



INSTITUTO TECNOLÓGICO DE TUXTLA GUTIÉRREZ

INGENIERIA ELÉCTRICA

REPORTE DE RESIDENCIA

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE TABLEROS ELÉCTRICOS DE CONTROL
PARA LA AUTOMATIZACIÓN DE UNIDADES DE SANEAMIENTO EN LA
PLANTA OBREGÓN DE LA EMPRESA SEALED AIR DE MÉXICO**

ASESOR INTERNO

M. EN C. OSBALDO YSAAC GARCÍA RAMOS

ASESOR EXTERNO

ING. FRANCISCO JAVIER MATUS PINEDA

ALUMNO

EDGAR OSVALDO GÓMEZ DÍAZ

TUXTLA GUTIÉRREZ, CHIAPAS, 15 DE DICIEMBRE DEL 2014

1. Introducción.....	5
1.1 Antecedentes	5
1.2 Estado del Arte	6
1.3 Justificación	7
1.4 Objetivo	8
1.5 Metodología.....	8
2. Fundamento Teórico	17
2.2 Sistema de limpieza CIP (Cleaning In Place).....	17
2.2.1 Limpieza de tuberías o sistemas cerrados.....	18
2.2.2 Fases de limpieza CIP.....	18
2.2.3 Soluciones limpieza CIP	19
2.3 Red de área local y Ethernet	19
2.3.1 Tipos de redes Ethernet	20
2.4 Conmutador (Swicht)	21
2.5 Controlador Lógico Programable (PLC)	23
2.5.1 Ventajas de los PLC's.....	24
2.5.2 PLC Allen Bradley 1769 (L32E)	24
2.5.2.1 Dimensiones.....	25
2.5.2.2 Conexiones Ethernet al controlador	26
2.6 Cables potencia	26
2.6.1 Elementos componentes.....	26
2.6.1.1 Clasificación de los cables de potencia	27
2.7 Cables de control.....	27
2.7.1 Materiales para el aislamiento, cubiertas internas y externas	27
2.7.2 Espesores del aislamiento	28
2.7 Contactor	28
2.7.1 Funcionamiento	29
2.8 Relevadores	30

2.8.1 Descripción del relevador.....	30
2.9 Arrancadores suaves	32
2.9.1 Arrancador suave SMC-3™	32
2.9.1.1 Modos de funcionamiento.....	33
2.9.1.2. Descripción de funciones.....	35
2.9.2 Arrancador suave SIRIUS 3RW30	37
2.10.- Sensor de temperatura OMNIGRAD MTR10.....	38
2.10.1 Principio de medición.....	38
2.10.2 Sistema de medición	39
2.11 Medidor de flujo Proline Promag 10.....	40
2.11.1 Funcionamiento	40
2.11.2 Placa de conexiones.....	41
2.12 Sensor de flujo Magphant.....	41
2.12.1 Principio de medición.....	41
2.12.2 Conexión eléctrica.....	42
2.13 Sensor de nivel Deltapilot S FMB70	43
2.13.1 Función y diseño del sistema.....	45
2.14.- Variadores de frecuencia.....	46
2.14.1 Micromaster 420.....	46
2.15 Variador Power Flex 40.....	47
2.16.- Red ASI-bus	49
2.16.1..-Configuraciones ASI-bus.....	50
2.16.2 Componentes básicos As-i Bus.....	51
<u>2.16.2.1.- Fuente de alimentación 30V DC</u>	<u>51</u>
<u>2.16.2.2.- Cable As-Interface</u>	<u>52</u>
<u>2.16.2.3.- Maestro As-i.....</u>	<u>54</u>
<u>2.16.2.4.- Esclavos AS-i</u>	<u>54</u>
2.17.- HMI.....	54
2.18.- Sistema SCADA.....	55
2.18.1 Definición	55

2.18.2 Arquitectura de los sistemas SCADA	57
3. Desarrollo.....	59
3.1.- Análisis del proyecto.....	59
3.2.- Diseño de planos	62
3.2.1.- Dispositivos	67
3.2.1.1.- Datos técnicos de bombas y motores	69
3.2.2.- Diseño de los planos de proceso	70
3.2.2.1.- Filosofías de operación.....	73
3.2.2.- Diseño de los planos de eléctricos de control.....	88
3.3.- Armado del tablero eléctrico de control.....	113
3.4.- Acondicionamiento del área	126
3.5.- Cableado de fuerza y control	138
3.5.1.-Cableado red ASI-bus	149
3.6.- Conexión de aire	151
3.7.- Configuración de sensores y equipos.....	153
3.8.- Pruebas, correcciones y puesta en marcha	158
4. Resultados y conclusiones	168
4.1 Resultados.....	168
4.2 Conclusiones.....	169
Referencias	170
ANEXOS	172
ANEXO A: Diagramas de procesos	172
ANEXO B: Diagramas eléctricos	193

1. Introducción

1.1 Antecedentes

Las industrias de producción que emplean estrategias y soluciones automatizadas han probado ser el ejemplo a seguir para la elaboración en serie de productos que cumplen con un número específico de condiciones y especificaciones dadas. Una rama significativa de estas empresas son aquellas que elaboran productos farmacológicos, alimentos y bebidas.

Un aspecto que tienen en común dichas empresas, es la producción por lotes o recetas que requieren del almacenamiento de distintos productos en tanques, mezcladoras y bombas industriales. Estos elementos requieren de limpieza constante de sus superficies para mantener el estándar de calidad del producto final, sin embargo, en numerosas aplicaciones esto no es fácil de realizar debido al difícil acceso a dichos elementos.

Para asegurar la calidad de los productos elaborados, las industrias de procesos producción, a través de estudios específicos han determinado que deben establecer estrictas regulaciones de limpieza para que los residuos y posibles bacterias, nocivos para el proceso, no dañen sus productos o peor aún a sus consumidores. La automatización de los procedimientos de limpieza en las industrias de producción ha desarrollado tecnologías de limpieza en sitio conocido como CIP.

Anteriormente, la limpieza se realizaba de forma manual, utilizando distintos químicos de limpieza y líquidos a altas presiones, lo cual representa un riesgo constante para los operadores encargados de realizar dichas tareas. Adicionalmente existe un problema representado en la validación de la limpieza de estos elementos, que al ser realizada manualmente, pudiese tener como consecuencia que estos no siempre cumplan con las normas establecidas.

Los procesos CIP involucran una arquitectura compuesta por controladores lógicos programables, redes de comunicaciones industriales, interfaces hombre-máquina, motores o bombas, variadores de frecuencia, relés, válvulas, sensores y transmisores; para estimular el movimiento de fluidos y agentes de limpieza a través de tanques y tuberías, controlando variables de proceso como temperatura, concentración de agentes de limpieza, tiempo de exposición y flujo.

La empresa Sealed Air De México en la planta Obregón dedicada al proceso de envasado de leche anteriormente contaba con 4 silos para el almacenamiento de leche, 2 con capacidad de 50,000 litros, uno de 57,000 litros y otro de 100,000 litros. Debido al incremento en la demanda de producción decidió ampliar su sistema de

recepción de leche. Instaló dos nuevos silos de 120 000 litros para lo cual requiere de un control automático tanto para el proceso de recepción de leche como para el saneamiento de los equipos.

1.2 Estado del Arte

En 2008 Cosme Damian [1] diseñó un sistema de control automático para la pasteurización y pulverización de leche para la planta Machachi de la empresa el Ordeño. En su trabajo Cosme realizó un estudio de análisis de posibilidades de la instalación de tanques de lavado con el sistema CIP con control de presión y de tiempo de lavado del proceso mediante el uso de un controlador lógico programable.

Cristian Andrés en 2010 [2] diseñó un sistema centralizado de lavado CIP automatizado para el lavado de estanques de fermentación y reposo de cerveza. En su diseño, el sistema CIP está compuesto por 4 estanques de acero inoxidable de una capacidad nominal de 1500 litros y un circuito de alimentación y retorno de bombas y válvulas, los que están destinados a las soluciones de lavado.

Así mismo en 2010 Pablo Pérez [3] realizó una propuesta de mejora de un procedimiento de limpieza Cleaning In Place, así como la puesta en marcha, servicio del equipo y el mantenimiento requerido en un proceso de bebidas no carbonatadas. En su trabajo Pablo desarrolla un modelo matemático del lazo del control de temperatura PID.

En mayo del 2011 Claudio Forte [4] desarrolló un prototipo automatizado para la simulación de limpieza de silos de la industria de bebidas carbonatadas. Se basó principalmente en un elemento electrónico Controlador Lógico Programable, para controlar el funcionamiento del prototipo. El desarrollo del funcionamiento lógico del sistema se basa en el estándar ISA-88, cuyo principal propósito es delimitar los lineamientos de producción para la estructura de programación.

En su prototipo José armó un sistema compuesto por: fuentes de alimentación, tanques de productos, tanque de premezcla, tanque silo, tuberías PVC y acero, electroválvulas, bombas, sonda RTD, transmisor RTD, módulos de entradas/salidas del PLC, intercambiador de calor, interruptores de nivel, relés, interfaz hombre máquina, botón de parada de emergencia, luces indicadores de proceso y el gabinete de control.

Cesar Alberto en marzo del 2012 [5] diseñó un sistema de limpieza en sitio tipo sanitario para una línea de llenado en un salón de embotellado de la industria de cerveza. En su trabajo diseñó toda la ingeniería de proceso, validó los accesorios de limpieza, elaboró el diseño de las etapas de limpieza y seleccionó las bombas de mando y retorno de CIP.

Cesar realizó el diseño de tuberías de servicio y distribución de la cerveza y seleccionó el PLC para el control de la operación. Para controlar cada uno de los procesos del sistema se utilizó elementos eléctricos y electrónicos, a una tensión de 24 voltios en corriente continua. Debido a que el PLC escogido solo recibía señales digitales al autor utilizo un convertidor analógico digital, para convertir las señales analógicas en señales digitales.

Lo que aquí se propone como proyecto es el diseño e implementación de tableros eléctricos de control para la automatización de unidades de saneamiento del proceso de envasado de leche de la planta Obregón de la empresa Sealed Air de México, en la cual se controlaran los tiempos y las secuencias de operación de cada saneamiento.

1.3 Justificación

La empresa de automatización AIM Ingeniería de la cual formo parte como practicante es la encargada del diseño e implementación de los tableros eléctricos de control de la planta Obregón de la empresa Sealed Air de México. Por parte de AIM ingeniería personal de la empresa y yo nos trasladamos a la planta para llevar a cabo dicho proyecto el cual constituye además mi proyecto de residencia.

Vale la pena hacer este proyecto, ya que con el diseño e implementación de tableros eléctricos de control que aquí se presenta se podrán realizar las tareas de saneamiento de forma eficiente y segura que solicita la empresa. Así mismo se mejoran el tiempo de producción y se disminuyen los errores dentro de la operación. También se tendrán ganancias intangibles como la eliminación de mano de obra pasiva.

La implementación de este sistema trae varios beneficios tales como tiempos reducidos en la limpieza de los equipos, ahorro de gastos, así como una unificación en los mantenimientos realizados en los equipos y por ende pocos especialistas para llevarlo a cabo, lo que hace que el costo de mantenimiento sea menor, y el costo beneficio para la empresa mayor.

Es importante mencionar que con este control automático la seguridad e higiene de los procesos aumenta con el simple hecho de que ya no se tiene que realizar desmontajes de varias piezas y no se pone en riesgo la integridad de los operadores ni de los equipos, lo que refleja que cada vez existan menos accidentes de trabajo y menor daño a los equipos.

1.4 Objetivo

Diseñar E Implementar Tableros Eléctricos de Control para la Automatización de Unidades de Saneamiento del proceso de envasado de leche en la Planta Obregón de la Empresa Sealed Air De México.

1.5 Metodología

El sistema que se presenta consta de un Hardware y un Software. El Hardware consta de 12 elementos tal y como se observa en la figura 1.1. Como etapa central se tiene el Switch Ethernet el cual tiene como función la interconexión entre equipos, transfiriendo datos de un equipo a otro de acuerdo a la dirección MAC de destino. Este cuenta con 8 puertos de conexión RJ45.

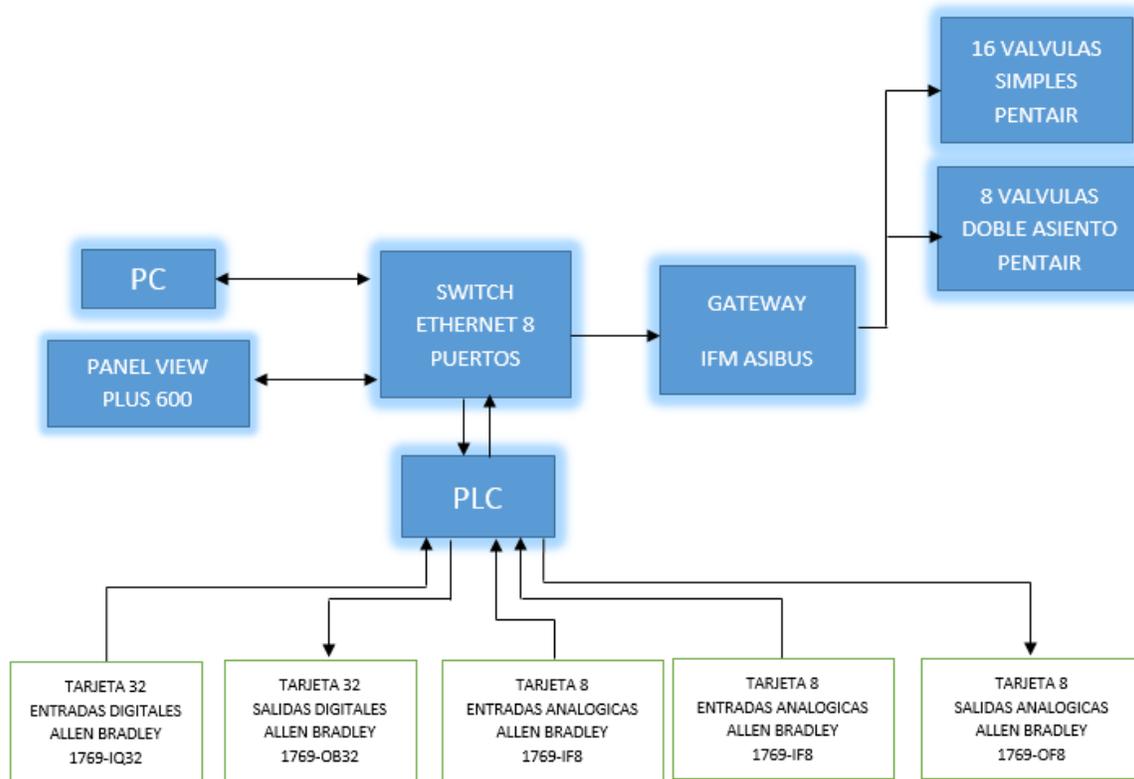


Fig. 1.1 Diagrama a bloques del hardware

De lado izquierdo en la figura 1.1 se tiene la PC. Este dispositivo cumple principalmente con dos funciones. La primera función es como un dispositivo de control ya que desde la PC a través de un sistema SCADA se podrá dar marcha a cada una de las secuencias de saneamiento. Se podrá controlar el accionamiento de los actuadores. Así mismo servirá para supervisar el proceso, ya que desde la pantalla se podrá visualizar en tiempo real el comportamiento del proceso.

Para poder realizar la función de control y supervisión, la PC tendrá instalado un software SCADA de Allen Bradley conocido como RSView 32. A través de este software se realizará el accionamiento de las bombas y motores y la apertura y cierre de válvulas. Es decir mediante la pc y el software se tendrá un interfaz gráfico para la comunicación a distancia de los dispositivos en campo.

También de lado izquierdo de la figura 1.1 se encuentra el panel View Plus 600, este panel representa una HMI. Es un terminal gráfico con una pantalla táctil de 6 pulgadas con gráficos de 18 bits la cual sirve de dispositivo de control, ya que mediante este se podrá seleccionar la secuencia de saneamiento a ejecutar por el operador de la máquina. Desde este dispositivo se podrá realizar el arranque y paro de las bombas y motores, así como la apertura y cierre de válvulas.

Otro de los elementos del sistema es el Gateway ASI-bus el cual permite conectar la red ASI-bus con la red local. Mediante este dispositivo se conecta la red ASI-bus con los demás equipos de la red. Su propósito es traducir la información de la red ASI-bus a la red local Ethernet usada y viceversa. Este elemento permite visualizar y direccionar los elementos conectados a la red. El Gateway es alimentado con 30.1 volts y este mismo suministra ese voltaje a la red ASI-bus, voltaje característico de alimentación de este tipo de red industrial.

A la red ASI-bus se conecta los otros dos bloques de sistema, los cuales son los elementos actuadores. Estos están constituidos de ocho válvulas de la marca PENTAIR de doble asiento, es decir tienen dos niveles de apertura. También están conectadas 16 válvulas simples de la misma marca las cuales cuentan únicamente con un nivel de apertura.

Ambos tipos de válvulas están controlados por un cabezal de mando Intellitop 2.0. La señal activa un circuito electrónico el cual cierra o abre válvulas permitiendo o cerrando el flujo de aire para el accionamiento mecánico de la válvula. Este circuito electrónico funciona con un voltaje de 12 a 31 VCD. Las válvulas están conectadas eléctricamente a la red ASI-bus la cual le suministra un voltaje de 31 VCD. Cada válvula tiene una dirección o nodo con la que es identificada por el PLC.

Posteriormente se encuentra el controlador lógico programable modelo PLC L32E marca Allen Bradley generación 5000 con su fuente de alimentación de 24 Volts, 750 Kb de memoria de usuario, una ranura para Compac Flash, un puerto de comunicaciones serie y un puerto Ethernet. Este elemento es la base del funcionamiento del sistema ya que es la parte de mando. El PLC es capaz de comunicarse con todos los elementos del sistema. Con este dispositivo se realiza el control del sistema de saneamiento (motores, bombas y válvulas).

Este PLC tiene la característica que puede expandirse con un máximo de 16 módulos para entradas y salidas. Como se observa en el diagrama a bloques de la figura 1.1 a este PLC se conectan 5 módulos: un módulo de 32 entradas digitales, un módulo de 32 salidas digitales, dos módulos cada una con 8 entradas analógicas y un módulo con 8 salidas analógicas. Estos módulos sirven para expandir el número de entradas y salidas del PLC.

El primer módulo conectado es el de 32 entradas digitales de la marca Allen Bradley 1769-IQ32. Este tipo de módulo trabaja con señales de tensión de 24 volts corriente directa, es decir, cuando por una vía llegan 24 volts se interpreta como “1” y cuando llega 0 volts se interpreta como “0”. Como se observa en el diagrama a bloques de la figura 1.2 a esta tarjeta van conectados sensores de flujo y nivel que servirán para la medición y control de los procesos de saneamiento.

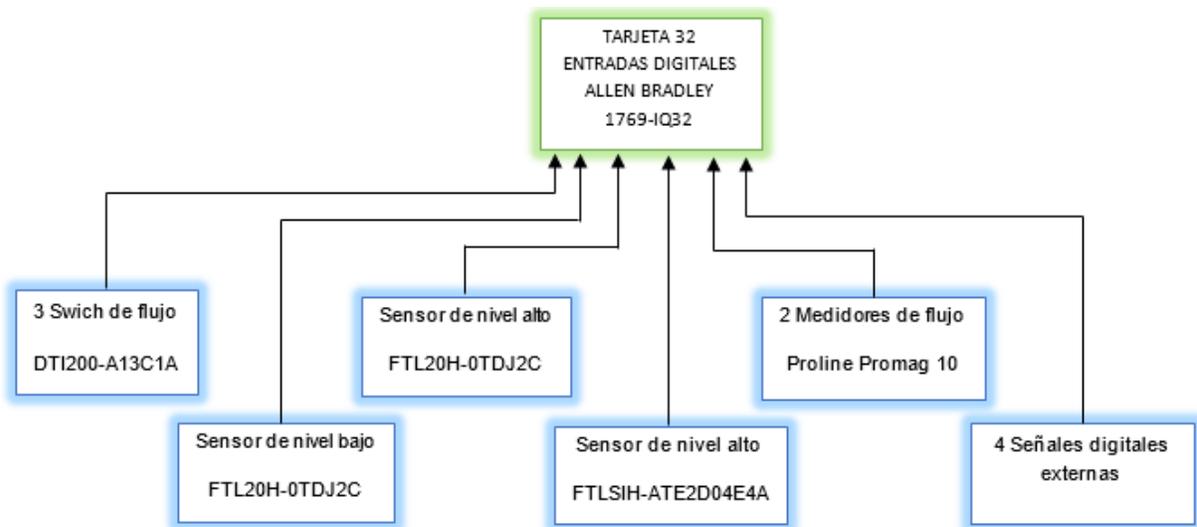


Fig. 1.2 Diagrama a bloques de la tarjeta de 32 entradas digitales

Los sensores de flujo DTI200-A13C1A de la marca Endress+Hauser funcionan con un voltaje de alimentación de 20 a 30 volts corriente directa, con el flujo de agua activa un relé interno que hace que se mande una señal de 24 volts siempre y cuando exista flujo. Los sensores de nivel FTL20H-0TDJ2C igual de Endress+Hauser funcionan con un voltaje de 24 volts corriente directa que al haber presencia de líquido o ausencia según la configuración envían una señal de 24 volts.

El sensor de nivel alto FTLSIH-ATE2D04E4A de la marca Endress+Hauser funciona mediante el mismo principio que los anteriores sensores, cuando este detecta líquido manda una señal de 24 volts corriente directa. La diferencia es que este sensor requiere una alimentación aparte de 24 volts corriente directa, mientras que los anteriores la misma alimentación manda la señal de medición.

También se encuentran conectados dos medidores de flujo Proline Promag 10 de la marca Endress+Hauser. Este medidor es un sistema electromagnético de medición de caudal con un rango típico de medida de 0.01 a 10 m/s. Cuenta con salida de corriente de 4 a 20 mA aislada galvánicamente, también cuenta con una salida de impulso/estado de 30VCC/250 mA. El valor y la polaridad del impulso puede ser seleccionable, así como también se puede ajustar el ancho de pulso.

La salida estado puede configurarse para mensajes de error, la detección de tubería vacía, reconocimiento de caudal y valores límite. Se puede configurar la unidad de caudal volumétrico y de volumen dentro de las unidades de sistema métrico decimal, sistema norteamericano y sistema británico. Este sensor tiene una tensión de alimentación de 85 a 250 VCA, 45 a 65 HZ, 20 a 28VCA, 45 a 65 Hz y 11 a 40 VCC.

El medidor de flujo Proline cuenta con un display de cristal líquido local de indicación el cual permite leer directamente los valores medidos, textos de dialogo, mensajes de error y mensajes informativos. Este sensor cuenta con tres teclas especiales que mediante el display permite la configuración del sensor.

De las 32 entradas disponibles se utilizan únicamente 12 entradas, de las cuales 8 son destinadas a los elementos de medición y 4 señales más externas. Las señales externas que se mencionan son las señales de los equipos de la planta, las cuales sirven para poner en marcha o paro el sistema automático debido a que en la planta existen otras áreas que intervienen con los procesos.

Posteriormente se encuentra la tarjeta de 32 salidas digitales de la marca Allen Bradley 1769-OB32. Al igual que la tarjeta de entradas digitales esta funciona con 24 volts de corriente directa con la diferencia que esta tarjeta envía una señal de salida de 24 volts que por medio de un relevador se transmite en un voltaje mayor y hace que se active el elemento conectado. En la figura 1.3 se visualizan los elementos conectados a las salidas digitales.

A esta tarjeta se encuentran conectados 7 arrancadores suaves de la marca Allen Bradley modelo SMC-3. Es un controlador de estado sólido para motores trifásicos. Los modos de operación incluyen un arranque suave, paro suave y un arranque con límite de corriente. Están diseñados para operar a un voltaje alterno de 200 a 480 V, una frecuencia de 50 o 60 HZ y cuentan con una protección electrónica contra sobrecarga del motor.

La activación de los arrancadores SMC-3 se realiza con una señal de 110 volts, para ello se utiliza un relevador de 24 volts corriente directa a 110 volts corriente alterna. A cinco de los siete arrancadores están conectados bombas y dos están conectados a motores trifásicos de 2 HP los cuales mueven dos agitadores, correspondientes a los silos de almacenamiento de leche.

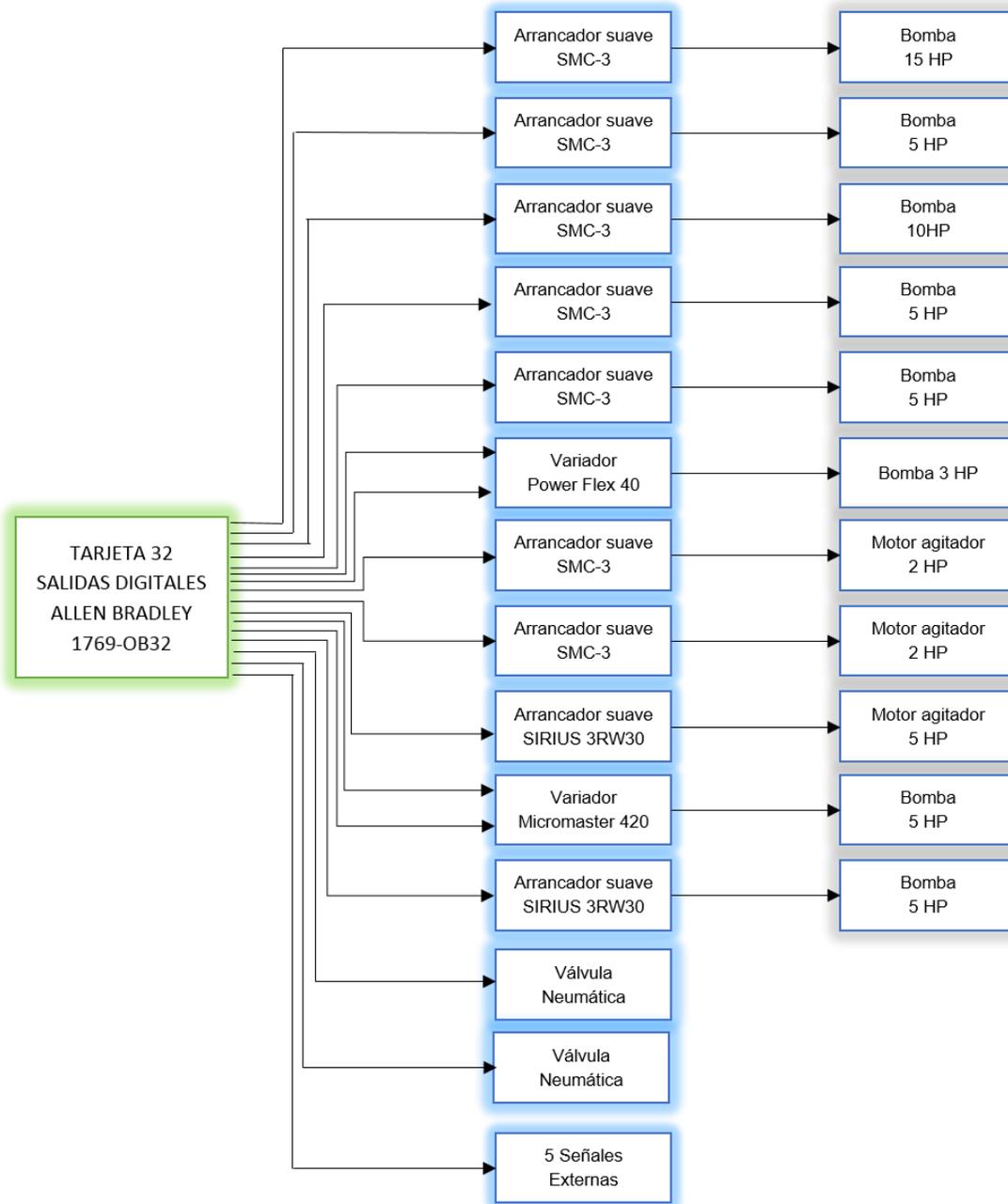


Fig. 1.3 Diagrama a bloques de la tarjeta de 32 salidas digitales

También se encuentran conectados al módulo de salidas digitales dos arrancadores suaves SIRIUS 3RW30 de la marca Siemens. Este tipo de arrancadores reducen la tensión del motor mediante un recorte de fase variable, y aumentan en rampa desde una tensión de arranque ajustable hasta la tensión de red. Al igual que los arrancadores SMC-3 los arrancadores SIRIUS se activan con una señal de 110 volt de corriente alterna.

