no cuenta con instrumentación que permita el monitoreo del agua devuelta al pozo ni del nivel al que se encuentra, además, por ser un sistema antiguo y sin variador de velocidad, no logra mantener un nivel establecido y constante, el nivel que actualmente mantiene, es un nivel establecido entre dos rangos de trabajo.

El sistema de control propuesto va a solucionar los problemas anteriormente mencionados, debido a que contará con la instrumentación necesaria para indicar al operador los niveles exactos de agua en cada pozo y el flujo de agua que retorna al pozo de relaves. Permitirá setear un nivel de agua y gracias a los variadores de velocidad y al control PID que será implementado, se podrá mantener el nivel deseado.

El sistema permite, además, monitorear remotamente desde la sala de control los valores y permite setear los niveles deseados del sistema, todo esto gracias a la comunicación Ethernet establecida entre equipos.

Este proyecto está orientado a la mejora del sistema de bombeo, en el cuál interviene lógica de control, monitoreo a través de interfaces Hombre-Máquina, instrumentación, comunicación Ethernet y DeviceNet y configuración de variadores de velocidad haciendo uso de control PID.

**PALABRAS CLAVES:** Interfaz Hombre Máquina (HMI), Comunicación DeviceNet, Controlador Lógico Programable,

## ABSTRACT

The objective of this research work is to design and implement a SCADA system, which responds to a logic designed for the control of a pumps system that will prevent the filtration of tailwater to the adjacent valleys of the mine.

The existing system is an electric one, which doesn't have instrumentation to allow the monitoring of the water returned to the well or monitoring the actual level on the wells, also, because it is an old system and without Variable Frequency Drivers (VFD), it can't maintain an established and constant level, the level that currently maintains, is a level established between two ranges of work.

The proposed control system will solve the aforementioned problems, because it will have the necessary instrumentation to indicate to the operator the exact water levels in each well and the flow of water that returns to the tailings well. It will also allow you to set a water level and thanks to the variable speed drives and the PID control that will be implemented, you can maintain the desired level.

The system also allows to remotely monitor the values from the control room and allows to set the desired levels of the system, all thanks to the Ethernet communication established between equipment.

This project is aimed to improve the pumps system, which involves control logic, monitoring through Human Machine Interfaces (HMI), instrumentation, Ethernet and DeviceNet communication and configuration of Variable Frequency Drives (VFD) using PID control.

**KEYWORDS:** Human Machine Interface (HMI), DeviceNet Communication, Programmable Logic Controller.

## ÍNDICE GENERAL

AGRADECIMIENTOS	
INTRODUCCIÓN	
RESUMEN	
ABSTRACT	
ÍNDICE GENERAL	
INDICE DE FIGURAS	
ÍNDICE DE TABLAS	
CAPÍTULO I .....	1
1. PLANTEAMIENTO TEÓRICO .....	1
1.1. TÍTULO .....	1
1.2. IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA .....	1
1.3. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA .....	1
1.4. ANTECEDENTES .....	4
1.5. OBJETIVOS .....	4
1.5.1. OBJETIVO PRINCIPAL .....	4
1.5.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	4
1.6. HIPÓTESIS .....	5
1.7. VARIABLES .....	5
1.7.1. VARIABLE DEPENDIENTE .....	5
1.7.2. VARIABLE INDEPENDIENTE .....	5
1.8. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN .....	5
1.8.1. JUSTIFICACIÓN ECONÓMICA .....	5
1.8.2. JUSTIFICACIÓN SOCIAL .....	6
1.9. ALCANCES Y LIMITACIONES .....	6
1.9.1. ALCANCE .....	6
1.9.2. LIMITACIONES .....	7
1.10. METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN .....	7
CAPÍTULO II .....	8
2. MARCO TEÓRICO .....	8
2.1. INTRODUCCIÓN .....	8
2.2. AUTOMATIZACIÓN .....	8
2.2.1. DEFINICIÓN .....	8

2.2.2.	TIPOS DE AUTOMATIZACIÓN .....	8
2.2.3.	AUTOMATIZACIÓN EN LA MINERÍA.....	9
2.3.	OBJETIVOS DE LA AUTOMATIZACIÓN .....	9
2.4.	SISTEMA DE CONTROL.....	10
2.4.1.	DEFINICIÓN.....	10
2.4.2.	TIPOS DE SISTEMAS DE CONTROL .....	10
2.4.2.1.	SISTEMAS DE CONTROL DE LAZO ABIERTO .....	10
2.4.2.2.	SISTEMAS DE CONTROL DE LAZO CERRADO .....	12
2.4.2.3.	COMPARACIÓN DE UN SISTEMA DE LAZO CERRADO Y UNO DE LAZO ABIERTO 13	
2.4.3.	ELEMENTOS DE UN SISTEMA DE CONTROL .....	14
2.4.3.1.	EL REGULADOR.....	15
2.4.3.2.	TRANSDUCTORES Y CAPTADORES.....	15
2.4.3.3.	COMPARADORES.....	15
2.4.3.4.	ACTUADORES.....	16
2.5.	ACCIONES DE CONTROL .....	16
2.5.1.	DEFINICIÓN.....	16
2.5.2.	ACCIÓN DE CONTROL ON/OFF .....	17
2.5.3.	ACCIÓN DE CONTROL PROPORCIONAL .....	17
2.5.4.	ACCIÓN DE CONTROL INTEGRAL .....	18
2.5.5.	ACCIÓN DE CONTROL PROPORCIONAL INTEGRAL .....	18
2.5.6.	ACCIÓN DE CONTROL PROPORCIONAL DERIVATIVO .....	19
2.5.7.	ACCIÓN DE CONTROL PROPORCIONAL INTEGRAL DERIVATIVO .....	19
2.5.7.1.	FUNCIONAMIENTO DEL PID .....	21
2.5.7.2.	MÉTODOS DE SINTONIZACIÓN DE CONTROLADORES PID .....	22
2.5.7.2.1.	MÉTODOS EN LAZO ABIERTO .....	22
2.5.7.2.2.	MÉTODOS EN LAZO CERRADO .....	22
2.5.7.3.	MÉTODO ZIEGLER Y NICHOLS EN LAZO CERRADO O DE LAS OSCILACIONES SOSTENIDAS .....	23
2.6.	CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE (PLC) .....	24
2.6.1.	PRINCIPIOS DE OPERACIÓN.....	24
2.6.2.	CARACTERÍSTICAS DEL PLC COMPACTLOGIX 1769-L30ER.....	26
2.6.3.	ESPECIFICACIONES DE CONTROLADOR 1769-L30ER .....	27
2.6.4.	ESTADOS OPERATIVOS DEL CONTROLADOR .....	28

2.6.5.	TIPOS DE DATOS SOPORTADOS POR EL PLC COMPACTLOGIX .....	29
2.6.6.	DISPOSITIVOS TÍPICOS DE ENTRADA Y SALIDA PARA PLC .....	30
2.6.7.	VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LOS PLC .....	36
2.7.	INTERFAZ HOMBRE – MÁQUINA (HMI).....	38
2.7.1.	TIPOS DE HMI .....	38
2.7.2.	FUNCIONES DE UN HMI.....	39
2.8.	PANEL TÁCTIL PANELVIEW PLUS 6 2711P-T10C4A8 .....	39
2.8.1.	ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE PANELVIEW PLUS 6 .....	40
2.9.	REDES DE COMUNICACIÓN INDUSTRIAL.....	41
2.9.1.	TOPOLOGÍA DE REDES.....	41
2.9.1.1.	TOPOLOGÍA TIPO ESTRELLA .....	41
2.9.1.2.	TOPOLOGÍA TIPO ANILLO .....	42
2.9.1.3.	TOPOLOGÍA TIPO BUS .....	43
2.9.2.	PROTOCOLOS DE COMUNICACIÓN .....	44
2.9.3.	PROTOCOLO DE COMUNICACIÓN TCP/IP .....	44
2.9.3.1.	PROTOCOLO TCP .....	44
2.9.3.2.	PROTOCOLO IP .....	45
2.9.4.	PROTOCOLO DE COMUNICACIÓN DEVICENET .....	45
2.9.4.1.	TOPOLOGÍA .....	46
2.9.4.2.	VENTAJAS DEL PROTOCOLO DE COMUNICACIÓN DEVICENET.....	47
2.10.	BOMBA SUMERGIBLE TIPO BOREHOLE.....	48
2.10.1.	CARACTERÍSTICAS Y FUNCIONAMIENTO.....	48
2.10.2.	APLICACIONES .....	48
2.11.	VARIADOR DE VELOCIDAD .....	51
2.11.1.	DEFINICIÓN.....	51
2.11.2.	FUNCIONAMIENTO DE UN VARIADOR DE VELOCIDAD .....	51
2.11.3.	EFICIENCIA DE LOS VARIADORES DE VELOCIDAD.....	52
2.11.4.	PRINCIPALES FUNCIONES DE LOS VARIADORES DE VELOCIDAD.....	53
2.11.4.1.	ACELERACIÓN CONTROLADA .....	53
2.11.4.2.	VARIACIÓN DE VELOCIDAD .....	53
2.11.4.3.	REGULACIÓN DE VELOCIDAD .....	53
2.11.4.4.	DESACELERACIÓN CONTROLADA .....	54
2.11.4.5.	INVERSIÓN DEL SENTIDO DE GIRO .....	55
2.11.4.6.	FRENADO.....	55

2.11.4.7.    PROTECCIÓN INTEGRADA .....	55
2.11.5.    VENTAJA DE LOS VARIADORES DE VELOCIDAD.....	56
2.11.6.    VARIADOR ABB MODELO ACQ810 .....	57
2.12.    MEDIDORES DE CAUDAL .....	58
2.12.1.    MEDIDORES DE CAUDAL MAGNÉTICO .....	58
2.12.2.    CONSIDERACIONES DE INSTALACIÓN .....	59
2.13.    MEDICIÓN DE NIVEL POR PRESIÓN HIDROSTÁTICA .....	60
2.13.1.    CARACTERÍSTICAS DE LOS DISPOSITIVOS DE PRESIÓN .....	60
CAPÍTULO III .....	62
3.    DISEÑO DE LOS TABLEROS DE CONTROL Y COMUNICACIÓN.....	62
3.1.    DISEÑO DE TABLEROS DE CONTROL Y COMUNICACIÓN.....	62
3.1.1.    SELECCIÓN DE COMPONENTES .....	63
3.1.1.1.    SELECCIÓN DE EQUIPOS DE AUTOMATIZACIÓN .....	63
3.1.1.1.1.    SELECCIÓN DE CONTROLADOR .....	67
3.1.1.1.2.    SELECCIÓN DE MÓDULOS ADICIONALES.....	67
3.1.1.2.    SELECCIÓN DE MATERIALES .....	67
3.1.1.2.1.    SELECCIÓN DE INTERRUPTORES DE CORRIENTE .....	68
3.1.1.2.2.    SELECCIÓN DE BORNERAS INTERMEDIAS .....	71
3.1.2.    SELECCIÓN DE TABLERO .....	74
3.1.3.    ARMADO DE TABLEROS DE COMUNICACIÓN Y CONTROL.....	75
3.1.4.    COSTO DE LOS EQUIPOS Y PROYECTO .....	78
CAPÍTULO IV .....	81
4.    DISEÑO Y DESARROLLO DE PROGRAMA DE CONTROL .....	81
4.1.    INTRODUCCIÓN .....	81
4.2.    SOFTWARE RSLOGIX 5000 DE ROCKWELL AUTOMATION.....	81
4.2.1.    CARACTERÍSTICAS DEL SOFTWARE RSLOGIX 5000.....	81
4.2.2.    DESCRIPCIÓN GENERAL DEL SOFTWARE RSLOGIX 5000 .....	82
4.3.    FILOSOFÍA DE CONTROL .....	90
4.3.1.    ALCANCE.....	90
4.3.2.    DESCRIPCIÓN GENERAL.....	90
4.3.3.    ESPECIFICACIONES DE LOS EQUIPOS.....	91
4.3.4.    INSTRUMENTACIÓN .....	93
4.3.4.1.    INSTRUMENTACIÓN DE POZO MT1.....	94
4.3.4.2.    INSTRUMENTACIÓN DE POZO MT2.....	94

4.3.4.3.	INSTRUMENTACIÓN DE POZO MT5.....	95
4.3.4.4.	INSTRUMENTACIÓN DE POZO MT7.....	95
4.3.4.5.	INSTRUMENTACIÓN DE POZO MT8.....	96
4.3.5.	NARRATIVA DE CONTROL.....	96
4.3.5.1.	MODO LOCAL BOTONERA .....	96
4.3.5.2.	MODO REMOTO AUTOMÁTICO .....	97
4.3.5.3.	MODO REMOTO MANUAL .....	97
4.3.6.	ENCLAVAMIENTOS Y PERMISIVOS .....	98
4.3.6.1.	ENCLAVAMIENTOS Y PERMISIVOS DE POZO MT1.....	98
4.3.6.2.	ENCLAVAMIENTOS Y PERMISIVOS DE POZO MT2.....	98
4.3.6.3.	ENCLAVAMIENTOS Y PERMISIVOS DE POZO MT5.....	99
4.3.6.4.	ENCLAVAMIENTOS Y PERMISIVOS DE POZO MT7.....	99
4.3.6.5.	ENCLAVAMIENTOS Y PERMISIVOS DE POZO MT8.....	100
4.3.7.	VARIABLES DE PROCESO.....	100
4.3.7.1.	VARIABLES DE PROCESO DE POZO MT1.....	100
4.3.7.2.	VARIABLES DE PROCESO DE POZO MT2.....	101
4.3.7.3.	VARIABLES DE PROCESO DE POZO MT5.....	101
4.3.7.4.	VARIABLES DE PROCESO DE POZO MT7.....	102
4.3.7.5.	VARIABLES DE PROCESO DE POZO MT8.....	102
4.3.8.	ALARMAS.....	103
4.3.8.1.	ALARMAS DE POZO MT1 .....	103
4.3.8.2.	ALARMAS DE POZO MT2 .....	103
4.3.8.3.	ALARMAS DE POZO MT5 .....	104
4.3.8.4.	ALARMAS DE POZO MT7 .....	104
4.3.8.5.	ALARMAS DE POZO MT8 .....	105
4.4.	DESARROLLO DE PROGRAMA DE CONTROL.....	105
4.4.1.	ESTÁNDAR DE PROGRAMACIÓN .....	105
4.4.2.	PROGRAMA DESARROLLADO PARA PLC INSTALADO EN TABLERO DE COMUNICACIONES.....	105
4.4.2.1.	MAIN PROGRAM .....	108
4.4.2.2.	RECOLECCIÓN DE DATOS DE POZO MT-1 (MT1).....	115
4.4.3.	PROGRAMA DESARROLLADO PARA PLC INSTALADO EN TABLERO DE CONTROL MT1 116	
4.4.3.1.	MAIN PROGRAM .....	118
4.4.3.2.	CONTROL_PIDE.....	127

4.5.	CONFIGURACIÓN DE RED DEVICENET .....	130
4.5.1.	SOFTWARE RSNETWORK FOR DEVICENET .....	130
4.5.2.	CONFIGURACIÓN DE SCANNER DEVICENET .....	131
CAPÍTULO V .....		133
5.	DISEÑO Y DESARROLLO DE PANTALLAS DE SUPERVISIÓN .....	133
5.1.	INTRODUCCIÓN .....	133
5.2.	DESCRIPCIÓN DE DISPLAYS.....	133
5.2.1.	PANTALLA DE INICIO (OVERVIEW) .....	133
5.2.2.	PANTALLA PRINCIPAL DEL POZO MT1.....	135
5.2.3.	POPUP ESTADO Y ARRANQUE DE LA BOMBA C-4250-PP-1851 .....	137
5.2.4.	DISPLAY DE INTERLOCKS ACTIVOS EN BOMBA C-4250-PP-1851 .....	139
5.2.5.	POP-UP NIVEL DE AGUA EN POZO MT-1 .....	141
5.2.6.	POP-UP FLUJO DE AGUA EN POZO MT-1 .....	142
5.2.7.	POP-UP DE CONTROL PID - POZO MT-1 .....	143
5.2.8.	DISPLAY DE TENDENCIAS DE NIVEL .....	144
5.2.9.	DISPLAY DE TENDENCIAS DE FLUJO .....	146
5.2.10.	DISPLAY DE TENDENCIAS DE LAZO DE CONTROL .....	148
5.2.11.	DISPLAY DE TENDENCIAS DE VELOCIDAD.....	150
CAPÍTULO VI .....		153
6.	SIMULACIÓN Y EVIDENCIA FOTOGRÁFICA .....	153
6.1.	INTRODUCCIÓN .....	153
6.2.	SIMULACIÓN DE PANTALLAS DE SUPERVISIÓN.....	153
6.3.	EVIDENCIA FOTOGRÁFICA DEL SISTEMA PUESTO EN MARCHA.....	157
CONCLUSIONES .....		162
RECOMENDACIONES .....		164
BIBLIOGRAFÍA.....		165
ANEXOS .....		168
ANEXO A PLANO DE ARQUITECTURA DE CONTROL .....		169
ANEXO B PLANOS DE TABLERO DE CONTROL MT1 .....		170
ANEXO C PLANOS DE TABLERO DE COMUNICACIÓN .....		171
ANEXO D LÓGICA DE CONTROL DE PLC EN TABLERO DE COMUNICACIÓN .....		172
ANEXO E LÓGICA DE CONTROL DE PLC EN TABLERO DE CONTROL MT1.....		173
ANEXO F LÓGICA DE CONTROL DE PLC EN TABLERO DE CONTROL MT2.....		174

ANEXO G LÓGICA DE CONTROL DE PLC EN TABLERO DE CONTROL MT5 .....	175
ANEXO H LÓGICA DE CONTROL DE PLC EN TABLERO DE CONTROL MT8 .....	176
ANEXO I ESTÁNDAR DE PROGRAMACIÓN.....	177



## INDICE DE FIGURAS

Figura N°1. Arquitectura de Control.....	3
Figura N°2. Sistema de control de lazo abierto.....	11
Figura N°3. Sistema de control de lazo cerrado.....	12
Figura N°4. Componentes de un sistema de control.....	14
Figura N°5. Acciones de control.....	16
Figura N°6. Diagrama de bloques que representa el control On/Off.....	17
Figura N°7. Método en lazo abierto.....	22
Figura N°8. Método en lazo cerrado.....	22
Figura N°9. Método Ziegler y Nichols.....	23
Figura N°10. Diagrama de aplicación conceptual de PLC.....	24
Figura N°11. Diagrama de bloque de controlador programable.....	25
Figura N°12. Diagrama de bloque de los componentes principales del CPU.....	25
Figura N°13. Ilustración de un “scanning”.....	26
Figura N°14. Panel táctil PanelView Plus 6.....	40
Figura N°15. Topología de red estrella.....	41
Figura N°16. Topología de red tipo anillo.....	42
Figura N°17. Topología de red tipo bus.....	43
Figura N°18. Definición del modelo OSI de siete capas para Devicenet.....	45
Figura N°19. Topología trunk-line para Devicenet.....	46
Figura N°20. Componentes de bomba sumergible tipo Borehole.....	50
Figura N°21. Detalle del cuerpo de bomba tipo Borehole.....	50
Figura N°22. Función básica de los VFD.....	51
Figura N°23. Tecnología de modulación por ancho de banda.....	52
Figura N°24. Regulación de velocidad.....	54
Figura N°25. Ventajas de los variadores de velocidad.....	57
Figura N°26. Medidor de caudal magnético.....	59
Figura N°27. Consideraciones de instalación en flujómetros.....	59
Figura N°28. Sondas de nivel por presión hidrostática.....	61
Figura N°29. Partes de diseño de los tableros de control.....	62
Figura N°30. Extracto de arquitectura de control.....	65
Figura N°31. Controlador CompactLogix 1769-L30ER.....	67
Figura N°32. Interruptores de corriente Allen Bradley 1492-SP.....	70

Figura N°33. Vista general de tablero de comunicación C-4250-PC-1850 .....	76
Figura N°34. Distribución de equipos en tablero de comunicación C-4250-PC-1850.....	76
Figura N°35. Montaje de PanelView Plus 6 en puerta de tablero.....	77
Figura N°36. Vista general de tableros de control .....	77
Figura N°37. Vista interna de tablero de control, distribución de equipos .....	78
Figura N°38. Descripción general del software RSLOGIX5000 .....	82
Figura N°39. Organizador de controlador (Tasks) .....	86
Figura N°40. Creación de nueva instrucción Add-on .....	87
Figura N°41. Creación de nuevo UDT .....	88
Figura N°42. Selección de módulo (1) .....	89
Figura N°43. Selección de módulo (2) .....	89
Figura N°44. Vista en corte de los pozos .....	91
Figura N°45. Configuración de controlador en software RSLogix5000 .....	106
Figura N°46. Configuración de módulos conectados a PLC de comunicación .....	107
Figura N°47. Estructura de programa de control .....	108
Figura N°48. Bloques para ejecutar rutinas del programa principal.....	109
Figura N°49. Línea de programa para enviar bits a DCS.....	109
Figura N°50. Transferencia de datos binarios a DCS .....	111
Figura N°51. Transferencia de datos reales a DCS .....	115
Figura N°52. Instrucción JSR para ejecución de rutina.....	115
Figura N°53. Subrutina para lectura de status a través de red Ethernet .....	116
Figura N°54. Configuración de controlador en software RSLogix5000 (Pozo MT1).....	117
Figura N°55. Configuración de red en software RSLogix5000 (Pozo MT1) .....	117
Figura N°56. Estructura del programa (Pozo MT1) .....	118
Figura N°57. Estructura del programa (Pozo MT1) .....	119
Figura N°58. Rutina para escalamiento de señales de entrada (Pozo MT1).....	121
Figura N°59. Rutina para ingreso de datos del variador de velocidad .....	122
Figura N°60. Rutina para salida de datos hacia el variador de velocidad .....	123
Figura N°61. Rutina para arranque del variador de velocidad.....	124
Figura N°62. Rutina donde se totaliza el flujo de agua bombeado.....	125
Figura N°63. Rutina de bloque First Out (Pozo MT1).....	126
Figura N°64. Rutina donde se escriben los valores seteados en PanelView .....	127
Figura N°65. Rutina para control PID (Pozo MT1).....	128

Figura N°66. Establecimiento de límites en bloque PIDE.....	129
Figura N°67. Valores obtenidos a través Autotune.....	129
Figura N°68. Nodos configurados en red DeviceNet.....	130
Figura N°69. Nodo agregado a scanlist de Scanner DeviceNet.....	131
Figura N°70. Mapeo de datos de entrada .....	132
Figura N°71. Mapeo de datos de entrada .....	132
Figura N°72. Display principal de pantallas de supervisión.....	134
Figura N°73. Display principal de pozo MT1 .....	136
Figura N°74. Popup de estado y arranque de bomba C-4250-PP-1851 .....	138
Figura N°75. Display de interlocks activos en bomba C-4250-PP-1851 .....	139
Figura N°76. Popup de nivel de agua en pozo MT1 .....	141
Figura N°77. Popup de flujo de agua en pozo MT1.....	142
Figura N°78. Ventana emergente para ingreso de usuario y contraseña .....	143
Figura N°79. Popup de control PID.....	144
Figura N°80. Display de tendencias de nivel .....	145
Figura N°81. Display de tendencias de flujo.....	147
Figura N°82. Display de tendencias de lazo de control.....	149
Figura N°83. Display de tendencias de velocidad .....	151
Figura N°84. Tablero de control antiguo.....	158
Figura N°85. Tablero de fuerza (VFD), tablero de control y comunicaciones en ubicación de pozo MT1 .....	158
Figura N°86. Variador funcionando a 3351.2 RPM .....	159
Figura N°87. Controlador en funcionamiento.....	159
Figura N°88. Sistema de bombeo.....	160
Figura N°89. Transmisor de nivel ubicado en pozo MT1.....	160
Figura N°90. Transmisor de flujo ubicado en pozo MT1.....	161

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N°1. Diferencia entre sistema de control de lazo abierto y cerrado .....	13
Tabla N°2. Tipo de control proporcional, integral y derivativo .....	20
Tabla N°3. Valores recomendados de sintonización .....	23
Tabla N°4. Especificaciones del controlador 1769-L30ER .....	27
Tabla N°5. Estados operativos del controlador 1769-L30ER.....	28
Tabla N°6. Tipos de datos soportados por PLC .....	30
Tabla N°7. Dispositivos de entrada discretos .....	31
Tabla N°8. Dispositivos de entrada analógicos .....	32
Tabla N°9. Dispositivos de salida discretos .....	33
Tabla N°10. Dispositivos de salida analógicos .....	35
Tabla N°11. Ventajas y desventajas de los PLC .....	36
Tabla N°12. Especificaciones técnicas del PanelView Plus 6.....	40
Tabla N°13. Características de topología de red tipo estrella .....	42
Tabla N°14. Características de topología de red tipo anillo .....	43
Tabla N°15. Características de topología de red tipo bus .....	44
Tabla N°16. Longitud de distribución de red Devicenet.....	47
Tabla N°17. Cuadro de instrumentación para cada pozo.....	64
Tabla N°18. Listado de equipos de automatización .....	66
Tabla N°19. Especificaciones de Circuit Breakers instalados .....	68
Tabla N°20. Potencia consumida por cada uno de los equipos .....	69
Tabla N°21. Características de las bornas intermedias 1492-J4 .....	71
Tabla N°22. Características de las borneas intermedias 1492-JG4 .....	72
Tabla N°23. Características de las bornas intermedias 1492-H6 .....	73
Tabla N°24. Características de las bornas intermedias 1492-JD3.....	74
Tabla N°25. Características de Gabinete de control Rittal .....	75
Tabla N°26. Costos de implementación por cada pozo .....	79
Tabla N°27. Cosos de implementación de tablero comunicaciones .....	79
Tabla N°28. Cosos de configuración / puesta en marcha .....	79
Tabla N°29. Resumen – Costos totales.....	80
Tabla N°30. Cuadro de especificaciones de los equipos .....	92
Tabla N°31. Cuadro de instrumentación correspondiente a pozo MT1 .....	94
Tabla N°32. Cuadro de instrumentación correspondiente a pozo MT2 .....	94

Tabla N°33. Cuadro de instrumentación correspondiente a pozo MT5 .....	95
Tabla N°34. Cuadro de instrumentación correspondiente a pozo MT7 .....	95
Tabla N°35. Cuadro de instrumentación correspondiente a pozo MT8 .....	96
Tabla N°36. Cuadro de enclavamientos y permisivos correspondientes a pozo MT1 .....	98
Tabla N°37. Cuadro de enclavamientos y permisivos correspondientes a pozo MT2 .....	98
Tabla N°38. Cuadro de enclavamientos y permisivos correspondientes a pozo MT5 .....	99
Tabla N°39. Cuadro de enclavamientos y permisivos correspondientes a pozo MT7 .....	99
Tabla N°40. Cuadro de enclavamientos y permisivos correspondientes a pozo MT8 .....	100
Tabla N°41. Cuadro de variables de proceso correspondientes a pozo MT1 .....	100
Tabla N°42. Cuadro de variables de proceso correspondientes a pozo MT2 .....	101
Tabla N°43. Cuadro de variables de proceso correspondientes a pozo MT5 .....	101
Tabla N°44. Cuadro de variables de proceso correspondientes a pozo MT7 .....	102
Tabla N°45. Cuadro de variables de proceso correspondientes a pozo MT8 .....	102
Tabla N°46. Cuadro de alarmas correspondientes a pozo MT1 .....	103
Tabla N°47. Cuadro de alarmas correspondientes a pozo MT2 .....	103
Tabla N°48. Cuadro de alarmas correspondientes a pozo MT5 .....	104
Tabla N°49. Cuadro de alarmas correspondientes a pozo MT7 .....	104
Tabla N°50. Cuadro de alarmas correspondientes a pozo MT8 .....	105
Tabla N°51. Cuadro de valores seteados a través de HMI .....	142
Tabla N°52. Simulación de pantallas de supervisión .....	153

## CAPÍTULO I

### 1. PLANTEAMIENTO TEÓRICO

#### 1.1. TÍTULO

“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA SCADA USANDO COMUNICACIÓN ETHERNET Y DEVICENET EN SISTEMAS DE BOMBEO PARA INTERCEPTACIÓN DE AGUA DE RELAVES”

#### 1.2. IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

El agua tras el embalse de relaves en Enlozada está migrando a través del estribo izquierdo y se va manifestando a través de filtraciones y apariciones de manantiales en el valle adyacente. Es por ello que es necesario interceptar el flujo de agua subterránea que genera la aparición de filtraciones y bombear ésta de vuelta al embalse de la presa. Es necesario, además, monitorear los datos de nivel y flujo del agua ya que estos son reportados mensualmente al OEFA y permiten saber que el sistema está funcionando eficientemente.

#### 1.3. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

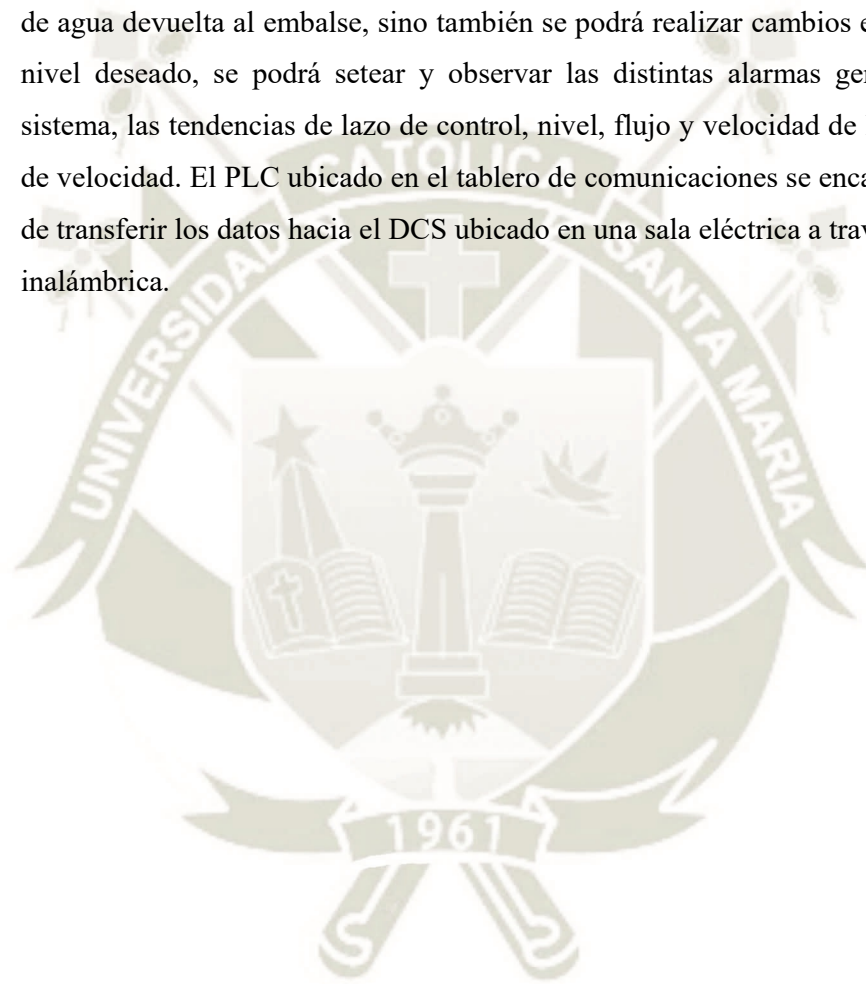
El sistema de bombeo que se venía aplicando en esta zona, es actualmente obsoleto y no se usa más ya que el sistema era netamente eléctrico, con el cual no se logra llevar un control exacto del agua bombeada y no se puede monitorear el nivel de la misma en el pozo. Este sistema de bombeo brinda una mínima precisión y genera desgaste del elemento final de control, en este caso, de las bombas ubicadas en los pozos.

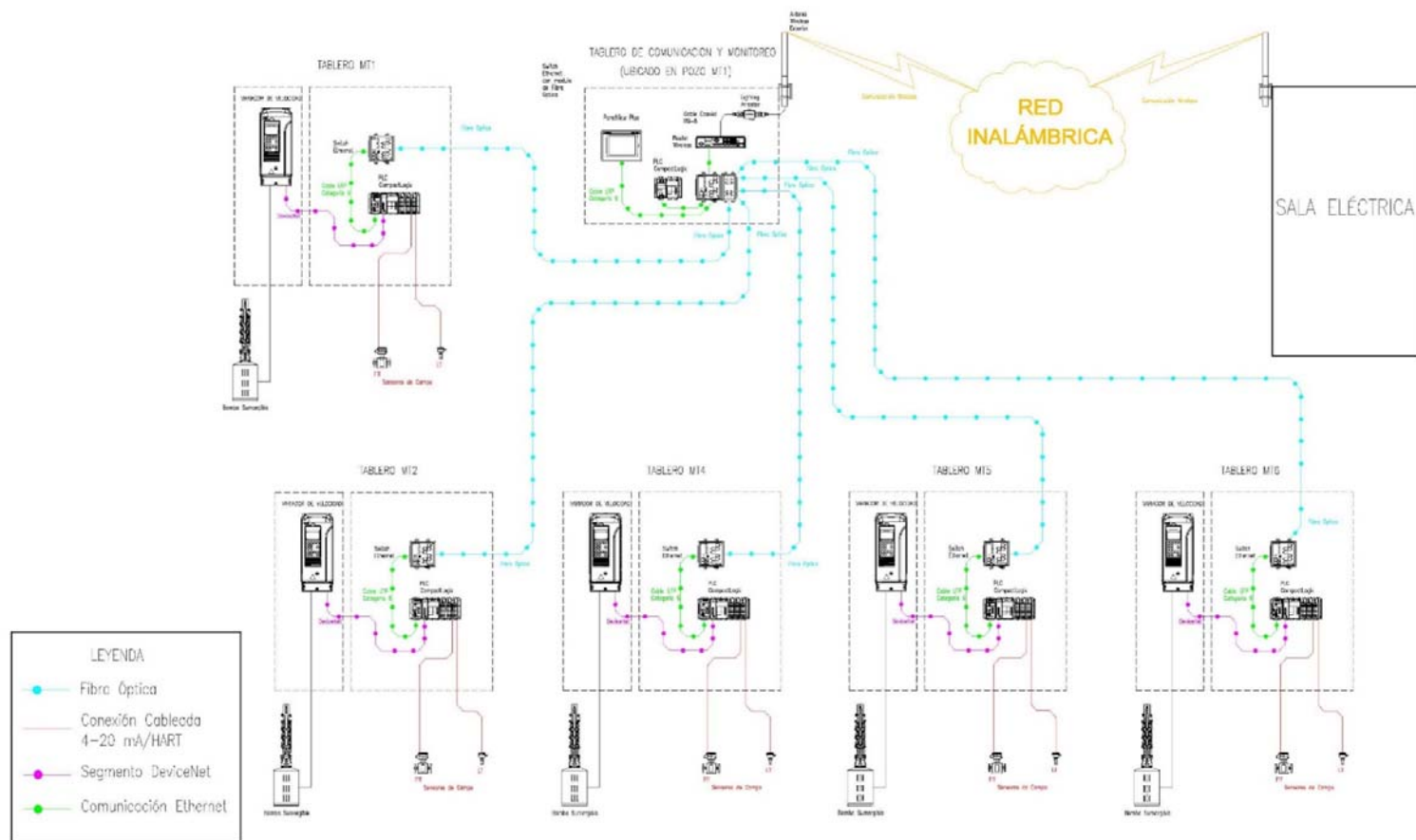
En este mismo contexto, es necesario optimizar el control de las bombas en dichos pozos para obtener un sistema de bombeo eficiente usando controladores lógico programables, variadores de velocidad y HMI para monitoreo y seteo del sistema a fin de poder tener un registro más preciso de los niveles, del flujo de agua devuelto y de las fallas que se pueden dar en cada pozo.

En la siguiente figura, se muestra la arquitectura de red que se empleará en el sistema de control propuesto, como se puede ver, existirán 05 pozos de interceptación de agua de relaves, cada uno con un tablero de control y un tablero de fuerza en el cual se encontrará el variador de velocidad. Cada tablero de control se comunicará con

el variador a través de comunicación Devicenet, la cual fue elegida debido a su bajo costo y alta fiabilidad. Cada pozo además se comunicará con el tablero de comunicaciones a través de comunicación Ethernet, elegida debido a su uso en largas distancias y simpleza en la configuración de la red.

Es el tablero de comunicaciones el que contendrá la pantalla con el sistema SCADA, desde la cual se podrá no sólo monitorear los niveles de agua en los pozos y flujo de agua devuelta al embalse, sino también se podrá realizar cambios en el seteo del nivel deseado, se podrá setear y observar las distintas alarmas generadas en el sistema, las tendencias de lazo de control, nivel, flujo y velocidad de los variadores de velocidad. El PLC ubicado en el tablero de comunicaciones se encargará además de transferir los datos hacia el DCS ubicado en una sala eléctrica a través de una red inalámbrica.





**Figura N°1. Arquitectura de Control**

**Fuente:** Proyecto de investigación

**Autor:** Aldo Velásquez Santillán

#### 1.4. ANTECEDENTES

Previo a al inicio de esta investigación, se realizó la búsqueda a través de la internet de trabajos similares o que den referencia a lo que se desea desarrollar, teniendo como referencia un proyecto de investigación presentado a la Facultad de Ingeniería Química y manufacturera de la Universidad nacional de Ingeniería que lleva por nombre “Automatización de un laboratorio de Ingeniería Química utilizando PLC’s conectados a través de una red industrial supervisada por medio de un sistema SCADA” Si bien no se realizó un control de nivel o flujo específico y referente a la investigación presente, se toma en cuenta la comunicación realizada entre controladores lógico programables para establecer intercambio de datos entre cada uno de los programas desarrollados y viéndose reflejados dichos datos en el SCADA desarrollado (Marin O., 2016),

Por otro lado, se ubicó el trabajo presentado a la Carrera de Ingeniería Electromecánica de la Escuela Politécnica del Ejército – Extensión Latacunga, que lleva como título “Diseño e Implementación de un Sistema de Supervisión, utilizando una Red Devicenet, en el laboratorio de PLC’s de la Escuela Politécnica del Ejército Extensión Latacunga” siendo los autores Romel Patricio Chávez Chávez y Ángel Marcelo López Bastidas. En dicha investigación, se pretende implementar una Red DeviceNet y EtherNet con sistema de supervisión con equipos existentes de la marca Allen Bradley, con esa implementación se desea contribuir a la realización de experimentos usando todos los recursos disponibles (Chávez R. y López A., 2016).

#### 1.5. OBJETIVOS

##### 1.5.1. OBJETIVO PRINCIPAL

Diseñar e implementar un sistema SCADA usando comunicación Ethernet y Devicenet en sistemas de bombeo para interceptación de agua de relaves

##### 1.5.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Desarrollar los planos de construcción e instrumentación de los tableros de control y comunicación.
2. Elaborar la lógica de control usando lenguaje de programación Ladder de acuerdo a la filosofía de control.

3. Diseñar y desarrollar las aplicaciones de supervisión (SCADA).
4. Configurar y levantar la Red Ethernet y Devicenet.
5. Poner en marcha los sistemas de bombeo

## 1.6. HIPÓTESIS

**DADO:** Que la automatización es pieza clave en la mejora de los procesos industriales para lograr un mayor rendimiento, precisión, reducción de costos y puntualmente en esta investigación, un control del impacto ambiental que podría desencadenar el no hacer uso de un sistema automatizado.

**ES PROBABLE:** Controlar la filtración de agua de relave generado por los procesos mineros a través de un control automático de nivel y flujo haciendo uso de variadores de velocidad, control PID, controladores lógico programables y supervisando dicho control a través de interfaces hombre-máquina.

## 1.7. VARIABLES

### 1.7.1. VARIABLE DEPENDIENTE

Diseño de un sistema SCADA y programa PLC para interceptación de agua de relaves

### 1.7.2. VARIABLE INDEPENDIENTE

Medición del nivel encontrado en los pozos, medición del caudal que fluye por las tuberías y la respectiva supervisión del proceso mediante SCADA.

## 1.8. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

### 1.8.1. JUSTIFICACIÓN ECONÓMICA

1. Esta investigación evitará a que se generen multas a la minera por contaminación ya que ayudará a verificar de manera más precisa si se está filtrando agua del embalse de relaves a los valles.
2. Los equipos usados para este sistema serán de gama alta por lo cual se garantiza un tiempo de vida prolongado de este sistema de bombeo.

3. El desgaste de las bombas sumergibles implementadas en los pozos será mucho menor debido a que no se usará más el obsoleto sistema de control ON-OFF que se venía aplicando.

### **1.8.2. JUSTIFICACIÓN SOCIAL**

1. Esta investigación evitará la filtración de aguas de relave hacia los valles adyacentes a la minera, evitando así contaminación de suelos.
2. El agua que logra filtrarse contiene minerales y químicos no aptos para el consumo de ninguna especie, por lo cual es de vital importancia interceptar estas aguas en el territorio de la minera.

## **1.9. ALCANCES Y LIMITACIONES**

### **1.9.1. ALCANCE**

El presente proyecto tiene como alcance diseñar e implementar un sistema de bombeo moderno controlado por PLC, monitoreado a través de un Interfaz Hombre-Máquina (HMI) en el cual el operador pueda no sólo monitorear el nivel de agua, el flujo de agua instantánea y el total de agua devuelta por cada turno desde un solo punto, es decir, sin la necesidad de desplazarse de un punto a otro para poder saber los datos requeridos de cada pozo; sino que también podrá enterarse muy fácilmente de las fallas que pueden ocurrir tanto en las bombas, como en los equipos implicados en el sistema; podrá además tener acceso al seteo de los niveles de agua deseados en cada uno de los pozos que se logra gracias al control PID. No sería posible desarrollar un sistema de control efectivo sin la existencia de redes de comunicación, a través de las cuales se logra tener toda la información necesaria para un control eficiente, es por eso que la comunicación se realizará a través de red Devicenet y Ethernet, las cuales vienen siendo usadas en muchas partes del mundo por su simplicidad y efectividad. La red Devicenet nos permitirá comunicarnos con los variadores de velocidad y a través de la red Ethernet podremos comunicarnos con el tablero de comunicaciones donde se encuentra, además, el panel táctil.

### 1.9.2. LIMITACIONES

1. La presente investigación será implementada en una minera, por lo cual no se presentarán físicamente los tableros de control ni el equipamiento involucrado en las instalaciones de la UCSM, pero sí se podrá evidenciar la existencia del sistema en mina y su efectividad mediante fotografías y videos.
2. Los tableros de control y comunicaciones serán construidos para el proyecto, pero sólo se tendrá un registro fotográfico de cómo se elaboraron.
3. Tanto las pantallas para el HMI, el diseño de la arquitectura de red y los programas de control podrán ser sólo probados en software mediante simulación, siendo los programas usados en la simulación una adaptación de los programas finales realizados en la puesta en marcha del proyecto, por lo cual se asegura que serán los programas definitivos.
4. Los sensores de nivel y flujo del sistema, así como el variador de velocidad, fueron seleccionados por la minera y las bombas sumergibles fueron reutilizadas por lo que no se seleccionaron durante la investigación.

### 1.10. METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN

La presente investigación se realizará en base al método científico, el cual tiene como etapas la observación, planteamiento de objetivos, hipótesis, resultados sistematizados y estudiados y finalmente las conclusiones. Dicho método permitirá realizar una investigación en forma ordenada y con resultados satisfactorios.

## CAPÍTULO II

### 2. MARCO TEÓRICO

#### 2.1. INTRODUCCIÓN

El presente capítulo contiene los conceptos y definiciones que serán desarrolladas en la presente investigación, estos conceptos y definiciones son básicamente relacionados a la automatización, arquitectura de redes de comunicación, programación y manejo de PLC's, diseño de pantallas en software FactoryTalk View Studio Machine Edition, configuración de variadores de velocidad, diseño y armado de tableros de control y relacionados además a los sensores que forman parte del proceso de automatización.

#### 2.2. AUTOMATIZACIÓN

##### 2.2.1. DEFINICIÓN

Automatización es el uso de sistemas de control, como computadoras o robots y tecnología informática para manejar diferentes procesos y maquinarias en una industria donde se desea reemplazar a un ser humano. Es el segundo paso más allá de la mecanización en el alcance de la industrialización.

Al principio el propósito de la automatización era incrementar la productividad (sistemas automatizados pueden trabajar 24 horas/día), y reducir el costo asociado a los operadores humanos. Sin embargo, hoy, el enfoque de la automatización ha cambiado a incrementar la calidad y flexibilidad en un proceso de manufactura.

Las ventajas de la automatización son muchas, dentro de ellas, la alta productividad, alta calidad, alta flexibilidad, alta precisión y seguridad mientras que la desventaja principal y prácticamente única es el costo inicial (Brei M., 2016).

##### 2.2.2. TIPOS DE AUTOMATIZACIÓN

1. Control Automático de Procesos, se refiere usualmente al manejo de procesos caracterizados de diversos tipos de cambios
2. El procesamiento Electrónico de Datos, frecuentemente es relacionado con los sistemas de información, centros de cómputo, etc.

3. La automatización fija, es aquella asociada al empleo de sistemas lógicos tales como los sistemas de relevadores y compuertas lógicas.
4. El Control Numérico Computarizado.
5. La automatización Flexible, lo poseen las máquinas de control numérico computarizado (Rascon D., Chacon A., Salinas Y., 2016).

### **2.2.3. AUTOMATIZACIÓN EN LA MINERÍA**

El papel que desempeña la automatización en la minería, se basa en el diseño y mejora de sistemas, que optimicen la utilización y consumo de recursos. El uso de técnicas de control avanzado ayuda a predecir y prevenir situaciones inusuales que puedan causar daños en equipamientos clave, pérdidas de producción y consumo excesivo de energía.

Para lograr resultados óptimos se tiene que buscar una buena selección y aprovechamiento de la tecnología actual. En nuestros tiempos la variedad de los productos y equipos que facilitan el trabajo del hombre, además de añadir exactitud y precisión al mismo, brindando confiabilidad al combinar los diversos sistemas. Es esencial la utilización de la tecnología en las operaciones mineras para manejar con exactitud el control de presión, temperatura, humedad, viscosidad y todo lo relacionado con el proceso (Ojeda, 2012).

### **2.3. OBJETIVOS DE LA AUTOMATIZACIÓN**

1. Mejorar la productividad de la empresa, reduciendo los costos de la producción y mejorando la calidad de la misma.
2. Mejorar las condiciones de trabajo del personal, suprimiendo los trabajos penosos e incrementando la seguridad.
3. Realizar las operaciones imposibles de controlar intelectual o manualmente.
4. Mejorar la disponibilidad de los productos, pudiendo proveer las cantidades necesarias en el momento preciso.
5. Simplificar el mantenimiento de forma que el operario no requiera grandes conocimientos para la manipulación del proceso productivo.
6. Integrar la gestión y producción (www.sc.ehu.es, 2016).

## 2.4. SISTEMA DE CONTROL

### 2.4.1. DEFINICIÓN

Un sistema de control es un sistema de dispositivos o conjunto de dispositivos, que maneja, comanda, dirige o regula el comportamiento de otros dispositivos o sistemas para llegar a los resultados deseados.

La característica principal de un sistema de control es, que debe existir una clara relación matemática entre entrada y salida del sistema. Cuando la relación entre entrada y salida del sistema puede ser representada por una proporcionalidad lineal, el sistema es llamado sistema de control lineal. Cuando la relación entre entrada y salida no puede ser representada por una proporcionalidad lineal, el sistema es llamado sistema de control no lineal (Electrical 4 U. 2016).

### 2.4.2. TIPOS DE SISTEMAS DE CONTROL

Existen varios tipos de sistemas de control, pero todos ellos son creados para controlar salidas. Los sistemas usados para controlar la posición, velocidad, aceleración, temperatura, presión, voltaje, corriente, etc. Son ejemplos de sistemas de control.

Existen dos principales tipos de sistemas de control, sistemas de control de lazo abierto y sistemas de control de lazo cerrado (Electrical 4 U. 2016).

#### 2.4.2.1. SISTEMAS DE CONTROL DE LAZO ABIERTO

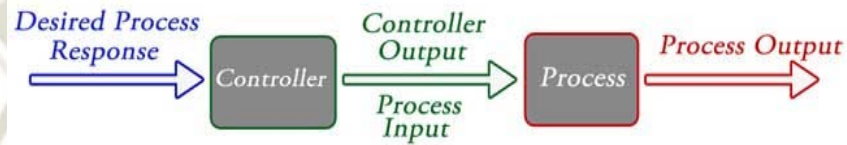
El sistema de control donde la acción de control es totalmente independiente de la salida del sistema es llamado sistema de control de lazo abierto. Sistemas de control manual son también sistemas de lazo abierto. Dentro de las ventajas del sistema de control en lazo abierto se encuentran:

1. Construcción y diseño simple.
2. Económico.
3. Fácil de mantener.
4. Generalmente estable.

Dentro de las desventajas de este tipo de sistema de control se encuentran:

1. No son precisos.
2. No son confiables.
3. Cualquier cambio en la salida no puede ser corregida automáticamente.

A continuación, se muestra un diagrama de bloques del sistema de control de lazo abierto en el cual la salida del proceso es totalmente independiente de la acción del controlador (Electrical 4 U. 2016).



**Figura N°2. Sistema de control de lazo abierto**

**Fuente:** Closed loop and open loop control system

**Autor:** Electrical 4 U

#### 2.4.2.2. SISTEMAS DE CONTROL DE LAZO CERRADO

El sistema de control en el cual la salida tiene un efecto en la cantidad de entrada en tal manera que la cantidad de entrada se ajustará por sí sola basada en la salida generada es llamado sistema de control de lazo cerrado. El sistema de control de lazo abierto puede ser convertido en un sistema de control de lazo cerrado dándole una retroalimentación. Esta retroalimentación realiza automáticamente los cambios adecuados en la salida debido a las perturbaciones externas. El sistema de control de lazo cerrado es llamado sistema de control automático.

A continuación, se muestra un diagrama de bloques del sistema de control de lazo cerrado en el cual la retroalimentación es tomada de la salida y alimenta en la entrada.



**Figura N°3. Sistema de control de lazo cerrado**

**Fuente:** Closed loop and open loop control system

**Autor:** Electrical 4 U

Dentro de las ventajas del sistema de control de lazo cerrado se encuentran:

1. Estos sistemas de control son más precisos incluso en presencia de no linealidad.
2. De alta precisión ya que cada error que se presenta es corregido debido a la señal de retroalimentación presente.
3. Facilita la automatización.
4. La sensibilidad del sistema puede ser reducida para hacer al sistema más estable.
5. Este sistema es menos afectado por el ruido.

Dentro de las desventajas de este sistema se encuentran:

1. Tiene un costo alto.
2. Son más complicados de diseñar.
3. Requieren más mantenimiento.
4. La retroalimentación tiende a la respuesta oscilatoria.
5. La ganancia es reducida debido a la presencia de la retroalimentación.
6. La estabilidad es el mayor problema y necesita más cuidado para diseñar un sistema de control de lazo cerrado estable (Electrical 4 U. 2016).

#### 2.4.2.3. COMPARACIÓN DE UN SISTEMA DE LAZO CERRADO Y UNO DE LAZO ABIERTO

**Tabla N°1. Diferencia entre sistema de control de lazo abierto y cerrado**

ITEM	SISTEMA DE CONTROL DE LAZO ABIERTO	SISTEMA DE CONTROL DE LAZO CERRADO
1	La retroalimentación no existe.	El elemento de retroalimentación está siempre presente.
2	El detector de error no está presente.	El detector de error está siempre presente.
3	Este sistema es estable.	Este sistema podría volverse inestable.
4	Fácil de construir.	Difícil de construir.
5	Es un sistema económico.	Es un sistema costoso.
6	No es un sistema preciso.	Es un sistema preciso.
7	Necesita de menos mantenimiento.	Necesita de más mantenimiento.
8	No es un sistema confiable.	Es un sistema confiable.

**Fuente:** Proyecto de investigación

**Autor:** Aldo Velásquez Santillán

### 2.4.3. ELEMENTOS DE UN SISTEMA DE CONTROL

El control automatizado en bucle cerrado se lleva a cabo en la actualidad mediante sistemas muy sofisticados, cuyos elementos fundamentales son regulador, transductor, captador, comparador y accionador.

Los elementos de un sistema de control son:

1. Regulador: es el elemento más importante.
2. Transductor o captador: dispositivo que adapta un tipo de magnitud a otro.
3. Comparador o Detector de error: proporciona la diferencia entre la señal de salida deseada y la obtenida realmente.
4. Accionador o actuador: es el elemento final que actúa sobre el proceso según la señal de mando que reciba del regulador (Camilo Duque. 2006).



**Figura N°4. Componentes de un sistema de control**

**Fuente:** Elementos de un sistema de control

**Autor:** Camilo Duque

#### 2.4.3.1. EL REGULADOR

Antiguamente, el control de los procesos industriales se llevaba a cabo de forma manual: el propio operario, basándose en su experiencia, realizaba los cambios que consideraba adecuados sobre el proceso, para obtener de esta manera el producto final. Hoy en día, en muchas aplicaciones, con el fin de mejorar la calidad del sistema, se utiliza el computador como elemento de control. El regulador constituye el elemento fundamental en un sistema de control, pues determina el comportamiento del bucle, ya que condiciona la acción del elemento actuador en función del error obtenido. La forma en que el regulador genera la señal de control se denomina Acción de control. Algunas se conocen con el nombre de Acciones Básicas de control y son las siguientes:

1. Acción proporcional (P).
2. Acción integral (I).
3. Acción Diferencial (D) (Camilo Duque. 2006).

#### 2.4.3.2. TRANSDUCTORES Y CAPTADORES

El transductor tiene la misión de traducir o adaptar un tipo de energía a otro más adecuado para el controlador. El captador tiene la misión de captar una determinada información en el sistema, para realimentarla. A pesar de su diferente utilidad, la naturaleza de ambos es la misma; de hecho, su única diferencia estriba en el lugar en que se colocan en el sistema (Camilo Duque. 2006).

#### 2.4.3.3. COMPARADORES

En el comparador, la señal de consigna – que es la salida del transductor – se compara con la señal de salida medida por el captador, con lo que se genera la señal de error. Este elemento aparece solamente en los sistemas de control en bucle cerrado, donde existe un bloque de realimentación de la señal de salida. Está integrado, normalmente, dentro del bloque del regulador. La diferencia entre el valor medio de la variable controlada y el valor de consigna se puede obtener por diferentes procedimientos: neumáticos, mecánicos, eléctricos o electrónicos (Camilo Duque. 2006).

#### 2.4.3.4. ACTUADORES

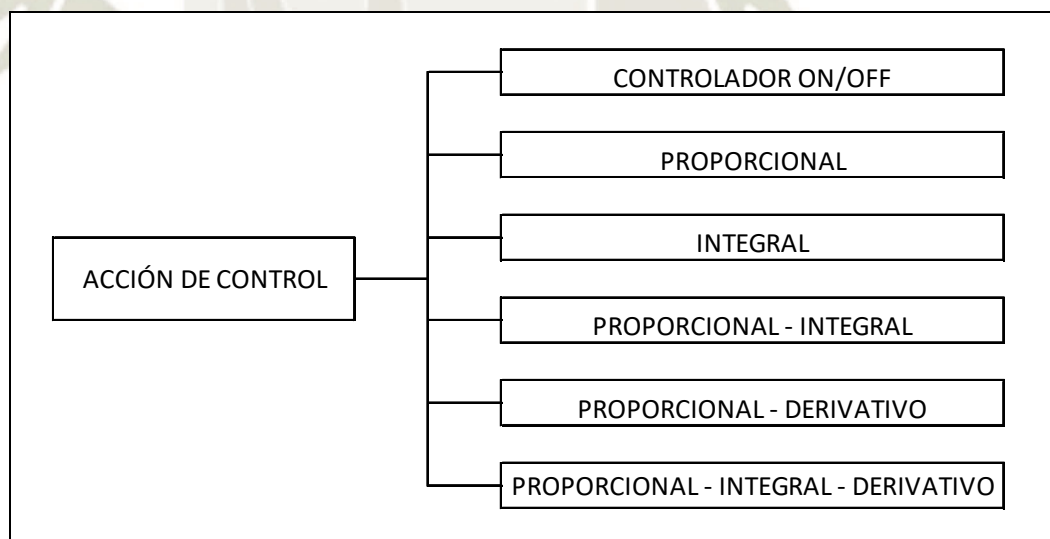
El elemento actuador es el elemento final de control. Es el órgano de mando de una válvula, una compuerta... en el que se encuentran interruptores y relés capaces de obedecer a una señal eléctrica o neumática procedente del regulador y de actuar sobre la planta o proceso modificando alguno de sus parámetros fundamentales de funcionamiento (Camilo Duque. 2006).

### 2.5. ACCIONES DE CONTROL

#### 2.5.1. DEFINICIÓN

La forma en la cual el controlador automático produce la señal de control se llama “acción de control”. Los controladores automáticos comparan el valor real de la salida de la planta con la entrada de referencia, lo cual determina la desviación con la que el controlador debe producir una señal de control que reduzca la desviación.

Las acciones de control se muestran a continuación (Núñez F., 2016).



**Figura N°5. Acciones de control**

**Fuente:** Proyecto de investigación

**Autor:** Aldo Velásquez Santillán

### 2.5.2. ACCIÓN DE CONTROL ON/OFF

Para esta acción de control el elemento de actuación sólo tiene dos posiciones fijas que en la mayoría de los casos son apagado o encendido. Este control es relativamente simple y barato, por lo cual su uso es muy extendido en sistemas de control tanto industriales como domésticos.

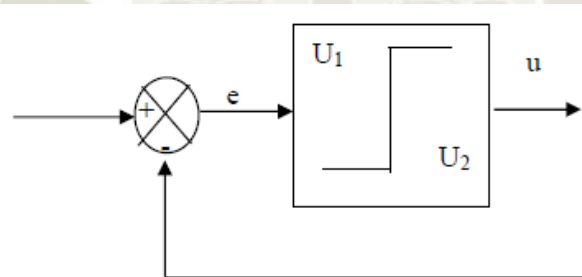
Si tenemos una señal de salida del controlador  $u(t)$  y una señal de error  $e(t)$ , en el control de dos posiciones, la señal  $u(t)$  permanece en un valor ya sea máximo o mínimo, dependiendo de si la señal de error es positiva o negativa. De este modo,

$$u(t) = U_1, \quad \text{para } e(t) > 0$$

$$u(t) = U_2, \quad \text{para } e(t) < 0$$

En donde  $U_1$  y  $U_2$  son constantes. Por lo general, el valor mínimo de  $U_2$  es cero o menos  $U_1$ .

La siguiente figura muestra el diagrama de bloques de un controlador On/Off (Núñez F., 2016).



**Figura N°6. Diagrama de bloques que representa el control On/Off**

**Fuente:** Acciones de control

**Autor:** Fernando Núñez Enríquez

### 2.5.3. ACCIÓN DE CONTROL PROPORCIONAL

El controlador proporcional es en realidad un amplificador con ganancia ajustable. Este control reduce el tiempo de subida, incrementa el sobretiro y reduce el error de estado estable.

Para una acción de control proporcional la relación entre la salida del controlador  $u(t)$  y la señal de error  $e(t)$  es:

$$u(t) = K_p e(t)$$

Donde  $K_p$  es la ganancia proporcional (Núñez F., 2016).

#### 2.5.4. ACCIÓN DE CONTROL INTEGRAL

La acción de control integral se denomina control de reajuste (reset). En un controlador integral la relación entre la salida del controlador  $u(t)$  y la señal de error  $e(t)$  es:

$$\frac{du(t)}{u(t)} = K_i e(t)$$
$$u(t) = K_i \int_0^t e(t)$$

Donde  $K_i$  es una constante ajustable.

Si se duplica el valor de  $e(t)$ , el valor de  $u(t)$  varía dos veces más rápido. Para un error de cero, el valor de  $u(t)$  permanece estacionario (Núñez F., 2016).

#### 2.5.5. ACCIÓN DE CONTROL PROPORCIONAL INTEGRAL

El control proporcional integral decrementa el tiempo de subida, incrementa el sobre impulso y el tiempo de estabilización, y tiene el efecto de eliminar el error de estado estable, pero empeorará la respuesta transigente.

La acción de control proporcional integral se define mediante:

$$u(t) = K_p e(t) + \frac{K_p}{T_i} \int_0^t e(t)$$

Donde  $K_p$  es la ganancia proporcional y  $T_i$  se denomina tiempo integral.

El tiempo integral ajusta la acción del control, mientras que un cambio en el valor de  $K_p$  afecta las partes integral y proporcional de la acción de control. El inverso del tiempo integral  $T_i$  se denomina velocidad de reajuste. La velocidad

de reajuste es la cantidad de veces por minuto que se duplica la parte proporcional de la acción de control. La velocidad de reajuste se mide en términos de las repeticiones por minuto (Núñez F., 2016).

### 2.5.6. ACCIÓN DE CONTROL PROPORCIONAL DERIVATIVO

El control proporcional derivativo reduce el sobre impulso y el tiempo de estabilización, por lo cual tendrá el efecto de incrementar la estabilidad del sistema mejorando la respuesta del sistema. La relación de un controlador proporcional derivativo entre la salida  $u(t)$  y la señal de error  $e(t)$  está dada por:

$$u(t) = K_p e(t) + K_p T_d \frac{de(t)}{dt}$$

Donde  $K_p$  es la ganancia proporcional y  $T_d$  es una constante denominada tiempo derivativo.

La acción de control derivativo, en ocasiones llamada control de velocidad, ocurre donde la magnitud de la salida del controlador es proporcional a la velocidad de cambio de la señal de error. El tiempo derivativo  $T_d$  es el intervalo de tiempo durante el cual la acción de la velocidad hace avanzar el efecto de la acción proporcional. La acción de control derivativo tiene un carácter de previsión. Sin embargo, es obvio que una acción de control derivativo nunca prevé una acción que nunca ha ocurrido.

Aunque la acción de control derivativo tiene la ventaja de ser de previsión, tiene las desventajas de que amplifica las señales de ruido y puede provocar un efecto de saturación en el actuador (Núñez F., 2016).

### 2.5.7. ACCIÓN DE CONTROL PROPORCIONAL INTEGRAL DERIVATIVO

La combinación de una acción de control proporcional, una acción de control integral y una acción de control derivativo se denomina acción de control proporcional integral derivativo. Esta acción combinada tiene las ventajas de cada una de las tres acciones de control individuales.

La siguiente tabla resume las características de los controles mencionados (Núñez F., 2016).

**Tabla N°2. Tipo de control proporcional, integral y derivativo**

Tipo de Control	Tiempo de subida	Sobre impulso	Tiempo de estabilización	Error en estado estable
Proporcional	Decrece	Crece	Cambio menor	Decrece
P. Integral	Decrece	Crece	Crece	Se elimina
P. Derivativa	Cambio menor	Decrece	Decrece	Cambio menor

**Fuente:** Acciones de control

**Autor:** Fernando Núñez Enríquez

Las correlaciones de la tabla mostrada no son muy precisas, porque  $K_p$ ,  $K_i$  y  $K_d$  son dependientes entre sí, por lo cuál esta tabla sólo debe ser tomada como referencia.

Un controlador PID (Proporcional Integrativo Derivativo) es un mecanismo de control genérico sobre una realimentación de bucle cerrado, ampliamente usado en la industria para el control de sistemas. El PID es un sistema al que le entra un error calculado a partir de la salida deseada menos la salida obtenida y su salida es utilizada como entrada en el sistema que queremos controlar. El controlador intenta minimizar el error ajustando la entrada del sistema.

El controlador PID viene determinado por tres parámetros: el proporcional, el integral y el derivativo. Dependiendo de la modalidad del controlador alguno de estos valores puede ser 0, por ejemplo, un controlador Proporcional tendrá el integral y el derivativo a 0 y un controlador PI solo el derivativo será 0, etc. Cada uno de estos parámetros influye en mayor medida sobre alguna característica de la salida (tiempo de establecimiento, sobre oscilación) pero también influye sobre las demás, por lo que por mucho que ajustemos no encontraríamos un PID que redujera el tiempo de establecimiento a 0, la sobre oscilación a 0, el error a 0, sino que se trata más de ajustarlo a un término medio cumpliendo las especificaciones requeridas.

La relación entre la salida del controlador  $u(t)$  y la señal de error  $e(t)$  de acción de control Proporcional Integral Derivativo está dada por:

$$u(t) = K_p e(t) + K_p T_d \frac{de(t)}{dt} + \frac{K_p}{T_i} \int_0^t e(t)$$

Donde  $K_p$  es la ganancia proporcional,  $T_i$  es el tiempo integral y  $T_d$  es el tiempo derivativo (Mazzone V., 2002).

#### 2.5.7.1. FUNCIONAMIENTO DEL PID

Para el correcto funcionamiento de un controlador PID que regule un proceso o sistema se necesita, al menos:

1. Un sensor, que determine el estado del sistema.
2. Un controlador, que genere la señal que gobierna al actuador.
3. Un actuador, que modifique al sistema de manera controlada.

El sensor proporciona una señal analógica o digital al controlador, la cual representa el punto actual en el que se encuentra el proceso o sistema. La señal puede representar ese valor en tensión eléctrica, intensidad de corriente eléctrica o frecuencia. En este último caso la señal es de corriente alterna, a diferencia de los dos anteriores, que también pueden ser con corriente continua.

El controlador lee una señal externa que representa el valor que se desea alcanzar. Esta señal recibe el nombre de punto de consigna (o punto de referencia), la cual es de la misma naturaleza y tiene el mismo rango de valores que la señal que proporciona el sensor. Para hacer posible esta compatibilidad y que, a su vez, la señal pueda ser entendida por un humano, habrá que establecer algún tipo de interfaz (HMI-Human Machine Interface), son pantallas de gran valor visual y fácil manejo que se usan para hacer más intuitivo el control de un proceso.

El controlador resta la señal de punto actual a la señal de punto de consigna, obteniendo así la señal de error, que determina en cada instante la diferencia que hay entre el valor deseado (consigna) y el valor medido. La señal de error es utilizada por cada uno de los 3 componentes del controlador PID. Las 3 señales sumadas, componen la señal de salida que el controlador va a utilizar para gobernar al actuador. La señal resultante de la suma de estas tres se llama variable manipulada y no se aplica

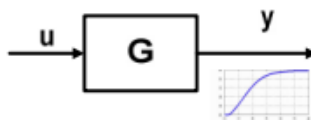
directamente sobre el actuador, sino que debe ser transformada para ser compatible con el actuador utilizado (Núñez F., 2016).

### 2.5.7.2. MÉTODOS DE SINTONIZACIÓN DE CONTROLADORES PID

Sintonizar un controlador PID significa establecer el valor que deben tener los parámetros de Ganancia (Banda Proporcional), Tiempo Integral (Reset) y Tiempo derivativo (Rate), para que el sistema responda en una forma adecuada. La primera etapa de todo procedimiento de sintonización consiste en obtener la información (Cano S., 2016).

#### 2.5.7.2.1. MÉTODOS EN LAZO ABIERTO

Las características estáticas y dinámicas de la planta (Elemento Final de Control + Proceso + Transmisor) se obtienen de un ensayo en lazo abierto, generalmente la respuesta a un escalón (Curva de Respuesta).



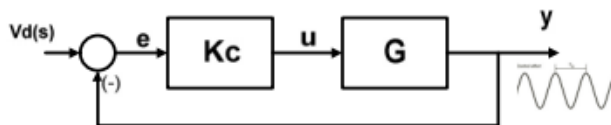
**Figura N°7. Método en lazo abierto**

**Fuente:** Métodos de sintonización de controladores PID

**Autor:** S. Cano Salcedo

#### 2.5.7.2.2. MÉTODOS EN LAZO CERRADO

Las informaciones de las características del lazo se obtienen a partir de un test realizado en lazo cerrado, usualmente con un controlador con acción proporcional pura.



**Figura N°8. Método en lazo cerrado**

**Fuente:** Métodos de sintonización de controladores PID

**Autor:** S. Cano Salcedo

### 2.5.7.3. MÉTODO ZIEGLER Y NICHOLS EN LAZO CERRADO O DE LAS OSCILACIONES SOSTENIDAS

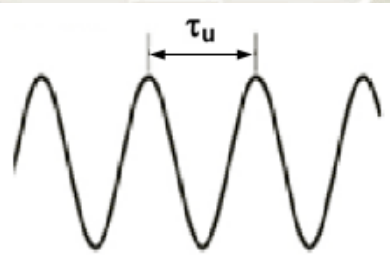
El Método consiste en obtener la respuesta de la señal medida a una perturbación (por ejemplo, un pulso en el set point) con controlador proporcional. Se observa la respuesta y si es amortiguada, se incrementa la ganancia hasta lograr Oscilaciones Sostenidas (oscilación con amplitud constante). La ganancia del controlador (proporcional) en este caso se denomina “Ganancia Última” y se nota  $K_{cu}$  y el período de la oscilación se llama “Período Último”  $\tau_u$ . Los valores recomendados de sintonización son (Cano S., 2016).

**Tabla N°3. Valores recomendados de sintonización**

CONTROLADOR	$K_c$	$T_I$	$T_D$
P	$K_{cu}/2$	$\infty$	0
PI	$K_{cu}/2.2$	$\tau_u/1.2$	0
PID	$K_{cu}/1.7$	$\tau_u/2$	$\tau_u/8$

**Fuente:** Métodos de sintonización de controladores PID

**Autor:** S. Cano Salcedo



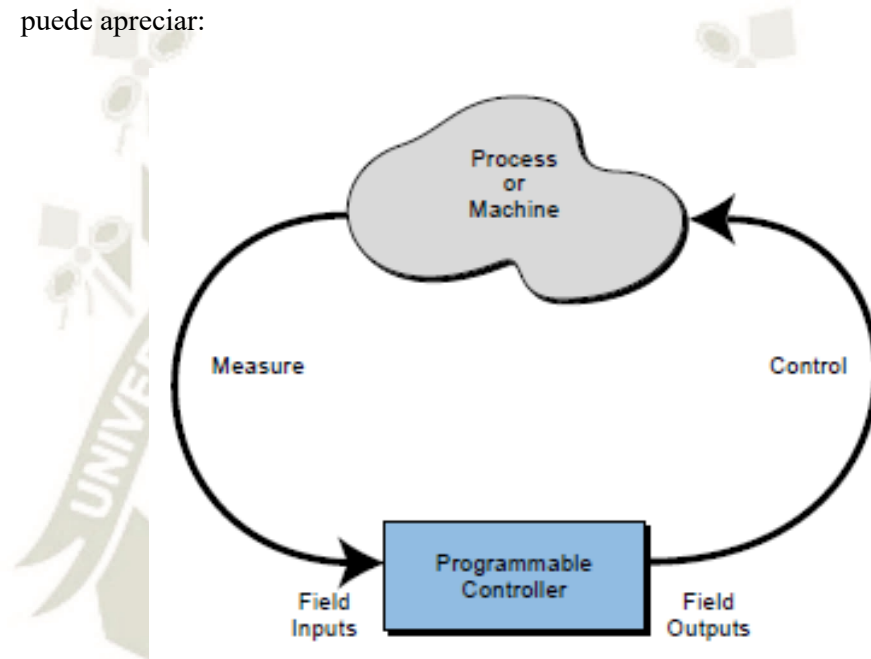
**Figura N°9. Método Ziegler y Nichols**

**Fuente:** Métodos de sintonización de controladores PID

**Autor:** S. Cano Salcedo

## 2.6. CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE (PLC)

Los PLC son miembros de estado sólido de la familia de las computadoras que usan circuitos integrados en vez de dispositivos electromecánicos para implementar funciones de control. Son capaces de almacenar instrucciones como secuenciación, control de tiempos, conteo, operaciones aritméticas, manipulación de datos y comunicación para controlar maquinas industriales y procesos como se puede apreciar:



**Figura N°10. Diagrama de aplicación conceptual de PLC**

**Fuente:** Programmable Controllers Theory and Implementation

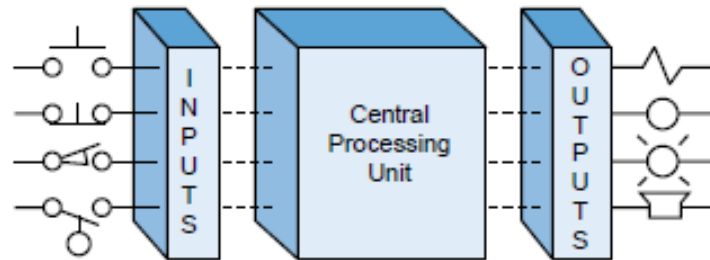
**Autor:** L.A. Bryan

Los controladores programables tienen muchas definiciones. Sin embargo, PLCs pueden ser tomados en términos simples como computadoras industriales con arquitectura especialmente diseñada en ambas partes de sus unidades centrales (El PLC en sí) y sus circuitos de interacción con los dispositivos de campo (conexiones de entrada/salida con el mundo real), (L.A. Bryan, 1997).

### 2.6.1. PRINCIPIOS DE OPERACIÓN

Un controlador programable consiste de dos secciones básicas:

1. La unidad central de procesamiento.
2. El sistema de interfaz de entradas/salidas.



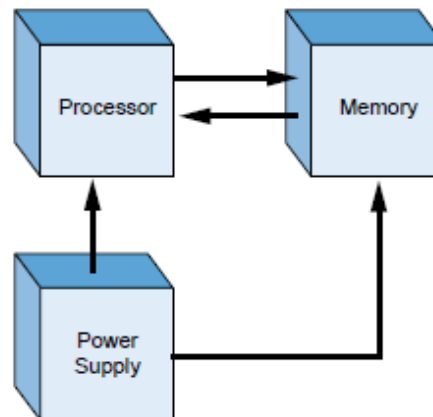
**Figura N°11. Diagrama de bloque de controlador programable**

**Fuente:** Programmable Controllers Theory and Implementation

**Autor:** L.A. Bryan

La unidad central de procesamiento (CPU) gobierna todas las actividades del PLC. Los siguientes tres componentes conforman la CPU:

1. El procesador.
2. La memoria del sistema.
3. La fuente de alimentación del sistema.



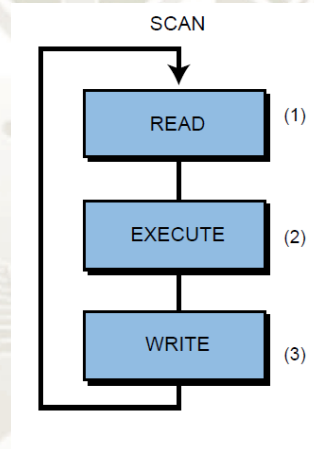
**Figura N°12. Diagrama de bloque de los componentes principales del CPU**

**Fuente:** Programmable Controllers Theory and Implementation

**Autor:** L.A. Bryan

La operación de un controlador programable es relativamente simple. La entrada/salida (I/O) del sistema es conectada físicamente a los dispositivos de campo que se encuentran en la maquinaria o que son usados en el control del proceso. Estos dispositivos de campo pueden ser discretos o analógicos. La interfaz de entradas/salidas provee la conexión entre la CPU y la información de los proveedores (entradas) y los dispositivos controlables (salidas).

Durante su operación, la CPU completa tres procesos: lee o acepta los datos de entrada de los dispositivos de campo, ejecuta el programa de control almacenado en la memoria del sistema y escribe en los dispositivos de salida. A este proceso se le llama “scanning” (L.A. Bryan, 2017).



**Figura N°13. Ilustración de un “scanning”**

**Fuente:** Programmable Controllers Theory and Implementation

**Autor:** L.A. Bryan

### 2.6.2. CARACTERÍSTICAS DEL PLC COMPACTLOGIX 1769-L30ER

Los controladores CompactLogix ofrecen un sistema pequeño, poderoso y económico que consiste en lo siguiente:

- Software de programación RSLogix5000.
- Puertos de comunicación para red Ethernet/IP incorporado en el controlador.
- Módulo de comunicación que provee control de entradas/salidas y dispositivos remotos a través de red DeviceNet.

- Puerto serial en cada uno de los controladores CompactLogix.
- Ideales para aplicaciones pequeñas y medianas que requieren conteos bajos de puntos de E/S.
- Ofrece un factor de formato más pequeño para maximizar el espacio en el gabinete (Allen-Bradley, 2013).

### 2.6.3. ESPECIFICACIONES DE CONTROLADOR 1769-L30ER

**Tabla N°4. Especificaciones del controlador 1769-L30ER**

ESPECIFICACIONES 1769-L30ER	
Memoria de usuario	1 MB
Tareas del controlador	32
Programas por tarea	100
Módulos expansores locales	8
Puntos de E/S de expansión locales	256
Nodos IP de E/S Ethernet	16
Software	RSLogix 5000 V20

**Fuente:** Controladores programables CompactLogix 5370

Autor: Allen-Bradley, 2013

## 2.6.4. ESTADOS OPERATIVOS DEL CONTROLADOR

**Tabla N°5. Estados operativos del controlador 1769-L30ER**

INDICADOR	CONDICIÓN	INTERPRETACIÓN
RUN	Off	El controlador se encuentra en modo PROGRAM o de prueba.
	Verde	El controlador se encuentra en modo arranque (RUN).
FORCE	Off	Ningún tag contiene valores de E/S forzadas.
		E/S forzadas se encuentran inactivos.
	Amarillo	E/S forzadas se encuentran activas.
		Valores de E/S forzadas pueden o no existir.
Amarillo Flasheando	Una o más direcciones de entrada o salida han sido forzadas a una condición de ON u OFF, pero no han sido habilitados.	
I/O	Off	No hay dispositivos en la configuración de E/S del controlador.
		El controlador no contiene un proyecto.
	Verde	El controlador tiene comunicación con todos los dispositivos en su configuración de E/S.
	Verde Flasheando	Uno o más dispositivos en la configuración de E/S del controlador no están respondiendo.
	Rojo Flasheando	El controlador no está comunicándose con algún dispositivo.
		El controlador se encuentra en falla.
BAT	Off	La batería soporta la memoria del PLC.
	Rojo	La batería no está instalada.
		La batería está 99% descargada y necesita ser reemplazada.
OK	Off	No se está alimentando el controlador.
	Rojo Flasheando	El controlador requiere una actualización de Firmware.
		Una falla mayor recuperable ocurrió en el controlador. Para limpiar la falla, siga el procedimiento:  a. Pasar el switch del controlador de PROG a RUN a PROG. b. Ponerse en línea con el Software RSLogix 5000.
		Una falla mayor no recuperable ocurrió en el controlador. En este caso, el controlador:  a. Inicialmente muestra un indicador de estado en rojo. b. Se reinicia por sí solo. c. Limpia el proyecto de su memoria. d. Cambia su indicador de estado a rojo intermitente. e. Produce una falla mayor recuperable. f. Genera un código de falla en el proyecto RSLogix 5000.
Rojo		

	El controlador detecta una falla no recuperable y elimina el programa de control de su memoria. Para recuperar el controlador de una falla mayor, siga el procedimiento: 1. Apague y encienda el chasis. 2. Descargue el proyecto. 3. Cambie a modo RUN.
Verde	El controlador se encuentra bien.
Verde Flasheando	El controlador se encuentra almacenando o cargando un proyecto a o desde la memoria no volátil.

**Fuente:** Controladores programables de automatización CompactLogix 5370

**Autor:** Allen-Bradley, 2013

### 2.6.5. TIPOS DE DATOS SOPORTADOS POR EL PLC COMPACTLOGIX

El PLC CompactLogix soporta diversos tipos de datos entre datos simples, como los mostrados en la siguiente tabla, y los tipos de datos correspondientes a cada una de las instrucciones propias del software RSLogix5000 (Siemens, 2015).

**Tabla N°6. Tipos de datos soportados por PLC**

TIPOS DE DATOS SIMPLES	TAMAÑO DEL TIPO DE DATOS	DESCRIPCIÓN	RANGO
BOOL	1 bit	Valor booleano	0 a 1
BYTE	8 bits	Byte	0 a 255
WORD	16 bits	Entero sin signo	0 a 65.535
DWORD	32 bits	Entero doble sin signo	0 a 4294967295
INT	16 bits	Entero con signo	(-)32768 a 32768
SINT	8 bits	Entero simple con signo	128 a 127
DINT	32 bits	Entero doble con signo	(-)2147483648 a 2147483648
REAL	32 bits	Valor de 32 bits en coma flotante	1.175495E-38 a 3.402823E+28 -1.175495E-38 a -3.402823E+38
STRING	2 a 255 bytes	Literal almacenado en la memoria de la CPU como byte de longitud de 1 cadena seguido de bytes de datos	Caracteres ASCII 128 a 255






**Fuente:** Tipos de datos

**Autor:** Siemens

### 2.6.6. DISPOSITIVOS TÍPICOS DE ENTRADA Y SALIDA PARA PLC

A continuación, se mostrarán algunos de los muchos dispositivos de entrada y salida que existen en la industria.






**Tabla N°7. Dispositivos de entrada discretos**

DISPOSITIVOS DE ENTRADA DISCRETOS	
Botón de Empuje (Push button)	
Interruptor selector	
Interruptor de límite	
Sensor de proximidad	
Contacto del temporizador	

**Fuente:** Proyecto de investigación

**Autor:** Aldo Velásquez Santillán

**Tabla N°8. Dispositivos de entrada analógicos**

DISPOSITIVOS DE ENTRADA ANALÓGICOS	
Transductor de flujo	 A blue and silver flow transducer with a digital display and the brand name 'hortsch' visible.
Transductor de humedad	 A white rectangular humidity transducer with a red LED display showing '23.5' and '55%'.
Transductor de celda de carga	 Two metal load cell transducers, one with a black cable and the other with a black connector.
Potenciómetro	 A potentiometer with a metal shaft and a red PCB with four pins.
Transductor de presión	 A cylindrical pressure transducer with a black cap and a metal fitting.



<p>Transductor de vibración</p>	
<p>Transductor de temperatura</p>	

**Fuente:** Proyecto de investigación

**Autor:** Aldo Velásquez Santillán

**Tabla N°9. Dispositivos de salida discretos**

<p>DISPOSITIVOS DE SALIDA DISCRETOS</p>	
<p>Luz piloto</p>	
<p>Válvula solenoide</p>	

<p>Bocina</p>	
<p>Relé de control</p>	

**Fuente:** Proyecto de investigación

**Autor:** Aldo Velásquez Santillán

**Tabla N°10. Dispositivos de salida analógicos**

DISPOSITIVOS DE SALIDA ANALÓGICOS	
Válvula analógica	
Actuadores	
Variador de velocidad	

**Fuente:** Proyecto de investigación

**Autor:** Aldo Velásquez Santillán

## 2.6.7. VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LOS PLC

Tabla N°11. Ventajas y desventajas de los PLC

VENTAJAS	DESVENTAJAS
<p><b>Flexibilidad:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• En el pasado, cada maquinaria de producción controlada electrónicamente requería de su propio controlador; 15 máquinas requerían de 15 controladores distintos.</li> <li>• Ahora es posible usar un solo modelo de PLC para controlar cualquiera de las 15 maquinarias.</li> <li>• Adicionalmente, probablemente se necesite menos de 15 controladores ya que un solo PLC fácilmente puede controlar varias maquinarias.</li> </ul>	<p><b>Aplicaciones de una sola función:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Algunas aplicaciones son de una sola función. No vale la pena adquirir un PLC de múltiples capacidades de programación si no es necesario.</li> <li>• Su secuencia operativa es cambiada rara vez o nunca, por lo que la reprogramación del PLC no sería necesaria.</li> </ul>
<p><b>Implementación de cambios y corrección de errores:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Con un panel de tipo relé cableado, cualquier alteración en el control requería de tiempo para recablear los paneles y los dispositivos.</li> <li>• Cuando un programa de PLC o una secuencia es cambiada, el programa puede ser cambiado a través de un teclado en cuestión de minutos.</li> <li>• No se requiere de recableado en un sistema controlado por PLC.</li> <li>• Además, si un error en la programación tiene que ser corregido, el cambio se puede realizar inmediatamente.</li> </ul>	<p><b>A prueba de fallos:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• En sistemas cableados, el botón de parada desconecta eléctricamente el circuito; si la alimentación falla, el sistema se detiene.</li> <li>• Esto, por supuesto, se puede programar en el PLC; sin embargo, en algunos programas de PLC, se necesita aplicar un voltaje de entrada para detener el dispositivo. Estos sistemas no son a prueba de fallos</li> </ul>
<p><b>Gran cantidad de contactos:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• El PLC tiene un gran número de contactos por cada bobina en su programación.</li> </ul>	

<p><b>Menor costo:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• El crecimiento de la tecnología hace posible condensar más funciones en más pequeños y menos costosos paquetes.</li> <li>• Ahora se puede adquirir un PLC con numerosos relés, temporizadores, contadores y otras funciones por un monto bajo.</li> </ul>	
<p><b>Realizar pruebas:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Un programa de PLC puede ser evaluado en el laboratorio. El programa puede ser diseñado, probado, observado y modificado si es necesario, ahorrando tiempo valioso en campo.</li> </ul>	
<p><b>Observación visual:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• La operación de un PLC se puede ver directamente en una pantalla</li> <li>• La operación o mala operación puede ser observado si ocurre.</li> <li>• La lógica se ilumina en la pantalla mientras se va energizando.</li> <li>• La corrección de errores puede realizarse más rápidamente durante la observación del programa.</li> </ul>	
<p><b>Fiabilidad y facilidad de mantenimiento:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Estos dispositivos son más confiables, en general, que sistemas mecánicos, relés o temporizadores. Consecuentemente, los costos de mantenimiento del sistema de control son bajos y el tiempo invertido es mínimo.</li> </ul>	
<p><b>Documentación:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Una impresión del programa de control del PLC puede ser tomada en minutos si es necesario.</li> <li>• El PLC puede tomar una impresión del programa en operación en cualquier momento.</li> </ul>	

**Fuente:** Introduction to PLCs

**Autor:** Dr. D. J. Jackson, 2016

## 2.7. INTERFAZ HOMBRE – MÁQUINA (HMI)

HMI significa “**Human Machine Interface**”, es decir es el dispositivo o sistema que permite el interfaz entre la persona y la máquina. Tradicionalmente estos sistemas consistían de paneles compuestos por indicadores y comandos, tales como luces piloto, indicadores digitales y análogos, registradores, pulsadores, selectores y otros que se interconectaban con la máquina o proceso.

En la actualidad, dado que las máquinas y procesos en general están implementadas con controladores y otros dispositivos electrónicos que dejan disponibles puertas de comunicación, es posible contar con sistemas de HMI bastantes más poderosos y eficaces, además de permitir una conexión más sencilla y económica con el proceso o máquinas.

Los usuarios de los autómatas necesitan comunicarse con ellos para llevar a cabo dos funciones principales:

- Utilizar las herramientas de diseño asistido por computador (CAD TOOLS) que el fabricante del autómata programable pone a su disposición para lo cual se necesita una unidad de programación.
- Modificar parámetros y observar el estado de determinadas variables (Visualización), en especial cuando el proceso controlado es complejo, para lo cual es necesaria una unidad de acoplamiento (interfaz) entre el usuario y la máquina H.M.I., a ello está asociado el programa SCADA (Cobo R., 2013).

### 2.7.1. TIPOS DE HMI

Descontando el método tradicional, podemos distinguir básicamente dos tipos de HMI:

- Terminal de operador: Consiste en un dispositivo, generalmente construido para ser instalado en ambientes agresivos, donde pueden ser solamente de despliegues numéricos, o alfanuméricos o gráficos. Pueden ser además con pantalla sensible al tacto (touchscreen).
- PC Software: Esto constituye otra alternativa basada en un PC en donde se carga un software apropiado para la aplicación. Como PC se puede utilizar cualquiera según lo exija el proyecto, en donde existen los llamados Industriales (para ambientes agresivos), los de panel (Panel

PC) que se instalan en gabinetes dando una apariencia de terminal de operador (Cobo R., 2013).

### 2.7.2. FUNCIONES DE UN HMI

- **Monitoreo:** Es la habilidad de obtener y mostrar datos de la planta en tiempo real. Estos datos se pueden mostrar como números, texto o gráficos que permitan una lectura más fácil de interpretar.
- **Supervisión:** Esta función permite junto con el monitoreo la posibilidad de ajustar las condiciones de trabajo del proceso directamente desde la computadora.
- **Alarmas:** Es la capacidad de reconocer eventos excepcionales dentro del proceso y reportarlos. Las alarmas son reportadas basadas en límites de control preestablecidos.
- **Control:** Es la capacidad de aplicar algoritmos que ajustan los valores del proceso y así mantener estos valores dentro de ciertos límites. Control va más allá del control de supervisión removiendo la necesidad de la interacción humana. Sin embargo, la aplicación de esta función desde un software corriendo en una PC puede quedar limitada por la confiabilidad que quiera obtenerse del sistema.
- **Históricos:** Es la capacidad de muestrear y almacenar en archivos, datos del proceso a una determinada frecuencia. Este almacenamiento de datos es una poderosa herramienta para la optimización y corrección de procesos (Probando C., 2017).

### 2.8. PANEL TÁCTIL PANELVIEW PLUS 6 2711P-T10C4A8

Los terminales PanelView Plus 6 son dispositivos de interfaz con el operador que ejecutan aplicaciones en ambientes industriales. Estos dispositivos son usados para monitorear, controlar o mostrar información gráficamente, permitiendo a los operadores un entendimiento rápido del estado de su aplicación.

Esta plataforma se programa usando un programa de desarrollo común que proporciona soporte multilingüe, y se integra en el sistema con controladores de la marca Rockwell Automation (Allen Bradley, 2016).



**Figura N°14. Panel táctil PanelView Plus 6**

**Fuente:** PanelView Plus 6 terminals user manual

**Autor:** Allen Bradley

### 2.8.1. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE PANELVIEW PLUS 6

**Tabla N°12. Especificaciones técnicas del PanelView Plus 6**

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL PANELVIEW PLUS 6	
Entrada del operador	Táctil
Tamaño del display	15 pulgadas
Resolución	1024 x 768
Luminosidad	300 Nits
Panel táctil	Resistivo analógico
Memoria	512 MB RAM
Almacenamiento externo	Tarjeta SD, puerto USB 2.0
Sistema operativo	Windows CE 6.0
Software	FactoryTalk View Machine Edition versión 6.0 o mayor
Puertos de comunicación	Ethernet (10/100 Mbps), RS-232, (2) puertos USB
Voltaje de entrada, DC	18 - 32V
Consumo, DC	70W máximo (2.9A a 24VDC), 39W (1.6A a 24VDC)
Voltaje de entrada, AC	100 - 240VAC, 50-60 Hz
Consumo, AC	160VA máximo, 65VA típico

**Fuente:** PanelView Plus 6 specifications technical data

**Autor:** Allen Bradley

## 2.9. REDES DE COMUNICACIÓN INDUSTRIAL

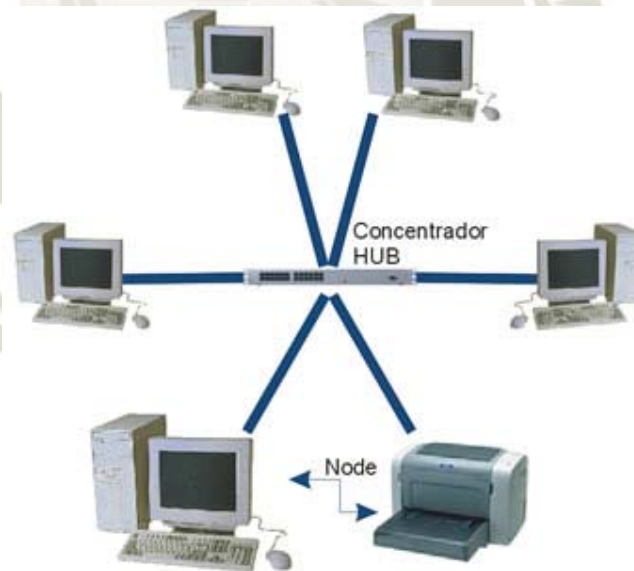
Una red es la conexión de dos o más elementos a través de algún medio de transmisión, estos elementos pueden ser computadoras, PLC's u otros dispositivos conectados para compartir recursos. La forma como estos dispositivos se conectan se llama topología de redes (TECSUP, 2015).

### 2.9.1. TOPOLOGÍA DE REDES

La topología de redes describe la forma en que varios equipos son conectados a la red. Las topologías básicas son estrella, anillo y bus (TECSUP, 2015).

#### 2.9.1.1. TOPOLOGÍA TIPO ESTRELLA

En este tipo de conexión todos los nodos están conectados a un nodo central a través del cual pasan todos los datos. El nodo central es común para todos y normalmente posee mayor capacidad de proceso. En algunos casos, tiene únicamente la función de conmutación y diagnóstico (TECSUP, 2015).



**Figura N°15. Topología de red estrella**

**Fuente:** Topología de redes

**Autor:** TECSUP, PEPP Instrumentación, automatización y control de procesos

**Tabla N°13. Características de topología de red tipo estrella**

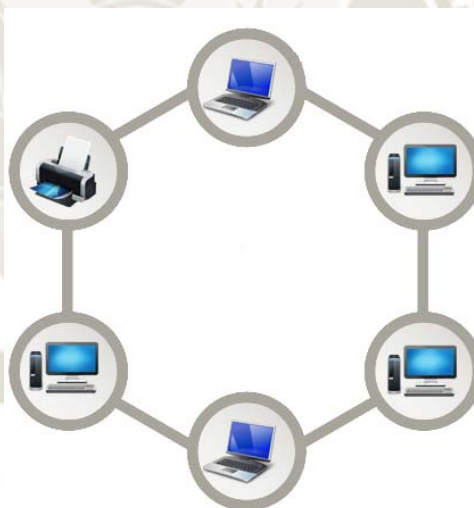
CARACTERÍSTICAS DE TOPOLOGÍA TIPO ESTRELLA	
Tipo de control	Control centralizado. Acceso regulado por control central.
Redundancia	Si falla la inteligencia central, falla la red.
Expandibilidad	Limitado al número e conexiones del controlador central.
Requerimiento de cableado	Cable apantallado.
Requerimiento de interfase	Es suficiente con RS-232C.

**Fuente:** Topología de redes

**Autor:** TECSUP, PEPP Instrumentación, automatización y control de procesos

### 2.9.1.2. TOPOLOGÍA TIPO ANILLO

Este tipo de red está constituida por un conjunto de estaciones conectadas en serie y formando un anillo cerrado. Cada estación está conectada a la red a través de una interface que tiene la función de retransmitir datos que no están destinados a ese nodo, leer los datos destinados a ese nodo e insertar los datos enviados por él (TECSUP, 2015).



**Figura N°16. Topología de red tipo anillo**

**Fuente:** Topología de redes

**Autor:** TECSUP, PEPP Instrumentación, automatización y control de procesos

**Tabla N°14. Características de topología de red tipo anillo**

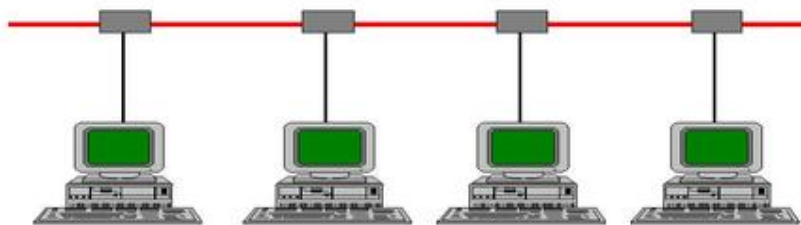
CARACTERÍSTICAS DE TOPOLOGÍA TIPO ANILLO	
Tipo de control	Control descentralizado. Acceso pasa de equipo a equipo.
Redundancia	Si falla la línea, falla la red.
Expandibilidad	Ilimitado pero el tiempo de rotación define un límite práctico pues esta gobierna al tiempo de respuesta.
Requerimiento de cableado	Cable coaxial.
Requerimiento de interfase	La interfase debe proveer inmunidad a interferencias en la transmisión.

**Fuente:** Topología de redes.

**Autor:** TECSUP, PEPP Instrumentación, automatización y control de procesos.

### 2.9.1.3. TOPOLOGÍA TIPO BUS

En esta distribución todas las estaciones se conectan a un medio de transmisión común a través de interfaces pasivas. Su alta fiabilidad radica en que las interfaces de enlace son pasivas, no afectando el funcionamiento global de la red en caso de falla. Cuando se desea insertar más estaciones es necesario tener presente las características físicas del medio de transmisión (TECSUP, 2015).



**Figura N°17. Topología de red tipo bus**

**Fuente:** Topología de redes

**Autor:** TECSUP, PEPP Instrumentación, automatización y control de procesos

**Tabla N°15. Características de topología de red tipo bus**

CARACTERÍSTICAS DE TOPOLOGÍA TIPO BUS	
Tipo de control	Control centralizado y descentralizado. Acceso pasa de equipo a equipo.
Redundancia	Si falla algún equipo (nodo), esto no afecta el funcionamiento de la red.
Expansibilidad	Ilimitado pero tiempo para acceder secuencialmente a todos los nodos es un límite práctico.
Requerimiento de cableado	Cable apantallado de par trenzado.
Requerimiento de interface	La interface debe proveer inmunidad a interferencias en la transmisión.

**Fuente:** Topología de redes.

**Autor:** TECSUP, PEPP Instrumentación, automatización y control de procesos.

## 2.9.2. PROTOCOLOS DE COMUNICACIÓN

El protocolo es el lenguaje con que se comunican los dispositivos en la red. Es la forma en la que los dispositivos de una red intercambian información. Los protocolos de red usados para esta aplicación serán: Protocolo TCP/IP y Devicenet (TECSUP, 2015).

## 2.9.3. PROTOCOLO DE COMUNICACIÓN TCP/IP

### 2.9.3.1. PROTOCOLO TCP

El protocolo TCP es el responsable de enlazar los datagramas para constituir un paquete (segmento) y viceversa. También se encarga de detectar los paquetes perdidos y de reenviarlos. Opera en los nodos externos de un canal de comunicación de una red de datos y complementa al protocolo IP que selecciona la ruta más adecuada para cada uno de los paquetes que forman parte de una transacción.

Dentro de sus ventajas tenemos:

- Fiabilidad.
- Control de flujo.
- Orientación a conexión.
- Multiplexación.
- Transferencia con almacenamiento (Chacca E., Siles F., 2012).

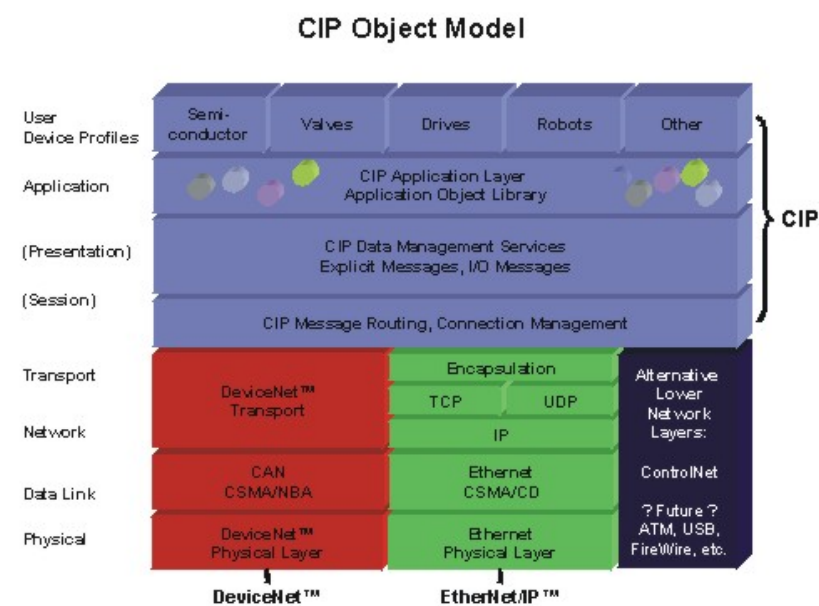
### 2.9.3.2. PROTOCOLO IP

Su función es la del suministro de paquetes de información mediante mensajes llamados datagramas, por lo que se dice que no es un protocolo que no está orientado a la conexión. Este protocolo se especifica mediante un conjunto de campos, la red y el computador al que se envía información (Chacca E., Siles F., 2012).

### 2.9.4. PROTOCOLO DE COMUNICACIÓN DEVICENET

Es una red de control inteligente de bajo costo que conecta una amplia gama de dispositivos inteligentes como sensores, válvulas, lectores de código de barras, actuadores, variadores de frecuencia, PCs, controladores lógicos programables, etc.

Se basa en el estándar ISO de siete capas para redes de comunicación (modelo OSI). Utiliza el protocolo CAN, que es un protocolo orientado a mensajes, para la capa de enlace y CIP (Common Industrial Protocol), que es un protocolo orientado a objetos, para las capas de nivel superior.



**Figura Nº18. Definición del modelo OSI de siete capas para Devicenet**

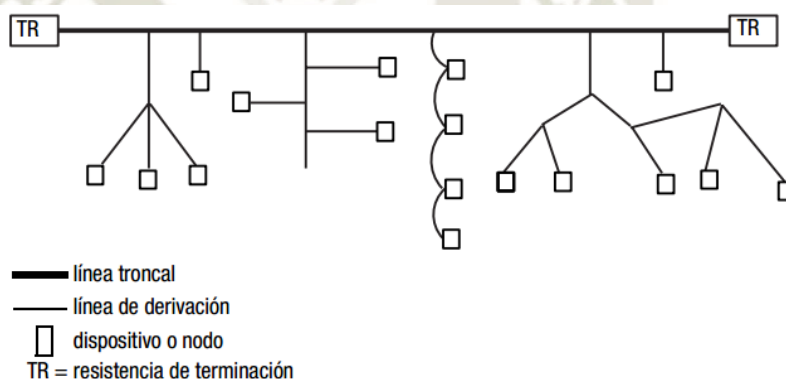
**Fuente:** Redes y protocolos de comunicación industrial

**Autor:** TECSUP, PEPP Instrumentación, automatización y control de procesos

El método de acceso al medio es el CSMA/NBA, lo que significa que antes de transmitir un nodo “escucha” si alguien más está transmitiendo y solo en el caso de estar libre el canal comienza a transmitir (CSMA: Acceso Múltiple por Detección de Portadora). Si dos nodos comienzan a transmitir al mismo tiempo se da prioridad al que tenga el identificador más bajo, pero no se pierde la información transmitida (NBA: Arbitraje de Bit No destructivo). Una vez que un nodo está transmitiendo “escucha” también lo que él mismo transmite para detectar errores (TECSUP, 2015).

#### 2.9.4.1. TOPOLOGÍA

DeviceNet soporta una topología “trunk-line”, lo que significa que los nodos se pueden conectar directamente a la línea principal o mediante derivaciones cortas (con longitudes máximas de 6m).



**Figura N°19. Topología trunk-line para Devicenet**

**Fuente:** Redes y protocolos de comunicación industrial

**Autor:** TECSUP, PEPP Instrumentación, automatización y control de procesos

Cada red DeviceNet permite conectar hasta 64 nodos donde un nodo es utilizado por el scanner maestro y el nodo 63 es reservado como el nodo por defecto, quedando disponibles 62 nodos para los dispositivos. Sin embargo, la mayoría de los controladores industriales permiten conectarse a múltiples redes DeviceNet, con lo cual se puede ampliar la cantidad de nodos inetrconectados.

Se utilizan cables gruesos para la línea principal ya que permiten una mayor longitud de distribución de la red. Menores velocidades de transmisión posibilitan también mayores distancias de transmisión, como se puede ver en la siguiente tabla.

**Tabla N°16. Longitud de distribución de red Devicenet**

VELOCIDADES	125 KBPS	250 KBPS	500 KBPS
Longitud de cable grueso	500 m	250 m	100 m
Longitud de cable fino	100 m	100 m	100 m
Cable plano	380 m	200 m	75 m
Máxima longitud de línea de bajada	6 m	6 m	6 m
Longitud de bajada acumulativa	156 m	78 m	39 m

**Fuente:** Topología de redes.

**Autor:** TECSUP, PEPP Instrumentación, automatización y control de procesos.

La distancia de extremo a extremo varía con la transferencia y el grosor del cable (TECSUP, 2015).

#### 2.9.4.2. VENTAJAS DEL PROTOCOLO DE COMUNICACIÓN DEVICENET

- Norma abierta que garantiza la interoperabilidad de diversos dispositivos: intercambiabilidad de dispositivos similares de diferentes fabricantes.
- Rápida y fácil instalación resultando en un ahorro de tiempo y espacio: se elimina el conexionado eléctrico estándar.
- Lista para el futuro, para fáciles adiciones de acuerdo al aumento de necesidades y cambios.
- Tiempo de reposición mejorado a través de la inteligencia dentro de los dispositivos: DeviceNet alerta sobre los eventos de la red permitiendo una accionar rápido.
- Eficiente uso del ancho de banda a través de la comunicación productor/consumidor.
- Configuración en línea y adiciones sin necesidad de desconectar el sistema (TECSUP, 2015).

## **2.10. BOMBA SUMERGIBLE TIPO BOREHOLE**

Una bomba sumergible es una bomba que tiene un impulsor sellado a la carcasa. El conjunto se sumerge en el líquido a bombear. La ventaja de este tipo de bomba es que puede proporcionar una fuerza de elevación significativa pues no depende de la presión de aire externa para hacer ascender el líquido (Maquituls, 2014).

### **2.10.1. CARACTERÍSTICAS Y FUNCIONAMIENTO**

En términos generales, el funcionamiento de las bombas sumergibles es igual al del resto de las bombas, ya que también pueden convertir la energía mecánica en energía hidráulica. La diferencia es que aquí el motor está sumergido y se acopla directamente a la flecha de la bomba.

Tanto el motor como la flecha están sellados herméticamente. Esta situación podría provocar la elevación en la temperatura de la bomba. Para solucionar este inconveniente, el propio líquido que fluye por la bomba funciona como enfriador.

Para llevar a cabo sus funciones, las bombas sumergibles cuentan con un cuerpo interno formado por difusores e impulsores que pueden fabricarse con acero o termoplásticos. Tanto los difusores como los impulsores serán los encargados de aplicar la presión al líquido y, con esto, conseguir su elevación (QuimiNet, 2012).

### **2.10.2. APLICACIONES**

Las bombas sumergibles encuentran muchas utilidades, las bombas de etapa simple se utilizan para el drenaje, el bombeo de aguas residuales, el bombeo industrial general y el bombeo de la mezcla. Las bombas sumergibles se colocan habitualmente en la parte inferior de los depósitos de combustible y también se utilizan para la extracción de agua de pozos de agua.

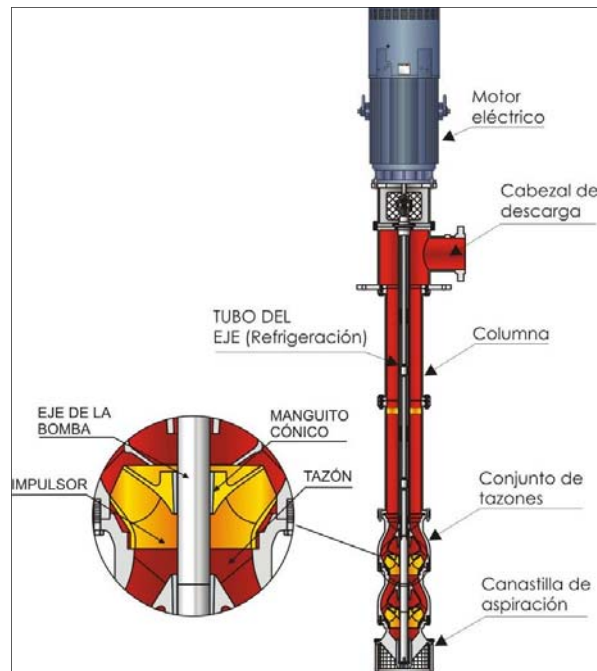
Las bombas sumergibles también se utilizan en depósitos de combustible. Aumentando la presión en el fondo del depósito, se puede elevar el líquido más fácilmente que aspirándolo (succión) desde arriba. Los modelos más avanzados incluyen un separador de agua/aceite que permite reinyectar el en el yacimiento sin necesidad de subirla a la superficie.

El sistema consiste en un número de rodets giratorios instalados en serie para aumentar la presión. La energía para hacer girar la bomba proviene de una red eléctrica de baja tensión que acciona un motor especialmente diseñado para trabajar a temperaturas de hasta 150 °C.

Se requiere atención especial al tipo de bomba sumergible utilizado cuando se usan ciertos tipos de líquidos. En la mayoría de las aplicaciones se utilizan motores asíncronos de corriente alterna que accionan una bomba centrífuga radial, que puede ser de varias etapas conectadas en serie. Las bombas sumergibles pueden trabajar también con tubería de aspiración, colocando la bomba por encima del nivel del depósito. Sin embargo, para funcionar tienen que estar cebadas, esto es, con agua, de forma que la columna de agua comunique la bomba con el depósito. La tubería de aspiración no puede ser excesivamente alta para que no disminuya excesivamente la presión en la bomba y evitar la cavitación en la bomba. El líquido bombeado, al circular alrededor del motor, también refrigera a éste. Para que los propósitos se refresquen. Además, si la bomba está situada fuera del depósito, existe la posibilidad de que se produzcan fugas de gasolina y pueda causar un incendio. Algunos tipos de bomba no están preparados para ciertas aplicaciones, como el bombeo de agua caliente o líquidos inflamables.

El uso de las bombas sumergibles en fuentes de jardín y paredes llamados muros llorones se está haciendo muy común en todo el mundo, con gran variedad de capacidades y tamaños (DAKXIM, 2017).

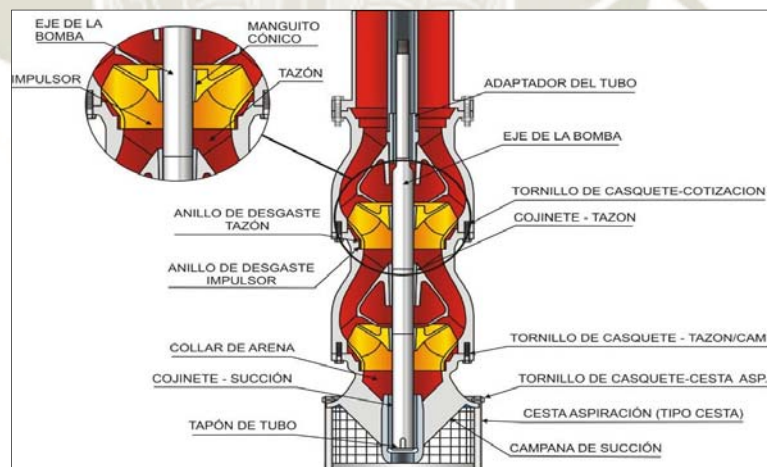




**Figura N°20. Componentes de bomba sumergible tipo Borehole**

**Fuente:** Trabajo final PEPP Mantenimiento TECSUP

**Autor:** TECSUP, PEPP Gestión Estratégica de Mantenimiento



**Figura N°21. Detalle del cuerpo de bomba tipo Borehole**

**Fuente:** Trabajo final PEPP Mantenimiento TECSUP

**Autor:** TECSUP, PEPP Gestión Estratégica de Mantenimiento

## 2.11. VARIADOR DE VELOCIDAD

### 2.11.1. DEFINICIÓN

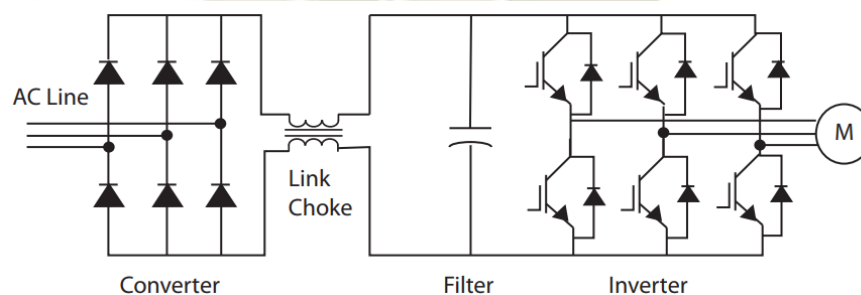
Un variador de velocidad es un dispositivo utilizado para controlar la velocidad de rotación de un motor de corriente alterna o de inducción. Este tipo de motores se conocen también como motores asíncronos o de jaula de ardilla.

El variador de velocidad se coloca entre la red y el motor. El variador recibe la tensión de red a la frecuencia de red (50Hz – 60Hz) y tras convertirla y después ondularla produce una tensión con frecuencia variable. La velocidad de un motor va prácticamente proporcional a la frecuencia.

Además de cambiar la frecuencia, el variador también varía el voltaje aplicado al motor para asegurar que existe el par necesario en el eje del motor sin que surjan problemas de sobrecalentamiento (Etitudela, 2009).

### 2.11.2. FUNCIONAMIENTO DE UN VARIADOR DE VELOCIDAD

Esencialmente, un Variador de Velocidad toma el voltaje de línea AC, la convierte en voltaje DC, filtra el voltaje DC, y luego invierte la señal nuevamente. Ese valor RMS de esa inversión simula un voltaje AC. La frecuencia de salida del variador suele ser de 0 a AC. Mayores frecuencias que la nominal son también posibles cuando se requiere para ciertas aplicaciones.



**Figura N°22. Función básica de los VFD**

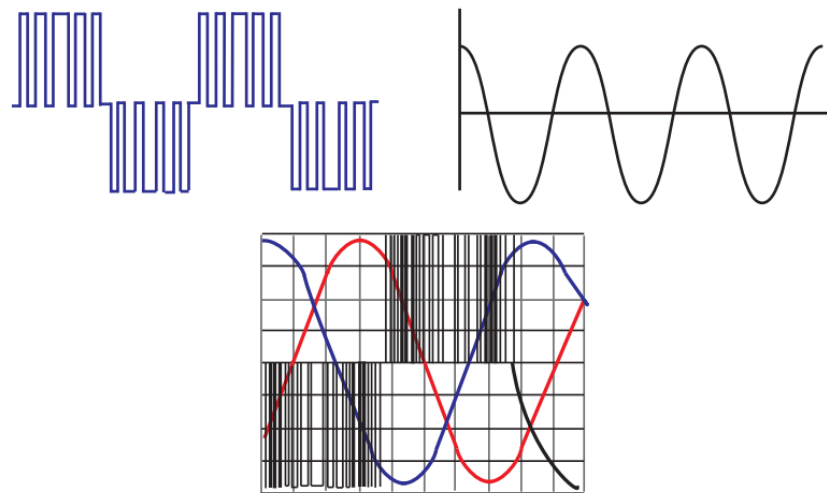
**Fuente:** When to use a soft starter or an AC variable frequency drive

**Autor:** Allen Bradley

La mayoría de Variadores usan un puente de diodos de onda completa o un puente rectificador en la sección de conversión para convertir la fuente de

voltaje de AC a DC. Los componentes activos, como el transistor bipolar de puerta aislada (IGBT) puede ser usado también en esta sección. La sección de filtrado, principalmente un banco de capacitores, es usado para suavizar el voltaje DC que es producido en la sección de conversión. El voltaje DC suavizado es luego usado por el inversor IGBT. La conmutación de acción rápida de la sección de inversión genera el nivel de tensión apropiado.

La siguiente figura ilustra la tecnología de modulación por ancho de banda (PWM) usada en la mayoría de variadores. Los voltajes por Hertz varían proporcionalmente con el ancho de pulsos (Allen Bradley, 2014).



**Figura N°23. Tecnología de modulación por ancho de banda**

**Fuente:** When to use a soft starter or an AC variable frequency drive

**Autor:** Allen Bradley

### 2.11.3. EFICIENCIA DE LOS VARIADORES DE VELOCIDAD

Los variadores de velocidad generalmente tienen una eficiencia entre 95 a 98 %. Durante el arranque, funcionamiento y parada, los componentes activos como los IGBT se encuentran encendidos. Sin embargo, algunos variadores pueden ajustar mejor el consumo de energía durante el funcionamiento. Cuantos mayores sean los pulsos en el variador, mayor la eficiencia. Por ejemplo, un variador de 6 pulsos es 96.5...97.5 % eficiente, mientras que un variador de 18 pulsos es 97.5...98 % eficiente (Allen Bradley, 2014).

## 2.11.4. PRINCIPALES FUNCIONES DE LOS VARIADORES DE VELOCIDAD

### 2.11.4.1. ACELERACIÓN CONTROLADA

La aceleración del motor se controla mediante una rampa de aceleración lineal o en “S”.

Generalmente, esta rampa es controlable y permite por lo tanto elegir el tiempo de aceleración adecuado para la aplicación (Etitudela, 2009).

### 2.11.4.2. VARIACIÓN DE VELOCIDAD

Un variador de velocidad no puede ser al mismo tiempo un regulador. En este caso, es un sistema, rudimentario, que posee un mando controlado mediante las magnitudes eléctricas del motor con amplificación de potencia, pero sin bucle de realimentación: es lo que se llama «en bucle abierto».

La velocidad del motor se define mediante un valor de entrada (tensión o corriente) llamado consigna o referencia. Para un valor dado de la consigna, esta velocidad puede variar en función de las perturbaciones (variaciones de la tensión de alimentación, de la carga, de la temperatura). El margen de velocidad se expresa en función de la velocidad nominal (Etitudela, 2009).

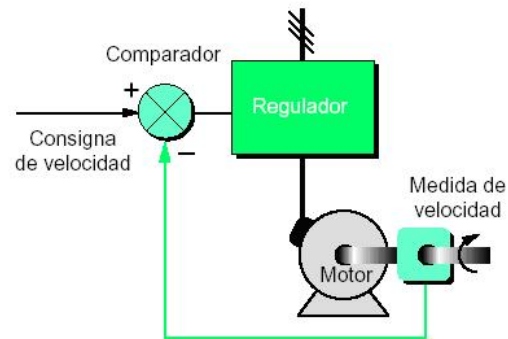
### 2.11.4.3. REGULACIÓN DE VELOCIDAD

Un regulador de velocidad es un dispositivo controlado (Figura: Regulación de la velocidad). Posee un sistema de mando con amplificación de potencia y un bucle de alimentación: se denomina, «bucle cerrado».

La velocidad del motor se define mediante una consigna o referencia. El valor de la consigna se compara permanentemente con la señal de alimentación, imagen de la velocidad del motor. Esta señal la suministra un generador tacométrico o un generador de impulsos colocado en un extremo del eje del motor. Si se detecta una desviación como consecuencia de una variación de velocidad, las magnitudes aplicadas al motor (tensión y/o frecuencia) se corrigen automáticamente para volver a llevar la velocidad a su valor inicial.

Gracias a la regulación, la velocidad es prácticamente insensible a las perturbaciones.

La precisión de un regulador se expresa generalmente en % del valor nominal de la magnitud a regular (Etitudela, 2009).



**Figura N°24. Regulación de velocidad**

**Fuente:** Teoría de los variadores de velocidad

**Autor:** Etitudela

#### 2.11.4.4. DESACELERACIÓN CONTROLADA

Cuando se desconecta un motor, su deceleración se debe únicamente al par resistente de la máquina (deceleración natural). Los arrancadores y variadores electrónicos permiten controlar la deceleración mediante una rampa lineal o en «S», generalmente independiente de la rampa de aceleración.

Esta rampa puede ajustarse de manera que se consiga un tiempo para pasar de la velocidad de régimen fijada a una velocidad intermedia o nula:

- Si la deceleración deseada es más rápida que la natural, el motor debe desarrollar un par resistente que se debe sumar al par resistente de la máquina; se habla entonces de frenado eléctrico, que puede efectuarse reenviando energía a la red de alimentación, o disipándola en una resistencia de frenado.

- Si la deceleración deseada es más lenta que la natural, el motor debe desarrollar un par motor superior al par resistente de la máquina y continuar arrastrando la carga hasta su parada (Etitudela, 2009).

#### 2.11.4.5. INVERSIÓN DEL SENTIDO DE GIRO

La mayoría de los variadores actuales tienen implementada esta función. La inversión de la secuencia de fases de alimentación del motor se realiza automáticamente o por inversión de la consigna de entrada, o por una orden lógica en un borne, o por la información transmitida a mediante una red (Etitudela, 2009).

#### 2.11.4.6. FRENADO

Este frenado consiste en parar un motor, pero sin controlar la rampa de desaceleración. Con los arrancadores y variadores de velocidad para motores asíncronos, esta función se realiza de forma económica inyectando una corriente continua en el motor, haciendo funcionar de forma especial la etapa de potencia. Toda la energía mecánica se disipa en el rotor de la máquina y, por tanto, este frenado sólo puede ser intermitente. En el caso de un variador para motor de corriente continua, esta función se realiza conectando una resistencia en bornes del inducido (Etitudela, 2009).

#### 2.11.4.7. PROTECCIÓN INTEGRADA

Los variadores modernos aseguran tanto la protección térmica de los motores como su propia protección. A partir de la medida de la corriente y de una información sobre la velocidad (si la ventilación del motor depende de su velocidad de rotación), un microprocesador calcula la elevación de temperatura de un motor y suministra una señal de alarma o de desconexión en caso de calentamiento excesivo.

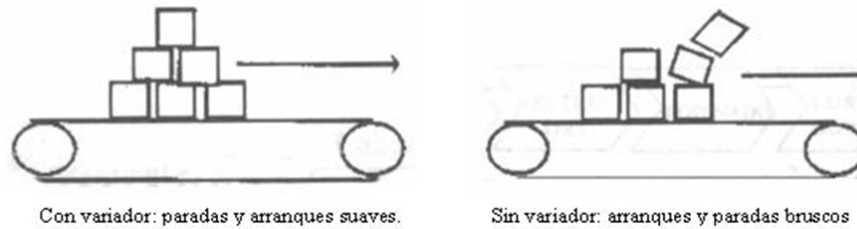
Además, los variadores, y especialmente los convertidores de frecuencia, están dotados de protecciones contra:

- Los cortocircuitos entre fases y entre fase y tierra.
- Las sobretensiones y las caídas de tensión.
- Los desequilibrios de fases.
- El funcionamiento en monofásico (Etitudela, 2009).

### 2.11.5. VENTAJA DE LOS VARIADORES DE VELOCIDAD

Cuando comparamos la alimentación de un variador de velocidad con la alimentación convencional de un motor notamos las siguientes ventajas:

- Menor consumo. Con una alimentación convencional el motor funciona siempre a velocidad nominal. Con un variador la velocidad se ajusta a la velocidad necesaria. Por ejemplo, en bombas de riego para regular el caudal se cierran las llaves de paso mientras que con un variador se reduce la velocidad de funcionamiento consumiendo menos.
- Instalación más sencilla con menos errores de cableado.
- Funciones de protección: límite de corriente, fallo de tierra, protección contra caída de tensión, etc.
- Arranque y paradas suaves. Alarga la vida del motor, evita daños en elementos auxiliares. Por ejemplo, en bombas de pozo las arrancadas y paradas suaves eliminan los golpes de ariete que provocan rotura de válvulas, daños en las bombas, etc.
- Posibilidad de control y seguimiento por ordenador. Variadores pueden enviar información a un ordenador para su posterior análisis.
- Cubre necesidades de regulación. Por ejemplo, en ventiladores permite controlar su velocidad en función de la temperatura.
- No usa contados ON/OFF. Esto proporciona seguridad y fiabilidad.
- Facilidad y seguridad para cambiar de sentido de giro (Etitudela, 2009).



**Figura N°25. Ventajas de los variadores de velocidad**

**Fuente:** Teoría de los variadores de velocidad

**Autor:** Etitudela

### 2.11.6. VARIADOR ABB MODELO ACQ810

El variador ACQ810 de la marca ABB fue diseñado para procesos en aguas y aguas residuales con funciones de bombeo integrales además de las funciones normales de los variadores de velocidad.

Entre las principales características del variador ACQ810 se tiene:

- Software de control adaptable integrado para procesos con aguas limpias y aguas residuales.
- Equilibrado de tiempos de funcionamiento entre bombas.
- Reducción de los esfuerzos en el sistema de bombeo.
- Rango de potencia de 1.1 a 500 kW (trifásica, 380 a 400 V).
- Rango de potencia de 0.37 a 22 kW (trifásica, 200 a 240 V).
- Control directo del par.
- Función de Safe torque off de serie.
- Módulo de memoria extraíble.
- 2 entradas analógicas, 2 salidas analógicas.
- 2 E/S digitales bidireccionales.
- 6 entradas digitales, 2 salidas de relé.
- Funciones de control integradas:
  - Llenado uniforme de las tuberías.
  - Autocambio de bombas.
  - Redundancia.
  - Protección de la bomba.

- Cálculo de caudal.
- Control multibomba.
- Prioridad entre bombas.
- Control de nivel.
- Limpieza de la bomba (ABB, 2016).

## 2.12. MEDIDORES DE CAUDAL

La medida de caudal en conducciones cerradas, consiste en la determinación de la cantidad de masa o volumen que circula por la conducción por unidad de tiempo.

Los instrumentos que llevan a cabo la medida de un caudal se denominan, habitualmente, caudalímetros o medidores de caudal, constituyendo una modalidad particular los contadores, los cuales integran dispositivos adecuados para medir y justificar el volumen que ha circulado por la conducción. Los medidores de caudal volumétrico pueden determinar el caudal de volumen de fluido de dos formas:

- Directamente, mediante dispositivos de desplazamiento positivo
- Indirectamente, mediante dispositivos de presión diferencial, área variable, velocidad, fuerza, etc.

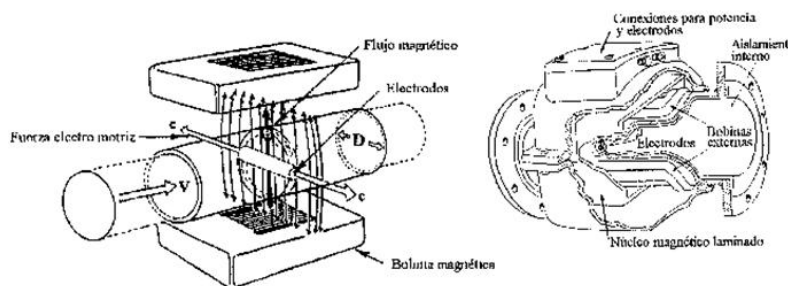
Para el desarrollo de este trabajo de investigación se ha seleccionado un sensor de caudal de tipo magnético (García L., 2012).

### 2.12.1. MEDIDORES DE CAUDAL MAGNÉTICO

El medidor de flujo magnético es uno de los más flexibles y universalmente aplicables sistemas de medición de flujo disponibles. Ofrece una medición del flujo completamente sin obstrucciones, es casi insensible a las propiedades del fluido y es capaz de medir los fluidos más corrosivos. Se instala como un segmento convencional del proceso de entubado y tiene una caída de presión similar a la longitud a la longitud de la tubería. Estos medidores son ideales para medir químicos corrosivos, slurries, fluidos con sólidos en suspensión, y otros fluidos de medición difícil (Rosemount Inc., 1995).

El detector consta de un tubo medidor no magnético con un conjunto de bobina excitadora montado sobre el tubo para obtener un campo magnético homogéneo a través de un orificio. El líquido que pasa por el tubo medidor

corta el campo magnético produciendo de este modo un voltaje inducido en el líquido, el cual es tomado por dos electrodos que se encuentran en la pared del medidor (TECSUP, 2015).



**Figura N°26. Medidor de caudal magnético**

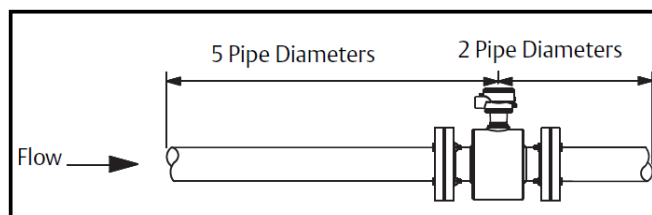
**Fuente:** PEPP Instrumentación, automatización y control de procesos

**Autor:** TECSUP

### 2.12.2. CONSIDERACIONES DE INSTALACIÓN

La instalación envuelve la orientación física de la tubería y del transmisor con respecto al tipo de fluido del proceso, tuberías adyacentes, accesibilidad, conexionado eléctrico entre el sensor y el transmisor, y buenas prácticas de aterramiento. La instalación también debe ser vista desde el punto de vista de las opciones de diseño disponibles y características que simplifiquen los procedimientos de cableado, proporcionen opciones de montaje remoto del transmisor y afecten la utilidad.

Para garantizar la precisión sobre las condiciones del proceso, se debe instalar el sensor con un mínimo de longitud de 5 veces el diámetro de la tubería a la entrada del fluido y una longitud de 2 veces el diámetro de la tubería a la salida del fluido, tal como se puede observar en la imagen (Rosemount Inc., 1995).



**Figura N°27. Consideraciones de instalación en flujómetros**

**Fuente:** Magnetic flowmeter fundamentals

**Autor:** Rosemount Inc.

## **2.13. MEDICIÓN DE NIVEL POR PRESIÓN HIDROSTÁTICA**

La presión hidrostática es proporcional a la altura de una columna de líquido. La presión generada depende de la densidad del líquido y la fuerza de la gravedad, que actúa sobre ellos. Las sondas de nivel miden esta presión, así como la presión atmosférica ambiente. La medición de la presión debe ser muy estable a largo plazo para cumplir con los requisitos de las mediciones estáticas (Keller D, 2016).

### **2.13.1. CARACTERÍSTICAS DE LOS DISPOSITIVOS DE PRESIÓN**

Dentro de las características de los dispositivos de medición de nivel por presión hidrostática tenemos:

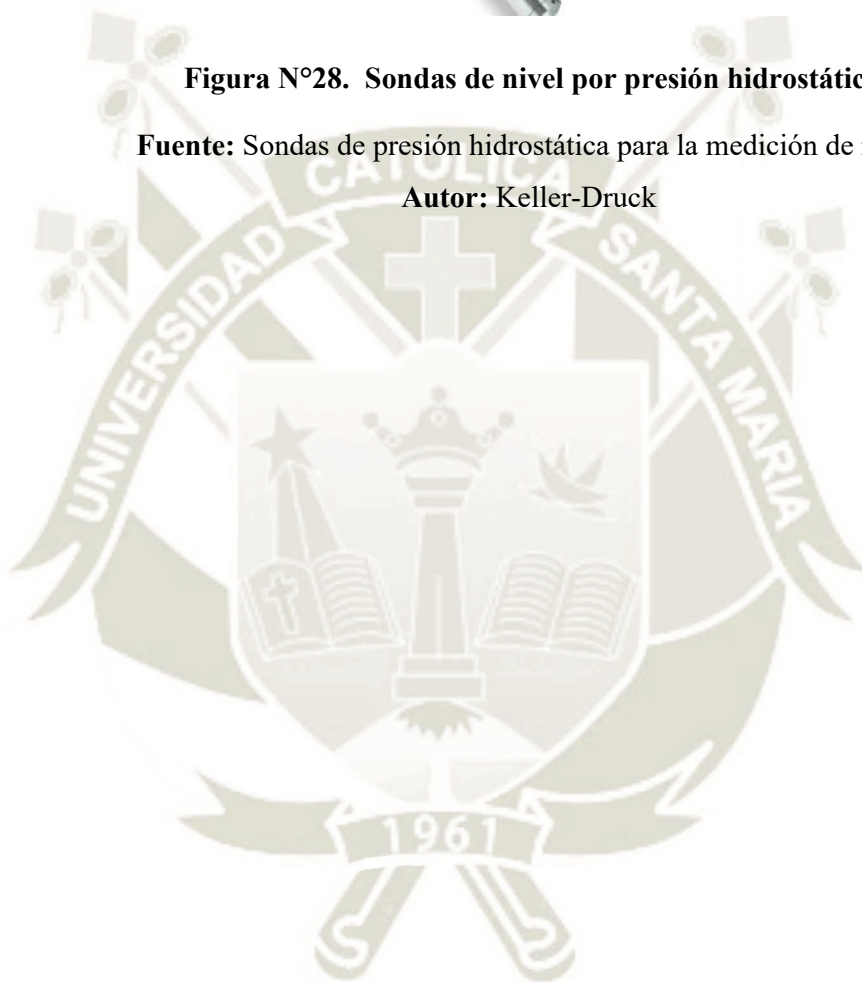
- Alta precisión, excelente estabilidad a largo plazo y sin histéresis.
- Alta protección contra influencias ambientales.
- Protección contra sobretensiones y polaridad inversa.
- Housing de acero resistente a la oxidación.
- Tamaños pequeños para adaptarse a las distintas medidas de los tubos.
- Amplia gama de rangos de presión (Keller D, 2016).



**Figura N°28. Sondas de nivel por presión hidrostática**

**Fuente:** Sondas de presión hidrostática para la medición de nivel

**Autor:** Keller-Druck



### CAPÍTULO III

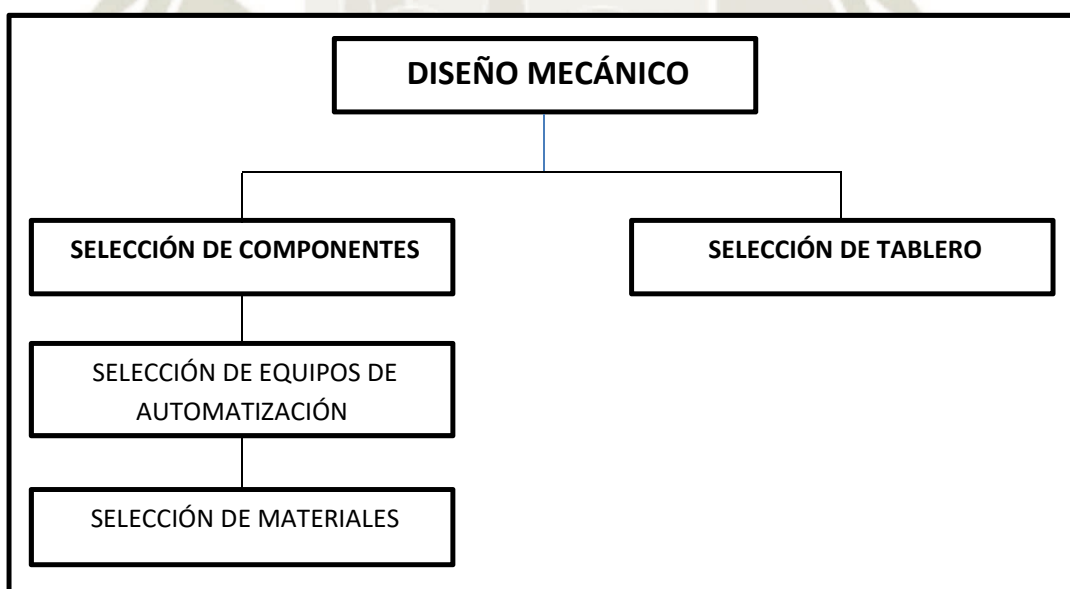
#### 3. DISEÑO DE LOS TABLEROS DE CONTROL Y COMUNICACIÓN

##### 3.1. DISEÑO DE TABLEROS DE CONTROL Y COMUNICACIÓN

Se diseñó un total de 05 tableros de control y 01 tablero de comunicaciones, el cual obtiene los datos de todos los pozos, los muestra en el HIM instalado y transfiere los datos al cuarto de control. El número de tableros está definido por el número de pozos existentes.

El diseño de los tableros de control y comunicación está abocado únicamente a la selección de equipos y materiales que los conforman, debido a que la finalidad del proyecto es el de la Automatización y Control, en este caso el uso de sensores, configuración de variadores, manejo de PLC y el sistema SCADA. Por lo cual sólo se mencionarán los equipos y materiales usados y se mostrarán los detalles en los planos realizados.

El diseño estará dividido de la siguiente manera:



**Figura N°29. Partes de diseño de los tableros de control**

**Fuente:** Proyecto de investigación

**Autor:** Aldo Velásquez Santillán

### 3.1.1. SELECCIÓN DE COMPONENTES

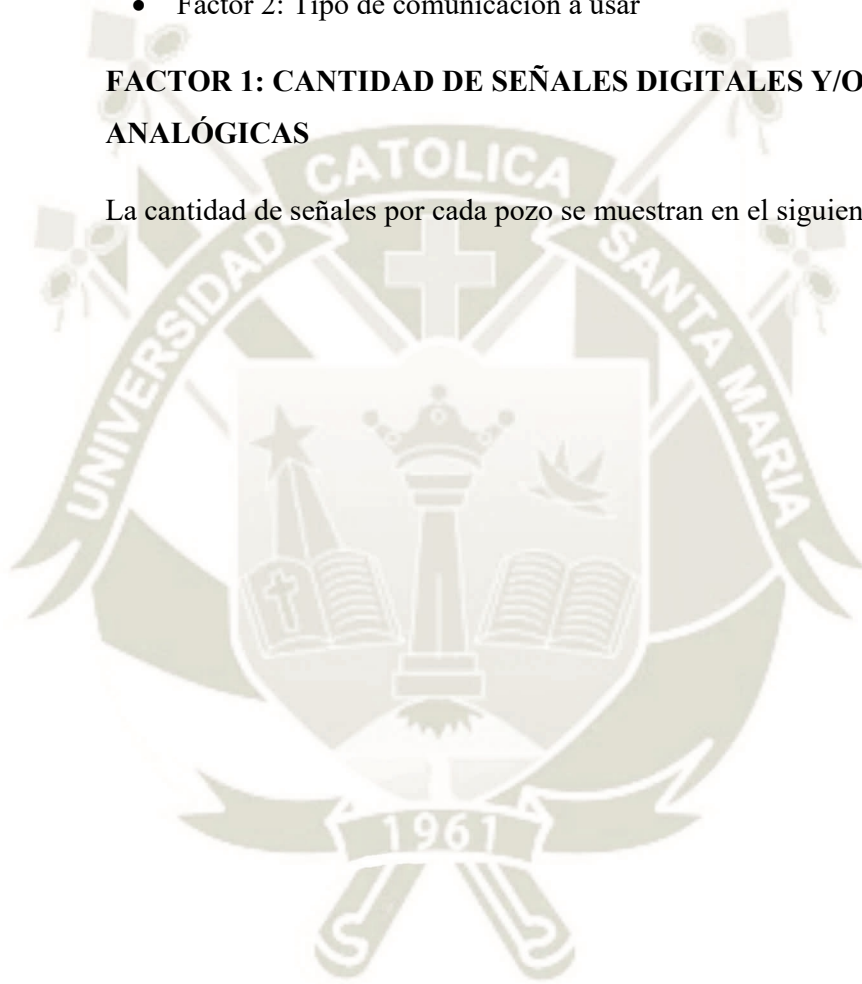
#### 3.1.1.1. SELECCIÓN DE EQUIPOS DE AUTOMATIZACIÓN

Para la selección de equipos de automatización que se instalarán en los tableros se han considerado dos factores:

- Factor 1: Cantidad de señales digitales y/o analógicas
- Factor 2: Tipo de comunicación a usar

#### **FACTOR 1: CANTIDAD DE SEÑALES DIGITALES Y/O ANALÓGICAS**

La cantidad de señales por cada pozo se muestran en el siguiente cuadro:



**Tabla N°17. Cuadro de instrumentación para cada pozo**

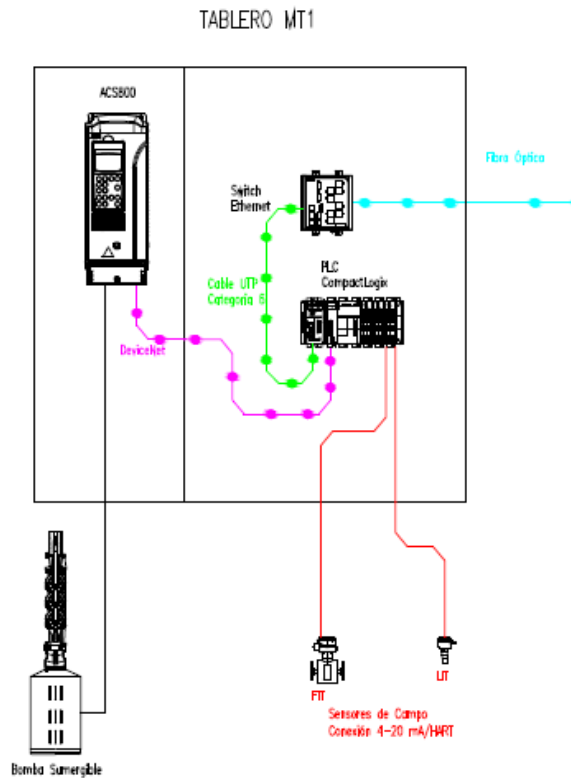
INSTRUMENTACIÓN DE POZO MT1		
DESCRIPCIÓN	INTERFAZ	TIPO DE SENSOR
Sensado de nivel en pozo MT1	HART/4-20 mA	Analógico
Sensado de flujo en línea de descarga de pozo MT1	HART/4-20 mA	Analógico
INSTRUMENTACIÓN DE POZO MT2		
DESCRIPCIÓN	INTERFAZ	TIPO DE SENSOR
Sensado de nivel en pozo MT2	HART/4-20 mA	Analógico
Sensado de flujo en línea de descarga de pozo MT2	HART/4-20 mA	Analógico
INSTRUMENTACIÓN DE POZO MT5		
DESCRIPCIÓN	INTERFAZ	TIPO DE SENSOR
Sensado de nivel en pozo MT4	HART/4-20 mA	Analógico
Sensado de flujo en línea de descarga de pozo MT4	HART/4-20 mA	Analógico
INSTRUMENTACIÓN DE POZO MT7		
DESCRIPCIÓN	INTERFAZ	TIPO DE SENSOR
Sensado de nivel en pozo MT5	HART/4-20 mA	Analógico
Sensado de flujo en línea de descarga de pozo MT5	HART/4-20 mA	Analógico
INSTRUMENTACIÓN DE POZO MT8		
DESCRIPCIÓN	INTERFAZ	TIPO DE SENSOR
Sensado de nivel en pozo MT6	HART/4-20 mA	Analógico
Sensado de flujo en línea de descarga de pozo MT6	HART/4-20 mA	Analógico

**Fuente:** Proyecto de investigación

**Autor:** Aldo Velásquez Santillán

## FACTOR 2: TIPO DE COMUNICACIÓN A USAR

Como se puede apreciar en la siguiente figura, existen dos tipos de comunicación:



**Figura N°30. Extracto de arquitectura de control**

**Fuente:** Proyecto de investigación

**Autor:** Aldo Velásquez Santillán

- Comunicación entre el PLC y Variador de Velocidad:  
DEVICENET
- Comunicación entre PLC de control y PLC de comunicación:  
ETHERNET

Con los factores definidos se genera el listado de equipos, se consideraron además módulos de señales digitales debido a requerimiento del cliente como spare para futuras modificaciones al sistema.

**Tabla N°18. Listado de equipos de automatización**

Equipamiento de Control				
Item	Catálogo	Descripción	Und.	Cant.
1	1769-PA4	Fuente de poder para PLC CompactLogix 120/240 VAC.	pz	1
2	1769-L30ER	Controlador CompactLogix, Puerto dual Ethernet embebido, 1MB de memoria, acepta 8 módulos I/O.	pz	1
3	1769-SDN	Módulo Scanner DeviceNet.	pz	1
4	1769-IA8I	Módulo de 8 entradas digitales a 120 VAC aisladas individualmente.	pz	1
5	1769-OW8I	Módulo de 8 salidas digitales tipo relé aisladas individualmente.	pz	1
6	1769SC-IF4IH	Módulo de 4 entradas analógicas con protocolo HART (Corriente o Voltaje)	pz	1
7	1769-ECR	Tapa terminal de PLC CompactLogix	pz	1
8	1606-XLS240E	Fuente de poder para módulo analógico 24-48V DC, 240 W, voltaje de entrada 120/240V AC / 100-150V DC.	pz	1
9	1606-XLDNET4	Fuente de poder DeviceNet, 24V DC, 91 W, voltaje de entrada 100...120V/200...240V AC.	pz	1
10	1485T-P2T5-T5	PowerTap DeviceNet	pz	1

**Fuente:** Proyecto de investigación

**Autor:** Aldo Velásquez Santillán

El listado de equipos se puede apreciar también en los planos generados para la construcción, específicamente en los planos CAP13080-C-4200-70V-101-005 y cómo se encuentran distribuidos en los planos CAP13080-C-4200-70V-101-004.

### 3.1.1.1.1. SELECCIÓN DE CONTROLADOR

Se seleccionó el controlador CompactLogix 1769-L30ER debido a que es un sistema pequeño, poderoso y económico ideal para aplicaciones pequeñas y medianas con la cantidad suficiente de módulos de entrada y salida, que cuenta con dos puertos Ethernet embebidos y se le puede adicionar el módulo de comunicación DeviceNet que es el que se requiere para la aplicación.



**Figura N°31. Controlador CompactLogix 1769-L30ER**

**Fuente:** Proyecto de investigación

**Autor:** Aldo Velásquez Santillán

### 3.1.1.1.2. SELECCIÓN DE MÓDULOS ADICIONALES

Una vez seleccionado el controlador, existe un software de la marca Rockwell Automation que se encarga de brindar los catálogos de los módulos compatibles con el controlador seleccionado.

### 3.1.1.2. SELECCIÓN DE MATERIALES

Esta selección incluye los interruptores de corriente y borneras intermedias que se requieren para el correcto funcionamiento de los tableros y el conexionado de las señales de campo.

Para la selección de interruptores de corriente se realiza un cálculo dependiendo del consumo de cada uno de los equipos que se instalarán en el tablero y las borneras se calculan dependiendo de la cantidad de módulos y canales que se tenga por módulo.

El listado de materiales se puede apreciar a detalle en los planos generados para la construcción, específicamente en el plano CAP13080-C-4200-70V-101-005 y cómo se encuentran distribuidos en los planos CAP13080-C-4200-70V-101-004.

### 3.1.1.2.1. SELECCIÓN DE INTERRUPTORES DE CORRIENTE

Las características de los Circuit breakers utilizados son las siguientes:

**Tabla N°19. Especificaciones de Circuit Breakers instalados**

Capacidades nominales eléctricas		Datos mecánicos		
Polos	1, 2, 3, 1+N, 3+N	Envolvente	Grupo de aislamiento II, RAL 7035	
Curvas de disparo	B, C, D	Ventana indicadora	rojo encendido/verde apagado	
Intensidad nominal ( $I_n$ )	0.5...63 A	Grado de protección según EN 60529	IP20, IP40 en envolvente con cubierta	
Frecuencia nominal (f)	50/60 Hz	Durabilidad mecánica	20,000 operaciones	
Tensión de aislamiento nominal $U_i$ según IEC/EN 60664-1	250 VCA (fase a tierra), 440 VCA (fase a fase)	Resistencia al choque según IEC/EN 60068-2-27	25 g – 2 choques – 13 ms	
Categoría de sobretensión	III	Resistencia a la vibración según IEC/EN 60068-2-6	5 g – 20 ciclos a 5...150...5 Hz con carga 0.8 in	
Grado de contaminación	3	Especificaciones ambientales		
Datos según UL/CSA		Condiciones ambientales (calor húmedo) según IEC/EN 60068-2-30	28 ciclos con 55 °C/90 – 96% y 25 °C/95 – 100%	
Tensión nominal	1 polo	CA	277 VCA	
		CC	48 VCC	
	2 polos	CA	480Y/277 VCA	
		CC	96 VCC	
Tripolar	CA	480Y/277 VCA		
Poder de corte según UL 1077	≤32 A: 10 kA (CA); >32 A: 5 kA (CA); 0.5...63 A: 10 kA (CC)			
Aplicación	Disyuntor para uso general; códigos de aplicación: TC1, OLO, SC: U2 (CA), SC: U2 (CC), FW3 ▲			
Temperatura de referencia de las características de disparo	40 °C			
Resistencia eléctrica	6000 ops (CA), 6000 ops. (CC) 1 ciclo (1 s – activado, 9 s – desactivado)			
Datos según IEC/EN 60947-2		Instalación		
Tensión de operación nominal ( $U_e$ )	Unipolar, 1+N	Terminal doble		
	Bipolar, tripolar, 3+N	Sección transversal de conductores (superior/inferior) mm <sup>2</sup>		
Más alto suministro o tensión de utilización ( $U_{max}$ )	CA	Unipolar, 1+N	35/35 mm <sup>2</sup>	
		Bipolar, tripolar, 3+N	25/25 mm <sup>2</sup>	
	CC ★	Unipolar	AWG	18...4 AWG
		Bipolar	AWG	10/10 mm <sup>2</sup>
Tensión de operación mínimo	12 VCA/CC	Sección transversal de peines de conexión (superior/inferior)	14...8 AWG	
Poder de corte final nominal ( $I_{cu}$ )	15 kA	Nm	2.8 Nm	
Poder de corte de servicio nominal ( $I_{cs}$ )	≤40 A: 11.25 kA >40 A: 7.5 kA	Par de apriete	AWG 18...16: 8.85 pulg.-lb. AWG 14...10: 17.7 pulg.-lb. AWG 8...4: 39.8 pulg.-lb.	
Tensión impulsiva no disruptiva nominal $U_{imp}$ (1.2/50 μs)	4 kV (tensión de prueba 6.2 kV a nivel del mar, 5 kV a 2000 m)	Destornillador	No. 2 Pozidrive	
Tensión de prueba dieléctrico	2 kV (50/60 Hz, 1 min.)	Montaje	Riel DIN (EN 60715, 35 mm) con clip rápido	
Temperatura de referencia de las características de disparo	30 °C	Posición de montaje	Cualquiera	
Resistencia eléctrica	$I_n < 30$ A: 20,000 ops (CA) $I_n \geq 30$ A: 10,000 ops (CA) 1000 ops. (CC)	Suministro	Opcional	
★ Clasificación de CC IEC auto-declaradas. ▲ Carga unipolar de 2 polos/3 polos; TC2.		Dimensiones aproximadas y peso		
		Dimensiones de polos (alto x prof. x ancho)	88 x 69 x 17.5 mm	
		Peso de polos	115 g (4.1 oz.)	
Combinación con elementos auxiliares				
Contacto auxiliar	SI			
Contacto de señal	SI			
Bobina de emisión	SI			

**Fuente:** Guía de selección Allen Bradley – Protección de circuitos, mandos y potencia

**Autor:** Allen Bradley

Para el cálculo de los amperajes requeridos por cada uno de los interruptores de corriente utilizados se tiene en consideración la potencia consumida por cada uno de los equipos a instalar, siendo estos los siguientes:

**Tabla N°20. Potencia consumida por cada uno de los equipos**

POTENCIA DE EQUIPOS INSTALADOS		
EQUIPO	CATÁLOGO	POTENCIA (W)
Fuente de poder PLC CompactLogix	1769-PA4	220W @ 120V AC
		240W @ 220V AC
Fuente de poder a 24VDC para módulos analógicos	1606-XLS240E	240W @ 120V AC
		280W @ 220V AC
Fuente de poder a 24VDC para red DeviceNet	1606-XLDNET4	91.2W
Fuente de poder de Switch Cisco IE-3000-4TC	PWR-IE50W-AC	50W
Luminaria de tablero	-	14W

**Fuente:** Proyecto de investigación

**Autor:** Aldo Velásquez Santillán

Con estos datos, se procede a realizar el cálculo con la fórmula de potencia:

$$P = V \times I$$

Tomando en cuenta que la tensión de alimentación del tablero es de 120VAC, se tienen los siguientes resultados:

- Fuente de poder PLC CompactLogix:

$$220 = 120 \times I$$

$$I = 1.83 \text{ A}$$

Aproximando al valor comercial inmediato: CB de 2A

- Fuente de poder a 24VDC para módulos analógicos:

$$240 = 120 \times I$$

$$I = 2 \text{ A}$$

- Fuente de poder a 24VDC para red DeviceNet:

$$91.2 = 120 \times I$$

$$I = 0.76 \text{ A}$$

Aproximando al valor comercial inmediato: CB de 1 o 2A

- Fuente de poder de switch Cisco IE-3000-4TC:

$$50 = 120 \times I$$

$$I = 0.41 \text{ A}$$

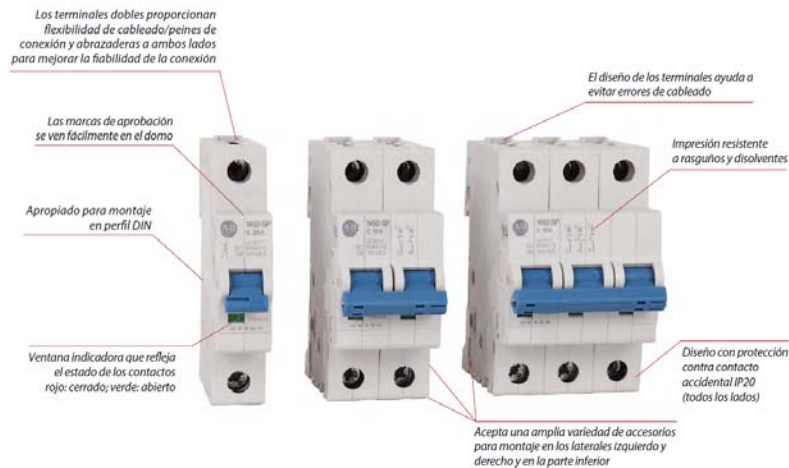
Aproximando al valor comercial inmediato: CB de 1 o 2<sup>a</sup>

- Luminaria de tablero de control:

$$14 = 120 \times I$$

$$I = 0.11 \text{ A}$$

Aproximando al valor comercial inmediato: CB de 1 o 2A



**Figura N°32. Interruptores de corriente Allen Bradley 1492-SP**

**Fuente:** Guía de selección Allen Bradley – Protección de circuitos, mandos y potencia

**Autor:** Allen Bradley

### 3.1.1.2.2. SELECCIÓN DE BORNERAS INTERMEDIAS

Las borneras seleccionadas para la construcción del tablero deben cumplir con los requerimientos de voltaje y calibre de cable a usar en dicha aplicación. En este caso, el cable utilizado es cable de control 16AWG por lo que se seleccionaron los siguientes catálogos de la marca Allen Bradley:

- Borneras intermedias 1492-J4 para el conexionado de señales de control, cuyas características veremos a continuación:

**Tabla N°21. Características de las borneras intermedias 1492-J4**

#### Screw Connection Terminal Blocks

##### Standard Feed-Through Blocks

	1492-J3				1492-J4				1492-J6			
Dimensions are not intended to be used for manufacturing purposes. Note: Height dimension is measured from top of rail to top of terminal block.												
	Feed-through terminal block				Feed-through terminal block				Feed-through terminal block			
Specifications												
Certifications		CSA	IEC	ATEX		CSA	IEC	ATEX		CSA	IEC	ATEX
Voltage Rating	600V AC/DC		800V AC/DC	550V AC/DC	600V AC/DC		800V AC/DC	690V AC/DC	600V AC/DC		800V AC/DC	550V AC/DC
Maximum Current	25 A	20 A	24 A	21 A	35 A	25 A	32 A	28 A	50 A	41 A	36 A	36 A
Wire Range (Rated Cross Section)	#22...12 AWG	#26...12 AWG	2.5 mm <sup>2</sup>	2.5 mm <sup>2</sup> (#20...14 AWG)	#22...10 AWG	#26...10 AWG	4 mm <sup>2</sup>	4 mm <sup>2</sup> (#20...12 AWG)	#22...8 AWG	6 mm <sup>2</sup>	6 mm <sup>2</sup>	#20...10 AWG
Wire Strip Length	0.39 in. (10 mm)				0.39 in. (10 mm)				0.47 in. (12 mm)			
Recommended Tightening Torque	4.5...7.1 lb•in (0.5...0.8 N•m)				9.0 lb•in (1.0 N•m)				14.2 lb•in (1.6 N•m)			
Density	59 pcs/ft (196 pcs/m)				49 pcs/ft (163 pcs/m)				37 pcs/ft (123 pcs/m)			
Housing Temperature Range	-58...+248 °F (-50...+120 °C)				-58...+248 °F (-50...+120 °C)				-58...+248 °F (-50...+120 °C)			
Short-Circuit Current Rating	See page 12-42											

**Fuente:** Terminal blocks / wiring systems / signal conditioners

**Autor:** Allen Bradley

- Borneras intermedias 1492-JG4 para el aterramiento de equipos instalados, cuyas características veremos a continuación:

Tabla N°22. Características de las borneas intermedias 1492-JG4

Screw Connection Terminal Blocks  
Grounding Blocks

	1492-JG4				1492-JG4TW			1492-JG4Q		
Dimensions are not intended to be used for manufacturing purposes. Note: Height dimension is measured from top of rail to top of terminal block.										
<b>Specifications</b>	<i>Feed-through grounding terminal block</i>				<i>Single-level grounding terminal block with 3 connection points, 2 on one side</i>			<i>Single-level grounding terminal block with two connection points on each sides</i>		
Certifications		CSA	IEC	ATEX		CSA	IEC		CSA	IEC
Voltage Rating	—				—			—		
Maximum Current	Grounding				Grounding			Grounding		
Wire Range (Rated Cross Section)	#22...10 AWG	4 mm <sup>2</sup>	4 mm <sup>2</sup> (#20...12 AWG)		#30...10 AWG	0.5...4 mm <sup>2</sup>		#30...10 AWG	0.5...4 mm <sup>2</sup>	
Wire Strip Length	0.39 in. (10 mm)				0.394 in. (10 mm)			0.394 in. (10 mm)		
Recommended Tightening Torque	9 lb•in (1.0 N•m)				6.2 lb•in (0.7 N•m)			6.2 lb•in (0.7 N•m)		
Mounting Torque - Center Screw	4.4...7.1 lb•in (0.5...0.8 N•m)				—			—		
Density	49 pcs/ft (163 pcs/m)				49 pcs/ft (163 pcs/m)			49 pcs/ft (163 pcs/m)		
Housing Temperature Range	-58...+248 °F (-50...+120 °C)				-58...+248 °F (-50...+120 °C)			-58...+248 °F (-50...+120 °C)		

**Fuente:** Terminal blocks / wiring systems / signal conditioners

**Autor:** Allen Bradley

- Borneas portafusibles 1492-H6 para protección de canales en módulos I/O por posibles cortocircuitos en campo, cuyas características veremos a continuación:

Tabla N°23. Características de las borneras intermedias 1492-H6

Screw Connection Terminal Blocks  
Fuse Blocks

	1492-H...	1492-WFB4...
<p>Dimensions are not intended to be used for manufacturing purposes. Note: Height dimension is measured from top of rail to top of terminal block.</p>		
<b>Specifications</b>	Single-circuit fusible terminal block with or without fuse indication.	Single-circuit fuse block with or without fuse indication.
<b>Certifications</b>	<b>CSA</b> <b>IEC</b>	<b>CSA</b> <b>IEC</b>
<b>Voltage Rating</b>	H6/WFB4 300V AC/DC H5/WFB424 10...57V AC/DC H4/WFB4250 100...300V AC	H6/WFB4 300V AC/DC H5/WFB424 10...57V AC/DC H4/WFB4250 85...264V AC
<b>Maximum Current</b>	15 A	15 A
<b>Wire Range (Rated Cross Section)</b>	#30...12 AWG 0.5...4 mm <sup>2</sup>	#30...12 AWG 0.5...4 mm <sup>2</sup>
<b>Wire Strip Length</b>	0.38 in. (9.7 mm)	0.31 in. (8 mm)
<b>Recommended Tightening Torque</b>	7.1 lb•in (0.8 N•m)	2.65...5.3 lb•in (0.3...0.6 N•m)
<b>Density</b>	33 pcs/ft (109pcs /m)	38 pcs/ft (125 pcs/m)
<b>Housing Temperature Range</b>	-40...+195 °F (-40...+90 °C)	-40...+195 °F (-40...+90 °C)
<b>Indicator Type</b>		
H6/WFB4	Non-Indicating	Non-Indicating
H5/WFB424	Red LED	Red LED
H4/WFB4250	Neon	Neon
<b>Leakage Current</b>		
H6/WFB4	—	—
H5/WFB424	2 mA @ 24V	2 mA @ 24V
H4/WFB4250	2 mA @ 300V	2 mA @ 300V
<b>Fuse Size (Not Supplied)</b>	1/4 x 1-1/4 in.	5 x 20 mm

**Fuente:** Terminal blocks / wiring systems / signal conditioners

**Autor:** Allen Bradley

- Borneras intermedias de dos pisos 1492-JD3 para el conexionado de señales de control cuando no se cuenta con suficiente espacio en el backpanel del tablero, sus características las veremos a continuación:

Tabla N°24. Características de las borneras intermedias 1492-JD3

Screw Connection Terminal Blocks  
Multi-Circuit Feed-Through Blocks

	1492-JD3	1492-JD4	1492-JT3M
Dimensions are not intended to be used for manufacturing purposes. Note: Height dimension is measured from top of rail to top of terminal block.			
<b>Specifications</b>	Two-level, two-circuit feed-through terminal block		Three-level, three-circuit terminal block with ground point
Certifications	CSA IEC ATEX	CSA IEC ATEX	CSA IEC
Voltage Rating	600V AC/DC 300V AC/DC 400V AC/DC 275V AC/DC	600V AC/DC 300V AC/DC 800V AC/DC 550V AC/DC	300V AC/DC 400V AC/DC
Maximum Current	20 A 10 A 24 A 21 A	35 A 30 A 32 A 28 A	10 A 24 A
Wire Range (Rated Cross Section)	#22...12 AWG 26...12 AWG 2.5 mm <sup>2</sup> (20...14 AWG)	#26...10 AWG 0.5...4 mm <sup>2</sup> 4 mm <sup>2</sup> (20...12 AWG)	#22...12 AWG #26...10 AWG 0.5...2.5 mm <sup>2</sup>
Wire Strip Length	0.39 in. (10 mm)		0.28 in. (7 mm)
Recommended Tightening Torque	4.5...7.1 lb•in (0.5...0.8 N•m)		4.4 lb•in (0.5 N•m)
Density	59 pcs/ft (196 pcs/m)		49 pcs/ft (163 pcs/m)
Housing Temperature Range	-58...+248 °F (-50...+120 °C)		-58...+248 °F (-50...+120 °C)

**Fuente:** Terminal blocks / wiring systems / signal conditioners

**Autor:** Allen Bradley

### 3.1.2. SELECCIÓN DE TABLERO

Las características del tablero a seleccionar dependen de la cantidad de componentes que se instalarán, así como la locación y las condiciones climáticas a las que estará expuesto dicho tablero. El tablero seleccionado es el siguiente:

**Tabla N°25. Características de Gabinete de control Rittal**

**Acero inoxidable**

Altura (H) Pulgadas (mm)	UE	30 (760)	39 (1000)	39 (1000)	47 (1200)	47 (1200)	47 (1200)	pág.
Ancho (B) Pulgadas (mm)		30 (760)	32 (800)	39 (1000)	32 (800)	39 (1000)	39 (1000)	
Profundidad (I) Pulgadas (mm)		12 (300)	12 (300)	12 (300)	12 (300)	12 (300)	12 (300)	
Altura placa de montaje (G) Pulgadas (mm)		29 (730)	38 (955)	38 (955)	45 (1155)	45 (1155)	45 (1155)	
Ancho placa de montaje (F) Pulgadas (mm)		28 (704)	29 (739)	37 (939)	29 (740)	37 (940)	37 (940)	
Material	Acero inoxidable 1.4301 (AISI 304)	■	■	■	■	■	■	
	Acero inoxidable 1.4404 (AISI 316L)	-	-	-	-	■	-	
Material cierre	Acero inoxidable 1.4404 (AISI 316L)	-	-	-	■	■	■	
	Cinc fundido a presión, niquelado	■	■	■	-	-	-	
Referencia	1 pza(s).	<b>1014.600</b>	<b>1016.600</b>	<b>1018.600</b>	<b>1017.600</b>	<b>1019.500</b>	<b>1019.600</b>	
Peso lb (kg)		94 (42.5)	117 (52.9)	157 (71.0)	136 (61.5)	168 (76.0)	168 (76.0)	
Grado de protección IP según IEC 60 529		IP 66	IP 66	IP 55	IP 66	IP 55	IP 55	
Grado de protección NEMA		NEMA 4X	NEMA 4X	NEMA 12	NEMA 4X	NEMA 12	NEMA 12	
<b>Unidad de envase específica para cada producto</b>								
Puerta(s)		1	1	2	1	2	2	
Cierre de aldabilla		2	2	2	-	-	-	
Sistema de cierre de 3 puntos		-	-	-	■	■	■	
<b>Accesorios</b>								
Carriles para montaje interior	4 pza(s).	2383.300	2383.300	2383.300	2383.300	2383.300	2383.300	521
Tejadillos, acero inoxidable	1 pza(s).	2474.000	2475.000	2363.000	2475.000	2363.000	2363.000	499
Soporte para fijación mural	4 pza(s).	2433.000	2433.000	2433.000	2433.000	2433.500	2433.000	504
Ángulo para fijación mural	4 pza(s).	2583.010	2583.010	2583.010	2583.010	2583.010	2583.010	505
Fijación a postes		-	-	-	-	-	-	
Cierres de aldabilla	1 pza(s).	2304.000	2304.000	2304.000	-	-	-	488
Aldabilla HD	1 pza(s).	2304.010	2304.010	2304.010	-	-	-	164

**Fuente:** Guía de selección armarios RITTAL

**Autor:** Rittal

Se seleccionó el tablero de medidas 1200mm (Altura) x 800mm (Ancho) x (Profundidad) de acero inoxidable con grado de protección IP66 debido a que los tableros se ven expuestos al sol, el polvo y la lluvia. Los planos de dimensiones y distribución de los armarios se encuentran detallados en los planos CAP13080-C-4200-70V-101-003 y CAP13080-C-4200-70V-101-004.

### 3.1.3. ARMADO DE TABLEROS DE COMUNICACIÓN Y CONTROL

Los tableros fueron construidos conforme a lo indicado en los planos desarrollados y probados de acuerdo a los Protocolos de pruebas FAT (Factory Acceptance Test) desarrollados para confirmar el buen funcionamiento de ambos tipos de tableros.



**Figura N°33. Vista general de tablero de comunicación C-4250-PC-1850**

**Fuente:** Proyecto de investigación  
**Autor:** Aldo Velásquez



**Figura N°34. Distribución de equipos en tablero de comunicación C-4250-PC-1850**

**Fuente:** Proyecto de investigación  
**Autor:** Aldo Velásquez



**Figura N°35. Montaje de PanelView Plus 6 en puerta de tablero**

**Fuente:** Proyecto de investigación

**Autor:** Aldo Velásquez



**Figura N°36. Vista general de tableros de control**

**Fuente:** Proyecto de investigación

**Autor:** Aldo Velásquez



**Figura N°37. Vista interna de tablero de control, distribución de equipos**

**Fuente:** Proyecto de investigación  
**Autor:** Aldo Velásquez

#### **3.1.4. COSTO DE LOS EQUIPOS Y PROYECTO**

El costo del proyecto se ha calculado en base a la sumatoria de costos de los equipos de automatización, costos de instalación, costos de conexionado y costos de puesta en marcha del sistema de bombeo, los cuales se pueden observar líneas abajo.

**Tabla N°26. Costos de implementación por cada pozo**

COSTOS DE IMPLEMENTACIÓN POR CADA POZO			
ITEM	EQUIPO	CANT.	PRECIO
1	Tablero de control	1	\$9550
2	Tablero de fuerza (VFD)	1	\$11200
3	Sensor / transmisor de nivel	1	\$2500
4	Sensor / transmisor de flujo	1	\$3500
5	Bomba sumergible	1	\$19500
6	Costo de instalación aproximado	1	\$2000
<b>TOTAL:</b>			\$48250

**Fuente:** Proyecto de investigación

**Autor:** Aldo Velásquez

**Tabla N°27. Cosos de implementación de tablero comunicaciones**

COSTOS DE IMPLEMENTACIÓN DE TABLERO DE COMUNICACIONES			
ITEM	EQUIPO	CANT.	PRECIO
1	Tablero de comunicaciones	1	\$7950
2	Costos de instalación aproximados	1	\$1000
<b>TOTAL:</b>			\$8950

**Fuente:** Proyecto de investigación

**Autor:** Aldo Velásquez

**Tabla N°28. Cosos de configuración / puesta en marcha**

COSTOS DE CONFIGURACIÓN / PUESTA EN MARCHA			
ITEM	EQUIPO	CANT.	PRECIO
1	Costo de programación y puesta en marcha	1	\$8500
<b>TOTAL:</b>			\$8500

**Fuente:** Proyecto de investigación

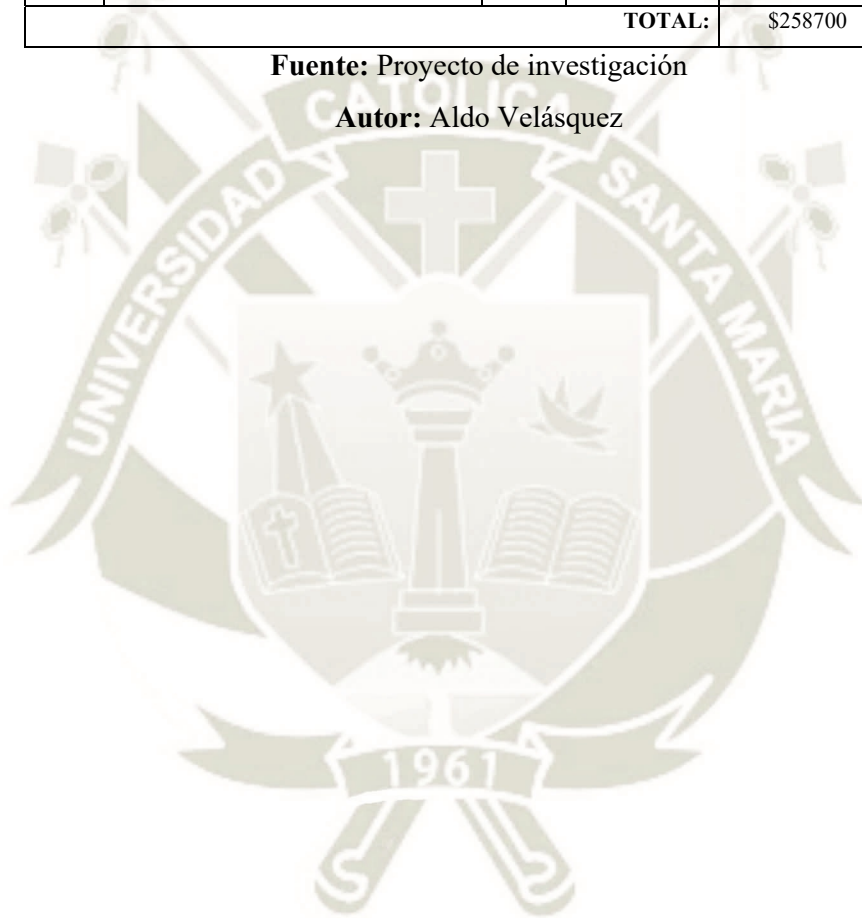
**Autor:** Aldo Velásquez

**Tabla N°29. Resumen – Costos totales**

RESUMEN DE COSTOS				
ITEM	EQUIPO	CANT.	PRECIO UNITARIO	PRECIO
1	Costo de implementación de 05 pozos	5	\$48250	\$241250
2	Costo de instalación de tablero de comunicaciones	1	\$8950	\$8950
3	Costo de programación / puesta en marcha	1	\$8500	\$8500
<b>TOTAL:</b>				\$258700

**Fuente:** Proyecto de investigación

**Autor:** Aldo Velásquez



## CAPÍTULO IV

### 4. DISEÑO Y DESARROLLO DE PROGRAMA DE CONTROL

#### 4.1. INTRODUCCIÓN

El trabajo de tesis presentado consiste en desarrollar un sistema de bombeo automatizado para interceptar agua de relaves en el estribo izquierdo del pozo de relaves en la Sociedad Minera Cerro Verde. Las variables a controlar en este proceso son el caudal de agua que retornará al embalse de relaves y el nivel de agua que se encuentra en cada uno de los pozos.

En el capítulo anterior se vio el diseño y construcción de los tableros de control y comunicación a instalar.

En este capítulo se verá todo lo referente al software de programación, se describirá la filosofía de control propuesta para dar solución al problema que actualmente se tiene en la minera, se explicará cómo se desarrolla el programa de control en base a la filosofía y finalmente se presentará el programa de control desarrollado tanto para cada uno de los controladores de control como para el controlador encargado de recibir las señales de cada uno de los pozos.

#### 4.2. SOFTWARE RSLOGIX 5000 DE ROCKWELL AUTOMATION

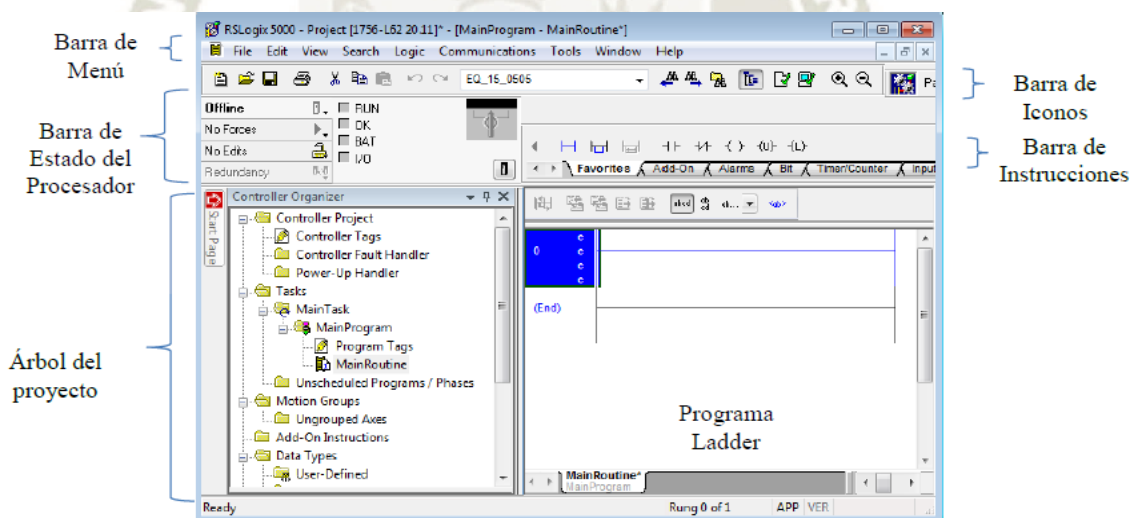
##### 4.2.1. CARACTERÍSTICAS DEL SOFTWARE RSLOGIX 5000

El software RSLogix 5000 es una plataforma de software que:

- Puede utilizarse para aplicaciones de base discreta, de proceso, de lote, de movimiento, de seguridad y de variadores.
- Es compatible con la familia escalable de controladores programables de automatización (PAC) Logix.
- Permite fragmentar la aplicación en programas más pequeños que pueden volver a utilizarse, rutinas e instrucciones que pueden crearse al utilizar distintos lenguajes de programación: diagrama de lógica de escalera, diagrama de bloque de funciones, texto estructurado y diagrama de funciones secuenciales.

- Incluye un conjunto extenso de instrucciones incorporadas que usted puede aumentar al crear sus propias instrucciones add-on definidas por el usuario.
- Permite escribir la aplicación sin tener que preocuparse de la configuración de la memoria.
- Proporciona la capacidad de crear tipos de datos definidos por el usuario para representar fácilmente componentes específicos de la aplicación en una estructura.
- Incorpora datos y los comparte con otros productos de software de Rockwell Automation para reducir drásticamente el tiempo de entrada de datos, proporcionar auditorías y facilitar el manejo de códigos y su uso repetido.

#### 4.2.2. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL SOFTWARE RSLOGIX 5000



**Figura N°38. Descripción general del software RSLOGIX5000**

**Fuente:** Curso de capacitación RSLOGIX5000

**Autor:** Aldo Velásquez

### **Barra de menú**

Permite realizar diferentes funciones como recuperar o guardar programas, opciones de ayuda, etc. Es decir, las funciones elementales de cualquier software actual.

### **Barra de iconos.**

Engloba las funciones de uso más repetido en el desarrollo de los programas.

### **Barra de estado del procesador.**

Nos permite visualizar y modificar el modo de trabajo del procesador (online, offline, program, remote), cargar y/o descargar programas (upload/download program), así como visualizar el controlador utilizado. Los modos de trabajo más usuales son:

- **Offline:** Consiste en realizar el programa sobre un ordenador, sin necesidad alguna de acceder al PLC para posteriormente una vez acabado y verificado el programa descargarlo en el procesador. Este hecho dota al programador de gran independencia a la hora de realizar el trabajo.
- **Online:** La programación se realiza directamente sobre la memoria del PLC, de manera que cualquier cambio que se realice sobre el programa afectará directamente al procesador, y con ello a la planta que controla. Este método es de gran utilidad para el programador experto y el personal de mantenimiento ya que permite realizar modificaciones en tiempo real y sin necesidad de parar la producción.

### **Árbol del proyecto.**

Contiene todas las carpetas y archivos generados en el proyecto, estos se organizan en carpetas.

### **Panel de resultados.**

Aparecen los errores de programación que surgen al verificar la corrección del programa realizado (situados en la barra de iconos). Efectuando doble clic sobre el error, automáticamente el cursor se situará sobre la ventana de programa Ladder en la posición donde se ha producido tal error.

También es posible validar el archivo mediante Edit > Verify File o el proyecto completo Edit> Verify Project.

### **Barra de instrucciones.**

Esta barra le permitirá, a través de pestañas y botones, acceder de forma rápida a las instrucciones más habituales del lenguaje Ladder. Presionando sobre cada instrucción, ésta se introducirá en el programa Ladder.

### **Ventana del programa Ladder.**

Contiene todos los programas y subrutinas Ladder relacionados con el proyecto que se esté realizando. Se puede interaccionar sobre esta ventana escribiendo el programa directamente desde el teclado o ayudándose con el ratón (ya sea arrastrando objetos procedentes de otras ventanas o seleccionando opciones con el botón derecho del ratón).

### **Controller tags.**

Dentro de este apartado es donde vamos a declarar las variables que serán de ámbito global, aquí son llamadas tags de Controlador. Todas las variables que declaremos aquí serán accesibles desde cualquier programa, Tarea o evento que desarrollaremos en nuestro proyecto.

Hay 4 tipos de Tags que podemos crear, de tipo Base, Alias, Producidas y Consumidas. La primera de ellas *Base* podríamos decir que es el tipo que usamos por defecto al crear un Nuevo tag.

Las del tipo *Alias*, son variables que apuntan a otra variable, y como bien dice su descripción un alias para hacer referencia a la misma variable, estas normalmente son usadas cuando nos referimos a las entradas/salidas de nuestro controlador.

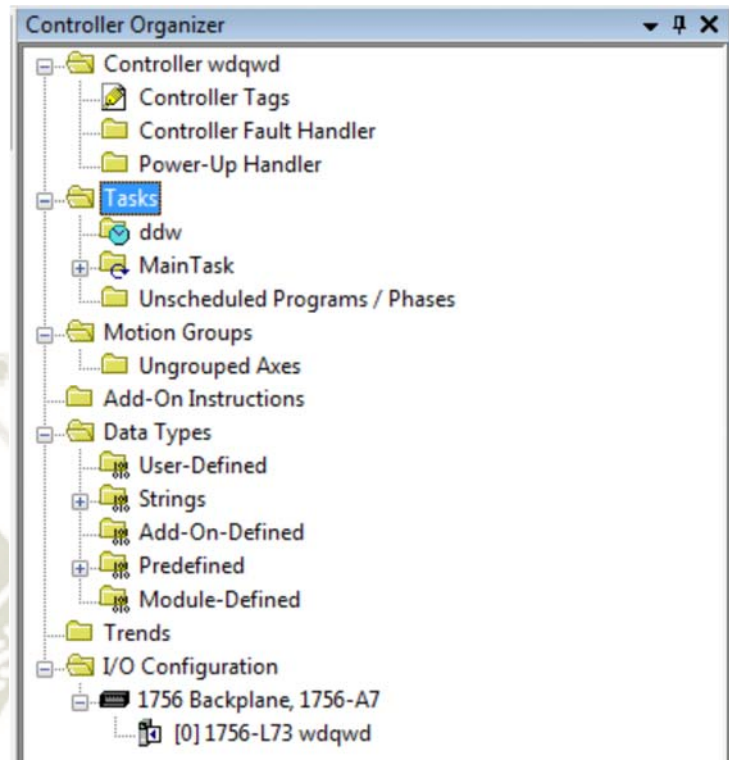
Las del tipo *Producidas* y *Consumidas* son las variables que declaramos cuando queremos intercambiar información entre dos o más Controladores, ya sea en el mismo BackPlane, o en una red ControlNet o Ethernet/IP.

### **Tasks.**

Dentro del apartado *Task* (Tareas) es donde vamos a definir como bien dice su nombre tareas que se van a ejecutar, por defecto al crear un nuevo proyecto está la MainTask que es la tarea que se ejecutará cíclicamente y a su vez contiene el MainProgram donde escribiremos nuestro programa.

En los viejos Controladores existía la posibilidad de crear 32 tareas periódicas o 1 MainTask (Ejecución cíclica) y 31 Periódicas Tareas ya sean de Evento o Cíclicas, que a su vez podían contener cada una de ellas 32 programas, en los nuevos es posible crear hasta 100 programas y se pueden crear hasta 100 tareas.

Nos vamos a centrar en el MainProgram que es el principal, aquí es donde declararemos una rutina que será la principal y desde donde llamaremos a las demás que estén dentro del mismo programa, he mencionado que puede haber de 32 a 100 programas en un Tarea, dependiendo del controlador.



**Figura N°39. Organizador de controlador (Tasks)**

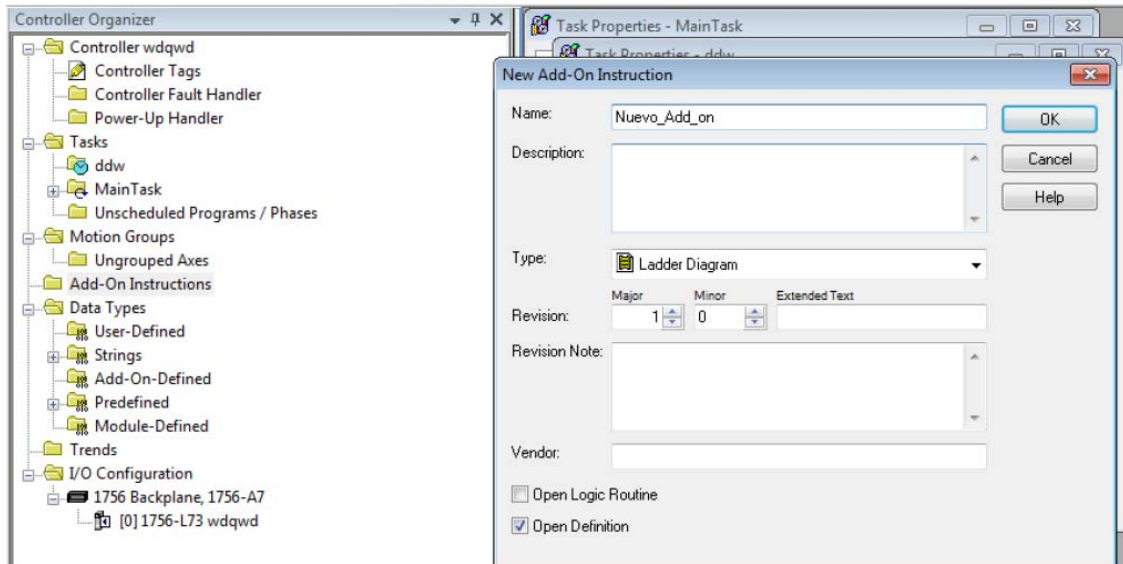
**Fuente:** Curso de capacitación RSLOGIX5000

**Autor:** Aldo Velásquez

### **Add-on.**

Dentro del Directorio *Add-On Instruction* es donde vamos a crear nuestras propias funciones, en nuestro programa algo específico, y que a su vez posteriormente vamos a poder reutilizar en el mismo u otros proyectos.

Como acabamos de mencionar un Add-on es una función, al crear una nueva, le asignamos el nombre que nos interese, seguidamente se nos abre su editor para realizar la configuración.



**Figura N°40. Creación de nueva instrucción Add-on**

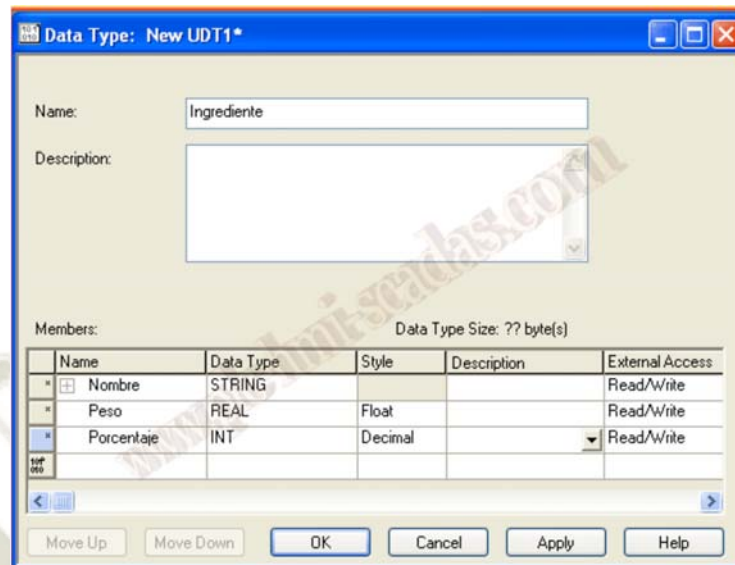
**Fuente:** Curso de capacitación RSLOGIX5000

**Autor:** Aldo Velásquez

### **Data types.**

Dentro del Directorio *Data Types* es donde vamos a definir nuestros propios tipos de datos, llamados como UDT (User Data Types).

Por defecto ya hay configurado una serie de tipos de datos, BOOL,INT,DINT,REAL,STRING y otros más complejos. Con todos estos nosotros podemos crear los que nos interesen para nuestro programa. Un ejemplo sería crear un tipo de datos, llamado Ingrediente, el cual va a contener el nombre, el peso y el porcentaje, sobre el directorio, botón derecho Data Types.



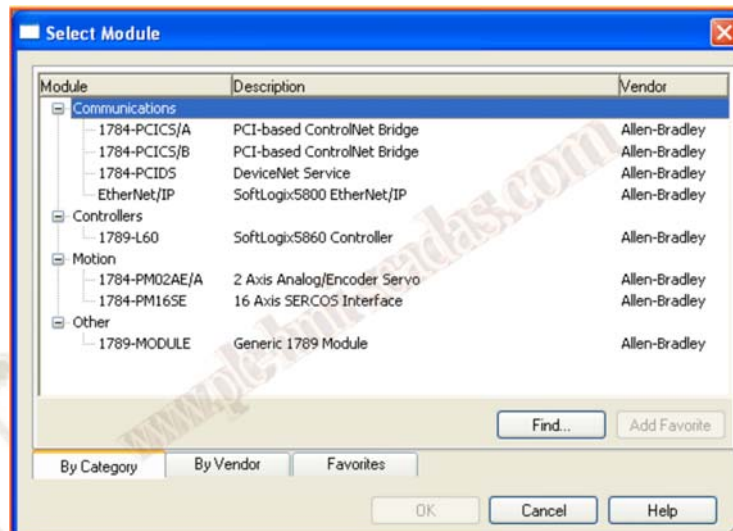
**Figura N°41. Creación de nuevo UDT**

**Fuente:** Curso de capacitación RSLOGIX5000

**Autor:** Aldo Velásquez

### Configuración de I/O

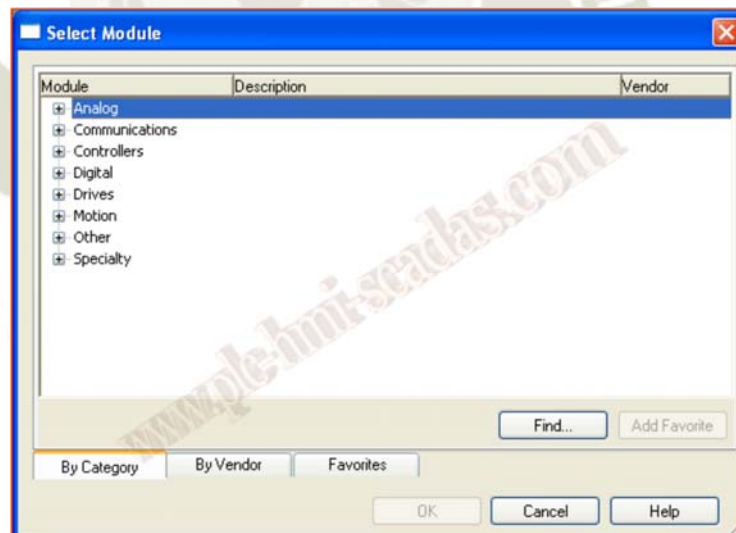
Dentro del Directorio I/O Configuration es donde vamos a configurar nuestro Hardware, cuando creamos un nuevo proyecto uno de los parámetros que tenemos que especificar es que tipo de Controlador vamos a utilizar, dependiendo del tipo de Controlador, cuando vayamos a configurar el hardware, tendremos unas tarjetas u otras



**Figura N°42. Selección de módulo (1)**

**Fuente:** Curso de capacitación RSLOGIX5000

**Autor:** Aldo Velásquez



**Figura N°43. Selección de módulo (2)**

**Fuente:** Curso de capacitación RSLOGIX5000

**Autor:** Aldo Velásquez

### **4.3. FILOSOFÍA DE CONTROL**

#### **4.3.1. ALCANCE**

Se describirá la narrativa de control del sistema de drenaje de agua de filtración del estribo izquierdo de la presa de relaves; permitiendo dar a conocer los criterios y estrategias de control a emplearse.

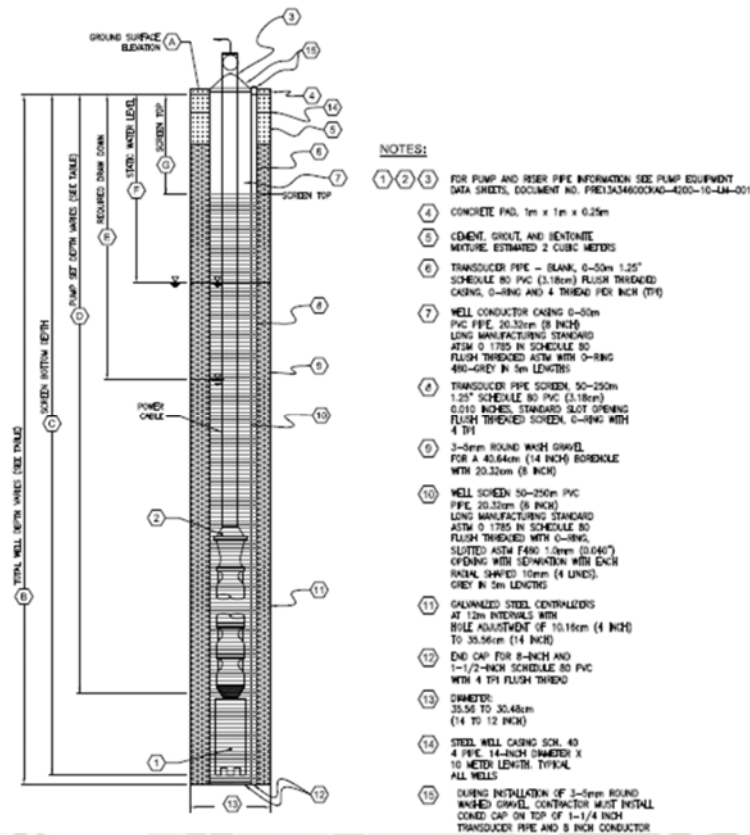
#### **4.3.2. DESCRIPCIÓN GENERAL**

El agua tras el embalse de relaves en Enlozada está migrando a través del estribo izquierdo y se va manifestando a través de filtraciones y apariciones de manantiales en el Valle adyacente. Es por ello que Sociedad Minera Cerro Verde, ha planeado interceptar el flujo de agua subterránea que genera la aparición de filtraciones, y bombear éstas de vuelta al embalse de la presa.

Para ello, existen 5 Sistemas de Bombeo planeados: MT-1, MT-2, MT-5, MT-7 y MT-8; cada uno de los cuales está formado por la respectiva bomba sumergible; además de una base tipo skid que contiene tanto las tuberías e instrumentación necesarias para cada sistema; de manera que se monitoreen los parámetros más importantes del proceso.

Para el funcionamiento de cada sistema se tiene 01 tablero de Fuerza, y 01 tablero de control. El tablero de Fuerza contiene el Variador de Velocidad (VFD) que permitirá el arranque de la bomba; mientras que el tablero de control contendrá el Controlador Lógico Programable (PLC), que permita el monitoreo y control del sistema de bombeo.

Cada una de las Bombas debe funcionar de manera Manual y Automática, de manera que solo se necesite la intervención eventual de algún operador. Esto se logra con el tablero de control que monitorea las señales de flujo y nivel del pozo; en base a lo cual se desarrolla la lógica de arranque y parada de cada bomba.



**Figura N°44. Vista en corte de los pozos**

**Fuente:** Filosofía de control

**Autor:** Aldo Velásquez

Así mismo, dentro del tablero de control se tienen los elementos de comunicación necesarios para que los 5 pozos de bombeo sean capaces de transmitir datos hacia un Tablero de comunicación y monitoreo (ubicado en pozo MT1); el cual mostrara los datos de campo y el estado de cada pozo así como permitirá monitorear y controlar de manera manual cada uno de ellos mediante un Interface Hombre Máquina (HMI) ubicado en el Tablero.

#### 4.3.3. ESPECIFICACIONES DE LOS EQUIPOS

Para el sistema en cuestión, los equipos que se presentan son: bombas sumergibles de pozos, instrumentación de campo y equipos de comunicaciones.

**Tabla N°30. Cuadro de especificaciones de los equipos**

COMPONENTE / EQUIPO	VALORES NOMINALES DE OPERACIÓN
<b>Bomba de Pozo MT1</b> Tag: C-4250-PP-1851 Modelo: Bomba Borehole	Caudal mínimo: 8.28 m <sup>3</sup> /h Caudal máximo: 25.2 m <sup>3</sup> /h
<b>Motor de bomba de Pozo MT1</b> Tipo: Para bomba sumergible	Potencia: 20HP Tensión: 460VAC Velocidad: 3450 RPM Frecuencia: 60 Hz Fases: 3
<b>Bomba de Pozo MT2</b> Tag: C-4250-PP-1852 Modelo: Bomba Borehole	Caudal mínimo: 8.28 m <sup>3</sup> /h Caudal máximo: 25.2 m <sup>3</sup> /h
<b>Motor de bomba de Pozo MT2</b> Tipo: Para bomba sumergible	Potencia: 20HP Tensión: 460VAC Velocidad: 3450 RPM Frecuencia: 60 Hz Fases: 3
<b>Bomba de Pozo MT4</b> Tag: C-4250-PP-1853 Modelo: Bomba Borehole	Caudal mínimo: 8.28 m <sup>3</sup> /h Caudal máximo: 25.2 m <sup>3</sup> /h
<b>Motor de bomba de Pozo MT4</b> Tipo: Para bomba sumergible	Potencia: 20HP Tensión: 460VAC Velocidad: 3450 RPM Frecuencia: 60 Hz Fases: 3
<b>Bomba de Pozo MT5</b> Tag: C-4250-PP-1854 Modelo: Bomba Borehole	Caudal mínimo: 8.28 m <sup>3</sup> /h Caudal máximo: 25.2 m <sup>3</sup> /h
<b>Motor de bomba de Pozo MT5</b> Tipo: Para bomba sumergible	Potencia: 20HP Tensión: 460VAC

	Velocidad: 3450 RPM Frecuencia: 60 Hz Fases: 3
<b>Bomba de Pozo MT6</b> Tag: C-4250-PP-1855 Modelo: Bomba Borehole	Caudal mínimo: 8.28 m <sup>3</sup> /h Caudal máximo: 25.2 m <sup>3</sup> /h
<b>Motor de bomba de Pozo MT6</b> Tipo: Para bomba sumergible	Potencia: 20HP Tensión: 460VAC Velocidad: 3450 RPM Frecuencia: 60 Hz Fases: 3

**Fuente:** Proyecto de investigación

**Autor:** Aldo Velásquez Santillán

#### 4.3.4. INSTRUMENTACIÓN

La instrumentación asociada a cada uno de los pozos de bombeo está conformada por:

- Sensor de nivel (Medida en base a presión)
- Sensor de flujo electromagnético

Los detalles específicos y más importantes para el control, se listan en los apartados siguientes:

#### 4.3.4.1. INSTRUMENTACIÓN DE POZO MT1

**Tabla N°31. Cuadro de instrumentación correspondiente a pozo MT1**

TAG	DESCRIPCIÓN	INTERFAZ	DIRECCIÓN	CONFIGURACIÓN
42LT0101	Sensado de nivel en pozo MT1	HART / 4- 20mA	IF8H, S4, AI00	Rango: 0 -15 bar
				Salida: 4-20 mA
42FIT0104	Sensado de flujo en línea de descarga de pozo MT1	HART / 4- 20mA	IF8H, S4, AI01	Rango: 1.8 -180.9 m3/h
				Salida: 4-20 mA

**Fuente:** Proyecto de investigación

**Autor:** Aldo Velásquez Santillán

#### 4.3.4.2. INSTRUMENTACIÓN DE POZO MT2

**Tabla N°32. Cuadro de instrumentación correspondiente a pozo MT2**

TAG	DESCRIPCIÓN	INTERFAZ	DIRECCIÓN	CONFIGURACIÓN
42LT0111	Sensado de nivel en pozo MT2	HART / 4- 20mA	IF8H, S4, AI00	Rango: 0 -15 bar
				Salida: 4-20 mA
42FIT0114	Sensado de flujo en línea de descarga de pozo MT2	HART / 4- 20mA	IF8H, S4, AI01	Rango: 1.8 -180.9 m3/h
				Salida: 4-20 mA

**Fuente:** Proyecto de investigación

**Autor:** Aldo Velásquez Santillán

#### 4.3.4.3. INSTRUMENTACIÓN DE POZO MT5

**Tabla N°33. Cuadro de instrumentación correspondiente a pozo MT5**

TAG	DESCRIPCIÓN	INTERFAZ	DIRECCIÓN	CONFIGURACIÓN
42LT0121	Sensado de nivel en pozo MT5	HART / 4- 20mA	IF8H, S4, AI00	Rango: 0 -15 bar
				Salida: 4-20 mA
42FIT0124	Sensado de flujo en línea de descarga de pozo MT5	HART / 4- 20mA	IF8H, S4, AI01	Rango: 1.8 – 180.9 m3/h
				Salida: 4-20 mA

**Fuente:** Proyecto de investigación

**Autor:** Aldo Velásquez Santillán

#### 4.3.4.4. INSTRUMENTACIÓN DE POZO MT7

**Tabla N°34. Cuadro de instrumentación correspondiente a pozo MT7**

TAG	DESCRIPCIÓN	INTERFAZ	DIRECCIÓN	CONFIGURACIÓN
42LT0201	Sensado de nivel en pozo MT7	HART / 4- 20mA	IF8H, S4, AI00	Rango: 0 -15 bar
				Salida: 4-20 mA
42FIT0204	Sensado de flujo en línea de descarga de pozo MT7	HART / 4- 20mA	IF8H, S4, AI01	Rango: 1.8 – 180.9 m3/h
				Salida: 4-20 mA

**Fuente:** Proyecto de investigación

**Autor:** Aldo Velásquez Santillán

#### 4.3.4.5. INSTRUMENTACIÓN DE POZO MT8

**Tabla N°35. Cuadro de instrumentación correspondiente a pozo MT8**

TAG	DESCRIPCIÓN	INTERFAZ	DIRECCIÓN	CONFIGURACIÓN
42LT0211	Sensado de nivel en pozo MT8	HART / 4- 20mA	IF8H, S4, AI00	Rango: 0 -15 bar
				Salida: 4-20 mA
42FIT0214	Sensado de flujo en línea de descarga de pozo MT8	HART / 4- 20mA	IF8H, S4, AI01	Rango: 1.8 – 180.9 m3/h
				Salida: 4-20 mA

**Fuente:** Proyecto de investigación

**Autor:** Aldo Velásquez Santillán

#### 4.3.5. NARRATIVA DE CONTROL

##### 4.3.5.1. MODO LOCAL BOTONERA

Para poder establecer el modo de operación local desde botonera ubicada en la puerta del variador para cada uno de los pozos de bombeo, el selector Local-Remoto ubicado en cada tablero de fuerza para cada bomba, debe estar en la posición de local.