Un arrancador SIRIUS está conectado a una bomba trifásica de 5 HP y el otro arrancador a un motor trifásico de 5 HP que hace girar un agitador. Dentro de las salidas digitales también se encuentran conectados dos variadores de velocidad. Un variador Power Flex 40 de la marca Allen Bradley con voltaje de operación en un rango de 200 a 600 volts de corriente alterna.

El variador Power Flex cuenta con entradas 5 entradas digitales de 18-24 VCD, una entrada analógica y una salida analógica, cuenta con entradas para marcha, paro y reversa. Como se visualiza en la figura 1.3 a este variador se encuentran conectadas dos salidas. La primera señal digital de 24 VCD activa el arranque/paro de una bomba trifásica de 3 HP, mientras que la segunda el giro en reversa de la misma bomba.

El otro variador conectado es un variador de velocidad de la marca SIEMENS Micromaster 420 el cual tiene una alimentación trifásica de 380 a 480 Volts, cuenta con una entrada analógica, una salida analógica, tres entradas digitales, dos salidas digitales y una conexión RS485. En la figura 1.3 se observa que dos señales digitales están conectas a este variador.

La primera señal corresponde a la activación de una frecuencia fija de 40 HZ a la que operara una bomba trifásica de 5 HP. La segunda señal corresponde a la activación de una segunda frecuencia fija de 60 Hz a la que opera la misma bomba. Esto debido a las especificaciones de la planta para poder regular la velocidad de la bomba.

En la figura 1.3 se observa conectadas dos válvulas neumáticas CPX de Festo las cuales operan a un voltaje de 110 volts corriente alterna. La salida del módulo es conectada a un relevador 24 VCD a 110 VCA cuya salida se conecta a la válvula. También como observa se encuentran conectadas 5 señales externas, las cuales son solicitadas por la planta para el funcionamiento de sus equipos y procesos.

En el diagrama a bloques general mostrado en la figura 1.1 también se encuentran conectadas dos tarjetas con 8 entradas analógicas de la marca Allen Bradley 1769-IF8. Una de las tarjetas está conectada para modificaciones futuras ya que solo se usa la primera tarjeta. A esta tarjeta se conectan los sensores de temperatura y nivel que mandan una señal analógica es decir de 4 a 20 mA. Únicamente se ocupan 4 entradas de dicha tarjeta tal y como se observa en el diagrama de la figura 1.4.

En las primeras dos entradas están conectados dos sensores de temperatura Omnigrad MTR10 10 de la marca Endress+Hauser, los cuales proporcionan una señal de 4 a 20 mA de salida proporcional a la temperatura que va de 0 a 50 °C. Así mismo a esta tarjeta están conectados dos medidores de nivel Deltapilot S FMB70-5929/0 igual de la marca Endress+Hauser. Este sensor nivel da la lectura de nivel

respecto a la presión ejercida por el líquido enviando una señal proporcional de 4 a 20 mA.

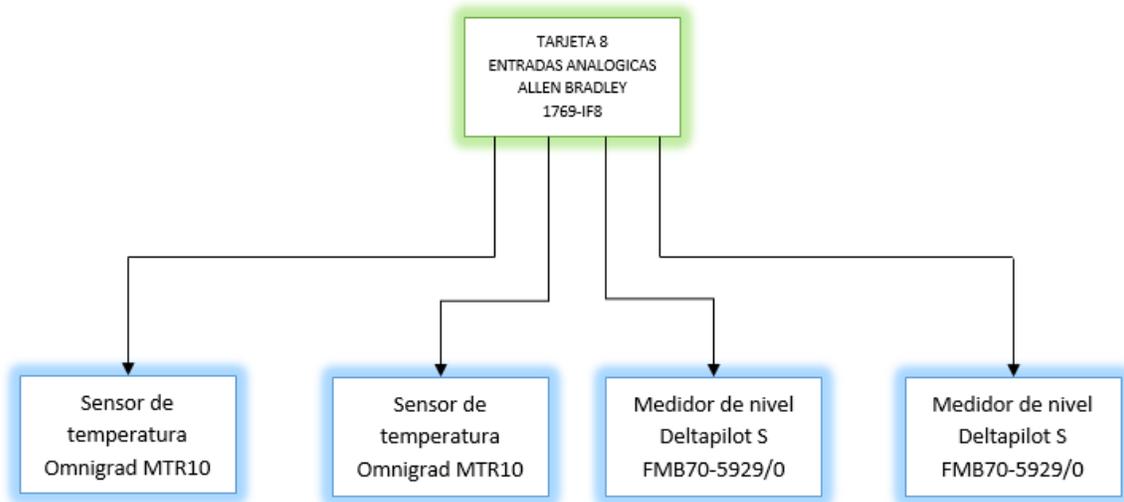


Fig. 1.4 Diagrama a bloques de la tarjeta de 8 entradas analógicas

Por último se observa en el diagrama de hardware una tarjeta con 8 salidas analógicas de la marca Allen Bradley modelo 1769-OF8. Únicamente se usa una salida de esta tarjeta la cual se observa en la figura 1.5. La salida analógica está conectada al variador Power Flex mencionado anteriormente de la marca Allen Bradley. Esta señal analógica es usada para variar la velocidad de la bomba trifásica de 3 HP. Varía la velocidad proporcional a una señal analógica, esta señal analógica es de 4 a 20 miliamperes.

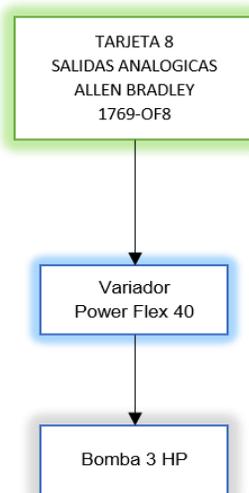


Fig. 1.5 Diagrama a bloques de la tarjeta de 8 salidas analógicas

Como se mencionó anteriormente también se cuenta con un diagrama a bloques del software mostrado en la figura 1.6. De acuerdo a las especificaciones de la planta es el diseño del software. Este diseño está basado en varios bloques, el primer bloque empieza en introducir el nombre de usuario y contraseña para poder usar el sistema y dar paso a la siguiente etapa. Este primer paso se realizara en tanto en la computadora como en el Panel View Plus.

La siguiente etapa es la selección de la operación a realizar. Mediante el software SCADA previamente cargado en la computadora o desde el Panel View se podrá escoger dentro de un menú la operación a realizar. Este menú consiste en 5 operaciones a realizar: Recepción de leche, transferencia de silo 5, transferencia de silo 6, saneamientos y DTI Silos. Una vez seleccionada la operación a realizar el programa leerá la opción seleccionada y abrirá la pantalla de opción seleccionada.

Abierta la nueva pantalla aparecerá la opción de elegir si se quiere ejecutar la operación en forma manual o automática, por default estará seleccionada la opción de automática. Si la lección es automático se habilitan las secuencias de operación y se selecciona la secuencia a ejecutar, el programa lo lee y manda un mensaje a la computadora central de la planta solicitando el permiso para poder ejecutar la operación.

Posteriormente se recibe el bit de confirmación de la computadora central. Recibida la confirmación se procede a realizar un escaneo de los permisivos programados, si no se interrumpe ninguno de ellos se procede a dar marcha a la secuencia, activando las válvulas, bombas y motores que intervienen en el proceso. De lo contrario de irrumpir con algún permisivo no se permite la ejecución de la secuencia.

Si se selecciona la opción de ejecutar las operaciones manualmente se habilitan las válvulas, bombas y motores y se hace la revisión de los permisivos, si no se irrumpen alguno permite la activación de las válvulas, bombas y motores. De lo contrario de irrumpirse con los permisivos no se permite la activación de los elementos. Hasta que no se irrumpen los permisivos.

La programación de las secuencias de operación se realizara en el PLC L32E marca Allen Bradley, el cual se programará con el RSlogix 5000. Así mismo para realizar las pantallas de operación del Panel View Plus 600 se usara el software Factory Talk View. Con la ayuda de este software se crearan las pantallas donde se desplegaran los menús y se seleccionaran las operaciones a realizar.

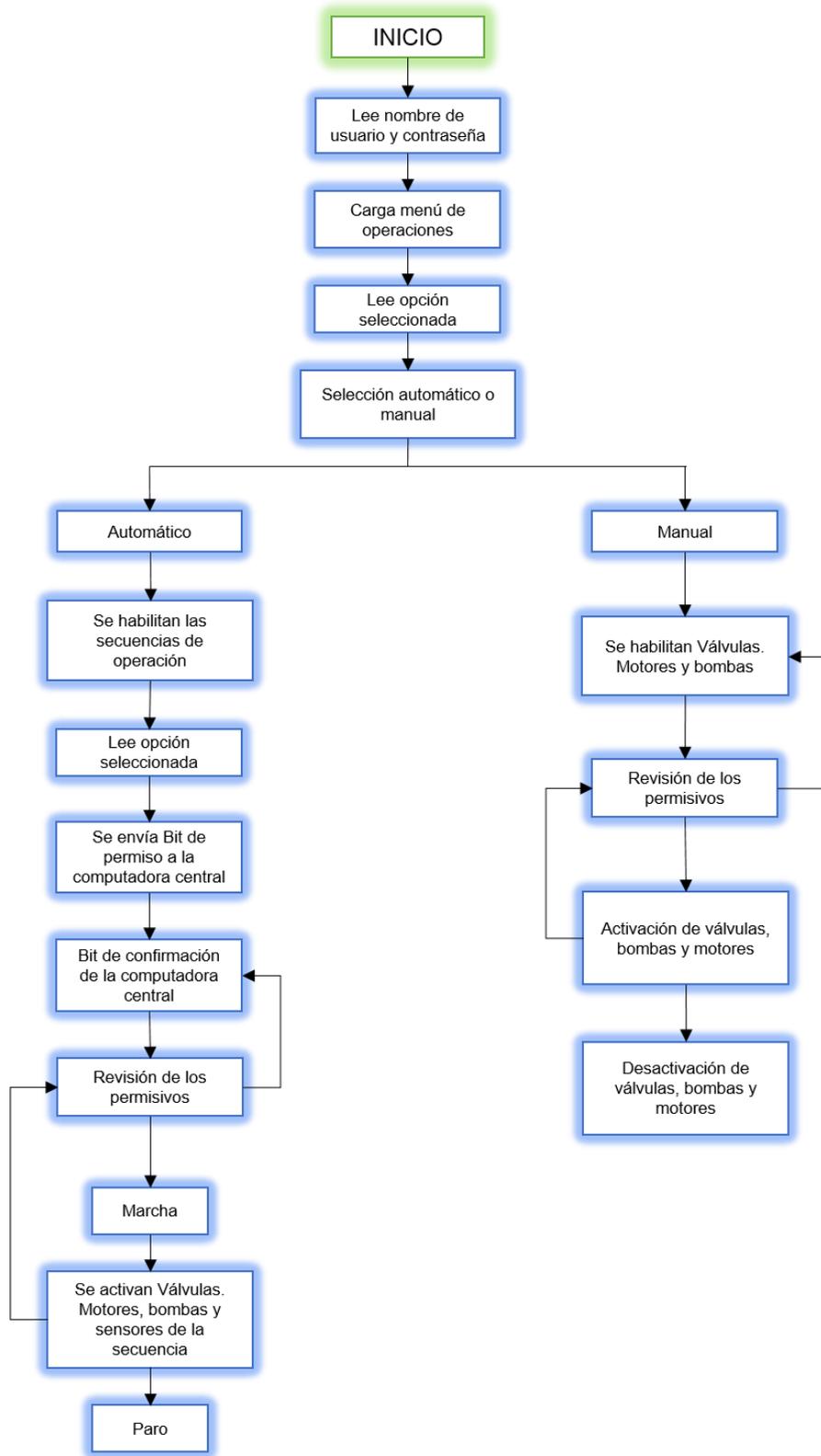


Fig. 1.6 Diagrama a bloques del Software

2. Fundamento Teórico

2.2 Sistema de limpieza CIP (Cleaning In Place)

En una industria higiénica, como el caso de alimenticia, farmacéutica y cosmética la limpieza sistemática de las instalaciones se debe considerar como parte integrante de la producción y no como una opción.

El concepto de limpieza de una instalación sin desmontar ningún equipo ni tubería se resume limpieza CIP “Cleaning In Place”, que se puede traducir por “Limpieza en sitio”.

La limpieza se lleva a cabo mediante la circulación de agua y disoluciones de productos químicos calientes a través del equipo o tubería que trabaja en contacto con los productos. Su acción física, química y bacteriológica elimina la suciedad y los microorganismos de las superficies. En el más amplio sentido de la palabra, el proceso de limpieza comprende tres procesos:

- Limpieza: eliminación de suciedad
- Desinfección: reducción del número de bacterias residual en los depósitos y superficies pulidas
- Esterilización: eliminación de todas las bacterias

Para eliminar elementos potencialmente contaminantes no basta con aplicar métodos de limpieza convencionales, por el contrario, se necesita implementar un sistema capaz de vencer las fuerzas de unión tanto entre las impurezas y las superficies impregnadas como la de las sustancias entre sí.

La efectividad de la limpieza viene determinada por cuatro factores significativos:

- tiempo de duración del ciclo de limpieza
- agente de limpieza, productos químicos o combinación de ellos y la concentración de sus disoluciones
- temperatura elevada proporciona limpiezas más rápidas
- velocidad/caudal de paso de la disolución de limpieza a través de la tubería o equipo a limpiar
- frecuencia entre ciclos de limpieza

Un correcto estudio de la ingeniería de diseño permite evaluar el tipo de sistema y diseñar la combinación apropiada de los factores arriba mencionados. Es totalmente necesario que las soluciones de limpieza pasen por toda la superficie de los equipos de la instalación que están en contacto con el producto, y por tanto, no deben existir recovecos ni bolsillos que resulten inaccesibles.

La función de la unidad de limpieza CIP es la de preparar las soluciones de limpieza en la concentración y temperatura adecuadas y programar los distintos ciclos necesarios para la limpieza de todos los elementos de la planta controlando variables como temperatura, caudal y/o presión. Además, debe funcionar de una manera ordenada, minimizando el consumo energético, y con versatilidad en los programas de limpieza.

Un sistema automático que se encarga de la preparación y limpieza de toda la instalación controlando los parámetros de limpieza es fundamental para lograr mantener todos los equipos en condiciones limpias y preparadas para cada etapa de producción.

2.2.1 Limpieza de tuberías o sistemas cerrados

Gran parte de los sistemas industriales de producción incorporan tuberías o sistemas cerrados por donde circulan alimentos o ingredientes. Para lograr una limpieza efectiva se hace circular por los equipos e instalaciones durante un tiempo determinado y con un caudal turbulento. Esta turbulencia sólo asegura la efectividad de la limpieza si presenta el llamado número de Reynolds en una franja de valores adecuada.

2.2.2 Fases de limpieza CIP

- **Aclarado Inicial:** Utiliza agua limpia en el circuito y evacúa utilizando la bomba centrífuga durante el tiempo especificado.
- **Circulación con Sosa:** Se incrementa la temperatura de la disolución, utilizando un intercambiador de calor auxiliar, hasta el valor deseado. A continuación se recircula durante el tiempo especificado a través de la línea.
- **Aclarado Intermedio:** La disolución CIP es evacuada de la línea.
- **Circulación con Ácido:** Se incrementa la temperatura de la disolución, utilizando un intercambiador de calor auxiliar, hasta el valor deseado. A continuación se recircula durante el tiempo especificado a través de la línea.
- **Vaciado de Tuberías:** La disolución CIP es evacuada de la línea.
- **Aclarado Final:** Se introduce agua en el circuito durante el tiempo especificado. La duración debe ser la necesaria para eliminar cualquier resto de ácido en la línea de producción.
- **Desinfección:** Se introduce agua en el circuito y se añade desinfectante con una bomba dosificadora.

2.2.3 Soluciones limpieza CIP

Alcalinas: Actúan disolviendo las proteínas y también tienen función bactericida. El agente empleado es sosa (NaOH) en concentraciones del 0.2% al 2%. La disolución reacciona con los depósitos de grasa y genera agentes tensoactivos que a su vez mejoran el proceso de lavado.

Ácidas: Los ácidos usados normalmente son el ácido nítrico (HNO₃) al 0.5% y el fosfórico (H₃PO₄) al 2%. En caso de utilizar otros compuestos hay que verificar que no ocasionan problemas de corrosión. Estas disoluciones eliminan los depósitos de sales que se forman en las superficies calientes.

2.3 Red de área local y Ethernet

Una red de área local (LAN) es un grupo de ordenadores conectados a un área localizada para comunicarse entre sí y compartir recursos como, por ejemplo, impresoras. Los datos se envían en forma de paquetes, para cuya transmisión se pueden utilizar diversas tecnologías. La tecnología LAN más utilizada es la Ethernet y está especificada en una norma llamada IEEE 802.3. (Otros tipos de tecnologías de redes LAN son Token Ring y FDDI).

Ethernet utiliza una topología en estrella en la que los nodos individuales (dispositivos) están conectados unos con otros a través de un equipo de red activo como un conmutador. El número de dispositivos conectados a una LAN puede oscilar entre dos y varios miles.

El medio de transmisión físico para una LAN por cable implica cables, principalmente de par trenzado, o bien, fibra óptica. Un cable de par trenzado consiste en ocho cables que forman cuatro pares de cables de cobre trenzados, y se utiliza con conectores RJ-45 y sockets. La longitud máxima de un cable de par trenzado es de 100 m, mientras que para la fibra, el máximo varía entre 10 km y 70 km, dependiendo del tipo. En función del tipo de cables de par trenzado o de fibra óptica que se utilicen, actualmente las velocidades de datos pueden oscilar entre 100 Mbit/s y 10.000 Mbit/s.

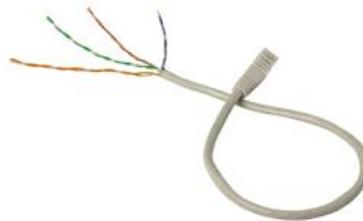


Fig. 2.1.- El cable de par trenzado está formado por cuatro pares de cables trenzados que normalmente se conectan por el extremo a un conector RJ-45.

Por regla general, las redes siempre deben tener más capacidad de la que se necesita. Para preparar una red para el futuro es una buena idea diseñar una red que solamente utilice el 30% de su capacidad. Hoy en día una red necesita cada vez más y más rendimiento, ya que hay cada vez más aplicaciones que funcionan a través de redes. Mientras que los conmutadores de red (de los que se habla a continuación) son fáciles de actualizar con el paso del tiempo, el cable suele ser mucho más difícil de sustituir.

2.3.1 Tipos de redes Ethernet

Fast Ethernet: hace referencia a una red Ethernet que puede transferir datos a una velocidad de 100Mbit/s. Se puede basar en cable de par trenzado o de fibra óptica. (La antigua Ethernet de 10 Mbit/s todavía se instala y se usa, pero este tipo de redes no proporcionan el ancho de banda necesario para algunas aplicaciones de vídeo en red).

La mayoría de dispositivos que se conectan a una red, como un portátil o cámara de red, están equipados con una interfaz Ethernet 100BASE-TX/10BASE-T – comúnmente llamada interfaz 10/100–, que admite tanto Ethernet a 10 Mbit/s como Fast Ethernet. El tipo de cable de par trenzado compatible con Fast Ethernet se denomina Cat-5.

Gigabit Ethernet: que también se puede basar en cable de par trenzado o de fibra óptica, proporciona una velocidad de transferencia de datos de 1.000 Mbit/s (1 Gbit/s) y es cada vez más frecuente. Se espera que pronto sustituya a la Fast Ethernet como norma de hecho.

El tipo de cable de par trenzado compatible con Gigabit Ethernet es el Cat-5e, en el que los cuatro pares de cables trenzados se utilizan para alcanzar la alta velocidad de transferencia de datos. Para los sistemas de vídeo en red se recomienda Cat-5e u otras categorías de cable superiores. La mayoría de interfaces son compatibles con las versiones anteriores de Ethernet 10 Mbit/s y 100 Mbit/s y se conocen como interfaces 10/100/1000.

Para la transmisión a larga distancia se puede utilizar cable de fibra como el 1000BASE-SX (hasta 550 m) y el 1000BASE-LX (hasta 550 m con fibras ópticas multimodo y hasta 5.000 m con fibras de modo único). Las grandes distancias se pueden cubrir con los cables de fibra óptica. La fibra suele usarse en la red troncal de una red y no en nodos como una cámara de red.



Fig. 2.2.- Fibra Óptica

10 Gigabit Ethernet: es la última generación, proporciona una velocidad de transferencia de datos de 10 Gbit/s (10.000 Mbit/s) y se puede utilizar con fibra óptica o cable de par trenzado. 10GBASELX4, 10GBASE-ER y 10GBASE-SR por cable de fibra óptica se pueden utilizar para cubrir distancias de hasta 10.000 metros. Con una solución de par trenzado se requiere un cable de altísima calidad (Cat-6a o Cat-7). La Ethernet de 10 Gbit/s se utiliza principalmente como red troncal en aplicaciones de gama alta que requieren una velocidad de transferencia de datos muy alta.

2.4 Conmutador (Swicht)

Cuando sólo dos dispositivos necesitan estar comunicados directamente el uno con el otro por medio de un cable de par trenzado, se puede utilizar el llamado cable cruzado. El cable cruzado simplemente cruza el par de transmisión de un extremo del cable con el par de recepción del otro extremo y viceversa.

Sin embargo, para conectar diversos dispositivos a una LAN se requiere un equipo de red, como un conmutador o Swicht de red. Con un conmutador de red se utiliza un cable de red convencional en lugar de un cable cruzado.

La función principal de un conmutador de red es remitir los datos de un dispositivo a otro en la misma red. Es un método eficaz, puesto que los datos se pueden dirigir de un dispositivo al otro sin que ello afecte a otros dispositivos que utilicen la misma red.

Un conmutador registra las direcciones MAC (Media Access Control – Control de acceso al medio) de todos los dispositivos conectados. (Cada dispositivo de red tiene una dirección MAC única, que está formada por una serie de números y letras establecida por el fabricante y suele encontrarse en la etiqueta del producto). Cuando un conmutador recibe datos, los remite sólo al puerto que está conectado a un dispositivo con la dirección MAC de destino adecuado.

Los conmutadores suelen indicar su rendimiento en velocidades por puerto y en plano posterior o velocidades internas (ambas en velocidad de bits y paquetes por segundo). La velocidad por puerto indica la velocidad máxima en un puerto concreto. Esto significa que la velocidad de un conmutador, por ejemplo, 100 Mbit/s, suele ser el rendimiento de cada puerto.

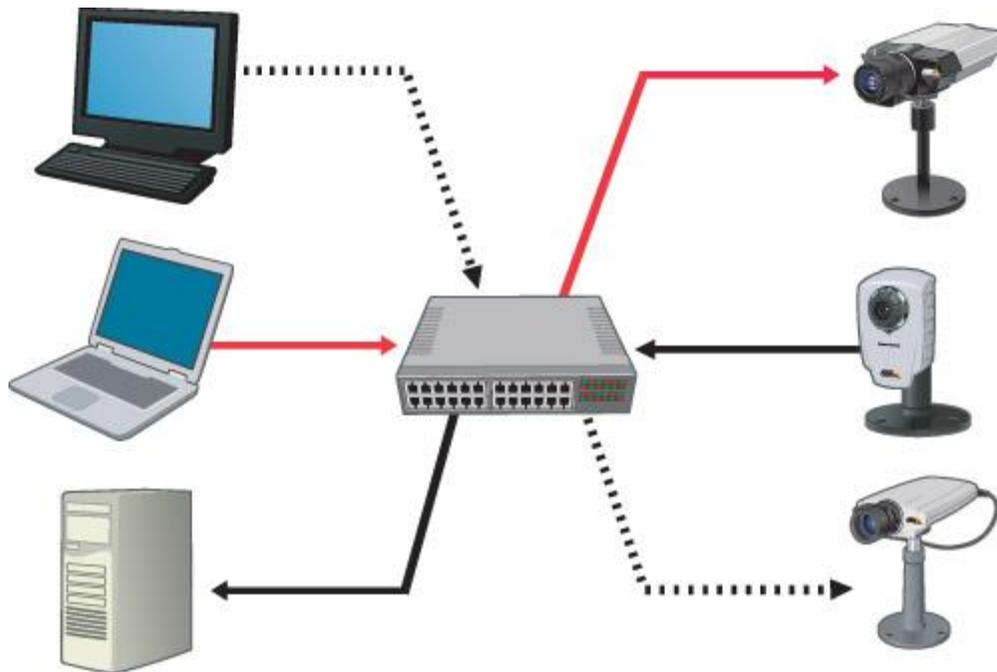


Fig. 2.3.- Red local Ethernet

Un conmutador de red normalmente admite distintas velocidades de transferencia de datos de forma simultánea. La velocidad más común solía ser 10/100, que admite tanto Ethernet 10 Mbit/s como Fast Ethernet. Pero 10/100/1000 se está posicionando rápidamente como el conmutador estándar y, por lo tanto, admite simultáneamente Ethernet de 10 Mbit/s, Fast Ethernet y Gigabit Ethernet. La velocidad y el modo de transferencia entre un puerto de un conmutador y un dispositivo conectado normalmente se determinan mediante la negociación automática, en la que se utiliza la velocidad de transferencia de datos más alta y el mejor modo de transmisión. Un conmutador también permite que un dispositivo conectado funcione en modo dúplex completo: por ejemplo, enviar y recibir datos al mismo tiempo, dando como resultado un mejor rendimiento.

Los conmutadores pueden tener diferentes características y funciones. Algunas incluyen la función de enrutador. Un conmutador también puede admitir Alimentación a través de Ethernet o Calidad de servicio, que controla la cantidad de ancho de banda que utilizan las distintas aplicaciones.

2.5 Controlador Lógico Programable (PLC)

Un controlador lógico programable (Programmable Logic Controller PLC) es un dispositivo operado digitalmente, que usa memoria para el almacenamiento interno de instrucciones con el fin de implementar funciones específicas, tales como lógica, secuenciación, registro y control de tiempos, conteo y operaciones aritméticas, para controlar a través de entradas/salidas digitales o analógicas, varios tipos de máquinas o procesos.

Los PLC's operan de manera secuencial y cíclica, es decir, una vez finalizado el recorrido completo de un programa, comienza a ejecutar su primera instrucción.

Los elementos que contiene un PLC son:

- Unidad central de proceso
- Módulos de entrada
- Módulos de salida
- Fuente de alimentación
- Dispositivos periféricos
- Interfaces

La unidad central es el "cerebro" del PLC. Este toma las dediciones relacionadas al control de la maquina o proceso. Durante su operación, el CPU recibe entradas de diferentes dispositivos de censado, ejecuta decisiones lógicas, basadas en un programa almacenado en la memoria, y controla los dispositivos de salida de acuerdo al resultado de la lógica programada.

Los módulos de entradas y salidas son la sección del PLC en donde los sensores y actuadores son conectados y a través de los cuales el PLC monitores y controla el proceso.

La fuente de alimentación convierte altos voltajes de corriente de línea (115V 230V CA) a bajos voltajes (5V, 15V, 24V CD) requeridos por el CPU y los módulos de entradas y salidas.

El funcionamiento del PLC es un continuo ciclo cerrado, primero el sistema operativo inicia la vigilancia de tiempo de ciclo, después el CPU escribe los valores de imagen de proceso de las salidas en los módulos de salida, a continuación la CPU lee el estado de las entradas de los módulos de entrada y actualiza la imagen de proceso de las entradas, el CPU procesa el programa del usuario en segmentos de tiempo y ejecuta las operaciones indicadas en el programa, al final de un ciclo el sistema realiza las tareas pendientes por ejemplo carga y borrado de bloques.

2.5.1 Ventajas de los PLC's

Los PLC's han ganado popularidad en las industrias, debido a las ventajas que ofrecen:

- Son un gasto efectivo para controlar sistemas complejos.
- Son flexibles y pueden ser aplicados para controlar otros sistemas de manera rápida y fácil.
- Su capacidad computacional permite diseñar controles más complejos
- La ayuda para resolver problemas permite programar fácilmente y reduce el tiempo de inactividad del proceso.
- Sus componentes confiables hacen posible que pueda operar varios años sin fallas.
- Capacidad de entradas y salidas.
- Monitoreo.
- Velocidad de operación.
- Están diseñados para trabajar en condiciones severas como: vibraciones, campos magnéticos, humedad y temperaturas extremas.

2.5.2 PLC Allen Bradley 1769 (L32E)

El controlador CompactLogix 1769 ofrece control, comunicación y elementos de E/S avanzados en un paquete de control distribuido. El controlador CompactLogix, parte de la familia de controladores Logix, proporciona un sistema pequeño, eficiente y rentable que consta de lo siguiente:

- Software de programación RSLogix™ 5000
- Puertos incorporados de comunicación para redes EtherNet/IP
- Un módulo de interface de comunicación 1769-SDN proporciona control de E/S y la configuración remota de los dispositivos a través de DeviceNet
- Un puerto serial incorporado en cada controlador CompactLogix
- Módulos Compact I/O que proporcionan un sistema de E/S compacto, montado en panel o riel DIN
- Funciona con un voltaje de alimentación a 24 VCD.

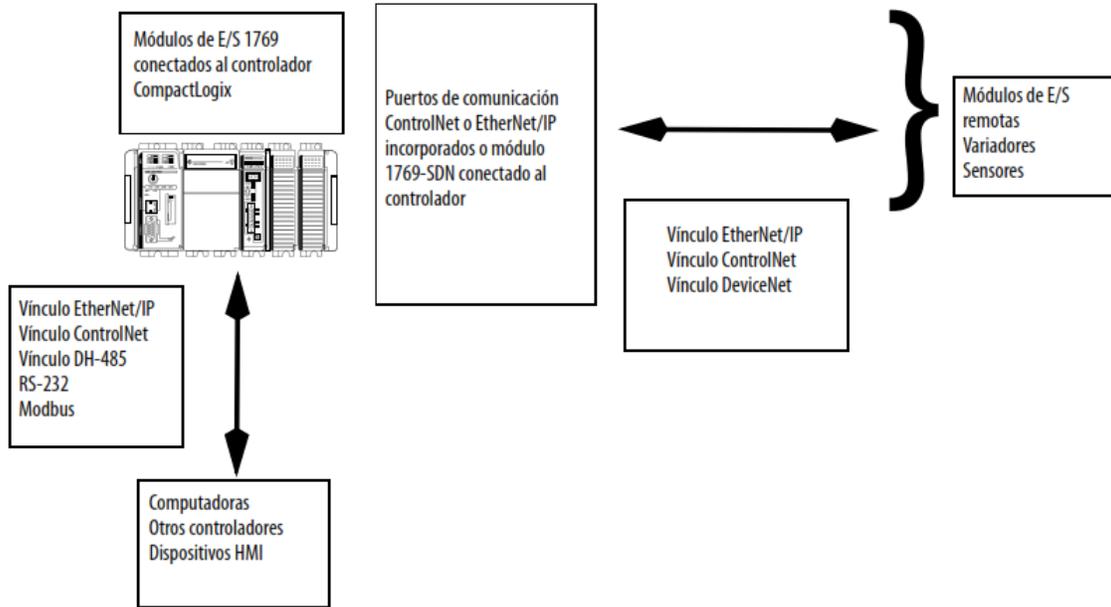


Fig. 2.4.- Descripción general del hardware

2.5.2.1 Dimensiones

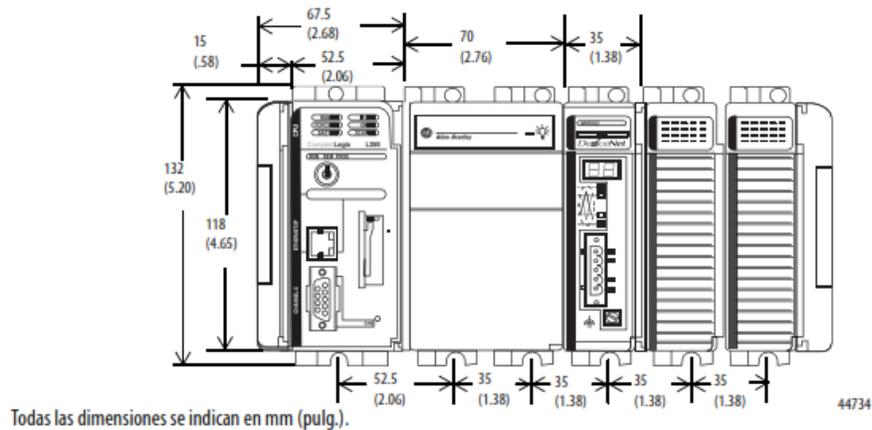


Fig. 2.5.- Dimensiones PLC 1769-LE32

Este producto está diseñado para montarse en una superficie con conexión a tierra, como un panel metálico. No se necesitan conexiones a tierra adicionales del riel DIN (si se utiliza) o las lengüetas de montaje del controlador a menos de que la superficie de montaje no se pueda conectar a tierra.

2.5.2.2 Conexiones Ethernet al controlador

Los controladores 1769-L32E y 1769-L35E se suministran con la utilidad BOOTP habilitada. Debe asignar una dirección IP al puerto Ethernet para que el controlador se comuniquen a través de una red EtherNet/IP.

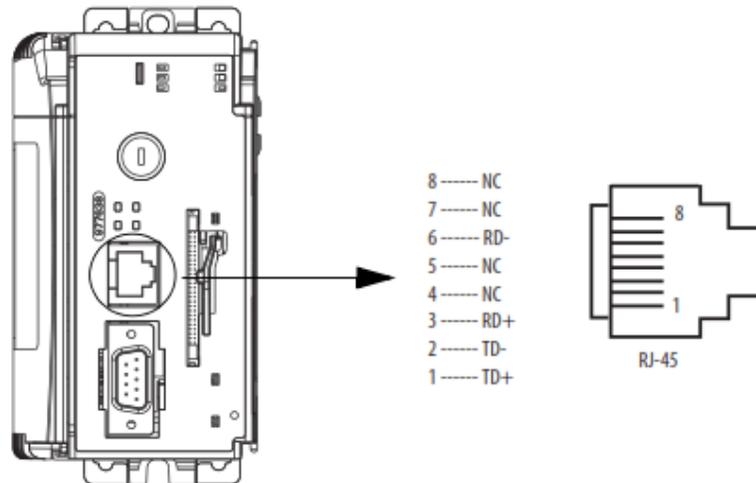


Fig. 2.6.- Conector Ethernet

2.6 Cables potencia

Son los conductores que se emplean como alimentadores de equipos, de talleres, en residencias y otros. Su construcción es diferente a la de los juegos de Barras colectoras. Están formados por uno o más conductores, perfectamente aislados y protegidos del exterior por sucesivas capas que le dan aislamiento, hermeticidad y resistencia mecánica.

Los cables de potencia son utilizados principalmente de manera flexible, con movimientos intermitentes y en charolas, tuberías enterradas, enterrados directamente, a la intemperie con humedad o presencia de agua. Los cables de potencia también son utilizados para la distribución de energía en redes de baja tensión y media tensión, para botonera y transmisión de potencia a equipo portátil.

2.6.1 Elementos componentes

Para un cable de potencia trifásica, los elementos componentes son los siguientes:

Conductores: tienen la función de llevar la corriente hasta la carga. Se utilizan materiales de alta conductividad, fundamentalmente el cobre y aluminio. Para garantizar flexibilidad se fabrican de un solo hilo para secciones de 16 mm² o

menores. El número de conductores dependen de la utilidad que se le dé y del tipo de carga, sea monofásica, trifásica con neutro o sin él.

Aislamientos: se utilizan distintos tipos de aislamientos en la fabricación de cables de potencia. Estos recubren los conductores aislándolos entre sí. En ocasiones se emplea un recubrimiento adicional sobre el conjunto de todos los conductores para la mejora del aislamiento entre ellos y las otras capas protectoras del cable. En la actualidad se fabrican cables de potencia con aislamientos de plástico, de goma, de papel impregnado con aceite aislante.

Envolvente hermética: es una capa impermeable que tiene la función de impedir la penetración de humedad al interior de los aislamientos del cable. Puede ser plástica, de goma, de aluminio o de plomo. Para los cables de baja tensión se utiliza la envolvente hermética de goma o plástico, para cables de hasta 6kv el material de la envolvente es de aluminio, mientras que los cables fabricados con papel impregnado para aislar altas tensiones poseen envolventes herméticas de plomo.

2.6.1.1 Clasificación de los cables de potencia

De acuerdo a la cantidad de conductores los cables de potencia se clasifican en:

Cable Unificar: Se utilizan en circuitos monofásicos o de corriente directa de gran consumo de corriente (sección transversal muy elevada).

Cable Bifilar: Se aplican en circuitos monofásicos o de corriente directa.

Cable Trifilar: Son empleados en circuitos trifásicos sin neutro, o con el, cuando por este la corriente no alcanza el 75 % de la nominal de las fases y la envolvente del cable es de aluminio.

Cable Tetrafilar: Son utilizados en circuitos trifásicos con neutro.

2.7 Cables de control

Los cables de control se usan para llevar señales entre aparatos en interface directa con el sistema eléctrico de fuerza, tal como transformadores de corriente, transformadores de potencial, relés e interruptores y equipos de medición. Son cables multiconductores que llevan señales eléctricas usadas generalmente para monitorear o controlar sistemas eléctricos de fuerza y sus procesos asociados.

2.7.1 Materiales para el aislamiento, cubiertas internas y externas

En la normatividad internacional aparecen diferentes tipos de aislamiento genérico y entre ellos podemos producir además en versión libre de halógenos (LSOH). Si bien existe una importante variedad de materiales aislantes adecuados para

satisfacer las aplicaciones especiales, el Policloruro de Vinilo (PVC) sigue siendo el material aislante más utilizado para cables de baja tensión, por su favorable relación costo/beneficio, aunque el mundo tiende a reemplazarlos por la Poliolefina Termoplástico Libre de Halógenos LSOH (EVA) para garantía de la vida humana.

Diversas formulaciones en la composición del PVC permiten destacar algunas de las propiedades y en consecuencia mejorar el comportamiento bajo condiciones distintas de las estándar, como por ejemplo temperaturas de servicio extremas, resistencia a aceites y/o productos químicos, propagación de llama, etc.

2.7.2 Espesores del aislamiento

El espesor del aislamiento debe proveer al conductor la suficiente resistencia dieléctrica para soportar la tensión de trabajo para la que es diseñado el cable y la necesaria resistencia mecánica para soportar los esfuerzos propios del montaje y del servicio. Este espesor varía también en función de la norma a que debe responder el cable.

En las tablas correspondientes a cada cable se indica el espesor promedio mínimo de cada uno según su norma de fabricación.

En aquellas instalaciones donde el medio puede agredir física o químicamente a la cubierta externa, se aconseja aplicar una cubierta adicional de un compuesto resistente a la agresión esperada.

2.7 Contactador

Un contactor es un componente electromecánico que tiene por objetivo establecer o interrumpir el paso de corriente, ya sea en el circuito de potencia o en el circuito de mando, tan pronto se dé tensión a la bobina (en el caso de ser contactores instantáneos). Un contactor es un dispositivo con capacidad de cortar la corriente eléctrica de un receptor o instalación, con la posibilidad de ser accionado a distancia, que tiene dos posiciones de funcionamiento: una estable o de reposo, cuando no recibe acción alguna por parte del circuito de mando, y otra inestable, cuando actúa dicha acción. Este tipo de funcionamiento se llama de "todo o nada". En los esquemas eléctricos, su simbología se establece con las letras KM seguidas de un número de orden.



Fig. 2.7.- Contactor

2.7.1 Funcionamiento

Los contactos principales se conectan al circuito que se quiere gobernar. Asegurando el establecimiento y cortes de las corrientes principales y según el número de vías de paso de corriente podrá ser bipolar, tripolar, tetrapolar, etc. realizándose las maniobras simultáneamente en todas las vías.

Los contactos auxiliares son de dos clases: abiertos, NA, y cerrados, NC. Estos forman parte del circuito auxiliar del contactor y aseguran las autoalimentaciones, los mandos, enclavamientos de contactos y señalizaciones en los equipos de automatismo.

Cuando la bobina del contactor queda excitada por la circulación de la corriente, esta mueve el núcleo en su interior y arrastra los contactos principales y auxiliares, estableciendo a través de los polos, el circuito entre la red y el receptor. Este arrastre o desplazamiento puede ser:

- Por rotación, pivote sobre su eje.
- Por traslación, deslizándose paralelamente a las partes fijas.
- Combinación de movimientos, rotación y traslación.

Cuando la bobina deja de ser alimentada, abre los contactos por efecto del resorte de presión de los polos y del resorte de retorno de la armadura móvil. Si se debe gobernar desde diferentes puntos, los pulsadores de marcha se conectan en paralelo y el de parada en serie.

2.8 Relevadores

Un relevador es un dispositivo electromagnético que permite que la corriente llegue en su totalidad a uno o más dispositivos utilizando cables más cortos para evitar caídas de tensión y separe las secciones de control y de potencia. Por norma internacional se considera el siguiente orden de conexión: en las terminales 85 y 86 es dirigida una corriente de mando a través de la bobina, actuando como imán y generando un campo magnético el cual atrae la armadura portadora del contacto (platino), cerrando o abriendo el circuito de servicio a través de las terminales 30 y 87.

Existen diferentes tipos de relevadores tales como:

- Conmutación (se conectan dos accesorios a la vez)
- Potencia
- De corriente de trabajo

2.8.1 Descripción del relevador

El relevador está formado por una bobina de control y un contacto de platino, que al energizarse la bobina actúa como un imán abriendo o cerrando el contacto de platino.

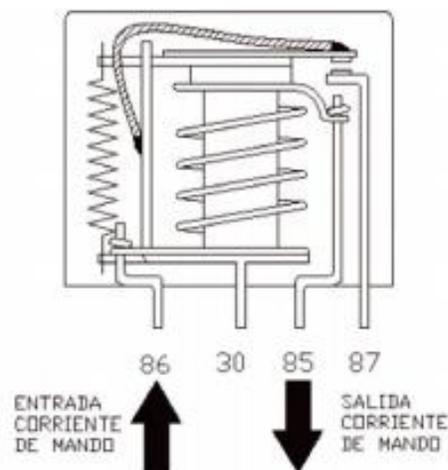


Fig. 2.8.- Relevador

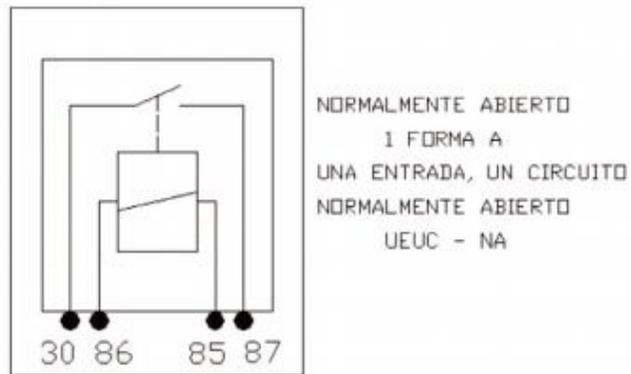


Fig. 2.9.- Diagrama de relevador normalmente abierto

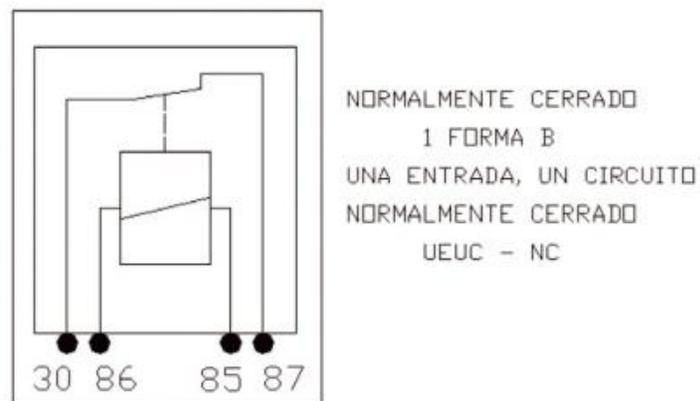


Fig. 2.10.- Diagrama de relevador normalmente cerrado

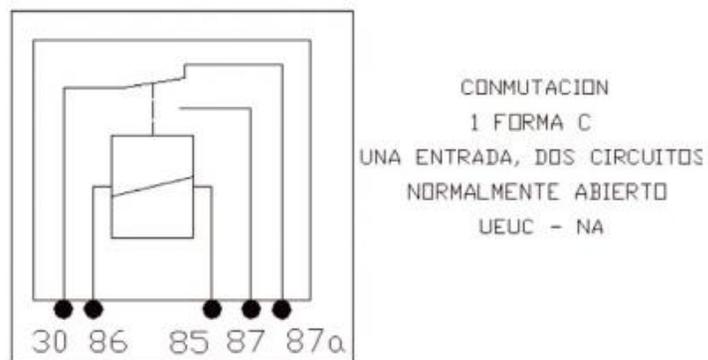


Fig. 2.11.- Diagrama de relevador de conmutación

2.9 Arrancadores suaves

Los arrancadores suaves son equipos que contribuyen a disminuir el pico de corriente de energía eléctrica al momento de arrancar motores de grandes potencias y/o disminuir el par de arranque en maquinaria especializada

Los arrancadores suaves optimizan las secuencias de arranque y de parada (aceleran y desaceleran), aumentan la productividad, permiten ahorro de energía / mantenimiento y protegen los motores de inducción trifásicos.

El control de la tensión aplicada al motor por medio de los ajustes del ángulo de disparo de los tiristores permite a los arrancadores suaves arrancar y parar un motor eléctrico de modo suave y controlado.

Con los ajustes adecuados de las variables, el par producido es ajustado a las necesidades de la carga para que la corriente necesaria sea la más baja posible en los arranques.

Los arrancadores suaves son microprocesados, totalmente digitales y proyectados para asegurar el mejor rendimiento en el arranque y parada de los motores de inducción, además de ser una solución completa y de bajo coste. La Interfaz hombre máquina permite un fácil ajuste de los parámetros que proporciona una programación y operación simple.

2.9.1 Arrancador suave SMC-3™

El arrancador suave compacto e inteligente SMC-3 ofrece mayor inteligencia en un diseño de dimensiones compactas. El tiempo improductivo se reduce gracias a la protección avanzada de los materiales, del equipo y del bobinado del motor. Como estándar, este dispositivo de control verdaderamente trifásico protección contra sobrecarga con clase de disparo ajustable, derivación integrada, mejores sistemas de diagnóstico del motor y del sistema, capacidades de arranque de motor para motores de inducción de jaula de ardilla estándar y con arranque estrella-triángulo, contactos auxiliares configurables y múltiples modos de arranque y paro.



Fig. 2.12.- Arrancador suave SMC-3

El controlador inteligente SMC-3™ es un controlador de motores de estado sólido compacto y fácil de usar diseñado para operar motores trifásicos. Tiene un relé de sobrecarga y un contactor de derivación SCR incorporados en las tres fases, lo que permite medidas más pequeñas que las de otros arrancadores suaves en el mercado. Los modos de operación del controlador incluyen arranque suave, paro suave, arranque con límite de corriente y arranque rápido.

Los controladores ofrecen dos rangos de voltaje: 200...480 VCA y 200...600 VCA.

Todos los rangos de voltaje funcionan a 50 ó 60 Hz.

- Rango de 1 a 480 A
- Protección electrónica contra sobrecarga del motor incorporada
- Derivación de marcha/SCR incorporada
- Compatibilidad con Delta

2.9.1.1 Modos de funcionamiento

Arranque suave: este método tiene la aplicación más general. La velocidad del motor aumenta desde el valor de par inicial hasta pleno voltaje. El valor de par inicial puede fijarse en 0%, 25%, 35% o 65% del par de rotor bloqueado. El voltaje del motor aumenta gradualmente dentro del intervalo de la rampa de aceleración, que puede ajustarse a 2, 5, 10, 15, 20, 25 ó 30 seg.

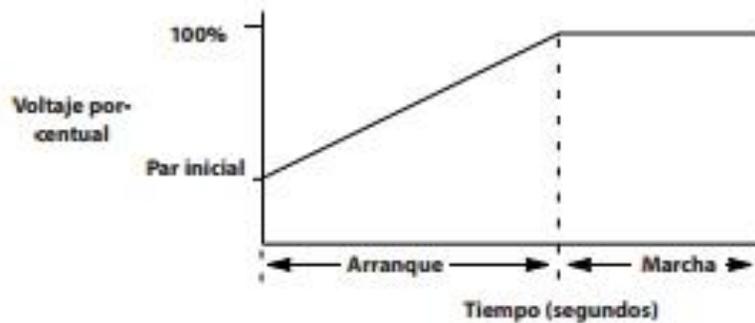


Fig. 2.13.- Gráfica arranque suave

Arranque con límite de corriente: este modo de arranque se utiliza cuando es necesario limitar la corriente de arranque máxima. Puede fijarse en 150%, 250%, 350% o 450% del amperaje de carga completa. Los tiempos de arranque pueden seleccionarse a 2, 5, 10, 15, 20, 25 ó 30 seg.

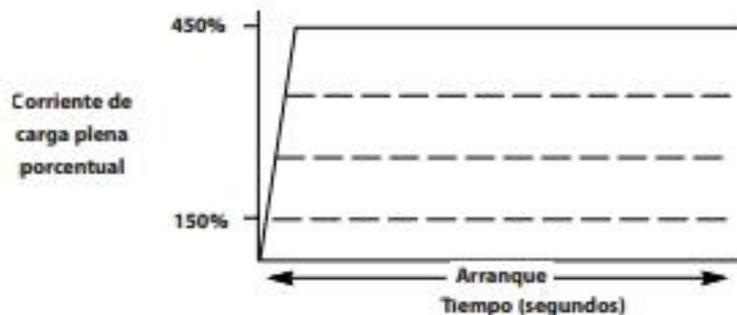


Fig. 2.14.- Gráfica arranque con límite de corriente

Arranque rápido seleccionable: el arranque rápido o refuerzo al comienzo del modo de arranque tiene como objeto proporcionar un impulso de corriente del 450% de la corriente de carga completa. El tiempo del arranque rápido puede ajustarse entre 0.5...1.5 segundos. Esto permite que el motor desarrolle par adicional durante el arranque con cargas que pueden necesitar un refuerzo para la rotación inicial del eje.

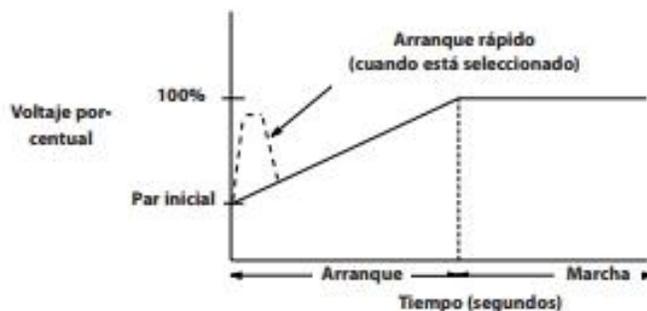


Fig. 2.15.- Gráfica arranque rápido seleccionable

Paro suave: La función de paro suave puede utilizarse con aplicaciones que requieren un tiempo de paro extendido. Cuando está habilitado, el tiempo de descenso gradual del voltaje puede seleccionarse en un valor igual a una, dos o tres veces el tiempo de arranque. El motor se detiene cuando el voltaje del motor desciende a un nivel en el que el par de carga es superior al par de motor.

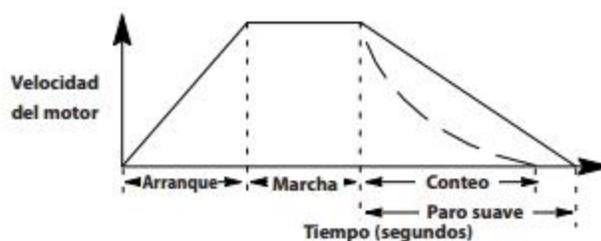


Fig. 2.16.- Gráfica arranque paro suave

2.9.1.2. Descripción de funciones

- Protección electrónica contra sobrecarga del motor

El controlador SMC-3 incorpora de manera estándar protección electrónica contra sobrecarga del motor. Esta protección contra sobrecarga del motor se realiza electrónicamente mediante el uso de transformadores de corriente en cada una de las tres fases. La protección contra sobrecarga del controlador es programable, por lo que el usuario dispone de flexibilidad. Las opciones de clases de disparo por sobrecarga son desactivadas, 10, 15 ó 20. La corriente de disparo se selecciona fácilmente ajustando el potenciómetro giratorio a la capacidad nominal de corriente de carga completa del motor. El restablecimiento de disparo puede ser fijado en el modo automático o manual.

- Sobretemperatura

El SMC-3 monitorea la temperatura del SCR mediante termistores internos. Cuando se alcanza la temperatura nominal máxima de los polos de alimentación, la microcomputadora desactiva el SMC, se indica un fallo de TEMP mediante el indicador LED y se cierra el contacto de fallo 97/98.

- Protección contra inversión de fases

Cuando se habilita mediante un microinterruptor, la alimentación de entrada trifásica se verifica antes del arranque. Si se detecta que la fase de la alimentación de entrada es incorrecta, se cancela el arranque y se indica un fallo.

- Desequilibrio de fases

La unidad monitorea el desequilibrio entre corrientes de fases. Para evitar dañar el motor, la unidad se dispara si la diferencia entre la corriente de fase mínima y la corriente de fase máxima supera el 65% por 3 segundos, y se indica un fallo.

- SCR en cortocircuito

Antes de cada arranque, y durante el arranque, la unidad verifica todos los SCR para determinar si hay cortocircuitos y conexiones de carga de la unidad al motor. Si hay un SCR en cortocircuito en el SMC-3 y/o carga abierta, se cancela el arranque y se indica un fallo de carga abierta o SCR en cortocircuito. Esto evita daños producidos por el desequilibrio de fases.

- Pérdida de fase/carga abierta

La unidad no intenta realizar un arranque si hay una condición monofásica en la línea. Esto evita que se quemé el motor durante un arranque monofásico.

- Pulsador de prueba

La unidad con cableado de control puede probarse para determinar si existen condiciones de fallo usando la función del pulsador de prueba.

Presione el botón de restablecimiento durante 7 segundos para activar el fallo Aux (97, 98) y desactive el SMC-3. Para borrar, presione el botón de restablecimiento, o desconecte y vuelva a conectar la alimentación de control al dispositivo.