En este modo, la operación se realizará desde las botoneras de Start/Stop que podrían estar ubicadas en campo o también pueden estar ubicadas en la misma puerta del tablero del variador.

En este modo se presentarán los siguientes interlocks que podrán originar que las bombas se detengan en caso de presentarse:

- Señal de alarma de nivel Muy Bajo en el pozo, indicado por la señal del sensor de nivel.
- Señal de parada de emergencia de campo.
- Señal del pulsador se stop ubicado en campo o en puerta del tablero.
- Señal del botón de stop desde el HIM del variador.

#### 4.3.5.2. MODO REMOTO AUTOMÁTICO

Para poder establecer el modo de operación Remoto-Automático, el selector Local-Remoto ubicado en cada tablero de fuerza de cada bomba, debe estar en la posición de remoto, y luego se deberá seleccionar la opción de automático desde el PanelView ubicado en el tablero de monitoreo y control ubicado en la estación MT-1.

Al haber seleccionado el modo de control Remoto-Automático el PLC tendrá el control del arranque y parada del variador de velocidad de acuerdo a lógica de control desarrollada en el PLC de control.

Con el modo automático seleccionado en el PanelView, el PLC de cada pozo de bombeo, realiza el control de las bombas, para lo cual considera:

#### 4.3.5.3. MODO REMOTO MANUAL

Para poder establecer el modo de operación Remoto-Manual, el selector Local-Remoto de la bomba ubicado en el tablero de fuerza de cada bomba, debe estar en la posición de remoto, y luego se deberá seleccionar la opción de manual desde el PanelView ubicado en el tablero de monitoreo y control ubicado en la estación MT1.

En este modo el control se realizará desde los botones start/stop implementados en una de las pantallas del PanelView de la estación de monitoreo y control.

En este modo se debe considerar que la operación se realiza de acuerdo a criterios propios del operador.

Para ambos modos, automático y manual, se presentarán los siguientes interlocks, los cuales deberán detener las bombas en caso de ser activados:

- Señal de alarma de nivel bajo en el pozo.
- Señal proveniente de la parada de emergencia de campo.
- Señal de sobrecarga del motor.

### 4.3.6. ENCLAVAMIENTOS Y PERMISIVOS

#### 4.3.6.1. ENCLAVAMIENTOS Y PERMISIVOS DE POZO MT1

**Tabla N°36. Cuadro de enclavamientos y permisos correspondientes a pozo MT1**

TAG	POZO	DESCRIPCIÓN	PERMISIVO	ENCLAVAMIENTOS		VALORES DE SETEO
				PROCESO	SEGURIDAD	
C-4250-PP-1851	MT-1	Señal de nivel Bajo (LAL) en pozo MT-1		x	x	14m
		Señal de flujo bajo (FAL) en pozo MT-1			x	1 lt/s
		Señal de falla de comunicación de pozo MT-1	x			-
		Parada de emergencia en campo			x	-
		Señal de sobrecorriente en motor de pozo MT-1		x		>100%
		Stop en campo / panelView			x	

**Fuente:** Proyecto de investigación

**Autor:** Aldo Velásquez Santillán

#### 4.3.6.2. ENCLAVAMIENTOS Y PERMISIVOS DE POZO MT2

**Tabla N°37. Cuadro de enclavamientos y permisos correspondientes a pozo MT2**

TAG	POZO	DESCRIPCIÓN	PERMISIVO	ENCLAVAMIENTOS		VALORES DE SETEO
				PROCESO	SEGURIDAD	
C-4250-PP-1852	MT-2	Señal de nivel Bajo (LAL) en pozo MT-2		x	x	16m
		Señal de flujo bajo (FAL) en pozo MT-2			x	1 lt/s
		Señal de falla de comunicación de pozo MT-2	x			-
		Parada de emergencia en campo			x	-
		Señal de sobrecorriente en motor de pozo MT-2		x		>100%
		Stop en campo / panelView			x	

**Fuente:** Proyecto de investigación

**Autor:** Aldo Velásquez Santillán

#### 4.3.6.3. ENCLAVAMIENTOS Y PERMISIVOS DE POZO MT5

**Tabla N°38. Cuadro de enclavamientos y permisos correspondientes a pozo MT5**

TAG	POZO	DESCRIPCIÓN	PERMISIVO	ENCLAVAMIENTOS		VALORES DE SETEO
				PROCESO	SEGURIDAD	
C-4250-PP-1853	MT-5	Señal de nivel Bajo (LAL) en pozo MT-5		x	x	14m
		Señal de flujo bajo (FAL) en pozo MT-5			x	1 lt/s
		Señal de falla de comunicación de pozo MT-5	x			-
		Parada de emergencia en campo			x	-
		Señal de sobrecorriente en motor de pozo MT-5		x		>100%
		Stop en campo / panelView		x		-

**Fuente:** Proyecto de investigación

**Autor:** Aldo Velásquez Santillán

#### 4.3.6.4. ENCLAVAMIENTOS Y PERMISIVOS DE POZO MT7

**Tabla N°39. Cuadro de enclavamientos y permisos correspondientes a pozo MT7**

TAG	POZO	DESCRIPCIÓN	PERMISIVO	ENCLAVAMIENTOS		VALORES DE SETEO
				PROCESO	SEGURIDAD	
C-4250-PP-1854	MT-7	Señal de nivel Bajo (LAL) en pozo MT-7		x	x	12m
		Señal de flujo bajo (FAL) en pozo MT-7			x	1 lt/s
		Señal de falla de comunicación de pozo MT-7	x			-
		Parada de emergencia en campo			x	-
		Señal de sobrecorriente en motor de pozo MT-7		x		>100%
		Stop en campo / panelView		x		-

**Fuente:** Proyecto de investigación

**Autor:** Aldo Velásquez Santillán

#### 4.3.6.5. ENCLAVAMIENTOS Y PERMISIVOS DE POZO MT8

**Tabla N°40. Cuadro de enclavamientos y permisos correspondientes a pozo MT8**

TAG	POZO	DESCRIPCIÓN	PERMISIVO	ENCLAVAMIENTOS		VALORES DE SETEO
				PROCESO	SEGURIDAD	
C-4250-PP-1855	MT-8	Señal de nivel Bajo (LLL) en pozo MT-8		x	x	15m
		Señal de flujo bajo (FAL) en pozo MT-8			x	1 lt/s
		Señal de falla de comunicación de pozo MT-8	x			-
		Parada de emergencia en campo			x	-
		Señal de sobrecorriente en motor de pozo MT-8		x		>100%
		Stop en campo / panelView		x		-

**Fuente:** Proyecto de investigación

**Autor:** Aldo Velásquez Santillán

#### 4.3.7. VARIABLES DE PROCESO

##### 4.3.7.1. VARIABLES DE PROCESO DE POZO MT1

**Tabla N°41. Cuadro de variables de proceso correspondientes a pozo MT1**

POZO MT-1			
ITEM	TAG	DESCRIPCIÓN	PROCEDENCIA
1	42LT-0101	Nivel de pozo MT-1	Sensor de nivel
2	42FIT-0104	Flujo de bomba en línea de descarga de pozo MT-1	Flujómetro
3	42SIC-0105B	Velocidad de motor	Variador de motor

**Fuente:** Proyecto de investigación

**Autor:** Aldo Velásquez Santillán

#### 4.3.7.2. VARIABLES DE PROCESO DE POZO MT2

**Tabla N°42. Cuadro de variables de proceso correspondientes a pozo MT2**

POZO MT-2			
ITEM	TAG	DESCRIPCIÓN	PROCEDENCIA
1	42LT-0111	Nivel de pozo MT-2	Sensor de nivel
2	42FIT-0114	Flujo de bomba en línea de descarga de pozo MT-2	Flujómetro
3	42SIC-0115B	Velocidad de motor	Variador de motor

**Fuente:** Proyecto de investigación

**Autor:** Aldo Velásquez Santillán

#### 4.3.7.3. VARIABLES DE PROCESO DE POZO MT5

**Tabla N°43. Cuadro de variables de proceso correspondientes a pozo MT5**

POZO MT-5			
ITEM	TAG	DESCRIPCIÓN	PROCEDENCIA
1	42LT-0121	Nivel de pozo MT-5	Sensor de nivel
2	42FIT-0124	Flujo de bomba en línea de descarga de pozo MT-5	Flujómetro
3	42SIC-0125B	Velocidad de motor	Variador de motor

**Fuente:** Proyecto de investigación

**Autor:** Aldo Velásquez Santillán

#### 4.3.7.4. VARIABLES DE PROCESO DE POZO MT7

**Tabla N°44. Cuadro de variables de proceso correspondientes a pozo MT7**

POZO MT-7			
ITEM	TAG	DESCRIPCIÓN	PROCEDENCIA
1	42LT-0201	Nivel de pozo MT-7	Sensor de nivel
2	42FIT-0204	Flujo de bomba en línea de descarga de pozo MT-7	Flujómetro
3	42SIC-0205B	Velocidad de motor	Variador de motor

**Fuente:** Proyecto de investigación

**Autor:** Aldo Velásquez Santillán

#### 4.3.7.5. VARIABLES DE PROCESO DE POZO MT8

**Tabla N°45. Cuadro de variables de proceso correspondientes a pozo MT8**

POZO MT-8			
ITEM	TAG	DESCRIPCIÓN	PROCEDENCIA
1	42LT-0211	Nivel de pozo MT-8	Sensor de nivel
2	42FIT-0214	Flujo de bomba en línea de descarga de pozo MT-8	Flujómetro
3	42SIC-0215B	Velocidad de motor	Variador de motor

**Fuente:** Proyecto de investigación

**Autor:** Aldo Velásquez Santillán

#### 4.3.8. ALARMAS

##### 4.3.8.1. ALARMAS DE POZO MT1

**Tabla N°46. Cuadro de alarmas correspondientes a pozo MT1**

POZO MT-1				
ITEM	TAG	DESCRIPCIÓN	PROCEDENCIA	VALORES DE SETEO
1	42LAL-0101	Alarma de nivel bajo en pozo	Sensor de nivel	14m
2	42LAH-0101	Alarma de nivel alto en pozo	Sensor de nivel	67m
3	42FALL-0104	Alarma de flujo muy bajo	Flujómetro	1 lt/s

**Fuente:** Proyecto de investigación

**Autor:** Aldo Velásquez Santillán

##### 4.3.8.2. ALARMAS DE POZO MT2

**Tabla N°47. Cuadro de alarmas correspondientes a pozo MT2**

POZO MT-2				
ITEM	TAG	DESCRIPCIÓN	PROCEDENCIA	VALORES DE SETEO
1	42LAL-0111	Alarma de nivel bajo en pozo	Sensor de nivel	16m
2	42LAH-0111	Alarma de nivel alto en pozo	Sensor de nivel	69m
3	42FALL-0114	Alarma de flujo muy bajo	Flujómetro	1 lt/s

**Fuente:** Proyecto de investigación

**Autor:** Aldo Velásquez Santillán

#### 4.3.8.3. ALARMAS DE POZO MT5

**Tabla N°48. Cuadro de alarmas correspondientes a pozo MT5**

POZO MT-5				
ITEM	TAG	DESCRIPCIÓN	PROCEDENCIA	VALORES DE SETEO
1	42LAL-0121	Alarma de nivel bajo en pozo	Sensor de nivel	14m
2	42LAH-0121	Alarma de nivel alto en pozo	Sensor de nivel	67m
3	42FALL-0124	Alarma de flujo muy bajo	Flujómetro	1 lt/s

**Fuente:** Proyecto de investigación

**Autor:** Aldo Velásquez Santillán

#### 4.3.8.4. ALARMAS DE POZO MT7

**Tabla N°49. Cuadro de alarmas correspondientes a pozo MT7**

POZO MT-7				
ITEM	TAG	DESCRIPCIÓN	PROCEDENCIA	VALORES DE SETEO
1	42LAL-0201	Alarma de nivel bajo en pozo	Sensor de nivel	12m
2	42LAH-0201	Alarma de nivel alto en pozo	Sensor de nivel	65m
3	42FALL-0204	Alarma de flujo muy bajo	Flujómetro	1 lt/s

**Fuente:** Proyecto de investigación

**Autor:** Aldo Velásquez Santillán

#### 4.3.8.5. ALARMAS DE POZO MT8

**Tabla N°50. Cuadro de alarmas correspondientes a pozo MT8**

POZO MT-8				
ITEM	TAG	DESCRIPCIÓN	PROCEDENCIA	VALORES DE SETEO
1	42LAL-0211	Alarma de nivel bajo en pozo	Sensor de nivel	15m
2	42LAH-0211	Alarma de nivel alto en pozo	Sensor de nivel	68m
3	42FALL-0214	Alarma de flujo muy bajo	Flujómetro	1 lt/s

**Fuente:** Proyecto de investigación

**Autor:** Aldo Velásquez Santillán

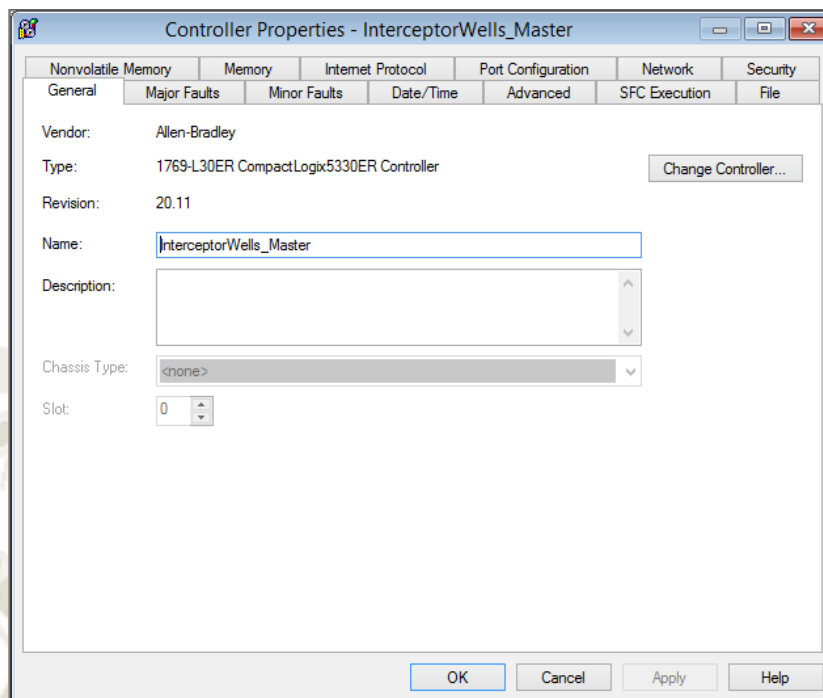
### 4.4. DESARROLLO DE PROGRAMA DE CONTROL

#### 4.4.1. ESTÁNDAR DE PROGRAMACIÓN

La finalidad de seguir un estándar de programación es definir el diseño de un proyecto en cuanto a la organización de la jerarquía de programación, nomenclatura, definición de instrucciones y tipos de datos de acuerdo a la filosofía de implementación de control de procesos basada en la mayor disponibilidad, confiabilidad, diagnóstico inmediato y en una programación intuitiva de acuerdo a lo que los procesos definan la jerarquía en la organización del proyecto. Dicho estándar se podrá ver detalladamente en el Anexo I.

#### 4.4.2. PROGRAMA DESARROLLADO PARA PLC INSTALADO EN TABLERO DE COMUNICACIONES

Previo al desarrollo del programa de control, se debe configurar tanto el controlador, como las tarjetas de comunicación y I/O's (Entradas/Salidas) que se encuentran adheridos al controlador CompactLogix.



**Figura N°45. Configuración de controlador en software RSLogix5000**

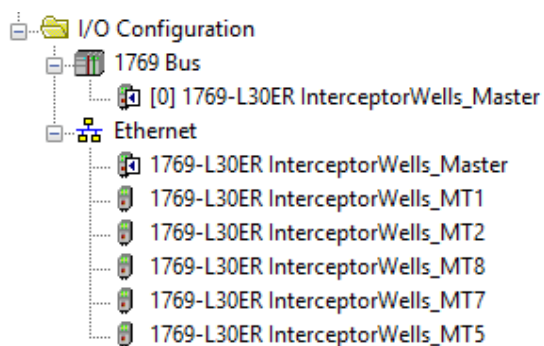
**Fuente:** Proyecto de investigación

**Autor:** Aldo Velásquez Santillán

Como se puede observar, el controlador es un CompactLogix 1769-L30ER con revisión 20.11, es importante ingresar los datos del controlador correcto ya que de esto dependerá que el programa se pueda descargar al controlador y funcione correctamente.

Posteriormente se realiza la configuración de los módulos de comunicación y I/O's. En este caso, nuestro PLC CompactLogix cuenta con comunicación Ethernet embebido, es decir, que no necesita de un módulo adicional para contar con este tipo de comunicación. Por otro lado, no se le agregaron módulos de entradas y salidas ya que este tablero sólo recopilará todas las señales provenientes de todos los tableros de control a través de comunicación Ethernet así como también enviará señales y datos que sean ingresados a través del PanelView instalado.

Se puede apreciar lo antes explicado en la siguiente imagen.

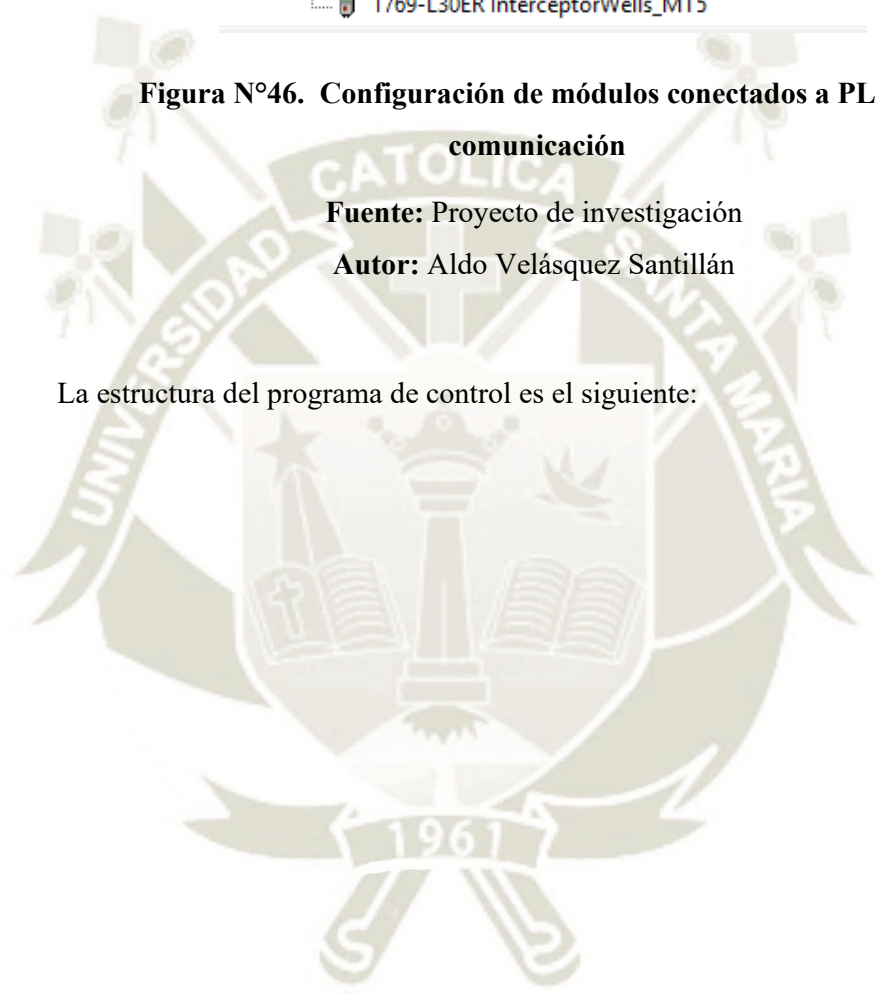


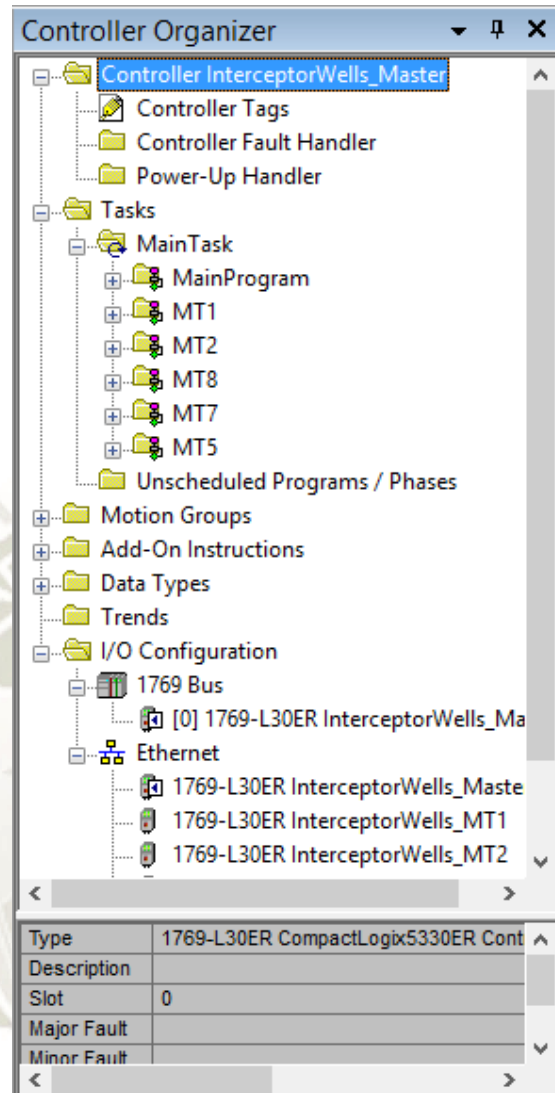
**Figura N°46. Configuración de módulos conectados a PLC de comunicación**

**Fuente:** Proyecto de investigación

**Autor:** Aldo Velásquez Santillán

La estructura del programa de control es el siguiente:





**Figura N°47. Estructura de programa de control**

**Fuente:** Proyecto de investigación

**Autor:** Aldo Velásquez Santillán

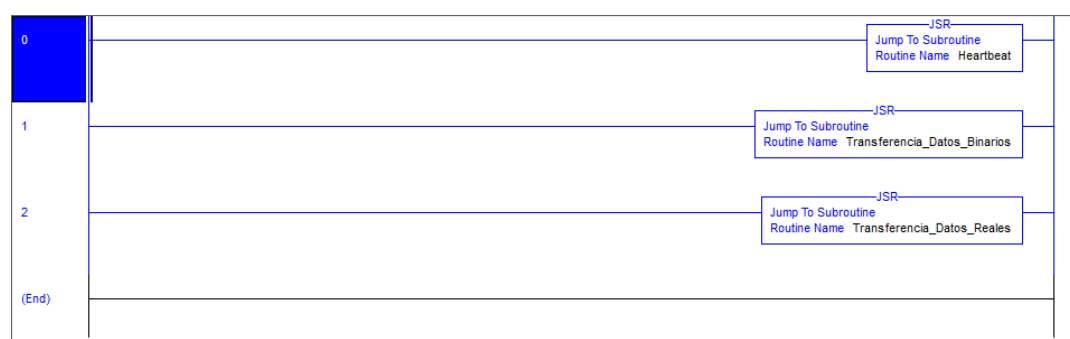
#### 4.4.2.1. MAIN PROGRAM

##### MAIN ROUTINE

En la rutina principal se especifica las subrutinas del Main Program que se ejecutarán haciendo uso de la instrucción JSR (Jump to Subroutine), las subrutinas a ejecutarse son:

- Heartbeat
- Transferencia\_Datos\_Binarios

- Transferencia\_Datos\_Reales

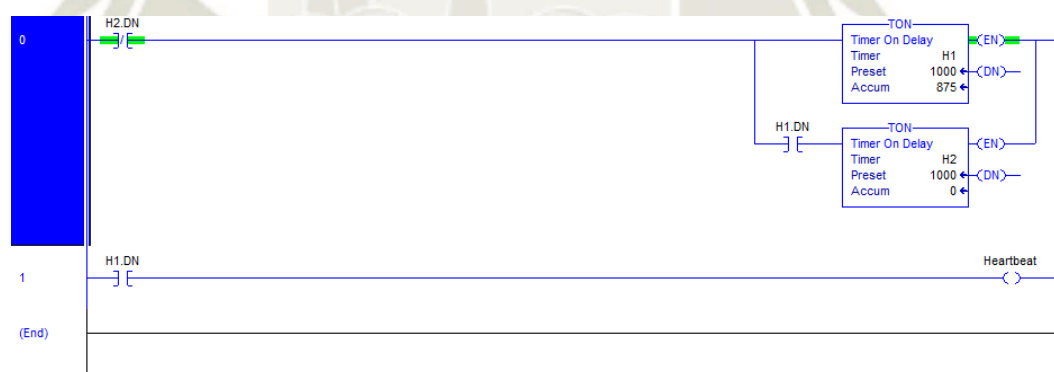


**Figura N°48. Bloques para ejecutar rutinas del programa principal**

**Fuente:** Proyecto de investigación  
**Autor:** Aldo Velásquez Santillán

**HEARTBEAT**

Subrutina en la cual se genera un pulso, el cual se activa y desactiva cada 01 segundo para indicar en el cuarto de control que existe constante comunicación con el controlador.



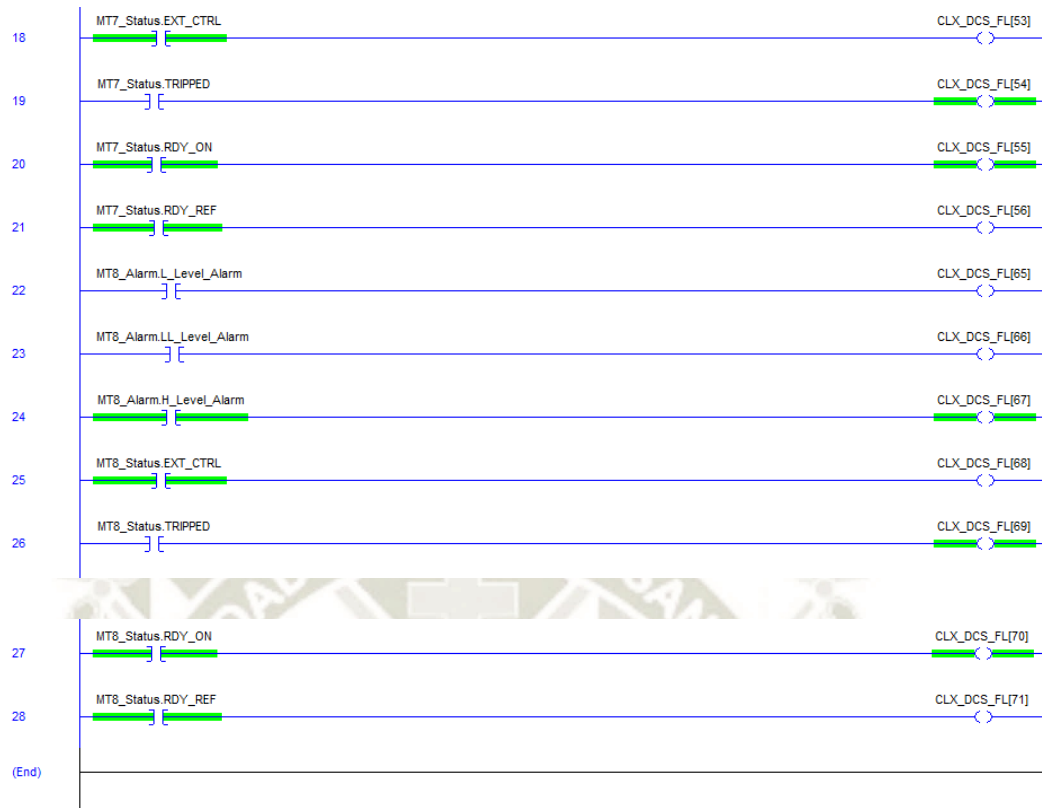
**Figura N°49. Línea de programa para enviar bits a DCS**

**Fuente:** Proyecto de investigación  
**Autor:** Aldo Velásquez Santillán

**TRANSFERENCIA DE DATOS BINARIOS**

Subrutina en la cual se transfieren todos los datos de tipo binario recolectados de los pozos MT-1, MT-2, MT-4, MT-5 y MT-6 al cuarto de control. Este proceso de transferencia se realiza de acuerdo al documento de transferencia de datos.





**Figura N°50. Transferencia de datos binarios a DCS**

**Fuente:** Proyecto de investigación

**Autor:** Aldo Velásquez Santillán

### TRANSFERENCIA DE DATOS REALES

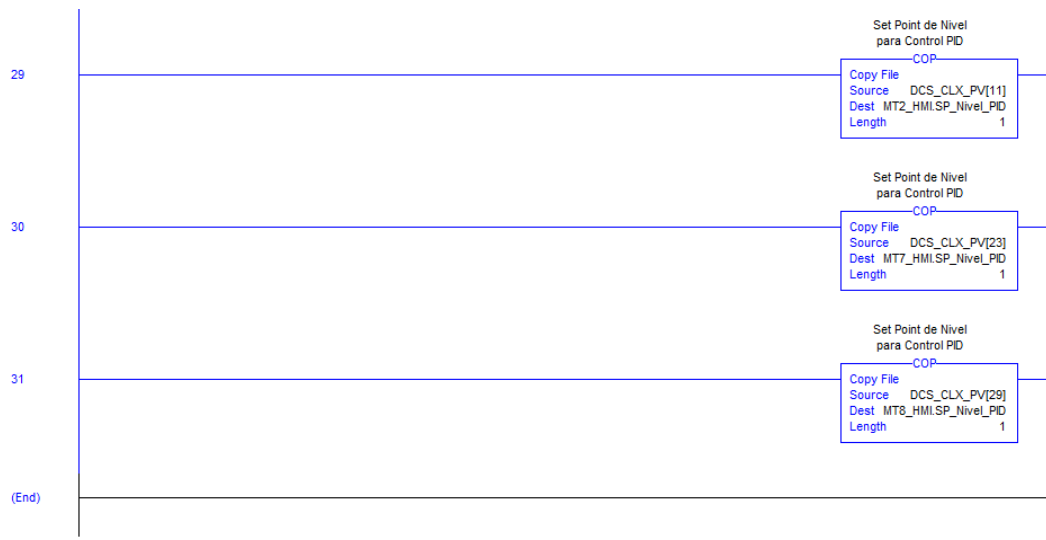
Subrutina en la cual se transfieren todos los datos de tipo real recolectados de los pozos MT-1, MT-2, MT-4, MT-5 y MT-6 al cuarto de control. Este proceso de transferencia se realiza de acuerdo al documento de transferencia de datos.

0	<p>COP</p> <p>Copy File Source MT1_LT_0104.Output_EU Dest CLX_DCS_PV[5] Length 1</p>
1	<p>COP</p> <p>Copy File Source MT1_FIT_0104.Output_EU Dest CLX_DCS_PV[6] Length 1</p>
2	<p>COP</p> <p>Copy File Source MT1_FQI_0104.Total Dest CLX_DCS_PV[7] Length 1</p>
3	<p>COP</p> <p>Copy File Source MT1_FQI_0104.OldTotal Dest CLX_DCS_PV[8] Length 1</p>
4	<p>COP</p> <p>Copy File Source MT1_Status.Actual_Speed Dest CLX_DCS_PV[9] Length 1</p>
5	<p>COP</p> <p>Copy File Source MT1_Status.Actual_Current Dest CLX_DCS_PV[10] Length 1</p>
6	<p>COP</p> <p>Copy File Source MT1_Status.Actual_Horas_Marcha Dest CLX_DCS_PV[11] Length 1</p>
7	<p>COP</p> <p>Copy File Source MT2_LT_0111.Output_EU Dest CLX_DCS_PV[15] Length 1</p>
8	<p>COP</p> <p>Copy File Source MT2_FIT_0114.Output_EU Dest CLX_DCS_PV[16] Length 1</p>
9	<p>COP</p> <p>Copy File Source MT2_FQI_0114.Total Dest CLX_DCS_PV[17] Length 1</p>

10	<p>COPY File Source MT2_FQI_0114.OldTotal Dest CLX_DCS_PV[18] Length 1</p>
11	<p>COPY File Source MT2_Status.Actual_Speed Dest CLX_DCS_PV[19] Length 1</p>
12	<p>COPY File Source MT2_Status.Actual_Current Dest CLX_DCS_PV[20] Length 1</p>
13	<p>COPY File Source MT2_Status.Actual_Horas_Marcha Dest CLX_DCS_PV[21] Length 1</p>
14	<p>COPY File Source MT7_LT_0201.Output_EU Dest CLX_DCS_PV[35] Length 1</p>
15	<p>COPY File Source MT7_FIT_0204.Output_EU Dest CLX_DCS_PV[36] Length 1</p>
16	<p>COPY File Source MT7_FQI_0204.Total Dest CLX_DCS_PV[37] Length 1</p>
17	<p>COPY File Source MT7_FQI_0204.OldTotal Dest CLX_DCS_PV[38] Length 1</p>
18	<p>COPY File Source MT7_Status.Actual_Speed Dest CLX_DCS_PV[39] Length 1</p>
19	<p>COPY File Source MT7_Status.Actual_Current Dest CLX_DCS_PV[40] Length 1</p>

20	<p>COP</p> <p>Copy File Source MT7_Status.Actual_Horas_Marcha Dest CLX_DCS_PV[41] Length 1</p>
21	<p>COP</p> <p>Copy File Source MT8_LT_0121.Output_EU Dest CLX_DCS_PV[45] Length 1</p>
22	<p>COP</p> <p>Copy File Source MT8_FIT_0124.Output_EU Dest CLX_DCS_PV[46] Length 1</p>
23	<p>COP</p> <p>Copy File Source MT8_FQI_0124.Total Dest CLX_DCS_PV[47] Length 1</p>
24	<p>COP</p> <p>Copy File Source MT8_FQI_0124.OIdTotal Dest CLX_DCS_PV[48] Length 1</p>
25	<p>COP</p> <p>Copy File Source MT8_Status.Actual_Speed Dest CLX_DCS_PV[49] Length 1</p>
26	<p>COP</p> <p>Copy File Source MT8_Status.Actual_Current Dest CLX_DCS_PV[50] Length 1</p>
27	<p>COP</p> <p>Copy File Source MT8_Status.Actual_Horas_Marcha Dest CLX_DCS_PV[51] Length 1</p>
28	<p>Set Point de Nivel para Control PID</p> <p>COP</p> <p>Copy File Source DCS_CLX_PV[5] Dest MT1_HMI_SP_Nivel_PID Length 1</p>





**Figura N°51. Transferencia de datos reales a DCS**

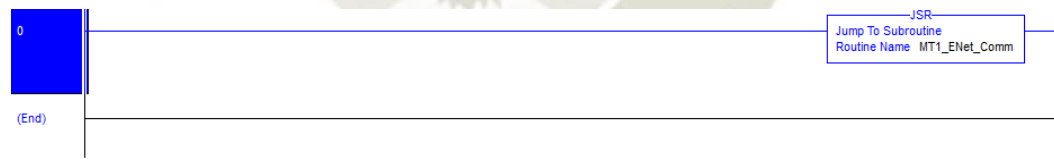
**Fuente:** Proyecto de investigación

**Autor:** Aldo Velásquez Santillán

**4.4.2.2. RECOLECCIÓN DE DATOS DE POZO MT-1 (MT1)**

**MAIN ROUTINE**

Al igual que en la rutina principal del MAIN PROGRAM, se utiliza la instrucción JSR para especificar la subrutina a ejecutarse.



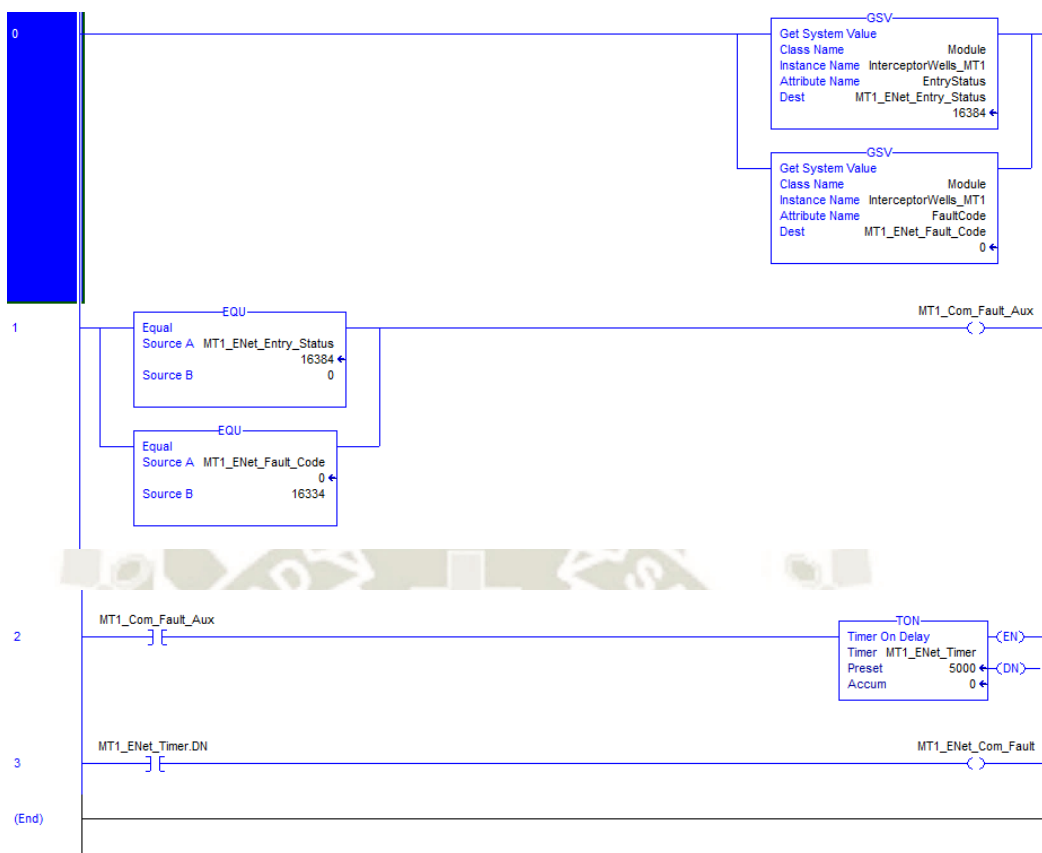
**Figura N°52. Instrucción JSR para ejecución de rutina**

**Fuente:** Proyecto de investigación

**Autor:** Aldo Velásquez Santillán

**MT1\_ENET\_COMM**

En esta subrutina se utiliza básicamente la instrucción GSV que permite obtener todos los datos del programa que se encuentra ejecutándose en el pozo MT1 con nombre “InterceptorWells\_MT1”.



**Figura N°53. Subrutina para lectura de status a través de red Ethernet**

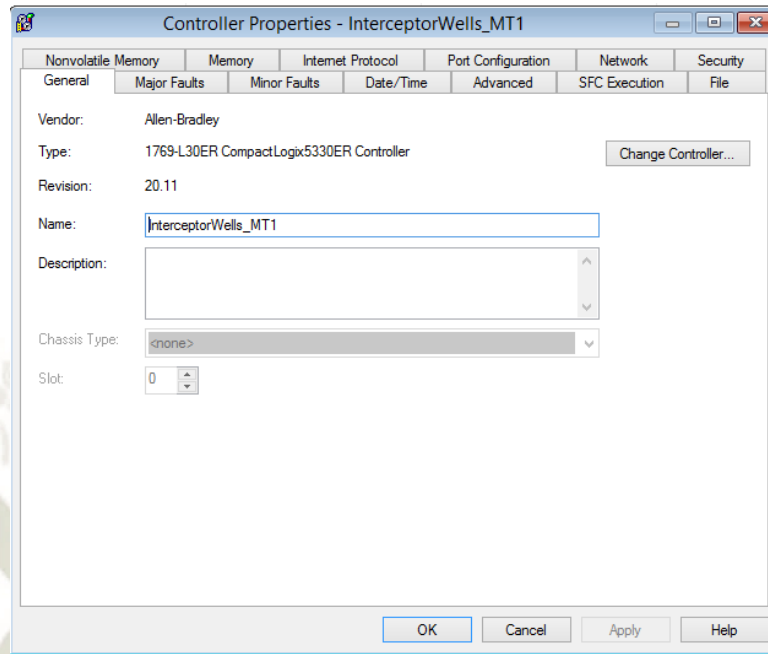
**Fuente:** Proyecto de investigación

**Autor:** Aldo Velásquez Santillán

Ambas rutinas se repiten a lo largo de todo el programa, diferenciándose únicamente por el PLC del cual se obtienen los datos. Todos los programas de control se encuentran adjuntos en los documentos adjuntos.

#### 4.4.3. PROGRAMA DESARROLLADO PARA PLC INSTALADO EN TABLERO DE CONTROL MT1

Previo al desarrollo del programa de control, se debe configurar tanto el controlador, como las tarjetas de comunicación y I/O's (Entradas/Salidas) que se encuentran adheridos al controlador CompactLogix.

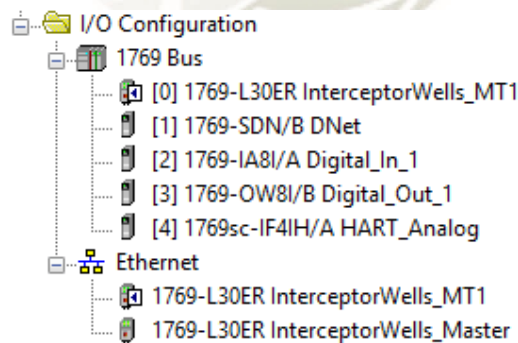


**Figura N°54. Configuración de controlador en software RSLogix5000  
(Pozo MT1)**

**Fuente:** Proyecto de investigación

**Autor:** Aldo Velásquez Santillán

Posteriormente se añaden los módulos de entradas y salidas que se encuentran en el controlador y el PLC que se encuentra conectado a través de la red Ethernet (InterceptorWells\_Master).

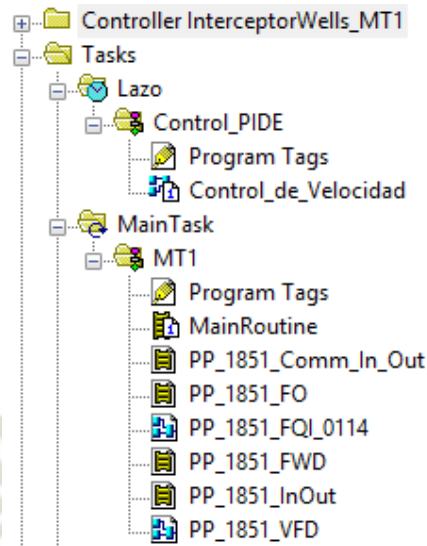


**Figura N°55. Configuración de red en software RSLogix5000 (Pozo  
MT1)**

**Fuente:** Proyecto de investigación

**Autor:** Aldo Velásquez Santillán

La estructura del programa es como se muestra a continuación:



**Figura N°56. Estructura del programa (Pozo MT1)**

**Fuente:** Proyecto de investigación

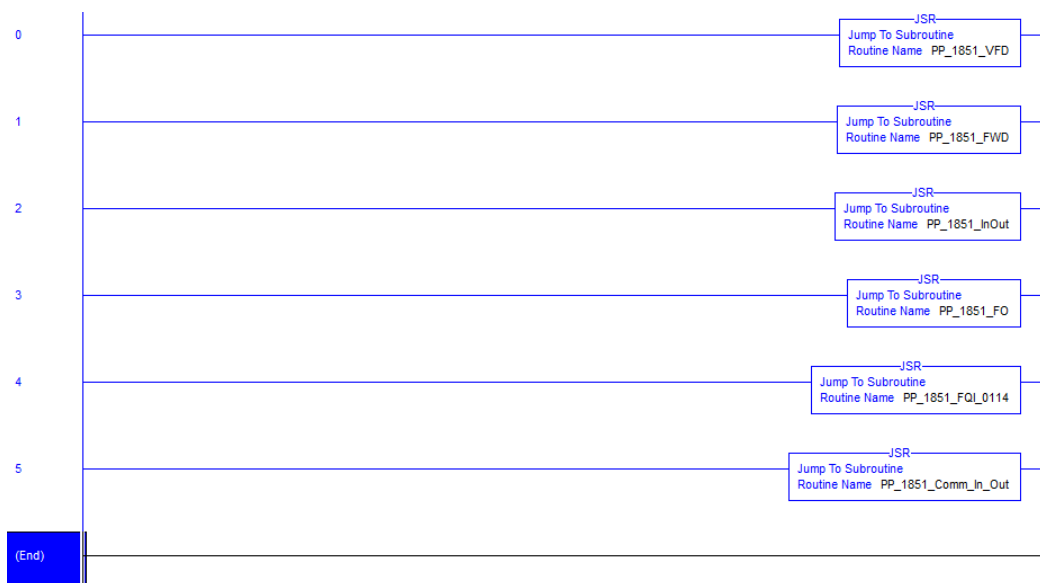
**Autor:** Aldo Velásquez Santillán

#### 4.4.3.1. MAIN PROGRAM

##### MAIN ROUTINE

En la rutina principal se especifica las subrutinas del Main Program que se ejecutarán haciendo uso de la instrucción JSR (Jump to Subroutine), las subrutinas a ejecutarse son:

- PP\_1851\_VFD
- PP\_1851\_FWD
- PP\_1851\_InOut
- PP\_1851\_FO
- PP\_1851\_FQI\_0114
- PP\_1851\_Comm\_In\_Out



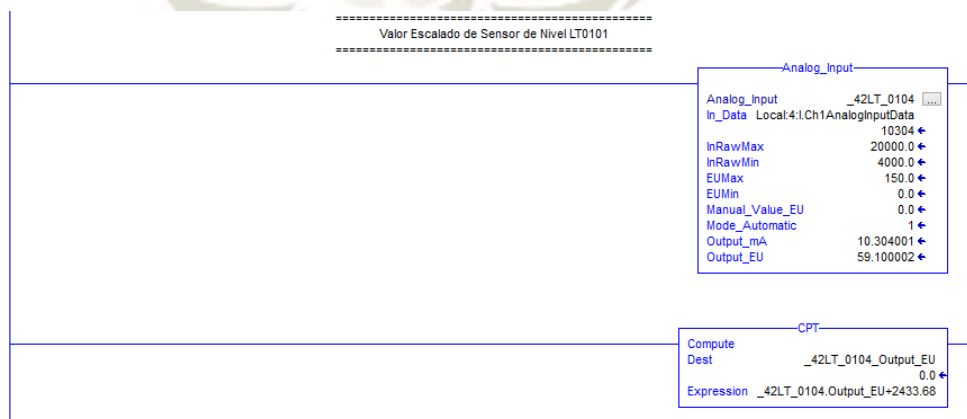
**Figura N°57. Estructura del programa (Pozo MT1)**

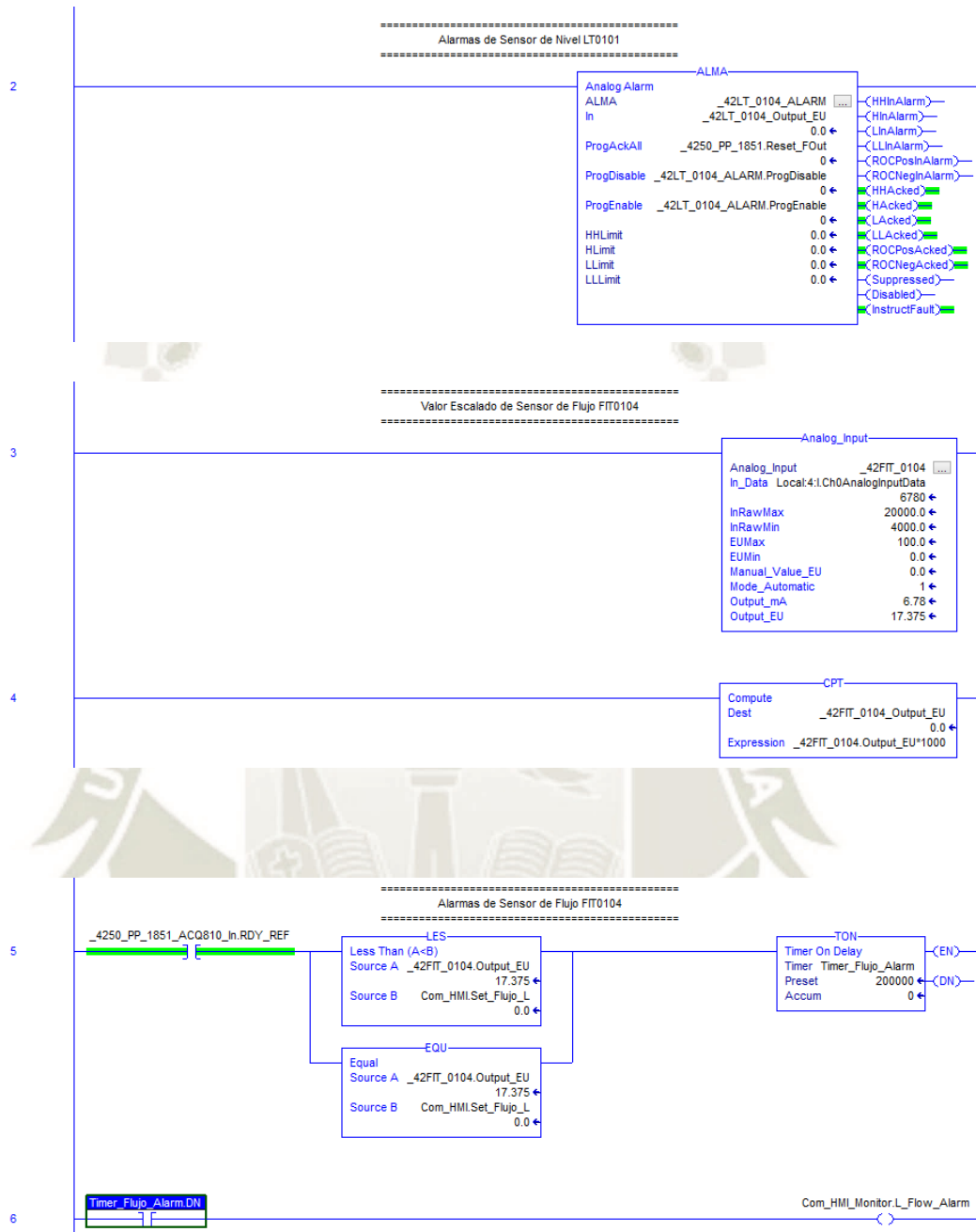
**Fuente:** Proyecto de investigación

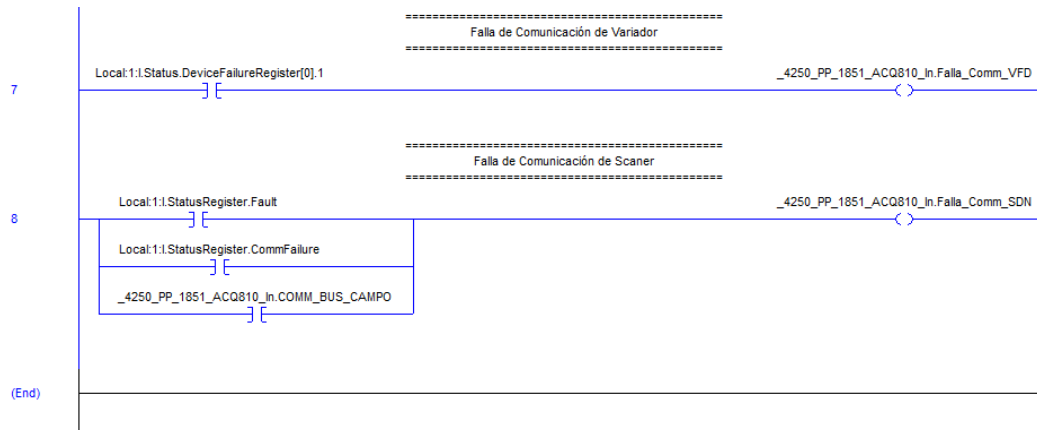
**Autor:** Aldo Velásquez Santillán

### PP\_1851\_InOut

Subrutina en la cual se adquieren y se escalan los datos que entregan los sensores de campo, así como la creación de alarmas de nivel y flujo según seteo a través del HMI instalado en campo.







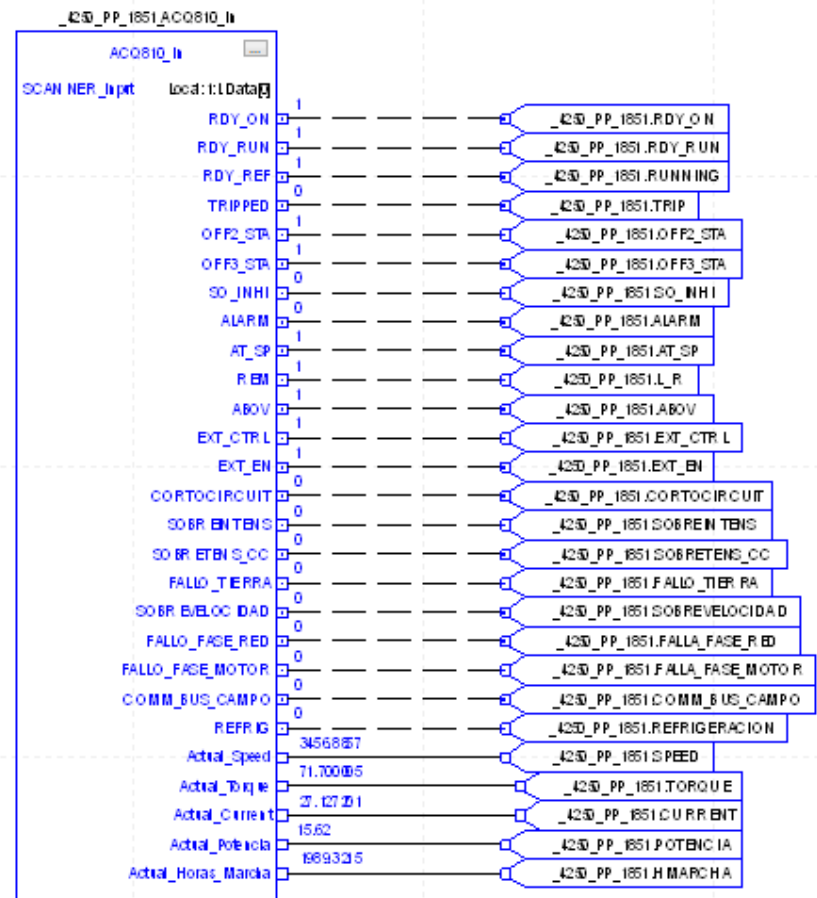
**Figura N°58. Rutina para escalamiento de señales de entrada (Pozo MT1)**

**Fuente:** Proyecto de investigación

**Autor:** Aldo Velásquez Santillán

**PP\_1851\_VFD**

Subrutina desarrollada en diagrama de bloques que se encarga de recolectar los datos entregados por el Variador de Velocidad a través de la red Devicenet para fines del programa de control.

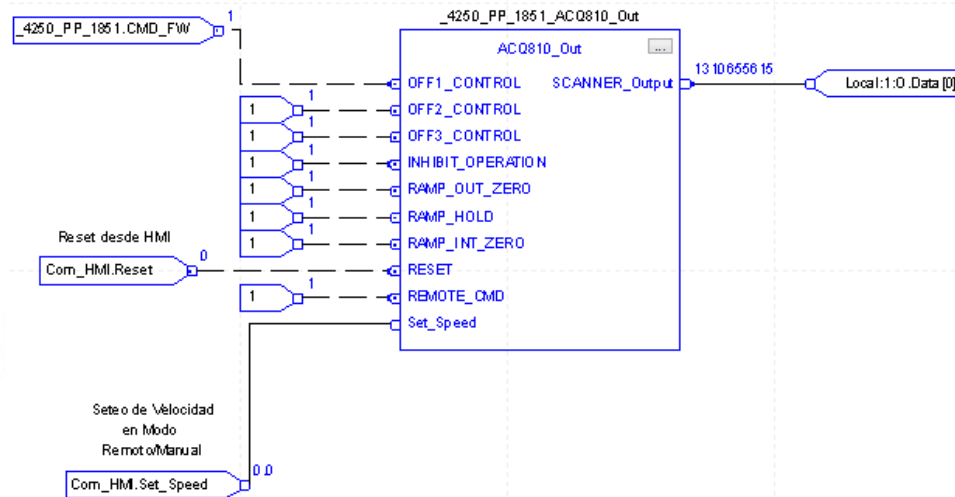


**Figura N°59. Rutina para ingreso de datos del variador de velocidad**

**Fuente:** Proyecto de investigación

**Autor:** Aldo Velásquez Santillán

En la subrutina se contempla tanto los datos recolectados del variador de velocidad como los datos que a través del PLC se entregan al variador para el control de la frecuencia.



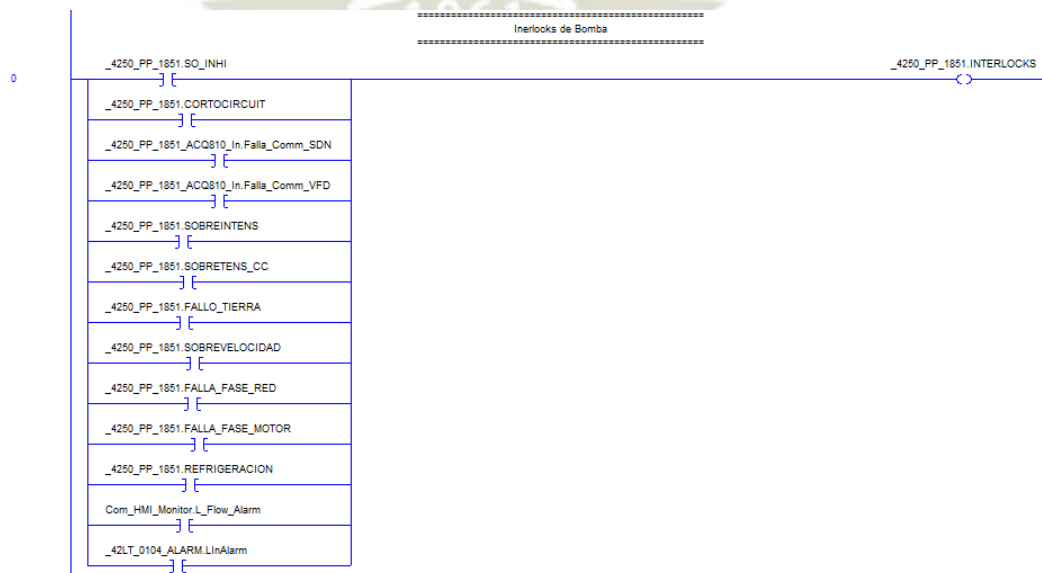
**Figura N°60. Rutina para salida de datos hacia el variador de velocidad**

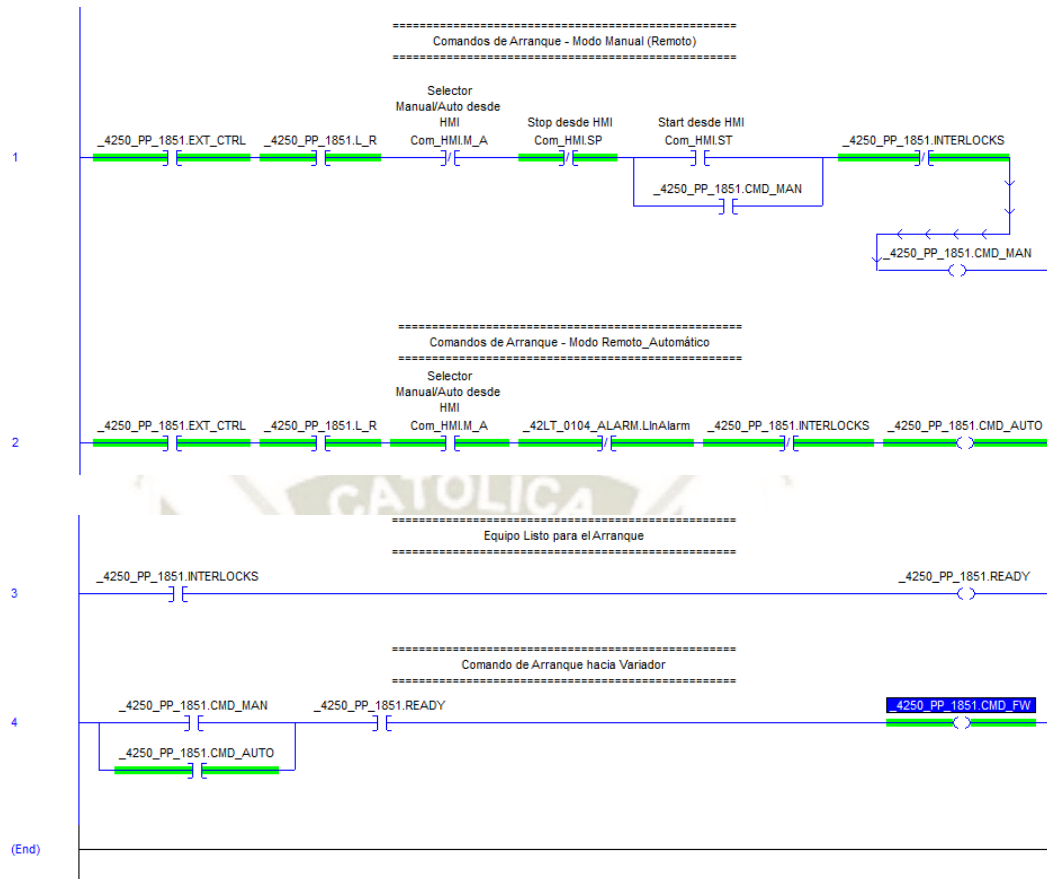
**Fuente:** Proyecto de investigación

**Autor:** Aldo Velásquez Santillán

### PP\_1851\_FWD

Subrutina en la cual se desarrolla el programa que permitirá al variador arrancar de acuerdo a los parámetros establecidos y habiendo cumplido las condiciones de arranque necesarias (interlocks y permisos). En esta subrutina se encuentran también los modos de arranque (modo manual, modo remoto automático).





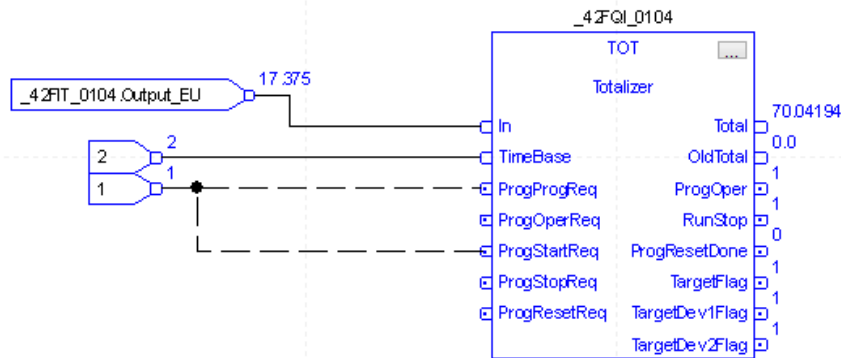
**Figura N°61. Rutina para arranque del variador de velocidad**

**Fuente:** Proyecto de investigación

**Autor:** Aldo Velásquez Santillán

**PP\_1851\_FQI\_0114**

Subrutina en la cual se registra el total de flujo de agua que se viene recuperando hacia el pozo de relaves.



**Figura N°62. Rutina donde se totaliza el flujo de agua bombeado**

**Fuente:** Proyecto de investigación

**Autor:** Aldo Velásquez Santillán

### PP\_1851\_FO

Subrutina en la cual se registran todos los interlocks por los que la bomba podría detenerse, los cuales se mostrarán inmediatamente en el HMI ubicado en el tablero del PLC maestro.

First_Out	
First_Out	_4250_PP_1851_FO
Enable_Sim	0
Enable_in	1
Reset_in	Com_HMI.ClearFO
Reset_Condicion	1
Interlock_01	_4250_PP_1851.SO_INHI
Interlock_02	_4250_PP_1851.CORTOCIRCUIT
Interlock_03	_4250_PP_1851.ACQ810_in.Falla_Comm_SDN
Interlock_04	_4250_PP_1851.ACQ810_in.Falla_Comm_VFD
Interlock_05	_4250_PP_1851.SOBREINTENS
Interlock_06	_4250_PP_1851.SOBRETENS_CC
Interlock_07	_4250_PP_1851.FALLO_TIERRA
Interlock_08	_4250_PP_1851.SOBREVELOCIDAD
Interlock_09	_4250_PP_1851.FALLA_FASE_RED
Interlock_10	_4250_PP_1851.FALLA_FASE_MOTOR
Interlock_11	_4250_PP_1851.REFRIGERACION
Interlock_12	0
Interlock_13	0
Interlock_14	0
Interlock_15	0
Interlock_16	0
Interlock_17	0
Interlock_18	0
Interlock_19	0
Interlock_20	0
Interlock_21	0
Interlock_22	0
Interlock_23	0
Interlock_24	0
Interlock_25	0
Interlock_26	0
Interlock_27	0
Interlock_28	0
Interlock_29	0
Interlock_30	0
Tabla_Codigos	_4250_PP_1851_Tabla_Codigos
First_Out_Num	0
First_Out	_4250_PP_1851_FirstOut
First_Out_Last	_4250_PP_1851_LastFirstOut

**Figura N°63. Rutina de bloque First Out (Pozo MT1)**

**Fuente:** Proyecto de investigación

**Autor:** Aldo Velásquez Santillán

### PP\_1851\_Comm\_In\_Out

Subrutina en la cual traspasan los bits de datos de monitoreo al PLC maestro.



**Figura N°64. Rutina donde se escriben los valores seteados en  
PanelView**

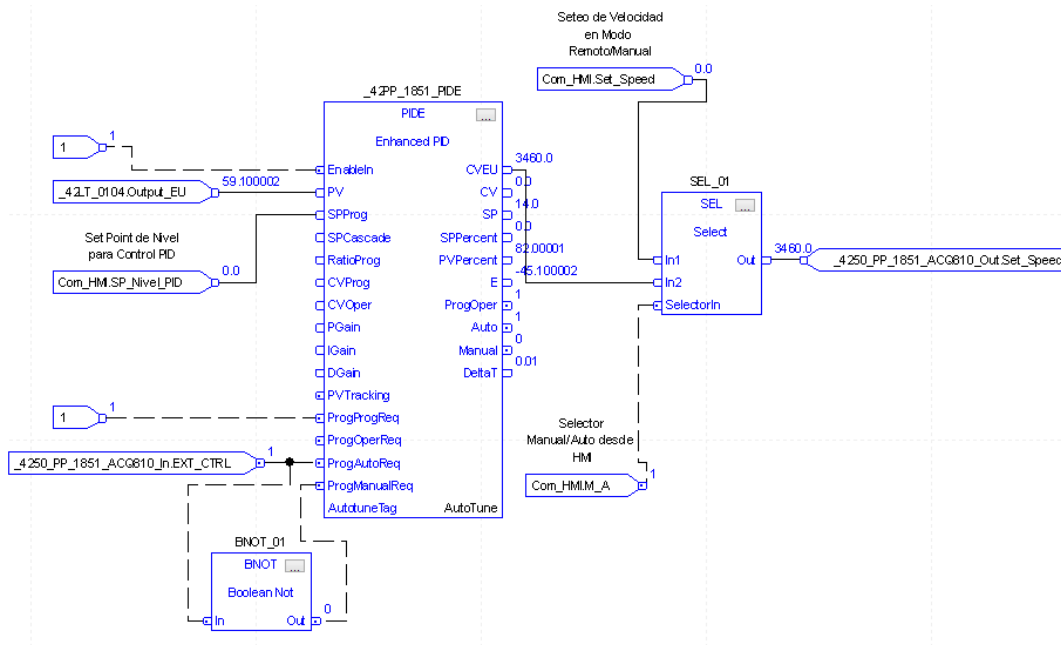
**Fuente:** Proyecto de investigación

**Autor:** Aldo Velásquez Santillán

#### 4.4.3.2. CONTROL\_PIDE

##### Control\_de\_Velocidad

Subrutina en la cual se hace uso del bloque PIDE, el cual se encarga de realizar el control PID de la frecuencia del variador respecto al nivel que se desea mantener en el pozo controlado.



**Figura N°65. Rutina para control PID (Pozo MT1)**

**Fuente:** Proyecto de investigación

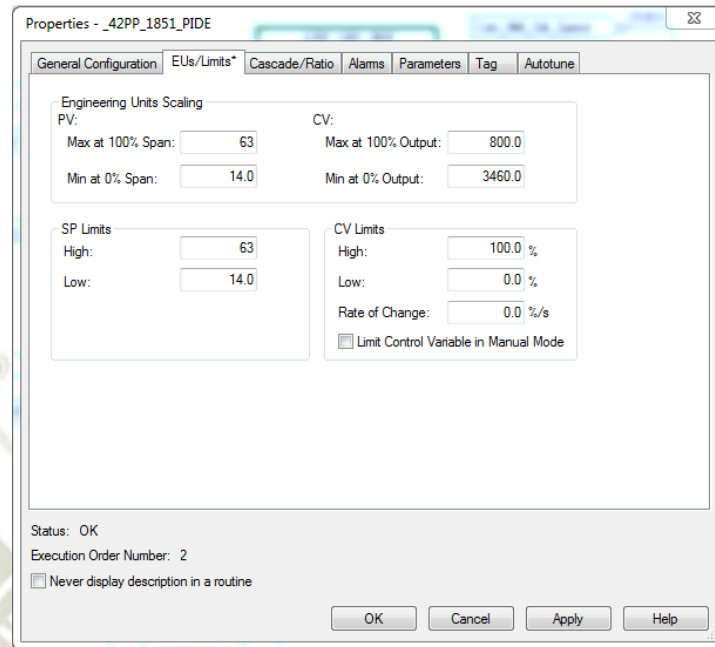
**Autor:** Aldo Velásquez Santillán

Para el correcto funcionamiento del control PID, es necesario establecer las ganancias proporcional, integral y derivativa correctas a fin de asegurar un control óptimo del sistema. Dichas ganancias son halladas gracias a la opción de Autotune del software RSLogix5000.

Las ganancias halladas por el sistema son:

- Ganancia Proporcional: 2.9301522
- Ganancia Integral: 3.5932717
- Ganancia Derivativa: 0.04294167

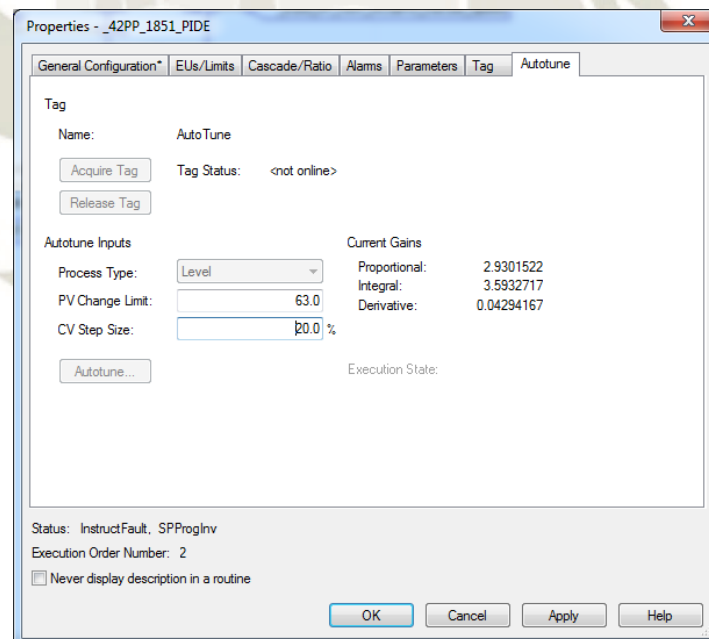
A continuación, podemos ver las ventanas de configuración para el bloque PIDE:



**Figura N°66. Establecimiento de límites en bloque PIDE**

**Fuente:** Proyecto de investigación

**Autor:** Aldo Velásquez Santillán



**Figura N°67. Valores obtenidos a través Autotune**

**Fuente:** Proyecto de investigación

**Autor:** Aldo Velásquez Santillán

Los programas correspondientes a los demás pozos contienen la misma estructura que el del pozo MT-1, los programas se encuentran adjuntos en los anexos.

#### 4.5. CONFIGURACIÓN DE RED DEVICENET

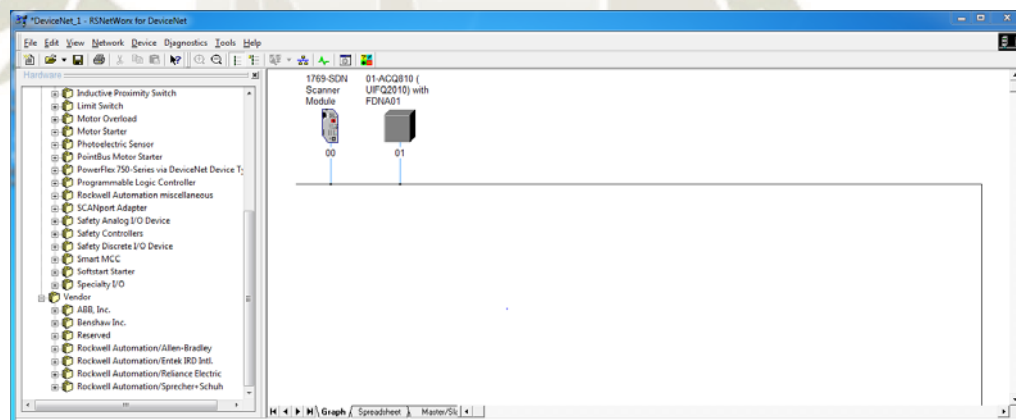
##### 4.5.1. SOFTWARE RSNETWORX FOR DEVICENET

El software RSNetWorx for DeviceNet es el encargado de realizar la configuración de la red con la cual se va a integrar el PLC con el variador de velocidad.

La versión utilizada es la 11.00.

En la siguiente figura se puede observar los nodos existentes en nuestra red configurada, teniendo como tales:

- Nodo 0: Scanner DeviceNet (PLC).
- Nodo 1: Variador de velocidad ACQ810



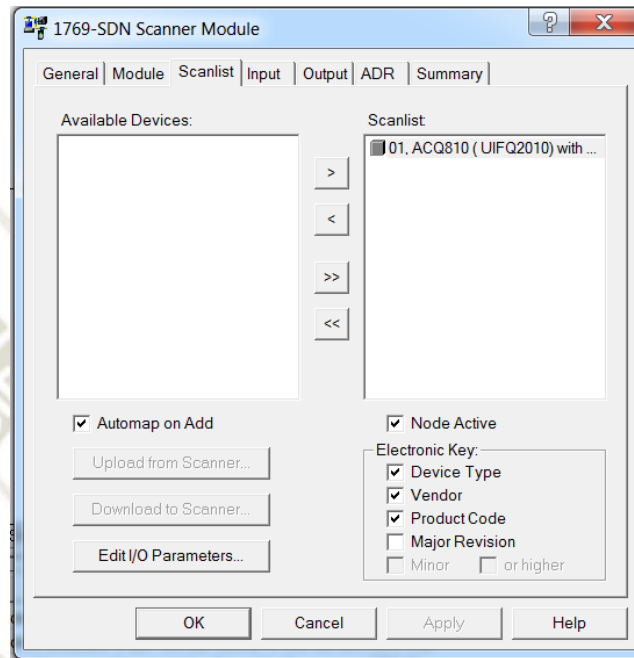
**Figura N°68. Nodos configurados en red DeviceNet**

**Fuente:** Proyecto de investigación

**Autor:** Aldo Velásquez Santillán

#### 4.5.2. CONFIGURACIÓN DE SCANNER DEVICENET

Para poder establecer la comunicación con el PLC, es necesario indicarle al controlador el nodo que vamos a controlar, en éste caso, el nodo 1, para esto, se agrega el nodo a controlar en el scanlist del scanner DeviceNet.



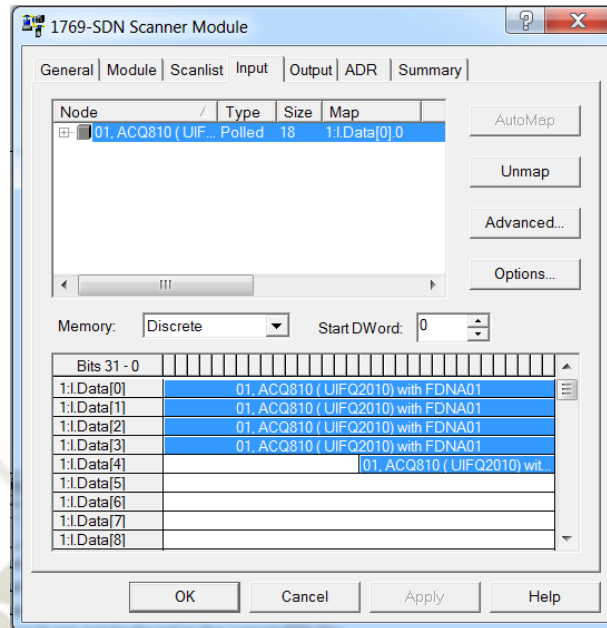
**Figura N°69. Nodo agregado a scanlist de Scanner DeviceNet**

**Fuente:** Proyecto de investigación

**Autor:** Aldo Velásquez Santillán

Al encontrarse agregado el nodo al scanlist, es necesario realizar un mapeo de los datos de entrada y salida, en el cuál según a las instancias utilizadas, nos dará el orden de los bits en el cual se reciben y envían los datos desde y hacia el variador de velocidad, las instancias utilizadas son:

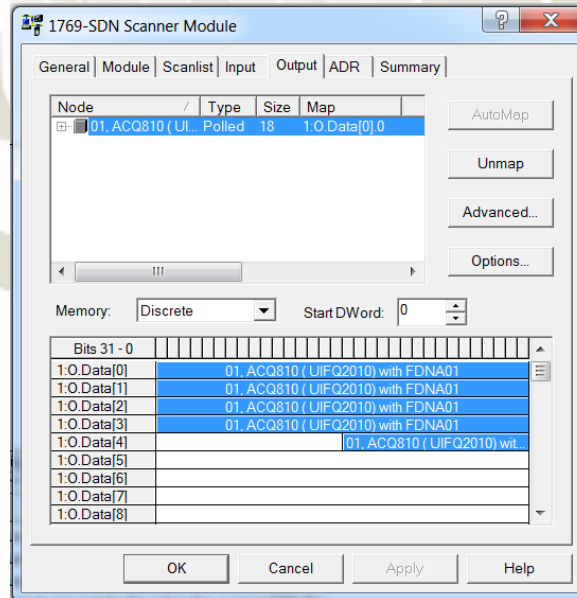
- Instancia de entrada: 902
- Instancia de salida: 952



**Figura N°70. Mapeo de datos de entrada**

**Fuente:** Proyecto de investigación

**Autor:** Aldo Velásquez Santillán



**Figura N°71. Mapeo de datos de entrada**

**Fuente:** Proyecto de investigación

**Autor:** Aldo Velásquez Santillán

## CAPÍTULO V

### 5. DISEÑO Y DESARROLLO DE PANTALLAS DE SUPERVISIÓN

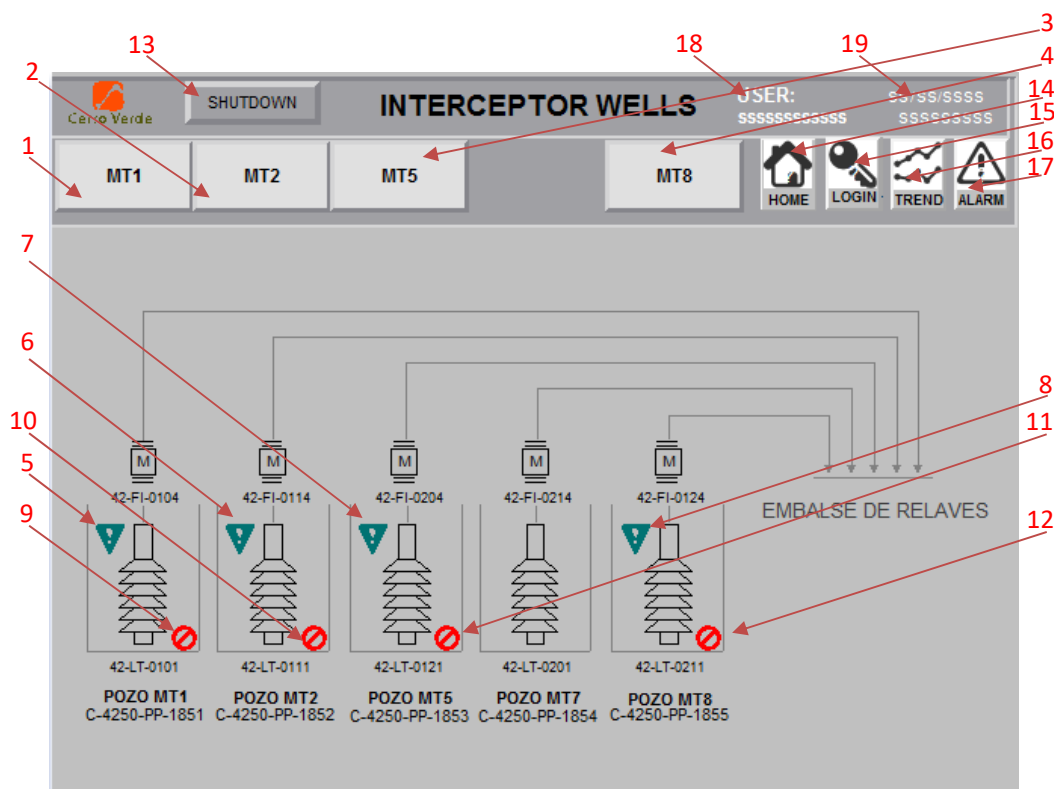
#### 5.1. INTRODUCCIÓN

El desarrollo de las pantallas de supervisión para el HMI instalado en campo fueron realizadas en el software FactoryTalk View Studio, realizadas en base al estándar que mantiene la Minera para todas sus aplicaciones tanto SCADA como para paneles HMI respetando la nomenclatura de colores, íconos e indicadores establecidos. Desde la interfaz desarrollada, el operador tendría la propiedad de visualizar y configurar el estado de los dispositivos que intervienen en el proceso, así como también elegir el tipo de arranque del equipo según a la filosofía de control propuesta que se observó en el capítulo anterior.

#### 5.2. DESCRIPCIÓN DE DISPLAYS

##### 5.2.1. PANTALLA DE INICIO (OVERVIEW)

El display OVERVIEW, ha sido diseñado para visualizar los estados de los pozos de una manera general y para navegar a los displays específicos de cada pozo, así mismo permite que los usuarios que cuentan con permisos (contraseña) puedan ingresar para modificar los seteos de las alarmas y setpoint.



**Figura N°72. Display principal de pantallas de supervisión**

**Fuente:** Proyecto de investigación

**Autor:** Aldo Velásquez Santillán

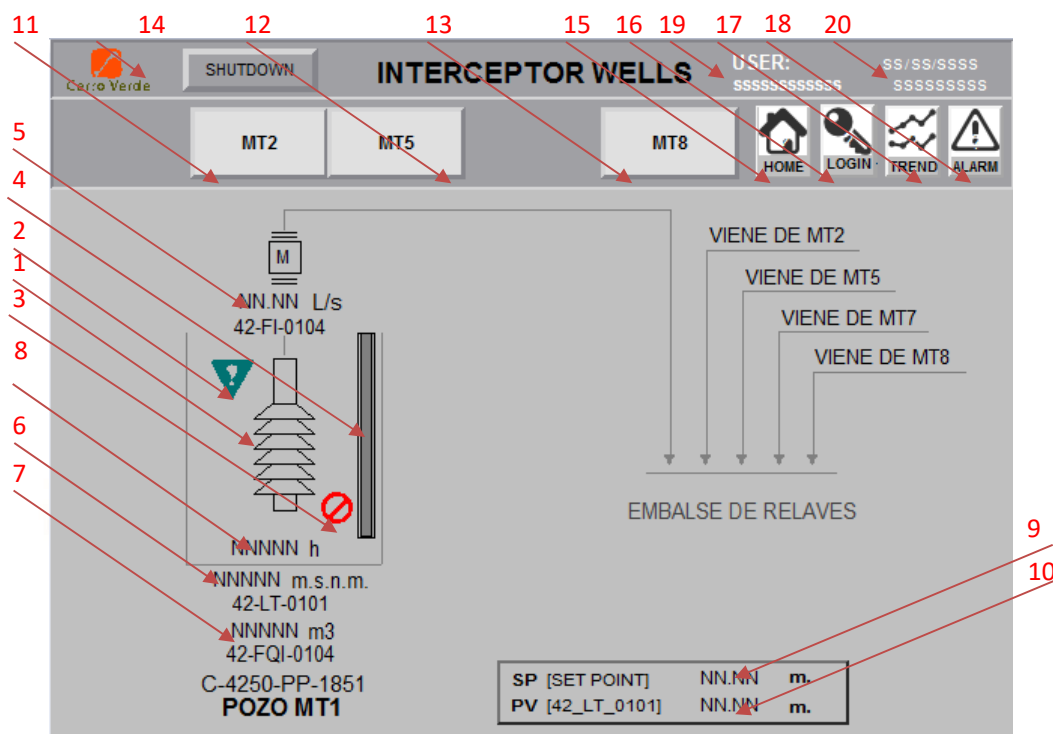
Las partes del display son:

1. Botón de Navegación para saltar al display de la bomba C-4250-PP-1851.
2. Botón de Navegación para saltar al display de la bomba C-4250-PP-1852.
3. Botón de Navegación para saltar al display de la bomba C-4250-PP-1853.
4. Botón de Navegación para saltar al display de la bomba C-4250-PP-1855.
5. Indicador de alarma activa en pozo correspondiente a la bomba C-4250-PP-1851.
6. Indicador de alarma activa en pozo correspondiente a la bomba C-4250-PP-1852.

7. Indicador de alarma activa en pozo correspondiente a la bomba C-4250-PP-1853.
8. Indicador de alarma activa en pozo correspondiente a la bomba C-4250-PP-1855.
9. Indicador de interlock activo en pozo correspondiente a bomba C-4250-PP-1851.
10. Indicador de interlock activo en pozo correspondiente a bomba C-4250-PP-1852.
11. Indicador de interlock activo en pozo correspondiente a bomba C-4250-PP-1853.
12. Indicador de interlock activo en pozo correspondiente a bomba C-4250-PP-1855.
13. Botón para salir de las pantallas de supervisión hacia la configuración del PanelView.
14. Botón para navegar al display de inicio (OVERVIEW).
15. Botón de Login y Logout de los usuarios.
16. Botón para navegar al display de tendencias.
17. Botón para navegar al display de alarmas.
18. Visualización del usuario registrado.
19. Visualización de fecha y hora.

### **5.2.2. PANTALLA PRINCIPAL DEL POZO MT1**

El display principal del pozo correspondiente a la bomba C-4250-PP-1851, al igual que los demás pozos, ha sido diseñado para visualizar y configurar el estado de los equipos y dispositivos que intervienen en el funcionamiento del sistema. Se puede visualizar el estado del equipo, alarmas activas, interlocks activos, valores de nivel, flujo totalizado, flujo instantáneo y setpoint seteado del sistema.



**Figura N°73. Display principal de pozo MT1**

**Fuente:** Proyecto de investigación

**Autor:** Aldo Velásquez Santillán

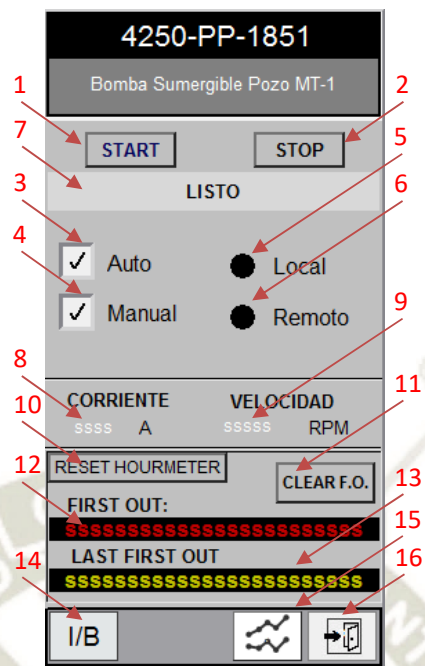
Las partes del display son:

1. Botón de Navegación para saltar al popup de la bomba C-4250-PP-1851 donde se permite al operador visualizar el estado de la bomba, pasar de manual a automático y viceversa y arrancar en modo manual.
2. Indicador de alarma activa en pozo MT1.
3. Indicador de interlock activo en pozo MT1.
4. Indicador referencial de nivel en pozo MT1.
5. Indicador de flujo instantáneo registrado en el pozo MT1 y botón para navegación al popup de flujo, en el cual se puede setear la alarma para flujo bajo.
6. Indicador del nivel registrado en el pozo MT1 en m.s.n.m. y botón para navegar al popup de nivel, en el cual se puede setear las alarmas y setpoint para el nivel de agua.
7. Indicador de flujo totalizado registrado en pozo MT1.

8. Indicador de horas en marcha de la bomba C-4250-PP-1851.
9. Indicador del valor seteado por el operador respecto al setpoint de control en el pozo MT1 y botón para desplegar popup PID donde se configurará el setpoint deseado.
10. Indicador del valor de nivel obtenido por el sensor ubicado en el pozo MT1, el cual en cierto punto, debe ser igual o cercano al valor de setpoint y botón para desplegar popup PID donde se configurará el setpoint deseado.
11. Botón de Navegación para saltar al display principal del pozo MT2.
12. Botón de Navegación para saltar al display principal del pozo MT5.
13. Botón de Navegación para saltar al display principal del pozo MT8.
14. Botón para salir de las pantallas de supervisión hacia la configuración del PanelView.
15. Botón para navegar al display de inicio (OVERVIEW).
16. Botón de Login y Logout de los usuarios.
17. Botón para navegar al display de tendencias.
18. Botón para navegar al display de alarmas.
19. Visualización del usuario registrado.
20. Visualización de fecha y hora.

### **5.2.3. POPUP ESTADO Y ARRANQUE DE LA BOMBA C-4250-PP-1851**

Este display ha sido diseñado para visualizar el estado de la bomba correspondiente al pozo MT1, para poder visualizar y cambiar el modo de control del sistema y para poder arrancar y parar la bomba cuando se encuentra en modo manual.



**Figura N°74. Popup de estado y arranque de bomba C-4250-PP-1851**

**Fuente:** Proyecto de investigación

**Autor:** Aldo Velásquez Santillán

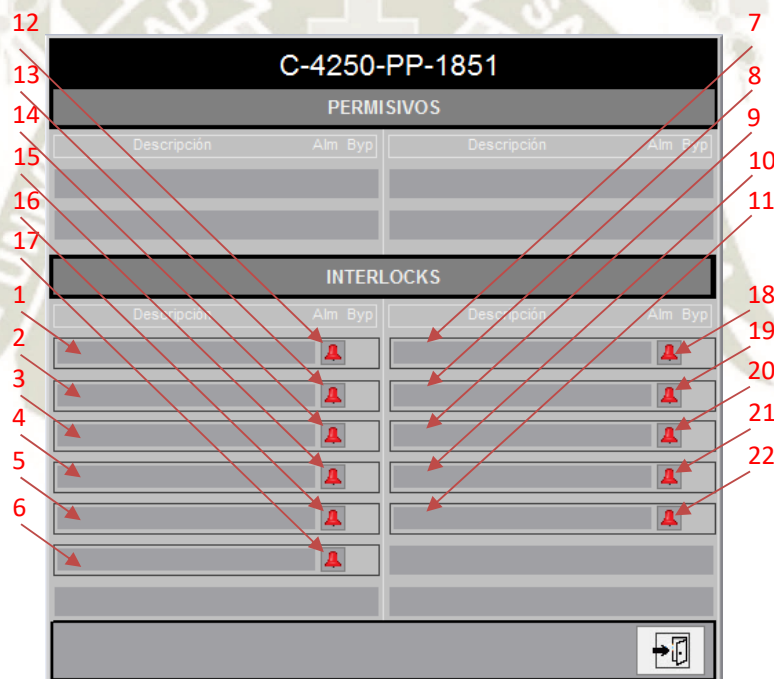
Las partes del display son:

1. Botón de arranque del sistema, sólo habilitado si el sistema se encuentra en modo Remoto – Manual.
2. Botón de parada del sistema, sólo habilitado si el sistema se encuentra en modo Remoto – Manual.
3. Botón de cambio de modo de control a automático.
4. Botón de cambio de modo de control a manual.
5. Indicador de control si se encuentra en modo Local.
6. Indicador de control si se encuentra en modo Remoto.
7. Indicador del estado de la bomba, puede variar entre listo, arrancado o detenido.
8. Corriente de trabajo de la bomba C-4250-PP-1851.
9. Velocidad de trabajo de la bomba C-4250-PP-1851.
10. Botón de reseteo para el horómetro.
11. Botón para eliminar todos los FirstOut registrados.
12. Indicador de FirstOut activo.

13. Indicador del último FirstOut activo.
14. Botón para navegar al display de interlocks del pozo MT1.
15. Botón para navegar al display de tendencia de Velocidad de la bomba C-4250-PP-1851.
16. Botón para cerrar el popup.

#### 5.2.4. DISPLAY DE INTERLOCKS ACTIVOS EN BOMBA C-4250-PP-1851

Este display ha sido diseñado para visualizar los interlocks activos que pueden existir en el pozo MT1.



**Figura N°75. Display de interlocks activos en bomba C-4250-PP-1851**

**Fuente:** Proyecto de investigación

**Autor:** Aldo Velásquez Santillán

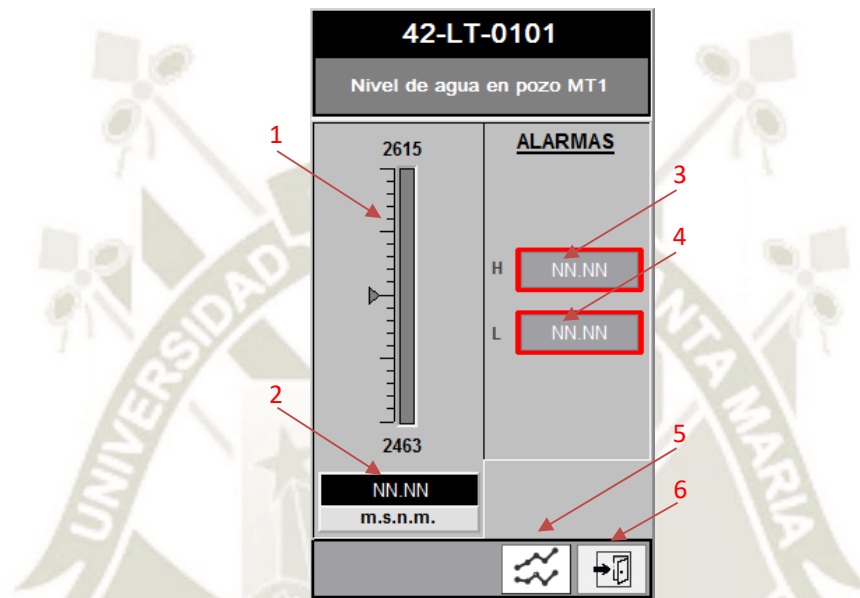
Las partes del display son:

1. Descripción del primer interlock activo (SO\_INHI), sólo visible si se activa.
2. Descripción del segundo interlock activo (CORTOCIRCUIT), sólo visible si se activa.

3. Descripción del tercer interlock activo (FALLA\_COMM\_SDN), sólo visible si se activa.
4. Descripción del cuarto interlock activo (FALLA\_COMM\_VFD), sólo visible si se activa.
5. Descripción del quinto interlock activo (SOBREINTENS), sólo visible si se activa.
6. Descripción del sexto interlock activo (SOBRETENS\_CC), sólo visible si se activa.
7. Descripción del séptimo interlock activo (FALLO\_TIERRA), sólo visible si se activa.
8. Descripción del octavo interlock activo (SOBREVELOCIDAD), sólo visible si se activa.
9. Descripción del noveno interlock activo (FALLA\_FASE\_RED), sólo visible si se activa.
10. Descripción del décimo interlock activo (FALLA\_FASE\_MOTOR), sólo visible si se activa.
11. Descripción del onceavo interlock activo (REFRIGERACIÓN), sólo visible si se activa.
12. Indicador de primer interlock activo.
13. Indicador de segundo interlock activo.
14. Indicador de tercer interlock activo.
15. Indicador de cuarto interlock activo.
16. Indicador de quinto interlock activo.
17. Indicador de sexto interlock activo.
18. Indicador de séptimo interlock activo.
19. Indicador de octavo interlock activo.
20. Indicador de noveno interlock activo.
21. Indicador de décimo interlock activo.
22. Indicador de onceavo interlock activo.

### 5.2.5. POP-UP NIVEL DE AGUA EN POZO MT-1

Este display ha sido diseñado para visualizar el nivel instantáneo de agua en el pozo, configurar las alarmas de nivel alto y bajo y además para setear el setpoint en el cual se desea que se mantenga el nivel de agua.



**Figura N°76. Popup de nivel de agua en pozo MT1**

**Fuente:** Proyecto de investigación

**Autor:** Aldo Velásquez Santillán

Las partes del display son:

1. Visualización referencial del nivel instantáneo registrado en el pozo MT1.
2. Visualización del valor de nivel medido en el pozo MT1.
3. Visualización y seteo de alarma de nivel alto de agua.
4. Visualización y seteo de alarma de nivel bajo de agua.
5. Botón de navegación al display de tendencia de nivel.
6. Botón para salir del popup.

Los valores seteados en campo son los siguientes:

**Tabla N°51. Cuadro de valores seteados a través de HMI**

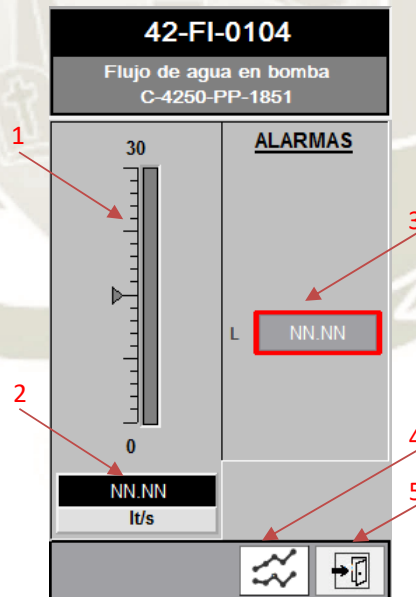
VALORES DE NIVEL ALTO, BAJO Y SETPOINT				
	POZO MT1	POZO MT2	POZO MT5	POZO MT8
NIVEL ALTO	67	69	67	68
NIVEL BAJO	14	16	14	15
SETPOINT	17	20	17	20

**Fuente:** Proyecto de investigación

**Autor:** Aldo Velásquez Santillán

### 5.2.6. POP-UP FLUJO DE AGUA EN POZO MT-1

Este display ha sido diseñado para visualizar el flujo instantáneo de agua que se bombea del pozo, configurar la alarma de flujo bajo y además para resetear el valor de flujo totalizado cada vez que el operador lo vea conveniente.




**Figura N°77. Popup de flujo de agua en pozo MT1**

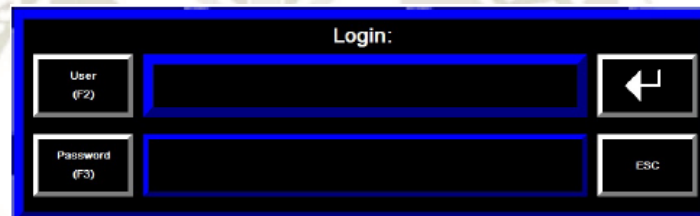
**Fuente:** Proyecto de investigación

**Autor:** Aldo Velásquez Santillán

Las partes del display son:

1. Visualización referencial del flujo instantáneo registrado en el pozo MT1.
2. Visualización del valor de flujo instantáneo medido en el pozo MT1.
3. Visualización y seteo de alarma de flujo bajo de agua.
4. Botón de navegación al display de tendencia de flujo.
5. Botón para salir del popup.

Para poder editar los valores, ya sea de alarma de flujo, nivel alto, nivel bajo y setpoint del sistema, el usuario debe proceder a identificarse e ingresar el password correcto, a través del botón  ubicado en la pantalla principal, la cual abrirá una ventana emergente, la ventana es la siguiente:



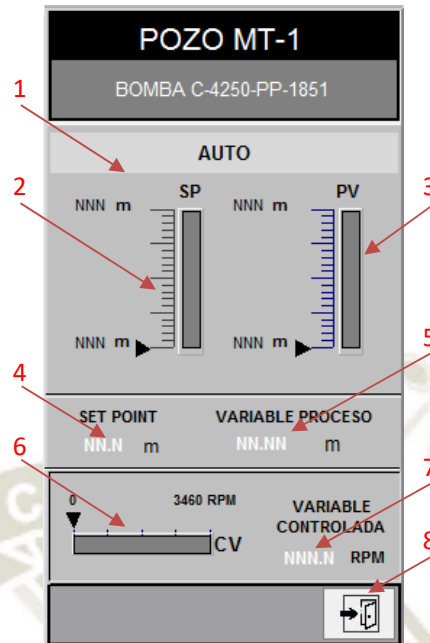
**Figura N°78. Ventana emergente para ingreso de usuario y contraseña**

**Fuente:** Proyecto de investigación

**Autor:** Aldo Velásquez Santillán

### 5.2.7. POP-UP DE CONTROL PID - POZO MT-1

Este display ha sido diseñado para visualizar y configurar los valores de setpoint deseado en el pozo, se puede además visualizar y corroborar la funcionalidad del control PID visualizando la variable de proceso y la variable controlada del sistema.



**Figura N°79. Popup de control PID**

**Fuente:** Proyecto de investigación

**Autor:** Aldo Velásquez Santillán

Las partes del display son:

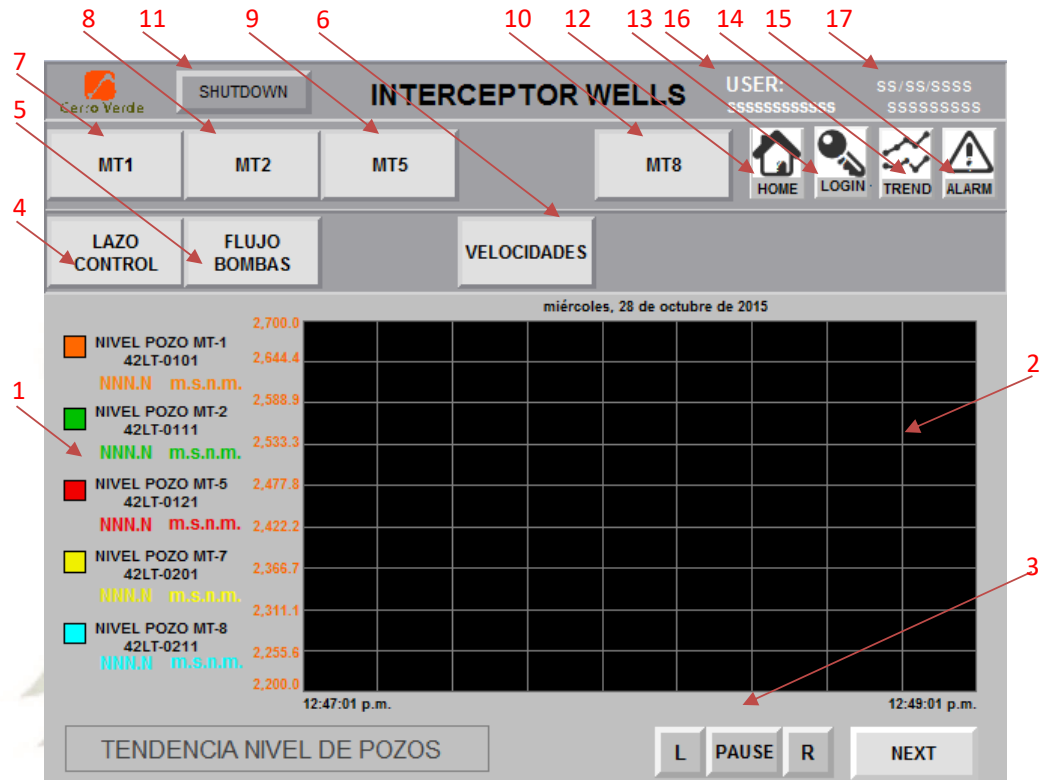
1. Indicador del estado de la bomba, puede variar entre Auto y Manual.
2. Visualización referencial del nivel de agua seteado por el operador.
3. Visualización referencial del valor de proceso.
4. Visualización y seteo del valor de setpoint para el sistema de bombeo.
5. Visualización del valor de proceso del sistema.
6. Visualización referencial de la variable de proceso del sistema.
7. Visualización del valor correspondiente a la variable de proceso obtenida a raíz del control PID aplicado al sistema.
8. Botón para salir del popup.

### 5.2.8. DISPLAY DE TENDENCIAS DE NIVEL

El display de tendencias de instrumentos analógicos del sistema ha sido diseñado para visualizar el valor en tiempo real de los siguientes transmisores:

- Transmisor Indicador de Nivel 42LT-0101.
- Transmisor Indicador de Nivel 42LT-0111.

- Transmisor Indicador de Nivel 42LT-0121.
- Transmisor Indicador de Nivel 42LT-0201.
- Transmisor Indicador de Nivel 42LT-0211.



**Figura N°80. Display de tendencias de nivel**

**Fuente:** Proyecto de investigación

**Autor:** Aldo Velásquez Santillán

Las partes del display son:

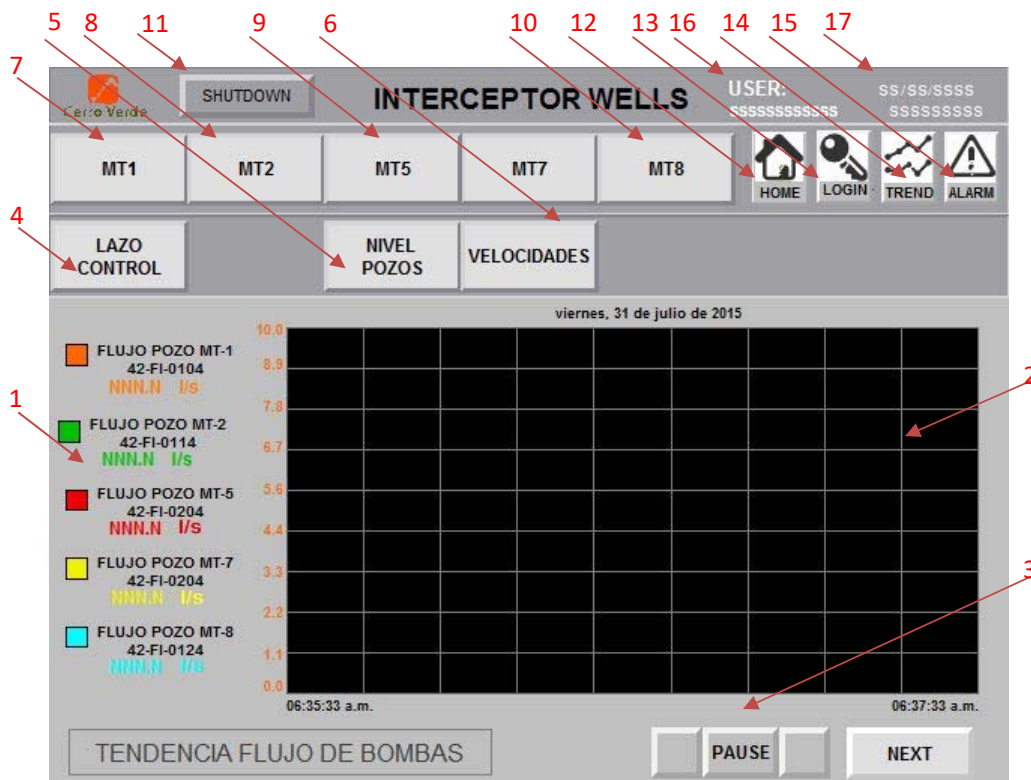
1. Leyenda de colores en referencia a los instrumentos analógicos de nivel del sistema.
2. Cuadro de visualización de tendencia.
3. Botones para pausar o navegar en el cuadro de visualización de la tendencia.
4. Botón para navegar al display de tendencias de lazo de control.
5. Botón para navegar al display de tendencias de flujo.
6. Botón para navegar al display de tendencias de velocidad.
7. Botón para navegar al display principal del pozo MT1.

8. Botón para navegar al display principal del pozo MT2.
9. Botón para navegar al display principal del pozo MT5.
10. Botón para navegar al display principal del pozo MT8.
11. Botón para salir de las pantallas de supervisión hacia la configuración del PanelView.
12. Botón para navegar al display de inicio (OVERVIEW).
13. Botón de Login y Logout de los usuarios.
14. Botón para navegar al display de tendencias.
15. Botón para navegar al display de alarmas.
16. Visualización del usuario registrado.
17. Visualización de fecha y hora.

#### **5.2.9. DISPLAY DE TENDENCIAS DE FLUJO**

El display de tendencias de instrumentos analógicos del sistema ha sido diseñado para visualizar el valor en tiempo real de los siguientes transmisores:

- Transmisor Indicador de Flujo 42FI-0104.
- Transmisor Indicador de Flujo 42FI-0114.
- Transmisor Indicador de Flujo 42FI-0204.
- Transmisor Indicador de Flujo 42FI-0214.
- Transmisor Indicador de Flujo 42FI-0124.



**Figura N°81. Display de tendencias de flujo**

**Fuente:** Proyecto de investigación

**Autor:** Aldo Velásquez Santillán

Las partes del display son:

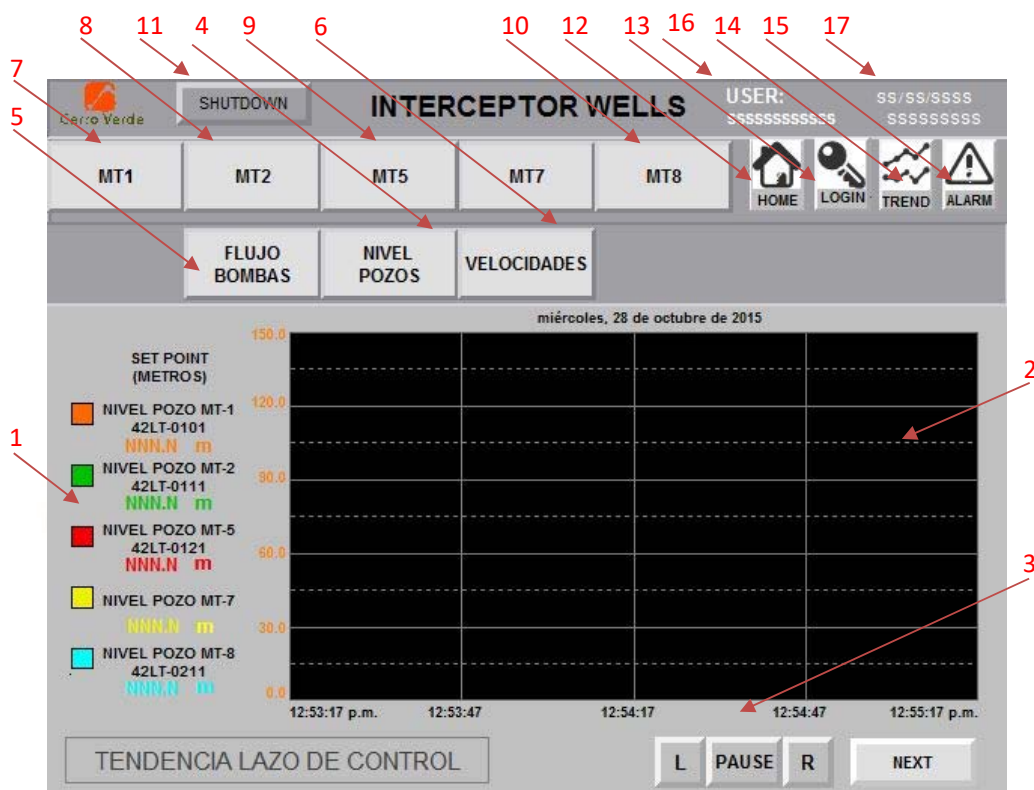
1. Leyenda de colores en referencia a los instrumentos analógicos de flujo del sistema.
2. Cuadro de visualización de tendencia.
3. Botones para pausar o navegar en el cuadro de visualización de la tendencia.
4. Botón para navegar al display de tendencias de lazo de control.
5. Botón para navegar al display de tendencias de nivel.
6. Botón para navegar al display de tendencias de velocidad.
7. Botón para navegar al display principal del pozo MT1.
8. Botón para navegar al display principal del pozo MT2.
9. Botón para navegar al display principal del pozo MT5.
10. Botón para navegar al display principal del pozo MT8.

11. Botón para salir de las pantallas de supervisión hacia la configuración del PanelView.
12. Botón para navegar al display de inicio (OVERVIEW).
13. Botón de Login y Logout de los usuarios.
14. Botón para navegar al display de tendencias.
15. Botón para navegar al display de alarmas.
16. Visualización del usuario registrado.
17. Visualización de fecha y hora.

#### **5.2.10. DISPLAY DE TENDENCIAS DE LAZO DE CONTROL**

El display de tendencias de lazo de control del sistema ha sido diseñado para visualizar el valor en tiempo real de los siguientes valores:

- Valor de setpoint y variable controlada de nivel 42LT-0101.
- Valor de setpoint y variable controlada de nivel 42LT-0111.
- Valor de setpoint y variable controlada de nivel 42LT-0121.
- Valor de setpoint y variable controlada de nivel 42LT-0201.
- Valor de setpoint y variable controlada de nivel 42LT-0211.



**Figura N°82. Display de tendencias de lazo de control**

**Fuente:** Proyecto de investigación

**Autor:** Aldo Velásquez Santillán

Las partes del display son:

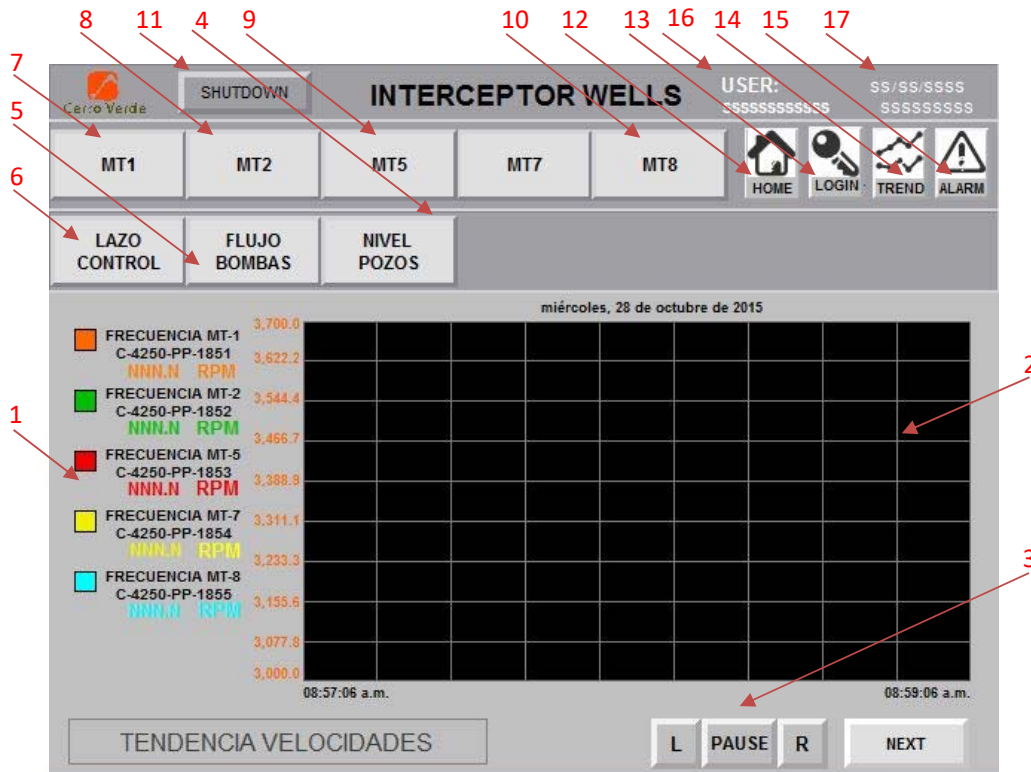
1. Leyenda de colores en referencia a los setpoint de nivel del sistema.
2. Cuadro de visualización de tendencia.
3. Botones para pausar o navegar en el cuadro de visualización de la tendencia.
4. Botón para navegar al display de tendencias de nivel.
5. Botón para navegar al display de tendencias de flujo.
6. Botón para navegar al display de tendencias de velocidad.
7. Botón para navegar al display principal del pozo MT1.
8. Botón para navegar al display principal del pozo MT2.
9. Botón para navegar al display principal del pozo MT5.
10. Botón para navegar al display principal del pozo MT8.

11. Botón para salir de las pantallas de supervisión hacia la configuración del PanelView.
12. Botón para navegar al display de inicio (OVERVIEW).
13. Botón de Login y Logout de los usuarios.
14. Botón para navegar al display de tendencias.
15. Botón para navegar al display de alarmas.
16. Visualización del usuario registrado.
17. Visualización de fecha y hora.

#### **5.2.11. DISPLAY DE TENDENCIAS DE VELOCIDAD**

El display de tendencias de lazo de velocidades del sistema ha sido diseñado para visualizar el valor en tiempo real de los siguientes valores:

- Valor de frecuencia de variador ubicado en pozo MT-1.
- Valor de frecuencia de variador ubicado en pozo MT-2.
- Valor de frecuencia de variador ubicado en pozo MT-5.
- Valor de frecuencia de variador ubicado en pozo MT-7.
- Valor de frecuencia de variador ubicado en pozo MT-8.



**Figura N°83. Display de tendencias de velocidad**

**Fuente:** Proyecto de investigación

**Autor:** Aldo Velásquez Santillán

Las partes del display son:

1. Leyenda de colores en referencia a las velocidades de las bombas.
2. Cuadro de visualización de tendencia.
3. Botones para pausar o navegar en el cuadro de visualización de la tendencia.
4. Botón para navegar al display de tendencias de nivel.
5. Botón para navegar al display de tendencias de flujo.
6. Botón para navegar al display de tendencias de lazo de control.
7. Botón para navegar al display principal del pozo MT1.
8. Botón para navegar al display principal del pozo MT2.
9. Botón para navegar al display principal del pozo MT5.
10. Botón para navegar al display principal del pozo MT8.

11. Botón para salir de las pantallas de supervisión hacia la configuración del PanelView.
12. Botón para navegar al display de inicio (OVERVIEW).
13. Botón de Login y Logout de los usuarios.
14. Botón para navegar al display de tendencias.
15. Botón para navegar al display de alarmas.
16. Visualización del usuario registrado.
17. Visualización de fecha y hora.



## CAPÍTULO VI

### 6. SIMULACIÓN Y EVIDENCIA FOTOGRÁFICA

#### 6.1. INTRODUCCIÓN

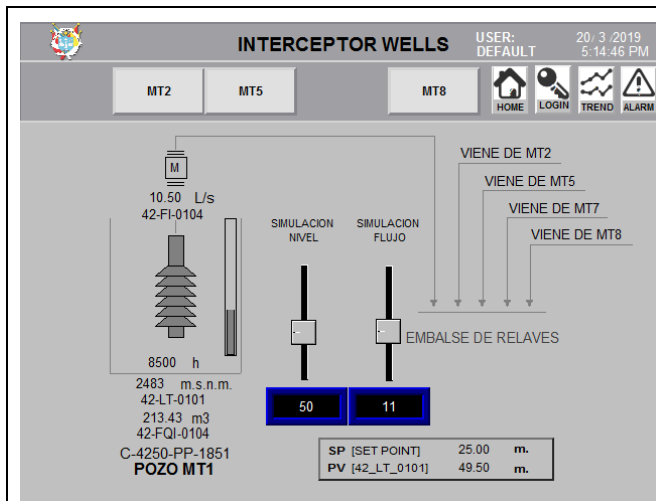
En el presente capítulo se podrá observar los resultados de la simulación del sistema, simulación realizada previa a la ejecución para corroborar el correcto sistema del programa y diseño de las pantallas de supervisión

#### 6.2. SIMULACIÓN DE PANTALLAS DE SUPERVISIÓN

Antes de la puesta en marcha de un sistema, es necesario realizar la simulación para verificar el correcto comportamiento del sistema de control, la cual se puede apreciar en los siguientes gráficos en los cuales se muestran algunos de los valores simulados.

**Tabla N°52. Simulación de pantallas de supervisión**

DISPLAYS SIMULADOS	DESCRIPCIÓN
	<p><b>DISPLAY OVERVIEW</b></p> <p>Se muestra bomba de pozo MT-1 en funcionamiento sin ningún tipo de alarma o interlock activo.</p>



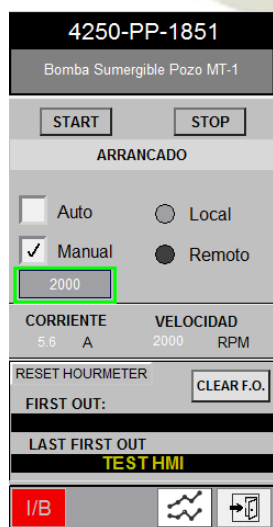
### DISPLAY PRINCIPAL POZO MT-1

Se muestra status de la bomba arrancada, valores de flujo y nivel instantáneo, así como valor de nivel seteado y de la variable de proceso en ese instante.



### POPUP ESTADO Y ARRANQUE DE LA BOMBA

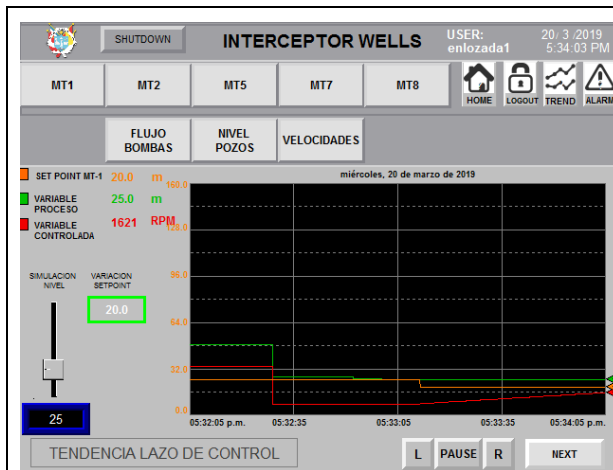
Se puede ver que se encuentra en modo Remoto –Automático. Se puede apreciar una corriente del motor de 5.6 A y velocidad en 3460 RPM, así como el último First Out activo (Test).



### POPUP ESTADO Y ARRANQUE DE LA BOMBA

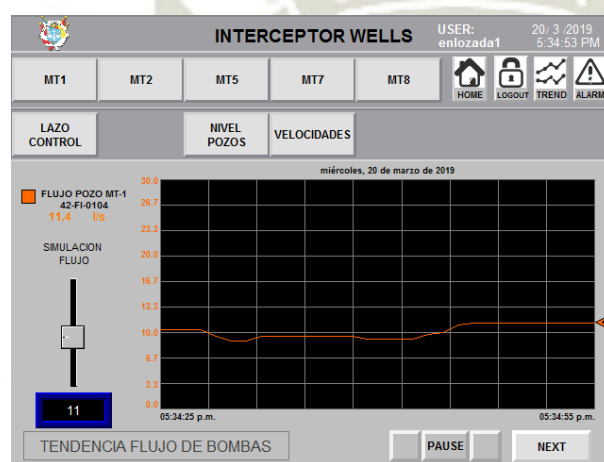
Se puede ver el cambio de modo de control, en este caso en modo Remoto – Manual. A diferencia del modo anterior, se puede ingresar la velocidad a gusto.

<p><b>42-FI-0104</b> Flujo de agua en bomba C-4250-PP-1851</p>	<p><b>POPUP FLUJO DE AGUA POZO MT1</b></p> <p>Se muestra el valor en It/s del flujo de agua gráfica y numéricamente. También se muestra el valor de alarma e interlock seteado en 1 lt/s.</p>
<p><b>42-LT-0101</b> Nivel de agua en pozo MT1</p>	<p><b>POPUP NIVEL DE AGUA POZO MT1</b></p> <p>Se muestra el valor en m.s.n.m. del nivel de agua gráfica y numéricamente. También se muestra el valor de alarma de nivel bajo y alto configurados en 14 y 64 m. respectivamente</p>
<p><b>POZO MT-1</b> BOMBA C-4250-PP-1851</p> <p>AUTO</p>	<p><b>POPUP CONTROL PID</b></p> <p>Se observa el valor de setpoint seteado en 25 m. con un valor de PV en 49.50 durante la simulación, así como el valor de la variable controlada en 3460 rpm.</p>



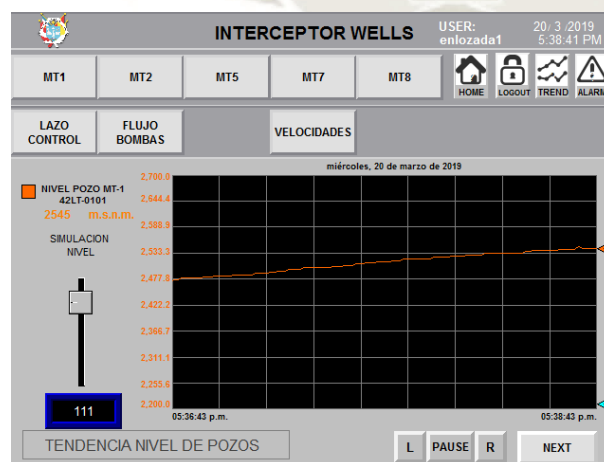
### TENDENCIA LAZO DE CONTROL

Se observa la variación de la velocidad y de la variable de proceso que se genera ante un cambio de setpoint del sistema. La velocidad varía para poder acercar la PV al setpoint.



### TENDENCIA FLUJO BOMBAS

Se observa gráficamente las variaciones de flujo de agua realizadas a través de la simulación.



### TENDENCIA NIVEL DE POZO

Se observa gráficamente el incremento del nivel de agua realizadas a través de la simulación.

		<p><b>TENDENCIA DE VELOCIDAD</b></p> <p>Se observa gráficamente el incremento de la velocidad del variador realizado a través de la simulación.</p>
		<p><b>DISPLAY ALARMAS</b></p> <p>Se observa ciertas alarmas de nivel alto y bajo activas, las cuales fueron activadas debido a los cambios realizados en la simulación.</p>

### 6.3. EVIDENCIA FOTOGRÁFICA DEL SISTEMA PUESTO EN MARCHA

En esta sección se podrá apreciar imágenes del sistema que actualmente se encuentra en funcionamiento en la minera.



**Figura N°84. Tablero de control antiguo**

**Fuente:** Proyecto de investigación

**Autor:** Aldo Velásquez Santillán



**Figura N°85. Tablero de fuerza (VFD), tablero de control y comunicaciones en ubicación de pozo MT1**

**Fuente:** Proyecto de investigación

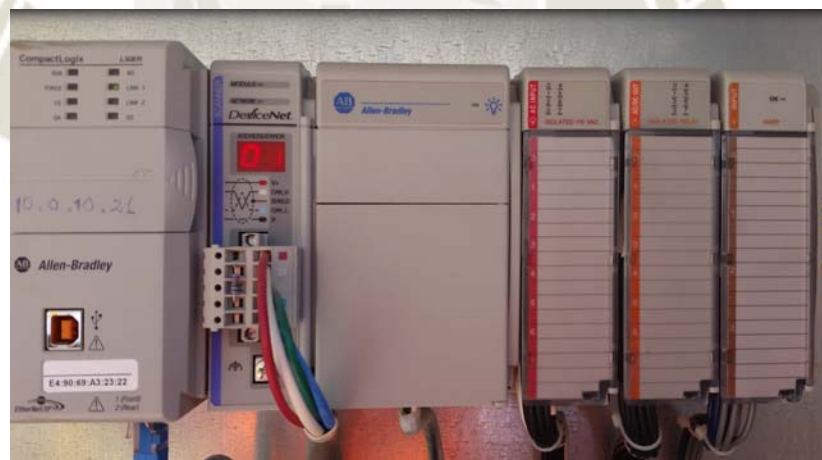
**Autor:** Aldo Velásquez Santillán



**Figura N°86. Variador funcionando a 3351.2 RPM**

**Fuente:** Proyecto de investigación

**Autor:** Aldo Velásquez Santillán



**Figura N°87. Controlador en funcionamiento**

**Fuente:** Proyecto de investigación

**Autor:** Aldo Velásquez Santillán



**Figura N°88. Sistema de bombeo**

**Fuente:** Proyecto de investigación

**Autor:** Aldo Velásquez Santillán



**Figura N°89. Transmisor de nivel ubicado en pozo MT1**

**Fuente:** Proyecto de investigación

**Autor:** Aldo Velásquez Santillán



**Figura N°90. Transmisor de flujo ubicado en pozo MT1**

**Fuente:** Proyecto de investigación

**Autor:** Aldo Velásquez Santillán

## CONCLUSIONES

### PRIMERA

Se realizó satisfactoriamente el diseño de los planos de control, respetando al momento de la construcción la distribución y conexionado propuesto. El diseño de los tableros de control y de comunicación fue realizado de tal forma que sean lo más compacto posible, que cumplan con estándares de calidad, que cumplan funcionalmente los requerimientos del sistema, que se tenga la cantidad de señales digitales y analógicas adecuadas e incluso tenga spare para que, en caso se den mejoras al sistema, no haya inconvenientes a futuro a nivel de hardware ni software.

### SEGUNDA

Los programas se desarrollaron en el software RSLogix5000, se realizaron pruebas a nivel de simulación antes de la implementación final en campo, siendo éstas exitosas y logrando así una correcta puesta en operación de los sistemas de bombeo

### TERCERA

Las pantallas de supervisión, al igual que el programa, fueron previamente simulados para verificar el correcto funcionamiento del diseño propuesto, siendo la simulación exitosa y realizando sólo pequeñas variaciones durante la puesta en marcha. El diseño de la interfaz Hombre-Máquina fue elaborado bajo los estándares de la Minera, respetando siempre los colores, gráficos, animaciones y estructura del diseño utilizado en todos los HMI y SCADA existentes.

### CUARTA

Se logró un control de nivel de agua muy estable, teniendo variaciones de 0.02 una vez alcanzado el valor de setpoint ingresado al sistema y una vez que se lograba la estabilidad del nivel dentro del pozo. El control de nivel se realizó haciendo uso de un algoritmo PID, en el cual se ingresaron los valores de las ganancias obtenidos por la opción de Autotune del controlador.

### QUINTA

La comunicación entre PLC – Variador se realizó utilizando el protocolo de comunicación DeviceNet, dicho enlace se realizó a través de del software RSNetWorx

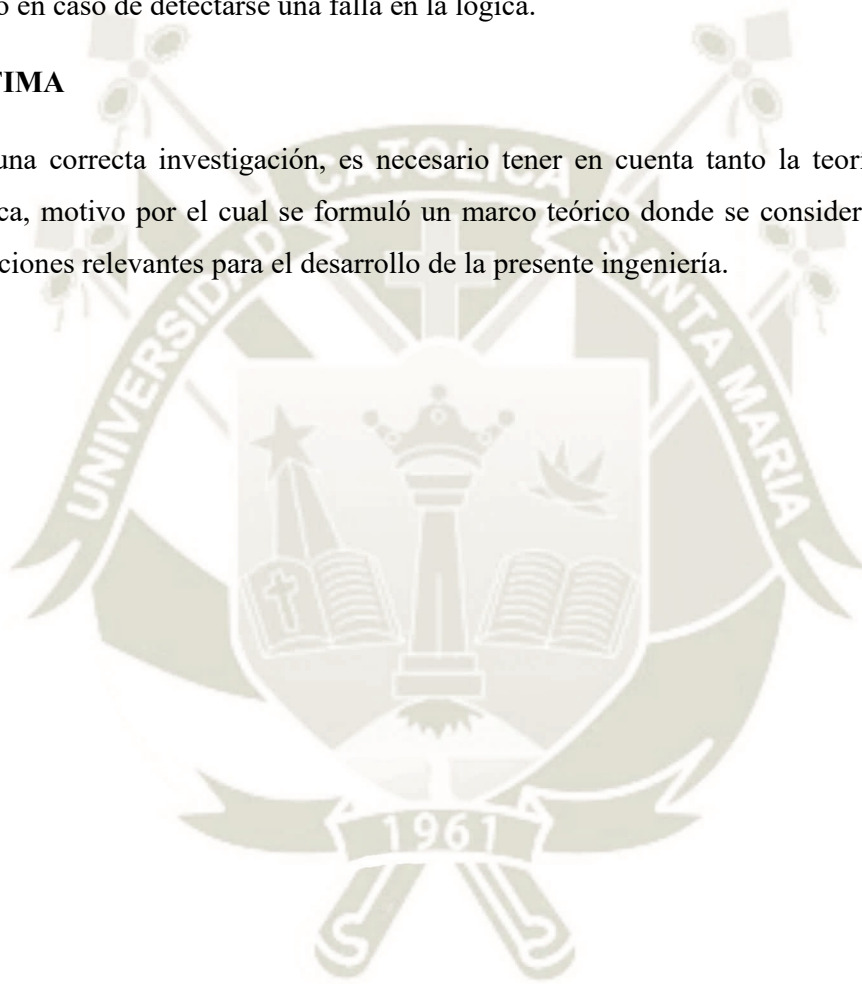
for DeviceNet, el cual se configuró exitosamente gracias a un correcto conexionado físico y una correcta configuración del módulo scanner.

#### **SEXTA**

El software utilizado para la programación cuenta con un entorno amigable para el usuario, lo cual es una ventaja para reducir tiempos de programación y poder realizar el rastreo en caso de detectarse una falla en la lógica.

#### **SÉPTIMA**

Para una correcta investigación, es necesario tener en cuenta tanto la teoría como la práctica, motivo por el cual se formuló un marco teórico donde se consideró todas las definiciones relevantes para el desarrollo de la presente ingeniería.



## RECOMENDACIONES

### PRIMERA

Se recomienda cambiar la bomba del pozo MT5 por una de mayor potencia, debido a que durante las pruebas realizadas en campo, se pudo observar que la potencia no es suficiente para la cantidad de agua que ingresa al sistema. Al querer setear un nivel por debajo de 25 metros, el motor no es capaz de bajar dicho nivel aún trabajando al 100% de su capacidad.

### SEGUNDA

Se recomienda cambiar todas las bombas por unas nuevas debido a que el problema podría deberse a la antigüedad, además que de esa manera se asegura un buen funcionamiento del sistema.

### TERCERO

Se recomienda cambiar de posición el push button de emergencia que se encuentra en el tablero del VFD, ya que éste se encuentra dentro de una puerta con llave, siendo inaccesible para el operador de forma inmediata en caso que se requiera activarlo.

### CUARTO

Se recomienda agregar seguridad a los controladores del sistema, debido a que cualquier persona ajena al sistema podría conectarse, realizar una copia o modificar el programa de control.

### QUINTO

Se recomienda realizar la comunicación entre el tablero de comunicaciones y la sala de control a través de fibra óptica, debido a que la comunicación inalámbrica podría sufrir alguna pérdida de comunicación ante un evento climático anormal.

**BIBLIOGRAFÍA**

**ABB.** (2016). CONVERTIDORES DE FRECUENCIA Y PLATAFORMA DE AUTOMATIZACIÓN ABB. USA: ABB Inc.

**Allen Bradley.** (2013). CONTROLADORES PROGRAMABLES DE AUTOMATIZACIÓN COMPACTLOGIX 5370 L3. USA: Rockwell Automation Publication.

**Allen Bradley.** (2014). WHEN TO USE A SOFT STARTER OR AN AC VARIABLE FREQUENCY DRIVE. USA: Rockwell Automation Publication.

**Allen-Bradley.** (2013). 1769 COMPACTLOGIX CONTROLLERS USER MANUAL. USA: Rockwell Automation Publication.

**Allen-Bradley.** (2015). PANELVIEW PLUS 6 TERMINALS USER MANUAL. USA: Rockwell Automation Publication.

**Allen-Bradley.** (2016). PANELVIEW PLUS 6 SPECIFICATIONS TECHNICAL DATA. USA: Rockwell Automation Publication.

**Brei T.** WHAT IS INDUSTRIAL AUTOMATION? [en línea]. [fecha de revisión 09/07/2016]. Extraído de: < <http://www.surecontrols.com/what-is-industrial-automation/> >

**Cano S.** (2016). MÉTODOS DE SINTONIZACIÓN DE CONTROLADORES PID. [Nota Auxiliar]. Tucumán, Argentina. Facultad de Ciencias Exactas y Tecnología.

**Chávez R., López A..** (2010). DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE SUPERVISIÓN, UTILIZANDO UNA RED DEVICENET, EN EL LABORATORIO DE PLC'S DE LA ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO EXTENSIÓN LATACUNGA. [tesis]. (Título Profesional de Ingeniero en Electromecánica) Latacunga, Ecuador. Escuela Politécnica del Ejército Extensión Latacunga, Carrera de Ingeniería Electromecánica.

**Cobo R.** EL ABC DE LA AUTOMATIZACIÓN. [en línea]. [fecha de revisión 18/07/2016]. Extraído de: < <http://www.aie.cl/files/file/comites/ca/abc/hmi.pdf> >

**DAKXIM.** BOMBA SUMERGIBLE, APLICACIONES. [en línea]. [fecha de revisión 01/10/2016]. Extraído de: < <https://bombasumergible.com.mx/> >

**D. J. Jackson.** (2016). PROGRAMMABLE LOGIC CONTROLLERS, INTRODUCTION TO PLCS. [en línea]. [fecha de revision 10/07/2016]. Extraído de: < <http://jjackson.eng.ua.edu/courses/ece485/lectures/LECT01.pdf> >

**Electrical 4 U.** CONTROL SYSTEM / CLOSED LOOP OPEN LOOP CONTROL SYSTEM. [en línea]. [fecha de revision 10/07/2016]. Extraído de: < <http://www.electrical4u.com/control-system-closed-loop-open-loop-control-system/> >

**ETITUDELA.** (2009). TEORÍA DE LOS VARIADORES DE VELOCIDAD. Módulo: “Sistemas de regulación y control automáticos”.

**Freeport-McMoran Copper & Gold Inc.** (2015). ESTÁNDAR DE PROGRAMACIÓN EN CONTROLLOGIX Y EN FACTORYTALK VIEW.

**García L.** (2012). TEORÍA DE LA MEDICIÓN DE CAUDALES Y VOLÚMENES DE AGUA E INSTRUMENTAL NECESARIO DISPONIBLE EN EL MERCADO. Madrid: Laboratorio de Agua del Centro Español de Metrología.

**Hidrofluidos Monterrey S.A.** CONOZCA LAS CARACTERÍSTICAS Y APLICACIONES DE LAS BOMBAS SUMERGIBLES. [en línea]. [fecha de revisión 01/10/2016]. Extraído de: < <https://www.quiminet.com/articulos/conozca-las-caracteristicas-y-aplicaciones-de-las-bombas-sumergibles-2715179.htm> >

**Keller-Druck.** (2016). SONDAS DE PRESIÓN HIDROSTÁTICA PARA LA MEDICIÓN DE NIVEL.

**L.A. Bryan, E.A. Bryan.** (1997). PROGRAMMABLE CONTROLLERS THEORY AND IMPLEMENTATION. 2nd Edition. USA. An Industrial Text Company Publication.

**Marin O.** (2002). AUTOMATIZACIÓN DE UN LABORATORIO DE INGENIERÍA QUÍMICA UTILIZANDO PLC'S CONECTADOS A TRAVÉS DE UNA RED INDUSTRIAL SUPERVISADA POR MEDIO DE UN SISTEMA SCADA. [tesis]. (Título Profesional de Ingeniero Químico). Lima, Perú. Universidad Nacional de Ingeniería, Facultad de Ingeniería Química y Manufactura.

**Martinez V.** (2016). CONTROL PID, METODOLOGÍA Y APLICACIONES.

**Núñez F.** (2007). CONTROL DE MOVIMIENTO EMPLEANDO LABVIEW, UN ENFOQUE DIDÁCTICO. [Tesis]. (Licenciatura en ingeniería y Computadoras). Puebla, México. Universidad de las Américas Puebla, Departamento de Computación, Electrónica y Mecatrónica.

**Ojeda C..** (2012). DISEÑO DE UN SISTEMA DE AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL PARA EL SISTEMA DE BOMBEO DE AGUAS ACIDAS. [tesis]. (Título Profesional de Ingeniero Electrónico). Lima, Perú. Pontificia Universidad Católica del Perú, Facultad de Ciencias e Ingeniería.

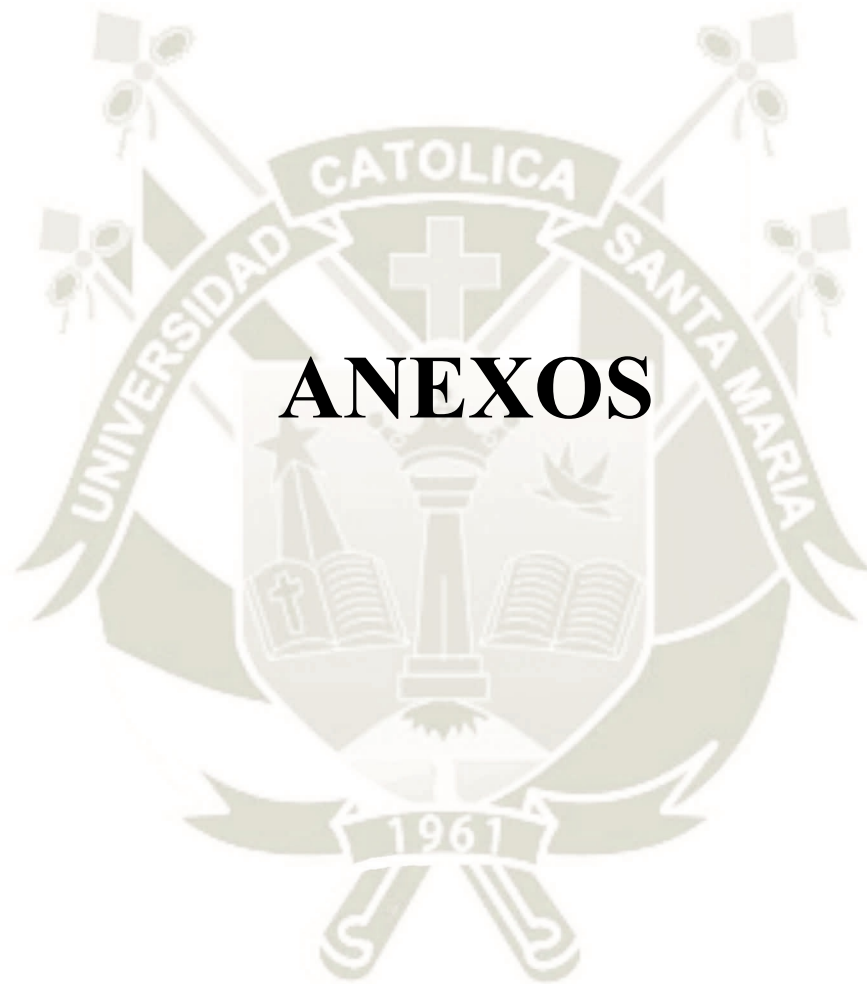
**Probando, C.** INTRODUCCIÓN A HMI (INTERFAZ HOMBRE MÁQUINA). [en línea]. [fecha de revisión 15/08/2016]. Extraído de: < <http://iaci.unq.edu.ar/materias/laboratorio2/HMI%5CIntroduccion%20HMI.pdf> >

**Rascon D., Chacon A., Salinas Y..** TIPOS DE AUTOMATIZACIÓN. [en línea]. [fecha de revisión 09/07/2016]. Extraído de: < <https://a207816.wordpress.com/tipos-de-automatizacion/> >

**Rosemount Inc.** (1995). MAGNETIC FLOWMETER FUNDAMENTALS. USA: Rosemount Inc. Measurement Division.

**TECSUP,** (2015). INSTRUMENTACIÓN INDUSTRIAL. Medidores de caudal magnético.

**TECSUP.** (2015). REDES Y PROTOCOLOS DE COMUNICACIÓN INDUSTRIAL. Principios fundamentales de comunicaciones industriales.



# ANEXOS



**ANEXO A**  
**PLANO DE ARQUITECTURA**  
**DE CONTROL**

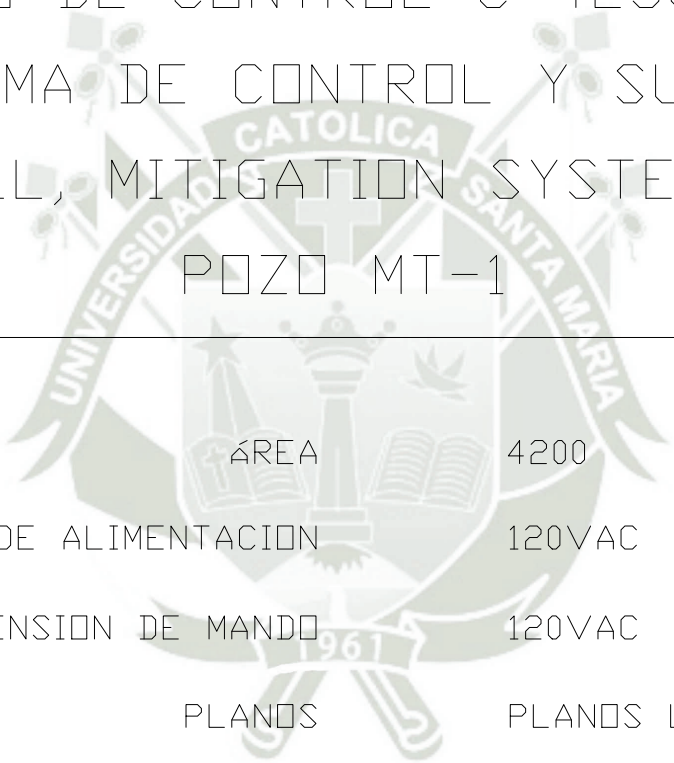




**ANEXO B**  
**PLANOS DE TABLERO DE**  
**CONTROL MT1**

TABLERO DE CONTROL C-4250-PC-1851  
 DEL SISTEMA DE CONTROL Y SUPERVISIÓN  
 INTERCEPTOR WELL, MITIGATION SYSTEM LEFT ABUTMENT  
 POZO MT-1

ÁREA 4200  
 TENSION DE ALIMENTACION 120VAC  
 TENSION DE MANDO 120VAC  
 PLANOS PLANOS LAYOUT Y PLANOS CONEXIONADO




REV.	FECHA	DESCRIPCION	DES. CHK.	APROBADO	REV.	FECHA	DESCRIPCION	DES. CHK.	APROBADO	DWC.NO.	REFERENCIAS DEL DIBUJO
A	16/07	EMITIDO PARA REVISIÓN INTERNA	AV. AV.	/							
				/							
				/							
				/							
				/							
				/							
				/							
				/							
				/							
				/							

**CONFIDENCIAL**  
 ESTE PLANO Y LA INFORMACION CONTENIDA EN ÉL SON PROPIEDAD DEL GRUPO DE DISEÑO A CARGO SU USO Y REPRODUCCION, SIN AUTORIZACION PREVIA, ESTAN PROHIBIDOS.

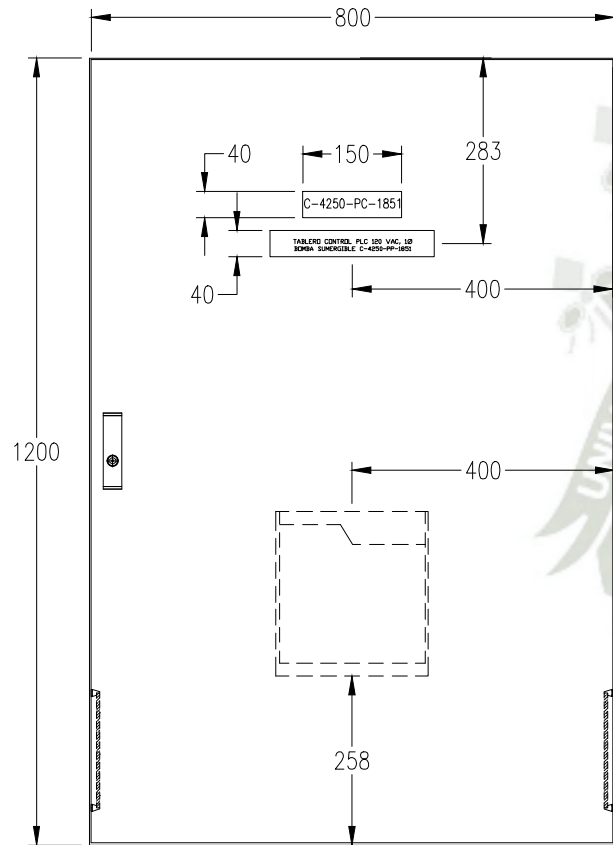
DISEÑADO POR: A. VELASQUEZ	FECHA: 16/07/2017
PROCESADO POR: A. VELASQUEZ	FECHA: 16/07/2017
REVISADO POR: C. COLLADO	FECHA: 16/07/2017
APROBADO POR: C. COLLADO	FECHA: 16/07/2017
JEFE DE PROYECTO:	FECHA:
CUESTE:	FECHA:

NOMBRE DE PLANO INTERCEPTOR WELL, MITIGATION SYSTEM	INSTRUMENTACIÓN Y SISTEMAS DE CONTROL
CARATULA	
ESCALA: S/E	MANEJO DE PLANO PLANO-INST-002-001

ITEM	N° DE PLANO	DESCRIPCION
1	CAP13080-C-4200-70V-101-001	CARTATULA
2	CAP13080-C-4200-70V-101-002	INDICE
3	CAP13080-C-4200-70V-101-003	DIAGRAMA DE DIMENSIONES DE GABINETE DE CONTROL
4	CAP13080-C-4200-70V-101-004	DIAGRAMA DE DISTRIBUCION DE GABINETE DE CONTROL
5	CAP13080-C-4200-70V-101-005	LISTA DE EQUIPAMIENTO
6	CAP13080-C-4200-70V-101-006	DIAGRAMA DE CONEXIONADO DE FUERZA 120VAC
7	CAP13080-C-4200-70V-101-007	DIAGRAMA DE CONEXIONADO DISTRUBUCION 120VAC
8	CAP13080-C-4200-70V-101-008	DIAGRAMA DE CONEXIONADO DISTRUBUCION 24VDC
9	CAP13080-C-4200-70V-101-009	DIAGRAMA ESQUEMATICO DE FUERZA
10	CAP13080-C-4200-70V-101-010	ARQUITECTURAS DE RED
11	CAP13080-C-4200-70V-101-011	DETALLE DE ARQUITECTURA DE RED DEVICENET
12	CAP13080-C-4200-70V-101-012	DETALLE DE ARQUITECTURA DE RED ETHERNET
13	CAP13080-C-4200-70V-101-013	ESQUEMA DE DETALLE DE RACK
14	CAP13080-C-4200-70V-101-014	DIAGRAMA DE CONEXIONADO E.D. 1769-IA8I SLOT 2
15	CAP13080-C-4200-70V-101-015	DIAGRAMA DE CONEXIONADO S.D 1769-OW8I SLOT 3
16	CAP13080-C-4200-70V-101-016	DIAGRAMA DE CONEXIONADO E.A 1769SC-IF4H SLOT 4

REV.	FECHA	DESCRIPCION	DES. CHK.	APROBADO	REV.	FECHA	DESCRIPCION	DES. CHK.	APROBADO	DWG.NO.	REFERENCIAS DEL DIBUJO			DISEÑADO POR: A. VELASQUEZ FECHA: 16/07/2017 PROCESADO POR: A. VELASQUEZ FECHA: 16/07/2017 REVISADO POR: C. COLLADO FECHA: 16/07/2017 APROBADO POR: C. COLLADO FECHA: 16/07/2017 JEFE DE PROYECTO: FECHA:	NOMBRE DE PLANO INTERCEPTOR WELL, MITIGATION SYSTEM INSTRUMENTACIÓN Y SISTEMAS DE CONTROL INDICE	ESCALA: S/E NUMERO DE PLANO PLANO-INST-002-002 REV. A
A	16/07	EMITIDO PARA REVISIÓN INTERNA											<b>CONFIDENCIAL</b> ESTE PLANO Y LA INFORMACION CONTENIDA EN ÉL SON PROPIEDAD DEL GRUPO DE DISEÑO A CARGO SU USO Y REPRODUCCION, SIN AUTORIZACION PREVIA, ESTAN PROHIBIDOS.			

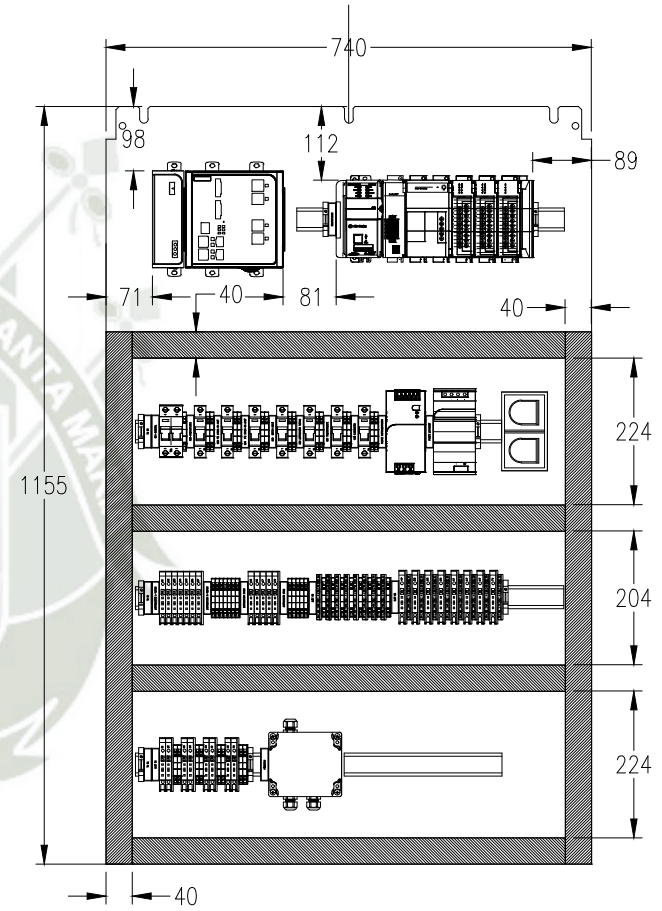
VISTA FRONTAL




VISTA LATERAL



BACK PANEL



REV.	FECHA	DESCRIPCION	DES. CHK.	APROBADO	REV.	FECHA	DESCRIPCION	DES. CHK.	APROBADO	DWG. NO.	REFERENCIAS DEL DIBUJO
A	16/07	EMITIDO PARA REVISIÓN INTERNA	JAV. AV.	/					/		
				/					/		
				/					/		
				/					/		
				/					/		

  
**PPIMEM**  
 PLANIFICACIÓN Y PROYECTO DE SISTEMAS DE INSTRUMENTACIÓN Y CONTROL

**CONFIDENCIAL**  
 ESTE PLANO Y LA INFORMACION CONTENIDA EN ÉL SON PROPIEDAD DEL GRUPO DE DISEÑO A CARGO SU USO Y REPRODUCCION, SIN AUTORIZACION PREVIA, ESTAN PROHIBIDOS.

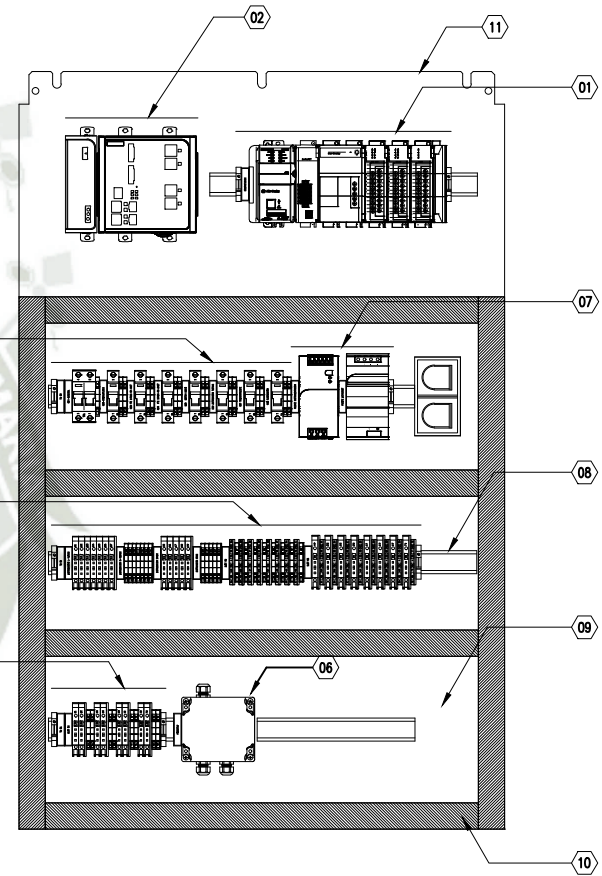
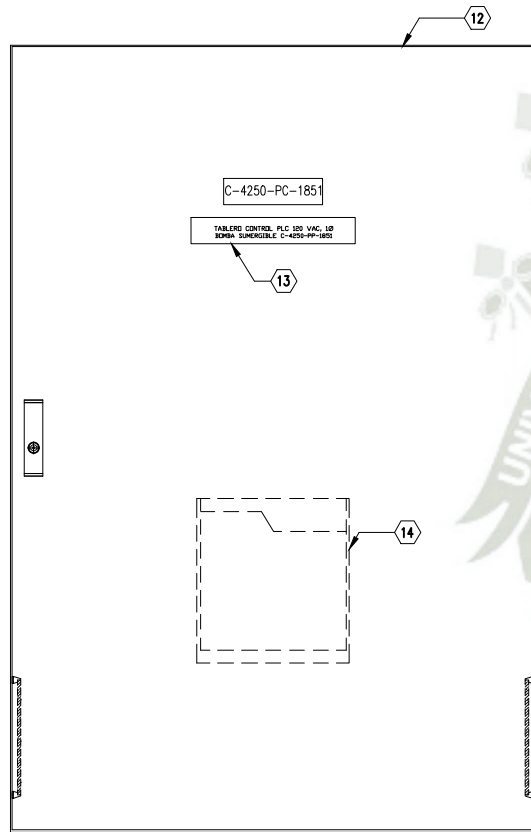
DESIGNADO POR:	A. VELASQUEZ	FECHA:	16/07/2017
PROCESADO POR:	A. VELASQUEZ	FECHA:	16/07/2017
REVISADO POR:	C. COLLADO	FECHA:	16/07/2017
APROBADO POR:	C. COLLADO	FECHA:	16/07/2017
JEFE DE PROYECTO:		FECHA:	
CLIENTE:		FECHA:	

INTERCEPTOR WELL, MITIGATION SYSTEM	
NOMBRE DE PLANO INSTRUMENTACIÓN Y SISTEMAS DE CONTROL	
DIAGRAMA DE DIMENSIONES DE GABINETE DE CONTROL	
ESCALA:	S/E
MANEJO DE PLANO:	PLANO-INST-002-003
REV.:	A


VISTA FRONTAL

VISTA LATERAL

BACK PANEL



REV.	FECHA	DESCRIPCION	DES. CHK.	APROBADO	REV.	FECHA	DESCRIPCION	DES. CHK.	APROBADO	DWG. NO.	REFERENCIAS DEL DIBUJO
A	16/07	EMITIDO PARA REVISIÓN INTERNA	J. AZ. AN.	/					/		
				/					/		
				/					/		
				/					/		
				/					/		



  
**CONFIDENCIAL**  
 ESTE PLANO Y LA INFORMACION CONTENIDA EN ÉL SON PROPIEDAD DEL GRUPO DE DISEÑO A CARGO SU USO Y REPRODUCCION, SIN AUTORIZACION PREVIA, ESTAN PROHIBIDOS.

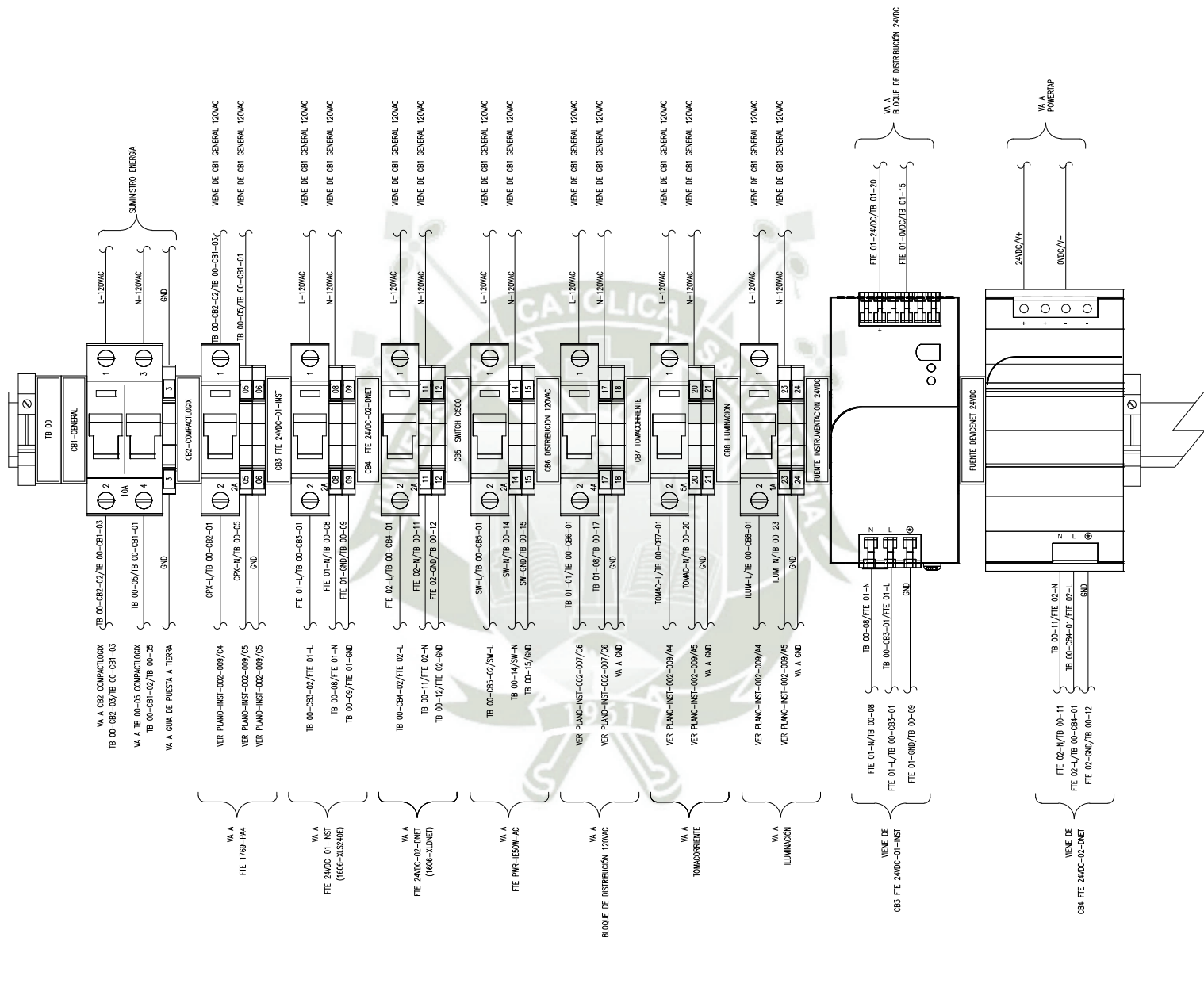
DESIGNADO POR:	FECHA:
A. VELASQUEZ	16/07/2017
PROCESADO POR:	FECHA:
A. VELASQUEZ	16/07/2017
REVISADO POR:	FECHA:
C. COLLADO	16/07/2017
APROBADO POR:	FECHA:
C. COLLADO	16/07/2017
JEFE DE PROYECTO:	FECHA:
CUESTA:	FECHA:

INTERCEPTOR WELL, MITIGATION SYSTEM	
NOMBRE DE PLANO INSTRUMENTACIÓN Y SISTEMAS DE CONTROL	
DIAGRAMA DE DISTRIBUCION DE GABINETE DE CONTROL	
ESCALA:	MANEJO DE PLANO
S/E	PLANO-INST-002-004
REV.:	A

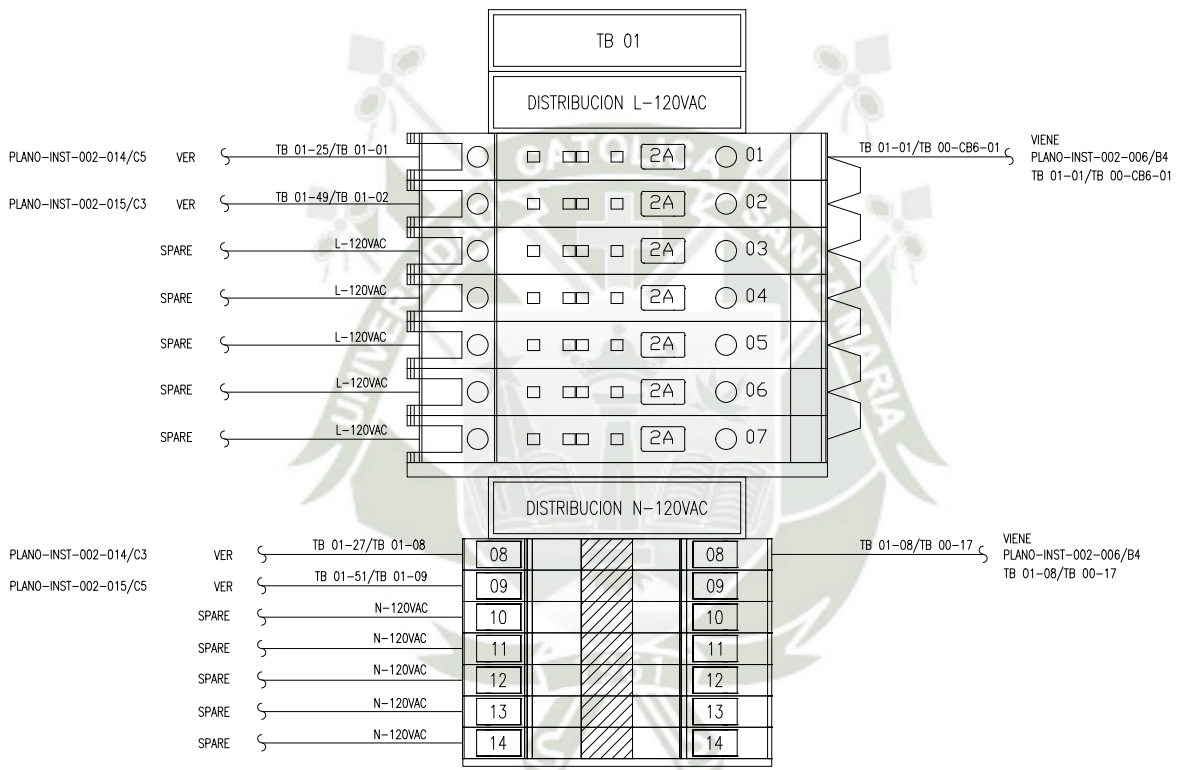
ITEM	CANT	FABRICANTE	CATALOGO	DESCRIPCION
01	01	ALLEN BRADLEY	1769-L30ER	COMPACTLOGIX L30ER PROCESSOR WITH 1 MB MEMORY
	01	ALLEN BRADLEY	1769-PA4	POWER SUPPLY, 120/240 VAC INPUT, 4A @ 5VDC
	01	ALLEN BRADLEY	1769-SDN	COMPACTLOGIX DEVICENET SCANNER MODULE
	01	ALLEN BRADLEY	1769-1A81	MODULO COMPACT I/O DE 8E A 120VAC, AISLADAS
	01	ALLEN BRADLEY	1769-DW81	MODULO COMPACT I/O DE 8S RELE A 5/265 VAC, AISLADAS
	01	ALLEN BRADLEY	1769SC-IF4IH	4 CHANEL ANALOG INPUT WITH HART PROTOCOL
	01	ALLEN BRADLEY	1769-ECR	TERMINADOR FINAL DERECHO PARA COMPACTBUS
	01	ALLEN BRADLEY	1492-GM35	SOPORTE PARA MARCADOR DE GRUPO
	02	ALLEN BRADLEY	1492-EAJ35	TOPE DE RETENCION CON TORNILLO ESTANDAR 35MM
02	01	CISCO	IE-3000-4TC	MODULAR SWITCH CISCO LAYER 2
	01	CISCO	PWR-IE50W-AC	AC INPUT POWER SUPPLY TO SWITCH CISCO
	01	CISCO	GLC-FE-100FX-RGD	ETHERNET TRANSCEIVER MODULE SFP 100BASE-FX SFP
03	01	ALLEN BRADLEY	1492-SP2C100	INTERRUPTOR AUTOMATICO MODULAR, 2 POLOS-10A
	01	ALLEN BRADLEY	1492-SP1C050	INTERRUPTOR AUTOMATICO MODULAR, 1 POLO-5A
	01	ALLEN BRADLEY	1492-SP1C040	INTERRUPTOR AUTOMATICO MODULAR, 1POLO-4A
	04	ALLEN BRADLEY	1492-SP1C020	INTERRUPTOR AUTOMATICO MODULAR, 1POLO-2A
	01	ALLEN BRADLEY	1492-SP1C010	INTERRUPTOR AUTOMATICO MODULAR, 1POLO-1A
	07	ALLEN BRADLEY	1492-J4	BORNA DE CONEXION POR TORNILLO 4MM GRIS
	08	ALLEN BRADLEY	1492-JG4	BORNA DE TIERRA DE CONEX. POR TORNILLO, 4MM
	09	ALLEN BRADLEY	1492-GM35	SOPORTE PARA MARCADOR DE GRUPO
	01	ALLEN BRADLEY	1492-EAJ35	TOPE DE RETENCION CON TORNILLO ESTANDAR 35MM
04	07	ALLEN BRADLEY	1492-GM35	SOPORTE PARA MARCADOR DE GRUPO
	02	ALLEN BRADLEY	1492-EAJ35	TOPE DE RETENCION CON TORNILLO ESTANDAR 35MM
	20	ALLEN BRADLEY	1492-H6	BORNERAS DE CONEXION IEC, BORNERA PORTAFUSIBLE, 4 MM
	13	ALLEN BRADLEY	1492-J4	BORNA DE CONEXION POR TORNILLO 4MM GRIS
	03	ALLEN BRADLEY	1492-EBJ3	PLACA DE CIERRE GRIS

ITEM	CANT	FABRICANTE	CATALOGO	DESCRIPCION
	10	ALLEN BRADLEY	1492-N37	PLACA DE CIERRE BORNERAS PORTAFUSIBLE 4 MM
	16	ALLEN BRADLEY	1492-JD3	2 LEVEL FEED SCREW TERMINAL BLOCK 2.5MM2
	16	ALLEN BRADLEY	1492-EBJD3	END BARRIER FOR 2 LEVEL FEED SCREW TERMINAL BLOCK
05	02	ALLEN BRADLEY	1492-EAJ35	TOPE DE RETENCION CON TORNILLO ESTANDAR 35MM
	02	ALLEN BRADLEY	1492-GM35	SOPORTE PARA MARCADOR DE GRUPO
	08	ALLEN BRADLEY	1492-H6	BORNERAS DE CONEXION IEC, BORNERA PORTAFUSIBLE, 4 MM
	04	ALLEN BRADLEY	1492-N37	PLACA DE CIERRE BORNERAS PORTAFUSIBLE 4 MM
	08	ALLEN BRADLEY	1492-J4	BORNA DE CONEXION POR TORNILLO 4MM GRIS
	01	ALLEN BRADLEY	1492-EBJ3	PLACA DE CIERRE GRIS
06	01	ALLEN BRADLEY	1485T-P2T5-T5	POWERTAP, CONEXION TRUNK CON FUSIBLE DE 7, 5 A
	01	ALLEN BRADLEY	1492-GM35	SOPORTE PARA MARCADOR DE GRUPO
07	01	ALLEN BRADLEY	1492-EAJ35	TOPE DE RETENCION CON TORNILLO ESTANDAR 35MM
	02	ALLEN BRADLEY	1492-GM35	SOPORTE PARA MARCADOR DE GRUPO
	01	ALLEN BRADLEY	1606-XLS240E	POWER SUPPLY, 240 V, 24 - 28 VDC
	01	ALLEN BRADLEY	1606-XLDNET4	STANDARD POWER SUPPLY (FOR DEVICENET) 24VDC 120/220VAC
08	03	-	-	RIEL DIN
09	01	-	-	TOMACORRIENTE 120VAC
10	02	-	-	CANALETA RANURADA 40X80MM (WXH)
11	01	RITTAL	-	BACKPLANE
12	01	RITTAL	-	ARMARIO AE 1200*800*300MM, 1 PUERTA, IP66, NEMA 4
13	01	RITTAL	-	PORTAPLANO PLASTICO DIN A4 VERTICAL
14	01	-	-	LAMICOID
15	01	RITTAL	-	GUIA DE PUESTA A TIERRA DE E-CU 57 15*450*5mm

REV.	FECHA	DESCRIPCION	DES. CHK.	APROBADO	REV.	FECHA	DESCRIPCION	DES. CHK.	APROBADO	DWG. NO.	REFERENCIAS DEL DIBUJO			DISEÑADO POR: A. VELASQUEZ FECHA: 16/07/2017	PROCESADO POR: A. VELASQUEZ FECHA: 16/07/2017	REVISADO POR: C. COLLADO FECHA: 16/07/2017	APROBADO POR: C. COLLADO FECHA: 16/07/2017	JEFE DE PROYECTO: FECHA:	CLIENTE: FECHA:	INTERCEPTOR WELL, MITIGATION SYSTEM	
A	16/07	EMITIDO PARA REVISIÓN INTERNA										<b>CONFIDENCIAL</b> ESTE PLANO Y LA INFORMACION CONTENIDA EN ÉL SON PROPIEDAD DEL GRUPO DE DISEÑO A CARGO SU USO Y REPRODUCCION, SIN AUTORIZACION PREVIA, ESTAN PROHIBIDOS.	NOMBRE DE PLANO INSTRUMENTACIÓN Y SISTEMAS DE CONTROL LISTA DE EQUIPAMIENTO	ESCALA: S/E	NUMERO DE PLANO PLANO-INST-002-005	REV. A					



REV.	FECHA	DESCRIPCION	DES. CHK.	APROBADO	REV.	FECHA	DESCRIPCION	DES. CHK.	APROBADO	DWG. NO.	REFERENCIAS DEL DIBUJO			DESARROLLADO POR: A. VELASQUEZ PROCESADO POR: A. VELASQUEZ REVISADO POR: C. COLLADO		INTERCEPTOR WELL, MITIGATION SYSTEM	
A	16/07	EMITIDO PARA REVISION INTERNA										CONFIDENCIAL ESTE PLANO Y LA INFORMACION CONTENIDA EN EL SON PROPIEDAD DEL GRUPO DE DISEÑO A CARGO SU USO Y REPRODUCCION, SIN AUTORIZACION PREVIA, ESTAN PROHIBIDOS.	APROBADO POR: C. COLLADO JEFE DE PROYECTO:	FECHA: 16/07/2017 FECHA: 16/07/2017 FECHA: 16/07/2017	NOMBRE DE PLANO: INSTRUMENTACION Y SISTEMAS DE CONTROL DIAGRAMA DE CONEXIONADO DE FUERZA 120VAC	ESQA: MANDR DE PLANO S/E PLANO-INST-002-006	REV. A



REV.	FECHA	DESCRIPCION	DES. CHK.	APROBADO	REV.	FECHA	DESCRIPCION	DES. CHK.	APROBADO	DWG. NO.	REFERENCIAS DEL DIBUJO
A	16/07	EMITIDO PARA REVISIÓN INTERNA	AV. AV.	/					/		
				/					/		
				/					/		
				/					/		
				/					/		

**PPIMEM**

**CONFIDENCIAL**

ESTE PLANO Y LA INFORMACION CONTENIDA EN ÉL SON PROPIEDAD DEL GRUPO DE DISEÑO A CARGO SU USO Y REPRODUCCION, SIN AUTORIZACION PREVIA, ESTAN PROHIBIDOS.

DESIGNADO POR:	A. VELASQUEZ	FECHA:	16/07/2017
PROCESADO POR:	A. VELASQUEZ	FECHA:	16/07/2017
REVISADO POR:	C. COLLADO	FECHA:	16/07/2017
APROBADO POR:	C. COLLADO	FECHA:	16/07/2017
JEFE DE PROYECTO:		FECHA:	
CUENTE:		FECHA:	

INTERCEPTOR WELL, MITIGATION SYSTEM

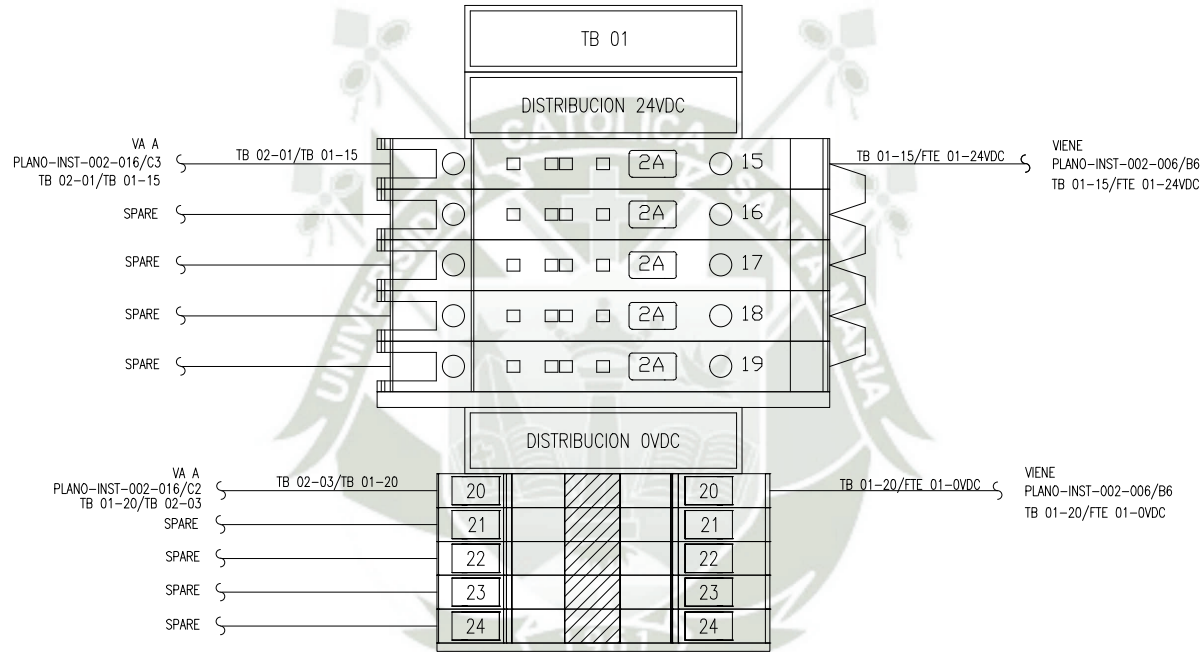
---


INSTRUMENTACIÓN Y SISTEMAS DE CONTROL  
DIAGRAMA DE CONEXIONADO DISTRIBUCION 120VAC

---

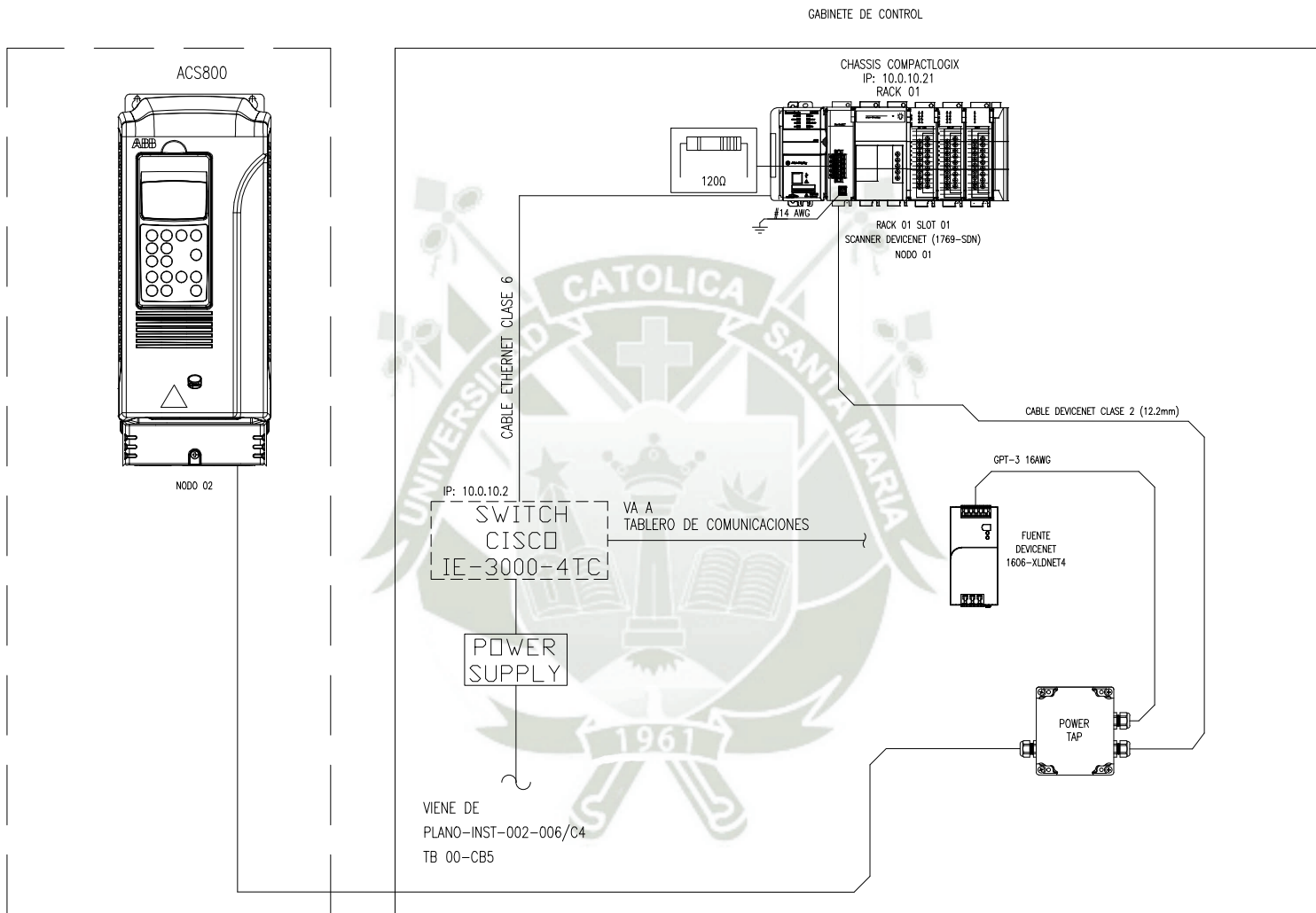
ESCALA: S/E

MANEJO DE PLANO: PLANO-INST-002-007



REV.	FECHA	DESCRIPCION	DES. CHK.	APROBADO	REV.	FECHA	DESCRIPCION	DES. CHK.	APROBADO	DWG.NO.	REFERENCIAS DEL DIBUJO			DISEÑADO POR: A. VELASQUEZ FECHA: 16/07/2017 PROCESADO POR: A. VELASQUEZ FECHA: 16/07/2017 REVISADO POR: C. COLLADO FECHA: 16/07/2017 APROBADO POR: C. COLLADO FECHA: 16/07/2017 JEFE DE PROYECTO: FECHA:	NOMBRE DE PLANO INTERCEPTOR WELL, MITIGATION SYSTEM  INSTRUMENTACIÓN Y SISTEMAS DE CONTROL DIAGRAMA DE CONEXIONADO DISTRIBUCION 24VDC	ESCALA: S/E NUMERO DE PLANO PLANO-INST-002-008 REV. A
A	16/07	EMITIDO PARA REVISIÓN INTERNA	AV	/					/			<b>CONFIDENCIAL</b> ESTE PLANO Y LA INFORMACION CONTENIDA EN ÉL SON PROPIEDAD DEL GRUPO DE DISEÑO A CARGO SU USO Y REPRODUCCION, SIN AUTORIZACION PREVIA, ESTAN PROHIBIDOS.				
				/					/							
				/					/							
				/					/							
				/					/							





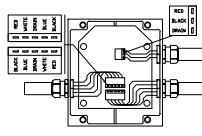
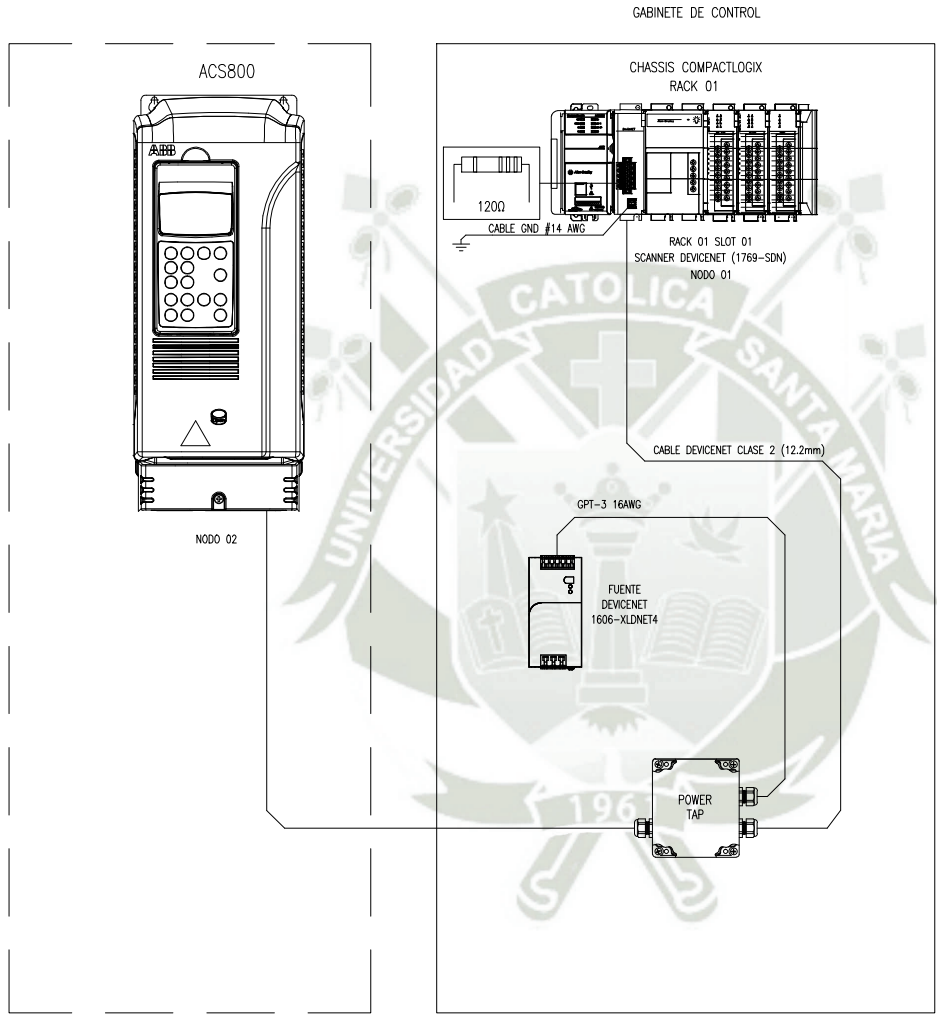
REV.	FECHA	DESCRIPCION	DES. CHK.	APROBADO	REV.	FECHA	DESCRIPCION	DES. CHK.	APROBADO	DWG.NO.	REFERENCIAS DEL DIBUJO
A	16/07	EMITIDO PARA REVISIÓN INTERNA	AV.								

**CONFIDENCIAL**

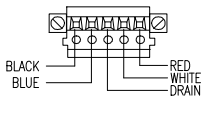
ESTE PLANO Y LA INFORMACION CONTENIDA EN ÉL SON PROPIEDAD DEL GRUPO DE DISEÑO A CARGO SU USO Y REPRODUCCION, SIN AUTORIZACION PREVIA, ESTAN PROHIBIDOS.

DESIGNADO POR: A. VELASQUEZ	FECHA: 16/07/2017
PROCESADO POR: A. VELASQUEZ	FECHA: 16/07/2017
REVISADO POR: C. COLLADO	FECHA: 16/07/2017
APROBADO POR: C. COLLADO	FECHA: 16/07/2017
JEFE DE PROYECTO:	FECHA:
CUENTE:	FECHA:

INTERCEPTOR WELL, MITIGATION SYSTEM	
NOMBRE DE PLANO INSTRUMENTACIÓN Y SISTEMAS DE CONTROL ARQUITECTURA DE RED	
ESCALA: S/E	MANEJO DE PLANO PLANO-INST-002-010
REV.:	A



CONEXIONES POWER TAP



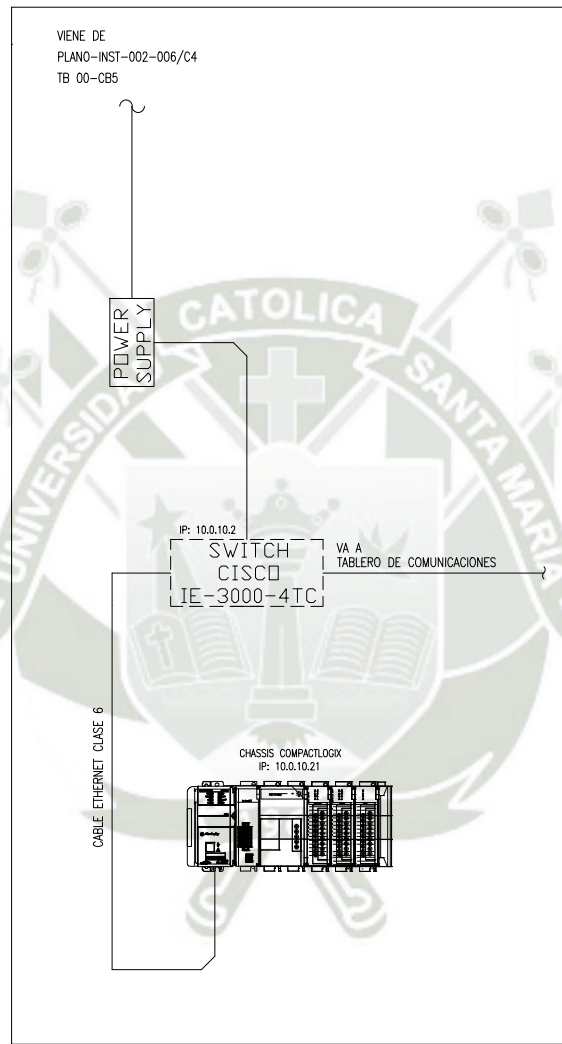
CONECTOR DEVICENET

REV.	FECHA	DESCRIPCION	DES. CHK.	APROBADO	REV.	FECHA	DESCRIPCION	DES. CHK.	APROBADO	DWG.NO.	REFERENCIAS DEL DIBUJO
A	16/07	EMITIDO PARA REVISIÓN INTERNA	AV.								

**CONFIDENCIAL**

ESTE PLANO Y LA INFORMACION CONTENIDA EN ÉL SON PROPIEDAD DEL GRUPO DE DISEÑO A CARGO SU USO Y REPRODUCCION, SIN AUTORIZACION PREVIA, ESTAN PROHIBIDOS.

DISEÑADO POR: A. VELASQUEZ PROCESADO POR: A. VELASQUEZ REVISADO POR: C. COLLADO APROBADO POR: C. COLLADO JEFE DE PROYECTO: CUIDITE:	FECHA: 16/07/2017 FECHA: 16/07/2017 FECHA: 16/07/2017 FECHA: 16/07/2017 FECHA:	INTERCEPTOR WELL, MITIGATION SYSTEM  INSTRUMENTACIÓN Y SISTEMAS DE CONTROL DETALLE DE ARQUITECTURA DE RED DEVICENET  NOMBRE DE PLANO PLANO-INST-002-011
--	--	---



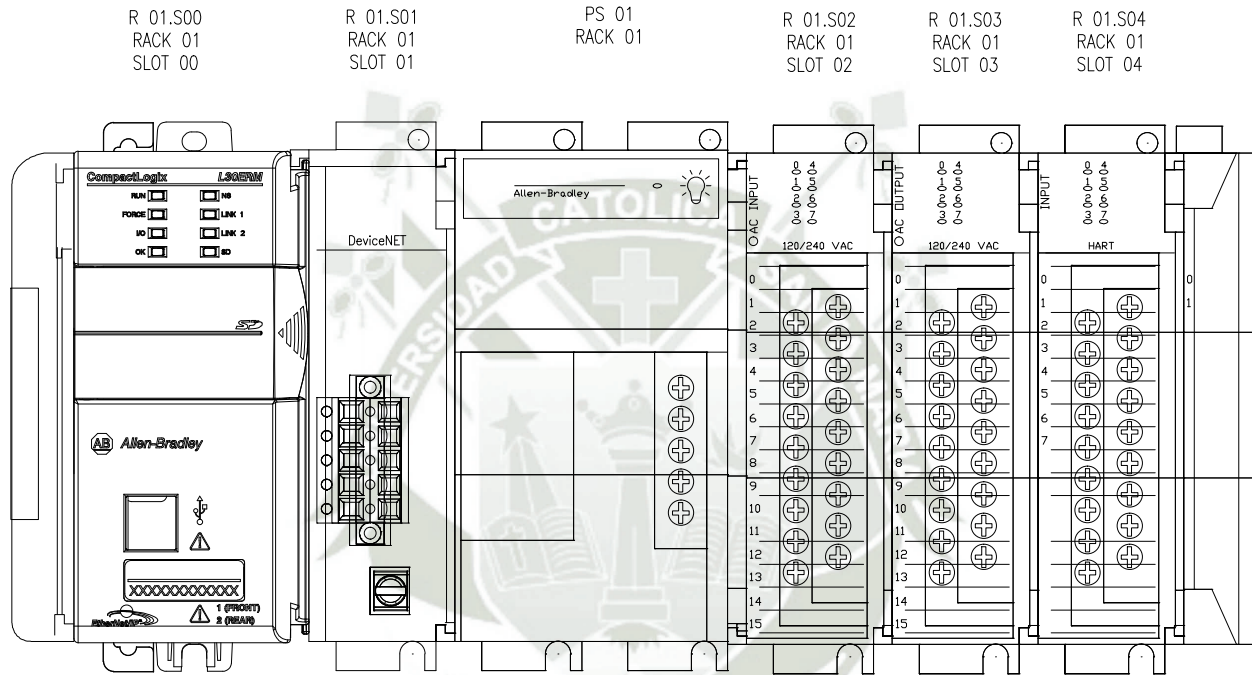
REV.	FECHA	DESCRIPCION	DES. CHK.	APROBADO	REV.	FECHA	DESCRIPCION	DES. CHK.	APROBADO	DWG.NO.	REFERENCIAS DEL DIBUJO
A	16/07	EMITIDO PARA REVISIÓN INTERNA	AV. AV.	/					/		
				/					/		
				/					/		
				/					/		
				/					/		

**PPIMEM**

**CONFIDENCIAL**  
ESTE PLANO Y LA INFORMACION CONTENIDA EN ÉL SON PROPIEDAD DEL GRUPO DE DISEÑO A CARGO SU USO Y REPRODUCCION, SIN AUTORIZACION PREVIA, ESTAN PROHIBIDOS.

DESIGNADO POR: A. VELASQUEZ	FECHA: 16/07/2017
PROCESADO POR: A. VELASQUEZ	FECHA: 16/07/2017
REVISADO POR: C. COLLAJO	FECHA: 16/07/2017
APROBADO POR: C. COLLAJO	FECHA: 16/07/2017
JEFE DE PROYECTO:	FECHA:
CUESTE:	FECHA:

INTERCEPTOR WELL, MITIGATION SYSTEM	
NOMBRE DE PLANO: INSTRUMENTACIÓN Y SISTEMAS DE CONTROL DETALLE DE ARQUITECTURA DE RED ETHERNET	
ESCALA: S/E	MANEJO DE PLANO: PLANO-INST-002-012
REV.:	A



PROCESADOR  
COMPACTLOGIX  
1769-L30R

ESCANER  
DEVICENET  
1769-SDN

FUENTE  
1769-PA4

MODULO  
I/O DE 8E  
110VCA  
1769-IA8I

MODULO  
8 SALIDAS POR  
RELÉ  
1769-OW8I

MODULO  
ENTRADAS  
ANALOGICAS HART  
1769SC-IF4IH

REV.	FECHA	DESCRIPCION	DES. CHK.	APROBADO	REV.	FECHA	DESCRIPCION	DES. CHK.	APROBADO	DWG.NO.	REFERENCIAS DEL DIBUJO
A	16/07	EMITIDO PARA REVISIÓN INTERNA	J. AV.	[Signature]							

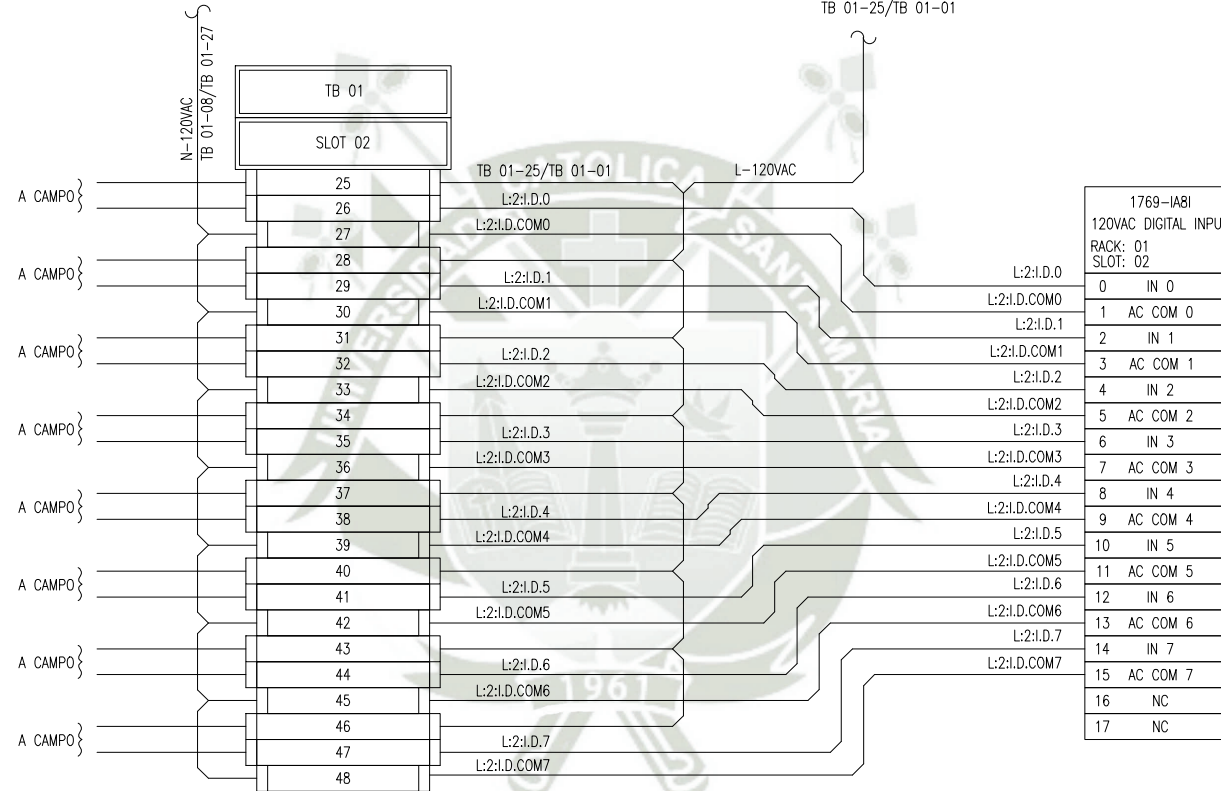
**CONFIDENCIAL**  
ESTE PLANO Y LA INFORMACION CONTENIDA EN ÉL SON PROPIEDAD DEL GRUPO DE DISEÑO A CARGO SU USO Y REPRODUCCION, SIN AUTORIZACION PREVIA, ESTAN PROHIBIDOS.