- Descripción de indicadores LED (número de parpadeos)
 1. Sobrecarga
 2. Sobretemperatura
 3. Inversión de fases
 4. Pérdida de fase/carga abierta
 5. Desequilibrio de fases
 6. SCR en cortocircuito
 7. Prueba

2.9.2 Arrancador suave SIRIUS 3RW30

El arrancador suave SIRIUS 3RW30 vela por todos los elementos mecánicos frente a los esfuerzos transmitidos a la máquina durante el arranque, mediante la reducción de par inicial, y protege la red de alimentación de los picos de corriente producidos en este proceso, mediante la reducción de la corriente absorbida, evitando con esto la corriente de conmutación o golpes de par de los Estrella-Triángulo.



Fig. 2.17.- Arrancador suave SIRIUS 3RW30

Principales ventajas:

- Adaptación al tipo de accionamiento a través de dos únicos potenciómetros tensión de arranque (40.....100%) y tiempo de aceleración hasta 20 seg.
- Pérdidas de potencia mínimas debido a los contactos de puenteo interno (By-pass integrado).

- Hasta un 70% de ahorro de espacio en el armario eléctrico, comparado con los Estrella-Triángulo.
- Rapidez de montaje con 3 hilos al motor.

2.10.- Sensor de temperatura OMNIGRAD MTR10

OMNIGRAD MTR10 es un sensor que mide la temperatura, se caracteriza por sus aplicaciones:

- Rango Universal de aplicación
- Rango de medición: -200 ... 600 ° C (-328 ... 1112 ° F)
- Rango de hasta 75 bar (1088 psi)
- Grado de protección: IP 68
- Elementos sensores de vibración resistente hasta 60g



Fig. 2.18.- Sensor de temperatura OMNIGRAD MTR10

2.10.1 Principio de medición

Estos termómetros de resistencia utilizan un sensor de temperatura Pt100 según IEC 60751. Esta temperatura sensor es una resistencia de platino sensible a la temperatura con una resistencia de 100 Ω a 0 ° C (32 ° F) y una temperatura de coeficiente $\alpha = 0.003851$ ° C⁻¹

En general, existen dos tipos de termómetros de resistencia de platino:

- **herida de alambre (WW):** Aquí, una doble bobina de alambre fino de platino, de alta pureza se encuentra en un soporte de cerámica. Esto entonces se sella la parte superior e inferior con una capa protectora de cerámica. Tal resistencia termómetros no sólo facilitar las mediciones muy reproducibles sino también ofrecer una buena estabilidad a largo plazo de la

resistencia / característica de temperatura dentro de rangos de temperatura hasta 600 ° C (1112 ° F). Este tipo de sensor es relativamente de tamaño grande y es relativamente sensible a las vibraciones.

• **Los termómetros de resistencia de platino de película delgada (TF):** A, capa de platino ultrapura muy delgada, aprox. 1 micras de espesor, se vaporiza en el vacío sobre un sustrato cerámico y luego estructurado fotolitográficamente. La pistas conductoras de platino formados de esta manera crear la resistencia de medición. Revestimiento adicional y capas de pasivación se aplican y se protegen de forma fiable la capa delgada de platino de la contaminación y la oxidación incluso a altas temperaturas.

Las principales ventajas de los sensores de temperatura de capa fina más de alambre enrolladas versiones son sus tamaños más pequeños y mejor resistencia a las vibraciones. Un relativamente baja desviación basado en principios de la resistencia / temperatura característica de la característica estándar de IEC 60751 con frecuencia se observa entre sensores TF en altas temperaturas. Como resultado, los valores límite ajustados de la categoría A de tolerancia según IEC 60751 sólo pueden ser observado con sensores de TF a temperaturas de hasta aprox. 300 ° C (572 ° F). Por esta razón, los sensores de película delgada son generalmente sólo se utiliza para mediciones de temperatura en rangos por debajo de 400 ° C (932 ° F).

2.10.2 Sistema de medición

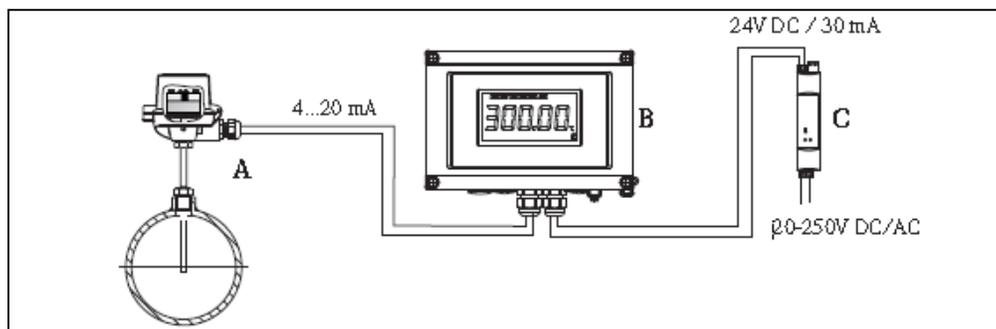


Fig. 2.19.- Sistema de medición

Ejemplo de aplicación

- A. Termómetro con transmisor cabeza amueblada
- B. Campo RIA16 unidad de visualización

- La unidad de visualización registra la señal de medición analógica desde el transmisor cabeza y muestra esto en la pantalla. La Pantalla LCD muestra el valor medido actual en forma digital y como un gráfico de barras que indica una violación valor límite. La unidad de visualización se conecta al circuito de 4 a 20 mA y obtiene la energía necesaria a partir de ahí.

C. Activo barrera RN221N

- La barrera activa RN221N (24 V DC, 30 mA) tiene una salida con separación galvánica para el suministro de tensión al bucle transmisores de potencia. La fuente de alimentación universal funciona con una tensión de alimentación de entrada de 20 a 250 V DC / AC, 50 /60 Hz, lo que significa que se puede utilizar en todas las redes de energía internacionales.

2.11 Medidor de flujo Proline Promag 10

El Proline Promag 10D es un medidor de flujo electromagnético para la medición bidireccional de líquidos conductivos. Se emplea para la medición de flujo en aplicaciones con agua de servicio o agua para consumo doméstico. Debido a su fácil instalación y funcionamiento, su diseño robusto y su bajo precio, se puede emplear para aplicaciones que anteriormente sólo se podían basar en principios sencillos de medición. Está disponible con certificado para agua potable según las normas KTW/W270, WRAS BS 6920, ACS y NSF 61.

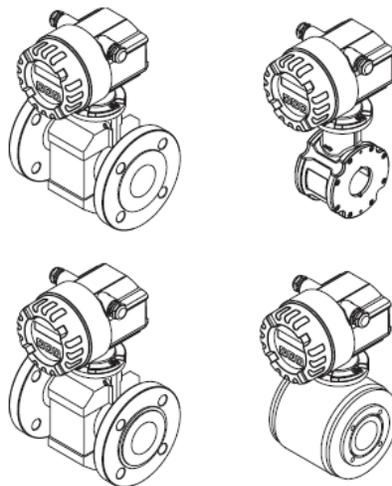


Fig. 2.20.- Medidor de flujo Proline Promag 10

2.11.1 Funcionamiento

Conforme a la ley de inducción magnética de Faraday, un elemento conductor que se mueve a través de un campo magnético, genera cierto voltaje. En el principio de

medición electromagnética, el líquido que circula, es el elemento conductor. El voltaje generado es proporcional a la velocidad del líquido. El flujo volumétrico se calcula a partir de la sección transversal de la tubería, por la velocidad.

2.11.2 Placa de conexiones

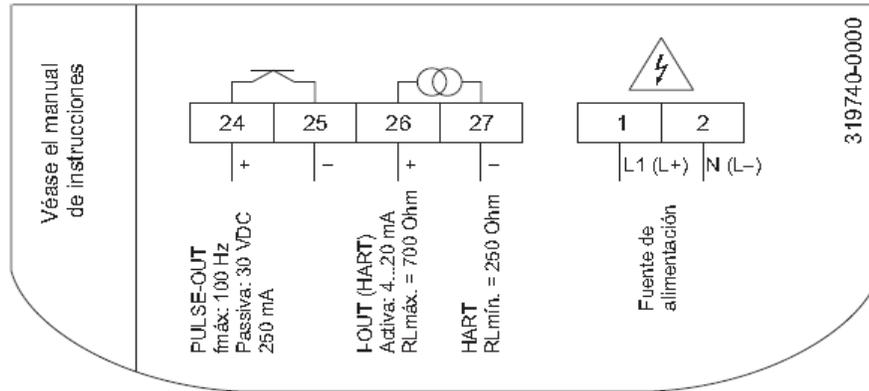


Fig. 2.20.- Especificaciones indicadas en la placa de identificación del transmisor

2.12 Sensor de flujo Magphant

El monitor de flujo Magphant ofrece el sistema de la planta con la información necesaria sobre el caudal en la tubería. El principio de medición magnético inductivo determina la velocidad del líquido conductor de flujo en la punta del sensor. Al exceder el punto de actuación predefinido (valor límite) se indica mediante un contacto de relé. Un análogo 4 ... 20 mA señal proporcional al flujo también está disponible para el control de la velocidad de flujo al mismo tiempo. El Magphant es ideal para la protección de procesos y monitoreo.

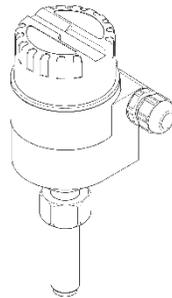


Fig. 2.21.- Sensor de flujo Magphant

2.12.1 Principio de medición

De acuerdo con la ley de Faraday de la inducción magnética, se induce una tensión en un conductor de que se mueve a través de un campo magnético. En el principio

electromagnético de medición del fluido circulante representa el conductor en movimiento. La tensión inducida es proporcional a la velocidad de flujo y se alimenta al amplificador de medición por un par de electrodos.

La electrónica controlada por microprocesador, con un establo de punto cero, convierten el voltaje en una señal analógica de 4 ... señal de salida de 20 mA.

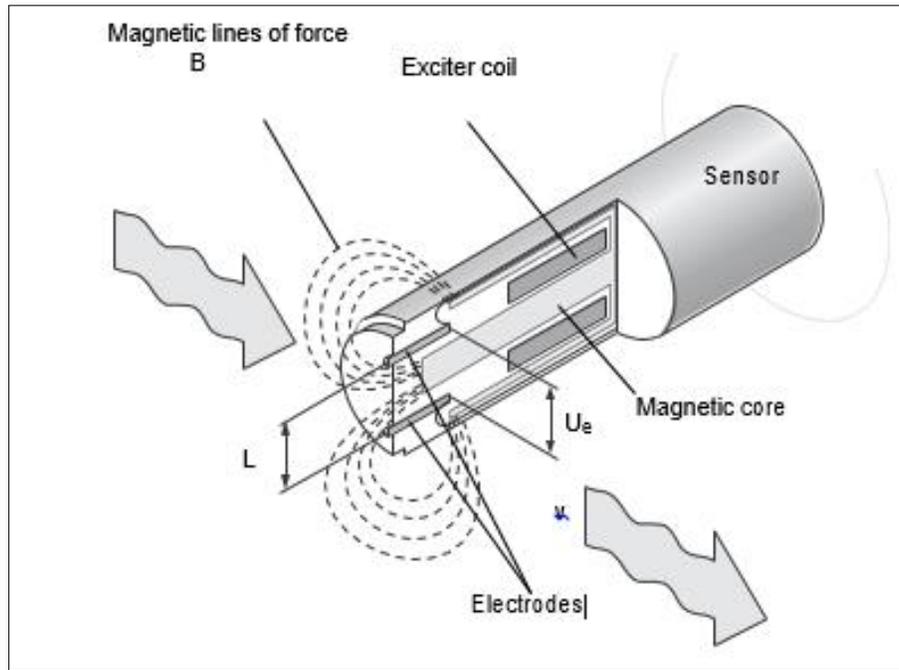


Fig. 2.22.- Principio de medición del sensor de flujo Magphant

2.12.2 Conexión eléctrica

El diagrama de conexión se muestra en la siguiente imagen. Se debe seguir con las especificaciones de cableado y conexión de cables:

- Sección transversal del cable: máx. 1,5 mm²
- Diámetro del cable: 7 ... 12 mm
- Glándula de cable: PG 16

Para este tipo de sensor debe usarse cable blindado.

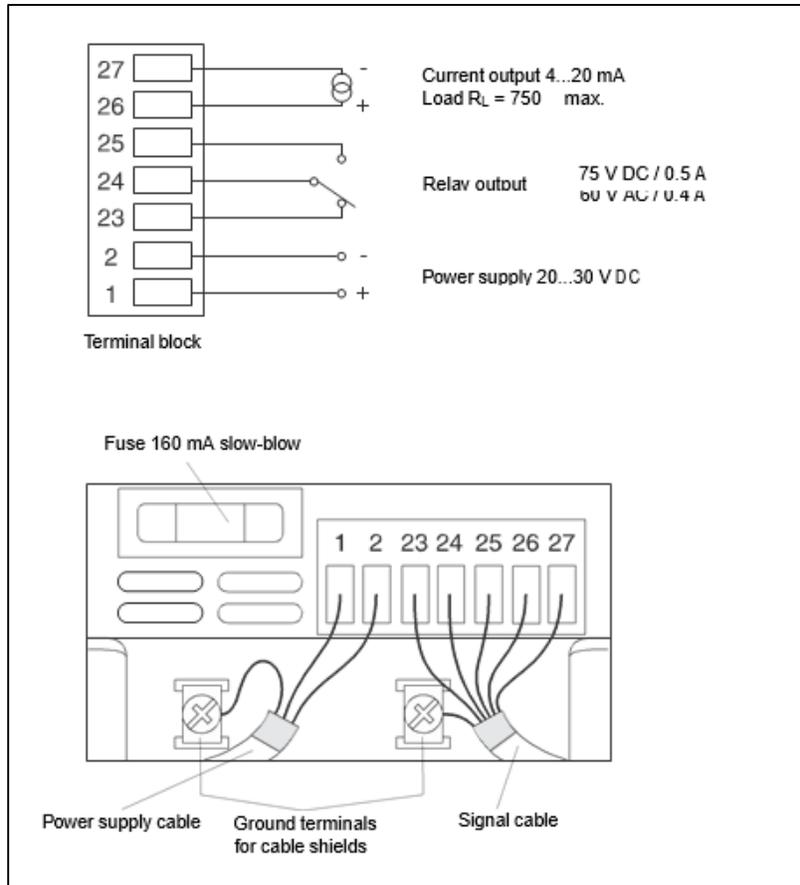


Fig. 2.23.- Diagrama de conexiones del sensor de flujo Magphat

2.13 Sensor de nivel Deltapilot S FMB70

Este sensor funciona bajo el principio de medición de nivel hidrostática. Está compuesto principalmente de 3 partes:

1. Membrana trasera de la célula de medida Contite TM
2. Elemento de medición
3. Proceso de diafragma de aislamiento

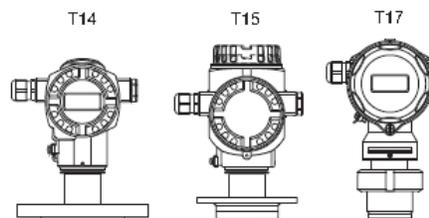


Fig. 2.24.- Sensor de nivel Deltapilot S FMB70

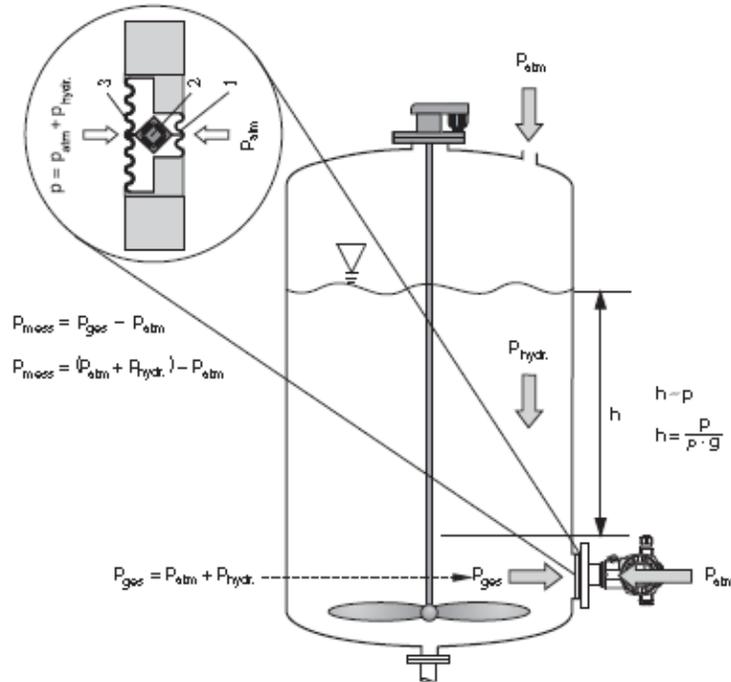


Fig. 2.25.- Principio de medición sensor de nivel Deltapilot S FMB70

Debido a su peso, una columna de líquido crea una presión hidrostática. Si la densidad es constante, la hidrostática presión depende únicamente de la altura h de la columna de líquido.

La celda de medida Contite™, que funciona según el principio del sensor de presión manométrica constituye el núcleo de Deltapilot S. En contraste con sensores de presión de calibre convencionales, la precisión elemento de medición (2) en el Célula de medida Contite™ está absolutamente protegida entre el proceso de aislamiento de diafragma (3) y la parte trasera el aislamiento de membrana (1). Gracias a este cierre hermético del elemento de medición, la medición Contite™ célula es absolutamente insensible a la condensación y gases agresivos. La presión aplicada es transferida desde el proceso de aislamiento de diafragma para el elemento de medición por medio de un aceite sin ninguna pérdida en la presión.

Dos sensores de temperatura están dispuestos entre el proceso de aislamiento de diafragma y elemento de medición que medir la distribución de la temperatura en la célula. La electrónica puede compensar los errores de medición debido a fluctuaciones en la temperatura con estos valores de temperatura medidos.

2.13.1 Función y diseño del sistema

Campo de aplicación	-medición de nivel - Medición de presión
Conexiones a proceso	- Tema - Bridas - Conexiones higiénicas empotrar
Proceso de conexión de material	-AISI 316L / 1.4435 o 1.4404 - Aleación C276 / 2.4819
Rangos de medición	de -100 a +100 mbar a -900-10.000 mbar
OPL 1	max. 40 bar
Rango de temperatura Proceso	-10 to +100°C/+14 to +212°F (+135°C/+275°F for 30 minutos)
Rango de temperatura ambiente	• -40 a +85 ° C (-40 a + 185 ° F) • vivienda independiente: -40 a + 60 ° C (-40 a + 140 ° F)
exactitud de referencia	± 0,1% del rango de medición ajustado
tensión de alimentación	- 4 to20 mA HART: 10,5-45 V DC, Ex ia: 10.5 a 30 V DC - PA PROFIBUS: 9 a 32 V DC - FOUNDATION Fieldbus: 9 a 32 V DC
salida	4 a 20 mA con protocolo HART superpuesta, PROFIBUS PA o FOUNDATION Fieldbus
Opciones	- Oro-rodio proceso revestido diafragma aislante - Certificado de inspección 3.1 - 3A y aprobación EHEDG - HistoROM® / módulo de memoria M-DAT

Tabla 2.1.- Función y diseño del sistema Deltapilot S FMB70

2.14.- Variadores de frecuencia

Un variador de frecuencia (siglas VFD, del inglés: Variable Frequency Drive o bien AFD Adjustable Frequency Drive) es un sistema para el control de la velocidad rotacional de un motor de corriente alterna (AC) por medio del control de la frecuencia de alimentación suministrada al motor. Un variador de frecuencia es un caso especial de un variador de velocidad. Los variadores de frecuencia son también conocidos como drivers de frecuencia ajustable (AFD), drivers de CA, microdrivers o inversores. Dado que el voltaje es variado a la vez que la frecuencia, a veces son llamados drivers VVVF (variador de voltaje variador de frecuencia).

2.14.1 Micromaster 420

El micromaster 420 es una gama de convertidores de frecuencia (variadores) para modificar la velocidad de motores trifásicos. La gama de modelos disponible abarca de entrada monofásica de 120 W a entrada trifásica de 11kW.



Fig. 2.26.- Micromaster 420

Los convertidores están controlados por microprocesador y utilizan tecnología IGBT (Insuled Gate Bipolar Transistor) de última generación. Esto les hace fiables y versátiles. Un método especial de modulación por ancho de impulsos con frecuencias de pulsación seleccionable permite un funcionamiento silencioso del motor. Extensas funciones de protección ofrecen una protección excelente tanto del convertidor como del motor.

Con sus ajustes por defecto realizados en fábrica, el micromaster 420 es ideal para una gran gama de aplicaciones de control de motores simples. Puede utilizarse también en aplicaciones de control d motores más avanzadas usando sus extensas listas de parámetros.

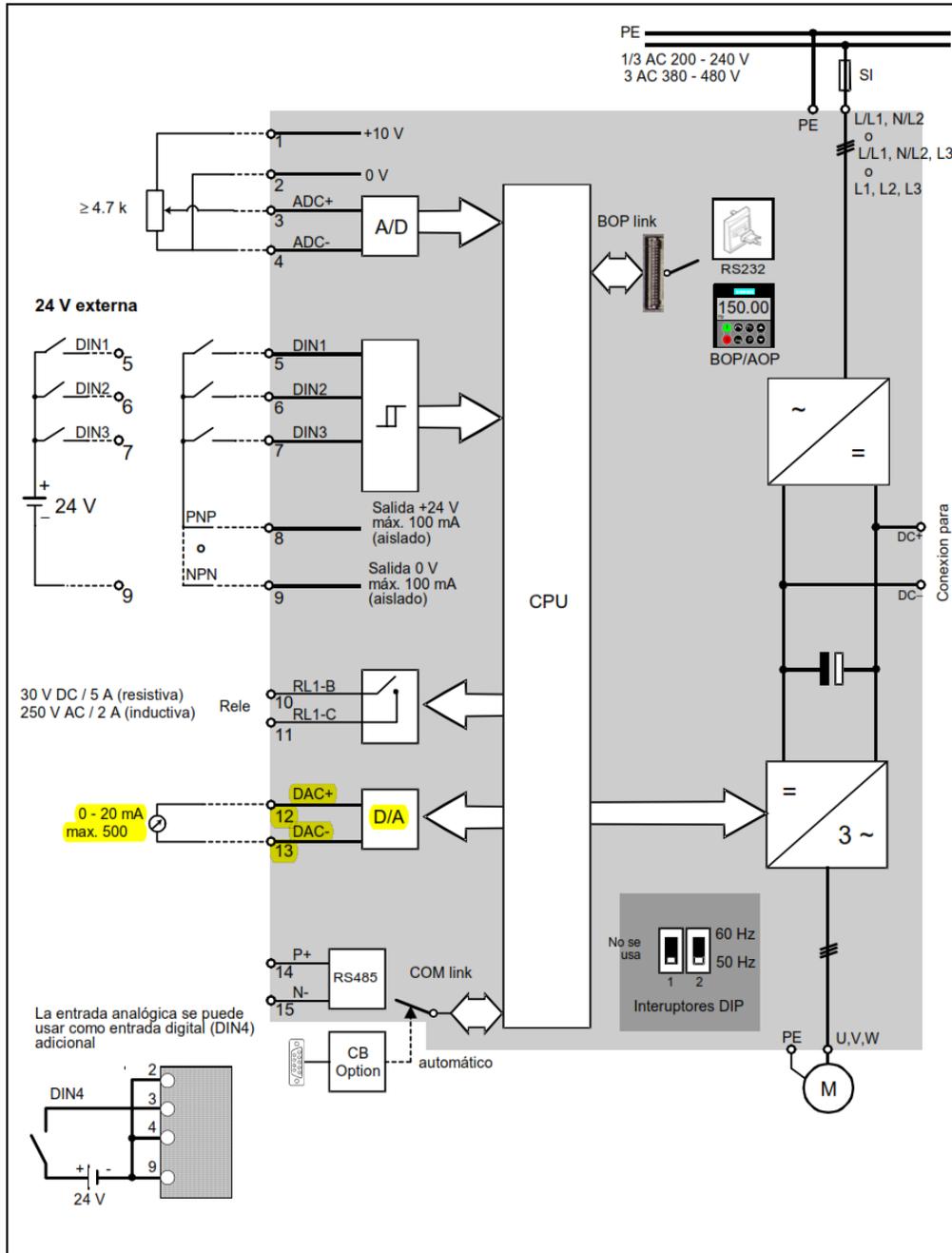


Fig. 2.27.- Esquema de bloques y bornes de Micromaster 420

2.15 Variador Power Flex 40

Es un variador de CA de frecuencia ajustable de la marca Allen Bradley, con las siguientes características:

Clasificaciones de entrada/salida:

Frecuencia de salida: 0–400 Hz (programable)
Eficiencia: 97.5 % (típica)

Entradas de control digital (Corriente de entrada = 6 mA):

Modo SRC (surtidor):
18–24 V = ACTIVADO
0–6 V = DESACTIVADO

Modo SNK (drenador):
0–6 V = ACTIVADO
18–24 V = DESACTIVADO

Entradas de control analógico:

4–20 mA analógicas: Impedancia de entrada de 250 ohms
0–10 VCC analógicas: Impedancia de entrada de 100 k ohms
Pot. externo: 1–10 k ohms, 2 watts mínimo

Salida de control:

Salida programable (relé formato C)
Clasificación resistiva: 3.0 A a 30 VCC, 3.0 A a 125 VCA, 3.0 A a 240 VCA
Clasificación inductiva: 0.5 A a 30 VCC, 0.5 A a 125 VCA, 0.5 A a 240 VCA

Salidas de optoacoplador:

30 VCC, 50 mA No inductivas

Salidas analógicas (10 bit):

0–10 V, 1 k ohm mín.
4–20 mA, 525 ohm máx.



Fig. 2.28.- Variador de velocidad PowerFlex 40

2.16.- Red ASI-bus

El bus AS-Interface (la abreviatura del término inglés Actuator-Sensor-Interface) es un bus de campo (nivel 0) que se emplea para realizar interconexiones de sensores/accionadores. Permite ejecutar información de tipo «binario» o analógico entre un equipo «master» de bus y equipos «Slave» de tipo sensores/accionadores.

El Bus “Actuador – Sensor – Interface” (AS-i) sirve como medio de transmisión de información en el nivel de campo y, como PROFIBUS, es un estándar abierto. Existen multitud de fabricantes que ofrecen productos e interfaces AS-i, entre ellos Omron, dispone de la unidad maestra ARM21 para conectar a un PLC.

El AS-interface posibilita una simple y extremadamente eficiente integración de sensores y actuadores en la comunicación industrial, transmitiendo los estados de estos sensores/actuadores y tensión auxiliar mediante un simple cable de dos hilos. A través de un diseño robusto y un grado de protección IP65 o IP67, el bus AS-i se aplica en el nivel más bajo del área de campo, el cual se encuentra sometido a condiciones de trabajo extremas.

AS-i se sitúa en la parte más baja de la pirámide de control, conectando los sensores y actuadores con el maestro del nivel de campo. Los maestros pueden ser autómatas o PCs situados en los niveles bajos de control, o pasarelas que comuniquen la red AS-Interface con otras redes de nivel superior, como Profibus o DeviceNet.

Principales características técnicas del bus AS-i:

- Max. 31 nodos AS-i con 4 Bit E/S de datos de usuario
- Max. 124 sensores/actuadores de E/S que pueden ser duplicados con direccionamiento ampliado A/B, incluyendo componentes analógicos.
- Empleando el nuevo perfil de la revisión v3.0 del estándar AS-i, S-7.A.A, se pueden conectar hasta 496 entradas y salidas binarias.
- Proceso de acceso con sondeo cíclico en el proceso maestro/esclavo
- Tiempo ciclo máximo 5ms
- Identificación segura de errores e iteración de marcos de fallos.
- Medio de transmisión a través de un cable de dos hilos (2 x 1,5 mm) para datos y un máximo de 2A de alimentación auxiliar para AS-I. La fuente de alimentación es de 30 V DC. La señal de la transmisión de datos es modulada. Es posible utilizar una fuente de alimentación adicional de 24V Sensores y actuadores AS-i directamente integrados con los chips AS-i.
- Posibilidad de configuración flexible, como el diseño de estructuras DC (fuente auxiliar) para alimentación suplementaria de los componentes.