DESIGNADO POR: A. VELASQUEZ	FECHA: 16/07/2017
PROCESADO POR: A. VELASQUEZ	FECHA: 16/07/2017
REVISADO POR: C. COLLAJO	FECHA: 16/07/2017
APROBADO POR: C. COLLAJO	FECHA: 16/07/2017
JEFE DE PROYECTO:	FECHA:
CUESTE:	FECHA:


INTERCEPTOR WELL, MITIGATION SYSTEM	
NOMBRE DE PLANO INSTRUMENTACIÓN Y SISTEMAS DE CONTROL	
ESQUEMA DE DETALLE DE RACK	
ESCALA: S/E	MANEJO DE PLANO PLANO-INST-002-013

VIENE DE  
PLANO-INST-002-007/B3  
TB 01-08/TB 01-27

VIENE DE  
PLANO-INST-002-007/C3  
TB 01-25/TB 01-01



REV.	FECHA	DESCRIPCION	DES. CHK.	APROBADO	REV.	FECHA	DESCRIPCION	DES. CHK.	APROBADO	DWG. NO.	REFERENCIAS DEL DIBUJO
A	16/07	EMITIDO PARA REVISIÓN INTERNA	AV. AN.								



**CONFIDENCIAL**  
ESTE PLANO Y LA INFORMACION CONTENIDA EN ÉL SON PROPIEDAD DEL GRUPO DE DISEÑO A CARGO SU USO Y REPRODUCCION, SIN AUTORIZACION PREVIA, ESTAN PROHIBIDOS.

DESIGNADO POR: A. VELASQUEZ	FECHA: 16/07/2017
PROCESADO POR: A. VELASQUEZ	FECHA: 16/07/2017
REVISADO POR: C. COLLAJO	FECHA: 16/07/2017
APROBADO POR: C. COLLAJO	FECHA: 16/07/2017
JEFE DE PROYECTO:	FECHA:
CUESTE:	FECHA:

INTERCEPTOR WELL, MITIGATION SYSTEM

NUMERO DE PLANO: INSTRUMENTACIÓN Y SISTEMAS DE CONTROL  
DIAGRAMA DE CONEXIONADO E.D. 1769-IAB1 SLOT 2

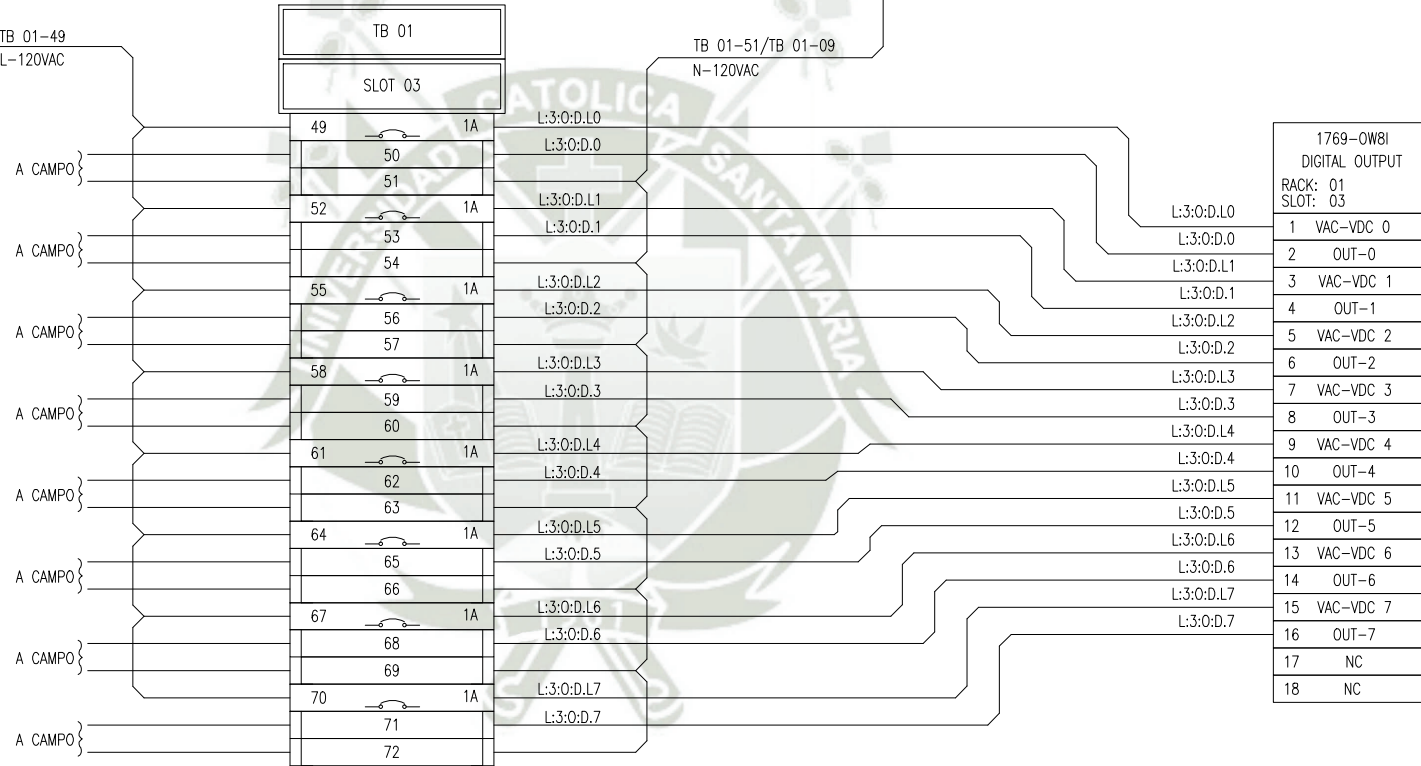
ESCALA: S/E      NUMERO DE PLANO: PLANO-INST-002-014      REV. A

VIENE  
PLANO-INST-002-007/C3  
TB 01-02/TB 01-49


VIENE  
PLANO-INST-002-007/B3  
TB 01-51/TB 01-09

TB 01-02/TB 01-49  
L-120VAC

TB 01-51/TB 01-09  
N-120VAC



REV.	FECHA	DESCRIPCION	DES. CHK.	APROBADO	REV.	FECHA	DESCRIPCION	DES. CHK.	APROBADO	DWG. NO.	REFERENCIAS DEL DIBUJO
A	16/07	EMITIDO PARA REVISIÓN INTERNA	AJL AVL								



**PPIMEM**

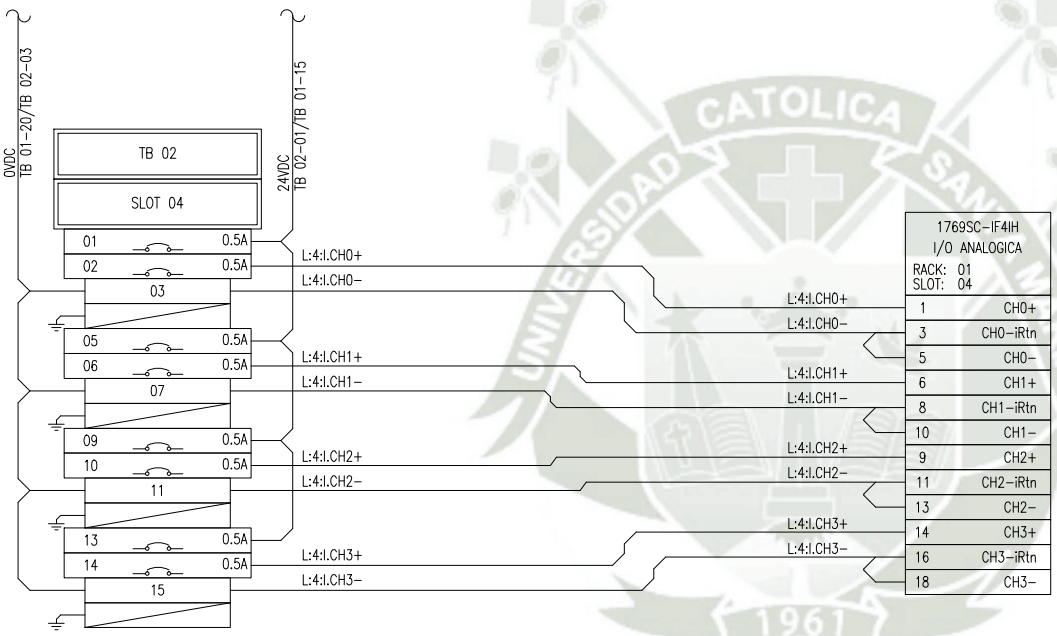
**CONFIDENCIAL**  
ESTE PLANO Y LA INFORMACION CONTENIDA EN EL SON PROPIEDAD DEL GRUPO DE DISEÑO A CARGO SU USO Y REPRODUCCION, SIN AUTORIZACION PREVIA, ESTAN PROHIBIDOS.

DESIGNADO POR: A. VELASQUEZ	FECHA: 16/07/2017	<b>INSTRUMENTACIÓN Y SISTEMAS DE CONTROL</b> <b>DIAGRAMA DE CONEXIONADO E.D. 1769-OW81 SLOT 3</b>
PROCESADO POR: A. VELASQUEZ	FECHA: 16/07/2017	
REVISADO POR: C. COLLADO	FECHA: 16/07/2017	
APROBADO POR: C. COLLADO	FECHA: 16/07/2017	
JEFE DE PROYECTO:	FECHA:	

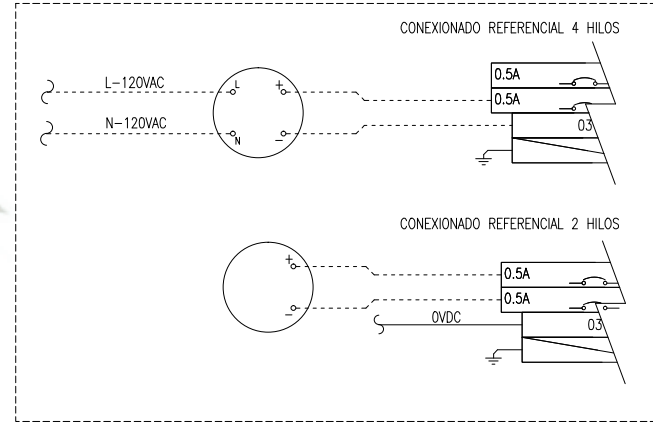
ESCALA: S/E	NUMERO DE PLANO: PLANO-INST-002-015	REV. A
----------------	--	-----------

VIENE PLANO-INST-002-008/B3  
TB 01-03/TB 02-03

VIENE PLANO-INST-002-008/C3  
TB 02-01/TB 01-15



1769SC-IF4IH	
I/O ANALOGICA	
RACK:	01
SLOT:	04
1	CH0+
3	CH0-irtn
5	CH0-
6	CH1+
8	CH1-irtn
10	CH1-
9	CH2+
11	CH2-irtn
13	CH2-
14	CH3+
16	CH3-irtn
18	CH3-



REV.	FECHA	DESCRIPCION	DES. CHK.	APROBADO	REV.	FECHA	DESCRIPCION	DES. CHK.	APROBADO	DWG. NO.	REFERENCIAS DEL DIBUJO
A	16/07	EMITIDO PARA REVISIÓN INTERNA									

**CONFIDENCIAL**

ESTE PLANO Y LA INFORMACION CONTENIDA EN ÉL SON PROPIEDAD DEL GRUPO DE DISEÑO A CARGO SU USO Y REPRODUCCION, SIN AUTORIZACION PREVIA, ESTAN PROHIBIDOS.

DESIGNADO POR: A. VELASQUEZ  
FECHA: 16/07/2017

PROCESADO POR: A. VELASQUEZ  
FECHA: 16/07/2017

REVISADO POR: C. COLLAJO  
FECHA: 16/07/2017

APROBADO POR: C. COLLAJO  
FECHA: 16/07/2017

JEFE DE PROYECTO: FECHA: FECHA:

CUESTA: FECHA:

INTERCEPTOR WELL, MITIGATION SYSTEM

NUMERO DE PLANO: INSTRUMENTACIÓN Y SISTEMAS DE CONTROL  
DIAGRAMA DE CONEXIONADO E.D. 1769SC-IF4H SLOT 4


ESCALA: S/E  
MANEJO DE PLANO: PLANO-INST-002-016



**ANEXO C**  
**PLANOS DE TABLERO DE**  
**COMUNICACIÓN**



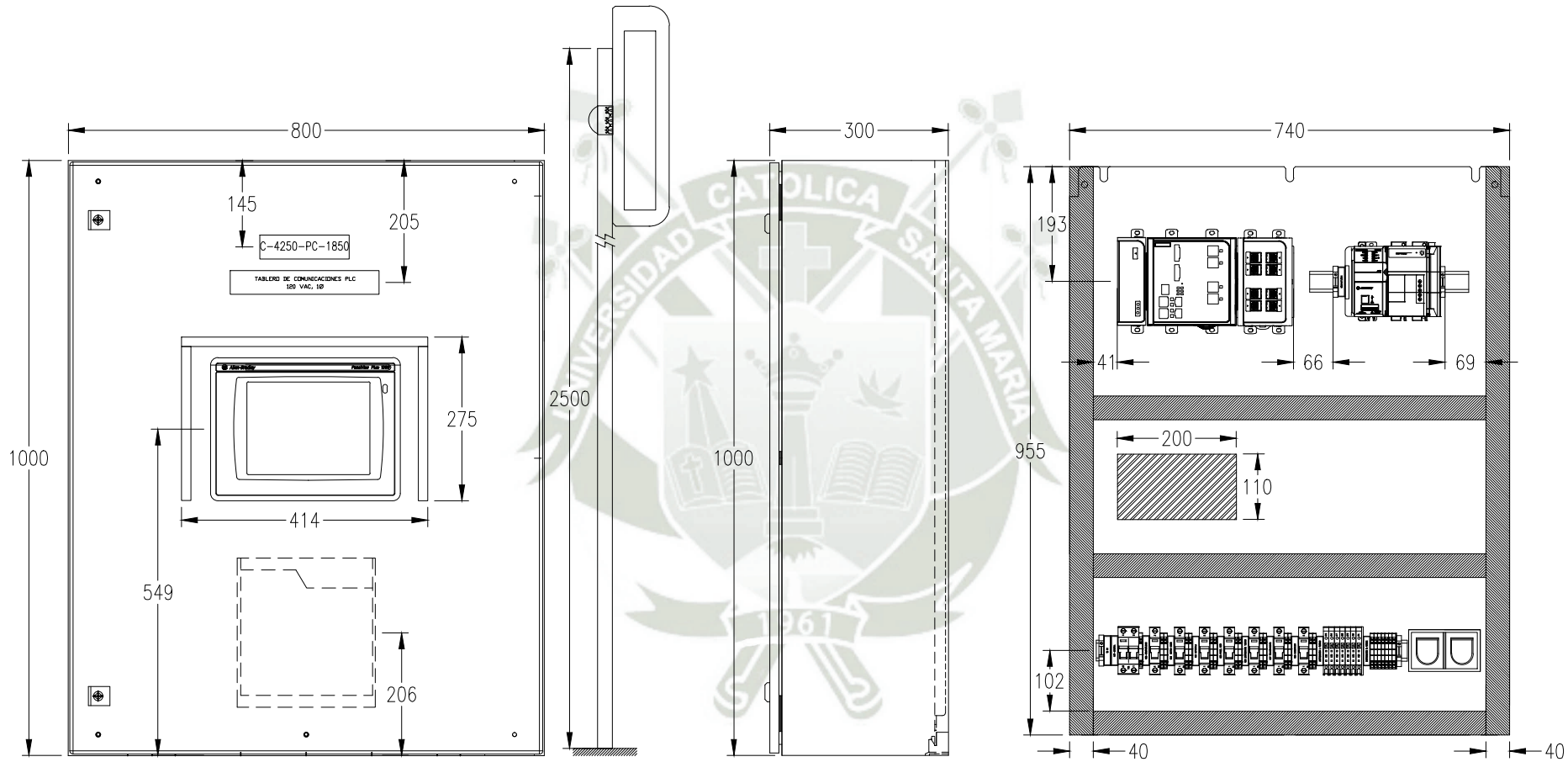
ITEM	N° DE PLANO	DESCRIPCION
1	CAP13080-C-4200-70V-100-001	CARTATULA
2	CAP13080-C-4200-70V-100-002	INDICE
3	CAP13080-C-4200-70V-100-003	DIAGRAMA DE DIMENSIONES DE GABINETE DE COMUNICACIONES
4	CAP13080-C-4200-70V-100-004	DIAGRAMA DE DISTRIBUCION DE GABINETE DE COMUNICACIONES
5	CAP13080-C-4200-70V-100-005	LISTA DE EQUIPAMIENTO
6	CAP13080-C-4200-70V-100-006	DIAGRAMA DE CONEXIONADO DE FUERZA 120VAC
7	CAP13080-C-4200-70V-100-007	DIAGRAMA DE CONEXIONADO DISTRUBUCION 120VAC
8	CAP13080-C-4200-70V-100-008	DIAGRAMA ESQUEMATICO DE FUERZA
9	CAP13080-C-4200-70V-100-009	ARQUITECTURA DE RED ETHERNET
10	CAP13080-C-4200-70V-100-010	DIAGRAMA DE MODULOS DE PLC
11	CAP13080-C-4200-70V-100-011	DIAGRAMA DE DIMENSIONES VISERA PARA PANEL VIEW

REV.	FECHA	DESCRIPCION	DES. CHK.	APROBADO	REV.	FECHA	DESCRIPCION	DES. CHK.	APROBADO	DWG. NO.	REFERENCIAS DEL DIBUJO			DISEÑADO POR: A. VELASQUEZ FECHA: 16/07/2017 PROCESADO POR: A. VELASQUEZ FECHA: 16/07/2017 REVISADO POR: C. COLLADO FECHA: 16/07/2017 APROBADO POR: C. COLLADO FECHA: 16/07/2017 JEFE DE PROYECTO: FECHA:	INTERCEPTOR WELL, MITIGATION SYSTEM  INSTRUMENTACIÓN Y SISTEMAS DE CONTROL INDICE
A	16/07	EMITIDO PARA REVISIÓN INTERNA										CONFIDENCIAL ESTE PLANO Y LA INFORMACION CONTENIDA EN ÉL SON PROPIEDAD DEL GRUPO DE DISEÑO A CARGO SU USO Y REPRODUCCION, SIN AUTORIZACION PREVIA, ESTAN PROHIBIDOS.	ESCALA: S/E NUMERO DE PLANO: PLANO-INST-002	REV. A	


VISTA FRONTAL

VISTA LATERAL

BACK PANEL



REV.	FECHA	DESCRIPCION	DES. CHK.	APROBADO	REV.	FECHA	DESCRIPCION	DES. CHK.	APROBADO	DWG. NO.	REFERENCIAS DEL DIBUJO
A	16/07	EMITIDO PARA REVISIÓN INTERNA	AV.								



**PPIMEM**

CONFIDENCIAL

ESTE PLANO Y LA INFORMACION CONTENIDA EN ÉL SON PROPIEDAD DEL GRUPO DE DISEÑO A CARGO SU USO Y REPRODUCCION, SIN AUTORIZACION PREVIA, ESTAN PROHIBIDOS.

DESIGNADO POR: A. VELASQUEZ FECHA: 16/07/2017

PROCESADO POR: A. VELASQUEZ FECHA: 16/07/2017

REVISADO POR: C. COLLADO FECHA: 18/07/2017

APROBADO POR: C. COLLADO FECHA: 16/07/2017

JEFE DE PROYECTO: FECHA: \_\_\_\_\_

CUESTA: FECHA: \_\_\_\_\_

INTERCEPTOR WELL, MITIGATION SYSTEM

NOMBRE DE PLANO: INSTRUMENTACIÓN Y SISTEMAS DE CONTROL

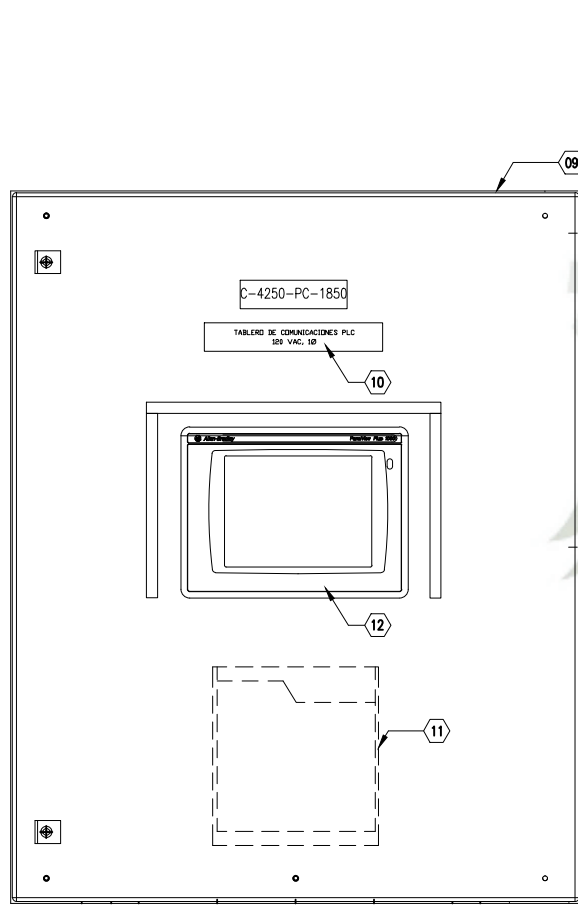
DIAGRAMA DE DIMENSIONES DE GABINETE DE COMUNICACIONES

ESCALA: S/E

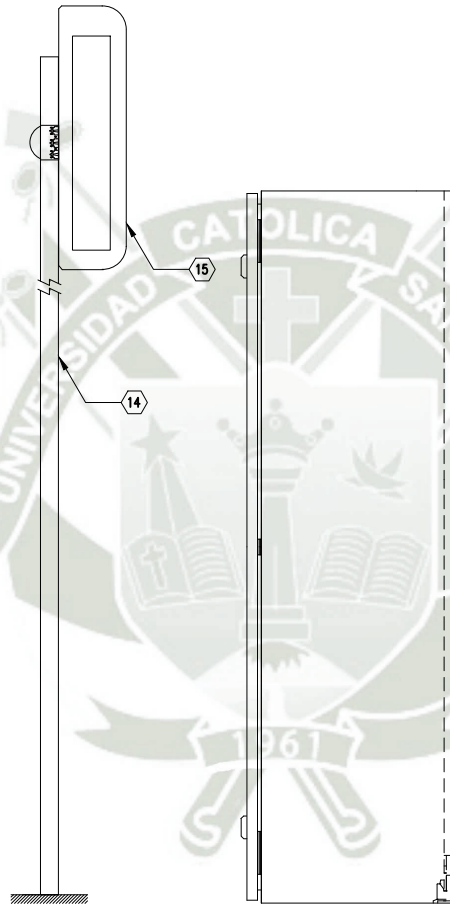
MANEJO DE PLANO: PLANO-INST-003

REV. A

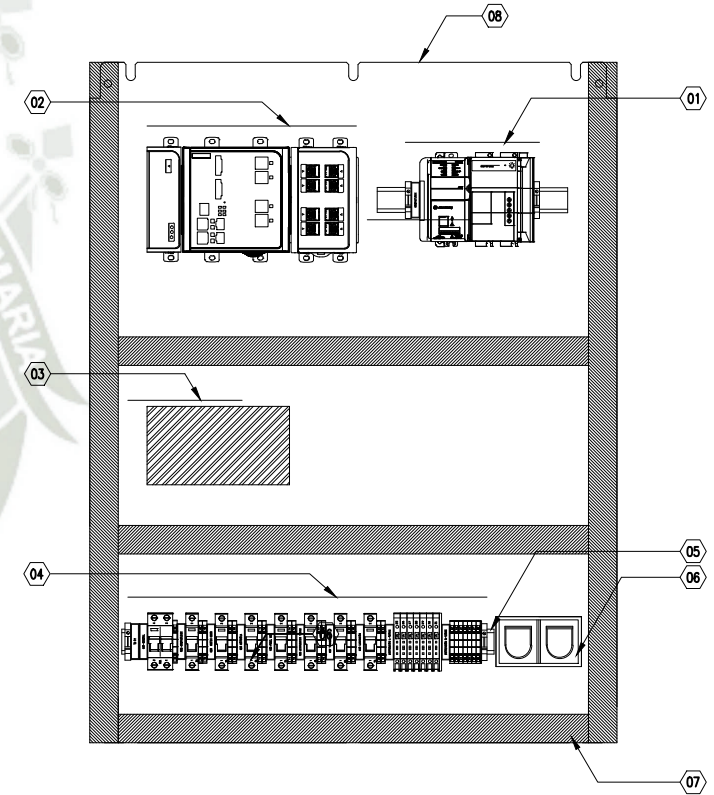
VISTA FRONTAL



VISTA LATERAL



BACK PANEL



REV.	FECHA	DESCRIPCION	DES. CHR.	APROBADO	REV.	FECHA	DESCRIPCION	DES. CHR.	APROBADO	DWG. NO.	REFERENCIAS DEL DIBUJO
A	16/07	EMITIDO PARA REVISIÓN INTERNA	AV. AV.	/					/		
				/					/		
				/					/		
				/					/		
				/					/		

**CONFIDENCIAL**  
 ESTE PLANO Y LA INFORMACION CONTENIDA EN ÉL SON PROPIEDAD DEL GRUPO DE DISEÑO A CARGO SU USO Y REPRODUCCION, SIN AUTORIZACION PREVIA, ESTAN PROHIBIDOS.


DESIGNADO POR: A. VELASQUEZ	FECHA: 16/07/2017
PROCESADO POR: A. VELASQUEZ	FECHA: 16/07/2017
REVISADO POR: C. COLLAJO	FECHA: 16/07/2017
APROBADO POR: C. COLLAJO	FECHA: 16/07/2017
JEFE DE PROYECTO:	FECHA:
CUESTA:	FECHA:

INTERCEPTOR WELL, MITIGATION SYSTEM	
NOMBRE DE PLANO: INSTRUMENTACIÓN Y SISTEMAS DE CONTROL	
DIAGRAMA DE DISTRIBUCION DE GABINETE DE COMUNICACIONES	
ESCALA: S/E	MANEJO DE PLANO: PLANO-INST-004
REV.:	A

ITEM	CANT	FABRICANTE	CATALOGO	DESCRIPCION
01	01	ALLEN BRADLEY	1769-L30ER	COMPACTLOGIX L30ER PROCESSOR WITH 1 MB MEMORY
01	01	ALLEN BRADLEY	1769-PA4	POWER SUPPLY, 120/240 VAC INPUT, 4A @ 5VDC
01	01	ALLEN BRADLEY	1769-ECR	TERMINADOR FINAL DERECHO PARA COMPACTBUS
01	01	ALLEN BRADLEY	1492-GM35	SOPORTE PARA MARCADOR DE GRUPO
02	01	ALLEN BRADLEY	1492-EAJ35	TOPE DE RETENCION CON TORNILLO ESTANDAR 35MM
02	01	CISCO	IE-3000-4TC	MODULAR SWITCH CISCO LAYER 2
01	01	CISCO	PWR-IE50W-AC	AC INPUT POWER SUPPLY TO SWITCH CISCO
01	01	CISCO	IEM-3000-8SM	EXPANSION SFP MODULE FOR CISCO IE-3000-4TC AND IE-3000-8TC SWITCHES
06	01	CISCO	GLC-FE-100FX-RGD	TRANSCEIVER MODULE SFP 100BASE-FX SFP INDUSTRIAL ETHERNET 100-MB
03	01	-	-	FUENTE DE ALIMENTACION AREA TI
04	01	ALLEN BRADLEY	1492-SP2C100	INTERRUPTOR AUTOMATICO MODULAR, 2 POLOS-10A
01	01	ALLEN BRADLEY	1492-SP1C050	INTERRUPTOR AUTOMATICO MODULAR, 1 POLO-5A
02	01	ALLEN BRADLEY	1492-SP1C040	INTERRUPTOR AUTOMATICO MODULAR, 1POLO-4A
02	01	ALLEN BRADLEY	1492-SP1C020	INTERRUPTOR AUTOMATICO MODULAR, 1POLO-2A
02	01	ALLEN BRADLEY	1492-SP1C010	INTERRUPTOR AUTOMATICO MODULAR, 1POLO-1A
13	01	ALLEN BRADLEY	1492-J4	BORNA DE CONEXION POR TORNILLO 4MM GRIS
07	01	ALLEN BRADLEY	1492-JG4	BORNA DE TIERRA DE CONEX. POR TORNILLO, 4MM
10	01	ALLEN BRADLEY	1492-GM35	SOPORTE PARA MARCADOR DE GRUPO
02	01	ALLEN BRADLEY	1492-EAJ35	TOPE DE RETENCION CON TORNILLO ESTANDAR 35MM
01	01	ALLEN BRADLEY	1492-N37	PLACA DE CIERRE BORNERAS PORTAFUSIBLE 4 MM
01	01	ALLEN BRADLEY	1492-EBJ3	PLACA DE CIERRE GRIS
07	01	ALLEN BRADLEY	1492-H6	BORNERAS DE CONEXION IEC, BORNERA PORTAFUSIBLE (6.3 X 32 MM FU), 4 MM
05	01	-	-	RIEL DIN 2M
06	01	-	-	TOMACORRIENTE 120VAC
07	03	-	-	CANALETA RANURADA 40X80MM (WXH) (2MT)
08	01	RITTAL	-	BACKPLANE
09	01	RITTAL	-	ARMARIO DE 1000*800*300MM, 1 PUERTA, IP66, NEMA 4
10	01	-	-	LAMICOID 280x70mm (ANCHO x ALTO)
11	01	RITTAL	-	PORTAPLANO PLASTICO DIN A4 VERTICAL

ITEM	CANT	FABRICANTE	CATALOGO	DESCRIPCION
12	01	ALLEN BRADLEY	2711P-T10C4A8	PANELVIEW PLUS 6 1000 TERMINAL
13	01	-	-	BISERA DE PROTECCION PARA PANELVIEW PLUS 6 1000
14	01	-	-	POLE
15	01	CAMBIUM NETWORKS	PTP-650	FIXED POINT TO POINT WIRELESS BRIDGE AND BRACKET

REV.	FECHA	DESCRIPCION	DES. CHK.	APROBADO	REV.	FECHA	DESCRIPCION	DES. CHK.	APROBADO	DWG. NO.	REFERENCIAS DEL DIBUJO
A	16/07	EMITIDO PARA REVISION INTERNA	AV								



**PPIMEM**

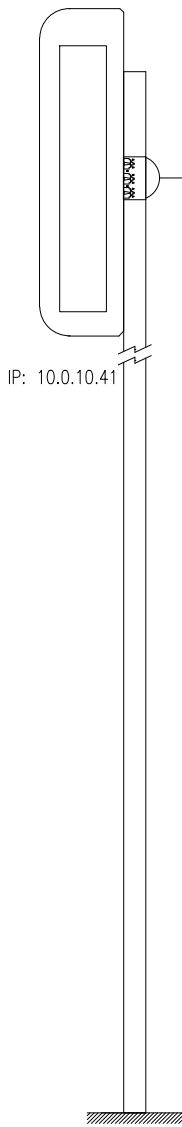
**CONFIDENCIAL**  
ESTE PLANO Y LA INFORMACION CONTENIDA EN EL SON PROPIEDAD DEL GRUPO DE DISEÑO A CARGO SU USO Y REPRODUCCION, SIN AUTORIZACION PREVIA, ESTAN PROHIBIDOS.

DESIGNADO POR: A. VELASQUEZ	FECHA: 16/07/2017	<b>INTERCEPTOR WELL, MITIGATION SYSTEM</b>  <b>LISTA DE EQUIPAMIENTO</b>
PROCESADO POR: A. VELASQUEZ	FECHA: 16/07/2017	
REVISADO POR 1: C. COLLADO	FECHA: 16/07/2017	
APROBADO POR 1: C. COLLADO	FECHA: 16/07/2017	
JEFE DE PROYECTO: C. COLLADO	FECHA: 16/07/2017	
CLIENTE: S/E	FECHA: 16/07/2017	<b>NUMERO DE PLANO</b> PLANO-INST-005

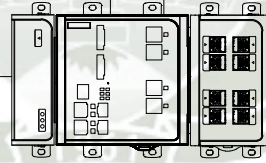
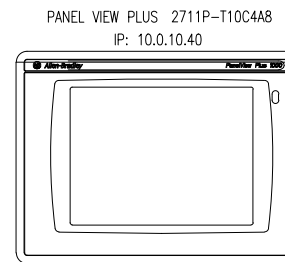
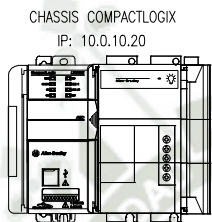








GABINETE DE COMUNICACIONES



ETHERNET

ETHERNET

CABLE UTP CATEG. 6

CABLE UTP CATEG. 6

FIBRA OPTICA

- VIENE DE SWITCH ETHERNET  
TABLERO MT1  
IP: 10.0.10.2
- VIENE DE SWITCH ETHERNET  
TABLERO MT2  
IP: 10.0.10.3
- VIENE DE SWITCH ETHERNET  
TABLERO MT5  
IP: 10.0.10.4
- VIENE DE SWITCH ETHERNET  
TABLERO MT7  
IP: 10.0.10.5
- VIENE DE SWITCH ETHERNET  
TABLERO MT8  
IP: 10.0.10.6

REV.	FECHA	DESCRIPCION	DES. CHK.	APROBADO	REV.	FECHA	DESCRIPCION	DES. CHK.	APROBADO	DWG. NO.	REFERENCIAS DEL DIBUJO
A	16/07	EMITIDO PARA REVISIÓN INTERNA	AV	AV							

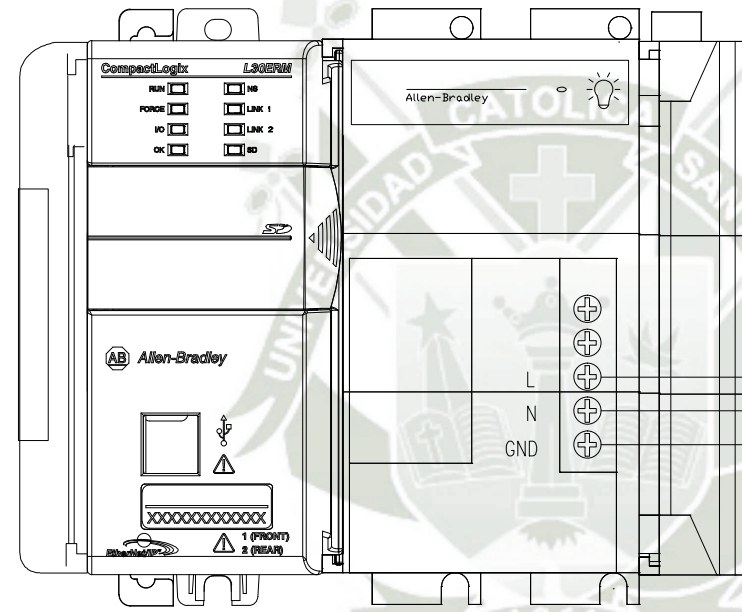
**CONFIDENCIAL**  
 ESTE PLANO Y LA INFORMACION CONTENIDA EN ÉL SON PROPIEDAD DEL GRUPO DE DISEÑO A CARGO SU USO Y REPRODUCCION, SIN AUTORIZACION PREVIA, ESTAN PROHIBIDOS.

DESIGNADO POR: A. VELASQUEZ	FECHA: 16/07/2017
PROCESADO POR: A. VELASQUEZ	FECHA: 16/07/2017
REVISADO POR: C. COLLADO	FECHA: 16/07/2017
APROBADO POR: C. COLLADO	FECHA: 16/07/2017
JEFE DE PROYECTO:	FECHA:
CUESTO:	FECHA:

INTERCEPTOR WELL, MITIGATION SYSTEM	
NOMBRE DE PLANO INSTRUMENTACIÓN Y SISTEMAS DE CONTROL ARQUITECTURA DE RED ETHERNET	
ESCALA: S/E	MANEJO DE PLANO PLANO-INST-009
REV.:	A

R01.S00  
RACK 01  
SLOT 00

PS 01  
RACK 01



PROCESADOR  
COMPACTLOGIX  
1769-L30ER

FUENTE  
1769-PA4

VIENE DE PLANO-INST-006/C3  
CB2-02/CPX-L

VIENE DE PLANO-INST-006/C3  
TB 00-05/CPX-N

VIENE DE PLANO-INST-006/C3  
TB 00-06/CPX-GND

REV.	FECHA	DESCRIPCION	DES. CHK.	APROBADO	REV.	FECHA	DESCRIPCION	DES. CHK.	APROBADO	DWG.NO.	REFERENCIAS DEL DIBUJO
A	16/07	EMITIDO PARA REVISIÓN INTERNA	J.VL. AV.	/							



**PPIMEM**

CONFIDENCIAL

ESTE PLANO Y LA INFORMACION CONTENIDA EN ÉL SON PROPIEDAD DEL GRUPO DE DISEÑO A CARGO SU USO Y REPRODUCCION, SIN AUTORIZACION PREVIA, ESTAN PROHIBIDOS.

DESIGNADO POR:	A. VELASQUEZ	FECHA:	16/07/2017
PROCESADO POR:	A. VELASQUEZ	FECHA:	16/07/2017
REVISADO POR 1:	C. COLLAJO	FECHA:	16/07/2017
APROBADO POR 1:	C. COLLAJO	FECHA:	16/07/2017
JEFE DE PROYECTO:		FECHA:	
CLIENTE:		FECHA:	

INTERCEPTOR WELL, MITIGATION SYSTEM	
NOMBRE DE PLANO INSTRUMENTACIÓN Y SISTEMAS DE CONTROL	
ESQUEMA DE MODULOS DE PLC	
ESCALA:	S/E
NUMERO DE PLANO:	PLANO-INST-010





**ANEXO D**  
**LÓGICA DE CONTROL DE PLC**  
**EN TABLERO DE**  
**COMUNICACIÓN**

InterceptorWells\_Master - Table of Contents

Page i

3/21/2019 1:11:06 PM

..PORTE\InterceptorWells\_Master PLC\_REV3.ACD

<b>InterceptorWells_Master</b>	
Controller Organizer Listing .....	1
<b>MainTask</b>	
<b>MainProgram</b>	
<b>Heartbeat</b>	
Ladder Diagram .....	3
<b>MainRoutine</b>	
Ladder Diagram .....	4
<b>Transferencia_Datos_Binarios</b>	
Ladder Diagram .....	5
<b>Transferencia_Datos_Reales</b>	
Ladder Diagram .....	7
<b>MT1</b>	
<b>MainRoutine</b>	
Ladder Diagram .....	11
<b>MT1_ENet_Comm</b>	
Ladder Diagram .....	12
<b>MT2</b>	
<b>MainRoutine</b>	
Ladder Diagram .....	13
<b>MT2_ENet_Comm</b>	
Ladder Diagram .....	14
<b>MT8</b>	
<b>MainRoutine</b>	
Ladder Diagram .....	15
<b>MT8_ENet_Comm</b>	
Ladder Diagram .....	16
<b>MT7</b>	
<b>MainRoutine</b>	
Ladder Diagram .....	17
<b>MT7_ENet_Comm</b>	
Ladder Diagram .....	18
<b>MT5</b>	
<b>MainRoutine</b>	
Ladder Diagram .....	19
<b>MT5_ENet_Comm</b>	
Ladder Diagram .....	20
<b>Module Properties</b>	
1769 Bus : Local Modules .....	21
Ethernet : Local Modules.....	21

- Controller InterceptorWells\_Master
- Controller Fault Handler
- Power-Up Handler

Tasks

- MainTask
  - MainProgram
    - MainRoutine
    - Heartbeat
    - Transferencia\_Datos\_Binarios
    - Transferencia\_Datos\_Reales
  - MT1
    - MainRoutine
    - MT1\_ENet\_Comm
  - MT2
    - MainRoutine
    - MT2\_ENet\_Comm
  - MT8
    - MainRoutine
    - MT8\_ENet\_Comm
  - MT7
    - MainRoutine
    - MT7\_ENet\_Comm
  - MT5
    - MainRoutine
    - MT5\_ENet\_Comm
- Unscheduled Programs / Phases

Motion Groups

- Ungrouped Axes






Add-On Instructions

- ACQ810\_In
  - Logic
- ACQ810\_Out
  - Logic
- Analog\_Input
  - Logic
- Decoder\_FO
  - Logic
- First\_Out
  - Logic





Data Types

- User-Defined
  - ACQ810
  - ACQ810\_output
  - HMI\_CONTROL
  - HMI\_MONITOR
- Strings
  - STRING

 Add-On-Defined


-  ACQ810\_In
-  ACQ810\_Out
-  Analog\_Input
-  Decoder\_FO
-  First\_Out

 Module-Defined


-  AB:EtherNet\_IP\_17SLOT:I:0
-  AB:EtherNet\_IP\_17SLOT:O:0
-  AB:EtherNet\_IP\_SLOT:I:0
-  AB:EtherNet\_IP\_SLOT:O:0

**Trends**

**I/O Configuration**

 1769 Bus

 [0] 1769-L30ER InterceptorWells\_Master

 Ethernet

 1769-L30ER InterceptorWells\_Master

1769-L30ER InterceptorWells\_MT1

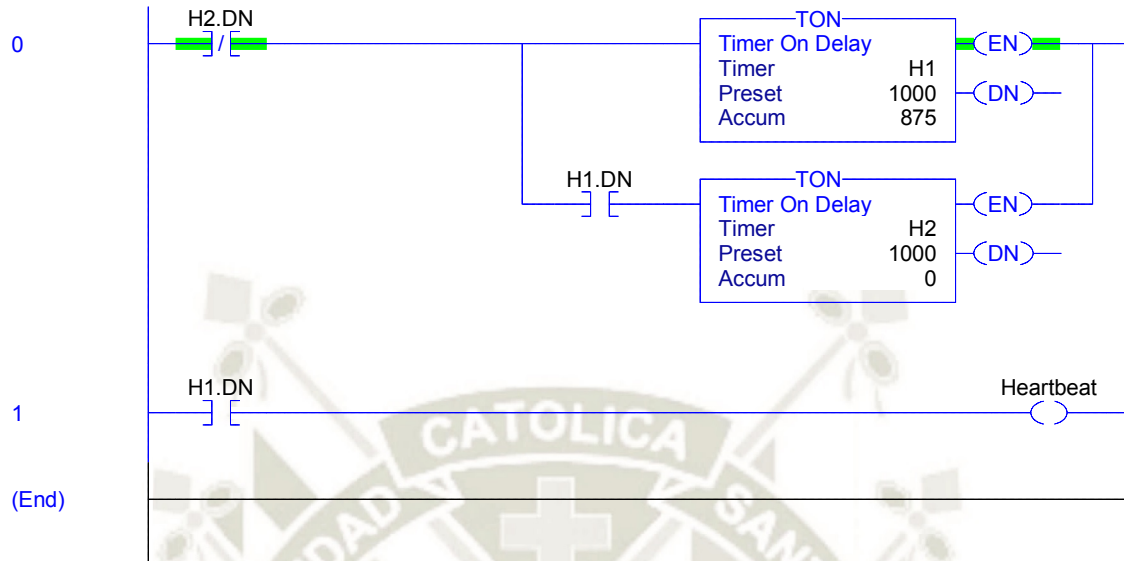
**Heartbeat - Ladder Diagram**

InterceptorWells\_Master:MainTask:MainProgram

3/21/2019 1:10:47 PM

Total number of rungs in routine: 2

...PORTE\InterceptorWells\_Master\_PLC\_REV3.ACD



**MainRoutine - Ladder Diagram**

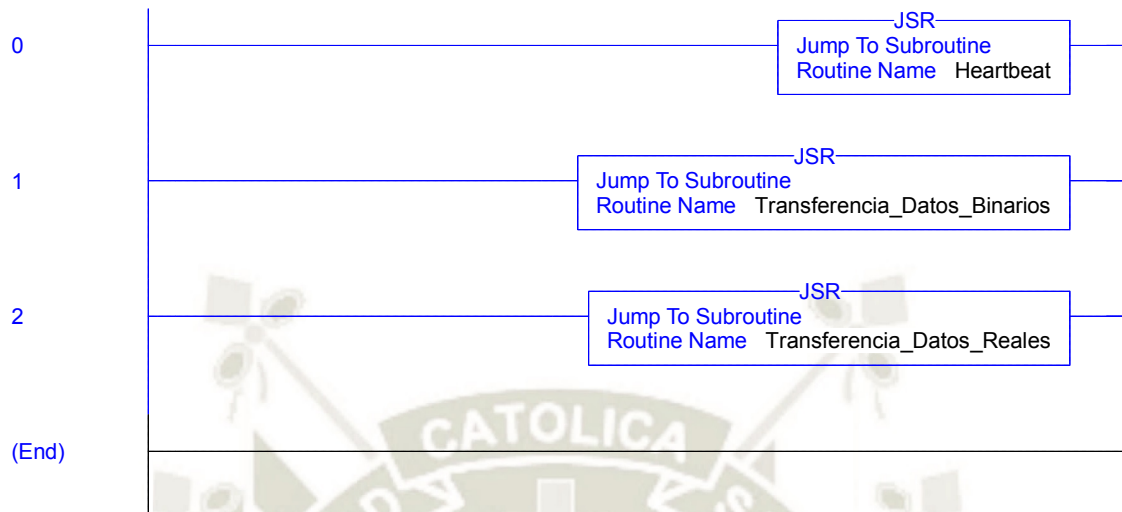
InterceptorWells\_Master:MainTask:MainProgram

Total number of rungs in routine: 3

**Page 4**

3/21/2019 1:10:48 PM

...PORTE\InterceptorWells\_Master\_PLC\_REV3.ACD



**Transferencia\_Datos\_Binarios - Ladder Diagram**

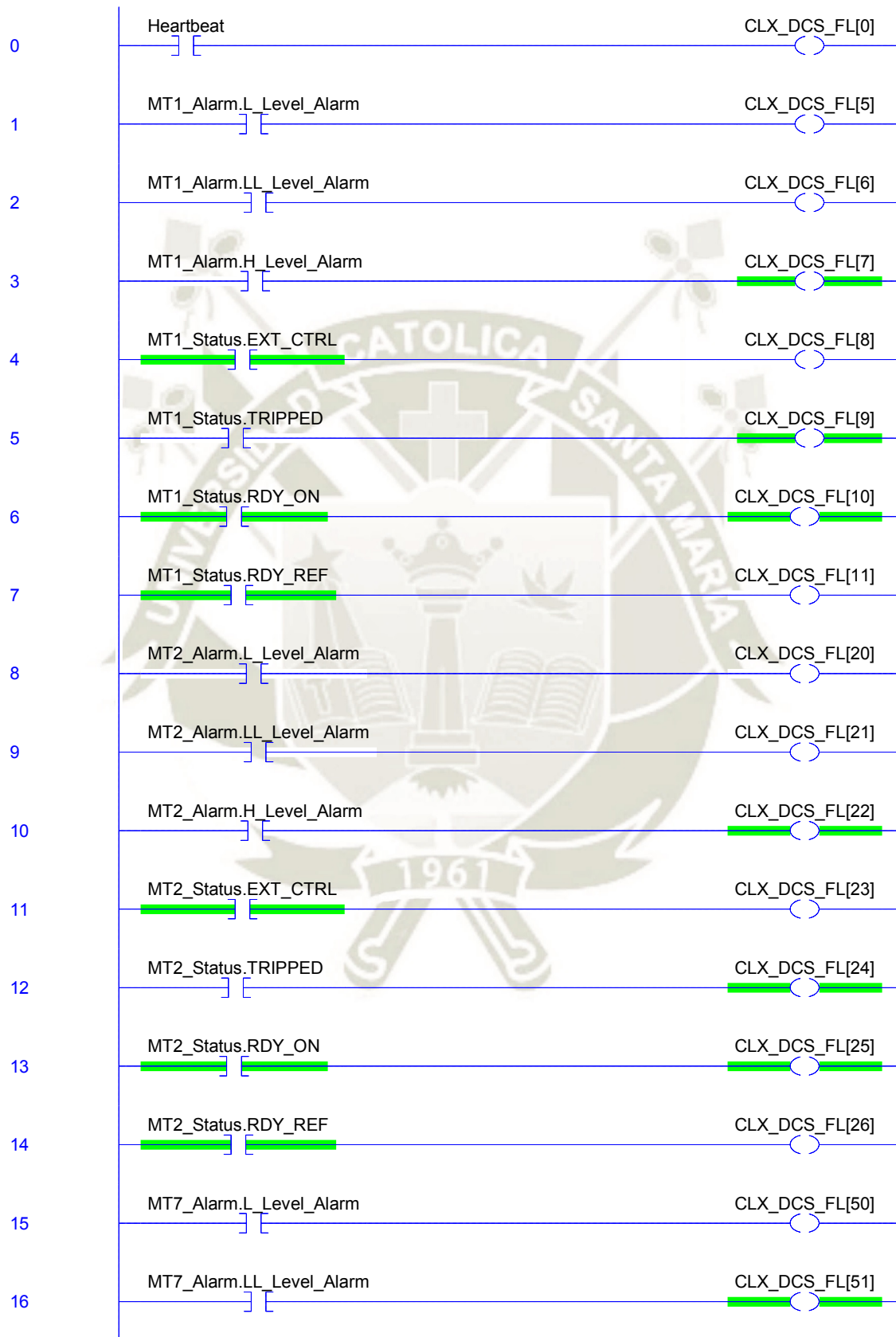
InterceptorWells\_Master:MainTask:MainProgram

Total number of rungs in routine: 29

Page 5

3/21/2019 1:10:51 PM

...PORTE/InterceptorWells\_Master PLC REV3.ACD



RSLogix 5000

**Transferencia\_Datos\_Binarios - Ladder Diagram**

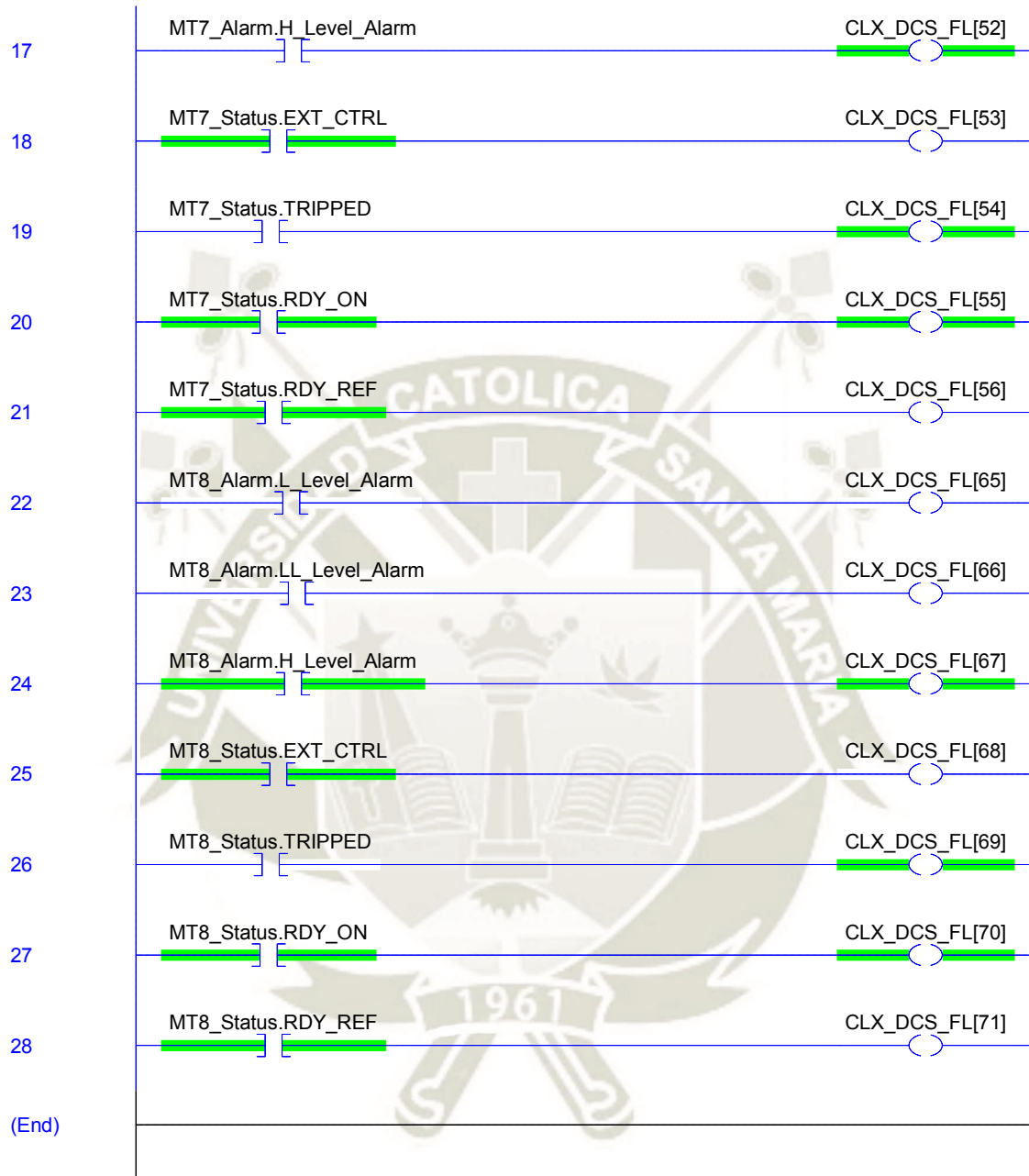
InterceptorWells\_Master:MainTask:MainProgram

Total number of rungs in routine: 29

Page 6

3/21/2019 1:10:52 PM

...PORTE/InterceptorWells\_Master PLC REV3.ACD



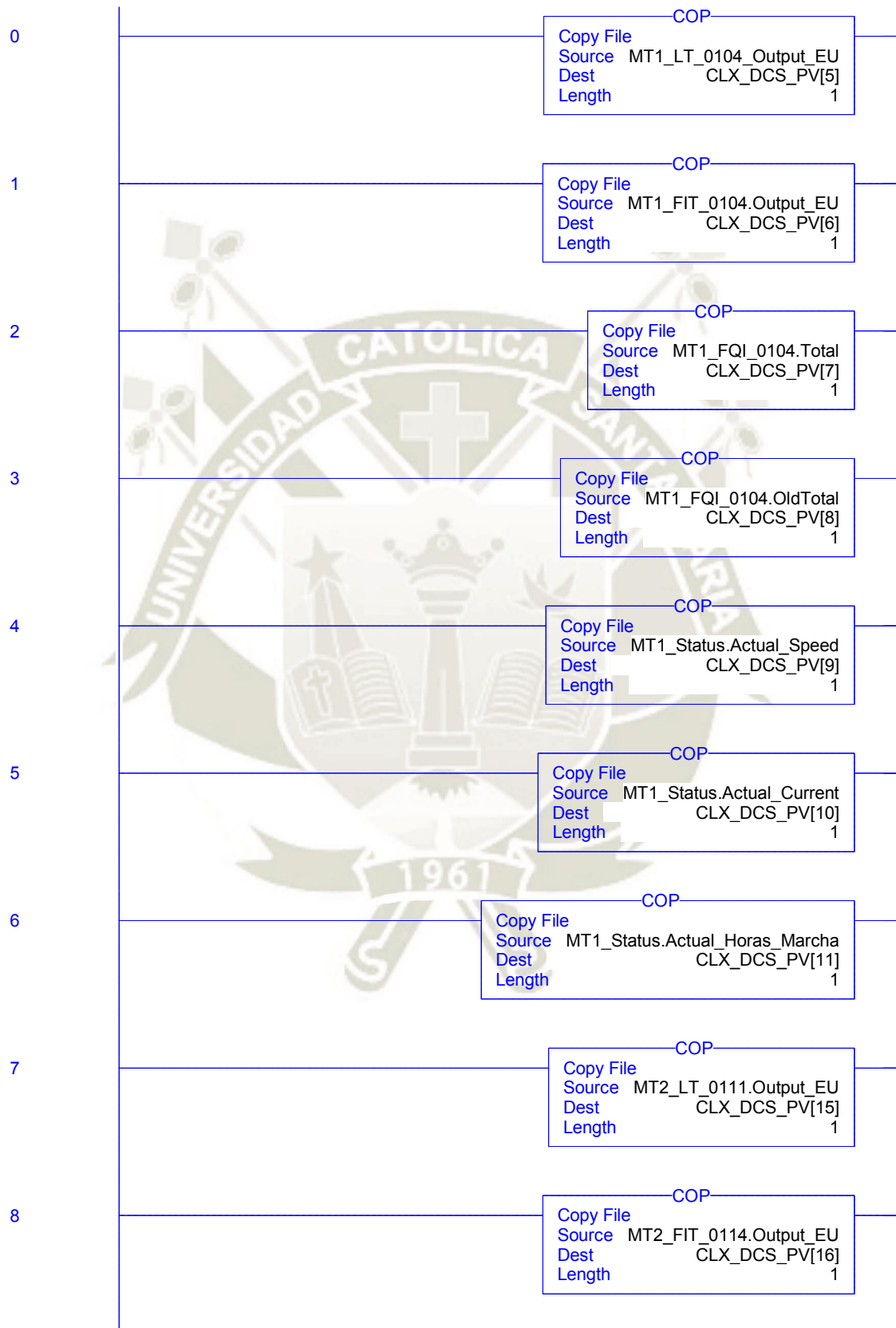
**Transferencia\_Datos\_Reales - Ladder Diagram**

InterceptorWells\_Master:MainTask:MainProgram

3/21/2019 1:10:53 PM

Total number of rungs in routine: 32

...PORTE/InterceptorWells\_Master\_PLC\_REV3.ACD



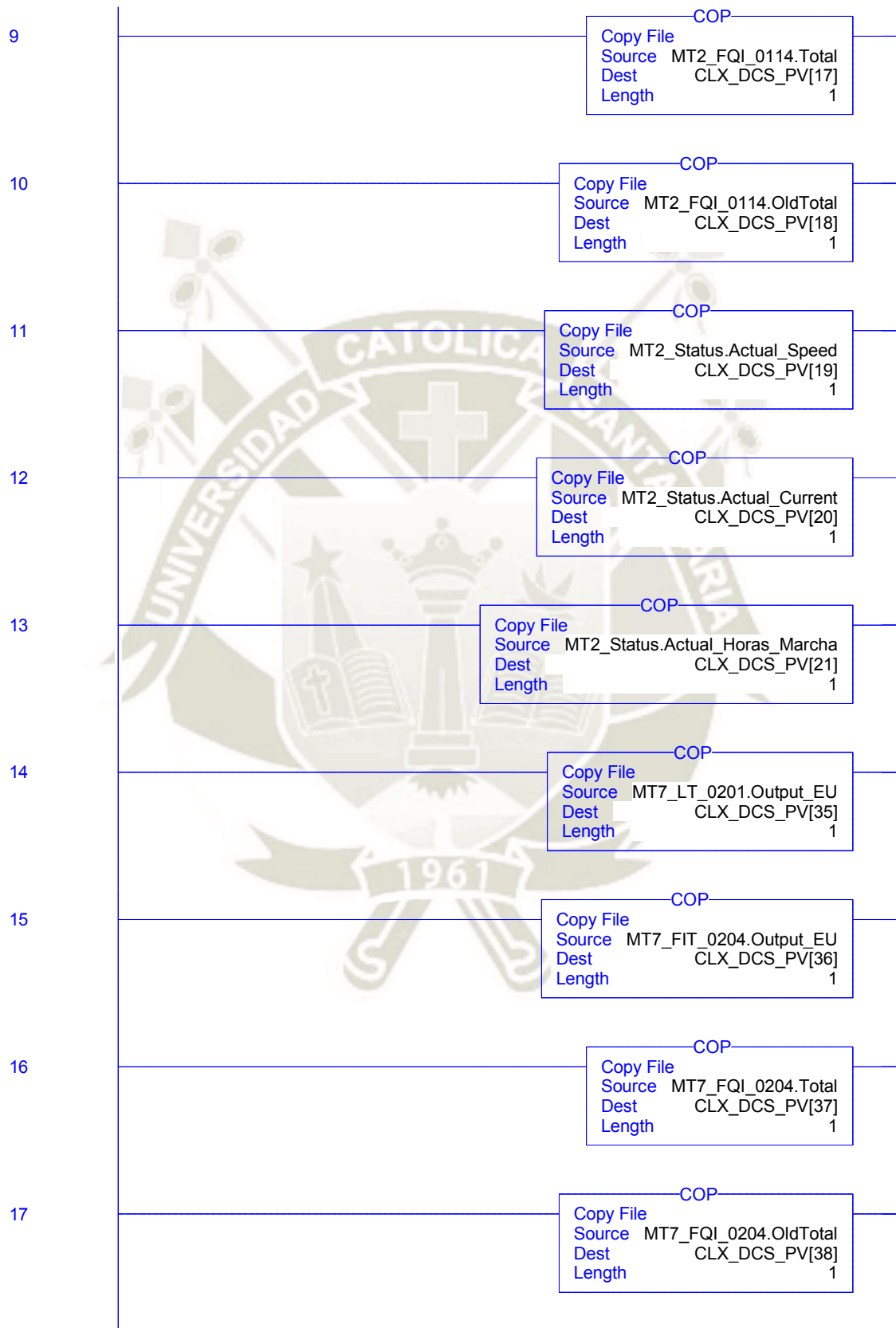
**Transferencia\_Datos\_Reales - Ladder Diagram**

InterceptorWells\_Master:MainTask:MainProgram

3/21/2019 1:10:53 PM

Total number of rungs in routine: 32

...PORTE/InterceptorWells\_Master\_PLC\_REV3.ACD



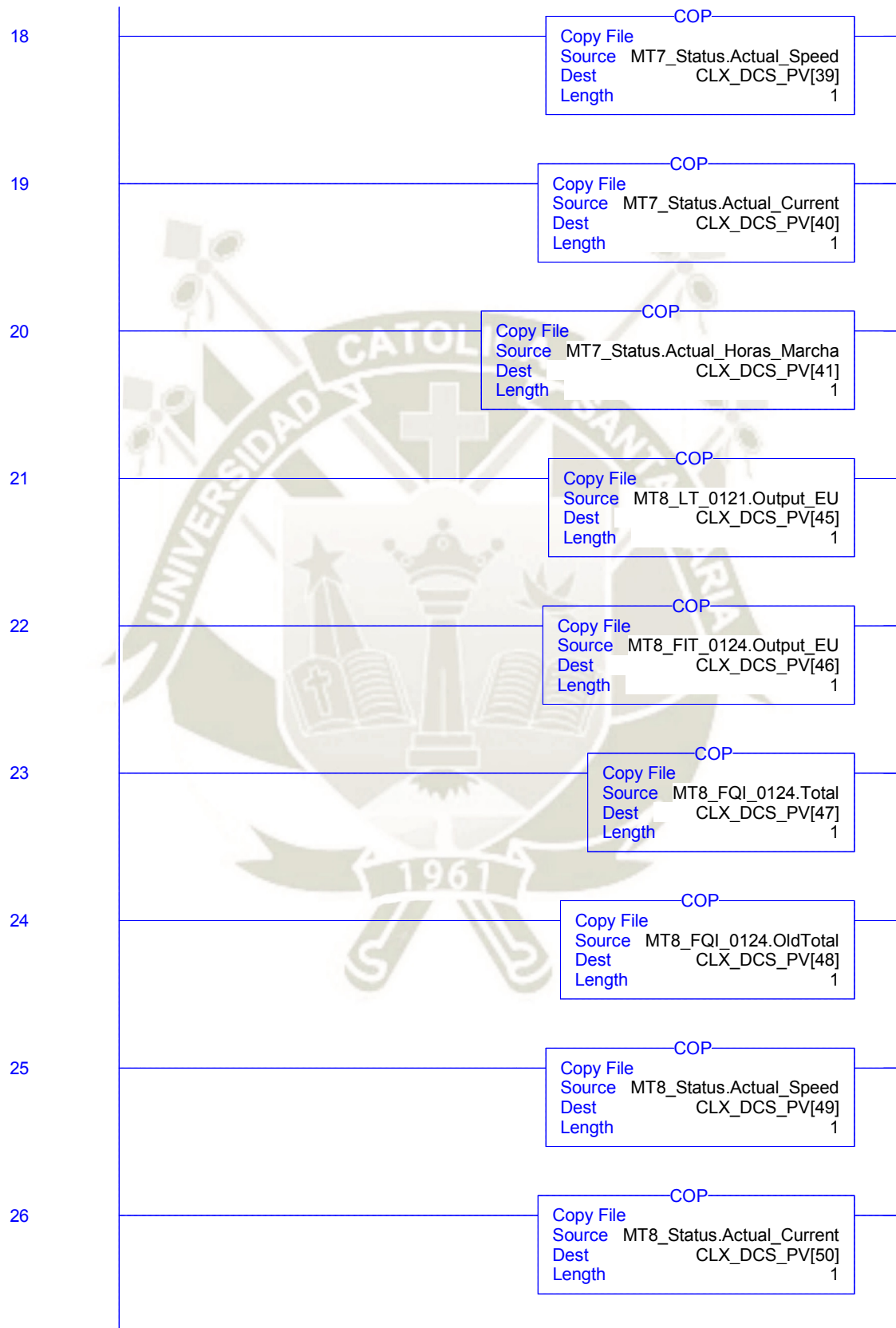
**Transferencia\_Datos\_Reales - Ladder Diagram**

InterceptorWells\_Master:MainTask:MainProgram

3/21/2019 1:10:53 PM

Total number of rungs in routine: 32

...PORTE/InterceptorWells\_Master\_PLC\_REV3.ACD



**Transferencia\_Datos\_Reales - Ladder Diagram**

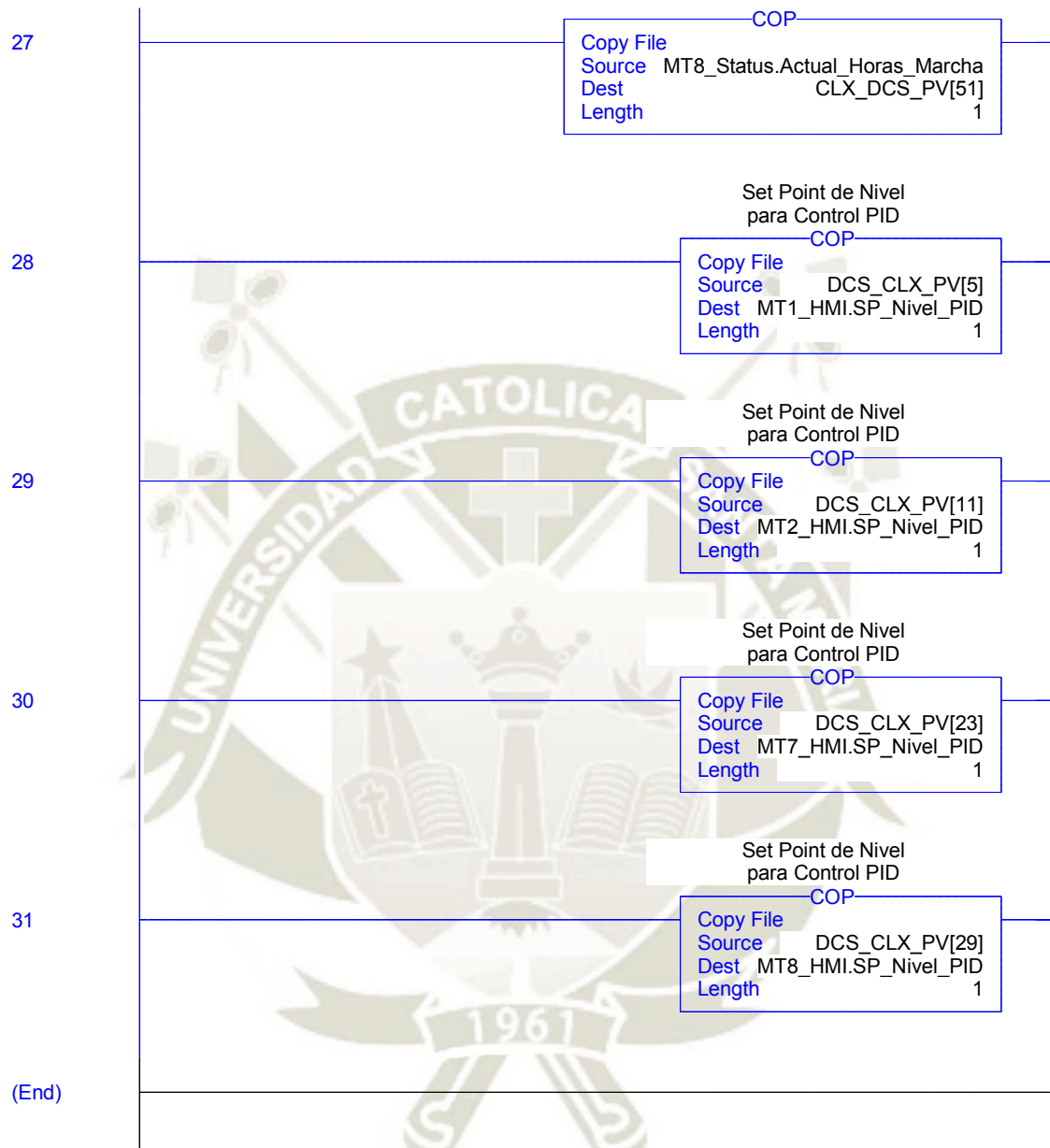
**Page 10**

InterceptorWells\_Master:MainTask:MainProgram

3/21/2019 1:10:54 PM

Total number of rungs in routine: 32

...PORTE\InterceptorWells\_Master\_PLC\_REV3.ACD



**MainRoutine - Ladder Diagram**

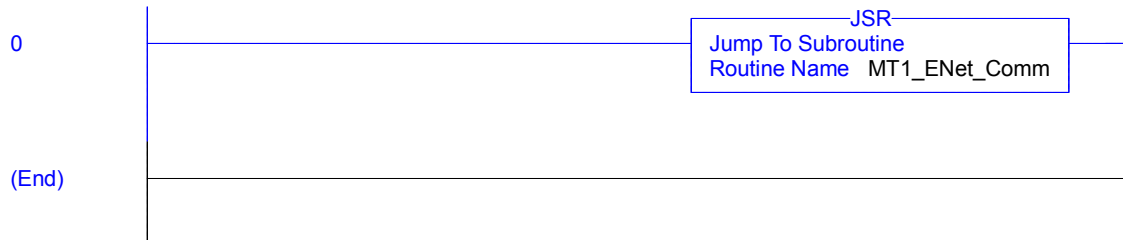
InterceptorWells\_Master:MainTask:MT1

Total number of rungs in routine: 1

**Page 11**

3/21/2019 1:10:54 PM

...PORTE\InterceptorWells\_Master\_PLC\_REV3.ACD



**MT1\_ENet\_Comm - Ladder Diagram**

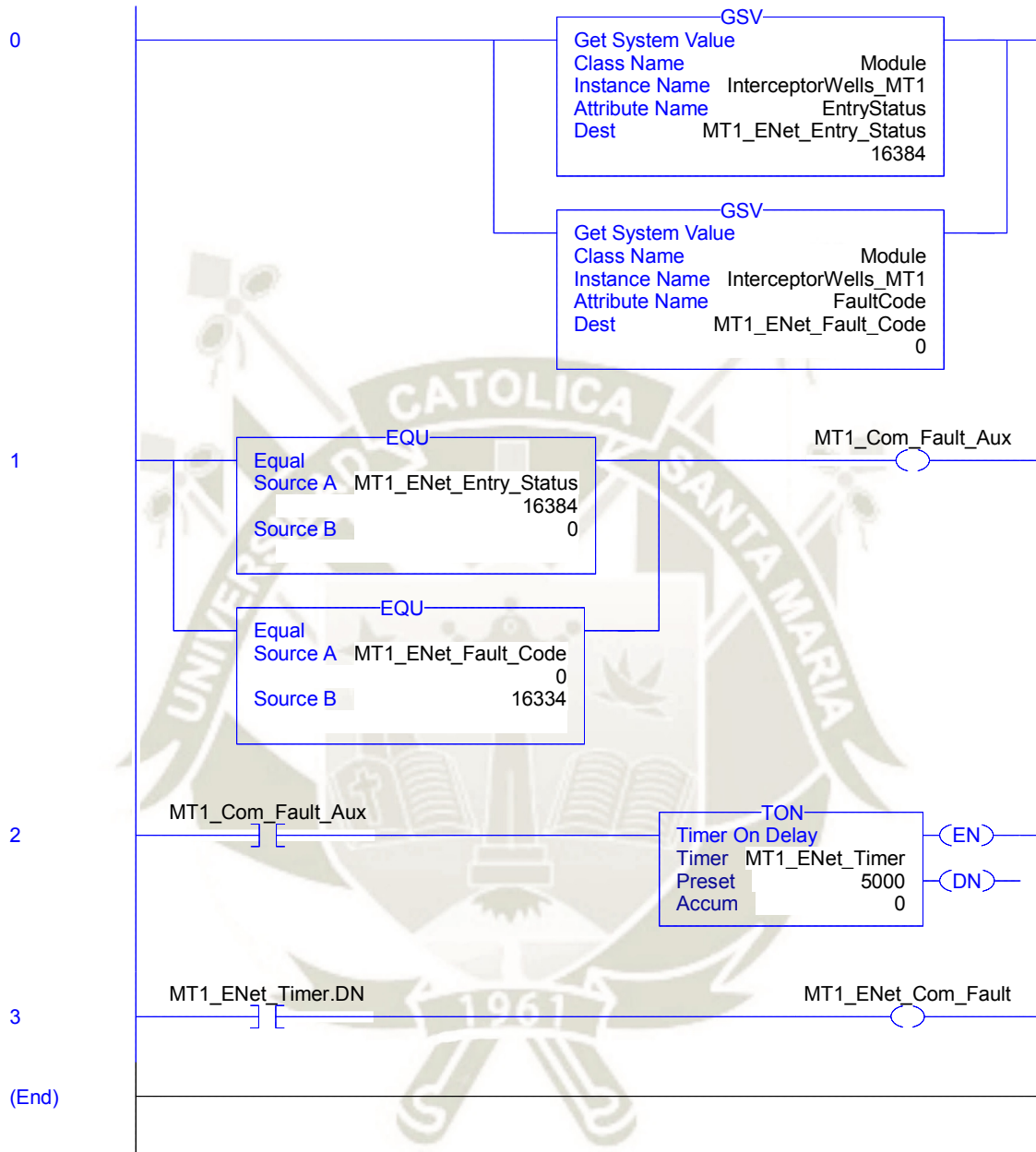
InterceptorWells\_Master:MainTask:MT1

Total number of rungs in routine: 4

**Page 12**

3/21/2019 1:10:56 PM

...PORTE\InterceptorWells\_Master\_PLC\_REV3.ACD



**MainRoutine - Ladder Diagram**

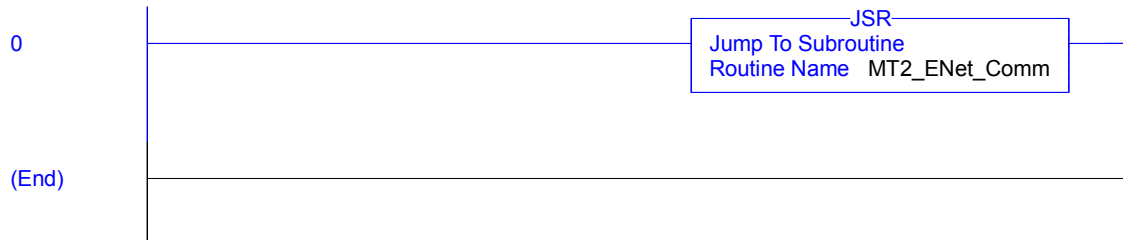
InterceptorWells\_Master:MainTask:MT2

Total number of rungs in routine: 1

**Page 13**

3/21/2019 1:10:56 PM

...PORTE\InterceptorWells\_Master\_PLC\_REV3.ACD



**MT2\_ENet\_Comm - Ladder Diagram**

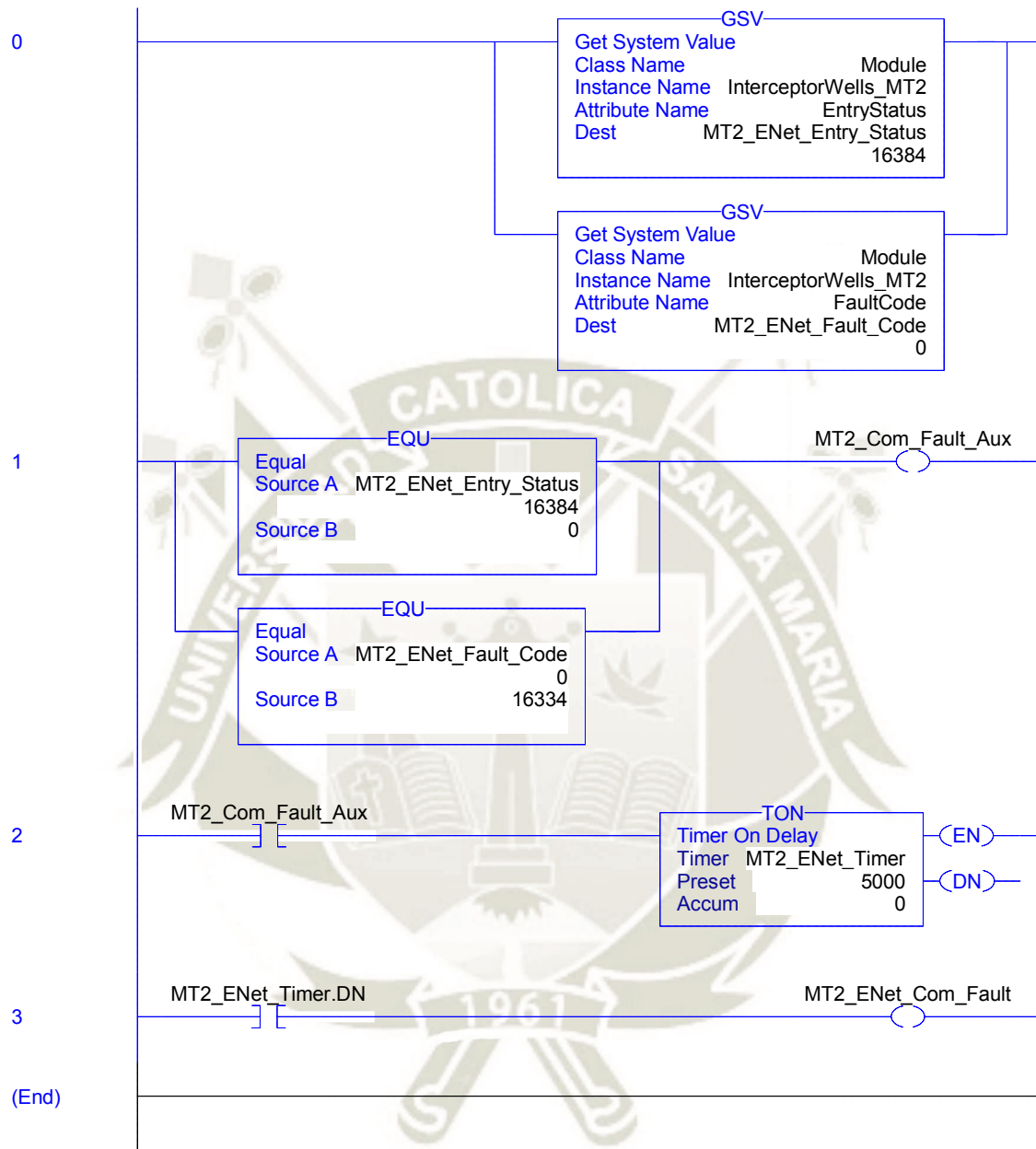
InterceptorWells\_Master:MainTask:MT2

Total number of rungs in routine: 4

**Page 14**

3/21/2019 1:10:58 PM

...PORTE\InterceptorWells\_Master\_PLC\_REV3.ACD



**MainRoutine - Ladder Diagram**

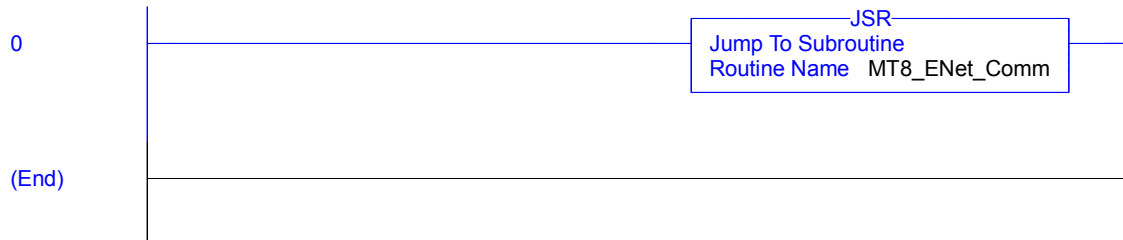
InterceptorWells\_Master:MainTask:MT8

Total number of rungs in routine: 1

**Page 15**

3/21/2019 1:10:58 PM

...PORTE\InterceptorWells\_Master\_PLC\_REV3.ACD



**MT8\_ENet\_Comm - Ladder Diagram**

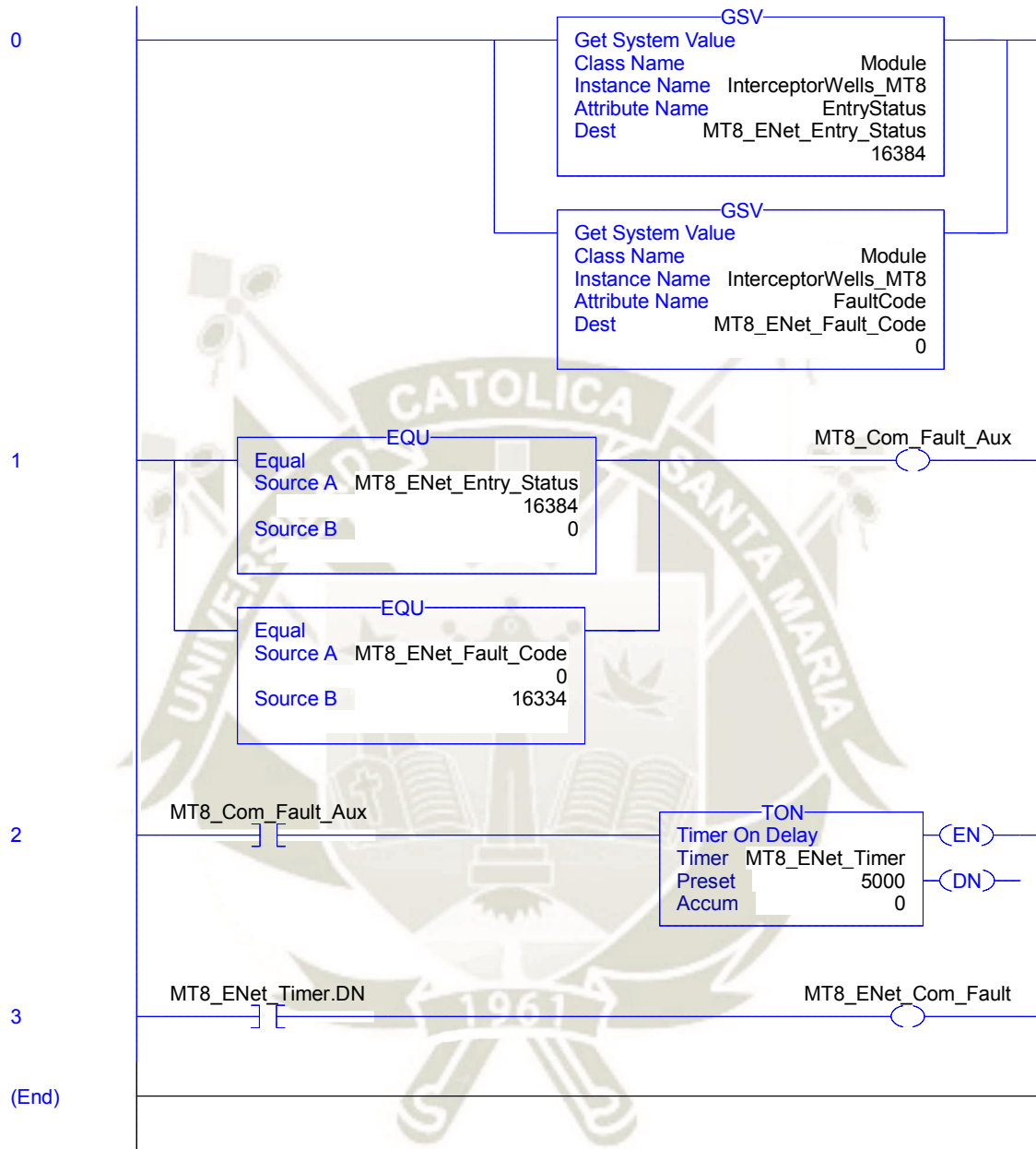
InterceptorWells\_Master:MainTask:MT8

Total number of rungs in routine: 4

**Page 16**

3/21/2019 1:11:00 PM

...PORTE\InterceptorWells\_Master\_PLC\_REV3.ACD



**MainRoutine - Ladder Diagram**

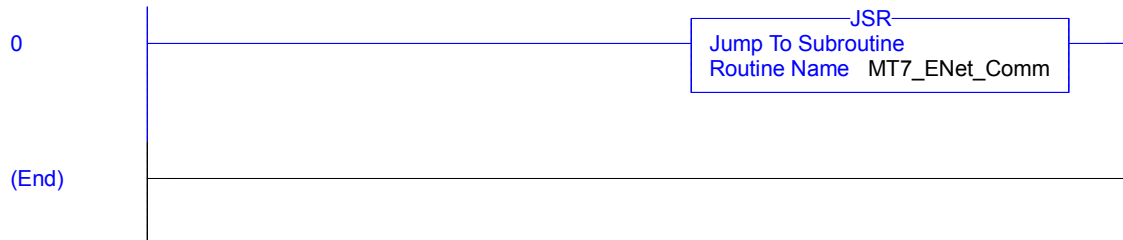
InterceptorWells\_Master:MainTask:MT7

Total number of rungs in routine: 1

**Page 17**

3/21/2019 1:11:01 PM

...PORTE\InterceptorWells\_Master\_PLC\_REV3.ACD



**MT7\_ENet\_Comm - Ladder Diagram**

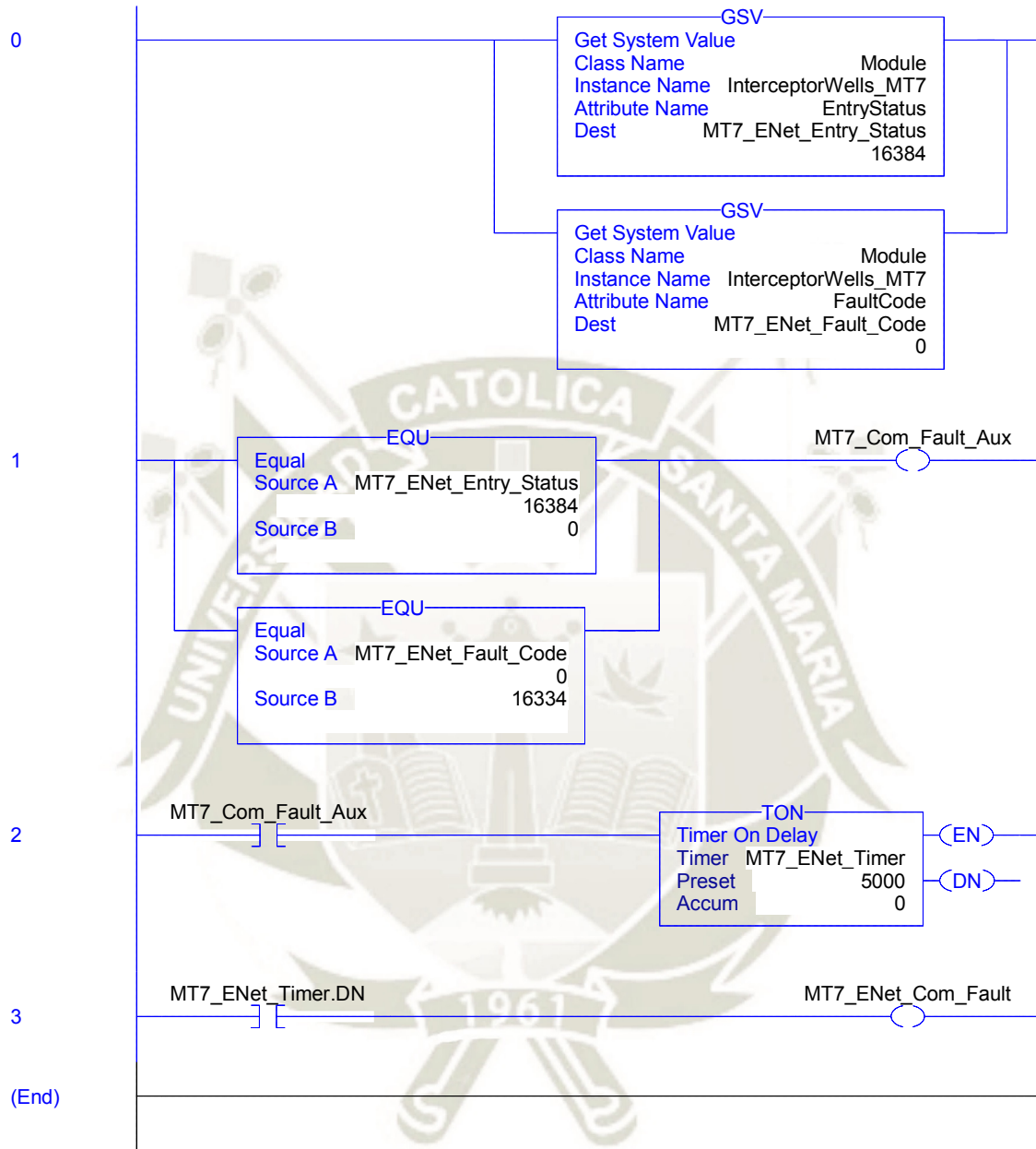
InterceptorWells\_Master:MainTask:MT7

Total number of rungs in routine: 4

**Page 18**

3/21/2019 1:11:02 PM

...PORTE\InterceptorWells\_Master\_PLC\_REV3.ACD



**MainRoutine - Ladder Diagram**

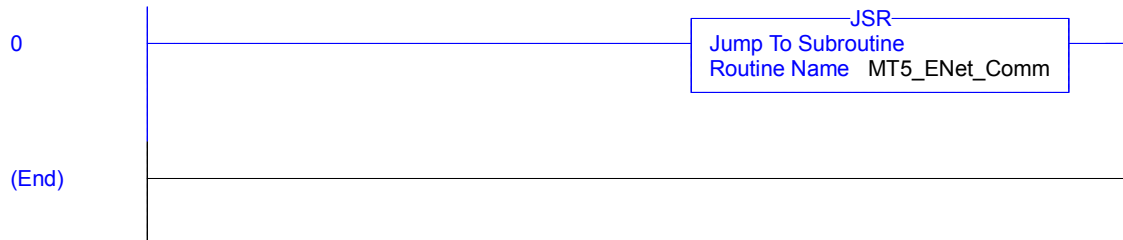
InterceptorWells\_Master:MainTask:MT5

Total number of rungs in routine: 1

**Page 19**

3/21/2019 1:11:03 PM

...PORTE\InterceptorWells\_Master\_PLC\_REV3.ACD



**MT5\_ENet\_Comm - Ladder Diagram**

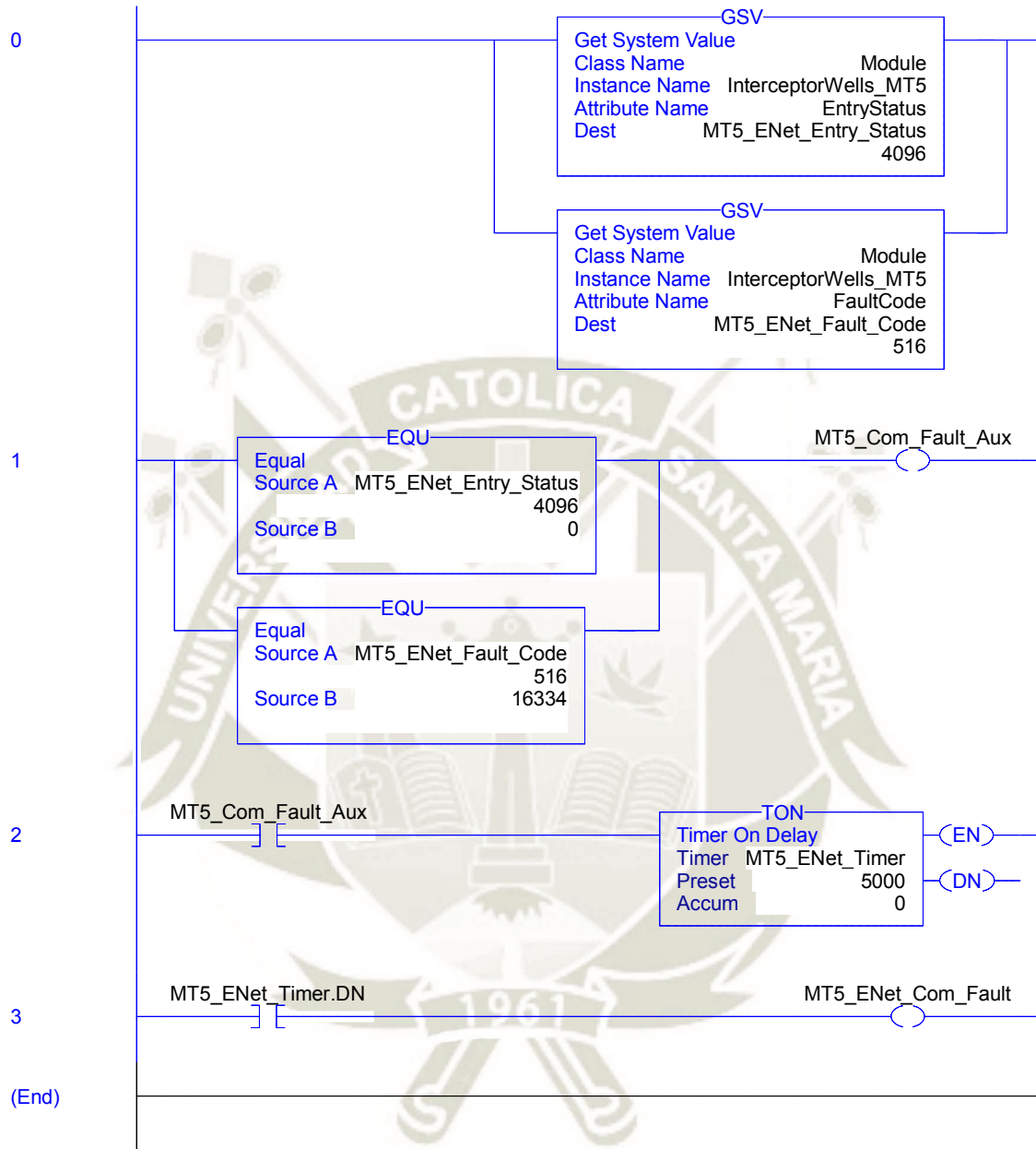
InterceptorWells\_Master:MainTask:MT5

**Page 20**

3/21/2019 1:11:05 PM

Total number of rungs in routine: 4

...PORTE\InterceptorWells\_Master\_PLC\_REV3.ACD





**ANEXO E**  
**LÓGICA DE CONTROL DE PLC**  
**EN TABLERO DE CONTROL**  
**MT1**

**InterceptorWells\_MT1 - Table of Contents**

**Page i**

3/21/2019 1:17:53 PM

C:\Users\ctk\Desktop\PROGRAMAS PARA SACAR REPORTE\InterceptorWells\_MT1\_PLC\_rev4.ACD

**InterceptorWells\_MT1**

Controller Organizer Listing .....	1
<b>Lazo</b>	
<b>Control_PIDE</b>	
<b>Control_de_Velocidad</b>	
Function Block Diagram .....	3
<b>MainTask</b>	
<b>MT1</b>	
<b>MainRoutine</b>	
Ladder Diagram .....	4
<b>PP_1851_Comm_In_Out</b>	
Ladder Diagram .....	5
<b>PP_1851_FO</b>	
Ladder Diagram .....	6
<b>PP_1851_FQI_0114</b>	
Function Block Diagram .....	8
<b>PP_1851_FWD</b>	
Ladder Diagram .....	9
<b>PP_1851_InOut</b>	
Ladder Diagram .....	12
<b>PP_1851_VFD</b>	
Function Block Diagram .....	15
<b>Module Properties</b>	
1769 Bus : Local Modules .....	17
Ethernet : Local Modules.....	24

InterceptorWells\_MT1 - Controller Organizer Listing

Page 1

3/21/2019 1:17:22 PM

C:\Users\ctk\Desktop\PROGRAMAS PARA SACAR REPORTE\InterceptorWells\_MT1\_PLC\_rev4.ACD

Controller InterceptorWells\_MT1

Controller Fault Handler

Power-Up Handler

Tasks

Lazo

Control\_PIDE

Control\_de\_Velocidad

MainTask

MT1

MainRoutine

PP\_1851\_Comm\_In\_Out

PP\_1851\_FO

PP\_1851\_FQI\_0114

PP\_1851\_FWD

PP\_1851\_InOut

PP\_1851\_VFD

Unscheduled Programs / Phases

Motion Groups

Ungrouped Axes

Add-On Instructions

ACQ810\_In

Logic

ACQ810\_Out

Logic

Analog\_Input

Logic

Decoder\_FO

Logic

First\_Out

Logic

Data Types

User-Defined

ACQ810

ACQ810\_output

ANALOG

HMI\_CONTROL

HMI\_MONITOR

Strings

STRING

Add-On-Defined

ACQ810\_In

ACQ810\_Out

Analog\_Input

Decoder\_FO

First\_Out

Module-Defined

AB:1769\_DI8:I:0






















RSLogix 5000

InterceptorWells\_MT1 - Controller Organizer Listing

Page 2




3/21/2019 1:17:23 PM

C:\Users\ctk\Desktop\PROGRAMAS PARA SACAR REPORTE\InterceptorWells\_MT1\_PLC\_rev4.ACD

 AB:1769\_DO8:C:0  
 AB:1769\_DO8:I:0  
 AB:1769\_DO8:O:0  
 AB:1769\_SDN\_364Bytes:O:0  
 AB:1769\_SDN\_496Bytes:I:0  
 AB:1769\_SDN\_CommandRegister:O:0  
 AB:1769\_SDN\_StatusRegister:I:0  
 AB:1769\_SDN\_Status\_Struct:I:0  
 AB:1784\_PCIDS\_496Bytes:O:0  
 AB:1784\_PCIDS\_500Bytes:I:0  
 AB:1784\_PCIDS\_CommandRegister:O:0  
 AB:1784\_PCIDS\_StatusRegister:I:0  
 AB:1784\_PCIDS\_Status\_128Bytes:S:0  
 AB:1789\_MODULE:C:0  
 AB:1789\_MODULE\_DINT\_32Bytes:I:0  
 AB:1789\_MODULE\_DINT\_4Bytes:I:0  
 AB:1789\_MODULE\_DINT\_4Bytes:O:0  
 AB:1789\_MODULE\_REAL\_16Bytes:I:0  
 SC:1769sc\_IF4IH:I:0  
 SC:1769sc\_IF4IH:O:0  
 SC:1769sc\_IF4IH\_Rev3:C:0

Trends

I/O Configuration

 1769 Bus  
 [0] 1769-L30ER InterceptorWells\_MT1  
 [1] 1769-SDN/B DNet

Ethernet

 1769-L30ER InterceptorWells\_MT1  
 1769-L30ER InterceptorWells\_Master

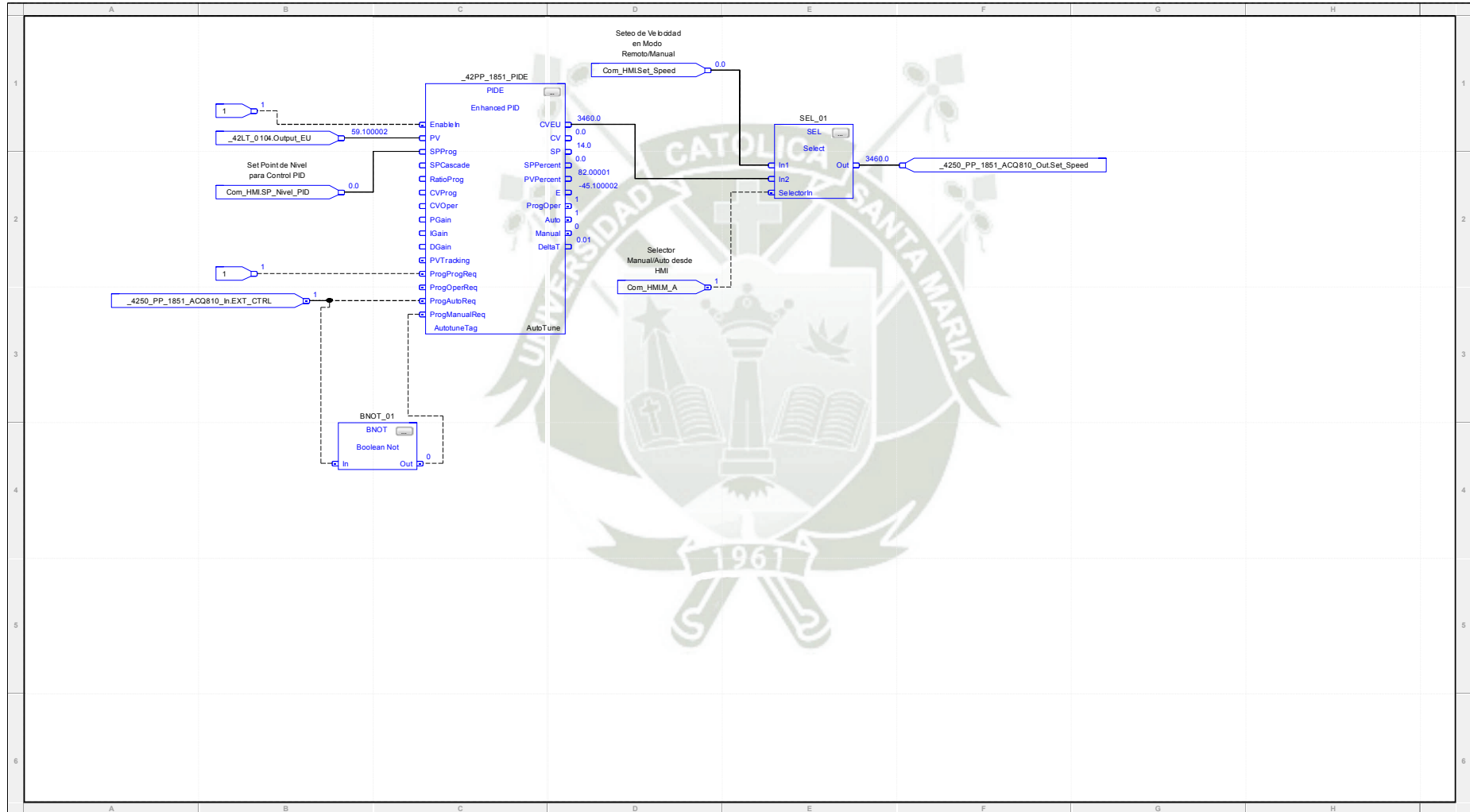
# Control\_de\_Velocidad - Function Block Diagram

InterceptorWells\_MT1:Lazo:Control\_PIDE

1 of 1 total sheets in routine

3/21/2019 1:17:25 PM

C:\Users\ctk\Desktop\PROGRAMAS PARA SACAR REPORTE\InterceptorWells\_MT1\_PLC\_rev4.ACD



**MainRoutine - Ladder Diagram**

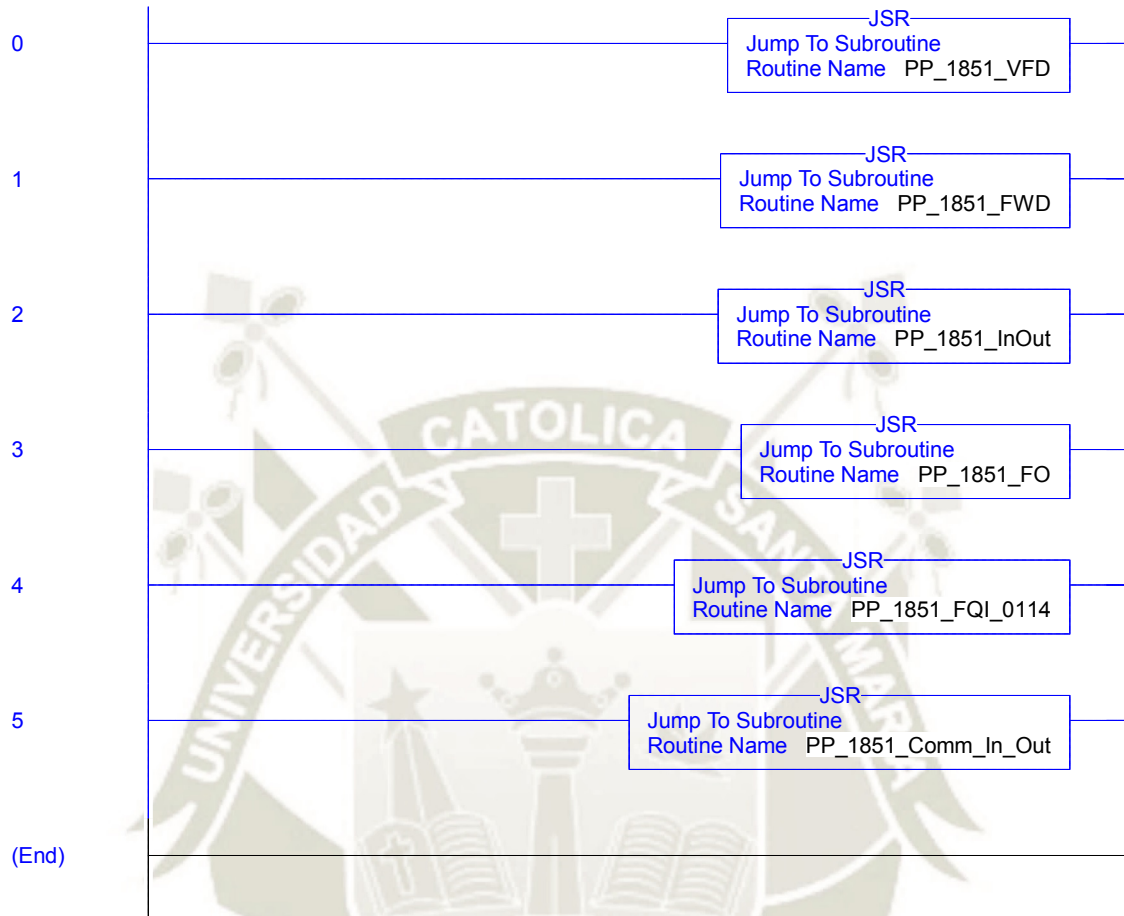
InterceptorWells\_MT1:MainTask:MT1

Total number of rungs in routine: 6

**Page 4**

3/21/2019 1:17:26 PM

... REPORTE\InterceptorWells\_MT1\_PLC\_rev4.ACD



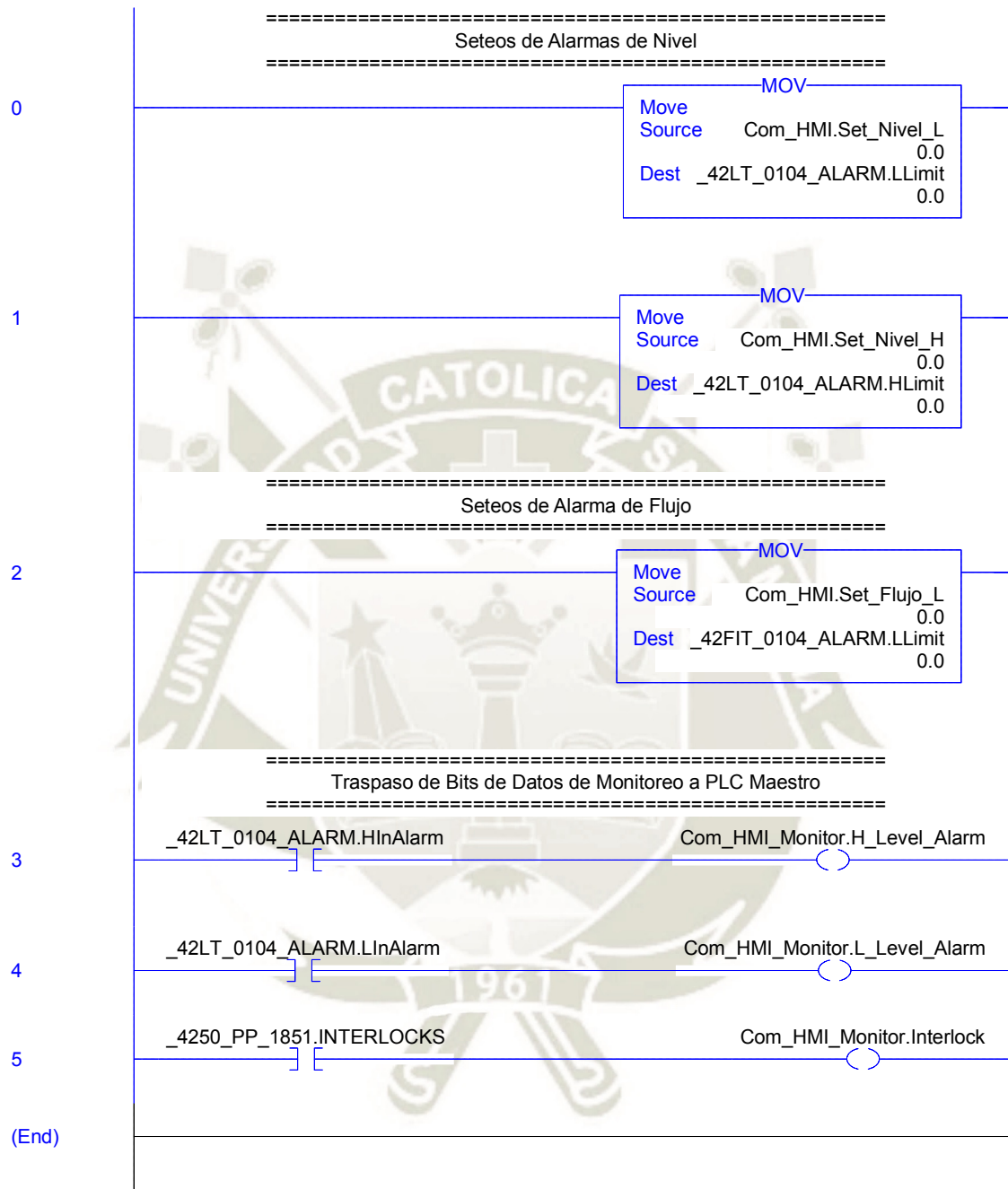
**PP\_1851\_Comm\_In\_Out - Ladder Diagram**

InterceptorWells\_MT1:MainTask:MT1

3/21/2019 1:17:33 PM

Total number of rungs in routine: 6

... REPORTE\InterceptorWells\_MT1\_PLC\_rev4.ACD



PP\_1851\_FO - Ladder Diagram

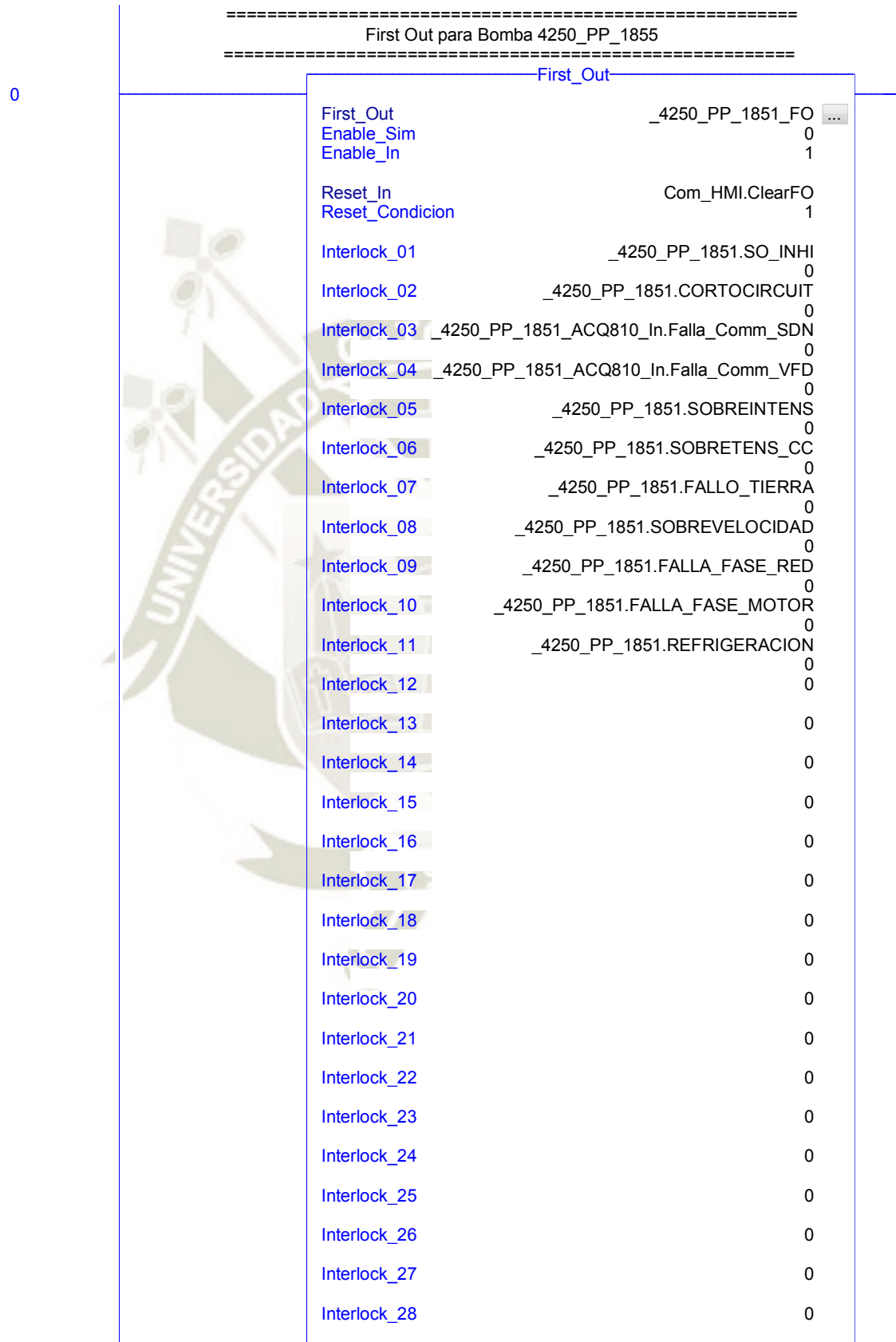
InterceptorWells\_MT1:MainTask:MT1

Total number of rungs in routine: 1

Page 6

3/21/2019 1:17:34 PM

... REPORTE\InterceptorWells\_MT1\_PLC\_rev4.ACD



RSLogix 5000

**PP\_1851\_FO - Ladder Diagram**

InterceptorWells\_MT1:MainTask:MT1

Total number of rungs in routine: 1

**Page 7**

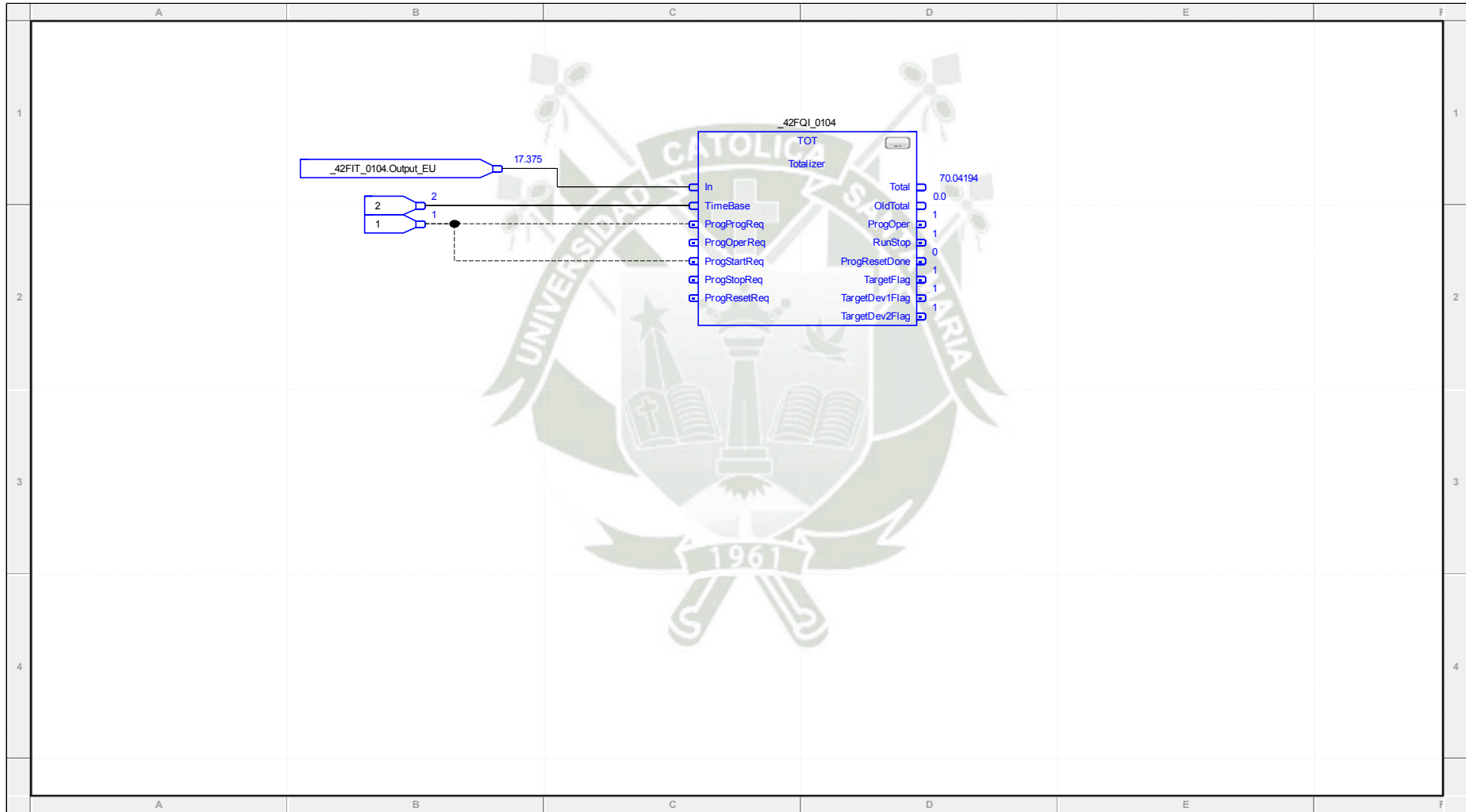
3/21/2019 1:17:35 PM

... REPORTE\InterceptorWells\_MT1\_PLC\_rev4.ACD

Interlock_29	0
Interlock_30	0
Tabla_Codigos	_4250_PP_1851_Tabla_Codigos
First_Out_Num	0
First_Out	_4250_PP_1851_FirstOut
First_Out_Last	_4250_PP_1851_LastFirstOut

(End)





**PP\_1851\_FWD - Ladder Diagram**

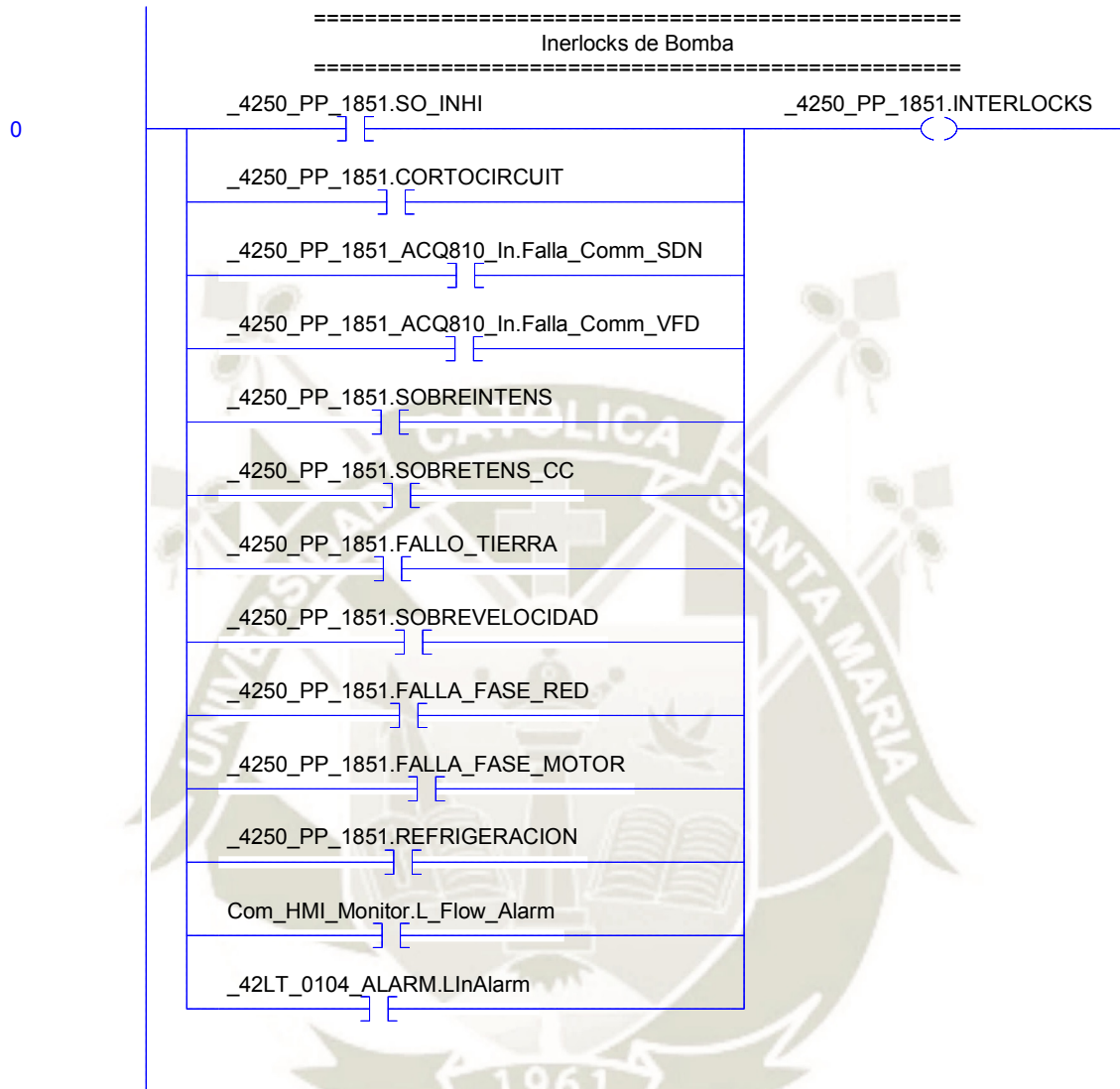
InterceptorWells\_MT1:MainTask:MT1

Total number of rungs in routine: 5

**Page 9**

3/21/2019 1:17:37 PM

... REPORTE\InterceptorWells\_MT1\_PLC\_rev4.ACD



PP\_1851\_FWD - Ladder Diagram

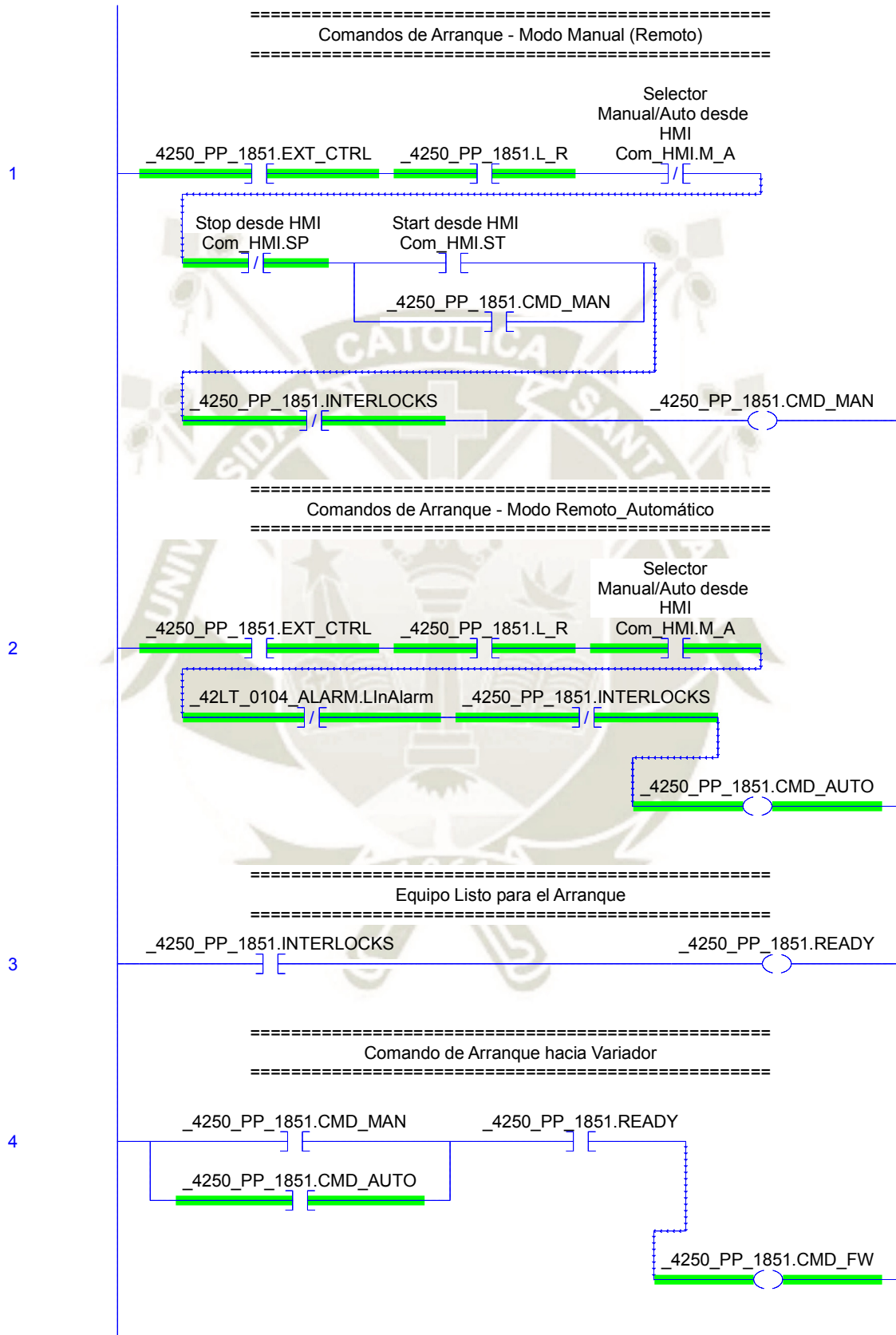
InterceptorWells\_MT1:MainTask:MT1

Total number of rungs in routine: 5

Page 10

3/21/2019 1:17:38 PM

... REPORTE\InterceptorWells MT1 PLC\_rev4.ACD



RSLogix 5000

**PP\_1851\_FWD - Ladder Diagram**  
InterceptorWells\_MT1:MainTask:MT1  
Total number of rungs in routine: 5

**Page 11**  
3/21/2019 1:17:38 PM  
... REPORTE\InterceptorWells\_MT1\_PLC\_rev4.ACD

(End)



PP\_1851\_InOut - Ladder Diagram

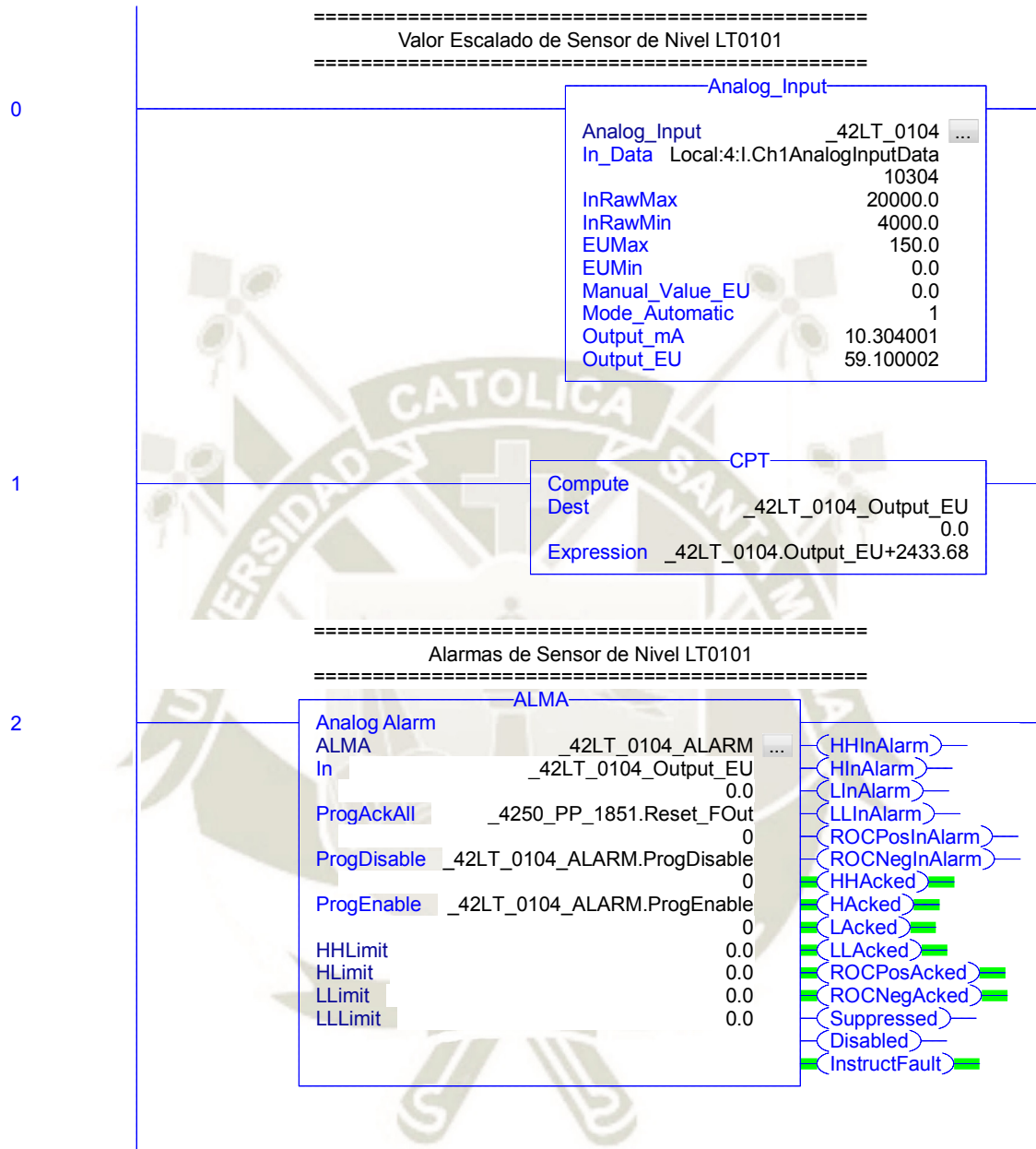
InterceptorWells\_MT1:MainTask:MT1

Total number of rungs in routine: 9

Page 12

3/21/2019 1:17:39 PM

... REPORTE\InterceptorWells MT1 PLC rev4.ACD



PP\_1851\_InOut - Ladder Diagram

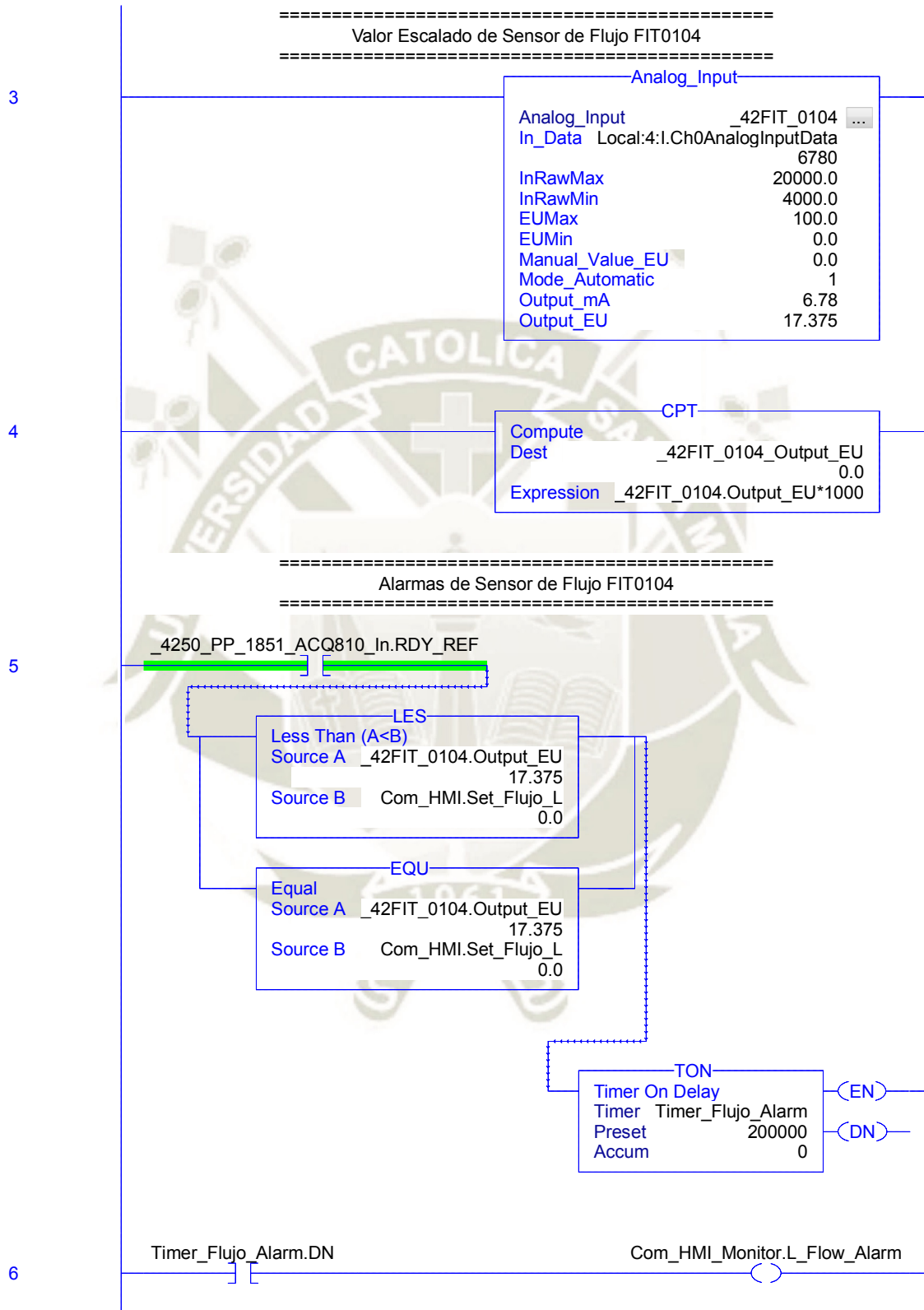
InterceptorWells\_MT1:MainTask:MT1

Total number of rungs in routine: 9

Page 13

3/21/2019 1:17:39 PM

... REPORTE\InterceptorWells MT1 PLC\_rev4.ACD



PP\_1851\_InOut - Ladder Diagram

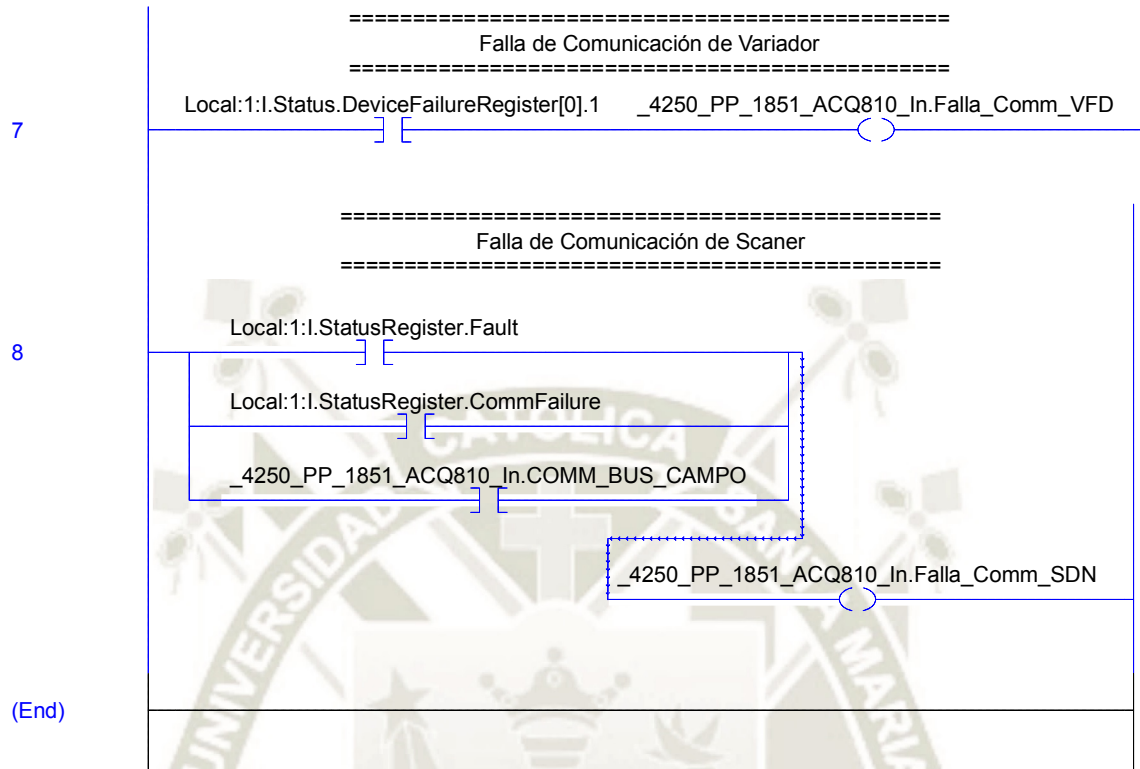
InterceptorWells\_MT1:MainTask:MT1

Total number of rungs in routine: 9

Page 14

3/21/2019 1:17:40 PM

... REPORTE\InterceptorWells\_MT1\_PLC\_rev4.ACD



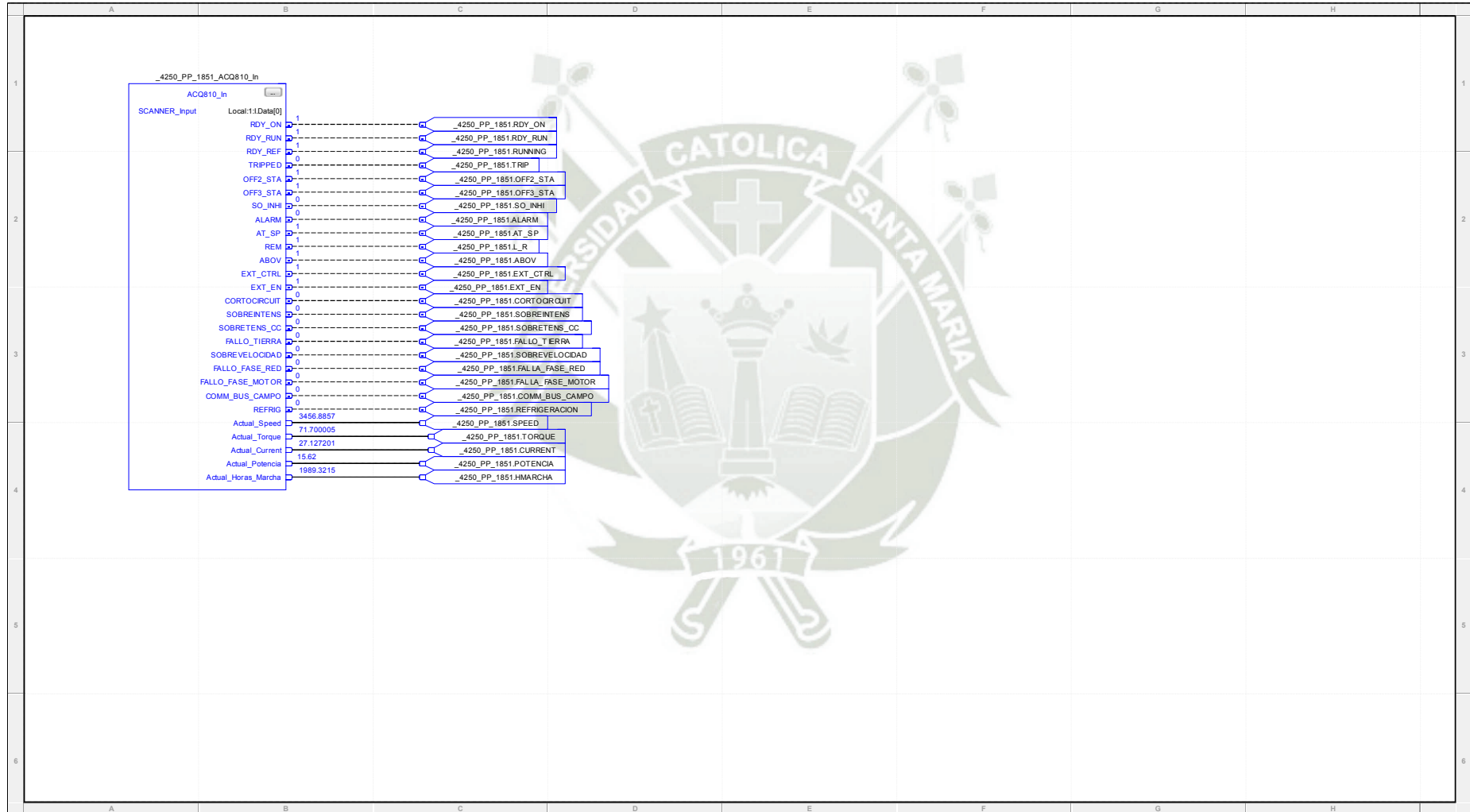
PP\_1851\_VFD - Function Block Diagram

InterceptorWells\_MT1:MainTask:MT1

1 of 2 total sheets in routine - Data IN

3/21/2019 1:17:42 PM

C:\Users\ctk\Desktop\PROGRAMAS PARA SACAR REPORTE\InterceptorWells\_MT1\_PLC\_rev4.ACD



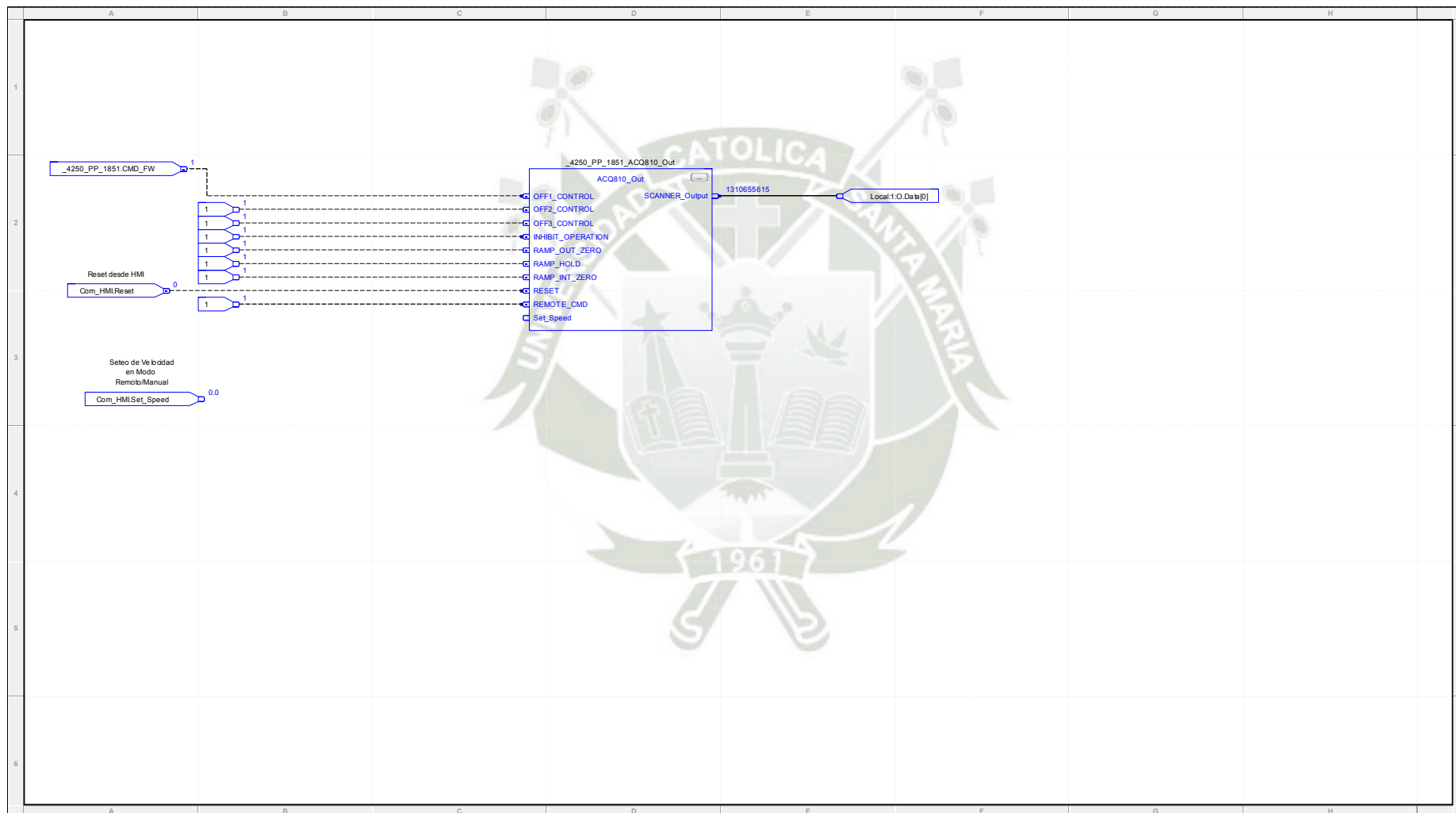
PP\_1851\_VFD - Function Block Diagram

InterceptorWells\_MT1:MainTask:MT1

2 of 2 total sheets in routine - Data OUT

3/21/2019 1:17:49 PM

C:\Users\ctk\Desktop\PROGRAMAS PARA SACAR REPORTE\InterceptorWells\_MT1\_PLC\_rev4.ACD





**ANEXO F**  
**LÓGICA DE CONTROL DE PLC**  
**EN TABLERO DE CONTROL**  
**MT2**

**InterceptorWells\_MT2 - Table of Contents**

**Page i**

3/21/2019 2:29:02 PM

C:\Users\ctk\Desktop\PROGRAMAS PARA SACAR REPORTE\InterceptorWells\_MT2\_PLC\_rev4.ACD

**InterceptorWells\_MT2**

Controller Organizer Listing .....	1
<b>Lazo</b>	
<b>Control_PIDE</b>	
<b>Control_de_Velocidad</b>	
Function Block Diagram .....	3
<b>MainTask</b>	
<b>MT2</b>	
<b>MainRoutine</b>	
Ladder Diagram .....	4
<b>PP_1852_Comm_In_Out</b>	
Ladder Diagram .....	5
<b>PP_1852_FO</b>	
Ladder Diagram .....	6
<b>PP_1852_FQI_0114</b>	
Function Block Diagram .....	8
<b>PP_1852_FWD</b>	
Ladder Diagram .....	9
<b>PP_1852_InOut</b>	
Ladder Diagram .....	11
<b>PP_1852_VFD</b>	
Function Block Diagram .....	14
<b>Module Properties</b>	
1769 Bus : Local Modules .....	16

InterceptorWells\_MT2 - Controller Organizer Listing

Page 1

3/21/2019 2:28:44 PM

C:\Users\ctk\Desktop\PROGRAMAS PARA SACAR REPORTE\InterceptorWells\_MT2\_PLC\_rev4.ACD

Controller InterceptorWells\_MT2

Controller Fault Handler

Power-Up Handler

Tasks

Lazo

Control\_PIDE

Control\_de\_Velocidad

MainTask

MT2

MainRoutine

PP\_1852\_Comm\_In\_Out

PP\_1852\_FO

PP\_1852\_FQI\_0114

PP\_1852\_FWD

PP\_1852\_InOut

PP\_1852\_VFD

Unscheduled Programs / Phases

Motion Groups

Ungrouped Axes

Add-On Instructions

ACQ810\_In

Logic

ACQ810\_Out

Logic

Analog\_Input

Logic

Decoder\_FO

Logic

First\_Out

Logic

Data Types

User-Defined

ACQ810

ACQ810\_output

ANALOG

HMI\_CONTROL

HMI\_MONITOR

Strings

STRING

Add-On-Defined

ACQ810\_In

ACQ810\_Out

Analog\_Input

Decoder\_FO

First\_Out

Module-Defined

AB:1769\_DI8:I:0




















RSLogix 5000

InterceptorWells\_MT2 - Controller Organizer Listing

Page 2


3/21/2019 2:28:45 PM

C:\Users\ctk\Desktop\PROGRAMAS PARA SACAR REPORTE\InterceptorWells\_MT2\_PLC\_rev4.ACD

-  AB:1769\_DO8:C:0
-  AB:1769\_DO8:I:0
-  AB:1769\_DO8:O:0
-  AB:1769\_SDN\_364Bytes:O:0
-  AB:1769\_SDN\_496Bytes:I:0
-  AB:1769\_SDN\_CommandRegister:O:0
-  AB:1769\_SDN\_StatusRegister:I:0
-  AB:1769\_SDN\_Status\_Struct:I:0
-  AB:1784\_PCIDS\_496Bytes:O:0
-  AB:1784\_PCIDS\_500Bytes:I:0
-  AB:1784\_PCIDS\_CommandRegister:O:0
-  AB:1784\_PCIDS\_StatusRegister:I:0
-  AB:1784\_PCIDS\_Status\_128Bytes:S:0
-  AB:1789\_MODULE:C:0
-  AB:1789\_MODULE\_DINT\_32Bytes:I:0
-  AB:1789\_MODULE\_DINT\_4Bytes:I:0
-  AB:1789\_MODULE\_DINT\_4Bytes:O:0
-  AB:1789\_MODULE\_REAL\_16Bytes:I:0
-  SC:1769sc\_IF4IH:I:0
-  SC:1769sc\_IF4IH:O:0
-  SC:1769sc\_IF4IH\_Rev3:C:0

Trends

I/O Configuration

 1769 Bus

-  [0] 1769-L30ER InterceptorWells\_MT2
- [1] 1769-SDN/B DNet

 Ethernet

-  1769-L30ER InterceptorWells\_MT2

RSLogix 5000

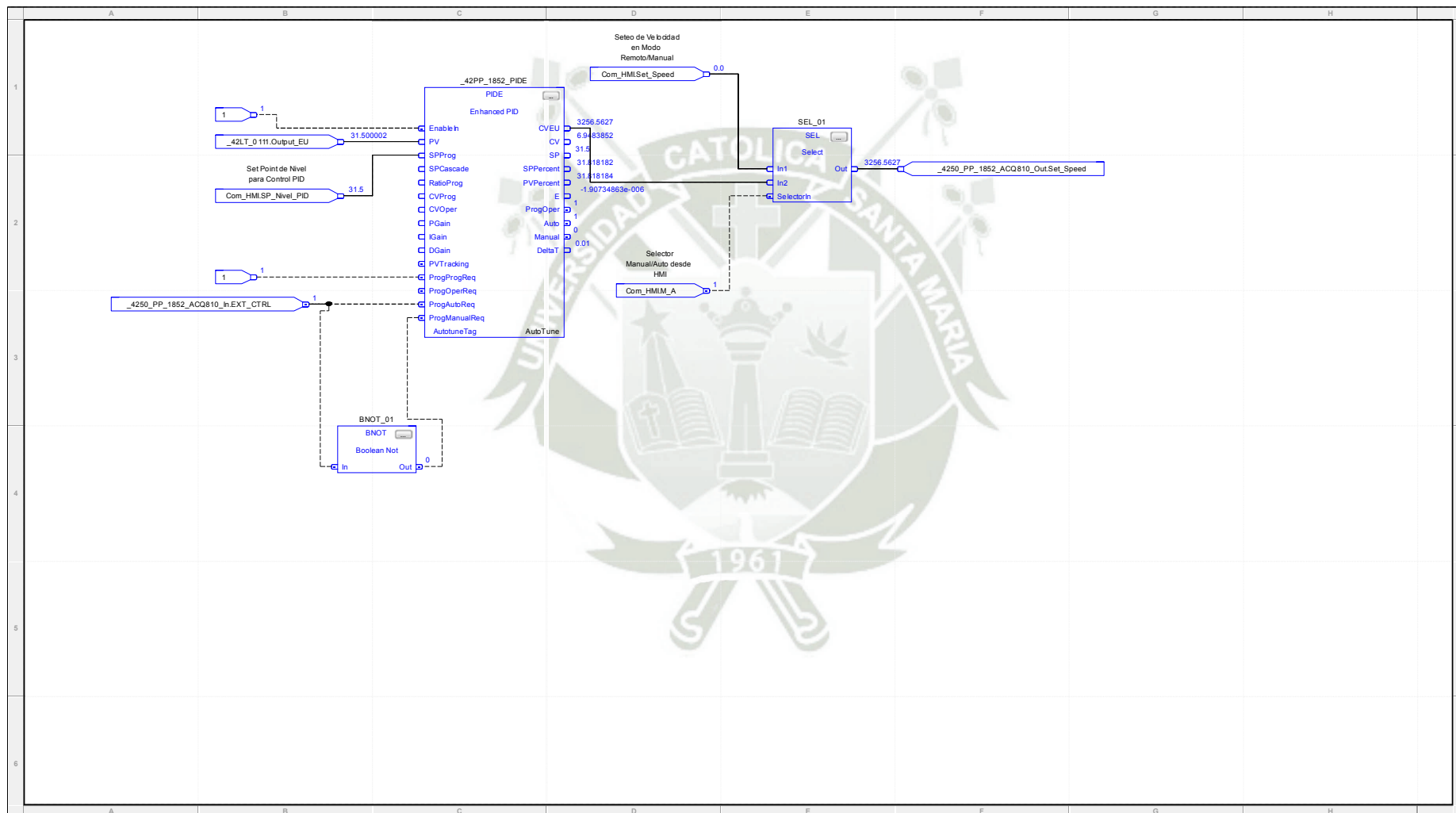
# Control\_de\_Velocidad - Function Block Diagram

InterceptorWells\_MT2:Lazo:Control\_PIDE

1 of 1 total sheets in routine

3/21/2019 2:28:46 PM

C:\Users\ctk\Desktop\PROGRAMAS PARA SACAR REPORTE\InterceptorWells\_MT2\_PLC\_rev4.ACD



**MainRoutine - Ladder Diagram**

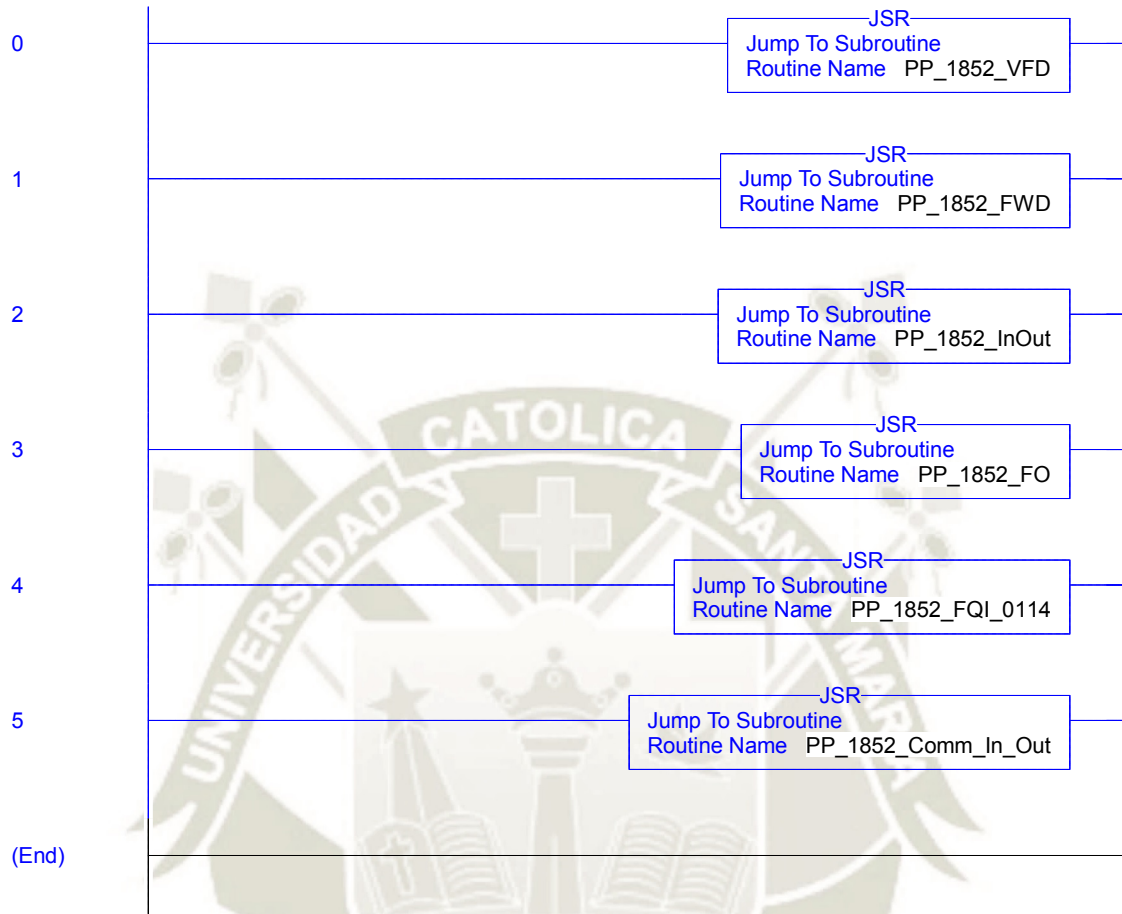
InterceptorWells\_MT2:MainTask:MT2

Total number of rungs in routine: 6

**Page 4**

3/21/2019 2:28:47 PM

... REPORTE\InterceptorWells\_MT2\_PLC\_rev4.ACD



PP\_1852\_Comm\_In\_Out - Ladder Diagram

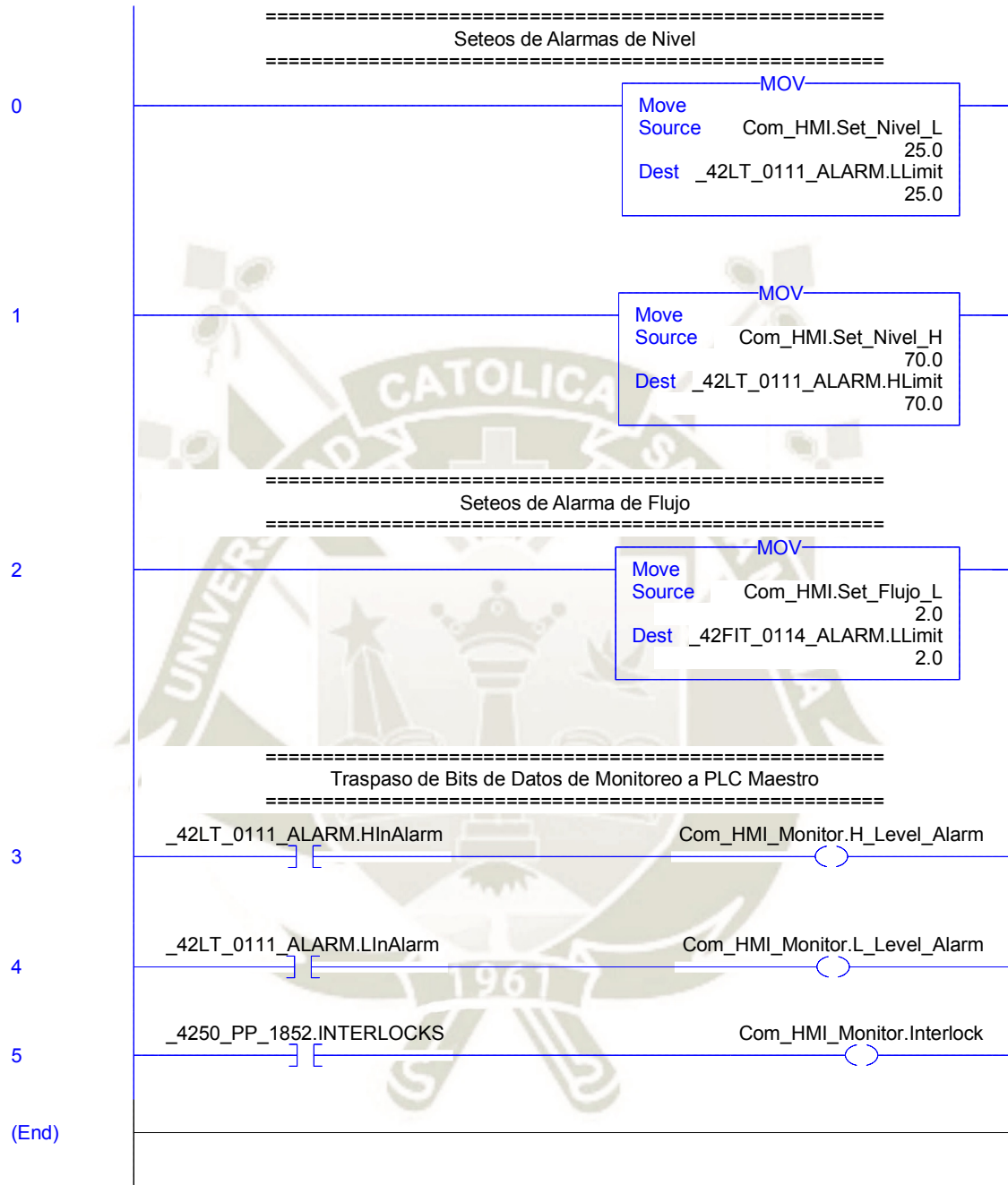
InterceptorWells\_MT2:MainTask:MT2

Total number of rungs in routine: 6

Page 5

3/21/2019 2:28:53 PM

... REPORTE\InterceptorWells\_MT2\_PLC\_rev4.ACD



PP\_1852\_FO - Ladder Diagram

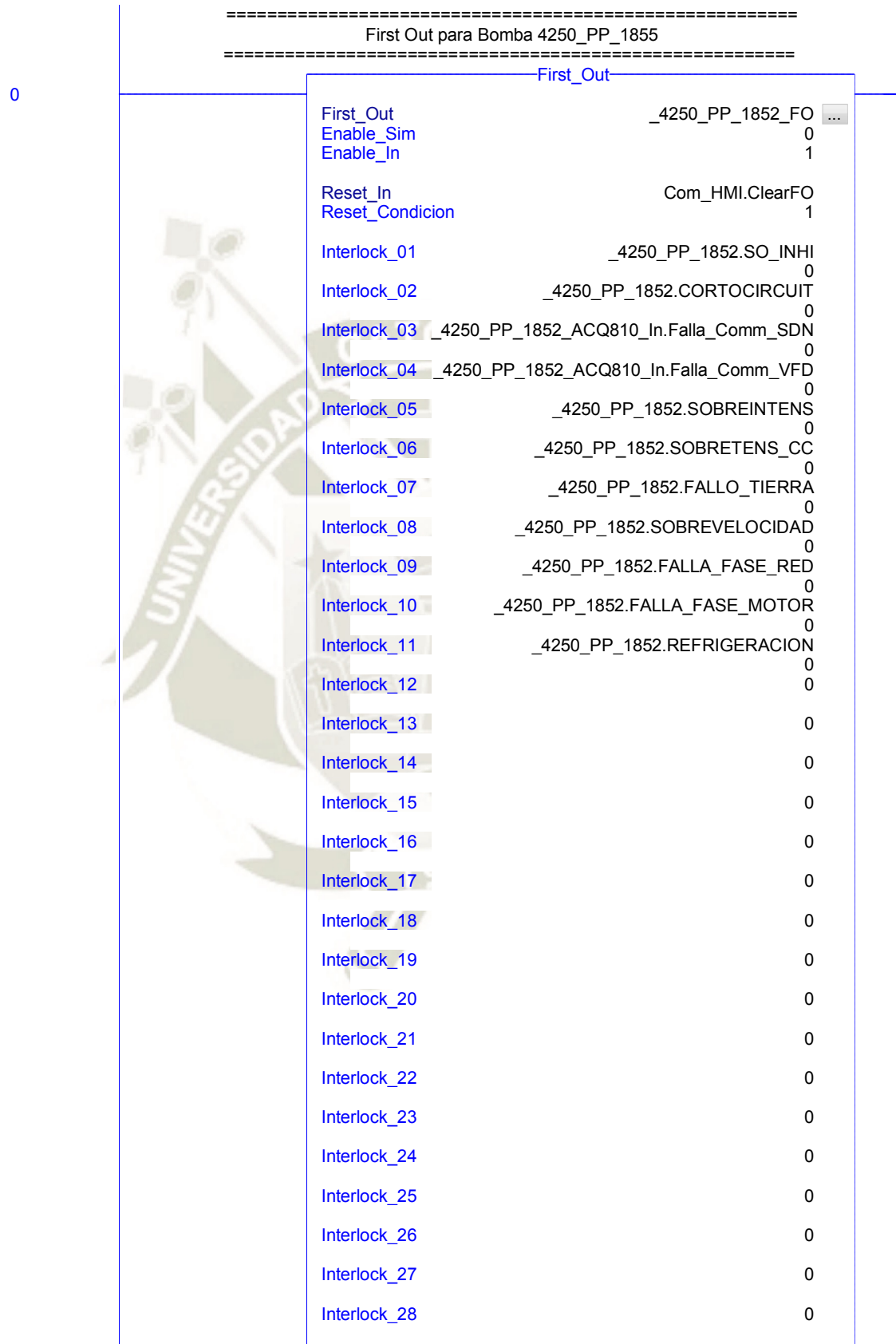
InterceptorWells\_MT2:MainTask:MT2

Total number of rungs in routine: 1

Page 6

3/21/2019 2:28:54 PM

... REPORTE\InterceptorWells\_MT2\_PLC\_rev4.ACD



RSLogix 5000

**PP\_1852\_FO - Ladder Diagram**

InterceptorWells\_MT2:MainTask:MT2

Total number of rungs in routine: 1

**Page 7**

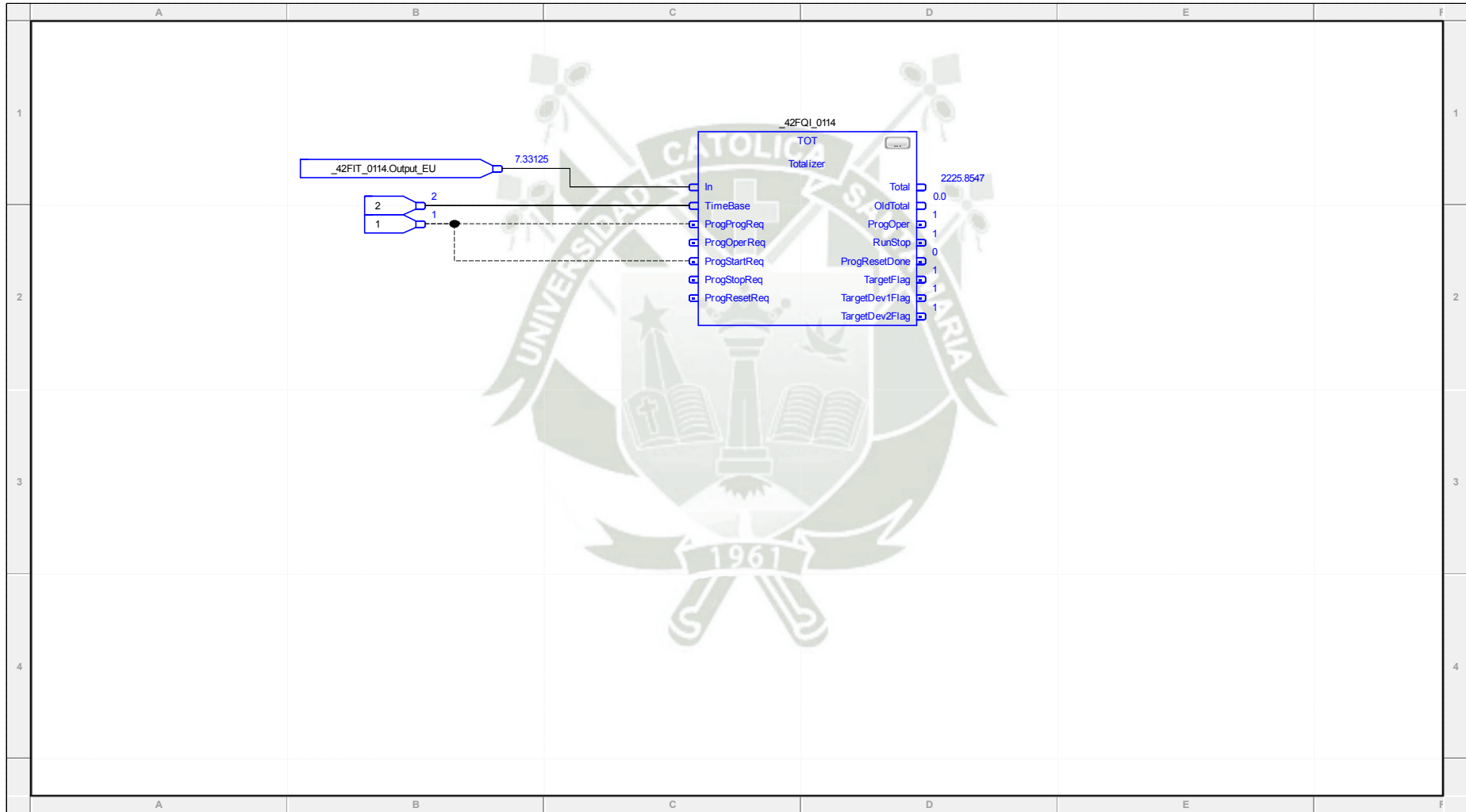
3/21/2019 2:28:54 PM

... REPORTE\InterceptorWells\_MT2\_PLC\_rev4.ACD

Interlock_29	0
Interlock_30	0
Tabla_Codigos	_4250_PP_1852_Tabla_Codigos
First_Out_Num	0
First_Out	_4250_PP_1852_FirstOut
First_Out_Last	_4250_PP_1852_LastFirstOut

(End)





**PP\_1852\_FWD - Ladder Diagram**

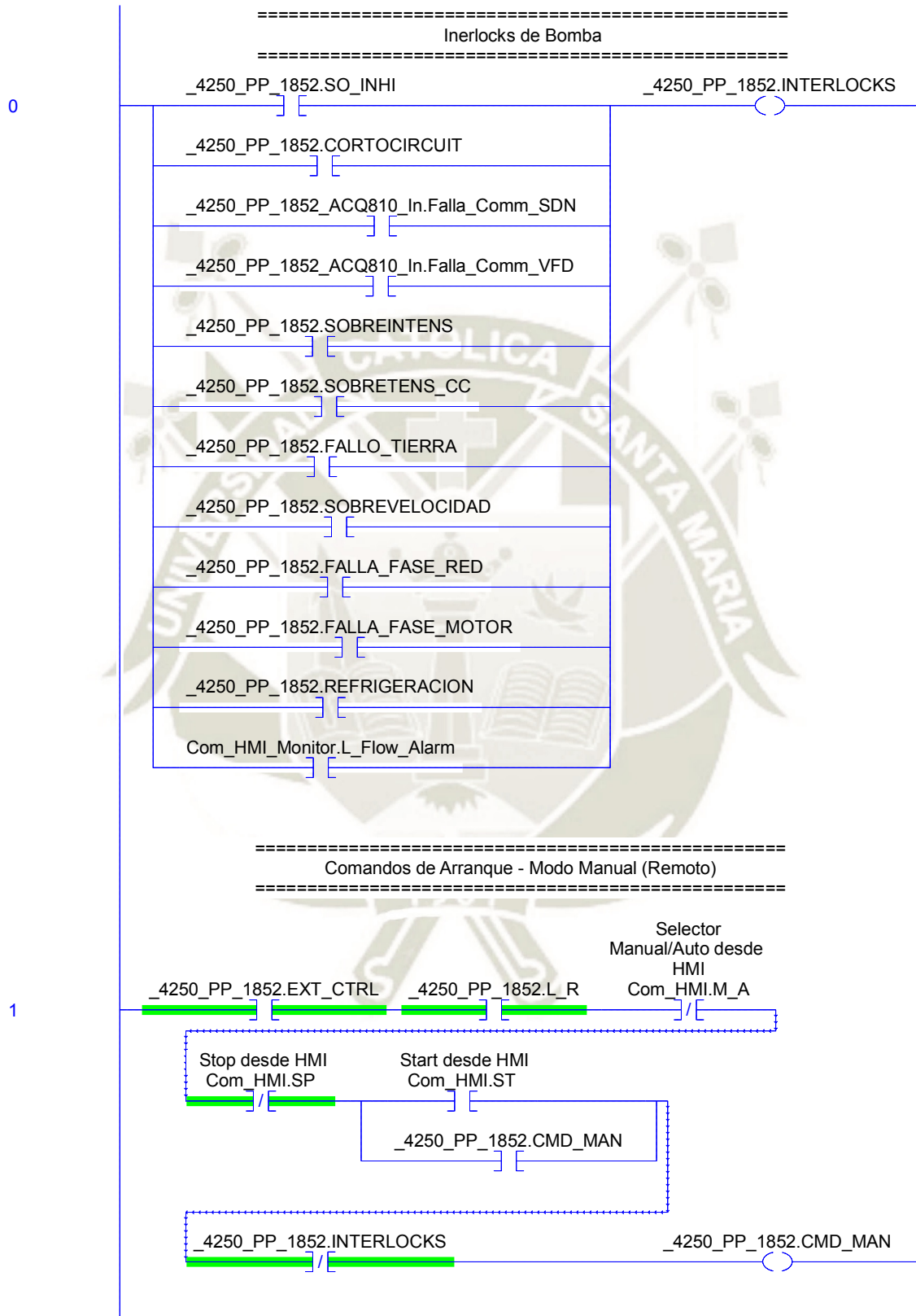
InterceptorWells\_MT2:MainTask:MT2

Total number of rungs in routine: 5

**Page 9**

3/21/2019 2:28:56 PM

... REPORTE\InterceptorWells\_MT2\_PLC\_rev4.ACD



RSLogix 5000

PP\_1852\_FWD - Ladder Diagram

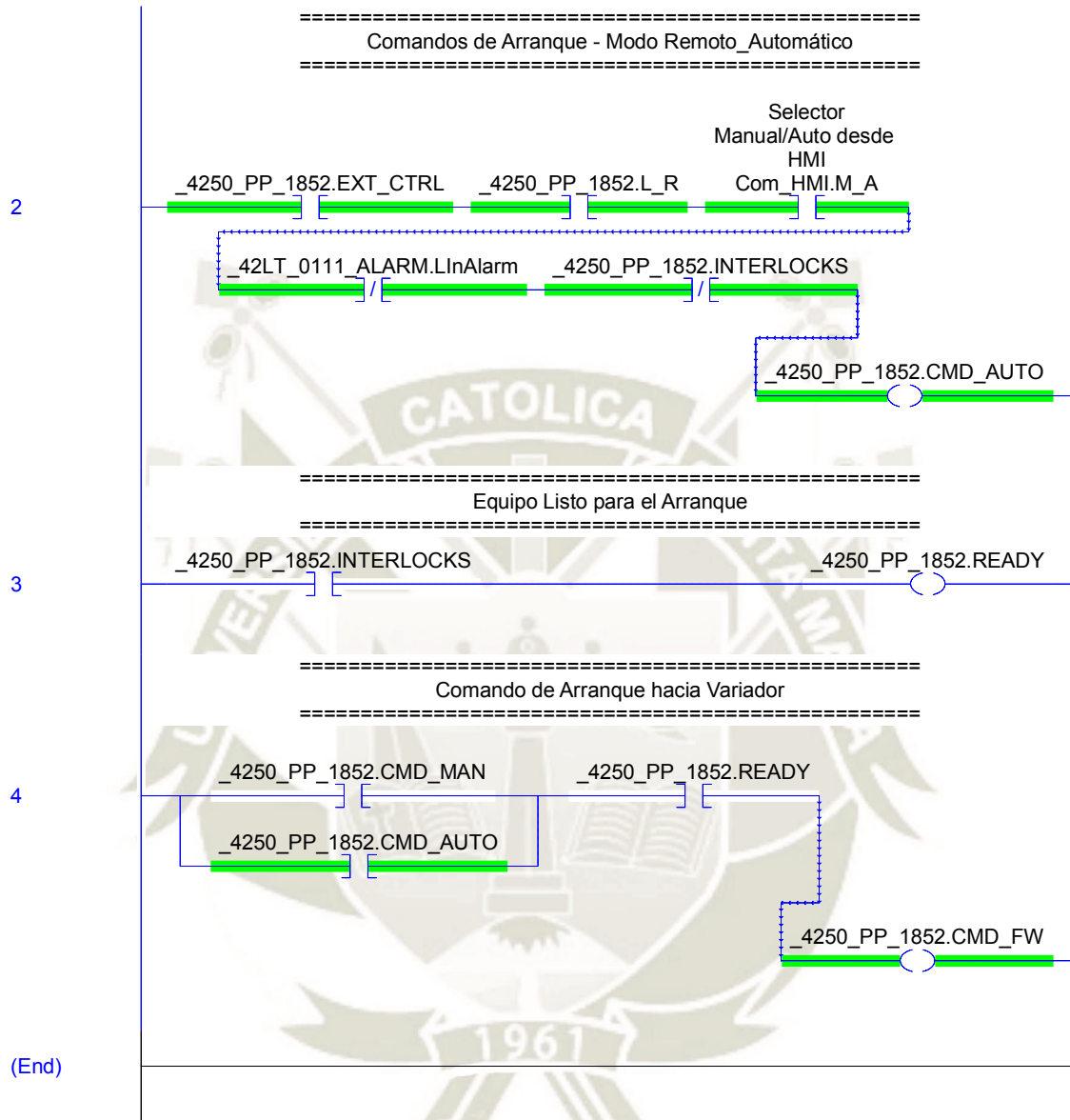
InterceptorWells\_MT2:MainTask:MT2

Total number of rungs in routine: 5

Page 10

3/21/2019 2:28:56 PM

... REPORTE\InterceptorWells\_MT2\_PLC\_rev4.ACD



PP\_1852\_InOut - Ladder Diagram

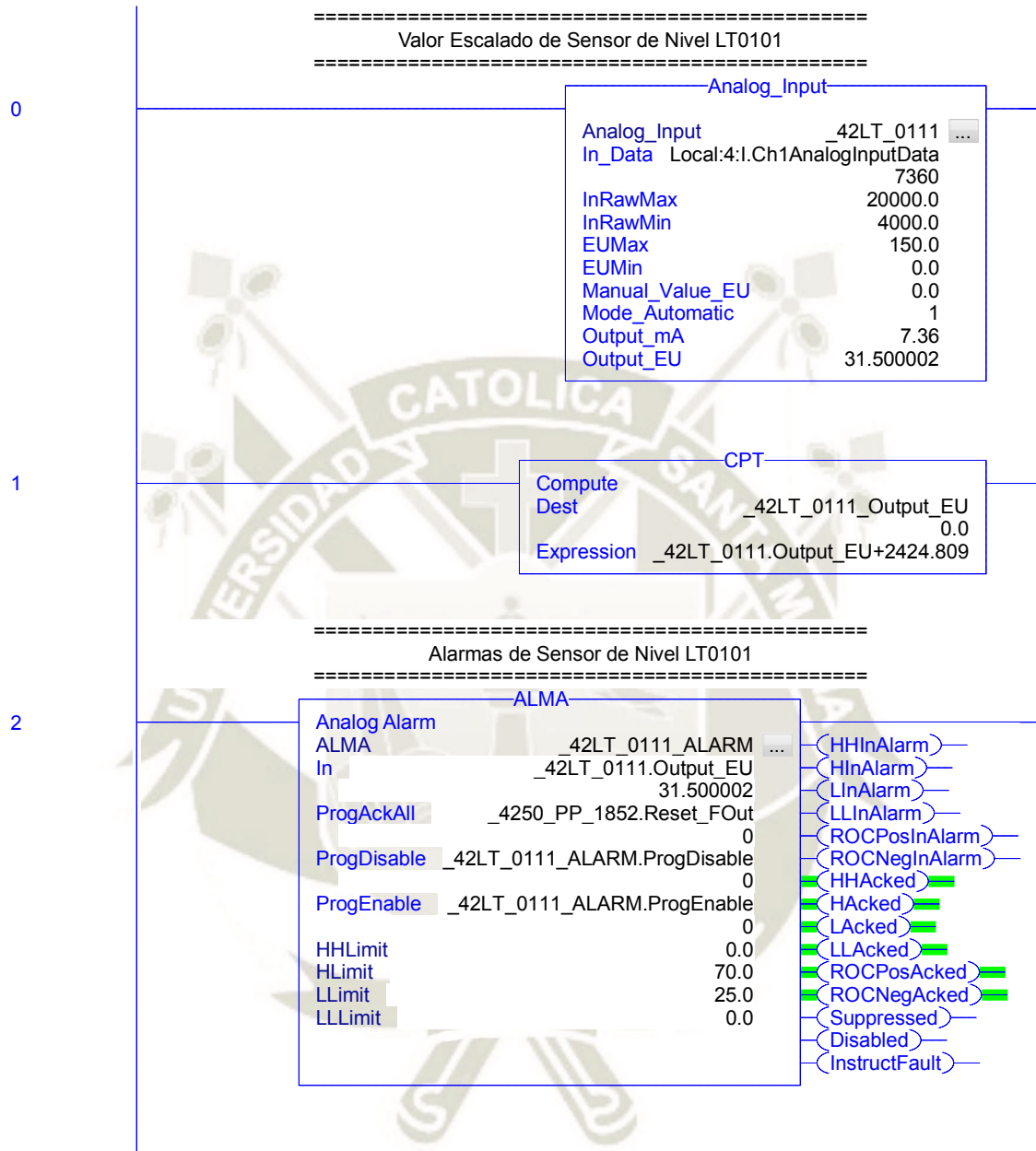
InterceptorWells\_MT2:MainTask:MT2

Total number of rungs in routine: 9

Page 11

3/21/2019 2:28:57 PM

... REPORTE\InterceptorWells\_MT2\_PLC\_rev4.ACD



PP\_1852\_InOut - Ladder Diagram

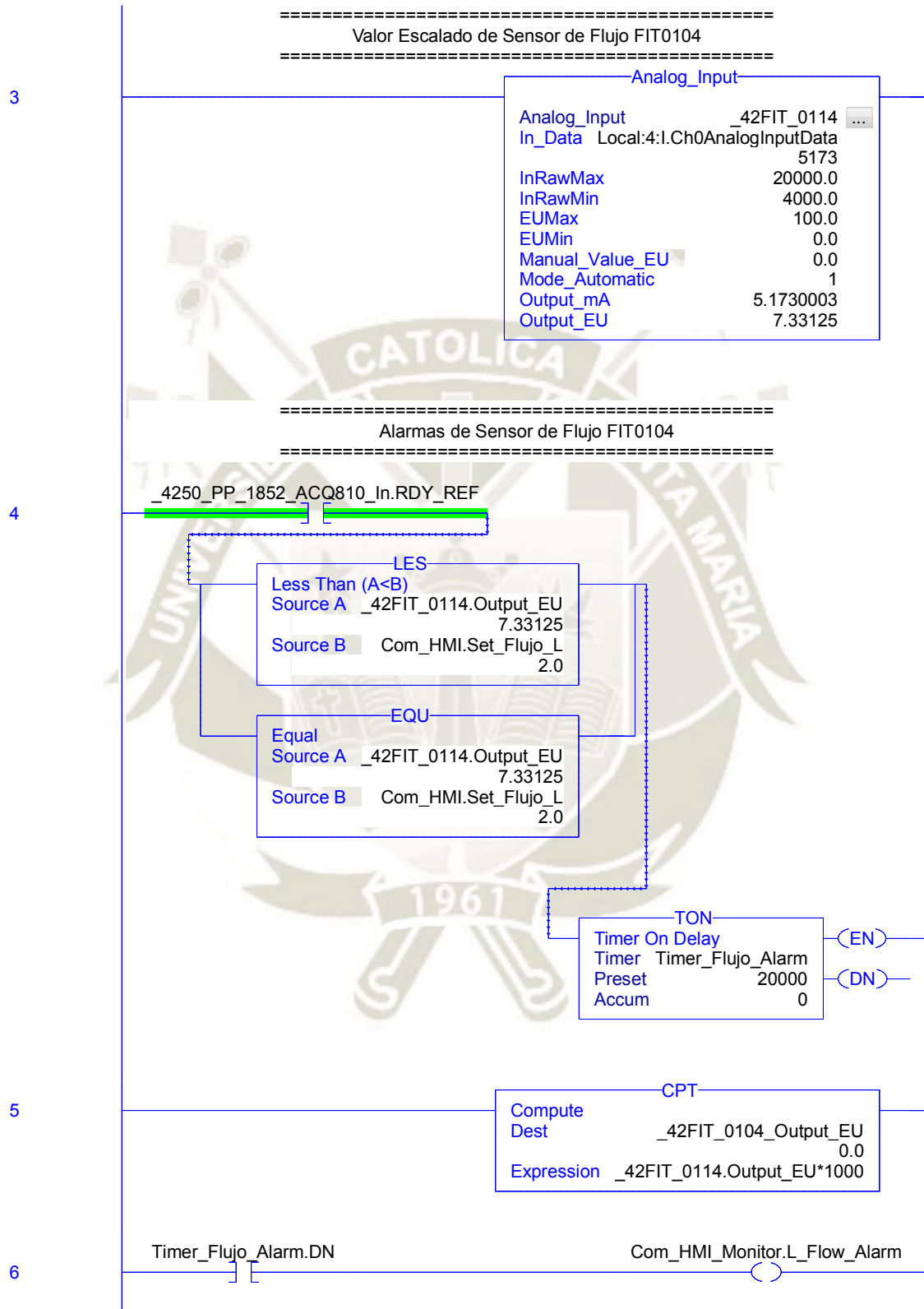
InterceptorWells\_MT2:MainTask:MT2

Total number of rungs in routine: 9

Page 12

3/21/2019 2:28:57 PM

... REPORTE\InterceptorWells\_MT2\_PLC\_rev4.ACD



RSLogix 5000

**PP\_1852\_InOut - Ladder Diagram**

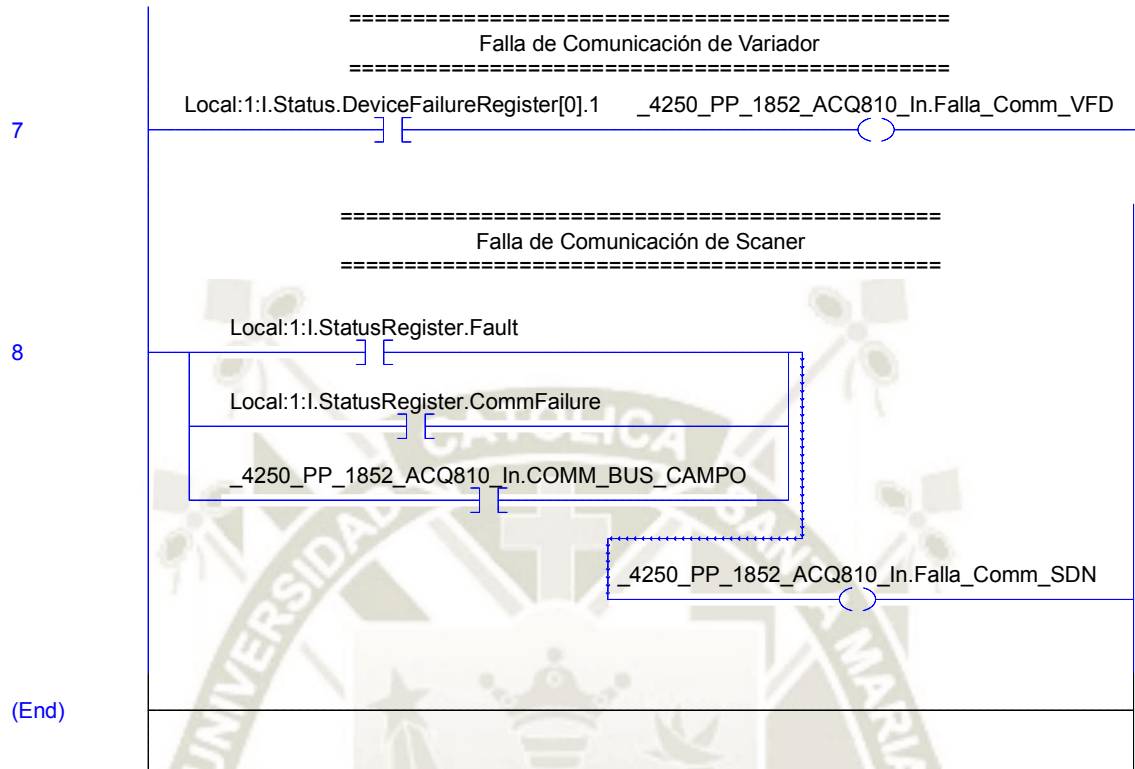
InterceptorWells\_MT2:MainTask:MT2

Total number of rungs in routine: 9

**Page 13**

3/21/2019 2:28:57 PM

... REPORTE\InterceptorWells\_MT2\_PLC\_rev4.ACD



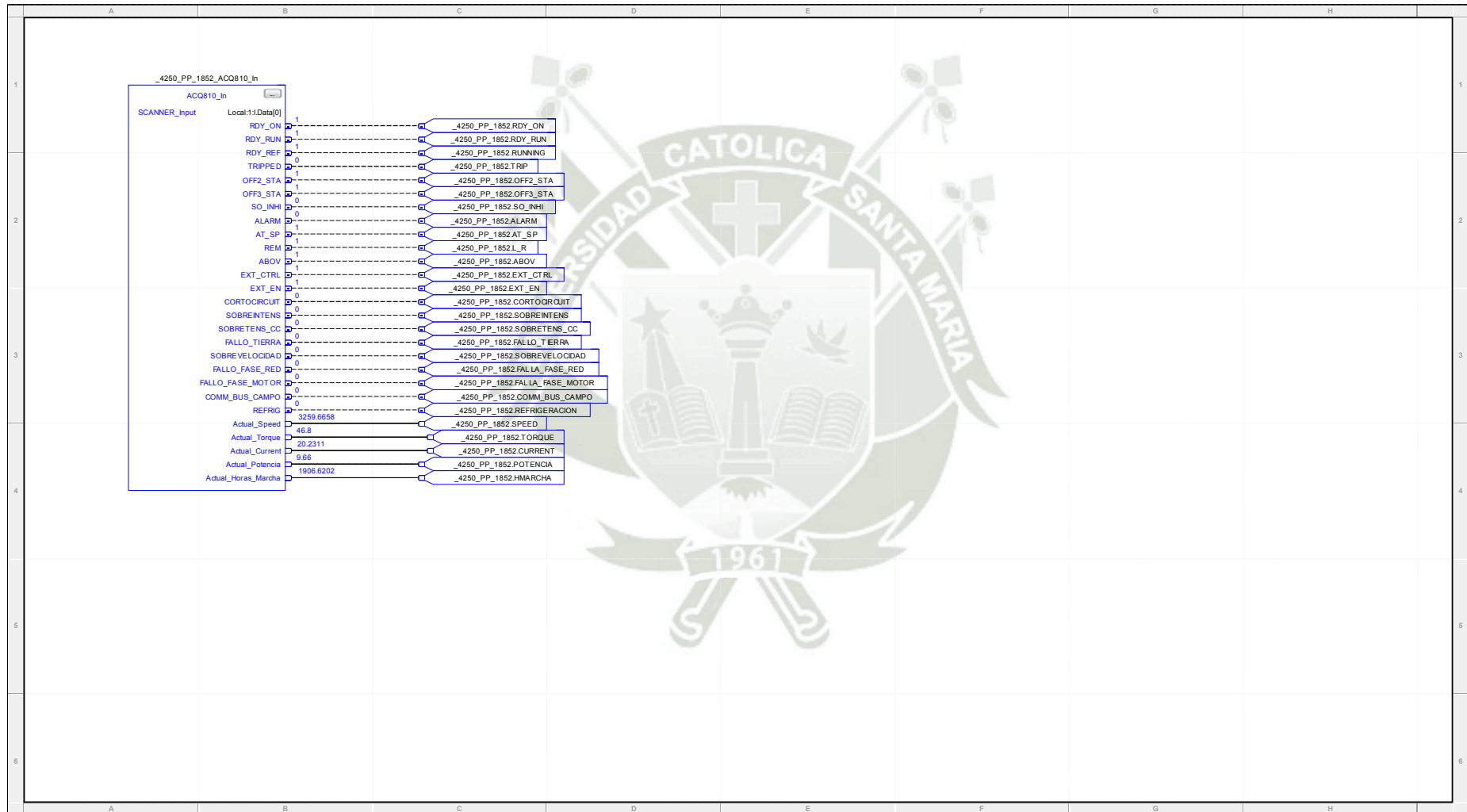
**PP\_1852\_VFD - Function Block Diagram**

InterceptorWells\_MT2:MainTask:MT2

1 of 2 total sheets in routine - Data IN

3/21/2019 2:28:59 PM

C:\Users\ctk\Desktop\PROGRAMAS PARA SACAR REPORTE\InterceptorWells\_MT2\_PLC\_rev4.ACD



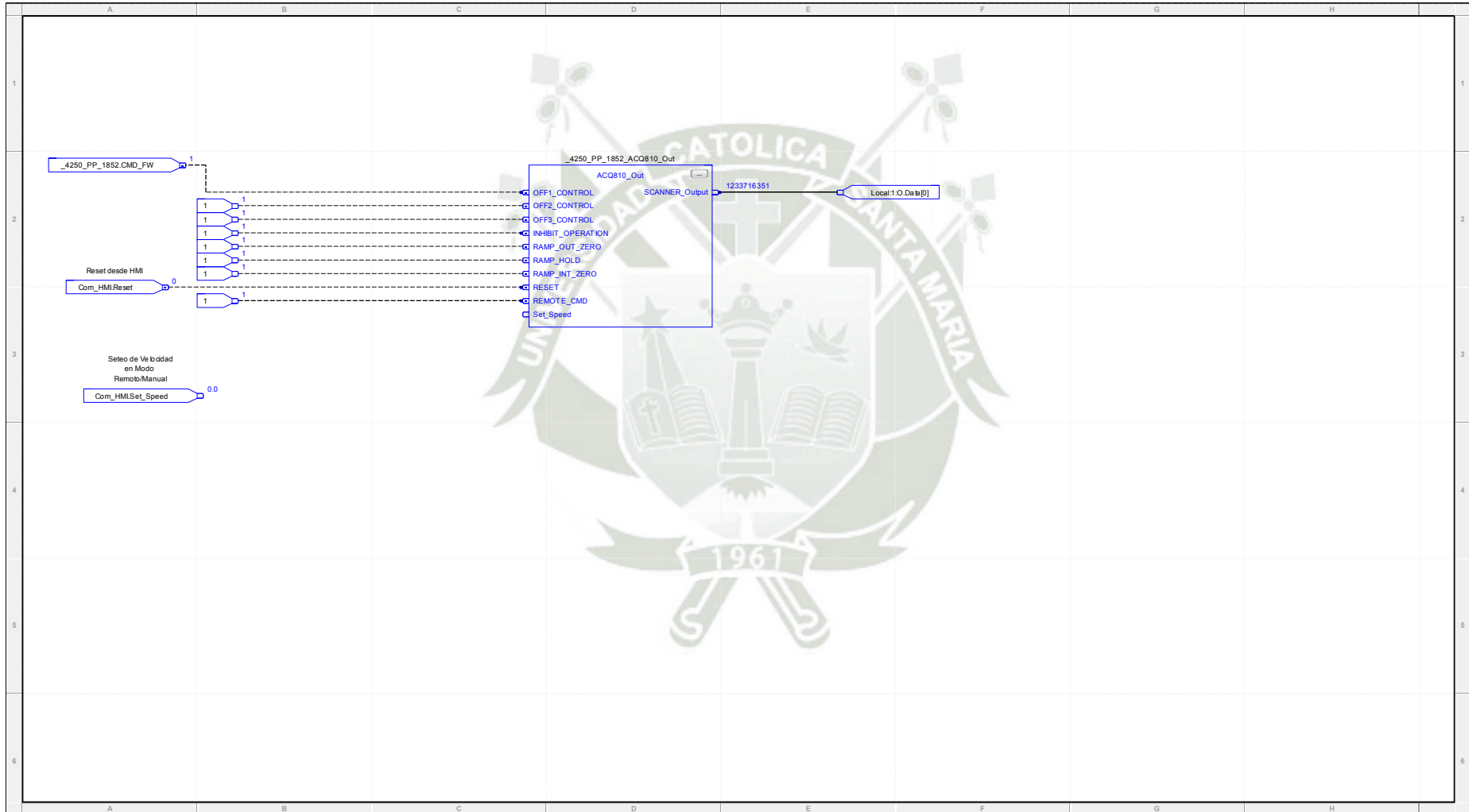
PP\_1852\_VFD - Function Block Diagram

InterceptorWells\_MT2:MainTask:MT2

2 of 2 total sheets in routine - Data OUT

3/21/2019 2:29:01 PM

C:\Users\ctk\Desktop\PROGRAMAS PARA SACAR REPORTE\InterceptorWells\_MT2\_PLC\_rev4.ACD



The logo of Universidad Católica Santa María is a circular emblem. It features a central shield with a cross, flanked by two crossed keys. Above the shield is a banner with the text 'UNIVERSIDAD CATOLICA SANTA MARIA'. Below the shield is another banner with the year '1960'. The entire emblem is rendered in a light gray color.