2.16.2 Componentes básicos As-i Bus

2.16.2.1.- Fuente de alimentación 30V DC



Fig. 2.30.- Fuentes de alimentación 30V cc para red As-interface

AS-Interface: Los datos y la alimentación son transmitidos usando el mismo cable.

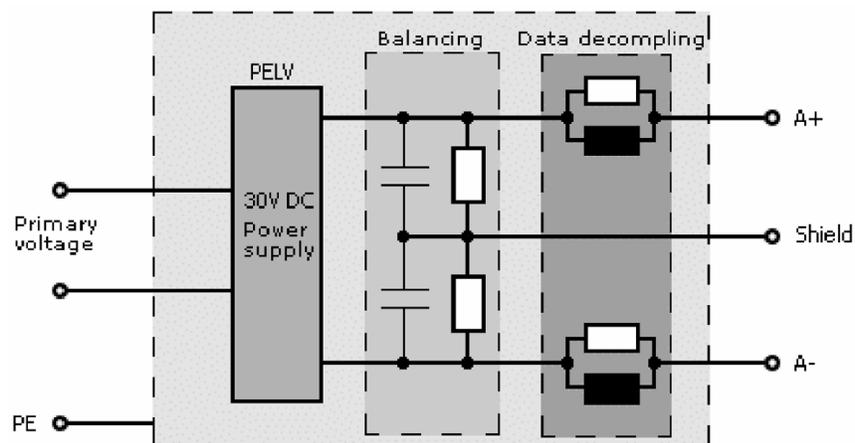


Fig. 2.31.- Diagrama de bloques de funcionamiento de la fuente red As-i

Las cuatro tareas de la fuente de alimentación AS-i:

- Proveer 24 Vcc para la red
- Operación segura.
- Balanceamiento de la red.
- Desacoplamiento de datos

Fuente de energía: La fuente de alimentación está especificada para una tensión de 30Vcc, para garantizar la alimentación de 24 Vcc aun en el final de la red. Esta especificación permite una caída de tensión de 3 Vcc a lo largo del cable de red y 3 Vcc adicionales en los esclavos donde la alimentación y la señal están separadas. La potencia de alimentación en la red AS-I puede ser generalmente elegida con libertad. 8A representa el límite práctico debido a la sección transversal del cable. Asegurar la separación.

El sistema AS-I es designado como un sistema de baja tensión con separación segura (PELV, "Protective Extra Low Voltage" according to IEC 60364-4-41). Por lo tanto, una fuente de alimentación que funciona en un voltaje primario de la CA115V o 230V debe ofrecer la separación segura entre el voltaje primario y secundario según estándares relevantes del IEC. La operación protectora PELV permite la omisión del conductor del PE.

Balanceamiento: AS-I es usado como un sistema flotante y simétrico. Para obtener una buena inmunidad contra ruidos simétricos es necesario tener una red simétrica. El protector del conector debe ser puesto a tierra en alguna parte conveniente de la máquina o instalación. Para la red AS-i solo este punto puede ser conectado a la tierra de la máquina. Por la simetría no es necesario blindar o trenzar el cable.

Aislamiento de datos: El aislamiento de datos en la red AS-I está integrado usualmente en la fuente de alimentación. Consiste en dos inductores de 50 μ H en paralelo cada uno con una resistencia de 39 Ohms

Este desarrollo previene un cortocircuito del cable por la transferencia de datos. Por otro lado cambia el pulso de potencia creados por la transmisión AS-i en pulsos de tensión que pueden ser detectados por el receptor.

2.16.2.2.- Cable As-Interface

Circuito de datos AS-i a través de un cable de dos hilos sin apantallar. La conexión de los componentes AS-I tiene lugar a través de un método de aislamiento que consiste en un cable aplanado para evitar errores en el cableado.



Fig. 2.32.- Cable de alimentación de redes As-i Bus

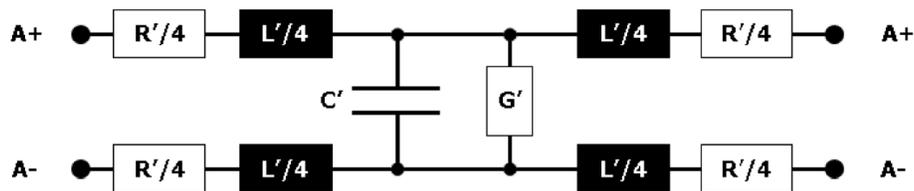


Fig. 2.33.- Diagrama de Bloques del cable As-i

Datos característicos:

- $R' < 90 \text{ m}_\Omega/\text{m}$
 - $L' 400 \dots 1300 \text{ nH}/\text{m}$
 - $C' < 80 \text{ pF}/\text{m}$
 - $G' < 5 \text{ }\mu\text{S}/\text{m}$
- Impedancia de onda $|Z|$ entre 70 y 140

Propiedades del cable

- Baja resistencia en Corriente continua.
- Impedancia de onda de 50 Impedancia de onda entre 70 y 140
- Blindado.
- La selección del cable tiene una influencia importante en las propiedades de la transmisión.
- No debe cargar la red más allá de los límites permitidos.
- No debe distorsionar la transferencia de datos. Las impedancias deben ser seleccionadas para permitir 1 maestro y al menos 62 esclavos.
- Definición de una gama de frecuencia limitada a partir de 50 kilociclos a 300 kilociclos para una red con la longitud total de 100m (si la longitud total es más grande, repetidores u otros componentes debe ser utilizado extender la red).

2.16.2.3.- Maestro AS-i

Maestro AS-i como elemento de conexión para el control a través de un programa de usuario o a través de un controlador de un nivel de bus superior. A través del maestro AS-i, el usuario puede tener acceso a los datos de E/S del esclavo AS-I. Esto se produce en el CQM1H a través del programa de la CPU.

2.16.2.4.- Esclavos AS-i

Existe una extensa posibilidad de elección de esclavos de diferentes fabricantes. Cada esclavo debe de asignarse, a través de la puesta en marcha, una dirección AS-i y después se guardará. El direccionamiento se puede dar a través de un dispositivo de programación o a través del maestro, donde cada esclavo se encuentra cableado al módulo. Esto funciona también con un único esclavo.

2.17.- HMI

Una Interfaz Hombre-Máquina, HMI (Man-Machine Interface, MMI), es un mecanismo que le permite a un operador humano interactuar con una máquina o proceso y determinar el estado (prendido / apagado) o magnitud de los dispositivos y/o variables físicas que están presentes en una planta o proceso industrial.

Una HMI puede ser tan simple como un interruptor para encender un motor y una lámpara indicadora del estado del mismo, hasta una o varias pantallas desarrolladas en una computadora que llegan a mostrar en la pantalla del monitor representaciones esquemáticas de todo el proceso bajo supervisión, incluyendo valores en tiempo real de las variables presentes en ese momento en la planta. Un ejemplo conocido de una HMI es el cajero automático que posibilita al usuario ejecutar una serie de transacciones bancarias.

Para manejar un sistema SCADA generalmente se recurre a un paquete de software especializado que funciona en la computadora central, por medio del cual se desarrolla una o varias “pantallas” que actúan como una interfaz gráfica entre el hombre y la máquina o el proceso. De esta forma es posible supervisar o cambiar puntos de consigna o reconfigurar dispositivos en el proceso supervisado por medio de acciones ingresadas por el operador en la computadora. Además, estos paquetes tienen opciones que permiten proveer a un nivel superior administrativo información selecta que se genere en el proceso productivo.

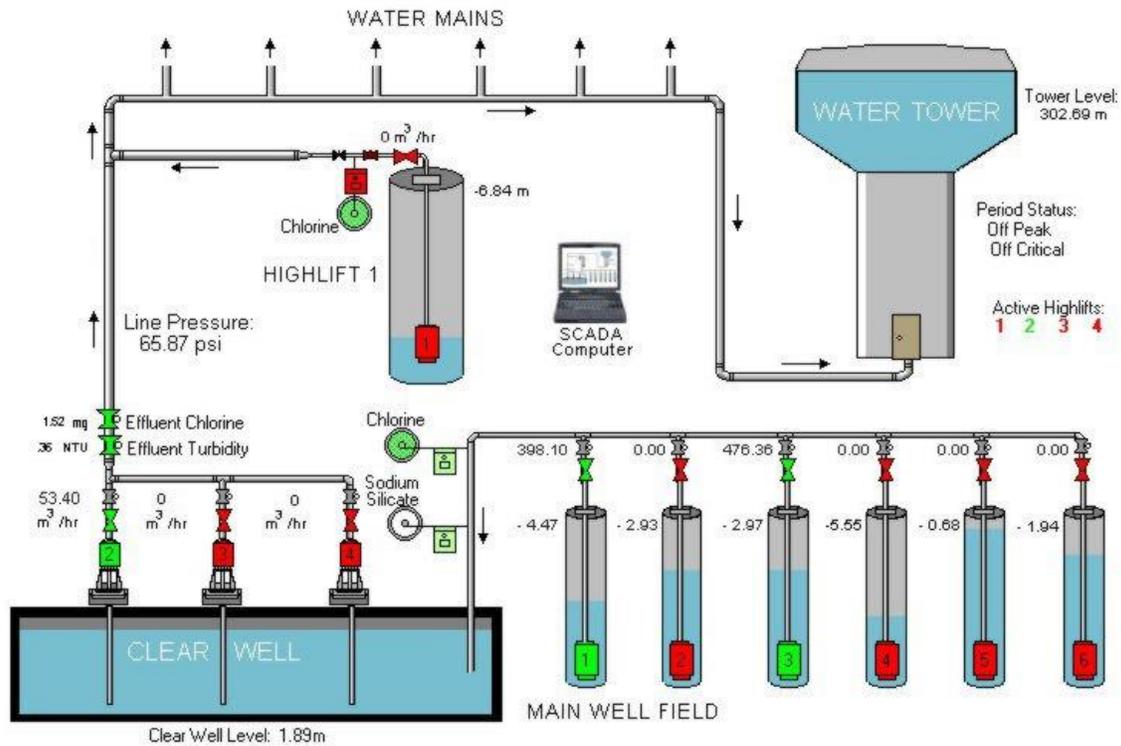


Fig. 2.34.- Ejemplo de un HMI en un sistema SCADA

Programas como el InTouch de la Wonderware, Lookout de la Nacional Instruments, por mencionar algunos, constituyen plataformas de desarrollo abiertas que facilitan el diseño de las HMI en computadoras. Existen también plataformas propietarias como RSView, WINCC, que pertenecen a empresas de gran prestigio, lo que garantiza la solides de estos productos. Algunos de estos paquetes de desarrollo incluyen muchas herramientas poderosas que permiten el desarrollo de HMIs de mucho potencial de procesamiento.

2.18.- Sistema SCADA

Los sistemas SCADA originalmente se diseñaron para cubrir las necesidades de un sistema de control centralizado, sobre procesos o complejos industriales distribuidos sobre áreas geográficas muy extensas. Tal es así que en la definición clásica de un sistema SCADA se hace referencia a esta característica. Hoy en día, con el desarrollo de las redes digitales, la definición se tiene que modificar para incluir esta nueva forma de conectividad.

2.18.1 Definición

SCADA viene de las siglas: "**Supervisory Control And Data Acquisition**"; es decir: hace referencia a un sistema de adquisición de datos y control supervisor.

Tradicionalmente se define a un SCADA como un sistema que permite supervisar una planta o proceso por medio de una estación central que hace de Master (llamada también estación maestra o unidad terminal maestra, MTU) y una o varias unidades remotas (generalmente RTUs) por medio de las cuales se hace el control/adquisición de datos hacia / desde el campo.

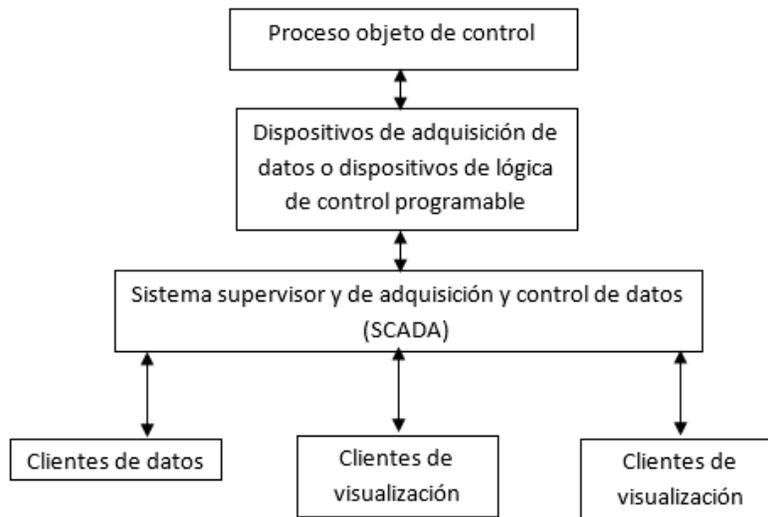


Fig. 2.35.- Esquema de partes de un sistema SCADA en un proceso automatizado

Si bien las topologías que sobre las que se sustentan los sistemas SCADA se han adecuando a los servicios de los sistemas operativos y protocolos actuales, las funciones de adquisición de datos y supervisión no han variado mucho respecto a las que proponían en sus inicios.

1. **Proceso Objeto del control:** Es el proceso que se desea supervisar. En consecuencia, es el origen de los datos que se requiere coleccionar y distribuir.
2. **Adquisición de Datos:** Son un conjunto de instrumentos de medición dotados de alguna interface de comunicación que permita su interconexión.
3. **SCADA:** Combinación de hardware y software que permita la colección y visualización de los datos proporcionados por los instrumentos.
4. **Clientes:** Conjunto de aplicaciones que utilizan los datos obtenidos por el sistema SCADA.

Un término clave en la definición, al que muchas veces no se le da adecuada atención, es el de supervisión, que significa que un operador humano es el que al final tiene la última decisión sobre operaciones, generalmente críticas, de una planta industrial. La importancia de esta definición está en que se contrapone a la idea

generalizada, que a veces si se hace, de que en la unidad master se hace control automático del proceso supervisado.

Es cierto que puede hacerse control automático, pero debe evaluarse suficientemente su implementación, tomando sobre todo en consideración la confiabilidad de los enlaces (en particular si son de larga distancia) que transportan los datos y comandos desde y hacia el campo. Una falla de comunicación, significaría dejar fuera de control el proceso. Esto explica por qué ahora la industria favorece a los sistemas de control distribuido.

2.18.2 Arquitectura de los sistemas SCADA

Históricamente los sistemas SCADA presentan un equipo que, conectado físicamente a los dispositivos de adquisición de datos, actúa como servidor para sus clientes interconectados a través de una red de comunicaciones.

El siguiente esquema expone la topología tradicional de un sistema SCADA conectado a un proceso industrial automatizado.

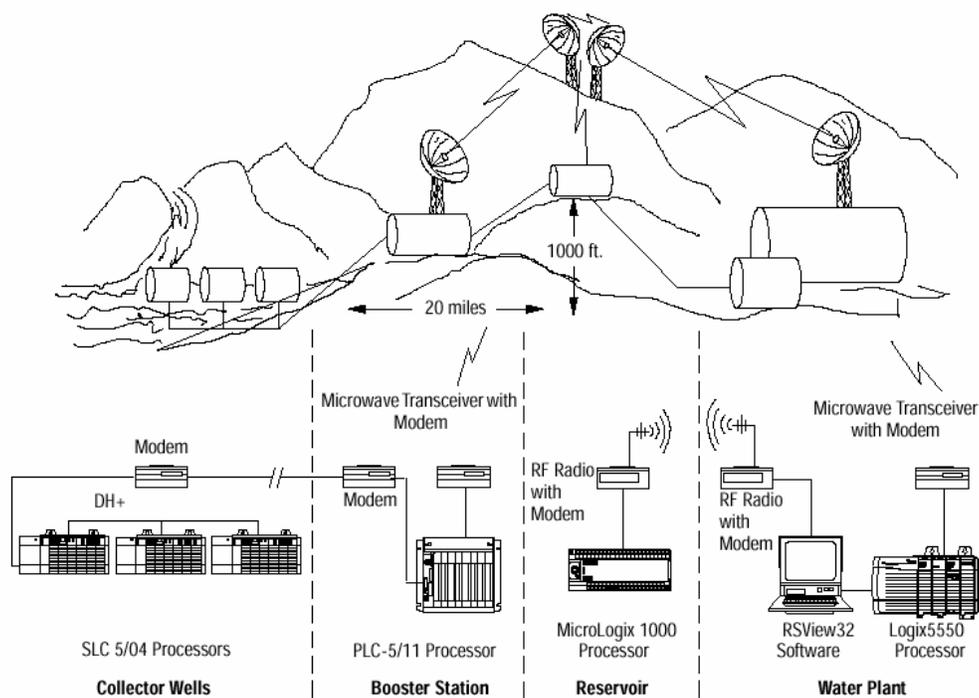


Fig. 2.36.- Arquitectura típica de un sistema SCADA

El flujo de la información es como sigue: un fenómeno físico (presión, temperatura, flujo, el disparo de un breaker, exceso de presión en una tubería, nivel de un tanque, etc.), es captado por un transductor, el cual alimenta una señal eléctrica a un

transmisor para que éste entregue una señal análoga también eléctrica pero normalizada (4 a 20 mA, o 0 a 5 V DC, o desde 0 a 10 V DC) hacia un PLC o RTU. Dependiendo del caso, el transmisor además proveerá aislación eléctrica y filtraje con el objeto de reducir posibles transitorios y ruido originado en el campo.

La señal que entregan los transmisores se envía hacia un cuarto de control donde se reúne la información de toda la planta industrial, y así es como aparecieron y se desarrollaron los sistemas SCADA basados en redes análogas 4-20 mA.

Donde las distancias son grandes (20 Km se considera el punto de “equilibrio”) los enlaces se hacen con técnicas inalámbricas; en ese entonces se empezó con enlaces de RF o Microondas.

Una vez que los datos llegan al centro de acopio, generalmente una computadora, se los almacena para su análisis, generación de históricos y para la Toma de decisiones. Simultáneamente, por medio de una HMI se muestra La información al operador del sistema, para la supervisión.

Basado en la información, el operador puede tomar decisiones que pueden modificar el trabajo del proceso supervisado (cerrar o disparar un breaker, arrancar o detener un motor, abrir o cerrar una válvula, valores análogos para fijar una presión o voltaje, sincronización de fecha y hora, envío de data históricos, etc.). Pero debe entenderse que el operador la mayoría del tiempo actúa sujeto a normas emitidas muchas veces por el mismo equipo que diseño el proceso o la planta. Es fácil entender que no se puede dejar a una sola persona o grupo de personas (los operadores del SCADA) que tomen decisiones que pueden comprometer al producto, equipos, incluso personal en el campo.

El operador comanda a la computadora y ésta obedece enviando un dato que al final llegará a un actuador (bobina de un relee, solenoide de una electro válvula, servomotor de una válvula de control, etc.) que al mover un elemento final logran controlar la variable bajo supervisión o control en el campo.

En aquellas ocasiones donde se debían construir enlaces de larga distancia sean con hilos o inalámbricos, resultaba muy costosa la inversión para tan solo transmitir el dato de una variable física. Es aquí donde apareció la RTU que es un dispositivo que permite concentrar la información desde / hacia muchos transductores / actuadores y prepararlos para su transmisión / recepción.

3. Desarrollo

3.1.- Análisis del proyecto

La Planta de Ciudad Obregón de la empresa SEALED AIR DE MEXICO se dedica al procesamiento de la leche. Esta planta recibe en pipas leche pura recién extraída de las vacas con la cual por medio de diversos procesos producen leche de fórmula, leche para beber, queso y yogurt. Para ello la empresa tiene varias áreas de proceso como se puede observar en la figura 3.1.

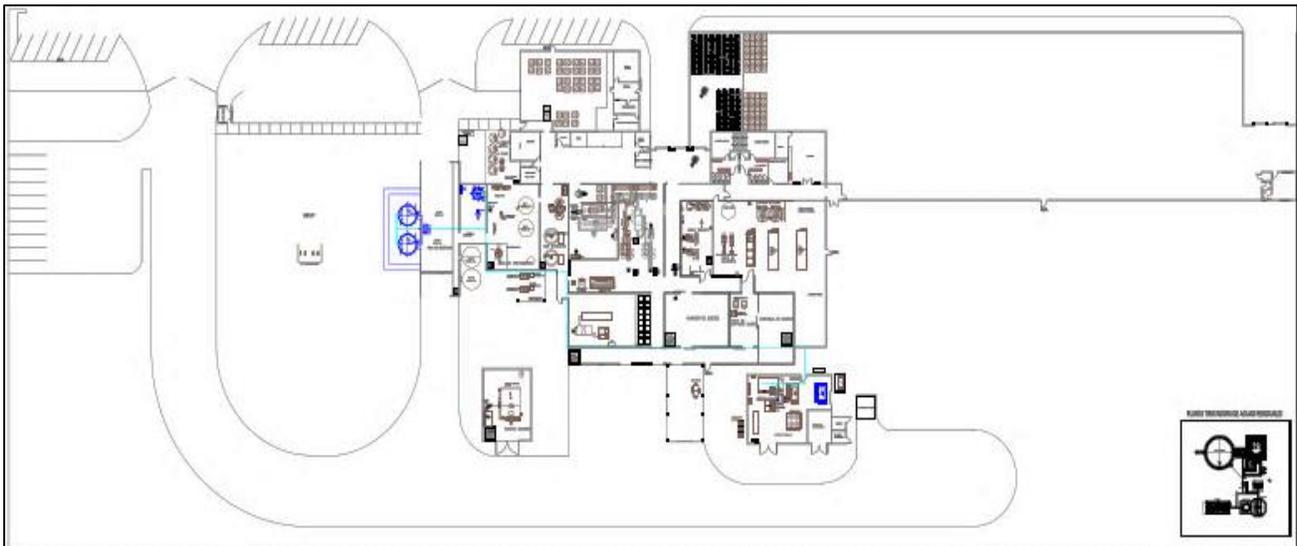


Fig.3.1.- Layout de la planta

Debido a la demanda de producción la empresa decidió realizar una ampliación en el área de recepción de leche e instalar el equipo necesario tanto para la recepción de leche como para la producción de crema (Fig. 3.2).

De acuerdo a las necesidades, de la planta contrato a una empresa de diseño mecánico para realizar las modificaciones de las tuberías y la elección de los equipos mecánicos necesarios para llevar a cabo los procesos. Así mismo en lo que respecta a la parte de automatización y control la empresa contrato a la empresa AIM Ingeniería, para la realización del diseño de control, desarrollo de software y puesta en marcha del proyecto.

El rediseño de tuberías quedó como se observa en la figura 3.3. Como se observa en la Fig. 3.2 las áreas sobre las que se desarrolla el proyecto es directamente el área de recepción de leche, área de descremadora y CIP de tanques asépticos. El

área de recepción cuenta con una superficie aproximada de 300m², donde se encuentran los tanques de almacenamiento (Silos) nuevos instalados, con una capacidad de almacenamiento de 120,000 Lts de leche.

También en el área de recepción se cuenta con el equipo de bombeo y sistema de descarga. Por otro lado en el área de descremadora se encuentra una descremadora que es capaz de trabajar a 7,000 litros/hora de leche y un tanque crema para el almacenamiento temporal de la crema. Ahí mismo se encuentran las bombas necesarias para el proceso. En el área de descremadora se encuentra el tablero eléctrico de control diseñado.

En un principio el control se realizaría únicamente para los procesos de saneamiento, pero el proyecto se extendió al control de la recepción de leche y de los procesos que intervienen.