**ANEXO G**  
**LÓGICA DE CONTROL DE PLC**  
**EN TABLERO DE CONTROL**  
**MT5**

**InterceptorWells\_MT5 - Table of Contents**

**Page i**

3/21/2019 2:39:21 PM

C:\Users\ctk\Desktop\PROGRAMAS PARA SACAR REPORTE\InterceptorWells\_MT5\_PLC\_rev2.ACD

**InterceptorWells\_MT5**

Controller Organizer Listing .....	1
<b>Lazo</b>	
<b>Control_PIDE</b>	
<b>Control_de_Velocidad</b>	
Function Block Diagram .....	3
<b>MainTask</b>	
<b>MT5</b>	
<b>MainRoutine</b>	
Ladder Diagram .....	4
<b>PP_1854_Comm_In_Out</b>	
Ladder Diagram .....	5
<b>PP_1854_FO</b>	
Ladder Diagram .....	6
<b>PP_1854_FQI_0204</b>	
Function Block Diagram .....	8
<b>PP_1854_FWD</b>	
Ladder Diagram .....	9
<b>PP_1854_InOut</b>	
Ladder Diagram .....	12
<b>PP_1854_VFD</b>	
Function Block Diagram .....	15
<b>Module Properties</b>	
1769 Bus : Local Modules .....	17
Ethernet : Local Modules.....	24

InterceptorWells\_MT5 - Controller Organizer Listing

Page 1

3/21/2019 2:38:59 PM

C:\Users\ctk\Desktop\PROGRAMAS PARA SACAR REPORTE\InterceptorWells\_MT5\_PLC\_rev2.ACD

Controller InterceptorWells\_MT5

Controller Fault Handler

Power-Up Handler

Tasks

Lazo

Control\_PIDE

Control\_de\_Velocidad

MainTask

MT5

MainRoutine

PP\_1854\_Comm\_In\_Out

PP\_1854\_FO

PP\_1854\_FQI\_0204

PP\_1854\_FWD

PP\_1854\_InOut

PP\_1854\_VFD

Unscheduled Programs / Phases

Motion Groups

Ungrouped Axes

Add-On Instructions

ACQ810\_In

Logic

ACQ810\_Out

Logic

Analog\_Input

Logic

Decoder\_FO

Logic

First\_Out

Logic

Data Types

User-Defined

ACQ810

ACQ810\_output

ANALOG

HMI\_CONTROL

HMI\_MONITOR

Strings

STRING

Add-On-Defined

ACQ810\_In

ACQ810\_Out

Analog\_Input

Decoder\_FO

First\_Out

Module-Defined

AB:1769\_DI8:I:0



















RSLogix 5000

InterceptorWells\_MT5 - Controller Organizer Listing

Page 2


3/21/2019 2:38:59 PM

C:\Users\ctk\Desktop\PROGRAMAS PARA SACAR REPORTE\InterceptorWells\_MT5\_PLC\_rev2.ACD

-  AB:1769\_DO8:C:0
-  AB:1769\_DO8:I:0
-  AB:1769\_DO8:O:0
-  AB:1769\_SDN\_364Bytes:O:0
-  AB:1769\_SDN\_496Bytes:I:0
-  AB:1769\_SDN\_CommandRegister:O:0
-  AB:1769\_SDN\_StatusRegister:I:0
-  AB:1769\_SDN\_Status\_Struct:I:0
-  AB:1784\_PCIDS\_496Bytes:O:0
-  AB:1784\_PCIDS\_500Bytes:I:0
-  AB:1784\_PCIDS\_CommandRegister:O:0
-  AB:1784\_PCIDS\_StatusRegister:I:0
-  AB:1784\_PCIDS\_Status\_128Bytes:S:0
-  AB:1789\_MODULE:C:0
-  AB:1789\_MODULE\_DINT\_32Bytes:I:0
-  AB:1789\_MODULE\_DINT\_4Bytes:I:0
-  AB:1789\_MODULE\_DINT\_4Bytes:O:0
-  AB:1789\_MODULE\_REAL\_16Bytes:I:0
-  SC:1769sc\_IF4IH:I:0
-  SC:1769sc\_IF4IH:O:0
-  SC:1769sc\_IF4IH\_Rev3:C:0


Trends

I/O Configuration

 1769 Bus

-  [0] 1769-L30ER InterceptorWells\_MT5
- [1] 1769-SDN/B DNet

 Ethernet

-  1769-L30ER InterceptorWells\_MT5
- 1769-L30ER InterceptorWells\_Master

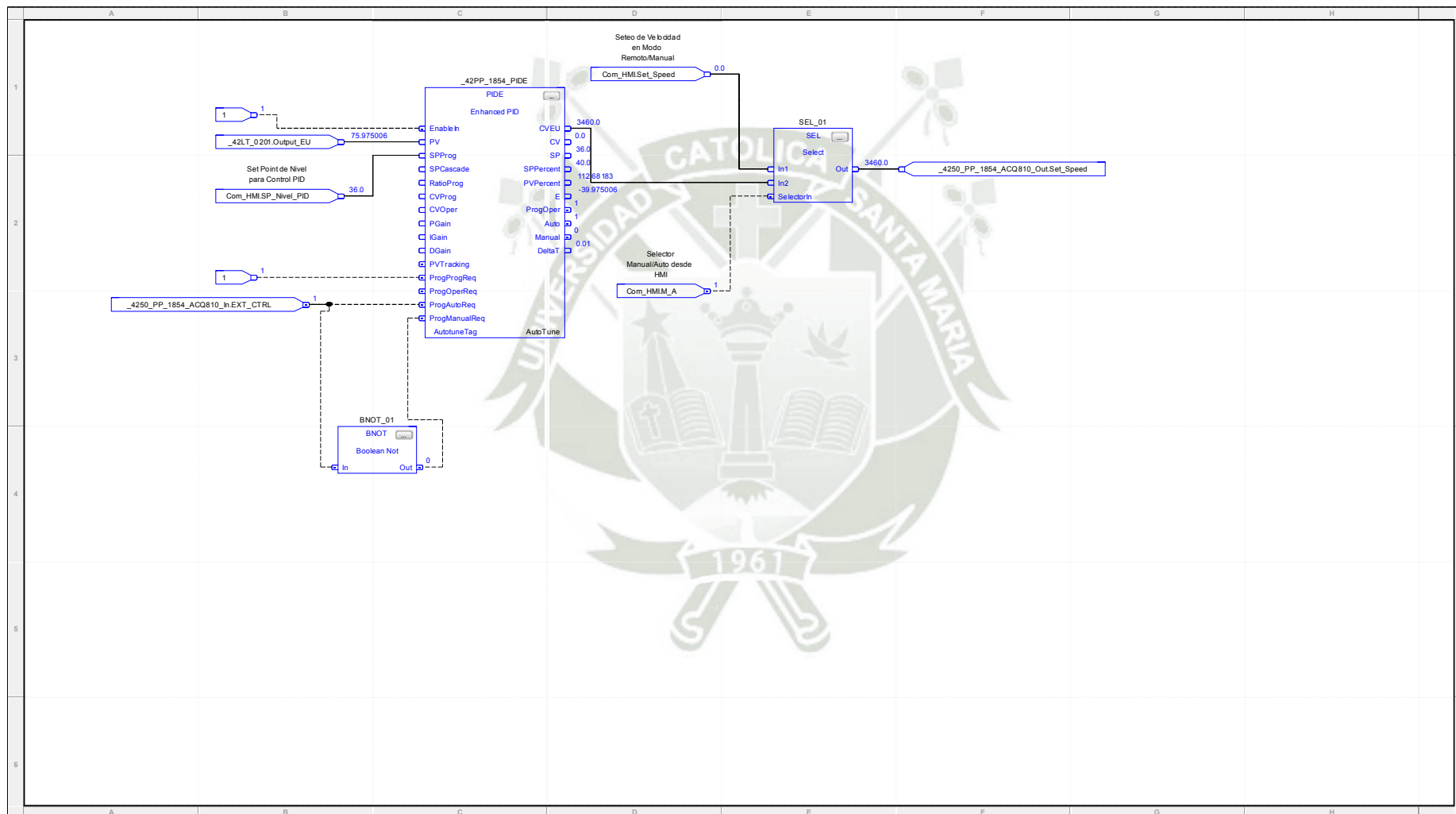
**Control\_de\_Velocidad - Function Block Diagram**

InterceptorWells\_MT5:Lazo:Control\_PIDE

1 of 1 total sheets in routine

3/21/2019 2:39:01 PM

C:\Users\ctk\Desktop\PROGRAMAS PARA SACAR REPORTE\InterceptorWells\_MT5\_PLC\_rev2.ACD



**MainRoutine - Ladder Diagram**

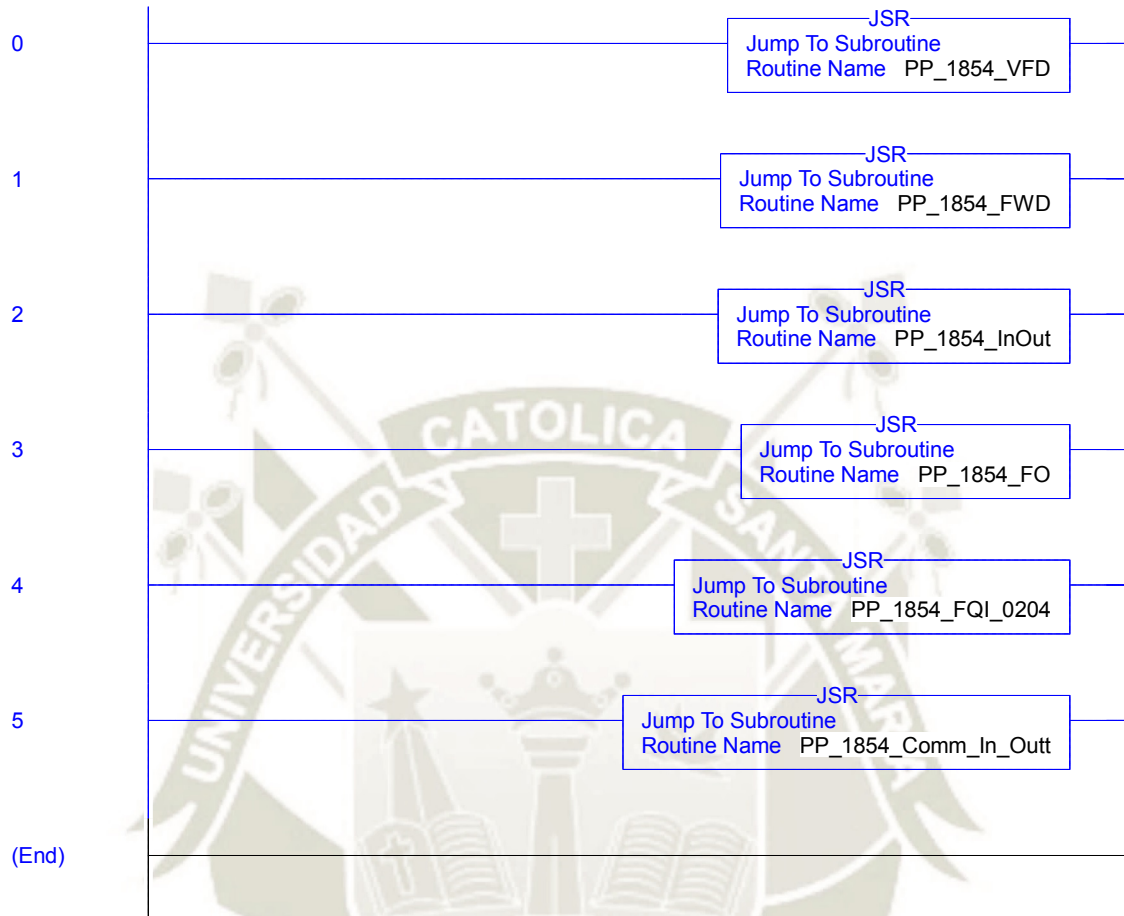
InterceptorWells\_MT5:MainTask:MT5

Total number of rungs in routine: 6

**Page 4**

3/21/2019 2:39:02 PM

... REPORTE\InterceptorWells\_MT5\_PLC\_rev2.ACD



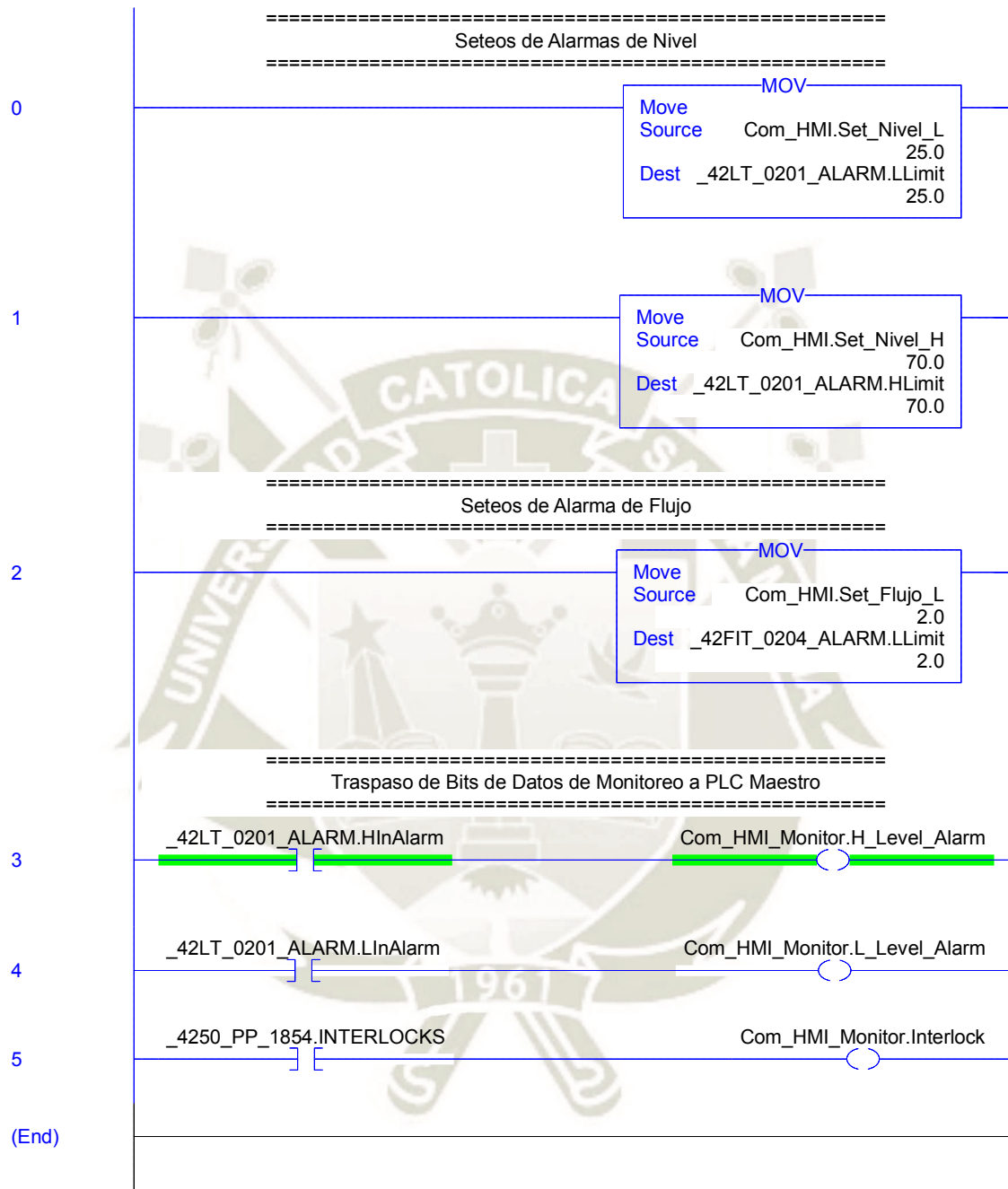
**PP\_1854\_Comm\_In\_Outt - Ladder Diagram**

InterceptorWells\_MT5:MainTask:MT5

3/21/2019 2:39:08 PM

Total number of rungs in routine: 6

... REPORTE\InterceptorWells\_MT5\_PLC\_rev2.ACD



PP\_1854\_FO - Ladder Diagram

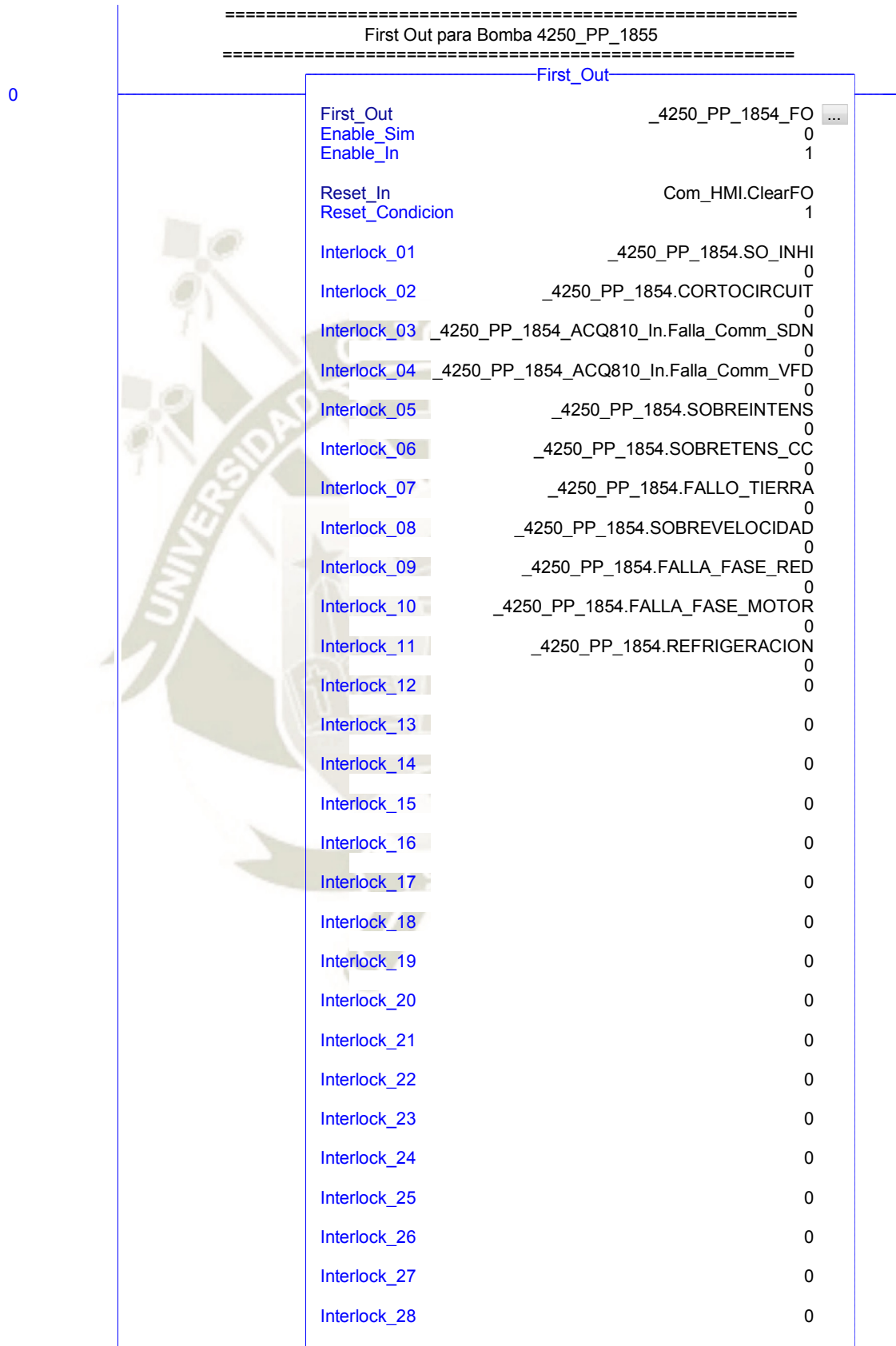
InterceptorWells\_MT5:MainTask:MT5

Total number of rungs in routine: 1

Page 6

3/21/2019 2:39:09 PM

... REPORTE\InterceptorWells\_MT5\_PLC\_rev2.ACD



RSLogix 5000

**PP\_1854\_FO - Ladder Diagram**

InterceptorWells\_MT5:MainTask:MT5

Total number of rungs in routine: 1

**Page 7**

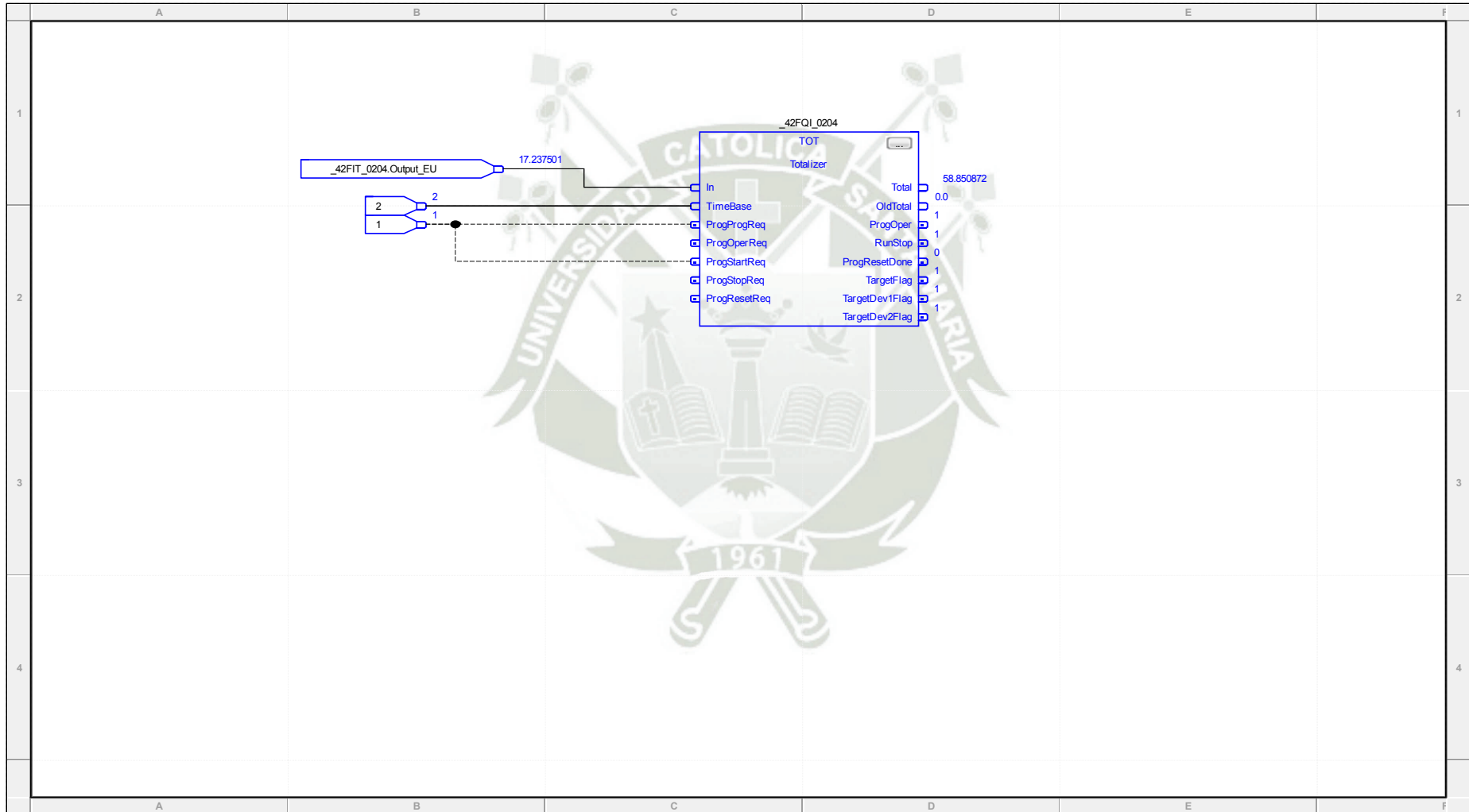
3/21/2019 2:39:09 PM

... REPORTE\InterceptorWells\_MT5\_PLC\_rev2.ACD

Interlock_29	0
Interlock_30	0
Tabla_Codigos	_4250_PP_1854_Tabla_Codigos
First_Out_Num	0
First_Out	_4250_PP_1854_FirstOut
First_Out_Last	_4250_PP_1854_LastFirstOut

(End)





**PP\_1854\_FWD - Ladder Diagram**

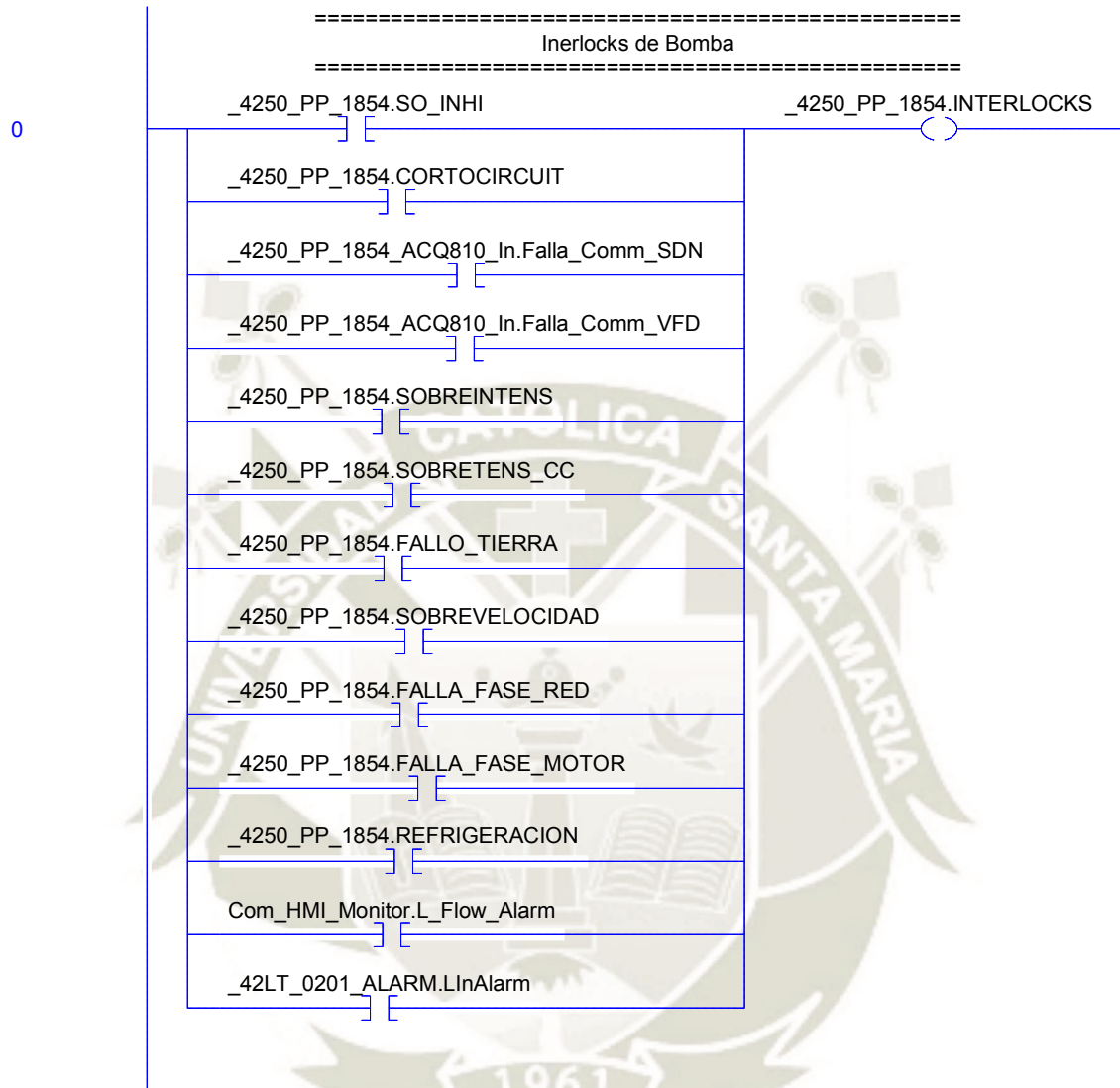
InterceptorWells\_MT5:MainTask:MT5

Total number of rungs in routine: 5

**Page 9**

3/21/2019 2:39:16 PM

... REPORTE\InterceptorWells\_MT5\_PLC\_rev2.ACD



**PP\_1854\_FWD - Ladder Diagram**

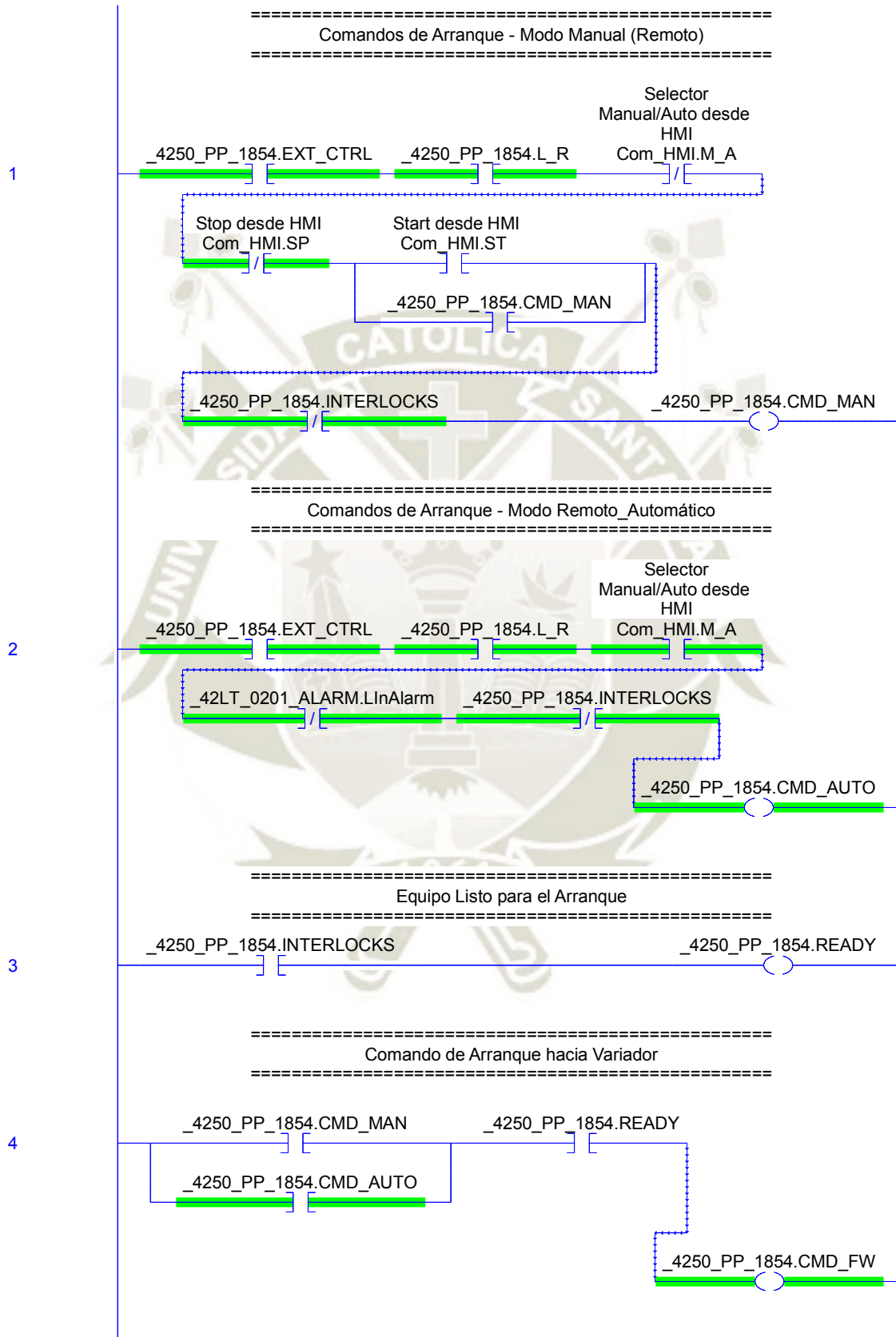
InterceptorWells\_MT5:MainTask:MT5

Total number of rungs in routine: 5

Page 10

3/21/2019 2:39:16 PM

... REPORTE\InterceptorWells MT5 PLC\_rev2.ACD



RSLogix 5000

**PP\_1854\_FWD - Ladder Diagram**

InterceptorWells\_MT5:MainTask:MT5

Total number of rungs in routine: 5

**Page 11**

3/21/2019 2:39:16 PM

... REPORTE\InterceptorWells\_MT5\_PLC\_rev2.ACD

(End)



PP\_1854\_InOut - Ladder Diagram

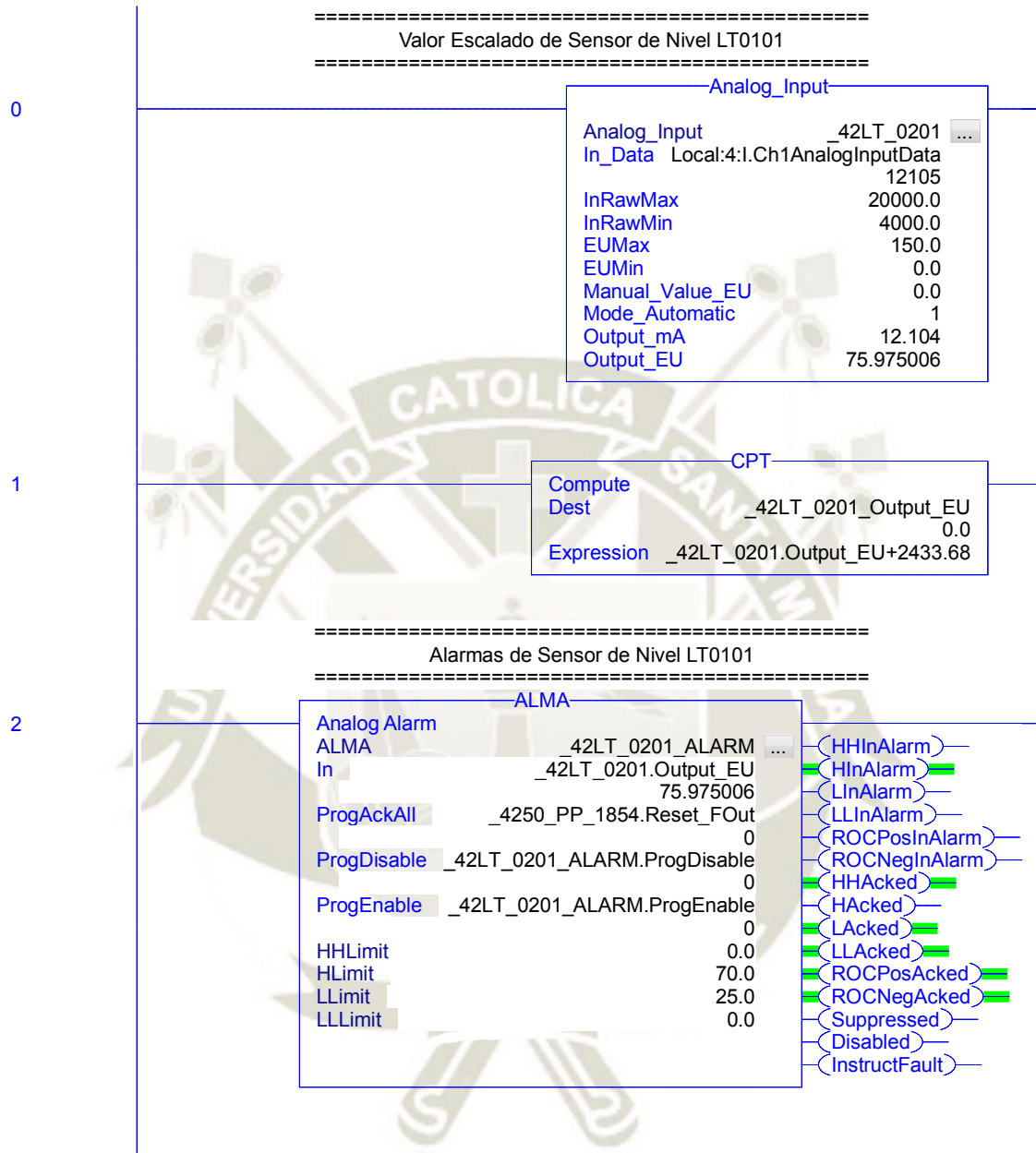
InterceptorWells\_MT5:MainTask:MT5

Total number of rungs in routine: 9

Page 12

3/21/2019 2:39:16 PM

... REPORTE\InterceptorWells MT5 PLC rev2.ACD



PP\_1854\_InOut - Ladder Diagram

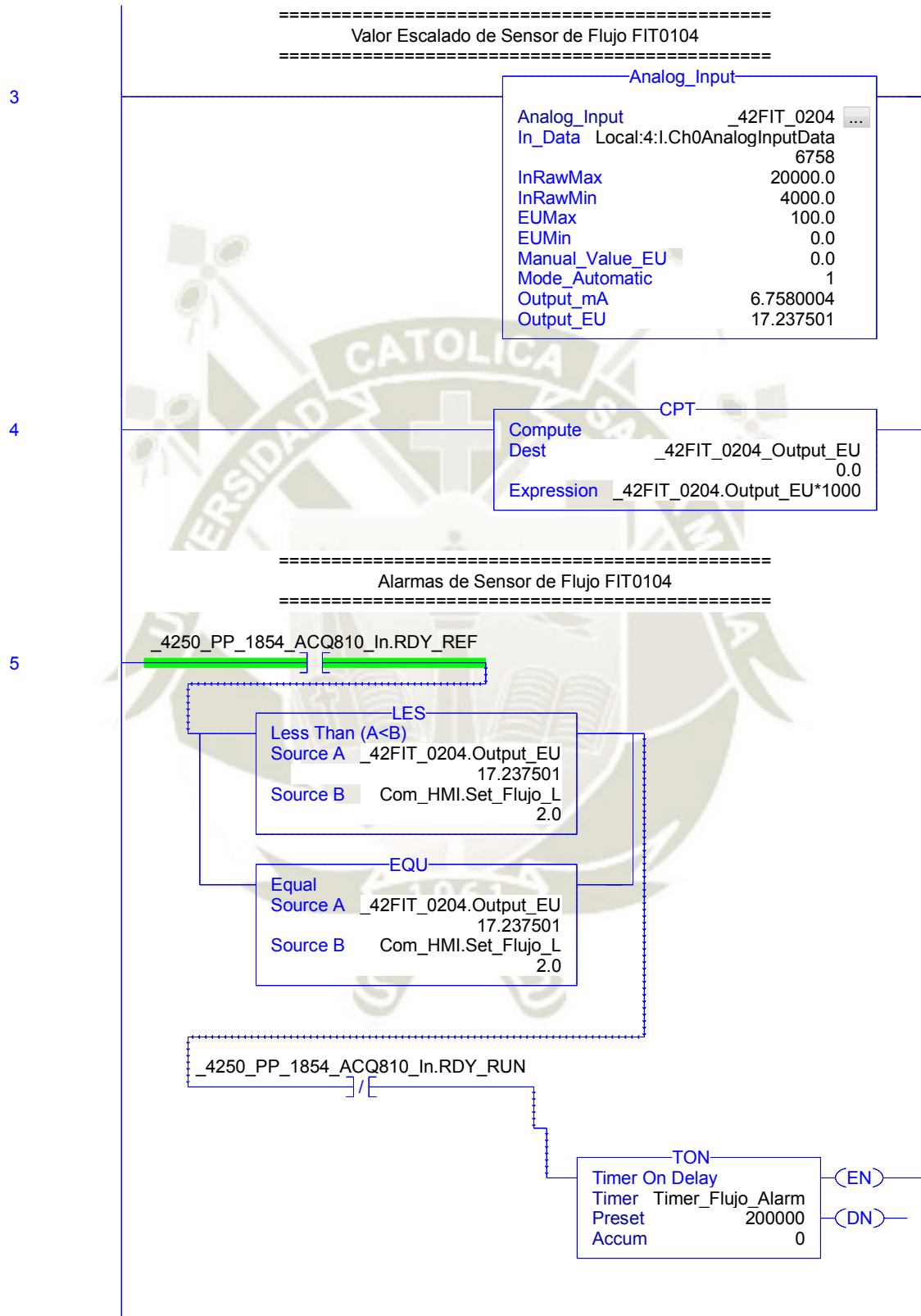
InterceptorWells\_MT5:MainTask:MT5

Total number of rungs in routine: 9

Page 13

3/21/2019 2:39:16 PM

... REPORTE\InterceptorWells MT5 PLC\_rev2.ACD



RSLogix 5000

**PP\_1854\_InOut - Ladder Diagram**

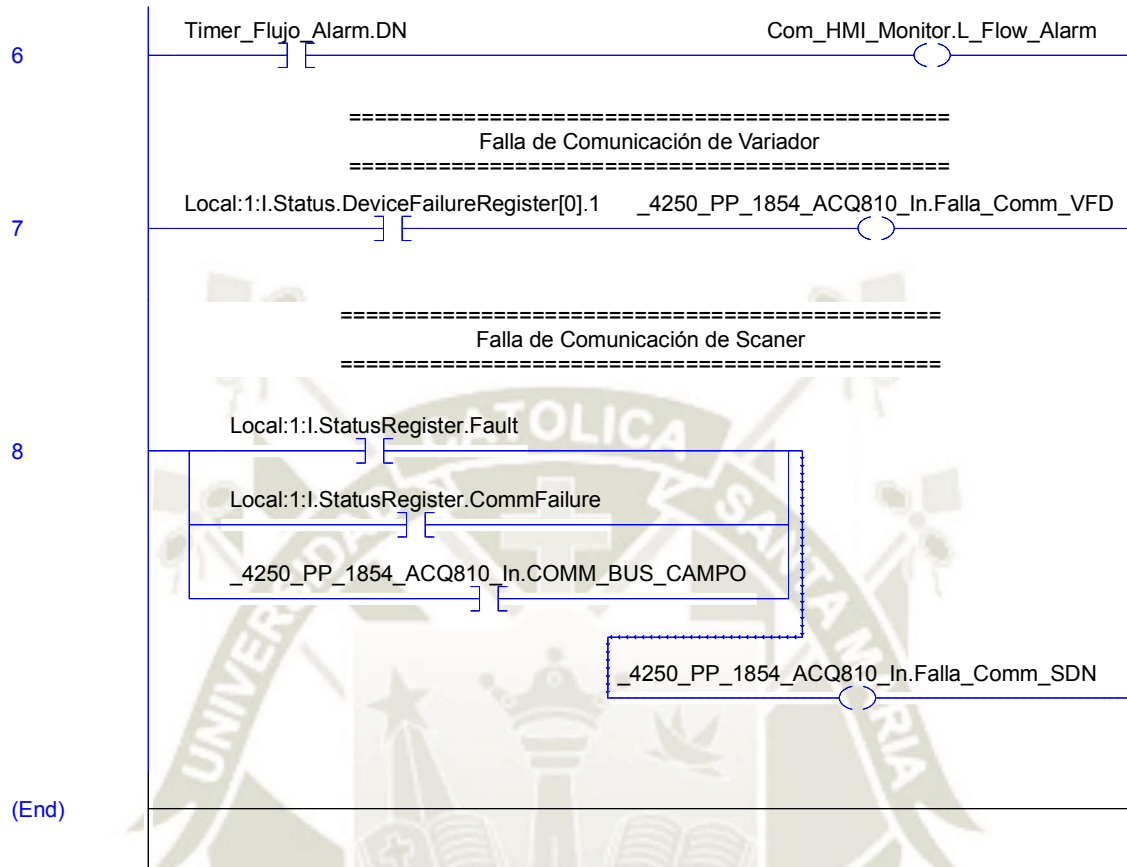
InterceptorWells\_MT5:MainTask:MT5

Total number of rungs in routine: 9

**Page 14**

3/21/2019 2:39:16 PM

... REPORTE\InterceptorWells\_MT5\_PLC\_rev2.ACD



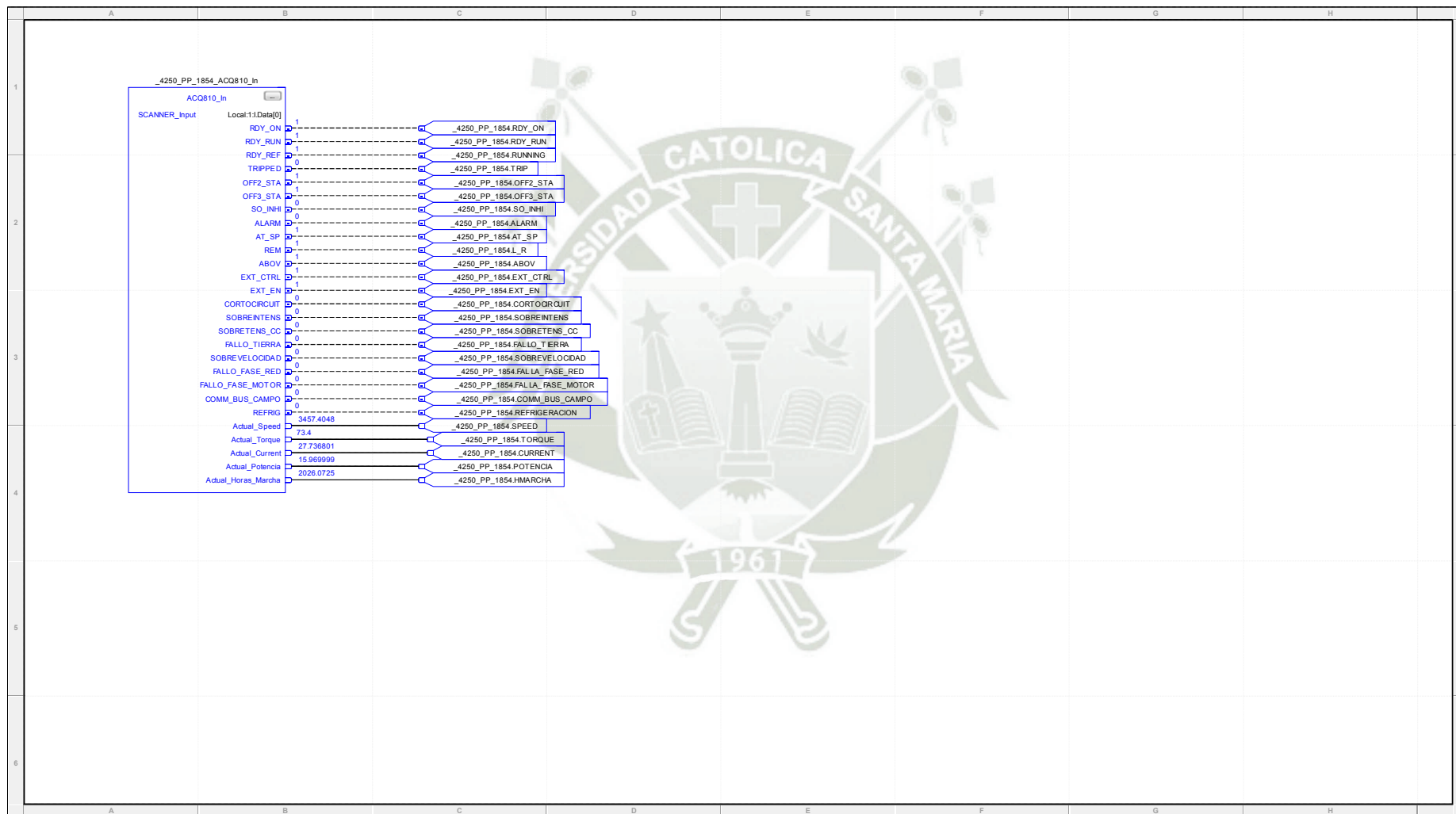
**PP\_1854\_VFD - Function Block Diagram**

InterceptorWells\_MT5:MainTask:MT5

1 of 2 total sheets in routine - Data IN

3/21/2019 2:39:18 PM

C:\Users\ctk\Desktop\PROGRAMAS PARA SACAR REPORTE\InterceptorWells\_MT5\_PLC\_rev2.ACD

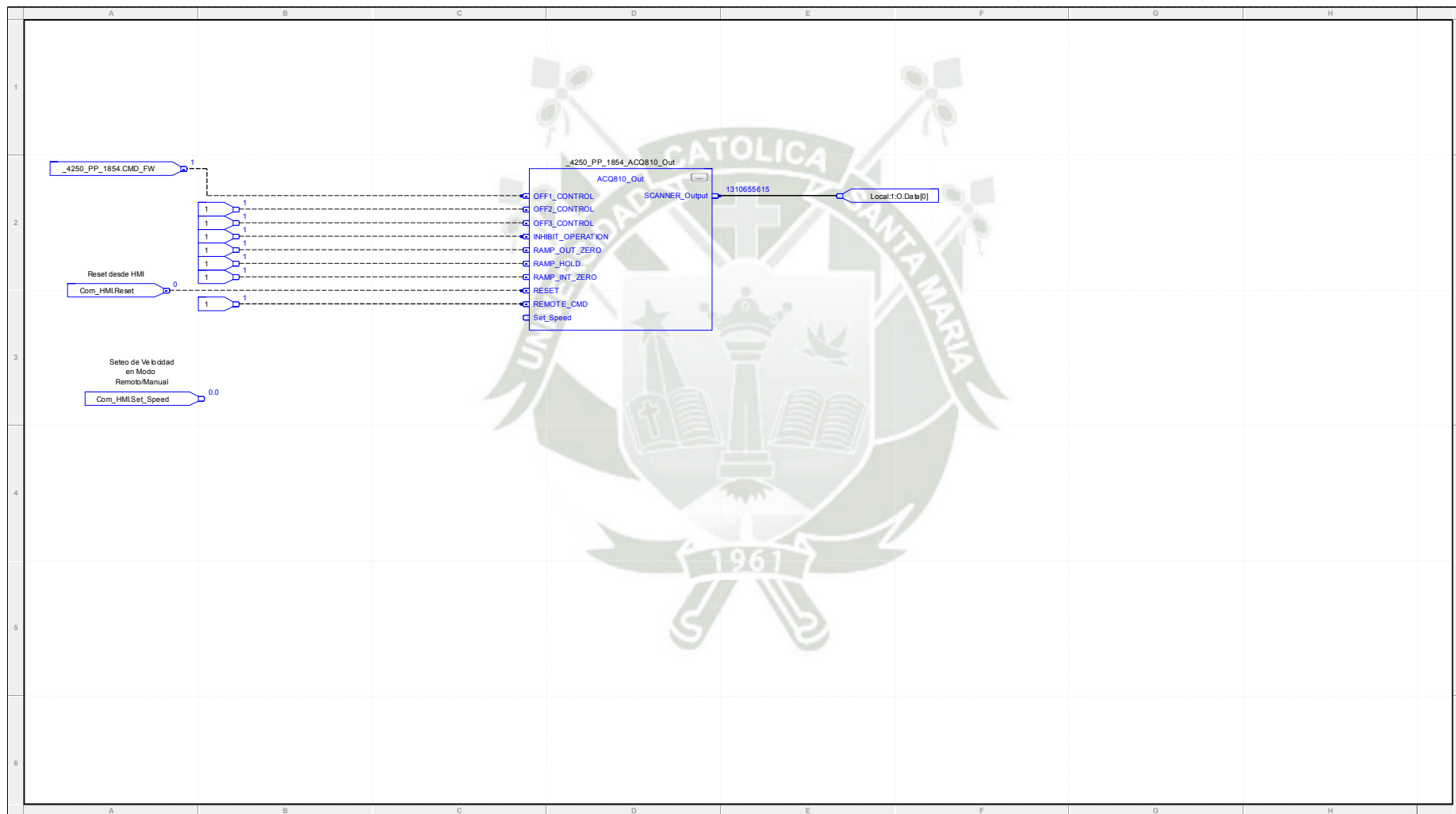


PP\_1854\_VFD - Function Block Diagram

InterceptorWells\_MT5:MainTask:MT5  
2 of 2 total sheets in routine - Data OUT

3/21/2019 2:39:20 PM

C:\Users\ctk\Desktop\PROGRAMAS PARA SACAR REPORTE\InterceptorWells\_MT5\_PLC\_rev2.ACD



The logo of Universidad Católica Santa María is a circular emblem. It features a central shield with a cross, flanked by two crossed keys. Above the shield is a banner with the text 'UNIVERSIDAD CATOLICA SANTA MARIA'. Below the shield is another banner with the year '190'. The entire emblem is rendered in a light gray color.

**ANEXO H**  
**LÓGICA DE CONTROL DE PLC**  
**EN TABLERO DE CONTROL**  
**MT8**

**InterceptorWells\_MT8 - Table of Contents**

**Page i**

3/21/2019 2:41:59 PM

C:\Users\ctk\Desktop\PROGRAMAS PARA SACAR REPORTE\InterceptorWells\_MT8\_PLC\_rev4.ACD

**InterceptorWells\_MT8**

Controller Organizer Listing .....	1
<b>Lazo</b>	
<b>Control_PIDE</b>	
<b>Control_de_Velocidad</b>	
Function Block Diagram .....	3
<b>MainTask</b>	
<b>MT8</b>	
<b>MainRoutine</b>	
Ladder Diagram .....	4
<b>PP_1853_Comm_In_Out</b>	
Ladder Diagram .....	5
<b>PP_1853_FO</b>	
Ladder Diagram .....	6
<b>PP_1853_FQI_0124</b>	
Function Block Diagram .....	8
<b>PP_1853_FWD</b>	
Ladder Diagram .....	9
<b>PP_1853_InOut</b>	
Ladder Diagram .....	11
<b>PP_1853_VFD</b>	
Function Block Diagram .....	14
<b>Module Properties</b>	
1769 Bus : Local Modules .....	16
Ethernet : Local Modules.....	23

InterceptorWells\_MT8 - Controller Organizer Listing

Page 1

3/21/2019 2:41:42 PM

C:\Users\ctk\Desktop\PROGRAMAS PARA SACAR REPORTE\InterceptorWells\_MT8\_PLC\_rev4.ACD

Controller InterceptorWells\_MT8

Controller Fault Handler

Power-Up Handler

Tasks

Lazo

Control\_PIDE

Control\_de\_Velocidad

MainTask

MT8

MainRoutine

PP\_1853\_Comm\_In\_Out

PP\_1853\_FO

PP\_1853\_FQI\_0124

PP\_1853\_FWD

PP\_1853\_InOut

PP\_1853\_VFD

Unscheduled Programs / Phases

Motion Groups

Ungrouped Axes

Add-On Instructions

ACQ810\_In

Logic

ACQ810\_Out

Logic

Analog\_Input

Logic

Decoder\_FO

Logic

First\_Out

Logic

Data Types

User-Defined

ACQ810

ACQ810\_output

ANALOG

HMI\_CONTROL

HMI\_MONITOR

Strings

STRING

Add-On-Defined

ACQ810\_In

ACQ810\_Out

Analog\_Input

Decoder\_FO

First\_Out

Module-Defined

AB:1769\_DI8:I:0






















RSLogix 5000

InterceptorWells\_MT8 - Controller Organizer Listing

Page 2



3/21/2019 2:41:42 PM

C:\Users\ctk\Desktop\PROGRAMAS PARA SACAR REPORTE\InterceptorWells\_MT8\_PLC\_rev4.ACD

-  AB:1769\_DO8:C:0
-  AB:1769\_DO8:I:0
-  AB:1769\_DO8:O:0
-  AB:1769\_SDN\_364Bytes:O:0
-  AB:1769\_SDN\_496Bytes:I:0
-  AB:1769\_SDN\_CommandRegister:O:0
-  AB:1769\_SDN\_StatusRegister:I:0
-  AB:1769\_SDN\_Status\_Struct:I:0
-  AB:1784\_PCIDS\_496Bytes:O:0
-  AB:1784\_PCIDS\_500Bytes:I:0
-  AB:1784\_PCIDS\_CommandRegister:O:0
-  AB:1784\_PCIDS\_StatusRegister:I:0
-  AB:1784\_PCIDS\_Status\_128Bytes:S:0
-  AB:1789\_MODULE:C:0
-  AB:1789\_MODULE\_DINT\_32Bytes:I:0
-  AB:1789\_MODULE\_DINT\_4Bytes:I:0
-  AB:1789\_MODULE\_DINT\_4Bytes:O:0
-  AB:1789\_MODULE\_REAL\_16Bytes:I:0
-  SC:1769sc\_IF4IH:I:0
-  SC:1769sc\_IF4IH:O:0
-  SC:1769sc\_IF4IH\_Rev3:C:0

Trends

I/O Configuration

-  1769 Bus
  -  [0] 1769-L30ER InterceptorWells\_MT8
  - [1] 1769-SDN/B DNet

Ethernet

-  1769-L30ER InterceptorWells\_MT8
- 1769-L30ER InterceptorWells\_Master

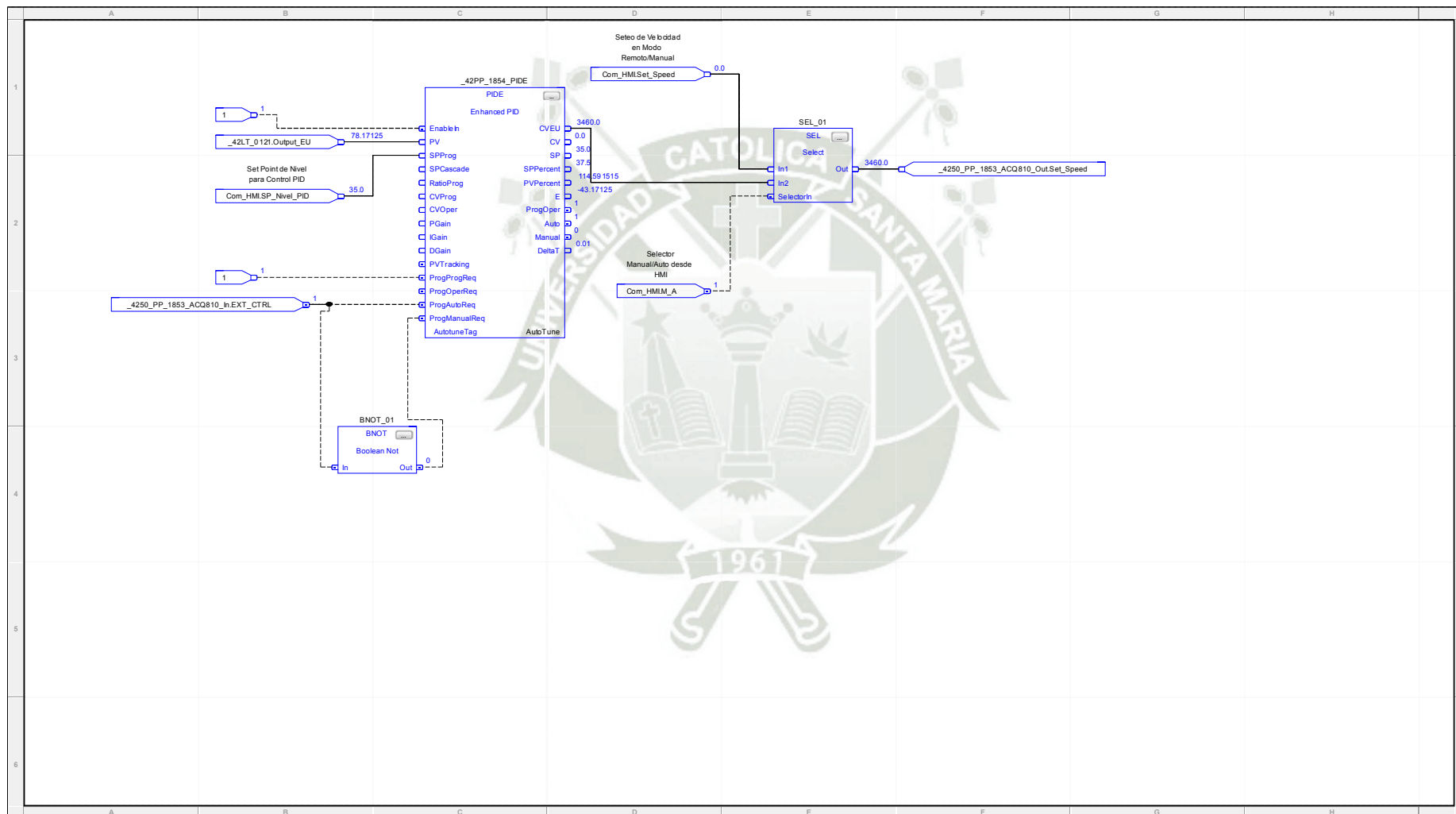
# Control\_de\_Velocidad - Function Block Diagram

InterceptorWells\_MT8:Lazo:Control\_PIDE

1 of 1 total sheets in routine

3/21/2019 2:41:44 PM

C:\Users\ctk\Desktop\PROGRAMAS PARA SACAR REPORTE\InterceptorWells\_MT8\_PLC\_rev4.ACD



**MainRoutine - Ladder Diagram**

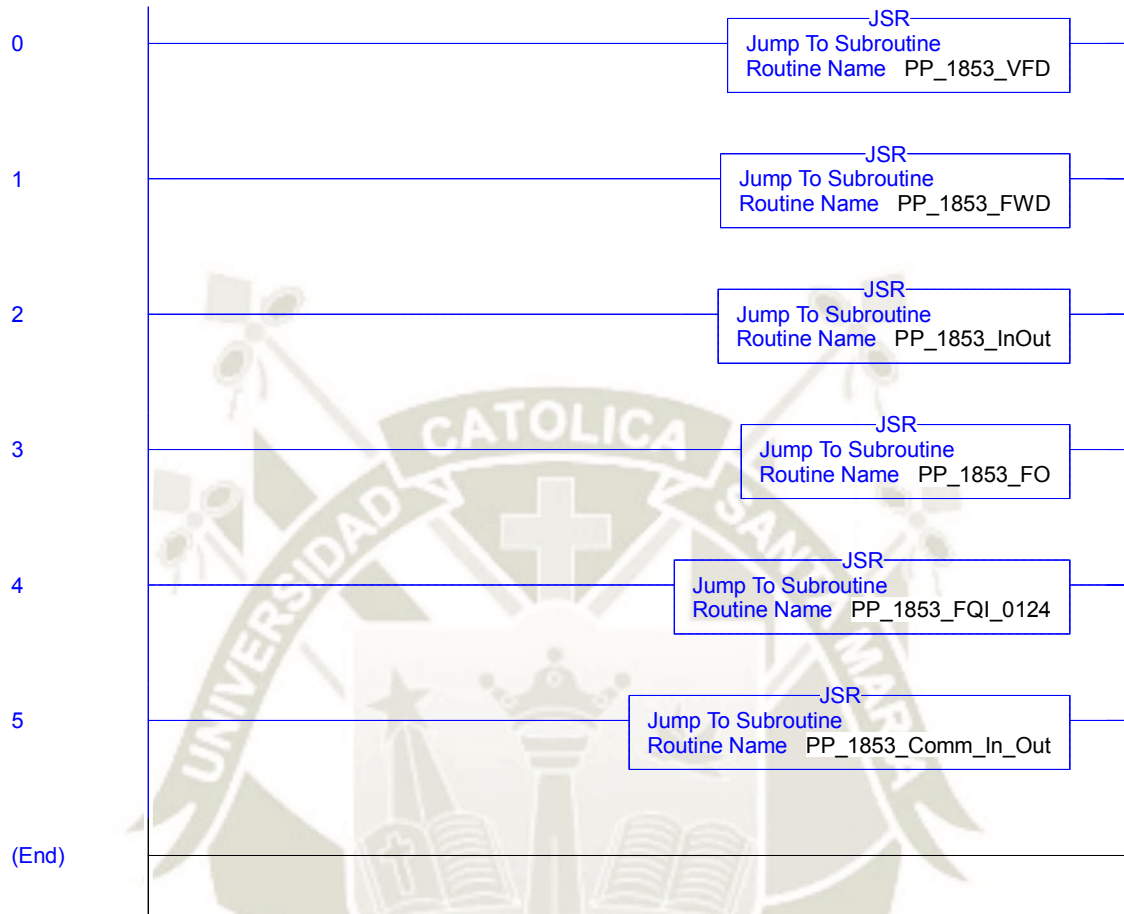
InterceptorWells\_MT8:MainTask:MT8

Total number of rungs in routine: 6

**Page 4**

3/21/2019 2:41:45 PM

... REPORTE\InterceptorWells\_MT8\_PLC\_rev4.ACD



**PP\_1853\_Comm\_In\_Out - Ladder Diagram**

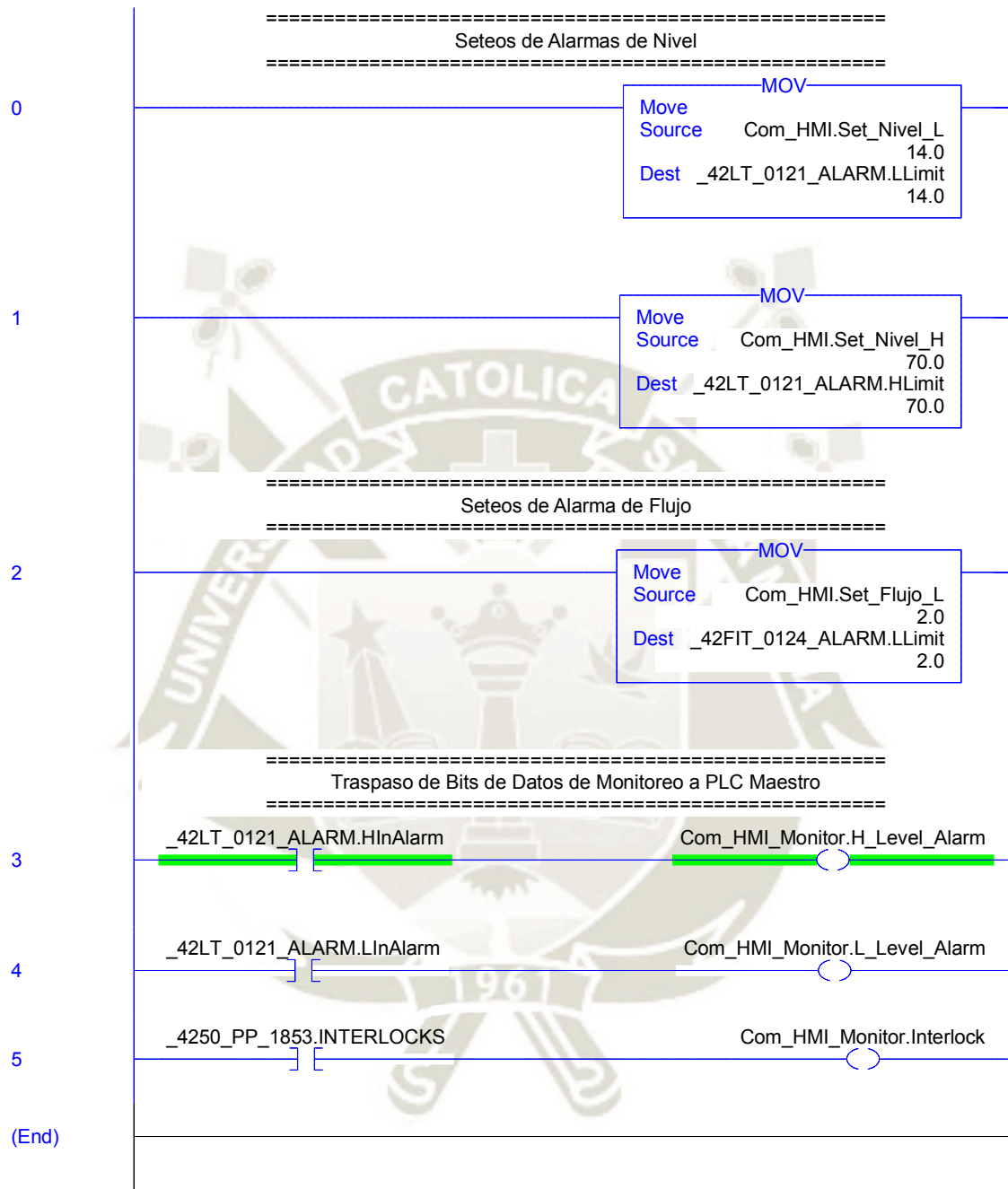
InterceptorWells\_MT8:MainTask:MT8

Total number of rungs in routine: 6

**Page 5**

3/21/2019 2:41:51 PM

... REPORTE\InterceptorWells\_MT8\_PLC\_rev4.ACD



PP\_1853\_FO - Ladder Diagram

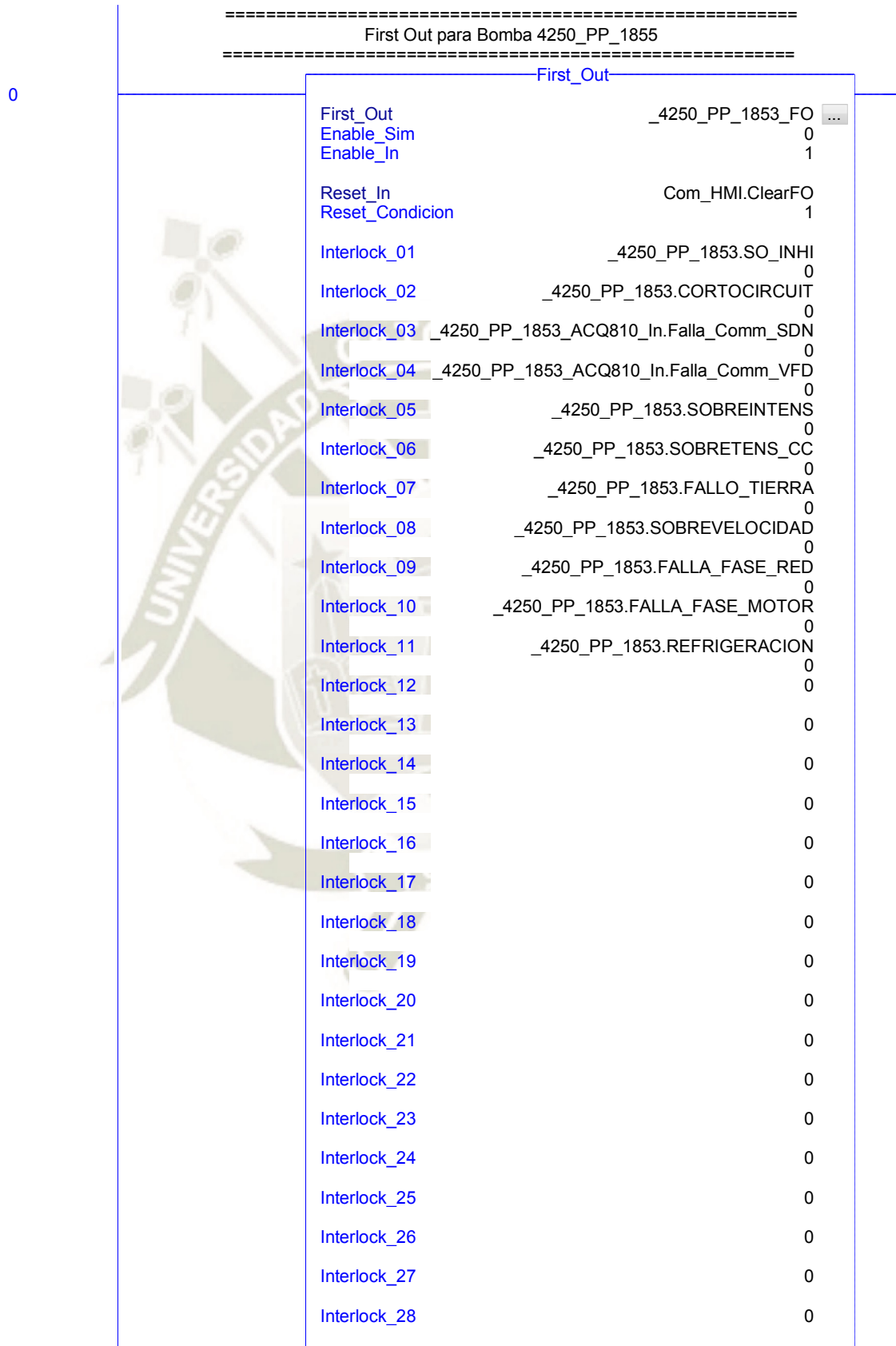
InterceptorWells\_MT8:MainTask:MT8

Total number of rungs in routine: 1

Page 6

3/21/2019 2:41:52 PM

... REPORTE\InterceptorWells\_MT8\_PLC\_rev4.ACD



RSLogix 5000

**PP\_1853\_FO - Ladder Diagram**

InterceptorWells\_MT8:MainTask:MT8

Total number of rungs in routine: 1

**Page 7**

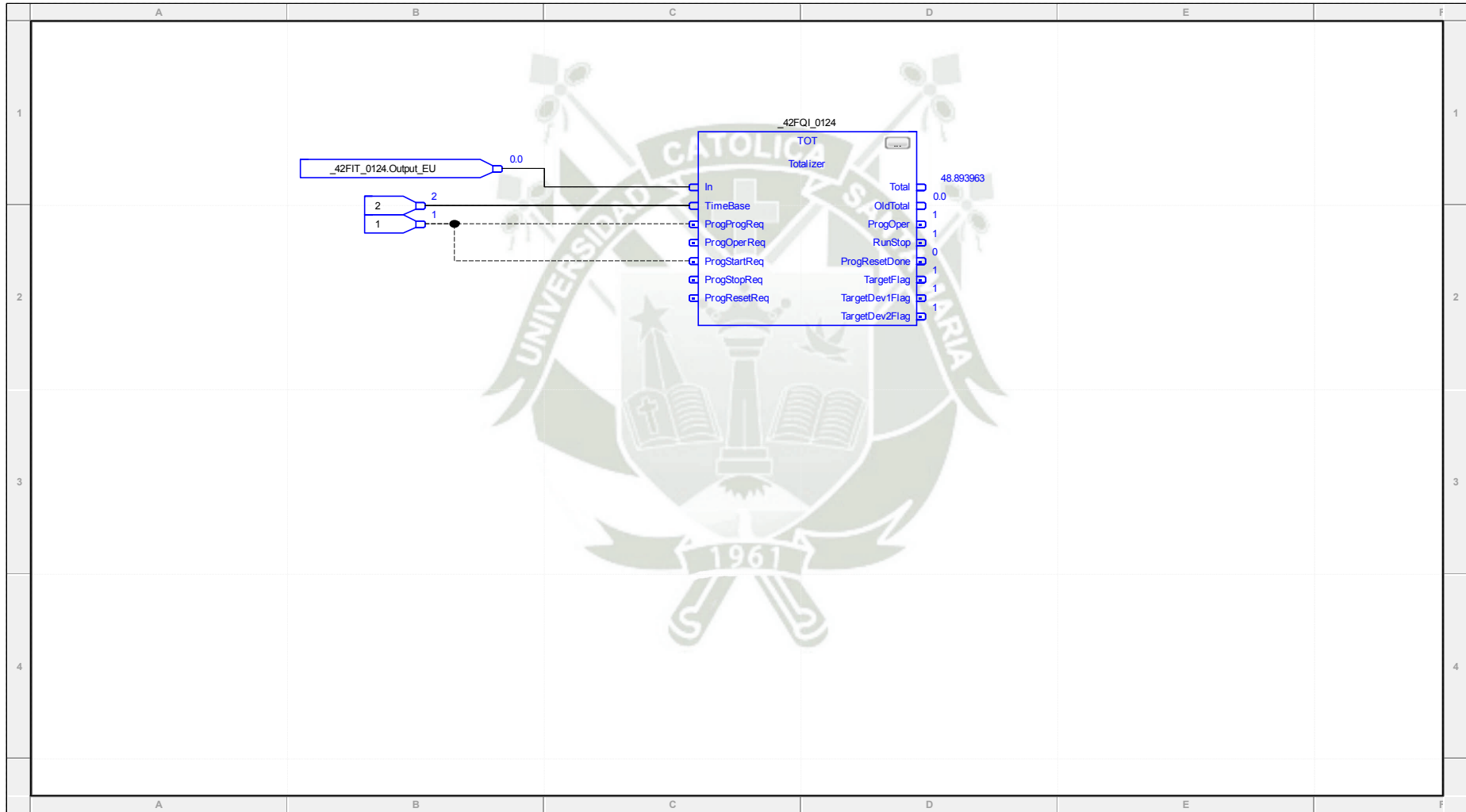
3/21/2019 2:41:52 PM

... REPORTE\InterceptorWells\_MT8\_PLC\_rev4.ACD

Interlock_29	0
Interlock_30	0
Tabla_Codigos	_4250_PP_1853_Tabla_Codigos
First_Out_Num	0
First_Out	_4250_PP_1853_FirstOut
First_Out_Last	_4250_PP_1853_LastFirstOut

(End)





**PP\_1853\_FWD - Ladder Diagram**

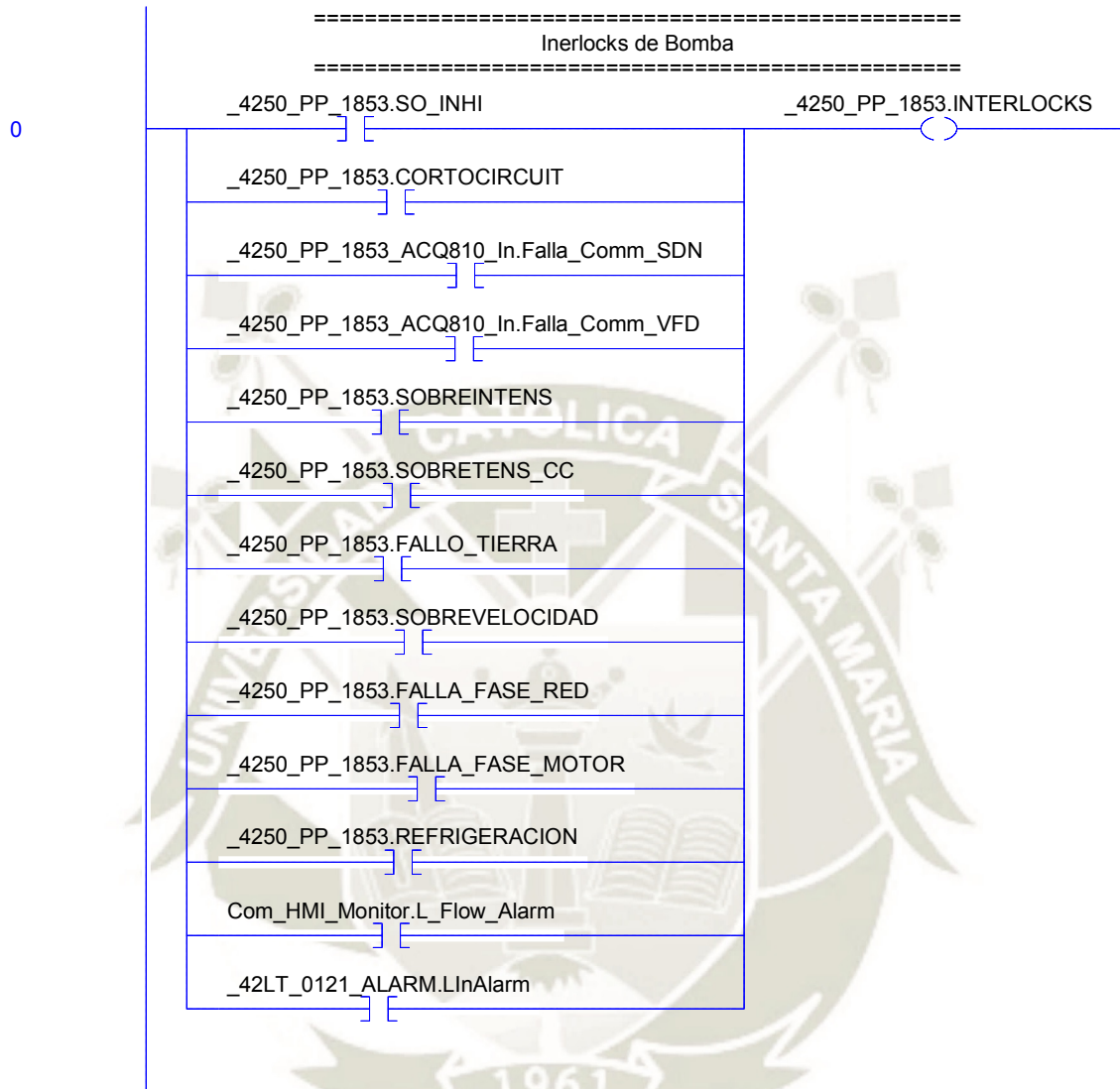
InterceptorWells\_MT8:MainTask:MT8

Total number of rungs in routine: 5

**Page 9**

3/21/2019 2:41:54 PM

... REPORTE\InterceptorWells\_MT8\_PLC\_rev4.ACD



PP\_1853\_FWD - Ladder Diagram

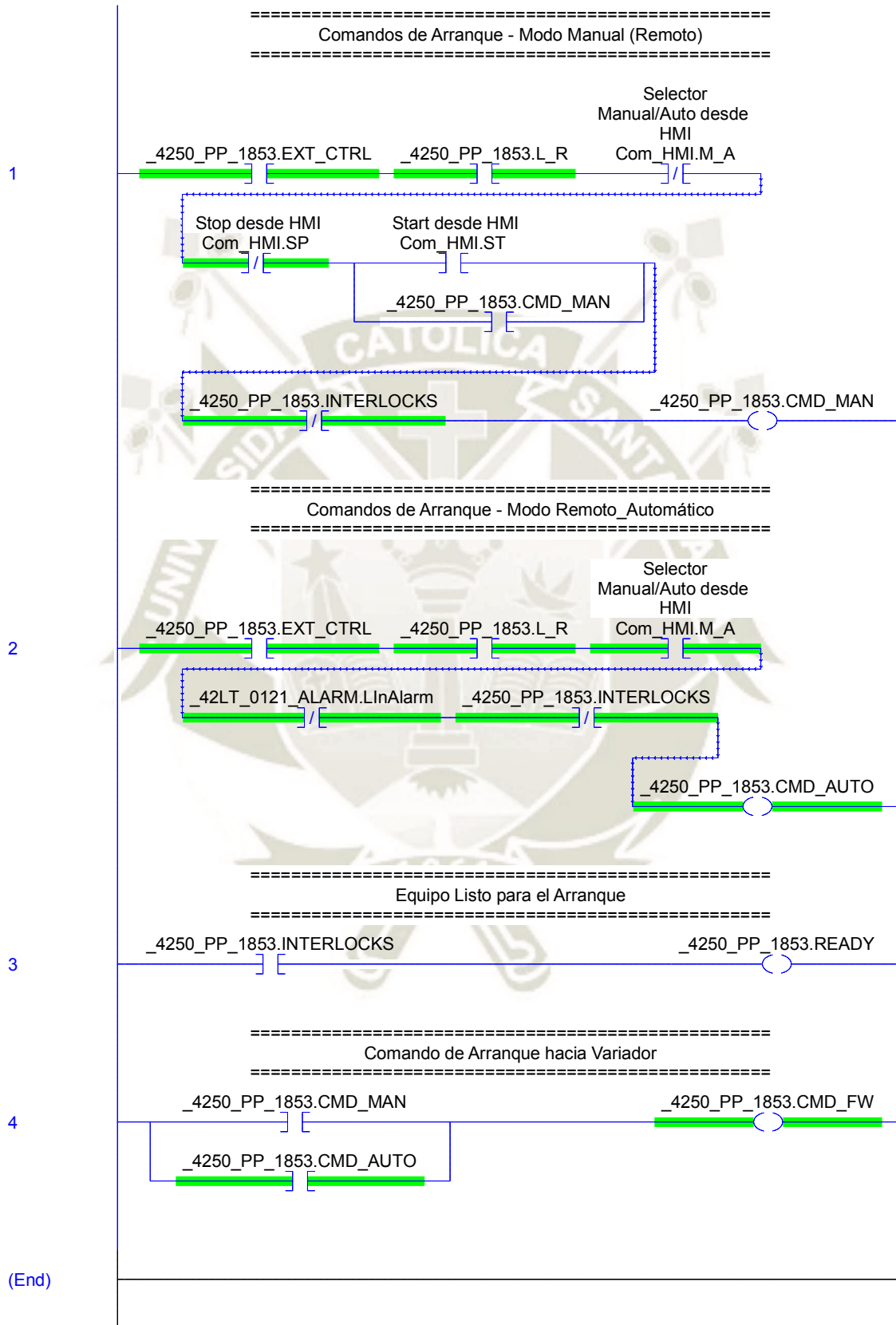
InterceptorWells\_MT8:MainTask:MT8

Total number of rungs in routine: 5

Page 10

3/21/2019 2:41:54 PM

... REPORTE\InterceptorWells MT8 PLC\_rev4.ACD



RSLogix 5000

PP\_1853\_InOut - Ladder Diagram

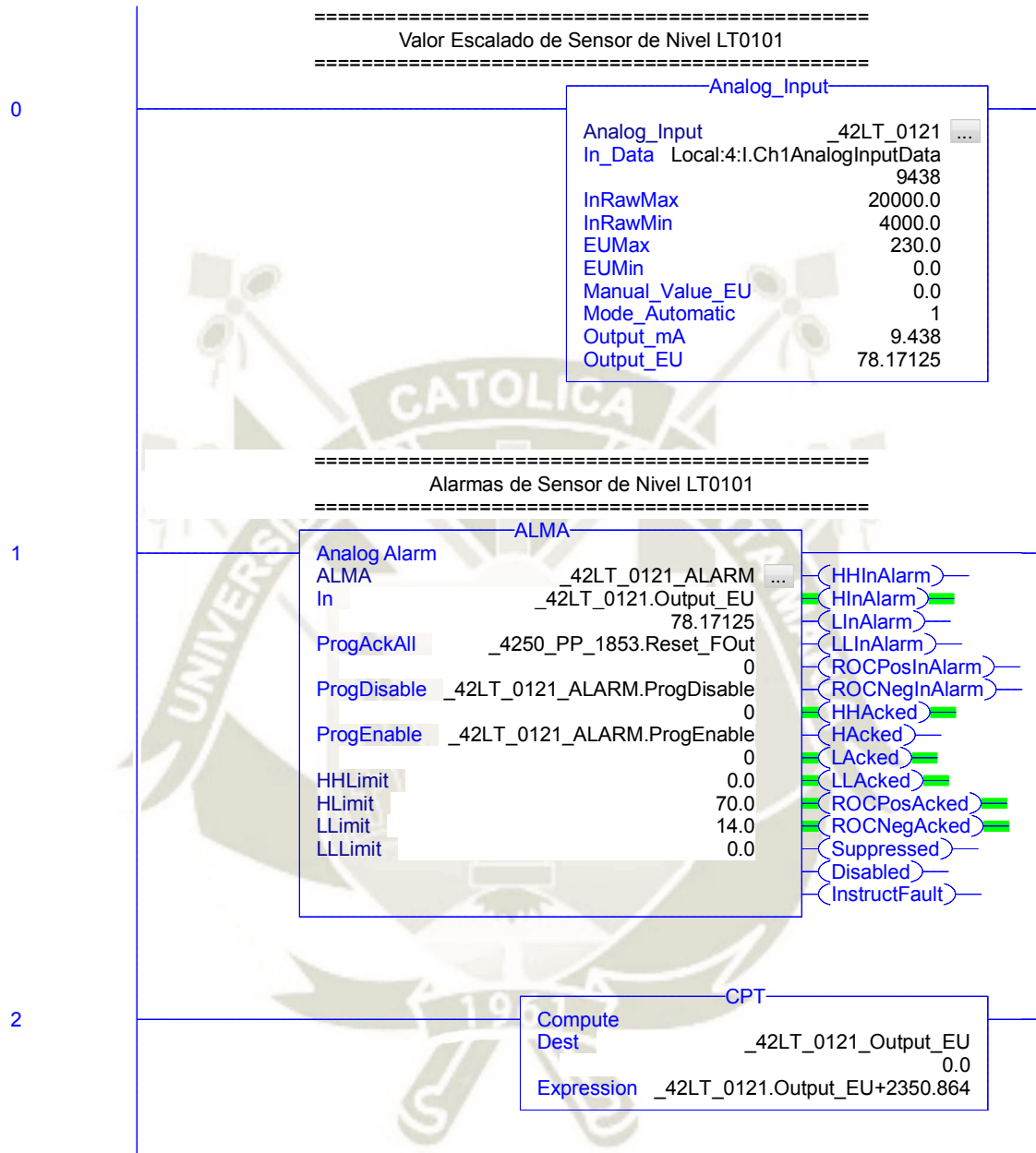
InterceptorWells\_MT8:MainTask:MT8

Total number of rungs in routine: 9

Page 11

3/21/2019 2:41:54 PM

... REPORTE\InterceptorWells MT8 PLC rev4.ACD



PP\_1853\_InOut - Ladder Diagram

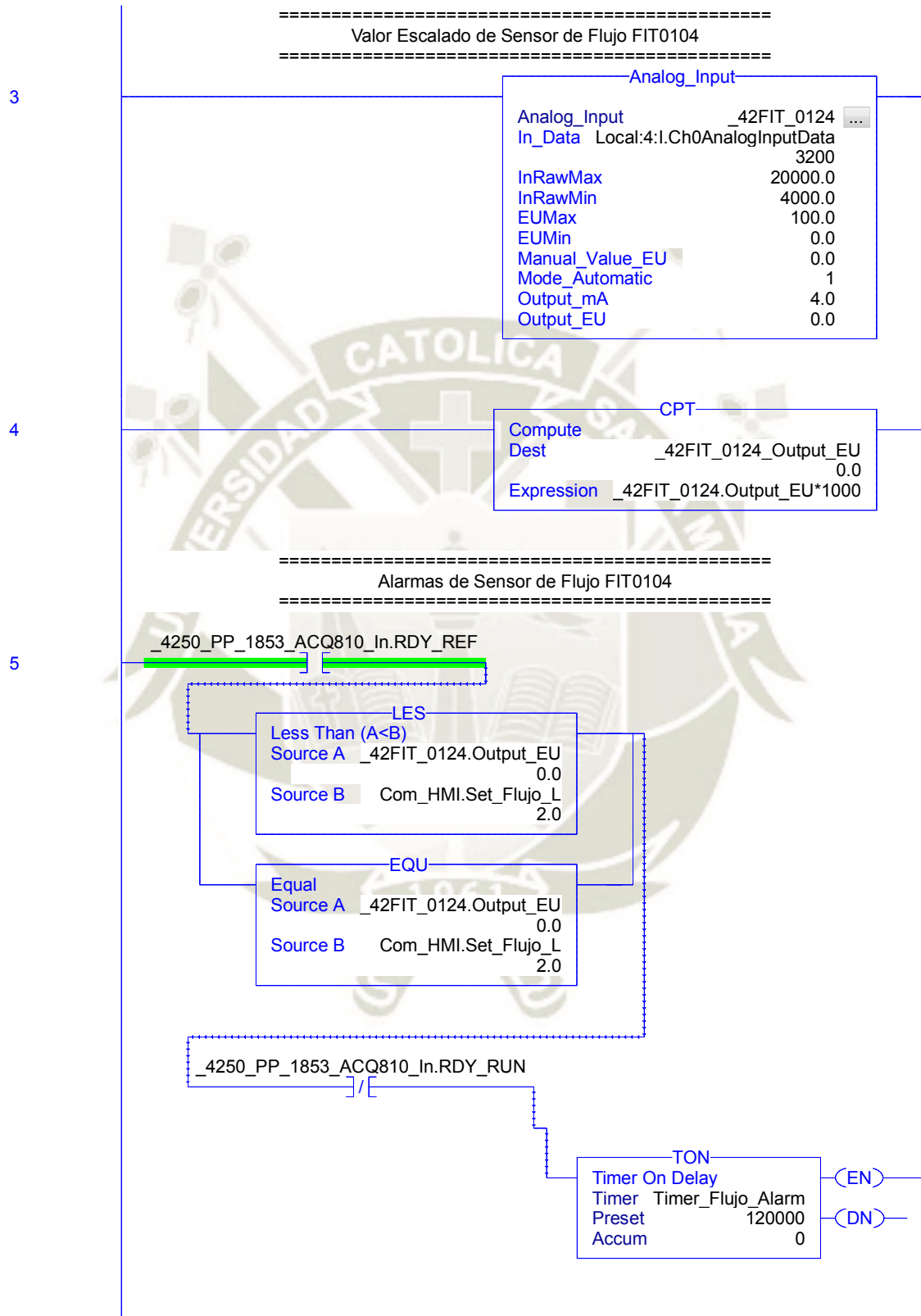
InterceptorWells\_MT8:MainTask:MT8

Total number of rungs in routine: 9

Page 12

3/21/2019 2:41:54 PM

... REPORTE\InterceptorWells MT8 PLC\_rev4.ACD



PP\_1853\_InOut - Ladder Diagram

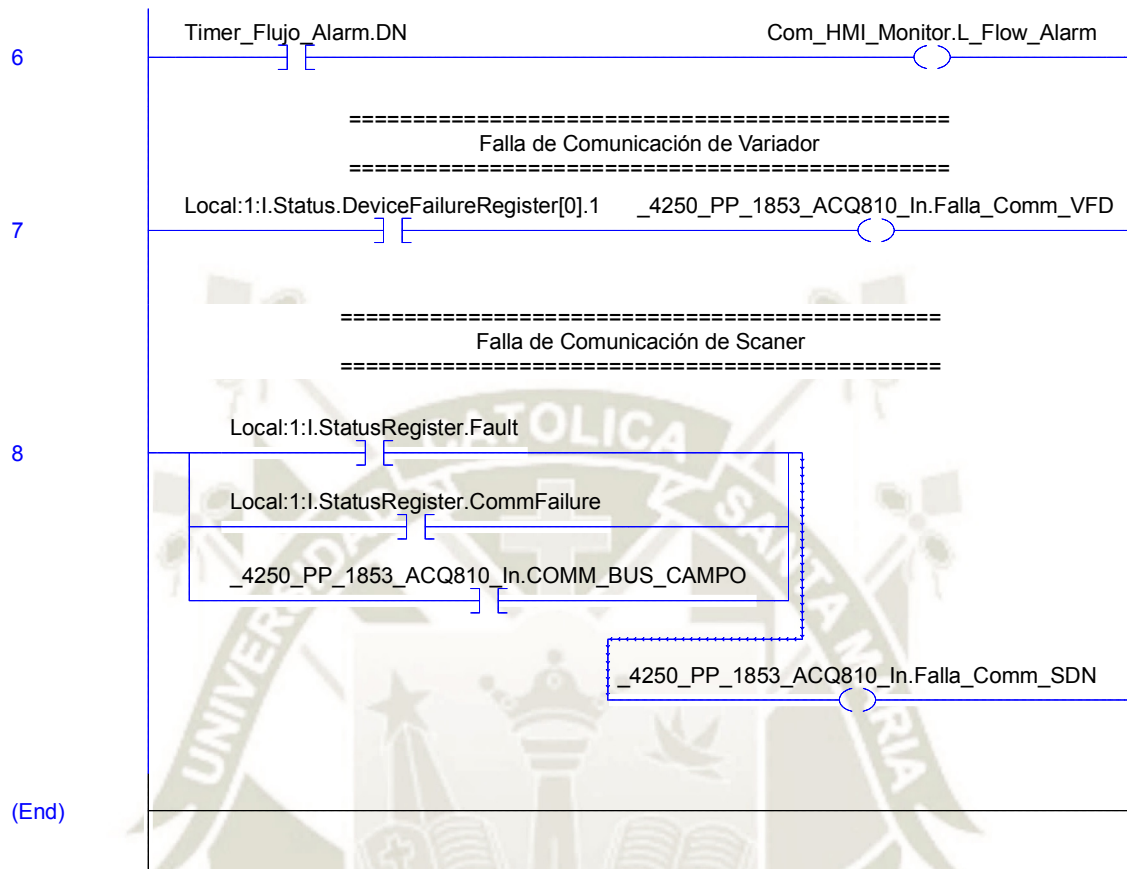
InterceptorWells\_MT8:MainTask:MT8

Total number of rungs in routine: 9

Page 13

3/21/2019 2:41:54 PM

... REPORTE\InterceptorWells\_MT8\_PLC\_rev4.ACD



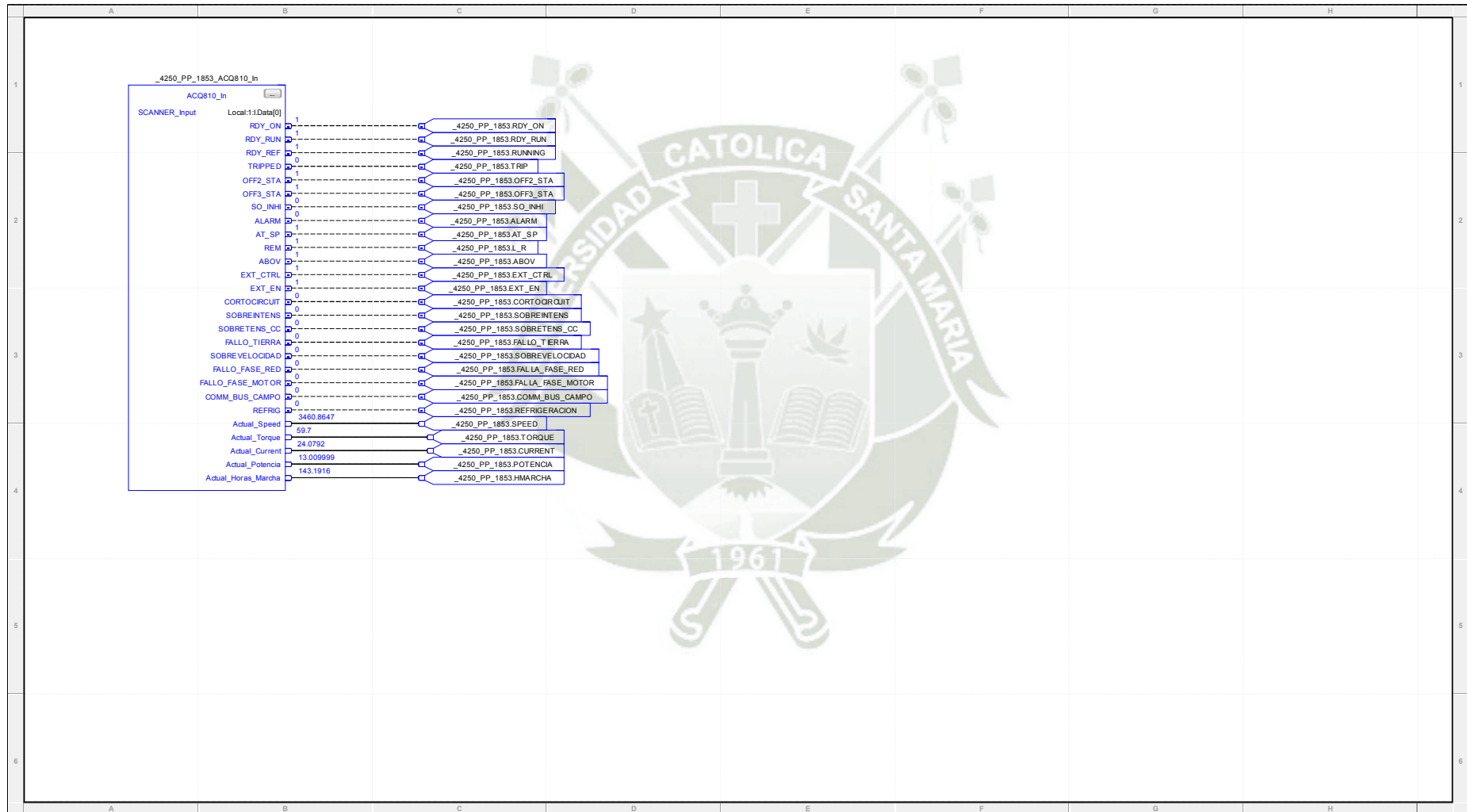
**PP\_1853\_VFD - Function Block Diagram**

InterceptorWells\_MT8:MainTask:MT8

1 of 2 total sheets in routine - Data IN

3/21/2019 2:41:56 PM

C:\Users\ctk\Desktop\PROGRAMAS PARA SACAR REPORTE\InterceptorWells\_MT8\_PLC\_rev4.ACD



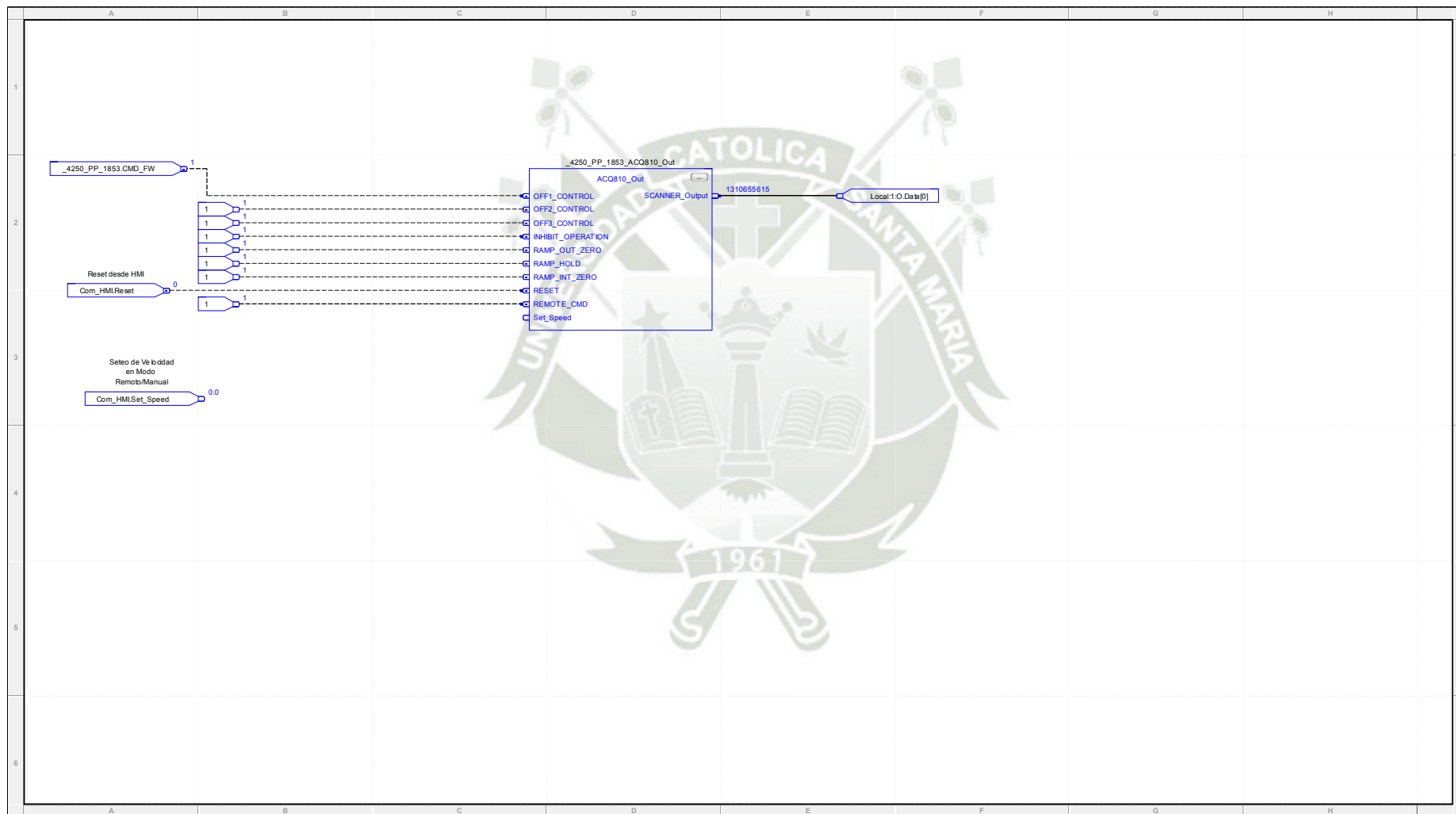
**PP\_1853\_VFD - Function Block Diagram**

InterceptorWells\_MT8:MainTask:MT8

2 of 2 total sheets in routine - Data OUT

3/21/2019 2:41:58 PM

C:\Users\ctk\Desktop\PROGRAMAS PARA SACAR REPORTE\InterceptorWells\_MT8\_PLC\_rev4.ACD





**ANEXO I**  
**ESTÁNDAR DE**  
**PROGRAMACIÓN**



ESTÁNDAR DE PROGRAMACIÓN EN CONTROLLOGIX Y EN  
FACTORY TALK VIEW

P

**ESTANDAR DE PROGRAMACIÓN PARA CONTROL LOGIX  
Y FACTORY TALK VIEW**



ELABORÓ:

REVISÓ:

APROBÓ:

CÓDIGO DEL DOCUMENTO:

Versión 1  
19AGO2013

Página:  
1/39



**INDICE GENERAL**

**1. INTRODUCCION.....**

**2. OBJETIVOS.....**

**3. LINEAMIENTOS EN LOS CONCEPTOS DE CONTROL.....**

    3.1 Control Modules (CMs).....

    3.2 AddOns – UDTs.....

**4. DISEÑO DEL PROYECTO CONTROL LOGIX.....**

    4.1 Organización de Programas.....

    4.2 Organización de Rutinas.....

        4.2.1 Rutina principal: MainRoutine.....

        4.2.2 Rutina de Arranque/Parada.....

        4.2.3 Rutina de FirtsOut.....

        4.2.4 Rutina In/Out.....

        4.2.5 Rutina STR/VFD.....

        4.2.6. Rutina ASM\_Alarmas.....

    4.3. Consideraciones para Implementación de Bypasses.....

    4.4. Formato de Comisionamiento.....

**5. DISEÑO DE PANTALLAS SEGÚN EL ASM (Abnormal Situation Management).....**

Anexos / Referencias:

- AddOns desarrollados SMCV.
- UDTs desarrollados SMCV.
- ASM Consortium Guidelines – Effective Operator Display Design 2008

ELABORÓ: _____	REVISÓ: _____	APROBÓ: _____	CÓDIGO DEL DOCUMENTO:	Versión 1 19AGO2013	Página: 2/39
-------------------	------------------	------------------	-----------------------	------------------------	-----------------












**DISEÑO DEL PROYECTO CONTROL LOGIX**

**1. INTRODUCCION**

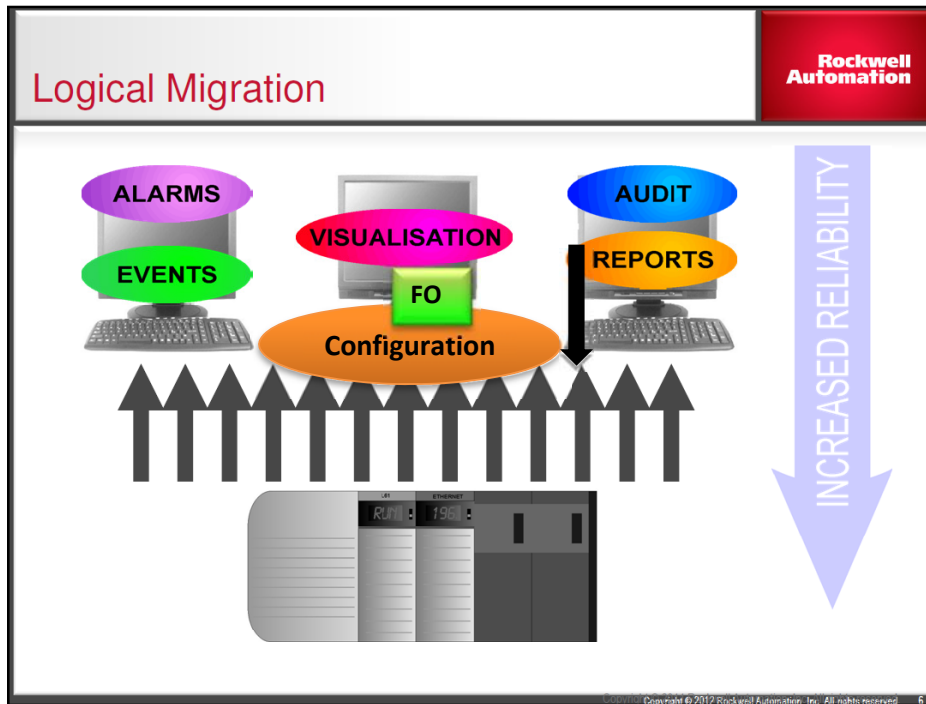
El presente documento tiene como finalidad definir los estándares de diseño de un proyecto en Control Logix, en cuanto a la organización de la jerarquía de programación, nomenclatura, definición de instrucciones y tipos de datos de acuerdo a la filosofía de implementación de Control de Procesos; basada en la mayor disponibilidad, confiabilidad, diagnostico inmediato y en una programación intuitiva de acuerdo a lo que los procesos definan la jerarquía en la organización del proyecto.

**2. OBJETIVOS**

Los objetivos son los siguientes:

-  Contar con un Estándar de Programación de diseño de un Proyecto Control Logix.
-  Navegación intuitiva dentro del Proyecto Control Logix en base a los procesos de control.
-  Disponibilidad y confiabilidad máximas.
-  Diagnostico inmediato en HMI (FirstOut).
-  Impacto mínimo en el programa y HMI ante una falla de un componente físico.
-  Implementación fácil y auditable de Bypass.
-  Reportes de alarmas filtrados por señal, equipo o proceso.
-  Diseño de pantallas con las recomendaciones del ASM.
-  Configuración desde HMI de señales de campo (IO).

ELABORÓ: _____	REVISÓ: _____	APROBÓ: _____	CÓDIGO DEL DOCUMENTO:	Versión 1 19AGO2013	Página: 3/39
-------------------	------------------	------------------	-----------------------	------------------------	-----------------

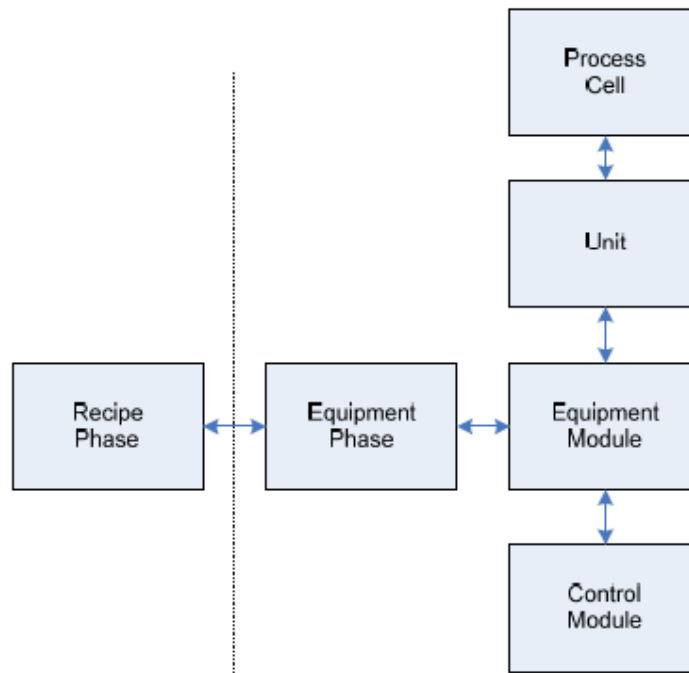


ELABORÓ: _____	REVISÓ: _____	APROBÓ: _____	CÓDIGO DEL DOCUMENTO:	Versión 1 19AGO2013	Página: 4/39
-------------------	------------------	------------------	-----------------------	------------------------	-----------------

**3. LINEAMIENTOS EN LOS CONCEPTOS DE CONTROL –Norma de Control ISA S88.01 – IEC 61804**

El estándar ISA S88 nos define los conceptos de Control Module (CM) y Equipment Module (EM), que nos ayudarán a organizar nuestro proyecto desde las unidades de control más básicas y relacionarlas con la lógica propia de control del proceso.

A manera de referencia se muestra en la siguiente figura todos los niveles de jerarquía:

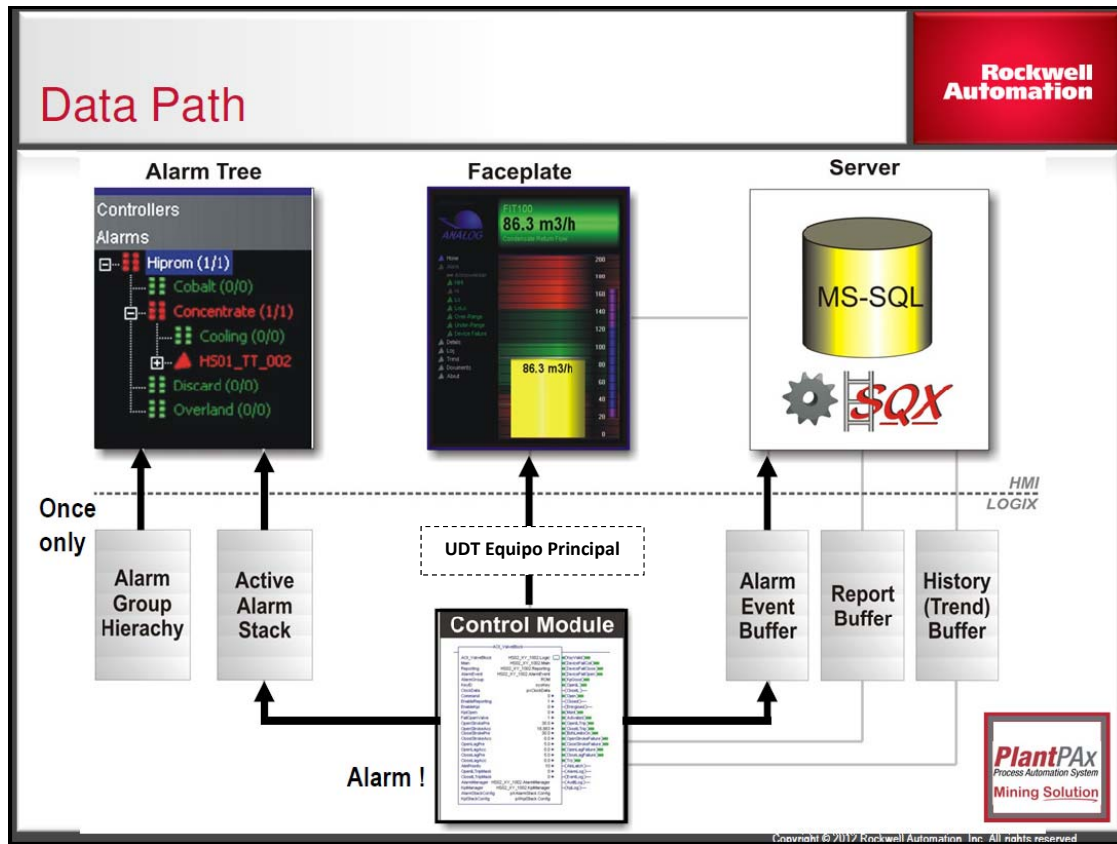


**3.1 Control Modules (CMs)**

Un Control Module es el elemento de control más pequeño en el modelo físico dentro del estándar de programación ISA S88.01. Como ejemplo cada válvula, motor, entrada analógica y salida analógica dentro de un sistema de control son considerados Control Module. Cada CM realiza un control básico.

Un CM dentro del CLX puede ser solicitado por el operador cuando el mismo se encuentra en modo MANUAL o por el mismo sistema de control cuando se encuentra en AUTOMATICO.

ELABORÓ: _____	REVISÓ: _____	APROBÓ: _____	CÓDIGO DEL DOCUMENTO:	Versión 1 19AGO2013	Página: 5/39
-------------------	------------------	------------------	-----------------------	------------------------	-----------------



### 3.2 AddOns - UDTs

Los AddOns y los UDTs, son nuevos elementos que permiten una programación intuitiva. Los AddOns permiten enlazar eficazmente los componentes físicos (CMs) con la lógica del proceso; este enlace que se establece en el AddOn permite optimizar lógica de acondicionamiento de señal (repetitividad) y hace posible el enfoque de la programación netamente del proceso. Adicionalmente el uso de AddOns como elementos de interface hace que el impacto sea mínimo en el programa y HMI ante una falla de un componente físico.

ELABORÓ: _____	REVISÓ: _____	APROBÓ: _____	CÓDIGO DEL DOCUMENTO:	Versión 1 19AGO2013	Página: 6/39
-------------------	------------------	------------------	-----------------------	------------------------	-----------------

Por su parte los UDTs, son elementos que permiten que el enlace campo lógica sea optimo; es decir en una sola instrucción se realiza este enlace. La característica de los UDTs de agrupar distintas fuentes de datos (sensores, actuadores, timers internos, comandos de HMI) permite que al momento de realizar la programación tanto en lógica como HMI sea fácil encontrar y asignar las variables de control.

Los UDTs son creados en función del tipo de equipo a ser controlado; es decir que un mixer definirá un tipo de UDT y una bomba definirá otro tipo de UDT.



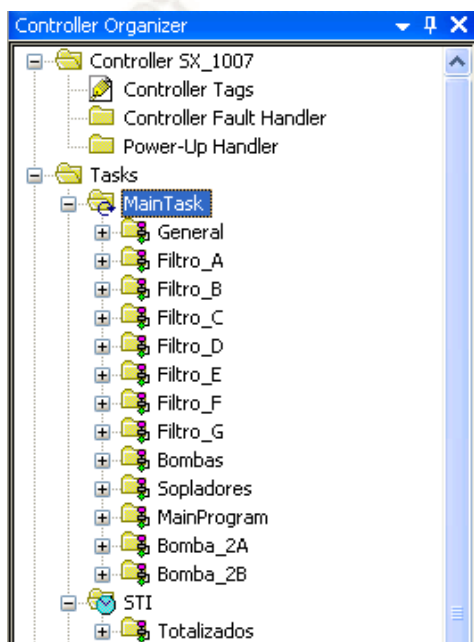
ELABORÓ: _____	REVISÓ: _____	APROBÓ: _____	CÓDIGO DEL DOCUMENTO:	Versión 1 19AGO2013	Página: 7/39
-------------------	------------------	------------------	-----------------------	------------------------	-----------------

#### 4. DISEÑO PROYECTO CONTROL LOGIX

##### 4.1 Organización de Programas

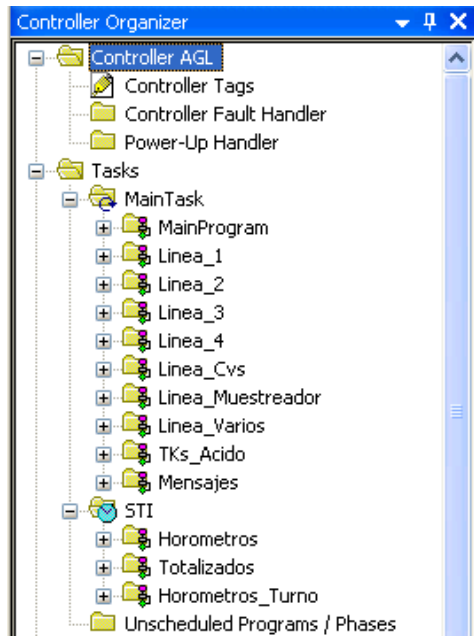
Con la finalidad de evitar el menor número de paradas, la organización de los equipos en campo tales como bombas, fajas, feeders, zarandas, etc. se agrupan con un criterio natural propio del proceso; por lo tanto los programas se organizan por **Equipos Principales** (EM) o por **Líneas de Producción**.

Por equipos principales:



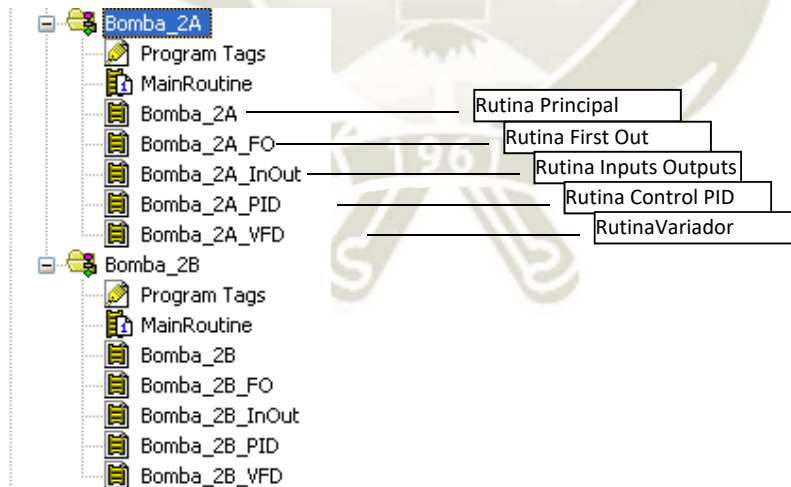
Por líneas de producción:

ELABORÓ: _____	REVISÓ: _____	APROBÓ: _____	CÓDIGO DEL DOCUMENTO:	Versión 1 19AGO2013	Página: 8/39
-------------------	------------------	------------------	-----------------------	------------------------	-----------------



#### 4.2 Organización de Rutinas

Las rutinas van a contener a los módulos de control (CM), que son los elementos físicos tales como motores, válvulas, entradas y salidas analógicas, etc. Además de los elementos físicos las rutinas estarán implementadas con la lógica de control de un equipo principal y control de lazo si es que tuviera; adicionalmente lógicas de FirstOut (FO), JOG u otro que se requiriera dependiendo de la naturaleza propia de operación de cada equipo.



ELABORÓ:

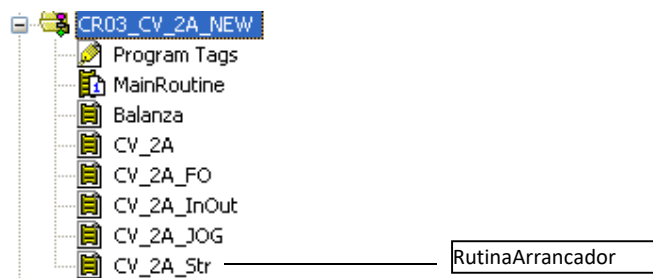
REVISÓ:

APROBÓ:

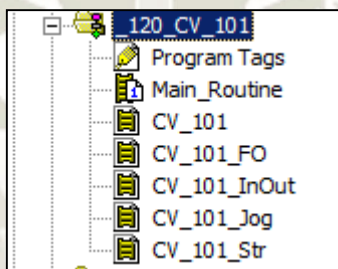
CÓDIGO DEL DOCUMENTO:

Versión 1  
19AGO2013

Página:  
9/39



Por tanto, se deberá crear un programa que tenga como nombre el TAG del equipo del cual se va realizar la lógica de control.



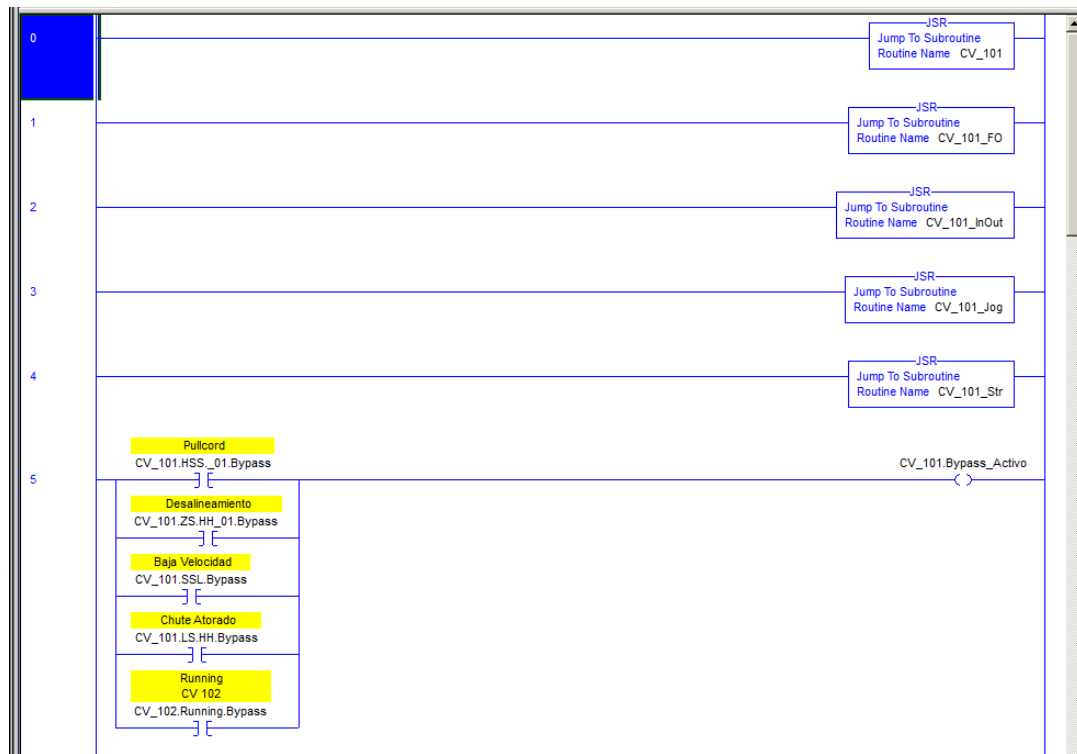
Luego, dentro de este programa crear rutinas de control los cuales deberán contener por lo menos las siguientes distribuciones:

ELABORÓ: _____	REVISÓ: _____	APROBÓ: _____	CÓDIGO DEL DOCUMENTO:	Versión 1 19AGO2013	Página: 10/39
-------------------	------------------	------------------	-----------------------	------------------------	------------------

#### 4.2.1 RUTINA PRINCIPAL: MAINROUTINE

En esta rutina se realiza el llamado de las demás Subrutinas, adicionalmente deberá contener la indicación si el equipo se encuentra con algún Bypass activo.

NOTA: Se deberá considerar TODOS los bypasses posibles que podría realizarse en el equipo (tanto de interlocks como de permisos)



#### 4.2.2 RUTINA DE ARRANQUE/PARADA:

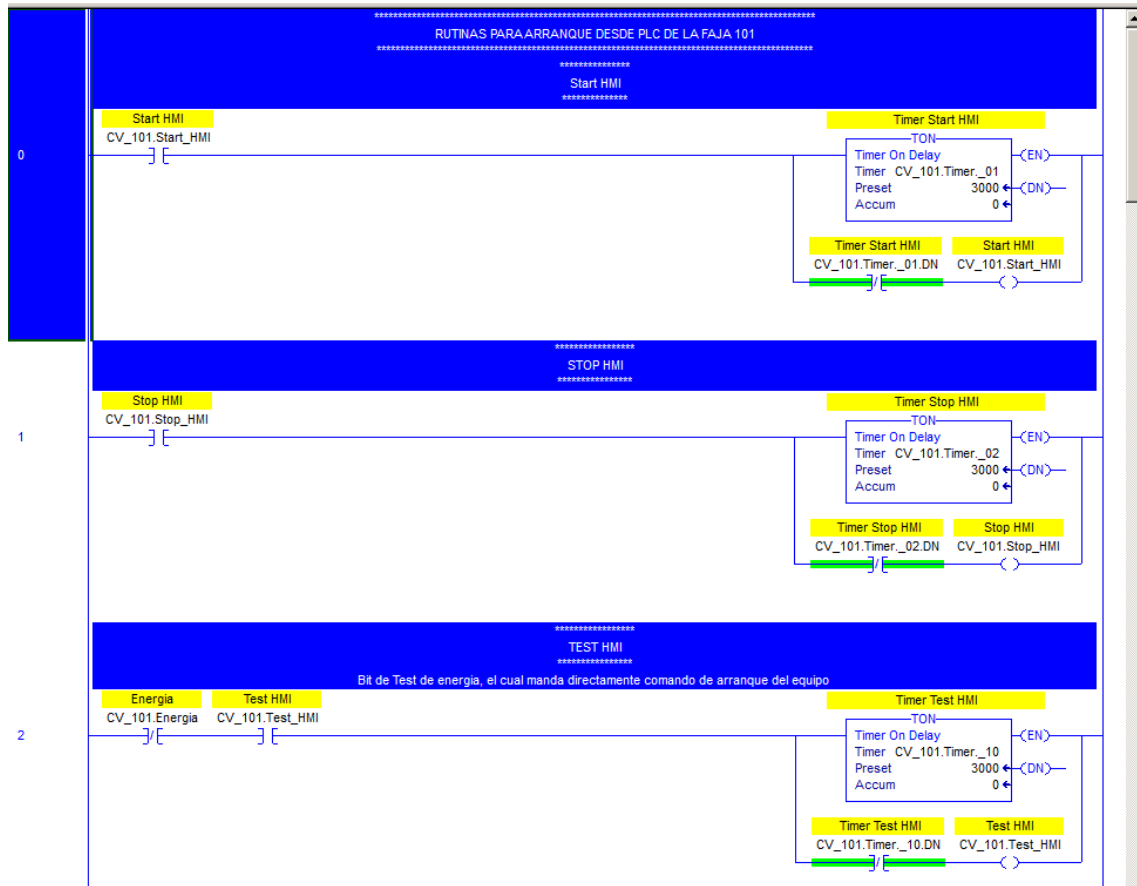
En esta rutina se deberá realizar la lógica de arranque y parada del equipo, el cual deberá contar con las siguientes líneas de programación:

##### START/STOP/ TEST HMI

Cuando se requiera arrancar/parar/ testear energía desde HMI, se deberá SETEAR a "1" dichos BITS desde HMI y por lógica de programación deberá regresar a estado "0" luego de 3 segundos, esto es con la finalidad de asegurar que siempre retornen a su estado normal de "0". Por ninguna razón se deberá hacer esta lógica desde el mismo botón de HMI.

El bit de Test de Energía deberá estar en serie con el bit de desenergizado (No energía) con la finalidad de asegurar que sólo se active cuando el equipo se encuentre desenergizado.

ELABORÓ: _____	REVISÓ: _____	APROBÓ: _____	CÓDIGO DEL DOCUMENTO:	Versión 1 19AGO2013	Página: 11/39
-------------------	------------------	------------------	-----------------------	------------------------	------------------



En caso exista un Start/Stop HMI y un Start/Stop PanelView, cada uno de ellos deberá tener una línea de programación independiente con el mismo criterio utilizado líneas arriba.

### PERMISIVOS / INTERLOCKS

Permisivos:

En la línea de permisos se encontrarán todas las señales, las cuales si se encuentran en condición de falla no permitirán el arranque del equipo; pero en caso que el equipo ya se encuentre funcionando no ocasionarán la detención del mismo. Tenemos como ejemplo: la capacidad térmica de un motor, activación de una sirena antes de arrancar el equipo, etc.

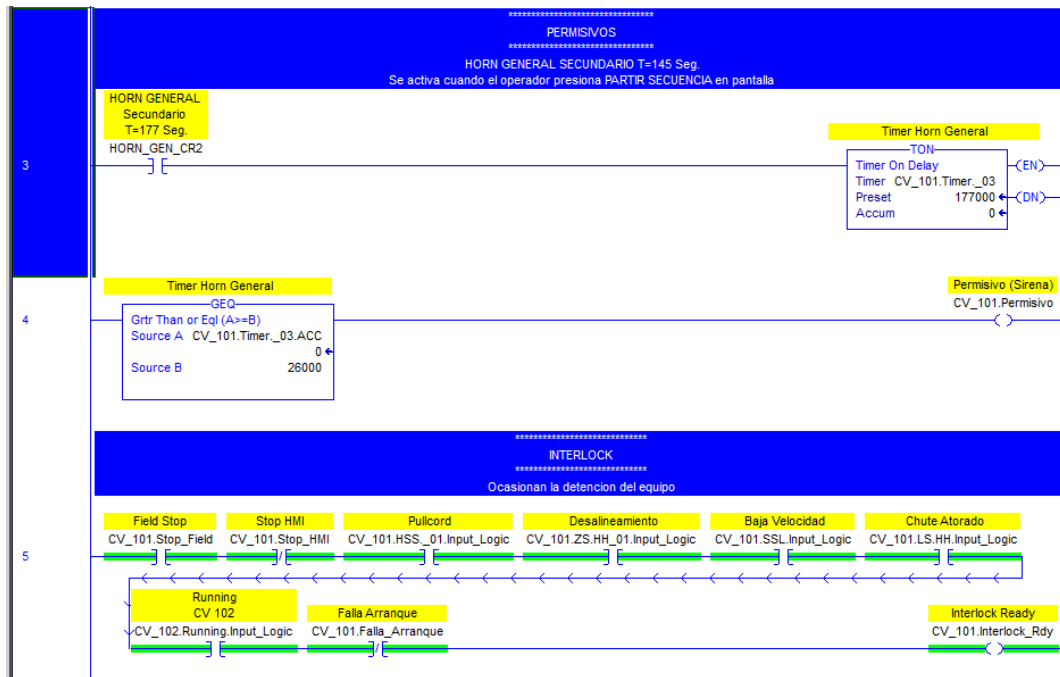
Interlocks:

En la línea de interlocks se encontrarán todas las señales, las cuales si se encuentran en condición de falla no permitirán el arranque del equipo; y en caso que el equipo ya se encuentre funcionando también ocasionarán la detención del mismo. Tenemos como ejemplo: modo Local/remoto, Energia, Pullcord, TiltSwitch, etc.

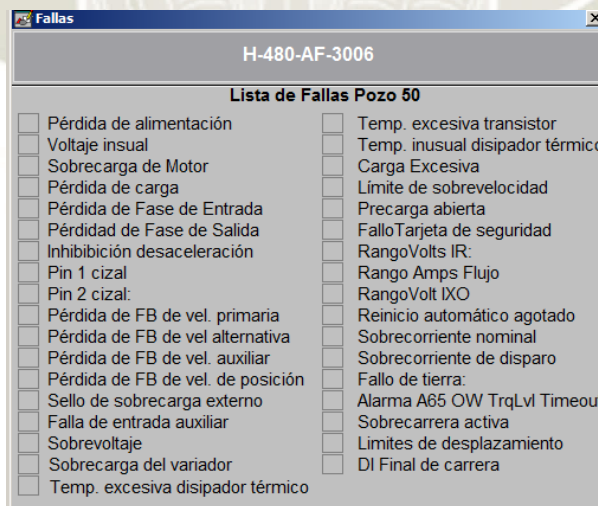
NOTA: Todas las señales que ocasionen detención del equipo deberá ir si y solo si dentro de la línea de INTERLOCKS (entre ellos el interlock de falla de arranque) y no en cualquier otro lugar.

ELABORÓ: _____	REVISÓ: _____	APROBÓ: _____	CÓDIGO DEL DOCUMENTO:	Versión 1 19AGO2013	Página: 12/39
-------------------	------------------	------------------	-----------------------	------------------------	------------------

ESTÁNDAR DE PROGRAMACIÓN EN CONTROLLOGIX Y EN  
FACTORY TALK VIEW

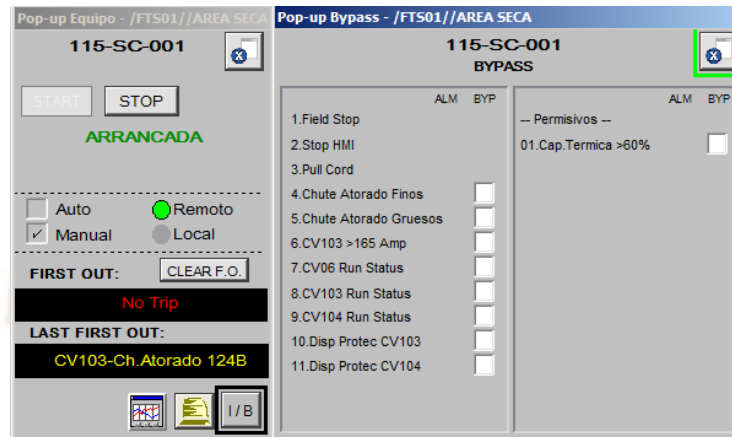


En caso se tenga interlocks por falla de arrancador o variador (desbalance de corriente, sobre carga, etc), se deberá llevar sólo la señal de TRIP a la línea de Interlocks y por consiguiente al bloque Firt\_out, y el resumen de las fallas que hayan podido generar el trip deberán mostrarse en una ventana de fallas en el HMI.



Todos Los Permisivos e Interlocks (a excepción sólo de la Falla de arranque) deberán mostrarse en la venta de Interlock/Bypass en el HMI, y con la opción de Bypass según corresponda.

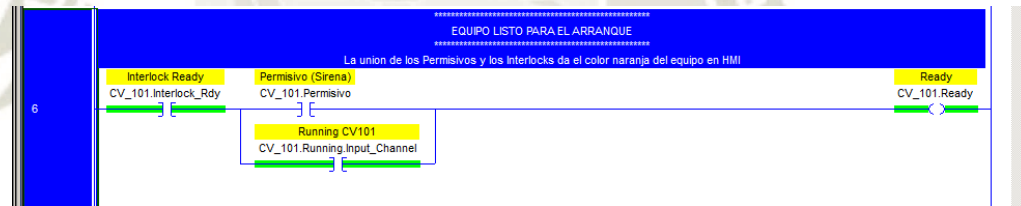
ELABORÓ: _____	REVISÓ: _____	APROBÓ: _____	CÓDIGO DEL DOCUMENTO: Versión 1 19AGO2013	Página: 13/39
-------------------	------------------	------------------	---	------------------



### EQUIPO LISTO PARA ARRANQUE

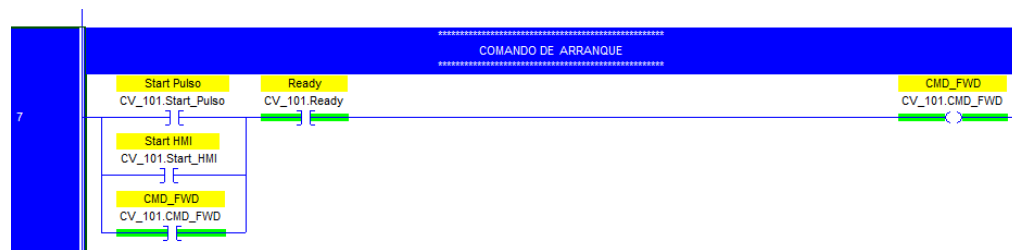
La unión de los Permisivos e Interlocks dan las condiciones necesarias para que un equipo ese encuentre listo para arrancar (Indicación de equipo listo para arranque).

Una vez arrancado el equipo (Running.Input\_Channel) el permiso no deberá ocasionar detención.



### COMANDO DE ARRANQUE

En esta rutina se ejecuta el comando de Arranque del equipo, dependerá de un pulso de Start HMI, Field Start o Start Automático que luego será sostenido por el mismo comando de arranque y todos ellos enseriados con el READY, en caso que el equipo no se encuentre LISTO (algún interlock activado) se dejará de activar el comando de arranque y el motivo de la parada será registrado por el FirtsOut.



ELABORÓ: _____	REVISÓ: _____	APROBÓ: _____	CÓDIGO DEL DOCUMENTO:	Versión 1 19AGO2013	Página: 14/39
-------------------	------------------	------------------	-----------------------	------------------------	------------------

#### 4.2.3. RUTINA DE FIRTS OUT:

En esta rutina se deberá usar el ADDON "First\_Out", en el cual se deberán ingresar las mismas señales que fueron direccionados en la línea de interlocks, no se deberá quitar ni aumentar alguno.

Dentro de las opciones del ADDON se tienen las principales configuraciones:

**Enable\_In:**

Aquí se deberá colocar el bit de CMD de arranque con la finalidad de que el Firts\_Out sólo empiece a funcionar cuando el equipo se encuentra en funcionamiento.

**Enable\_Sim:**

Cuando se pone a 1 este bit el Firts\_out empezará a funcionar y si hay algún interlock activo lo detectará, esto ayuda para poder comisionar la correcta activación del FO de acuerdo a la activación de cada uno de los interlocks, una vez realizada las pruebas este bit deberá colocarse en 0.

**Reset\_In:**

Aquí deberá ir direccionado el bit de Reset de FO.

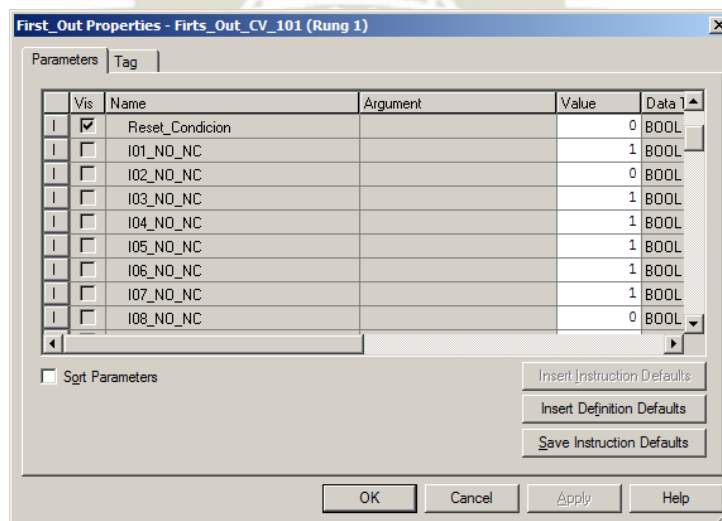
**Reset\_Condition:**

Para poder Resetear el FO este bit deberá encontrarse en 1, normalmente podría ser el bit de Ready.

**Interlocks:**

Aquí se deberá ingresar cada uno de las señales que fueron direccionados en la línea de INTERLOCKS, no deberá faltar ni sobrar alguno.

Luego, en la ventana de configuración del AddonFirts\_Out, se deberá definir si los interlocks son NO (normalmente 0) o NC (normalmente 1)



ELABORÓ:

REVISÓ:

APROBÓ:

CÓDIGO DEL DOCUMENTO:

Versión 1  
19AGO2013

Página:  
15/39

**Tabla de códigos:**

Aquí se deberá ingresar un tag de tipo String el cual contendrá el nombre del interlock que deberá mostrarse en el HMI al momento que sea detectado por el Bloque FirtOut.

Name	Value	Force Mask	Style	Data Type
Tabla_FO_CV_101	{...}	{...}	{...}	STRING(41)
Tabla_FO_CV_101[0]	'No Trip'	{...}	{...}	STRING
Tabla_FO_CV_101[1]	'Field Stop'	{...}	{...}	STRING
Tabla_FO_CV_101[2]	'Stop desde HMI'	{...}	{...}	STRING
Tabla_FO_CV_101[3]	'Pullcord'	{...}	{...}	STRING
Tabla_FO_CV_101[4]	'Desalineamiento'	{...}	{...}	STRING
Tabla_FO_CV_101[5]	'Baja Velocidad'	{...}	{...}	STRING
Tabla_FO_CV_101[6]	'Chute Atorado'	{...}	{...}	STRING
Tabla_FO_CV_101[7]	'Running CV 102 '	{...}	{...}	STRING
Tabla_FO_CV_101[8]	'Falla Arranque'	{...}	{...}	STRING
Tabla_FO_CV_101[9]	'**'	{...}	{...}	STRING

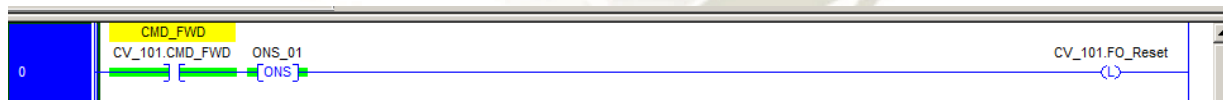
**Firts\_Out:**

Este tags muestra el nombre del interlock que activó al bloque Firt\_Out.

**Firts\_Out\_Last:**

Este tags muestra el nombre del interlock que activó al bloque Firt\_Out antes de la última activación.

Para el Reset de FO se deberá implementar una línea de programación para asegurar que se ejecute el Reset en caso arranque automáticamente el equipo (adicional al comando desde HMI de la opción CLEAR FIRTS OUT)



Se debe respetar el orden eléctrico de las señales; es decir verificar en el plano esquemático del equipo que señal tiene predominancia eléctrica, por ejemplo la energía y este es el primer dato para el FirstOut.

ELABORÓ: _____	REVISÓ: _____	APROBÓ: _____	CÓDIGO DEL DOCUMENTO:	Versión 1 19AGO2013	Página: 16/39
-------------------	------------------	------------------	-----------------------	------------------------	------------------

Ejemplo de llenado de señales al bloque Firts\_Out:

First_Out	
First_Out	Firts_Out_CV_101
Enable_Sim	1
Enable_In	CV_101.CMD_FWD
	1
Reset_In	CV_101.FO_Reset
Reset_Condicion	CV_101.Timer_03.TT
	0
Interlock_01	CV_101.Stop_Field
	1
Interlock_02	CV_101.Stop_HMI
	0
Interlock_03	CV_101.HSS_01.Input_Logic
	1
Interlock_04	CV_101.ZS.HH_01.Input_Logic
	1
Interlock_05	CV_101.SSL.Input_Logic
	1
Interlock_06	CV_101.LS.HH.Input_Logic
	1
Interlock_07	CV_102.Running.Input_Logic
	1
Interlock_08	CV_101.Falla_Arranque
	0
Interlock_09	0
Interlock_10	0
Interlock_11	0
Interlock_12	0
Interlock_13	0
Interlock_14	0
Interlock_15	0
Interlock_16	0
Interlock_17	0
Interlock_18	0
Interlock_19	0
Interlock_20	0
Interlock_21	0
Interlock_22	0
Interlock_23	0
Interlock_24	0
Interlock_25	0
Interlock_26	0
Interlock_27	0
Interlock_28	0
Interlock_29	0
Interlock_30	0
Tabla_Codigos	Tabla_FO_CV_101
First_Out_Num	0
First_Out	CV_101.FO
First_Out_Last	CV_101.FO_Last

ELABORÓ:

REVISÓ:

APROBÓ:

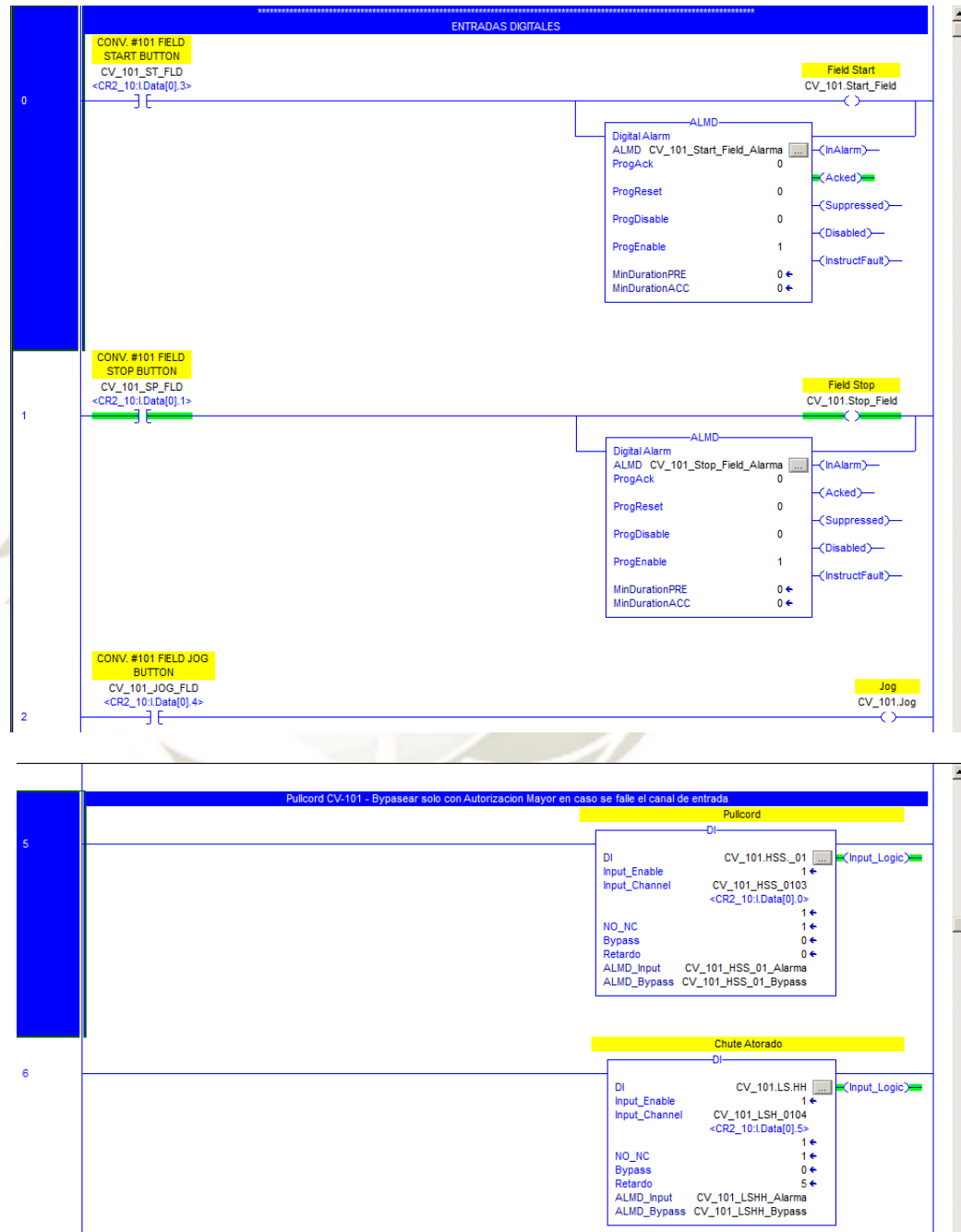
CÓDIGO DEL DOCUMENTO:

Versión 1  
19AGO2013

Página:  
17/39

#### 4.2.4. RUTINA IN/OUT

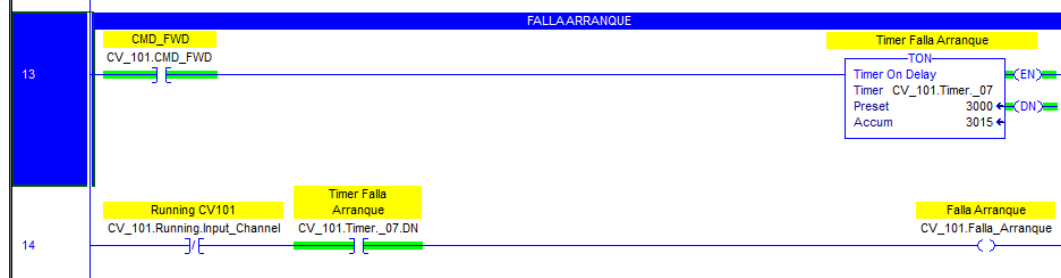
En esta rutina se deberá direccionar todas las señales de campo (cableado duro, por comunicación, etc) a los bits de lógica, con la finalidad de que si algún momento se requiera cambiar la fuente de la señal (cambio de canal, cambio de mapeo, etc) no se debe afectar la lógica de control.



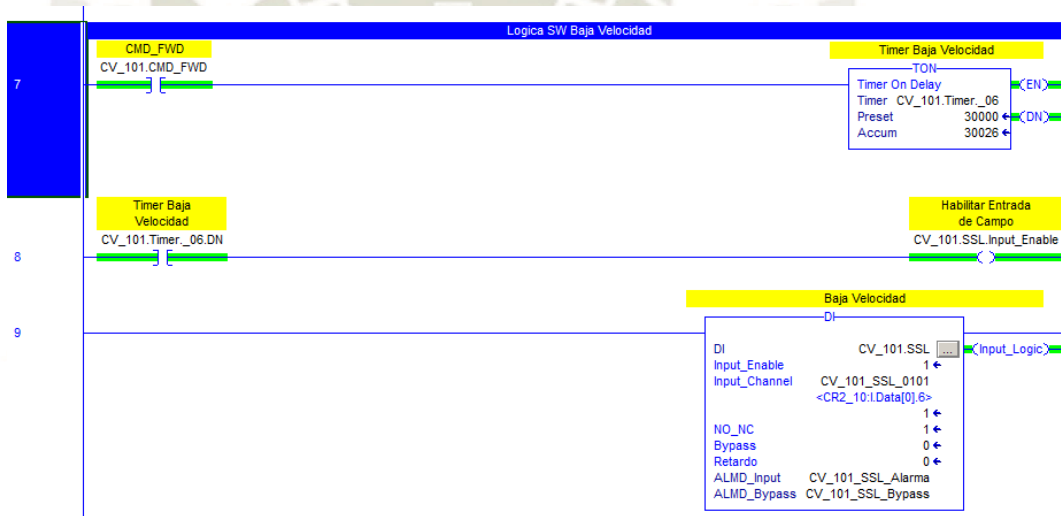
ELABORÓ: _____	REVISÓ: _____	APROBÓ: _____	CÓDIGO DEL DOCUMENTO: _____	Versión 1 19AGO2013	Página: 18/39
-------------------	------------------	------------------	--------------------------------	------------------------	------------------

ESTÁNDAR DE PROGRAMACIÓN EN CONTROLLOGIX Y EN  
FACTORY TALK VIEW

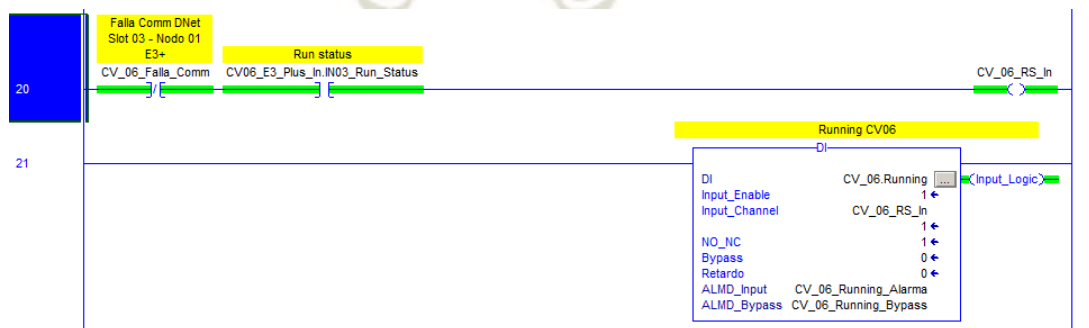
Aquí deberá estar implementada la lógica de falla de arranque.



En caso se requiera Inhibir una señal en el arranque (por ejemplo un SW de baja velocidad), se deberá desactivar el bit de INPUT\_ENABLE del bloque CM\_DI mientras dure el tiempo de Inhibición.



En caso puntual que el status del Running del equipo se lea por comunicación (Devicenet, etc), éste deberá estar enseriado con su falla de comunicación antes de ingresar al bloque CM\_DI, esto con la finalidad de que ante una posible falla de comunicación no se quede congelado el Running y por tanto detenga en forma segura equipos aguas arriba que dependen del Running del equipo en mención.



ELABORÓ:	REVISÓ:	APROBÓ:	CÓDIGO DEL DOCUMENTO:	Versión 1 19AGO2013	Página: 19/39
_____	_____	_____	_____		

ESTÁNDAR DE PROGRAMACIÓN EN CONTROLLOGIX Y EN  
FACTORY TALK VIEW

En caso se tenga equipos por red Devicenet, se deberá considerar el siguiente direccionamiento como falla de comunicación: Local:X:S.DeviceFailureRegister[Y].Z

Donde:

X : Numero de Slot de Tarjeta Devicenet

Y / Z : Numero de nodo asignado al equipo.

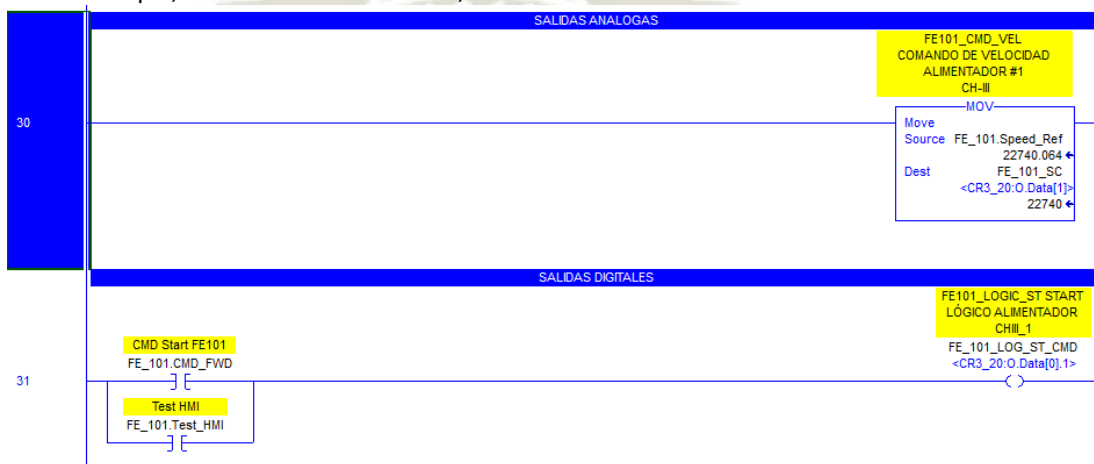


En caso existan señales que eléctricamente se encuentran en serie, como por ejemplo el Field Stop de la Energía (cuando se quita la energía cae también la señal de field Stop) se deberá hacer una lógica para discriminar la activación de los mismos, con ello nos aseguramos que el FirtsOut detecte correctamente el motivo de la parada.

En el ejemplo se muestra que si se cae el bit de energía el bit de Field Stop se mantendrá en estado normal,



De igual forma se deberá direccionar las salidas Digitales / Análogas, que podrían ser comandos de arranque, referencias de velocidad, etc.



ELABORÓ:	REVISÓ:	APROBÓ:	CÓDIGO DEL DOCUMENTO:	Versión 1 19AGO2013	Página: 20/39
_____	_____	_____	_____		

#### 4.2.5. RUTINA STR/VFD

En esta rutina deberá ir lógica relacionada directamente a las señales de arrancadores (E3+, QcPort, Wponni, etc) y Variadores de velocidad (ACS800, PowerFlex, etc) que se traen por comunicación, para ello se deberá utilizar y/o crear Addons que nos permitan optimizar la lógica de programación.



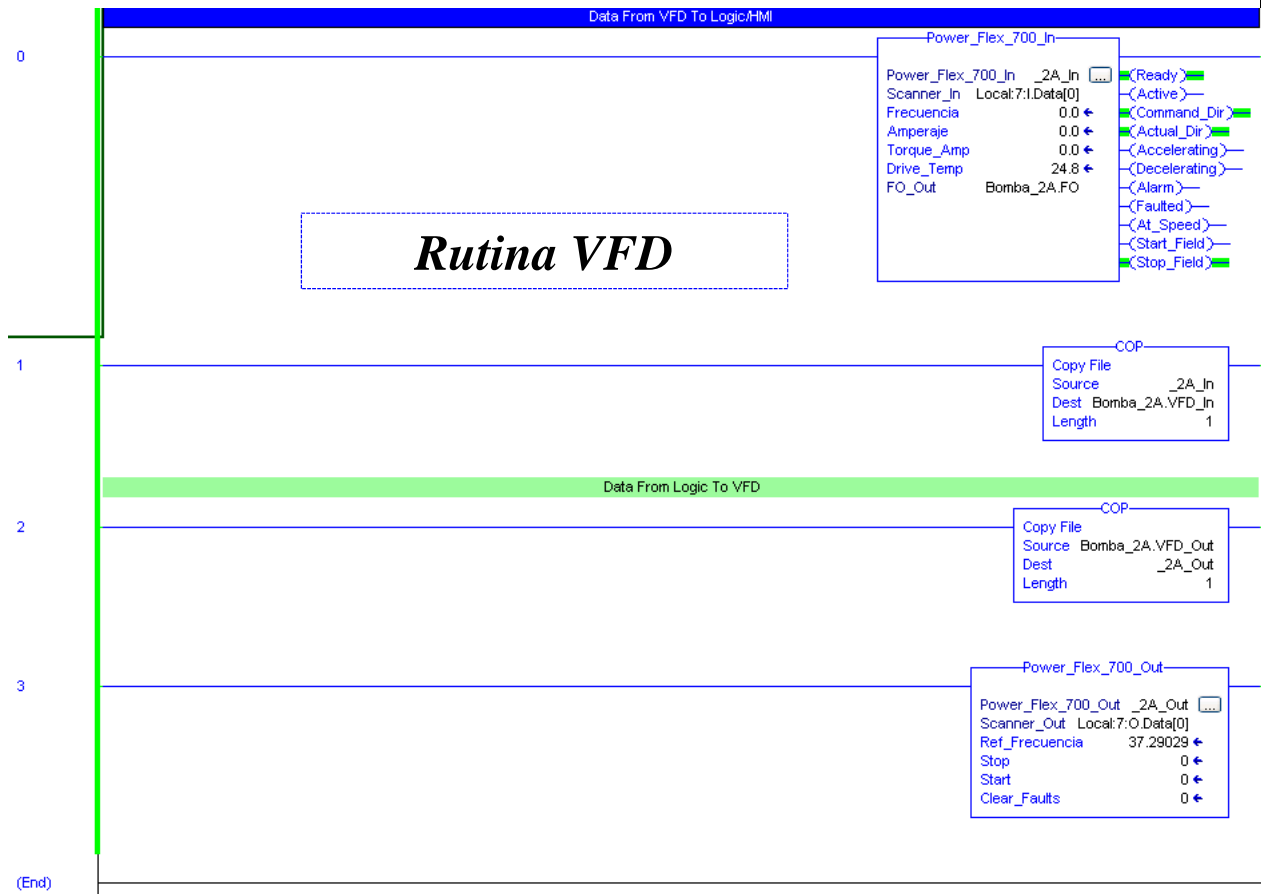
#### Interface Variador – Lógica:

La rutina Interface variador – lógica permite enlazar la información tanto de entrada como salida hacia el Control Logix desde un variador (PowerFlex700, PowerFlex700VC, PowerFlex7000, ACS 1000).

#### CM PowerFlex700:

ELABORÓ: _____	REVISÓ: _____	APROBÓ: _____	CÓDIGO DEL DOCUMENTO:	Versión 1 19AGO2013	Página: 21/39

ESTÁNDAR DE PROGRAMACIÓN EN CONTROLLOGIX Y EN  
FACTORY TALK VIEW



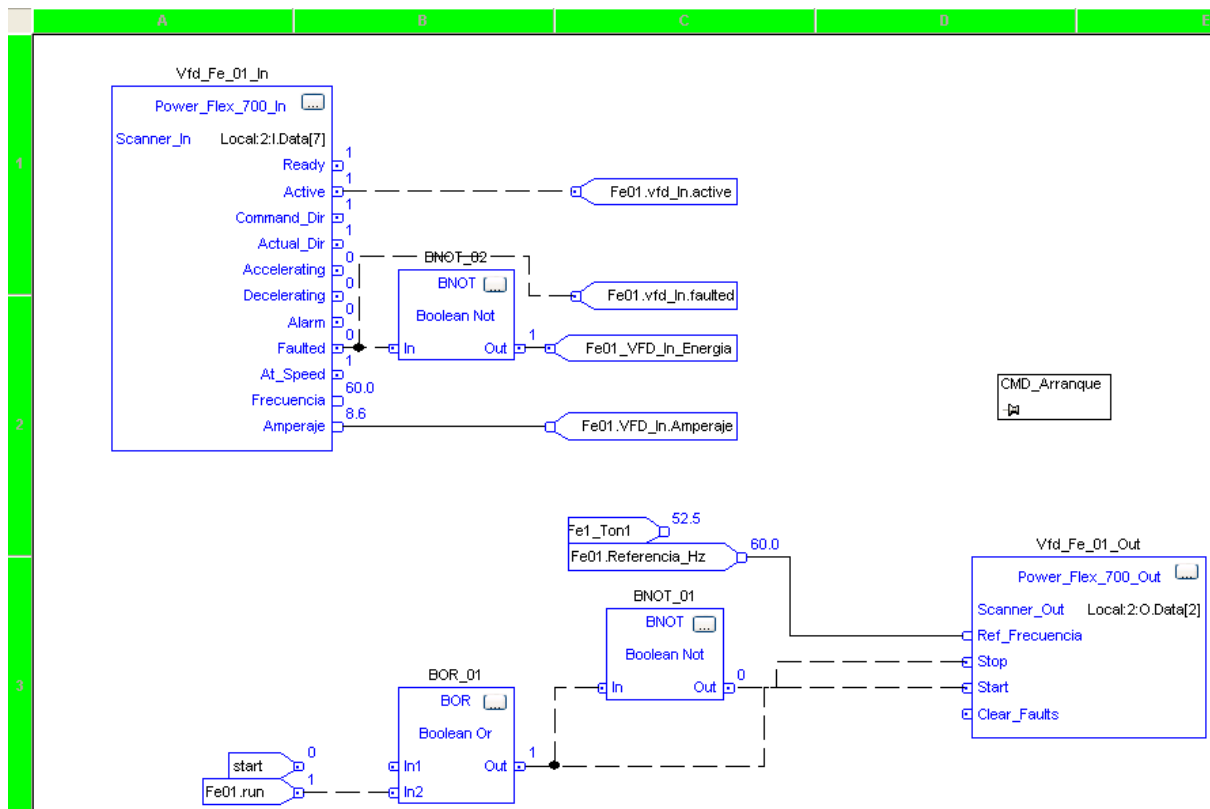
Este CM considera 16 bytes de input y 04 bytes de output:

Message Type	Size	Data Description
Input	16 Bytes	Logic Status & Feedback & DL A Out...
	2 Byte(s)	Logic Status
	2 Byte(s)	Feedback
	2 Byte(s)	Output Current
	2 Byte(s)	Torque Current
	2 Byte(s)	Dig In Status
	2 Byte(s)	Drive Temp
	2 Byte(s)	Last Stop Source
	2 Byte(s)	<Not Used>
Output	4 Bytes	Logic Command & Reference
	2 Byte(s)	Logic Command
	2 Byte(s)	Reference

Parámetros en VFD:

CM PowerFlex700 VC:

ELABORÓ: _____	REVISÓ: _____	APROBÓ: _____	CÓDIGO DEL DOCUMENTO: _____	Versión 1 19AGO2013	Página: 22/39
-------------------	------------------	------------------	--------------------------------	------------------------	------------------



Este CM considera 12 bytes de input y 12 bytes de output:

Message Type	Size	Data Description
<b>Polled</b>		
Input	12 Bytes	Logic Status & Feedback & DL A Out...
	2 Byte(s)	Logic Status
	2 Byte(s)	Feedback
	4 Byte(s)	Output Current
	4 Byte(s)	Drive Temp
Output	12 Bytes	Logic Command & Reference & DL A...
	2 Byte(s)	Logic Command
	2 Byte(s)	Reference
	4 Byte(s)	<Not Used>
	4 Byte(s)	<Not Used>

ELABORÓ:

REVISÓ:

APROBÓ:

CÓDIGO DEL DOCUMENTO:

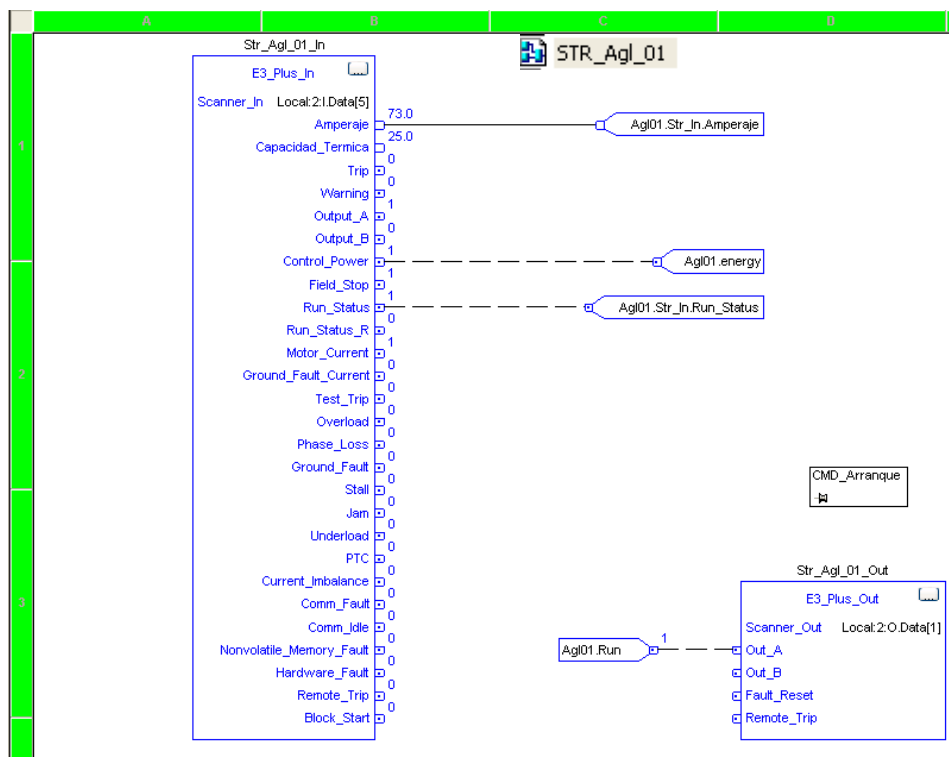
Versión 1  
19AGO2013

Página:  
23/39

**Interface Arrancador – Lógica:**

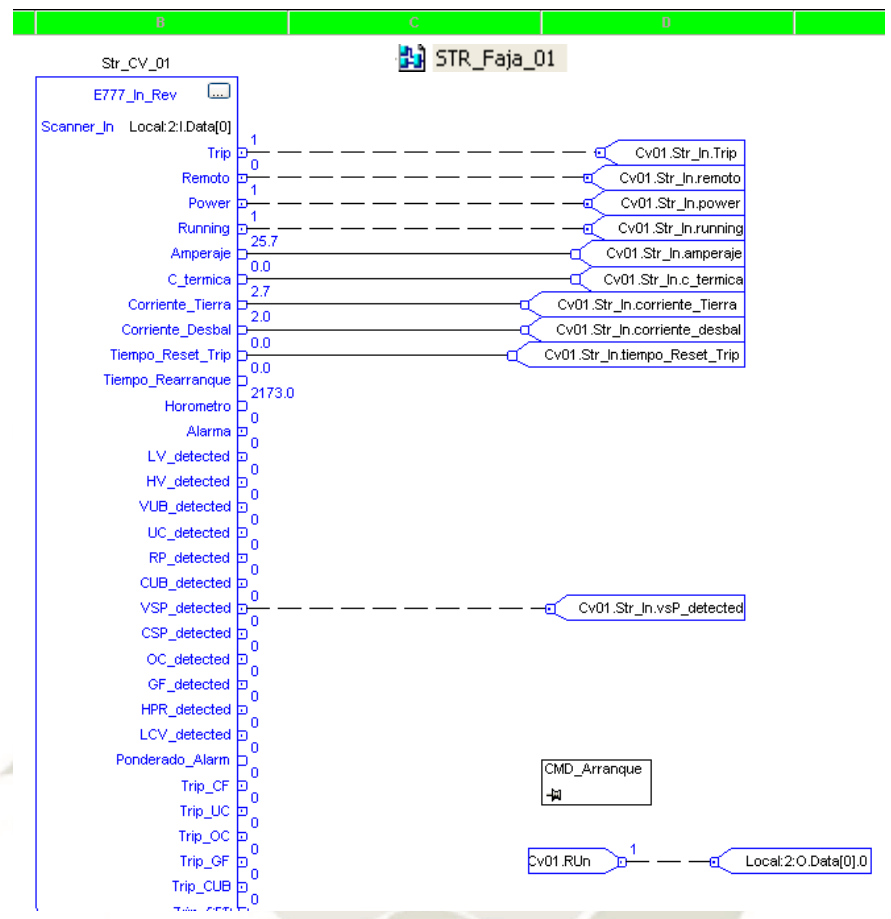
La rutina Interface arrancador – lógica permite enlazar la información tanto de entrada como salida hacia el Control Logix desde un arrancador cualesquiera (E3 Plus, 777, E777, QCPort).

**CM E3 Plus:**



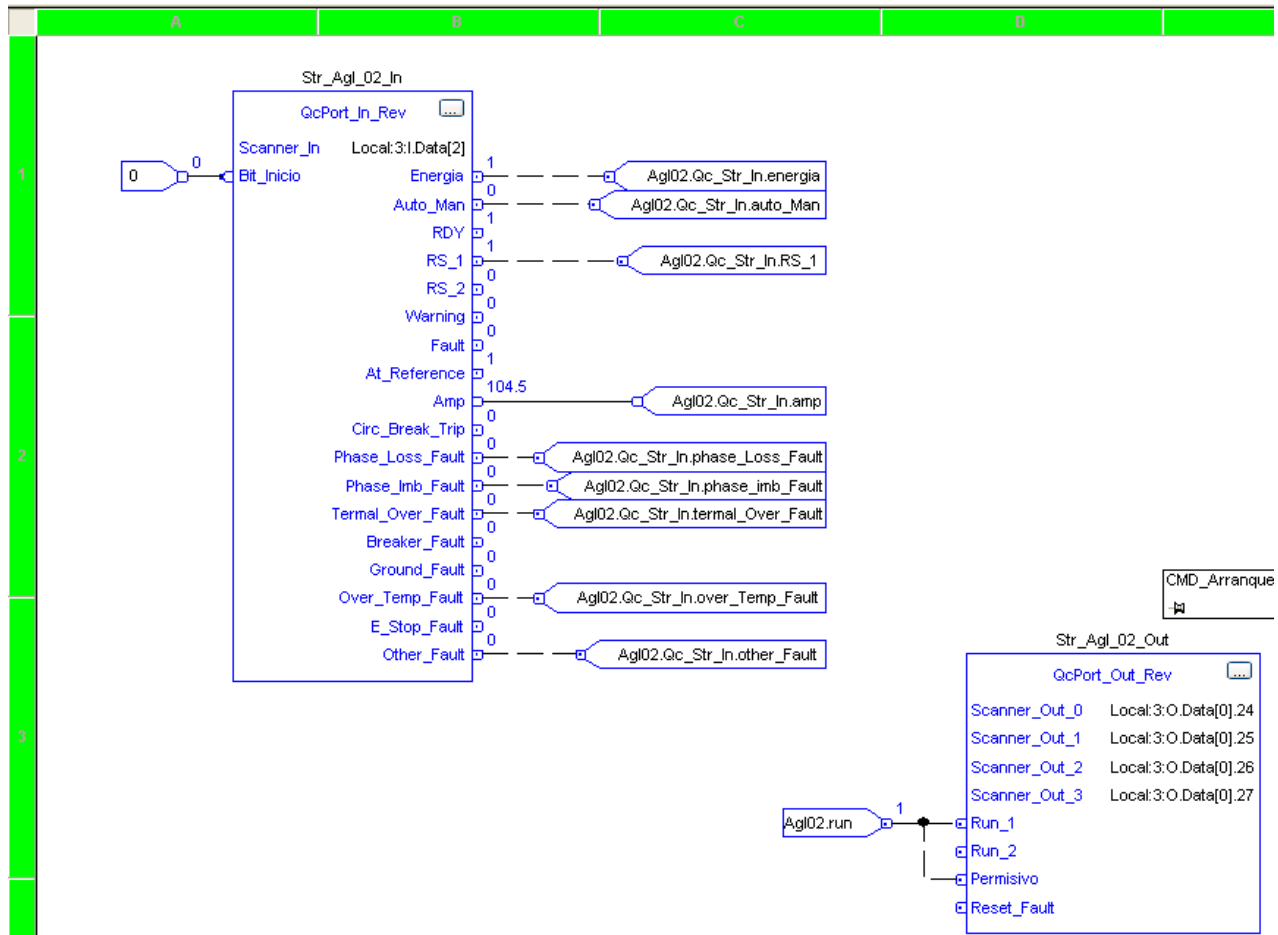
ELABORÓ: _____	REVISÓ: _____	APROBÓ: _____	CÓDIGO DEL DOCUMENTO: _____	Versión 1 19AGO2013	Página: 24/39
-------------------	------------------	------------------	--------------------------------	------------------------	------------------

CM 777, E777:



ELABORÓ:	REVISÓ:	APROBÓ:	CÓDIGO DEL DOCUMENTO:	Versión 1 19AGO2013	Página: 25/39
_____	_____	_____	_____		

CM QCPort:



ELABORÓ:

REVISÓ:

APROBÓ:

CÓDIGO DEL DOCUMENTO:

Versión 1  
19AGO2013

Página:  
26/39



**4.2.6. RUTINA ASM\_ALARMAS**

En esta rutina se deberá implementar la lógica de activación de Alarmas según recomendaciones del ASM (Abnormal Situation Management), se deberá crear/ utilizar Addons, el cual contendrá los siguientes criterios de programación.

Definición de Alarma:

Advertencia que alerta al operador oportunamente acerca de una condición que requiere prontamente una acción correctiva para evitar eventos perjudiciales, destructivos o daños como lesiones personales, daño a equipo y pérdida de producción.

1. Toda variable analógica de proceso o de tipo discreto que pueda causar perturbaciones en el proceso debe ser alarmada. (entre ellos los interlocks que tienen un tiempo de activación > 0 seg, en caso se encuentren Bypassados ya no deberán alarmarse.)
2. Cualquier condición de trip que va a detener a un equipo sin un tiempo de advertencia previa para el operador no debe ser alarmado (entre ellos la energía, Local/Remoto, etc)
3. Al hacer clic sobre el icono de alarma se debe mostrar una pantalla con la condición y tipo de alarma, en caso la pantalla muestre todas las posibles Alarmas, se deberá diferenciar claramente cual o cuales alarmas se encuentran activas actualmente.
4. Las alarmas sólo están activas cuando el equipo está funcionando.
5. La señal, valor o condición que cause una detención del equipo deben ser identificadas a través del faceplate de primera falla o "Firstout".
6. Las Prioridad de alarmas debe estar relacionada con la severidad.

Prioridad 1 -- Severidad 500 ---- Alarma "Urgent"  
 Prioridad 2 -- Severidad 750 ---- Alarma "High" - advertencia  
 Prioridad 3 -- Severidad 1000 --- Alarma "Low" - aviso

Recordar que las alarmas están asociadas a los equipos y no a los instrumentos. (Con excepción de aquellas señales análogas o discretas que si bien no causan una perturbación en el sistema podría ser necesario alarmarlos en algunos casos)

ELABORÓ: _____	REVISÓ: _____	APROBO: _____	CÓDIGO DEL DOCUMENTO:	Versión 1 19AGO2013	Página: 27/39
-------------------	------------------	------------------	-----------------------	------------------------	------------------



4.3. CONSIDERACIONES PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE BYPASSES:

- Los bypasses se deberán realizar en el equipo y no en el Instrumento (digital o analógica).
- En caso exista una señal digital o analógica que sea interlock de 2 o más equipos, se deberá independizar en 2 o más bloques CM\_DI, esto con la finalidad de realizar el bypass independientemente en cada equipo. La señal que ingresará a los Input\_Channel de los bloques CM\_DI deberá ser la señal fuente (señal no manipulada con algún bypass) para que luego se pueda realizar el bypass independientemente en cada CM\_DI.
- En caso se tenga un interlock (HiHi o LoLo) que provenga de un bloque Analógico y sólo sea interlock de un equipo, el bypass se realizará en el mismo bloque analógico.
- En caso se tenga un interlock (HiHi o LoLo) que provenga de un bloque Analógico y sea interlock de 02 o más equipos, se deberá direccionar la señal sin manipular (que son los HiHi\_Status o LoLo\_Status) a cada uno de las entradas Input\_Channel de los bloques CM\_DI, esto con la finalidad de independizar los bypasses por equipo, estos bloques CM\_DI deberán heredar los tiempos de retardo de activación y las prioridades seteadas en el bloque de señal Analógica.
- En caso se tenga un interlock que provenga de una entrada digital y sea interlock de 02 o más equipos, se deberá direccionar a cada uno de las entradas Input\_Channel de los bloques CM\_DI, estos deben heredar los tiempos de retardo de activación y las prioridades seteadas en cualquiera de los bloques CM\_DI.

4.4. FORMATO DE COMISIONAMIENTO.

ELABORÓ: _____	REVISÓ: _____	APROBÓ: _____	CÓDIGO DEL DOCUMENTO:	Versión 1 19AGO2013	Página: 28/39

Con la finalidad de realizar un control de Calidad del correcto funcionamiento de la lógica de Control implementada y el diseño de pantallas HMI, se deberá completar el siguiente formato de comisionamiento por cada equipo.

N°	PERMISIVO / INTERLOCK	ACTIVACION				OBSERVACIONES
		En CLX	En HMI	Bypass independiente en HMI Y CLX	FIRTS_OUT en HMI	
1	Permiso (01)					
2	Permiso (02)					
3	Interlock (01)					
4	Interlock (02)					
5	Interlock (03)					
6	Interlock (04)					
7	Interlock (05)					
4	Interlock (06)					
5	Interlock (07)					
6	Interlock (08)					
7	Interlock (09)					

**5. DISEÑO DE PANTALLAS SEGÚN EL ASM (Abnormal Situation Management)**

ELABORÓ: _____	REVISÓ: _____	APROBÓ: _____	CÓDIGO DEL DOCUMENTO:	Versión 1 19AGO2013	Página: 29/39





**5.1. Consideraciones Generales:**

Descripción de las alarmas ASM

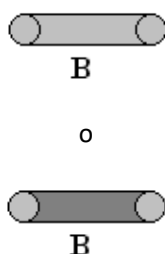
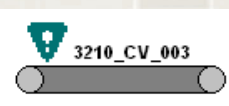






Definición de Alarma:

Advertencia que alerta al operador oportunamente acerca de una condición que requiere prontamente una acción correctiva para evitar eventos perjudiciales, destructivos o daños como lesiones personales, daño a equipo y pérdida de producción.


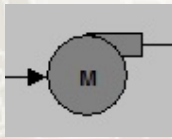
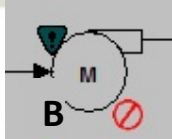
1. Toda variable analógica de proceso o de tipo discreto que pueda causar perturbaciones en el proceso debe ser alarmada. (entre ellos los interlocks que tienen un tiempo de activación > 0 seg, en caso se encuentren Bypassados ya no deberán alarmarse.)
2. Cualquier condición de trip que va a detener a un equipo sin un tiempo de advertencia previa para el operador no debe ser alarmado (entre ellos la energía, Local/Remoto, etc)
3. Al hacer clic sobre el icono de alarma debe mostrar una pantalla con la condición y tipo de alarma, en caso la pantalla muestre todas las posibles Alarmas, se deberá diferenciar claramente cual o cuales alarmas se encuentran activas actualmente.
4. Las alarmas sólo están activas cuando el equipo está funcionando.
5. La señal, valor o condición que cause una detención del equipo deben ser identificadas a través del faceplate de primera falla o "Firstout".

Estado	Dibujo	Comentario
Equipo detenido		Dibujo transparente.
Equipo funcionando	5304 MTPH 	Dibujo en color sólido con lecturas de variables de proceso como potencia, velocidad u otros parámetros operativos relevantes que sean requeridos.
Equipo no está listo para arrancar		El icono  indica que el equipo tiene algún enclavamiento o permisivo que no le permite arrancar. Se debe hacer clic sobre el equipo para navegar a los faceplates o a otras pantallas que indicaran el motivo de porque no está listo para arrancar.

ELABORÓ: _____	REVISÓ: _____	APROBÓ: _____	CÓDIGO DEL DOCUMENTO:	Versión 1 19AGO2013	Página: 30/39
-------------------	------------------	------------------	-----------------------	------------------------	------------------

<p>Alguna protección del equipo está con "bypass"</p>		<p>Se usa la letra "B".</p>
<p>Indicación de que el equipo presenta una alarma, se visualizar un icono de alarma al lado izquierdo del tag del equipo</p>		<p>  Alarma "Low" (aviso), indica que la variable de proceso está por encima o por debajo del valor límite programado, tiene una prioridad 3 y el operador debe atender esta alarma dentro de un tiempo de 5 a 10 minutos, la mayoría de alarmas ASM deberían programarse de este tipo.</p> <p>Cuando la alarma está activa se muestra de color completo y cuando ya salió de la condición de alarma es transparente y es necesario "reconocer" la alarma.</p> <p>  Alarma "High" (advertencia) indica que la variable de proceso está por encima o por debajo del valor límite programado, tiene una prioridad 2, el operador debe atender esta alarma en un tiempo de 1 a 5 minutos.</p> <p>Cuando la alarma está activa se muestra de color completo y cuando ya salió de la condición de alarma es transparente y es necesario "reconocer" la alarma.</p> <p>  Alarma "Urgent" indica que la variable de proceso está fuera de los límites programada y a punto de ocurrir una condición crítica, tiene una prioridad 1 y el</p>

ELABORÓ: _____	REVISÓ: _____	APROBÓ: _____	CÓDIGO DEL DOCUMENTO:	Versión 1 19AGO2013	Página: 31/39
-------------------	------------------	------------------	-----------------------	------------------------	------------------

		<p>operador debe atender inmediatamente esta para que no ocurra una detención.</p> <p>Cuando la alarma está activa se muestra de color completo y cuando ya salió de la condición de alarma es transparente y es necesario “reconocer” la alarma</p>
Al hacer clic sobre el icono de alarma se dispara un pantalla popup		Pantalla que muestra la condición y tipo de la alarma.
Indicación de los modos de operación		<p>Se indica con la primera letra del modo de operación dentro del equipo:</p> <p>P: Program</p> <p>M: Manual</p> <p>L: Local</p>
Ubicación de las indicaciones en un equipo.		En esta bomba se muestra que el equipo está en modo manual, no tiene permiso de arranque, está en bypass y tiene una alarma presente.

ELABORÓ:

REVISÓ:

APROBÓ:

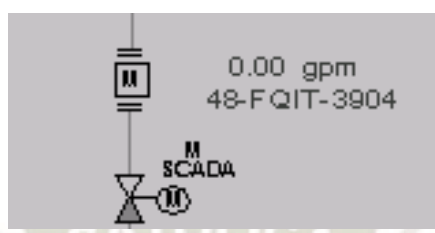
CÓDIGO DEL DOCUMENTO:

Versión 1  
19AGO2013

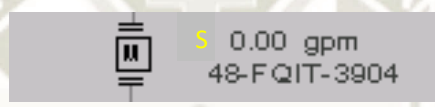
Página:  
32/39

**5.2. Configuración de señales analógicas:**

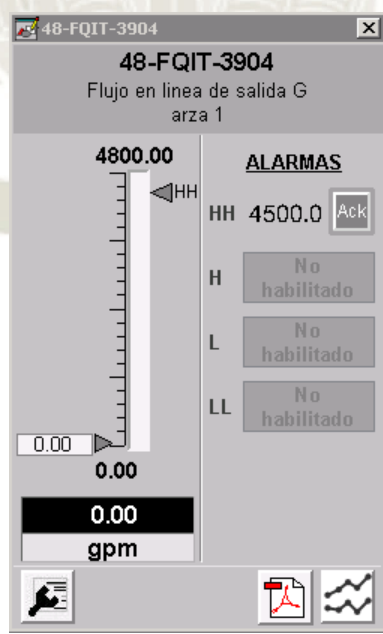
- ✓ El valor analógico en la pantalla de supervisión no deberá tener contorno ni fondo e ira acompañado a lado derecho de la unidad de ingeniería y por debajo por el nombre del tag que le corresponde (no deberá mostrar color alguno en caso se active las señales de alarma)



- ✓ La señalización del modo simulación de la señal analógica deberá tener el símbolo de la "S" de color amarillo y sin fondo e irá ubicado al costado izquierdo del valor analógico.

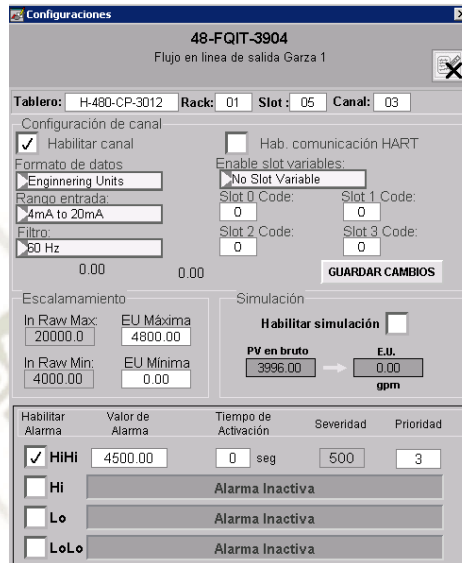


- ✓ Al hacer clic en dicho valor analógico deberá mostrar un pop-up donde se visualizará el tag, la descripción del instrumento, el valor actual, el Span, los valores de niveles de LoLo, Lo, Hi y HiHi (en caso se encuentren configurados), un botón de tendencias y un botón de configuración (solo habilitado para personal de Control de Procesos)



ELABORÓ: _____	REVISÓ: _____	APROBÓ: _____	CÓDIGO DEL DOCUMENTO:	Versión 1 19AGO2013	Página: 33/39
-------------------	------------------	------------------	-----------------------	------------------------	------------------

- ✓ Al hacer clic en el botón de configuración, se deberá mostrar otro Pop-pop en el cual se pueda configurar el canal de entrada (Rango de entrada, escalamiento, etc), de igual forma se podrá habilitar el modo simulación, el cual al hacerle clic deberá mantener el ultimo valor registrado y deberá quedarse congelado en dicho valor con la opción de poder cambiarlo.



Habilitar Alarma	Valor de Alarma	Tiempo de Activación	Severidad	Prioridad
<input checked="" type="checkbox"/> HiHi	4500.00	0 seg	500	3
<input type="checkbox"/> Hi		Alarma Inactiva		
<input type="checkbox"/> Lo		Alarma Inactiva		
<input type="checkbox"/> LoLo		Alarma Inactiva		

- ✓ También se podrá configurar los niveles de alarma (Hi, Lo) y los niveles de trip (HiHi y LoLo) los cuales tendrán la opción de configurar la habilitación de Alarma, tiempos de Activación, y tipo de Prioridad de alarma.

La asignación de prioridades es la siguiente:

Prioridad 1 (Severidad 500) - Alarma Urgent  
 Prioridad 2 (Severidad 750) - Alarma High  
 Prioridad 3 (Severidad 1000) - Alarma Low

- ✓ Las Alarmas deberán aparecer en cada uno de los equipos en los cuales esta señal analógica podría ocasionar una perturbación del proceso (con excepción de aquellas señales análogas que si bien no causan una perturbación en el sistema podría ser necesario colocar la alarma en la misma señal analógica).
- ✓ Recordar que la opción de Bypass no debe existir en este pop-up, deberá realizarse el bypass en el equipo del cual la señal de HiHi o LoLo es interlock.
- ✓ En caso que esta señal analógica sea interlock de 2 o más equipos, el seteo de valores de retardo de activación y prioridad deberán reflejarse en cada uno de de los bloques CM\_DI.

ELABORÓ:

REVISÓ:

APROBÓ:

CÓDIGO DEL DOCUMENTO:

Versión 1  
19AGO2013

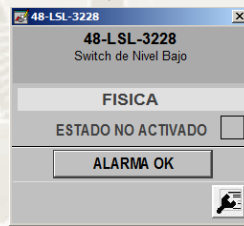
Página:  
34/39

### 5.3. Configuración de señales digitales:

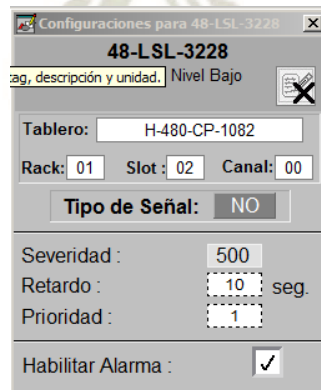
- ✓ Las señales digitales no deberán mostrar en la pantalla de supervisión, para el caso de su configuración se deberá hacer clic en dicha señal que se encuentra dentro de la lista de Interlock/Bypass del equipo el cual ocasiona su detención.



- ✓ Luego se visualizará un pop-up el cual contendrá el nombre de tag, su descripción, estado de activación de la señal, estado de alarma y estado de Bypass.



- ✓ Al hacer clic en el botón de configuración, se abrirá otro pop-up en el cual se podrá configurar principalmente el tiempo de activación del interlock y valor de prioridad de la alarma.



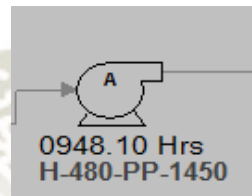
ELABORÓ:	REVISÓ:	APROBÓ:	CÓDIGO DEL DOCUMENTO:	Versión 1 19AGO2013	Página: 35/39
_____	_____	_____	_____		


- ✓ En caso que esta señal digital sea interlock de 2 o más equipos, el seteo de valores de retardo de activación y prioridad deberán reflejarse en cada uno de de los bloques CM\_DI.

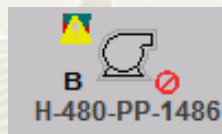
#### 5.4. Configuración de un equipo (Bomba)

El diseño de la bomba se muestra a continuación, el cual deberá contar con la siguiente información:



- ✓ Indicación con la primera letra del modo de operación dentro del equipo P: Program, M: Manual, L: Local.



- ✓ La indicación de Bypass deberá visualizarse con un símbolo de **B**, en el costado izquierdo por debajo del equipo, la indicación de equipo no listo deberá visualizarse con el símbolo  ubicado al costado derecho por debajo del equipo, y el símbolo de las alarmas deberá mostrarse en el lado izquierdo por encima del equipo.



- ✓ Al hacer clic en el símbolo de alarma (se visualizará sólo si existe alguna condición de alarma de dicho equipo) se deberá visualizar la condición y tipo de alarma, en caso se visualice todas las posibles alarmas de dicho equipo, se deberá indicar claramente que alarma se encuentra actualmente activa.

Alarmas de H-480-PP-1450					ALARMAS	
TAG	PV	UNIT	DESCRIPCIÓN			
48-PI-3231	10.3	bar	Sensor de Presion Linea de Rebombeco SR02	Hi: 18.0	HIHI: 20.0	
48-LI-3201	2.0	m	Sensor de Nivel TK-SR02	LoLo: 1.0	Lo: 2.3 	
48-LSL-3228			Switch de Nivel Bajo	Alarmas:		
SR01_Falla_Comm			Falla de Comunicacion con SR01 PP1450	Alarmas:		
48-LI-3601	2.3	m	Sensor de Nivel TK-SR01	Hi: 2.5 	HIHI: 2.7	

- ✓ Recordar que en caso un interlock se encuentre Bypassado no deberá displayar el símbolo de alarma en el equipo ni alarmar en la lista de alarmas, pero si se deberá mostrar su condición de activo o no en la lista de interlock del equipo, esto con la finalidad de realizar un retiro seguro de bypass.

ELABORÓ: _____	REVISÓ: _____	APROBÓ: _____	CÓDIGO DEL DOCUMENTO:	Versión 1 19AGO2013	Página: 36/39
-------------------	------------------	------------------	-----------------------	------------------------	------------------

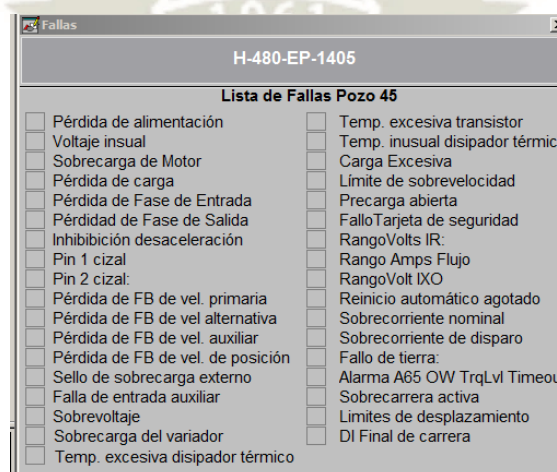
- ✓ El pop-up de arranque de bomba deberá mostrarse de la siguiente manera:



El botón de Reset sólo debe normalizar interlocks lógicos, mas no el TRIP del arrancador o Variador, en caso que no se necesite un reset de interlocks lógicos, deberá ocultarse este botón.

Los pulsos de Start, Stop, Reset y Test Energía deberán estar configurados para ser setados a "1" desde HMI y por lógica deberán retornar a un valor de "0".

- ✓ En caso se tenga un arrancador o un variador que se encuentre en modo TRIP, deberá existir una pantalla donde se visualice cual de todas las posibles fallas del arrancador o variador que puedan haber ocasionado el trip.



ELABORÓ: _____	REVISÓ: _____	APROBÓ: _____	CÓDIGO DEL DOCUMENTO:	Versión 1 19AGO2013	Página: 37/39
-------------------	------------------	------------------	-----------------------	------------------------	------------------

- ✓ De igual forma se podrá mostrar el listado de Interlocks y permisos cada uno de ellos con opción de bypass en caso corresponda.

Tener en cuenta que se deberá ingresar estrictamente todas las señales que puedan causar detención del equipo (entre ellos el Stop HMI, Field Stop, Stop Auto, etc) el único interlock que no se debe de colocar es el de falla de arranque, esta condición será visualizada en el Firts\_Out.

H-480-EP-1405			
PERMISIVOS			
Descripción	Alm Byp	Descripción	Alm Byp
<b>INTERLOCKS</b>			
ELÉCTRICO		PROCESO	
Descripción	Alm Byp	Descripción	Alm Byp
Energía		48-FI-1405 Muy Alto	<input type="checkbox"/>
Remoto		48-FI-1405 Muy Bajo	<input type="checkbox"/>
Trip		48-LI-1405 Bajo	<input type="checkbox"/>
Parada de emergencia de campo		48-TI-1405 Muy Alta	<input checked="" type="checkbox"/>
Falla de Comm CLX-ML		48-TI-1405 Muy Baja	<input checked="" type="checkbox"/>
Falla Comunicación TK	<input type="checkbox"/>	Nivel Muy Alto TK	<input type="checkbox"/>
Falla de Comm ML-VFD			
Número máximo de arranques			

### 5.5. Configuración de Banner e Histórico de Alarmas registrados por el Factory Talk View

- ✓ Se deberá configurar un pantalla en HMI donde se visualice las alarmas registradas desde los bloques ALMD y ALMA desde los controladores donde se hayan utilizados dichos bloques.

SISTEMA DE MONITOREO REMOTO PIT DEWATERING				
VISTA GENERAL	ESTACIONES	ESTACIONES	NUEVO	HORÓMETROS
	TAJO CERRO VERDE	TAJO SANTA ROSA	DEPÓSITO 10	
ALARMAS				
Event Time	Alarm Name	Condition N...	STATUS	Message
2/18/2015 11:04:56 AM	[CV04]			Connection to controller CV04 has been lost. (Server: RNA://\$Glob...
2/19/2015 10:00:07 AM	..posito10]_48_Pi_3903_Alarms	LOLO		Alarma de Presión Muy Baja en Línea Garza 1 (PIT-3903)
2/19/2015 9:09:57 AM	[SR02]_48_LI_3201_Alarms	LO		Alarma de Sensor de Bajo en TK - SR02 ( LIT-3201 )
2/19/2015 6:28:22 AM	..to10]FV3908_InvOpen_Alarms	TRIP		Valvula Motonzada en Posicion Abierta FV-3908
2/19/2015 12:46:42 AM	..ay]Location_05_Level_Hi_Alm	TRIP		Nivel Alto en Pozo 45
2/18/2015 8:52:26 AM	..posito10]_48_LI_3801_Alarms	LO		Alarma de Nivel Bajo en Tanque TK-CV03 (LIT-3801)
2/19/2015 9:57:22 AM	[SR01]_48_Pi_3631_Alarms	LOLO		Alarma de Presión Muy Baja a la Salida de las Bombas ( PIT-3631 )
2/19/2015 9:49:53 AM	..posito10]_48_Pi_3903_Alarms	LO		Alarma de Presión Baja en Línea Garza 1 (PIT-3903)
2/19/2015 9:09:59 AM	[SR01]_48_Pi_3631_Alarms	LO		Alarma de Presión Baja a la Salida de las Bombas ( PIT-3631 )
2/19/2015 6:59:41 AM	..on_05_Control_Running_Alarms	TRIP		Equipo en Funcionamiento de Variador de Bomba H-480-EP-1405

ELABORÓ:	REVISÓ:	APROBÓ:	CÓDIGO DEL DOCUMENTO:	Versión 1 19AGO2013	Página: 38/39
_____	_____	_____	_____		

- ✓ Adicionalmente se deberá configurar el almacenamiento (histórico) de dichas alarmas. Esto es muy importante para el diagnóstico de posibles fallas en el sistema.

**LOG DE ALARMAS Y EVENTOS**

(No Filter)

Severity	Event Time	Alarm Name	Condition Name	Message
900	2/19/2015 9:56:46 AM	[_260_C003]PORT_02_ALARMA_DESALINEA...	TRIP	
900	2/19/2015 9:56:43 AM	[_260_C003]PORT_02_ALARMA_DESALINEA...	TRIP	
900	2/19/2015 9:56:39 AM	[_260_C003]PORT_02_ALARMA_DESALINEA...	TRIP	
900	2/19/2015 9:56:39 AM	[_260_C003]PORT_02_ALARMA_DESALINEA...	TRIP	
500	2/19/2015 9:56:09 AM	[_260_C001]_26_FIT_1111_Alarma	LOLO	
900	2/19/2015 9:55:29 AM	260_C002_First_Out_CV_008	HIHI	0
900	2/19/2015 9:55:26 AM	260_C002_First_Out_CV_007	HIHI	0
500	2/19/2015 9:54:31 AM	[_260_C001]_26_FIT_1111_Alarma	LOLO	
500	2/19/2015 9:47:09 AM	[_260_C001]_26_FIT_1111_Alarma	LOLO	
500	2/19/2015 9:45:32 AM	[_260_C001]_26_FIT_1111_Alarma	LOLO	
500	2/19/2015 9:38:07 AM	[_260_C001]_26_FIT_1111_Alarma	LOLO	
500	2/19/2015 9:36:31 AM	[_260_C001]_26_FIT_1111_Alarma	LOLO	
500	2/19/2015 9:29:04 AM	[_260_C001]_26_FIT_1111_Alarma	LOLO	
500	2/19/2015 9:27:27 AM	[_260_C001]_26_FIT_1111_Alarma	LOLO	

No message selected.

Events: 47071 | Not Filtered | Reading events from database: FTS02AE

ELABORÓ: _____	REVISÓ: _____	APROBÓ: _____	CÓDIGO DEL DOCUMENTO: _____	Versión 1 19AGO2013	Página: 39/39
-------------------	------------------	------------------	--------------------------------	------------------------	------------------