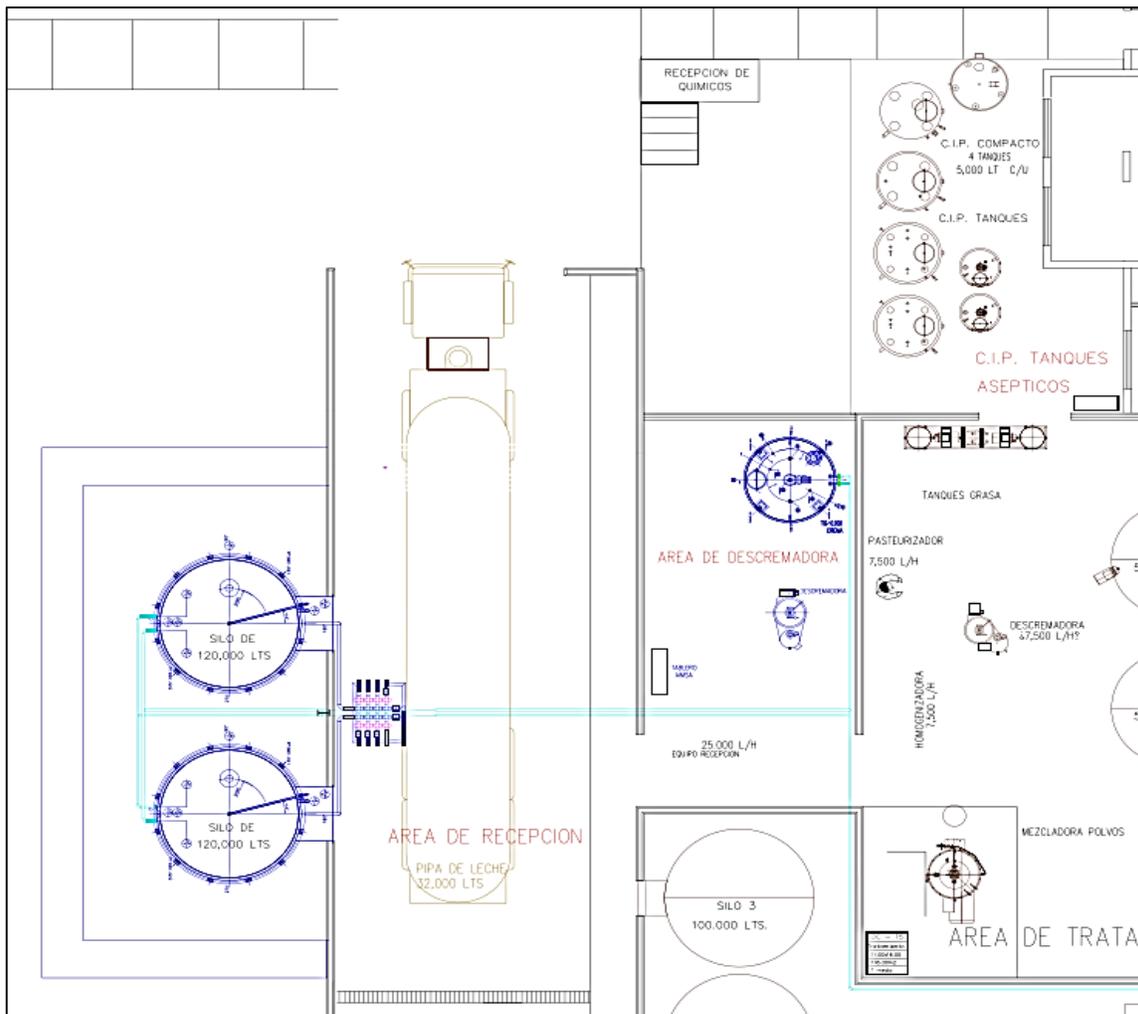


Fig.3.2.- Área del proyecto

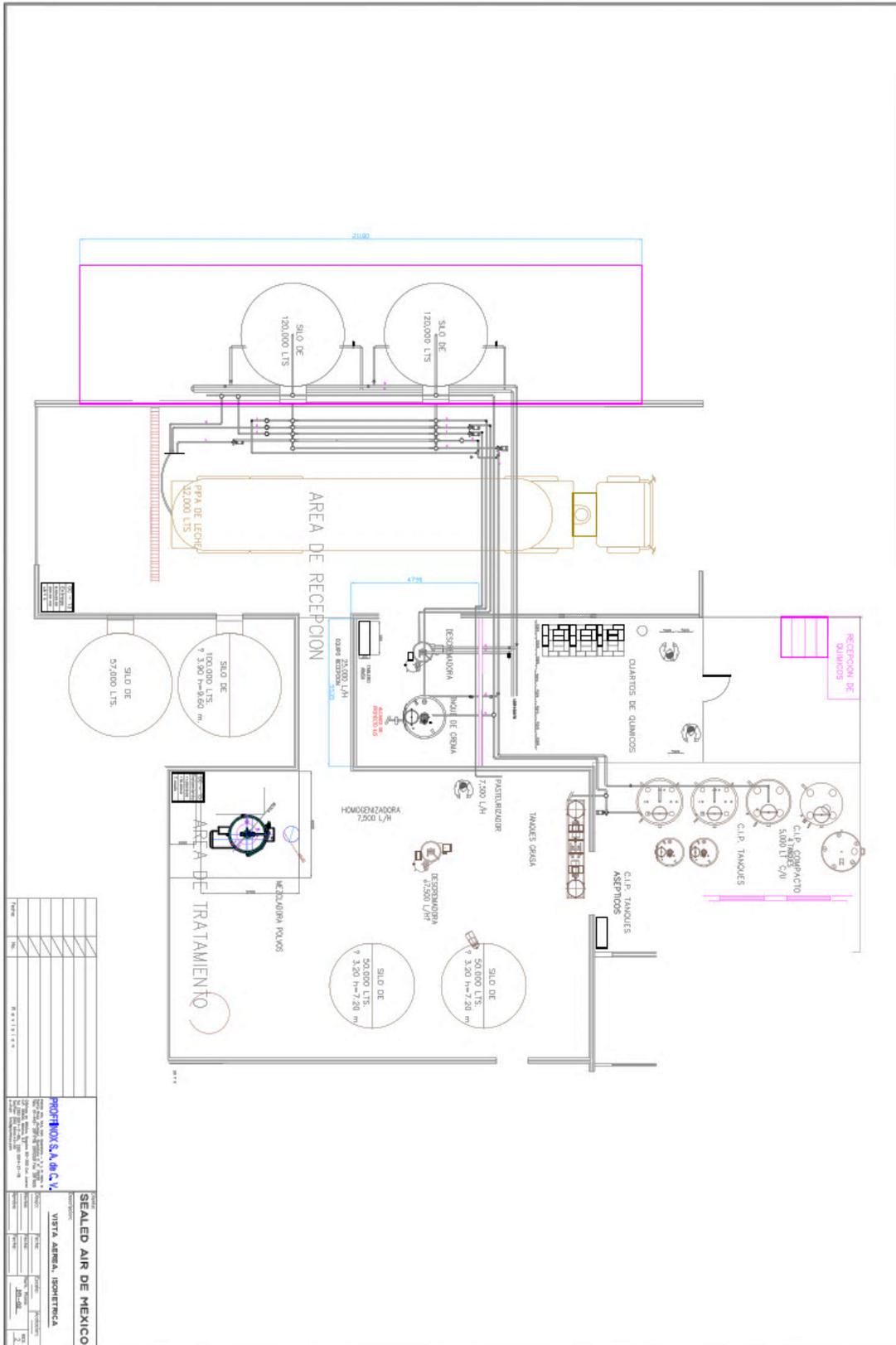


Fig.3.2.- Vista aérea tuberías

De acuerdo al diseño de construcción realizado por la planta y al rediseño de tuberías elaboramos el diagrama de flujo general de los equipos instalados en la planta (Fig. 3.3). Para un mejor entendimiento se tomaron en cuenta tres áreas:

- 01: Área de recepción de leche
- 02: Área de descremadora
- 03: Área de CIP

3.2.- Diseño de planos

Para el diseño de los planos tanto eléctricos como de procesos se utilizó el software CAD utilizado para el dibujo 2D y 3D de planos, conocido como AutoCAD específicamente la versión 2015 (Fig. 3.3). Este programa de dibujo es un producto desarrollado y comercializado por la empresa Autodesk.

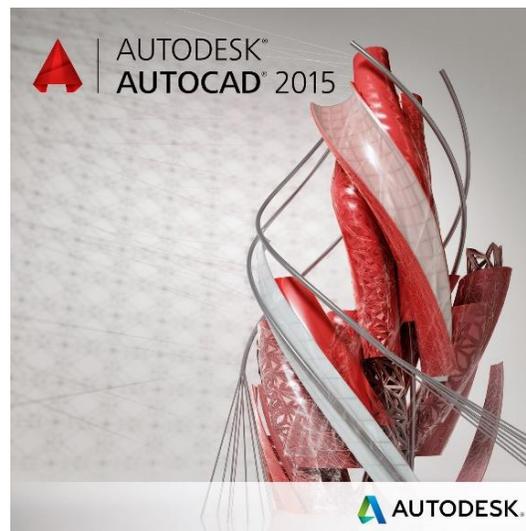


Fig.3.3.- AutoCAD 2015

Debido a que la instalación mecánica de las tuberías y equipos mecánicos ya estaban realizados, el diseño de los planos se tuvo que adecuar a ello. Se instalaron nuevos equipos de acuerdo a las características de la instalación mecánica ya realizada. En base a las especificaciones de la planta y a la adecuación de los equipos ya instalados, se realizó el diseño de los planos tanto eléctricos como de proceso para posteriormente realizar el dibujo en AutoCAD.

Los dibujos realizados se dibujaron sobre una plantilla 2D de AutoCAD. Primeramente para poder dibujar se seleccionó nuevo dibujo en AutoCAD con una platilla normal 2D (Fig. 3.4). Para la elaboración los diagramas de procesos se utilizaron las herramientas básicas de AutoCAD línea, línea auxiliar, polilínea,

polígono, rectángulo, arco, círculo, elipse, sombreado, texto, borrar, copiar, simetría, desfase, desplazar y recortar (Fig.3.5).

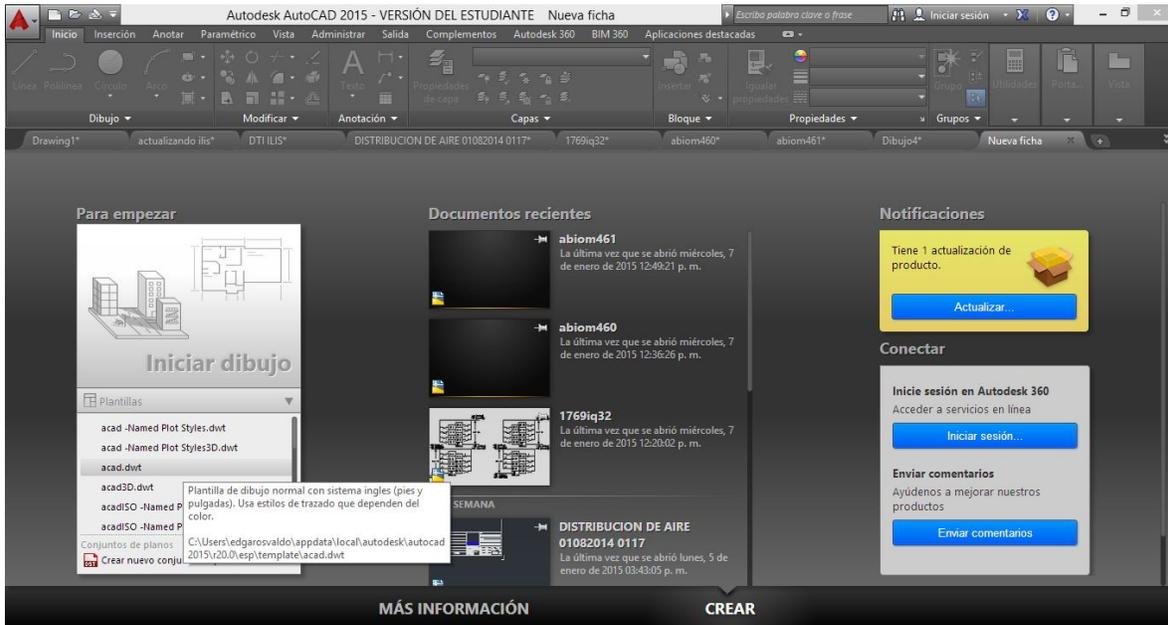


Fig.3.4.- Iniciar dibujo

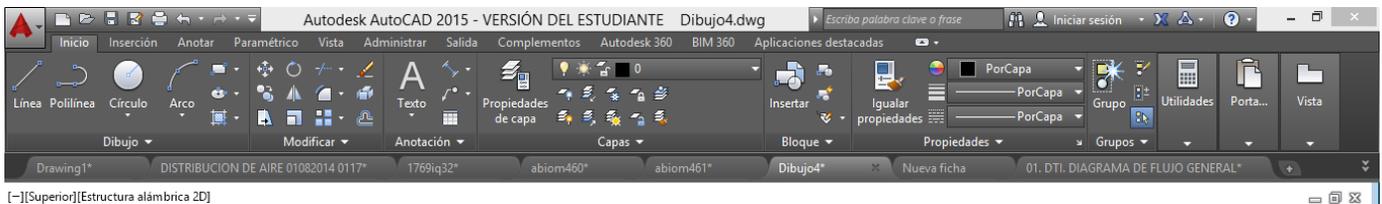


Fig.3.5.- Herramientas básicas

En base a los diseños realizados se dibujaron primero todos los equipos como tanques, recipientes y placas (Fig.3.6). Posteriormente se procedió a dibujar la instrumentación usada en este proceso de acuerdo a la simbología normada por la norma ISA. La norma ISA (Instrument Society of America) de los Estados Unidos crea y actualiza permanentemente, las normas usadas en la instrumentación usadas en la instrumentación empleada en todo proceso.

Específicamente la norma ANSI / ISA S 5.1 - 1984 (R1992) [6] establece la simbología y la identificación de la instrumentación empleada en todo proceso. En base a esta norma se dibujaron todos los elementos a usar como válvulas, sensores y actuadores (Fig. 3.7).

Una vez dibujados los equipos y la simbología de la instrumentación a utilizar en el proceso, con la herramienta de desplazar y copiar se colocaron y copiaron los elementos a utilizar y con la herramienta de línea se unió cada elemento de acuerdo

al diseño establecido. Asimismo de acuerdo a la norma mencionada anteriormente se colocó con flechas la orientación de las líneas de proceso.

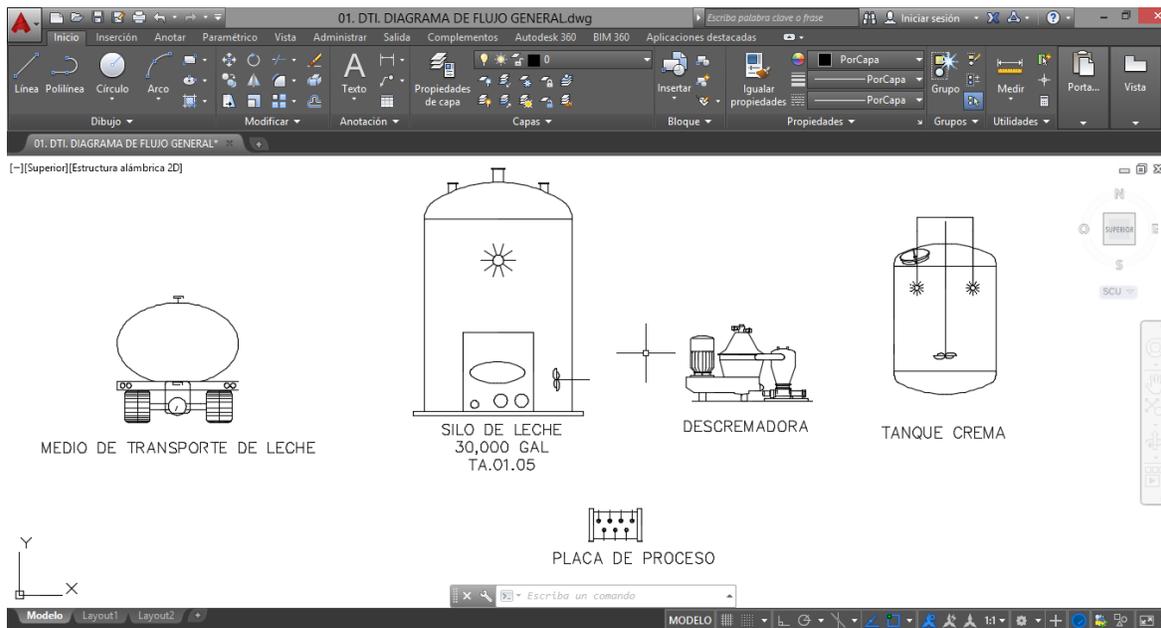


Fig.3.6.- Dibujo de los equipos de proceso

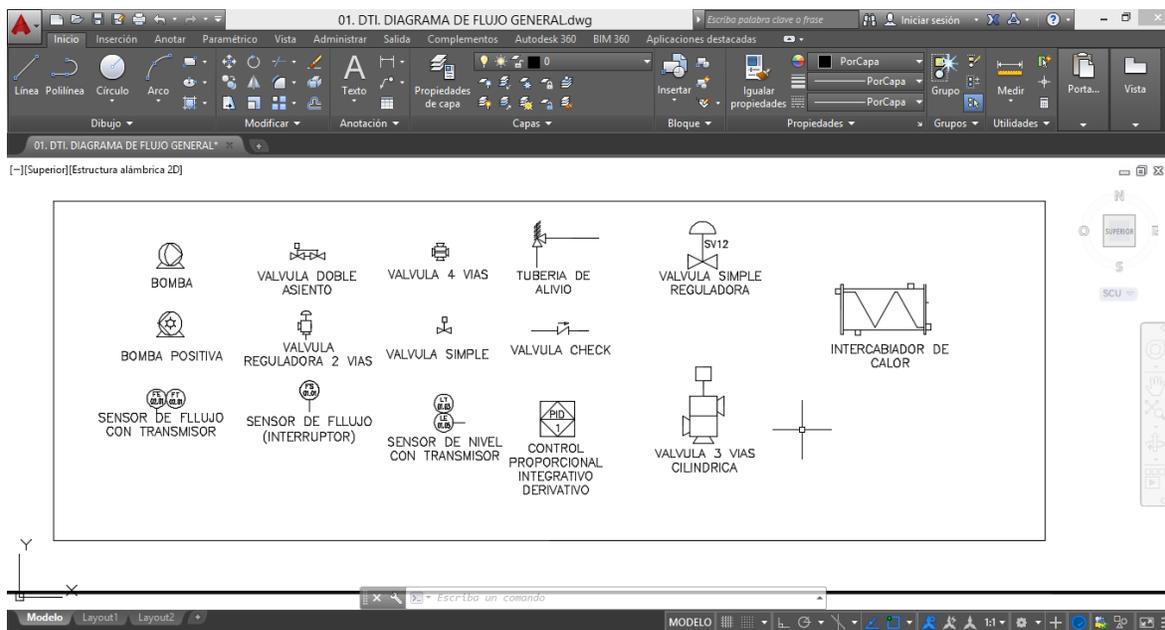


Fig.3.7.- Dibujo de la instrumentación del proceso

Así mismo una vez conectados todos los equipos y la instrumentación se prosiguió al etiquetado de cada equipo y a la identificación de la instrumentación y tubería, esto con la herramienta de texto.

El dibujo de los diagramas eléctricos de control se realizó de la misma manera, primeramente en una platilla 2D de AutoCAD se dibujaron todos los equipos a usar en base a la observación física de los mismos. En este caso se hizo uso de los dibujos ya existentes de los equipos de Allen Bradley pertenecientes a Rockwell Automation.

Con base al número de catálogo de los equipos de Allen Bradley se buscó el equipo en la página oficial de Rockwell (Fig. 3.8), en la cual trae la opción de descargar el dibujo del equipo en archivo CAD con extensión DWG.

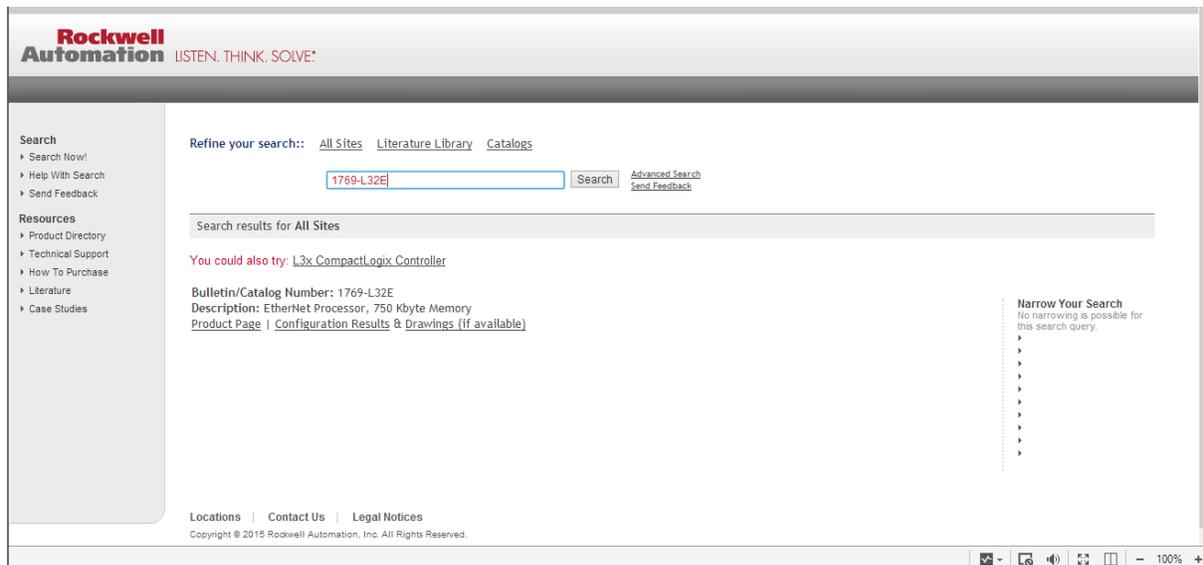


Fig.3.8.- Página de Rockwell Automation

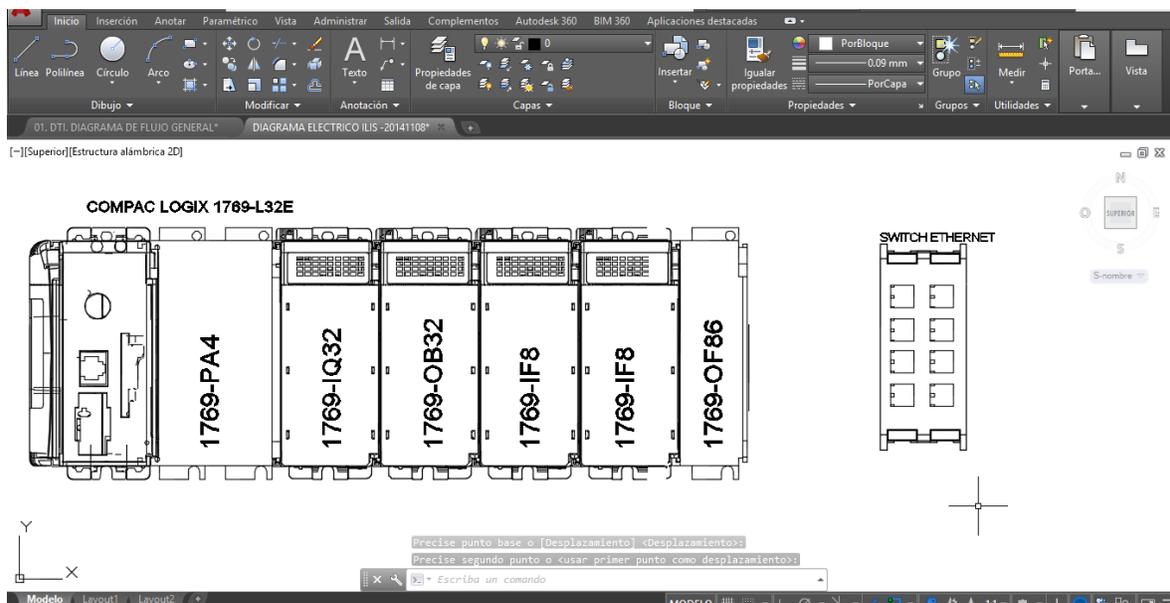


Fig.3.9.- Dibujos de equipos de Rockwell Automation

Los demás equipos y elementos de control se dibujaron con las herramientas básicas de AutoCAD (Fig. 3.10). Así mismo la nomenclatura para los elementos de control se dibujó de acuerdo a la norma europea EN 60617 [7] y la norma internacional IEC 60445 [8] (Fig.3.11), las cuales definen los símbolos gráficos para esquemas eléctricos.

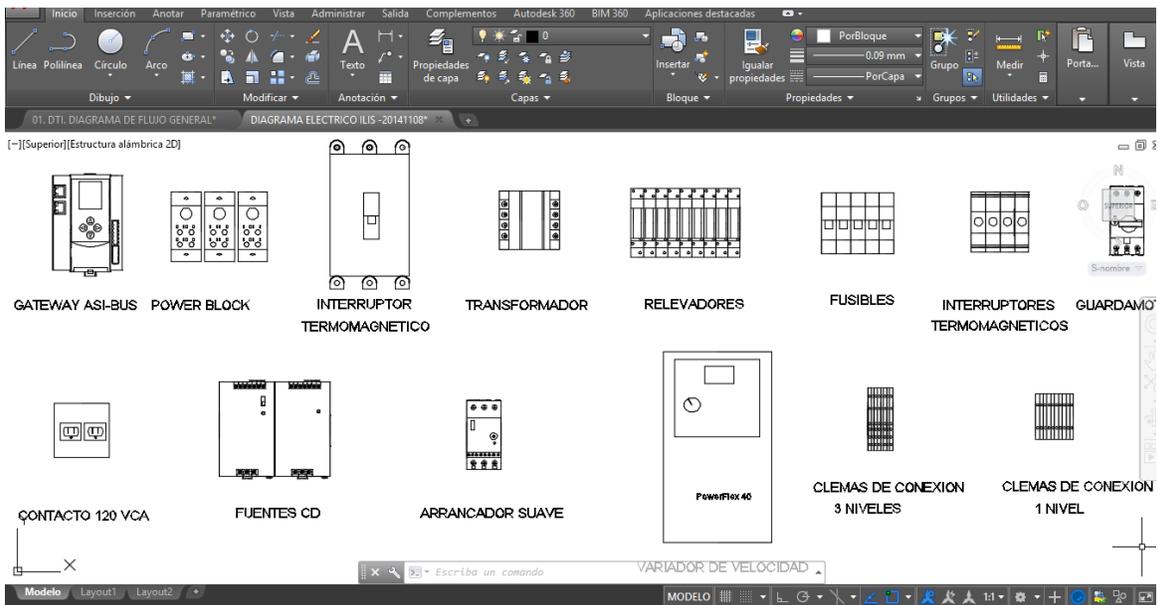


Fig.3.10.- Dibujos de equipos

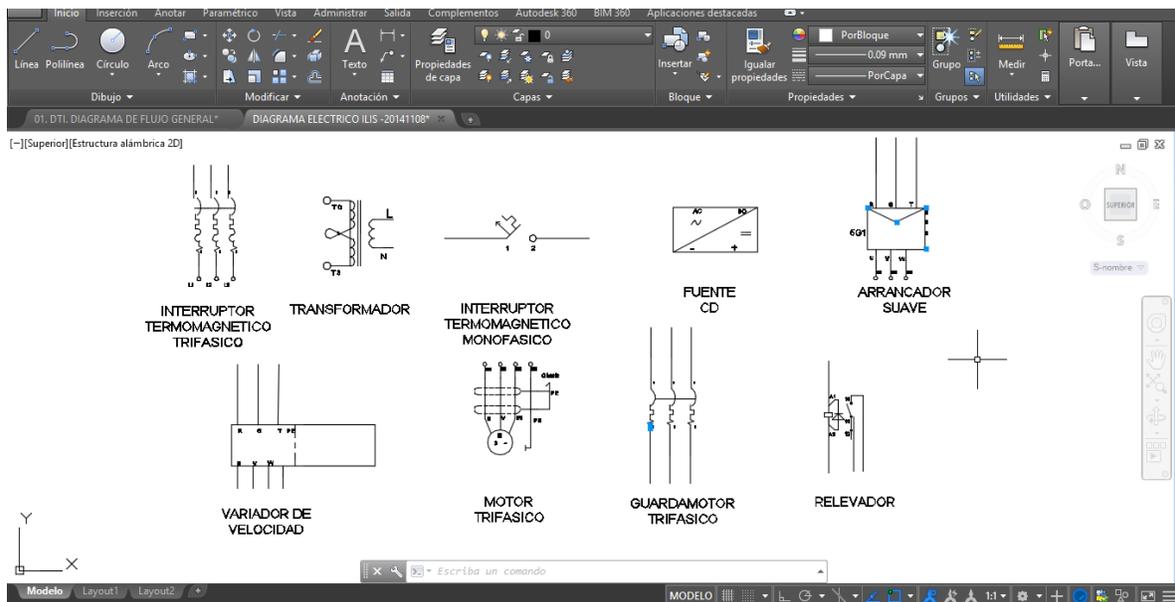


Fig.3.11.- Dibujos de símbolos

Después se unieron los diferentes equipos y símbolos de acuerdo al diseño realizado anteriormente en el bosquejo. Posteriormente con la herramienta de texto

se etiquetaron y se identificaron los equipos de acuerdo a las normas mencionadas anteriormente.

3.2.1.- Dispositivos

Personal de AIM ingeniería y yo como practicante asistimos a la planta para poder realizar una observación del área a automatizar así como para tomar nota de los equipos instalados y sus características. También realizamos una plática con el jefe del área de automatización y control el cual nos comentó los requerimientos de la planta para la implementación del sistema automatizado.

De acuerdo a la observación de los equipos instalados en la planta realizamos una lista de todos los equipos a controlar para llevar a cabo los diferentes procesos, le asignamos a cada uno un tag de identificación de acuerdo al área y al equipo al que pertenecían.

Primeramente en el área de recepción de leche específicamente para el silo 5 nos encontramos con 14 equipos instalados los cuales se enlistan en la tabla 3.1. A cada uno de los equipos le asignamos un tag de identificación.

	AREA 1:- SILO 5	TAG
	TA.01.05 TANQUE SILO DE LECHE	TA.01.05
1	VALVULA MIX PROOF	MPV.01.05.01
2	VALVULA MIX PROOF	MPV.01.05.02
3	VALVULA MIX PROOF	MPV.01.05.03
4	VALVULA MIX PROOF	MPV.01.05.04
5	VALVULA SUM. CIP A TA.01.05	BTV.01.05.01
6	VALVULA AGUA FRIA SILO TA.01.05	BTV.01.05.02
7	VALVULA DESCARGA SILO 5	BTV.01.05.03
8	VALVULA DE RETORNO CIP	BTV.01.05.04
9	VALVULA SUM. CIP A TUBERIA RECEPCION TA.01.05	BTV.01.05.05
10	VALVULA TUBERIA SILO 5	BTV.01.05.08
11	AGITADOR DE TANQUE TA.01.05	AG.01.05
12	SENSOR DE TEMPERATURA TA.01.05, SILO 5	TE.01.05
13	SENSOR NIVEL DE TANQUE TA.01.05	LE.01.05
14	SENSOR DE FLUJO TA.01.05	FS.01.05

Tabla 3.1.- Asignación de etiquetas de equipos silo 5

Así mismo para en el área de recepción de leche para el silo 6 se contabilizó 14 equipos, los cuales se observan en la tabla 3.2.

	AREA 1:- SILO 6	TAG
	TA.01.06 TANQUE SILO DE LECHE	TA.01.06
1	VALVULA MIX PROOF	MPV.01.06.01
2	VALVULA MIX PROOF	MPV.01.06.02
3	VALVULA MIX PROOF	MPV.01.06.03
4	VALVULA MIX PROOF	MPV.01.06.04
5	VALVULA SUM. CIP A TA.01.06	BTV.01.06.01
6	VALVULA AGUA FRIA SILO TA.01.06	BTV01.06.02
7	VALVULA DESCARGA SILO 6	BTV.01.06.03
8	VALVULA DE RETORNO CIP	BTV.01.06.04
9	VALVULA SUM. CIP A TUBERIA RECEPCION TA.01.06	BTV.01.06.05
10	VALVULA TUBERIA SILO 6	BTV.01.06.05
11	AGITADOR DE TANQUE TA.01.06	AG.01.06
12	SENSOR DE TEMPERATURA TA.01.06, SILO 6	TE01.06
13	SENSOR DE NIVEL DE TANQUE TA.01.06	LE.01.06
14	SENSOR DE FLUJO TA.01.06	FS.01.06

Tabla 3.2.- Asignación de etiquetas equipos silo 6

En lo que respecta al área de la descremadora se encontraron 12 equipos instalados a los cuales se les tomo nota y se le asignó un tag.

	AREA 2:- DESCREMADORA	TAG
	TANQUE DE CREMA	TA.02.01
1	VALVULA MARIPOSA	BTV.02.01.05
2	VALVULA SUM. CIP A TA.02.01	BTV.02.01.01
3	VALVULA MARIPOSA	BTV.02.01.02
4	VALVULA DE DESCARGA TA.02.01, TANQUE CREMA	BTV.02.01.03
5	VALVULA MARIPOSA	BTV.02.01.04
6	VALVULA MARIPOSA	BTV.02.01.06
7	AGITADOR DE TANQUE TA.02.01	AG.02.01
8	MEDIDOR DE FLUJO ELECTROMAGNETICO	FE.02.01
9	SENSOR DE NIVEL BAJO TA.02.01	LLS02.01
10	SENSOR DE NIVEL ALTO TA.02.01	HLS02.01
11	BOMBA TRANSFERENCIA DE CREMA A PROCESO	PP.02.01
	TANQUE BALANCE CREMA	TA.02.02
12	SWITCH NIVEL ALTO TA.02.02	HLS02.01

Tabla 3.3.- Asignación de etiquetas a equipos descremadora

La bomba y el medidor de flujo electromagnético de recepción de leche se tomaron como pertenecientes al área 3. Teniendo un total de tres equipos en el área.

	AREA 3	TAG
1	BOMBA RECEPCION DE LECHE A SILOS	PC.03.01
2	BOMBA SUMINISTRO CIP	PC.03.01
3	MEDIDOR DE FLUJO ELECTROMAGNETICO	FE.03.01

Tabla 3.4.- Asignación de etiquetas a equipos área 3

Se realizó una lista de los dispositivos comunes para las tres áreas, es decir los dispositivos involucrados en todos los procesos teniendo un total de 9 dispositivos comunes.

	DISPOSITIVOS COMUNES	TAG
1	VALVULA SUMINISTRO CIP A PLACA DISTRIBUCION	BTV.01.02.05
2	VALVULA DE DISTRIBUCION	BTV.01.03.05
3	VALVULA SUMINISTRO CIP PC0102	BTV.01.03.06
4	VALVULA SUMINISTRO CIP PC0101	BTV.01.03.07
5	BOMBA TRANSFERENCIA DE SILOS A PROCESO	PC.01.01
6	BOMBA TRANSFERENCIA LECHE A DESCREMADORA	PC.01.02
7	BOMBA RETORNO CIP	PC.01.03
8	BOMBA DESCARGA A PROCESO	PC.01.04
9	SENSOR DE FLUJO BOMBA RETORNO CIP	FS.01.01

Tabla 3.5.- Asignación de etiquetas a dispositivos comunes

3.2.1.1.- Datos técnicos de bombas y motores

De acuerdo a la información obtenida de la placa de datos de cada bomba y motor se obtuvo la siguiente información:

	EQUIPO	HP	EFICIENCIA	VOLTAJE	AMPS
1	BOMBA RCIP CREMA	5	0.8	440	6.5
2	AGITADOR TANQUE CREMA	5	0.8	440	6.5
3	BOMBA POSITIVA CREMA	3	0.8	440	4.1
4	BOMBA DESCARGA DE PIPAS	10	0.9	440	12.3
5	BOMBA SILOS A DESCREMADORA	5	0.8	440	6.5
6	BOMBA SILOS A PLACA PROCESO	5	0.8	440	6.5
7	BOMBA SILOS A PASTEURIZACION	5	0.8	440	6.5
8	BOMBA RCIP SILOS	15	0.8	440	18
9	AGITADOR SILO 5	2	0.8	440	2.5

10	AGITADOR SILO 6	2	0.8	440	2.5
11	BOMBA SUMINISTRO CIP	15	0.8	440	18

Tabla 3.6.- Datos técnicos de bombas y motores

3.2.2.- Diseño de los planos de proceso

Para el diseño de los planos de proceso fue necesario basarse en la Norma ANSI /ISA S 5.1-1984 [6]. El propósito de esta norma es establecer un medio uniforme de designación para los instrumentos y los sistemas de la instrumentación usados para la medición y control. Con este fin, el sistema de designación incluye los símbolos y presenta un código de identificación.

La norma anteriormente mencionada es la que rige la simbología y la nomenclatura empleada en el diseño de los planos, esta norma establece que todas las letras debe ser mayúsculas, no deben usarse más de 4 letras y estas letras deben expresar la identificación del instrumento y la identificación funcional.

De acuerdo a esta norma los símbolos y elementos empleados en los planos para los instrumentos de medición son alfanuméricos; los números representan la ubicación y establecen el lazo de identidad, y la codificación alfanumérica identifica al instrumento y las acciones a realizar.

Para las válvulas las letras identifican el tipo de válvula, el par de números que le siguen identifican el área donde se encuentra ubicado el equipo, los dos números siguientes al silo al que pertenecen y el último par de números el número del equipo. Así mismo para las bombas y los agitadores las letras identifican al equipo, el par de números siguientes el área donde se ubica y el último par de números el número de equipo.

Primeramente en base a la observación, datos proporcionados por el jefe de mantenimiento de la planta y de un bosquejo de los equipos instalados en la planta se dibujó en AutoCAD el diagrama de flujo general el cual se aprecia en la Figura 3.12.

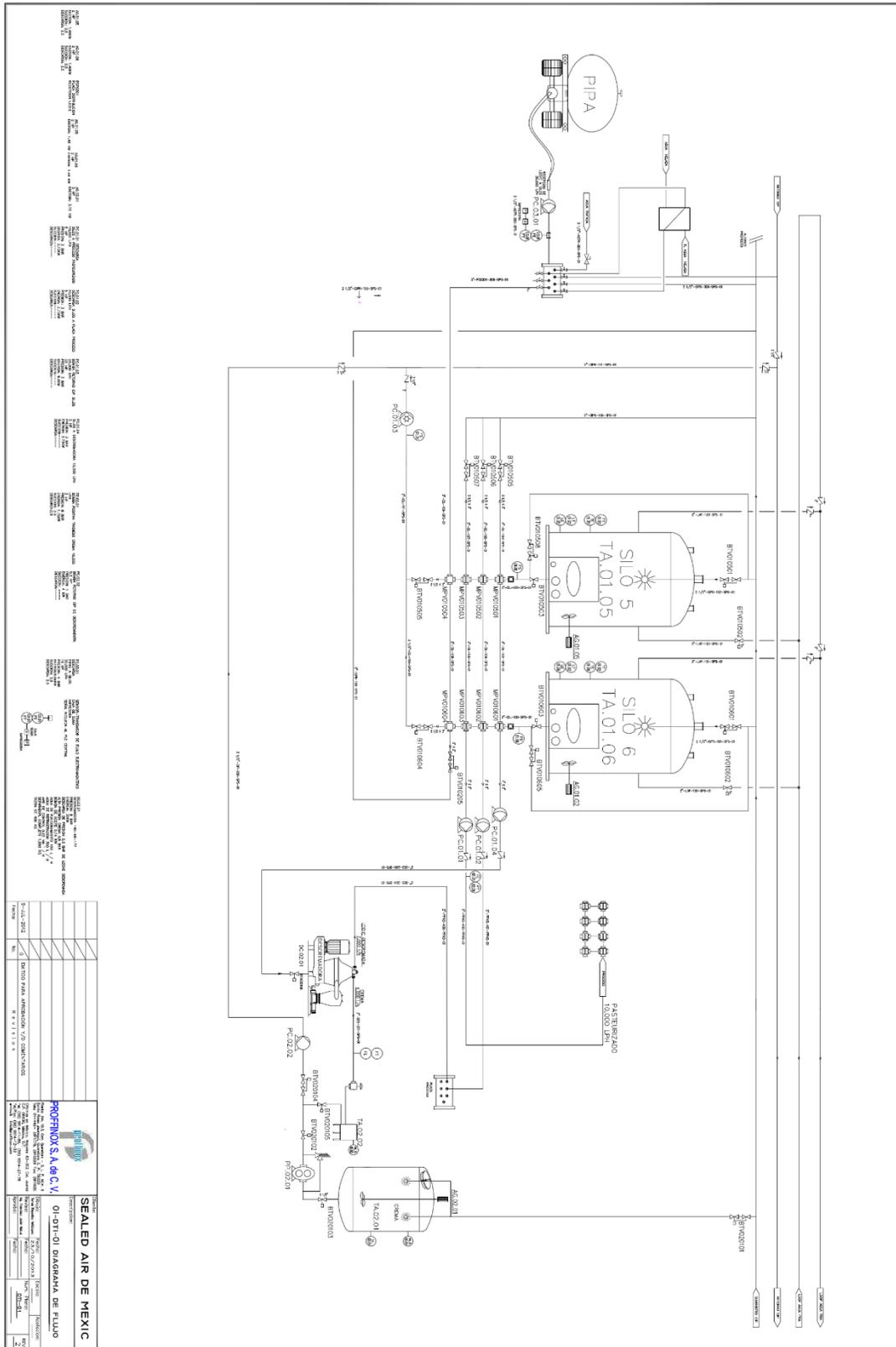


Fig.3.12.- Diagrama de flujo general

Así mismo en base a la observación y a los datos proporcionados por la planta se dibujó en AutoCAD el diagrama de CIP general de la planta (Fig. 3.13).

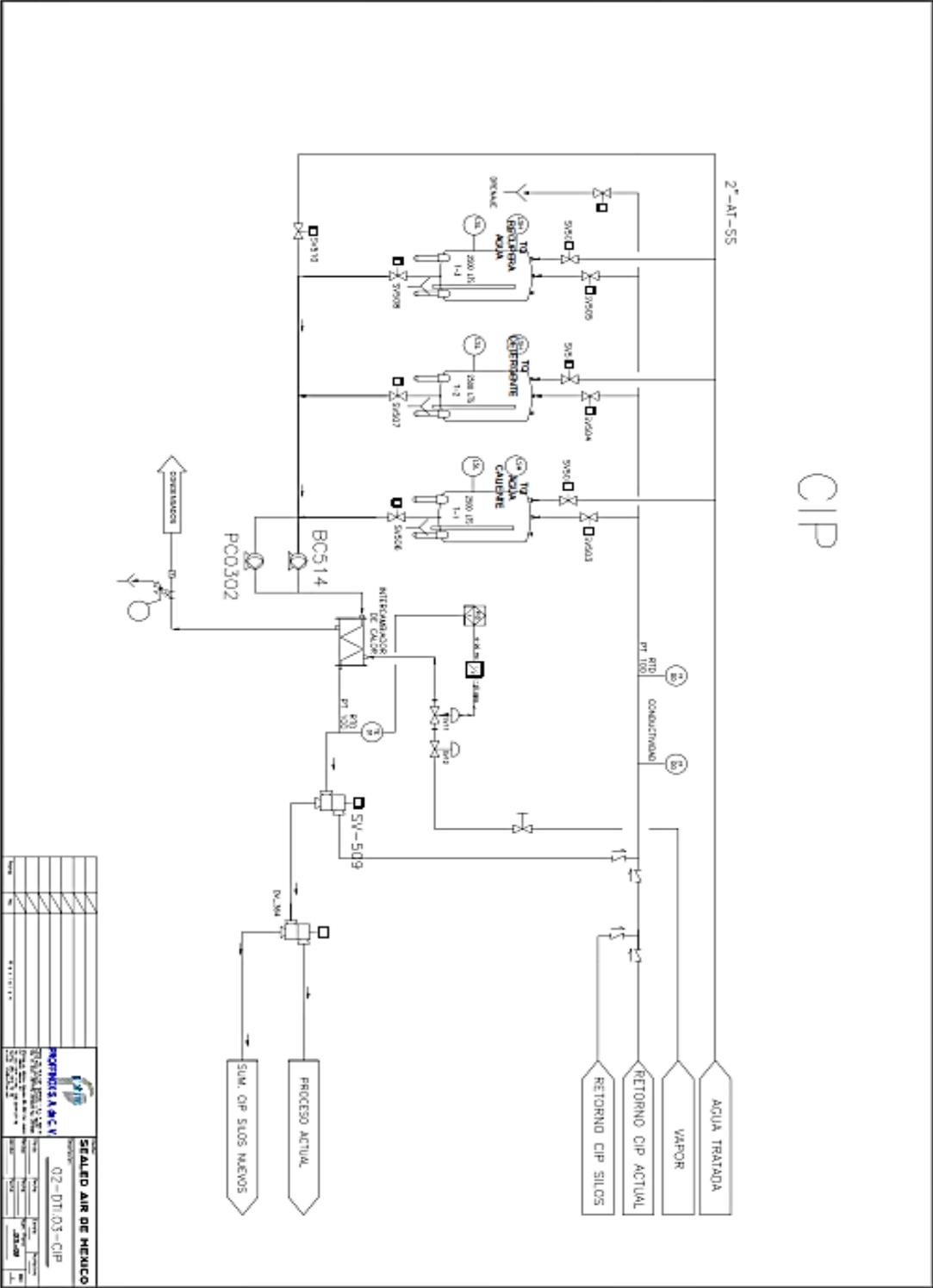


Fig.3.13.- Diagrama de CIP

3.2.2.1.- Filosofías de operación

En base al diagrama general (Fig. 3.12) se diseñó y se dibujó en AutoCAD las filosofías de operación. Analizando detalladamente el diagrama de flujo general dibujamos los diagramas de todos los procesos que se pueden realizar, es decir cada camino que pueden seguir los diferentes procesos. Analizando la secuencia de operación se encontró que para esta automatización existían 19 filosofías de operación:

1. Descarga de pipas a silo 5
2. Descarga de pipas a silo 6
3. Enfriamiento silo 5
4. Enfriamiento silo 6
5. Descarga silo 5 a descremadora
6. Descarga silo 6 a descremadora
7. Descarga silo 5 a placa proceso
8. Descarga silo 6 a placa proceso
9. Descarga silo 5 a pasteurización
10. Descarga silo 6 a pasteurización
11. CIP silo 5
12. CIP silo 6
13. Saneamiento tanque crema
14. Saneamiento descremadora
15. Saneamiento bomba a placa de proceso
16. Saneamiento bomba a proceso de pasteurización
17. Saneamiento descarga de pipas
18. Saneamiento tubería silo 5
19. Saneamiento tubería silo 6

Las filosofías de operación se representan en los diagramas mostrados en las figuras 3.13 a 3.31, cada camino del proceso se representa con un color verde.

La primera filosofía corresponde al proceso que consiste en la descarga de leche la cual comienza con la llegada de una pipa de leche con aproximadamente 32,000 litros de leche. Esta pipa se conecta por medio de mangueras a la bomba PC.03.01 la cual envía la leche a la placa diversora pasando por el medidor de flujo electromagnético FE.03.01 con el cual se mide y se cuenta la cantidad de leche descargada de la pipa.

En la placa diversora el operador hace la conexión por medio de tubos para que la leche se dirija hacia el cabezal de válvulas, donde posteriormente con la apertura de la válvula MPV010504 permite el paso de la leche hacia el silo TA.01.05 con

capacidad de almacenamiento de 120,000 litros de leche pasando por el sensor de flujo FS.01.05. Para permitir el almacenamiento de leche se realiza la apertura de la válvula BTV010503.

Una vez que se almacena la leche en el silo se realiza la activación del agitador AG.01.05, el cual corresponde en el accionamiento de un motor que por medio de un eje mueve unas aspas dentro del silo el cual mantiene en constante movimiento a la leche almacenada. Dentro del proceso también se incluye la medición del nivel de leche con el sensor LT.01.05, así mismo la medición de la temperatura de la leche por medio del sensor TE.01.05.

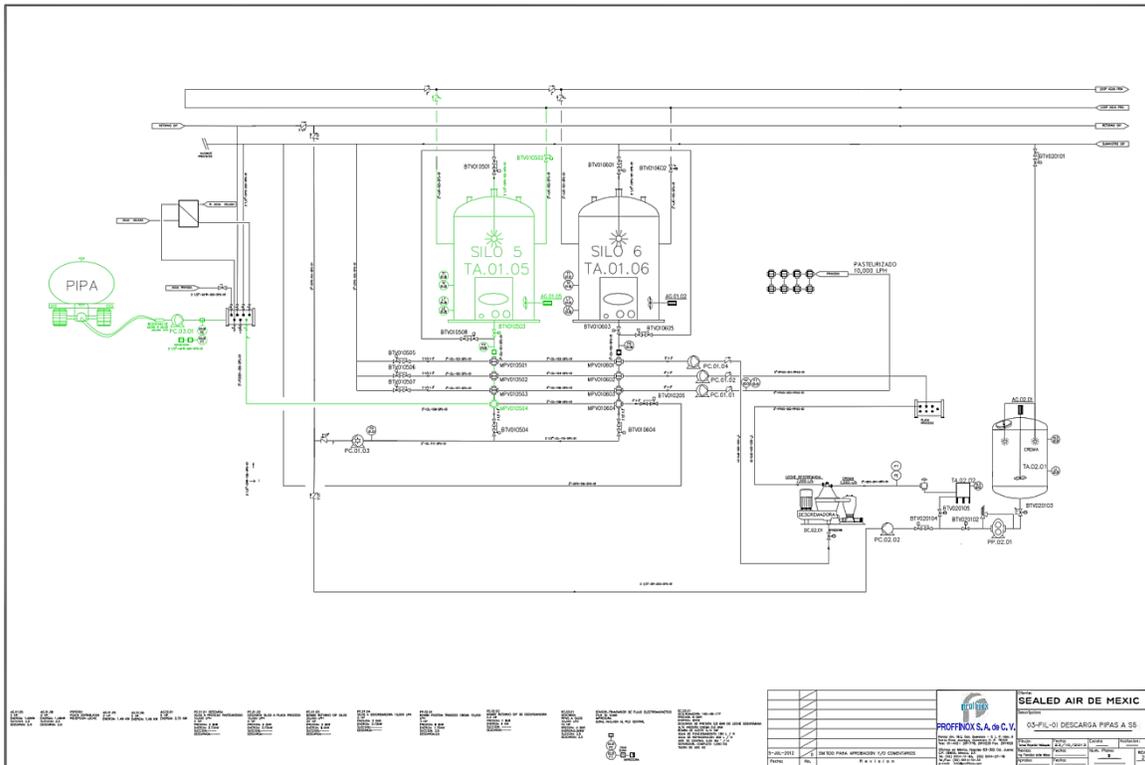


Fig.3.13.- Filosofía de operación descarga de pipas a silo 5

La segunda filosofía de operación corresponde a la descarga de pipas a silo 6, la cual consiste en el mismo procedimiento de la primera filosofía con la variante de que la leche se almacena en el silo TA.01.06 con una capacidad de 120,000 Lts, para ello en el cabezal de válvulas se abre la válvula MPV010504 permitiendo el flujo de leche pasando por el sensor de flujo FS.01.06 y para permitir el almacenamiento de leche se abre la válvula BTV010603.

Para este proceso se activa el agitador AG.01.06 y se monitorea la temperatura con el sensor TE.01.06 en cuanto que el nivel del silo lo proporciona el sensor LE.01.06.

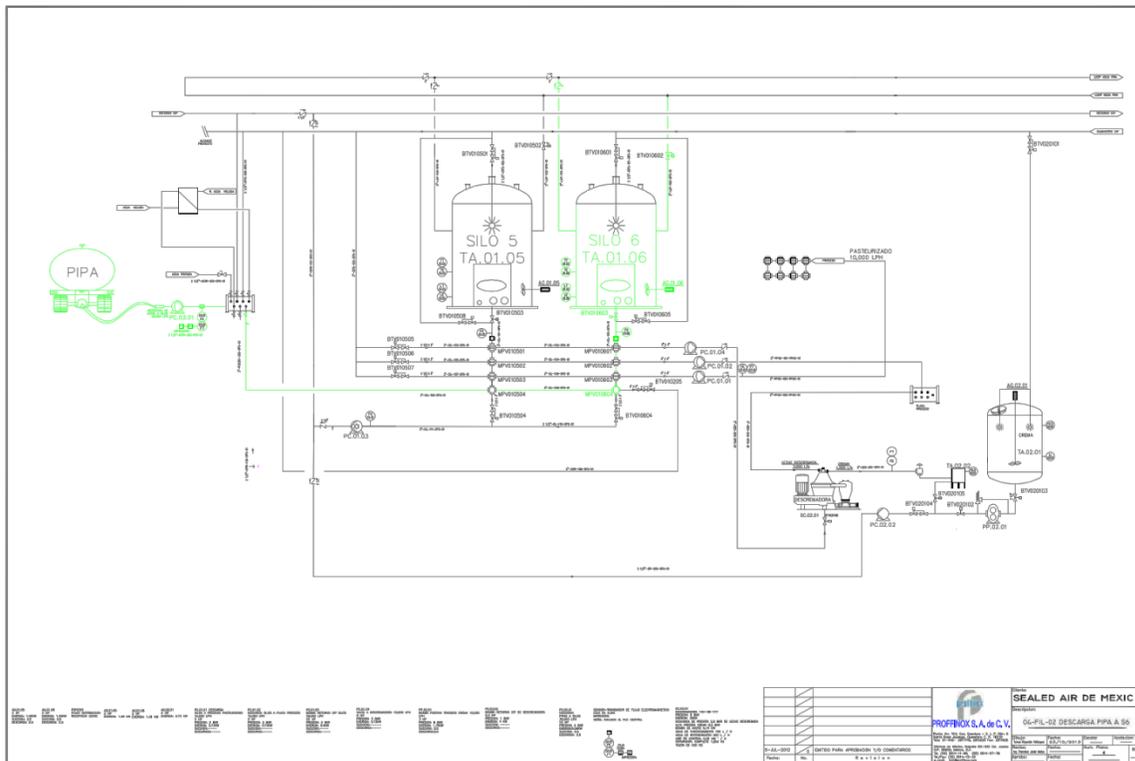


Fig.3.14.- Filosofía de operación descarga de pipas a silo 6

Una vez almacenada la leche en los silos esta necesita mantenerse a una temperatura entre 4 y 6 grados centígrados la cual es monitoreada por el sistema de control mediante los sensores de temperatura mencionados anteriormente. Para mantener esa temperatura se utiliza un sistema de enfriamiento. Los silos están diseñados para que alrededor del tanque pueda circular agua y con el recirculamiento de agua fría mantenga constante la temperatura de los silos.

La tercera y cuarta filosofía de operación corresponde al proceso de enfriamiento de los silos, la apertura y cierre de una válvula para permitir el flujo de agua fría. El bombeo y enfriamiento del agua lo realiza la planta.

Para permitir el flujo de agua fría en el silo 5 se activa la válvula BTV01052 la cual está conectada en la tubería de loop agua fría y con la misma presión pasa por el silo y retorna nuevamente al loop para ser enfriada de nuevo (Fig.3.15). Así mismo para permitir el flujo de agua fría en el silo 6 se realiza la apertura de la válvula BTV01062 (Fig.3.16).

Ya que esta almacenada y enfiada la leche en los silos se procede a hacer uso de la leche, para la cual se extrae cierta cantidad de los silos y se envía al área de proceso en el que se empleara.

La quinta filosofía corresponde a la descarga de leche del silo 5 a descremadora. Por medio de la apertura de la válvula BTV010503 se permite la extracción de leche del silo pasando por el sensor de flujo FS.01.05 y con la apertura de la válvula MPV010501 se desvía esa leche a la bomba PC.01.04 la cual envía la leche a la descremadora. La descremadora hace el proceso de separación de la crema la cual produce 7 000 litros de leche descremada por hora y obtiene 1 000 litros de crema por hora.

La descremadora envía la leche descremada hacia la placa de proceso donde el operador de planta hace uso de ella. La crema obtenida es enviada hacia el tanque pequeño TA.02.02 de aproximadamente 40 litros pasando antes por un sensor de flujo y una válvula reguladora propios del equipo de la descremadora. El nivel de este tanque es monitoreado por el sistema de control mediante el sensor HLS.02.02.

Una vez almacenada la crema en el tanque pequeño mediante la apertura de la válvula BTV010105 y la válvula BTV020102 se extrae la crema con la bomba positiva PP.02.01 y con la apertura de la válvula BTV010203 es almacenada en el tanque de crema TA.02.01 con una capacidad de almacenamiento de 22,500 litros. Con el sensor LL.02.01 y HLS.02.01 se monitorea el nivel bajo y alto respectivamente. Este proceso también incluye la activación del agitador AG.02.01 el cual está instalado en el tanque crema.

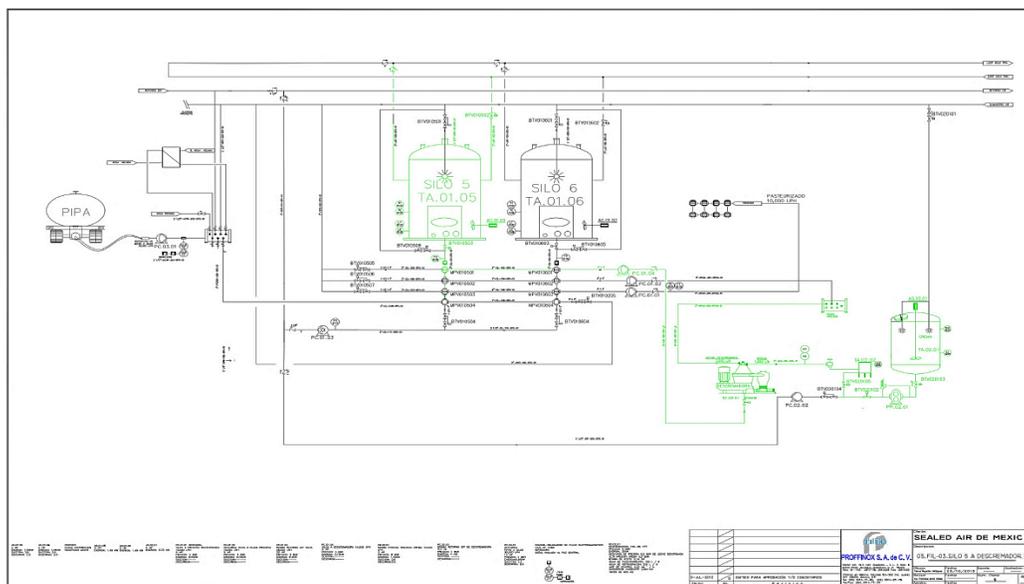


Fig.3.17.- Filosofía de operación descarga silo 5 a descremadora.

La sexta filosofía de operación corresponde a la descarga de silo 6 a descremadora, la cual sigue casi el mismo proceso que la descarga del silo 5 a descremadora con la diferencia que para poder descargar leche del silo se tiene que realizar la apertura de la válvula BTV010605 y la leche pasara por el sensor de flujo FS.01.06, así mismo en el cabezal se acciona la válvula MPV010601 y se envía a la bomba PC.01.04 donde a partir de ahí es el mismo proceso que la filosofía anterior.

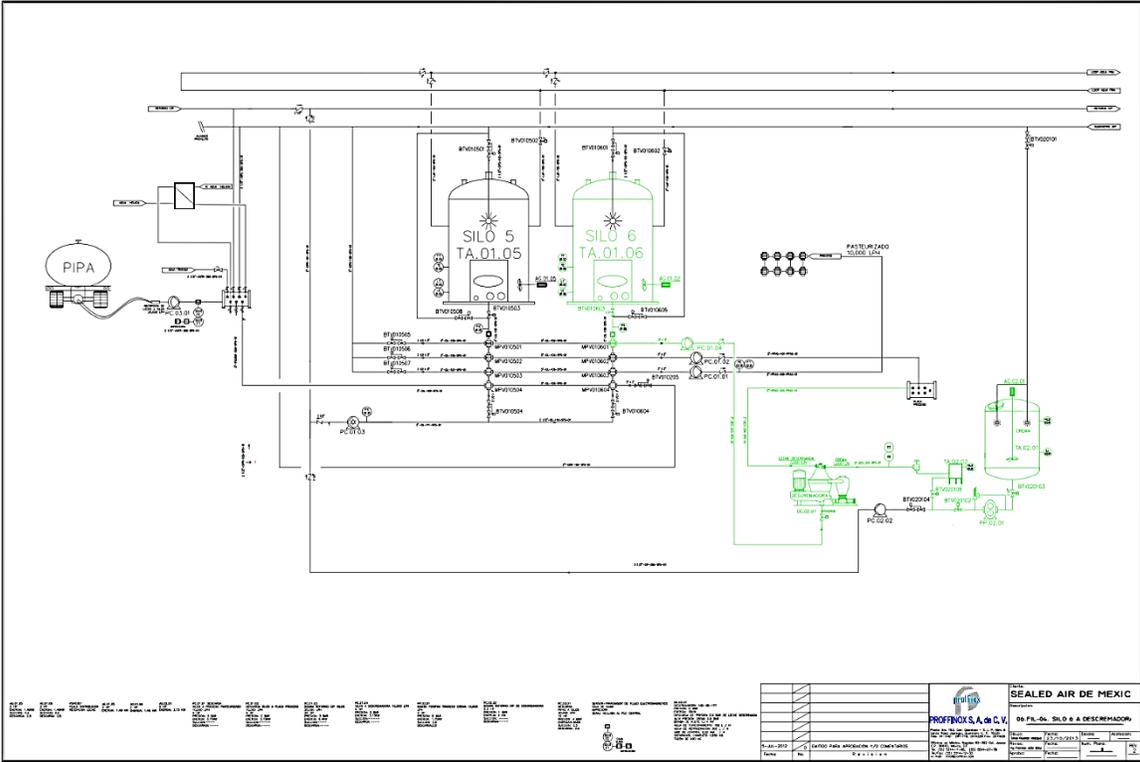


Fig.3.18.- Filosofía de operación descarga silo 6 a descremadora.

La séptima y octava filosofía corresponden a la extracción de leche de los silos para enviarla a placa de proceso donde el operador por medio de mangueras hace el uso correspondiente de ella.

En la séptima filosofía se extrae la leche del silo 5 activando la válvula BTV010503, la leche pasa por el sensor de flujo FS.01.05 donde después con la activación de la válvula MPV010502 se permite el paso hacia la bomba PC.01.02 la cual envía la leche hacia la placa de proceso donde el operador hace uso de la leche (Fig.3.19).

En la octava filosofía la leche se extrae del silo 6 activando la válvula BTV010603 permitiendo el paso hacia el sensor de flujo FS.01.06 donde después activando la válvula MPV010502 se permite el paso hacia la bomba PC.01.02 la cual envía la leche hacia la placa de proceso (Fig.3.20).

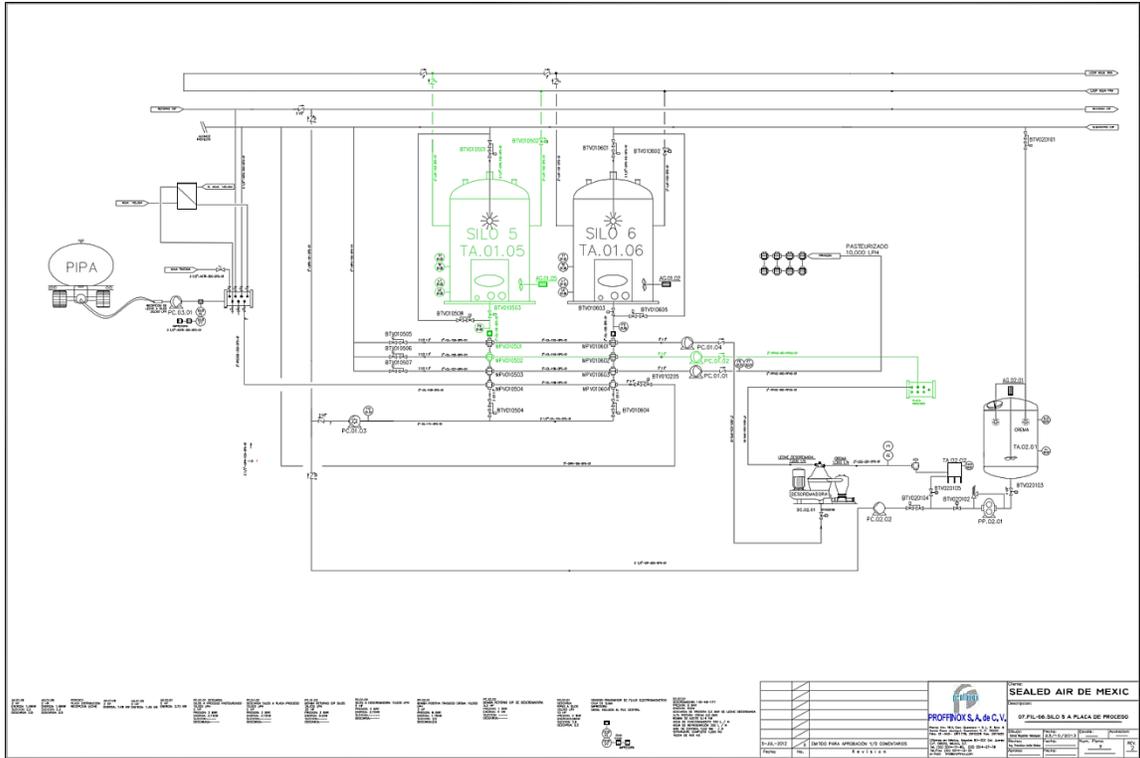


Fig.3.19.- Filosofía de operación descarga silo 5 a placa de proceso

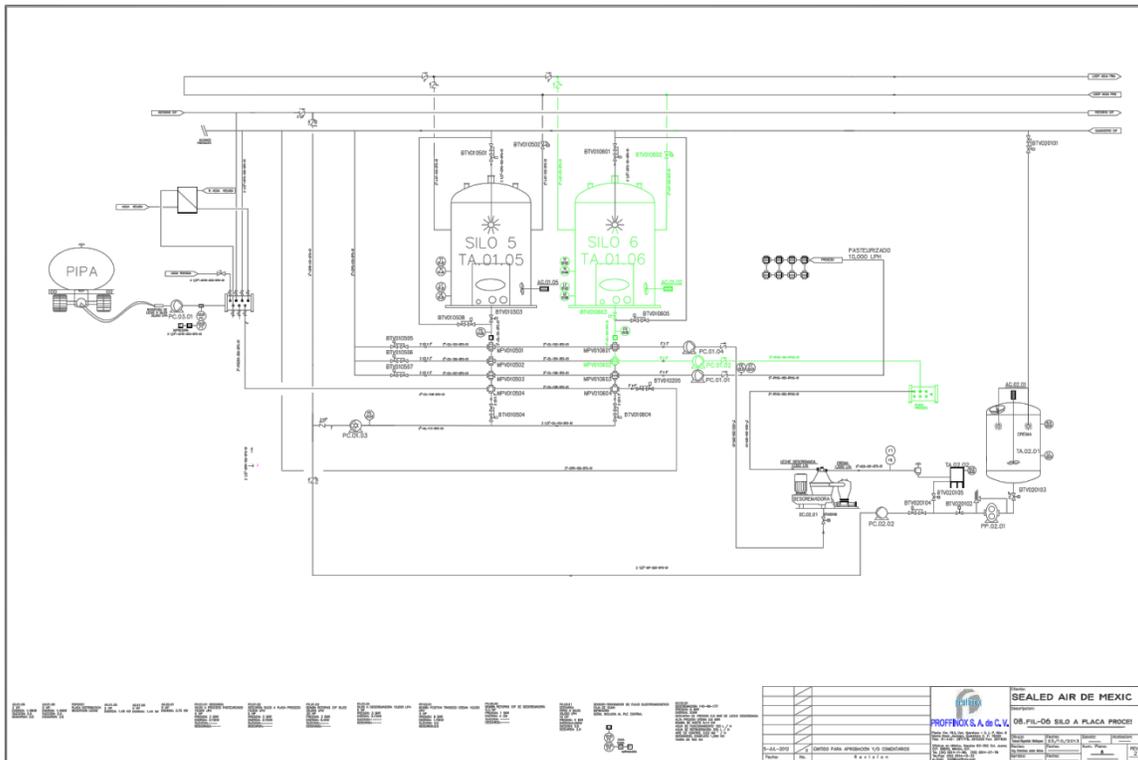


Fig.3.20.- Filosofía de operación descarga silo 6 a placa de proceso

Así mismo la novena y décima filosofía corresponde al envío de leche al proceso de pasteurización.

La novena filosofía se refiere a la descarga del silo 5 hacia pasteurización (Fig.3.21). Al igual que los procesos anteriores para realizar la descarga de leche del silo 5 se tiene que activar la válvula BTV010503 la que permite que la leche pase por el sensor de flujo FS.01.05, después mediante la activación de la válvula MPV010503 del cabezal de válvulas se permite el flujo hacia la bomba PC.01.01 la cual envía la leche hacia el cabezal de válvulas de la planta pasando por el medidor de flujo FE.02.01 con el cual se mide y monitorea la cantidad de leche enviada al área de pasteurización. Ya en el cabezal de válvulas de la planta el operador destina su uso.

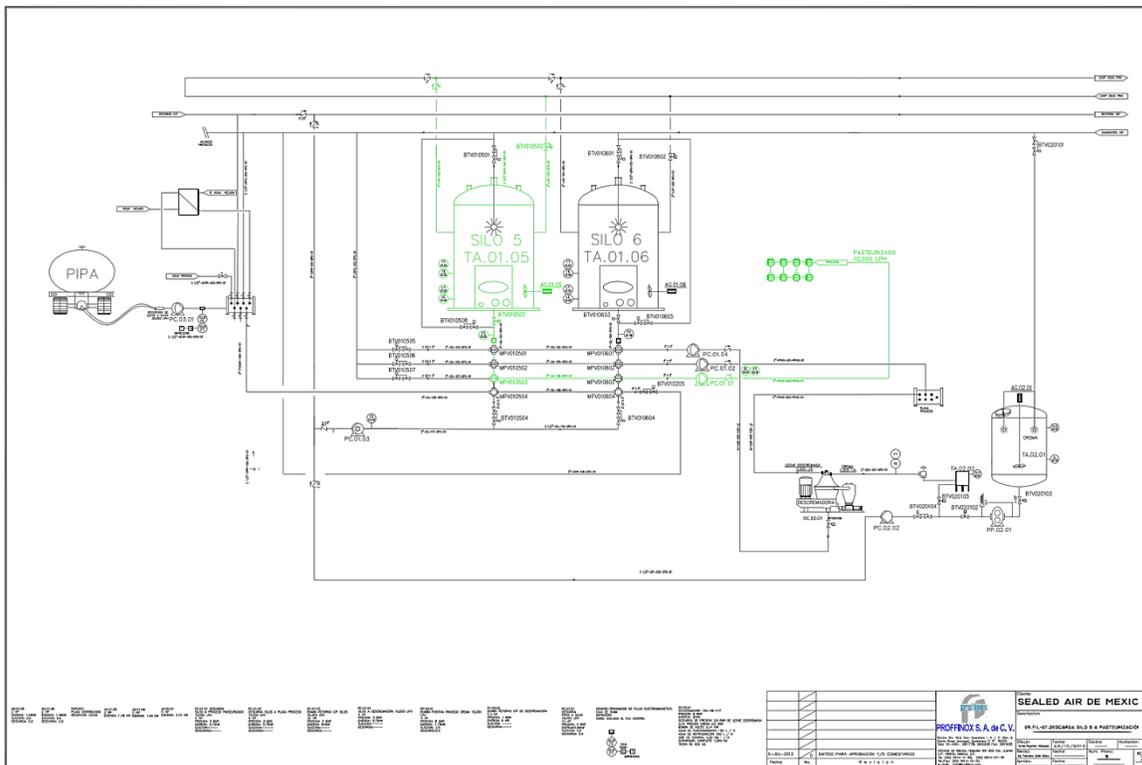


Fig.3.21.- Filosofía de operación descarga silo 5 a pasteurización

Así mismo la décima filosofía de operación trata sobre la descarga del silo 6 al proceso de pasteurización. Para realizar la extracción de leche del silo 6 se activa la válvula BTV010603 la cual permite el paso de la leche hacia el sensor de flujo FS.01.06, posteriormente se abre la válvula MPV010603 permitiendo que el fluido de dirija hacia la bomba PC.01.01 la cual envía la leche hacia el cabezal de válvulas de la planta pasando por sensor de flujo FE.02.01 para medir y monitorear la cantidad de leche enviada.

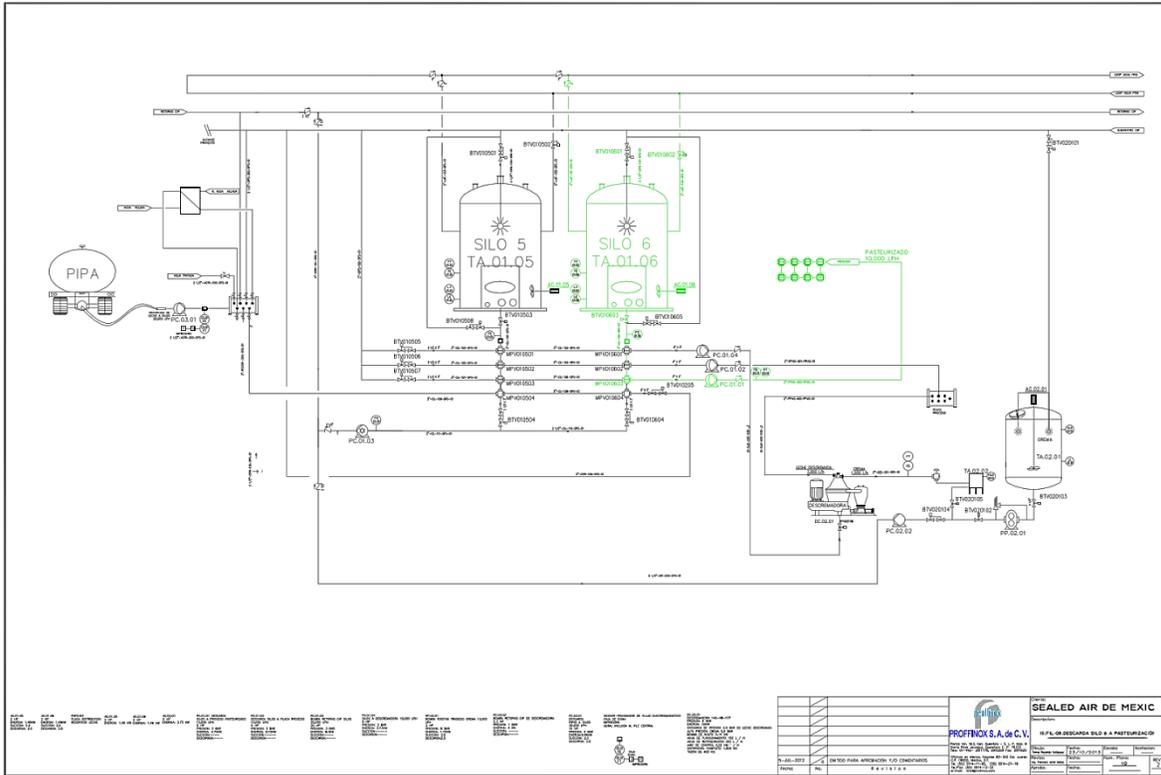


Fig.3.22.- Filosofía de operación descarga silo 6 a pasteurización

Una vez que se ha terminado de utilizar los silos se procede a realizar el CIP de los mismos. Así mismo, después de realizar cada proceso mencionado anteriormente se realiza el proceso de CIP de los equipos y tuberías involucrados en cada proceso, para ellos se presentan las demás filosofías de operación.

Como se mencionó anteriormente, la planta cuenta con un área de CIP donde tienen los tanques de químicos utilizados para el CIP, donde el operador hace el envío y recepción de esos químicos a las diferentes áreas de la planta. Los equipos de la planta están conectados a las tuberías de suministro CIP y retorno CIP. El suministro CIP se realiza activando la bomba PC.03.02 la cual se muestra en el diagrama general de CIP.

La onceava filosofía de operación es el proceso de CIP del silo 5 el cual comienza con la apertura de la válvula BTV010501 la cual permite el suministro CIP al silo, posteriormente para que pueda existir un retorno se abre la válvula BTV010503 la cual permite el flujo hacia el cabezal pasando por el sensor de flujo FS.01.05, ya en el cabezal se abre la válvula MPV010505 la cual hace que el líquido se dirija hacia la bomba de retorno CIP PC.01.03 para enviarlo hacia el retorno CIP de la planta pasando por una válvula Check para evitar el regreso del fluido.

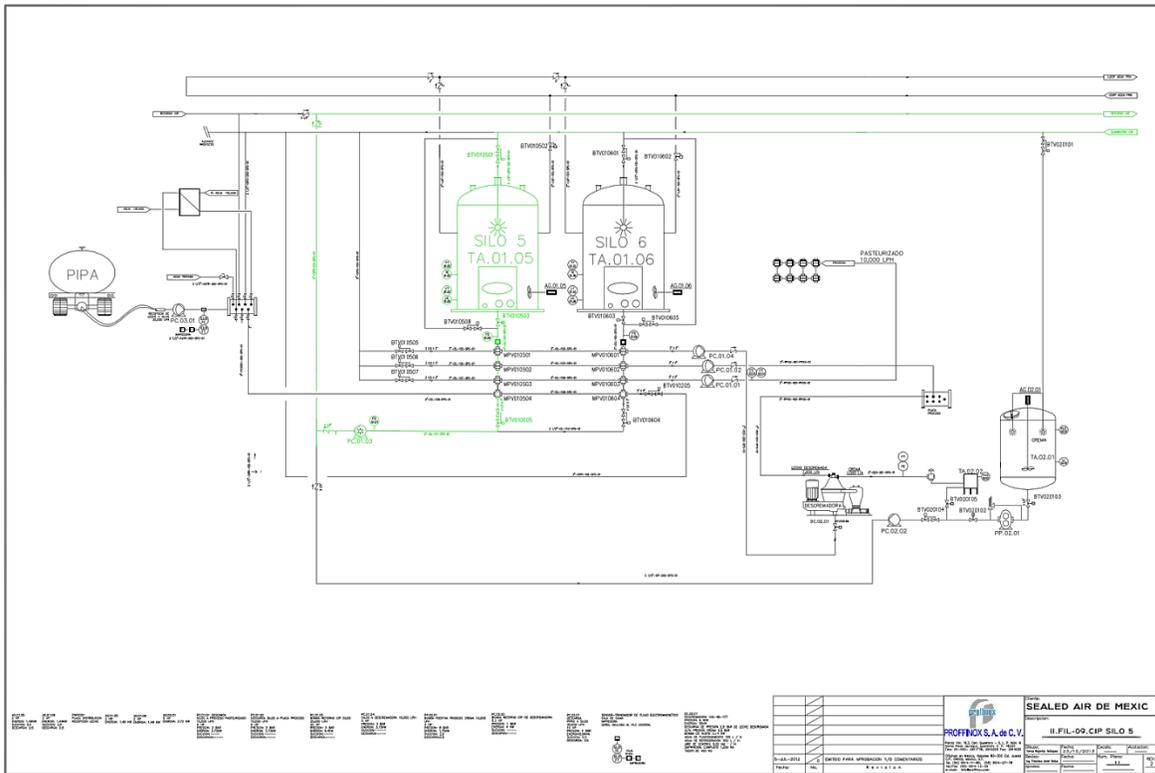


Fig.3.23.- Filosofía de operación CIP silo 5

La doceava filosofía corresponde al CIP del silo 6 (Fig.3.24). Al igual que el CIP del silo 5 el suministro CIP se introduce al silo activando la válvula BTV01061 y para retornar los líquidos se abre la válvula BTV01063 la cual permite el paso del fluido hacia el cabezal de válvulas pasando por el sensor de flujo FS.01.06. Posteriormente se abre la válvula MPV01065 la cual permite el envío hacia la bomba de retorno CIP PC.01.03 donde se envía el líquido hacia el retorno CIP de la planta.

La siguiente filosofía es la de saneamiento tanque crema (Fig.2.25), donde se realiza el mismo procedimiento se permite el suministro de líquidos hacia el tanque crema abriendo la válvula BTV020101 y para desechar esos líquidos se abre la válvula BTV020103 para que la bomba positiva PP.02.01 para que esta succione los líquidos y con la apertura de las válvulas BTV020102 y BTV020104 los envíe a la bomba de retorno CIP PC.02.02, la cual envía esos líquidos al retorno CIP de la planta donde pasa por una válvula check para no permitir el regreso de fluidos.

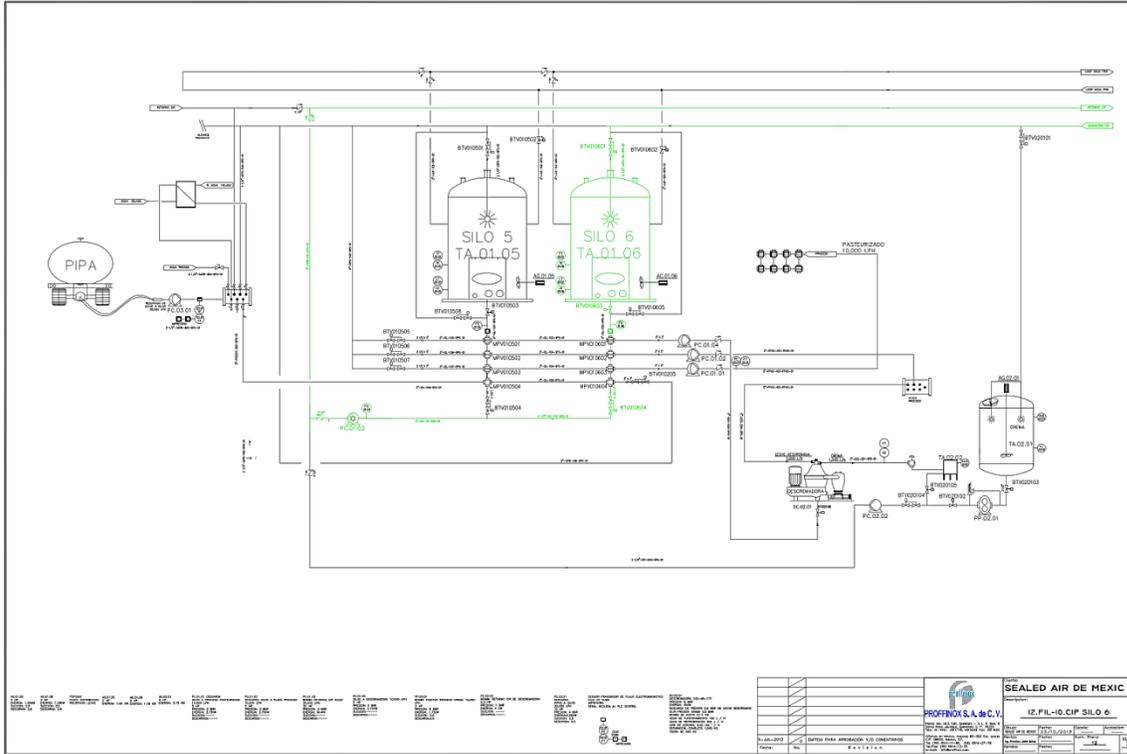


Fig.3.24.- Filosofía de operación CIP silo 6

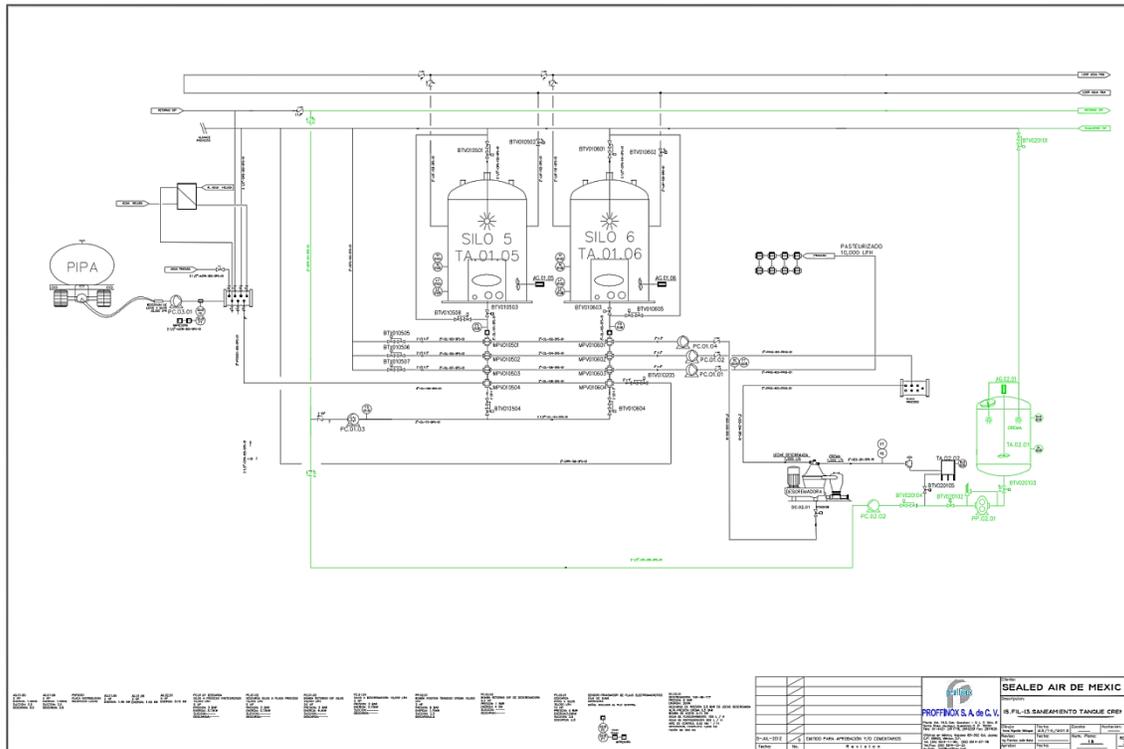


Fig.3.25.- Filosofía de operación saneamiento tanque crema

hacia la bomba PC.01.02 la cual envía estos líquidos a la placa de proceso donde el operador conecta esta placa por medio de manguera al retorno CIP más cercano.

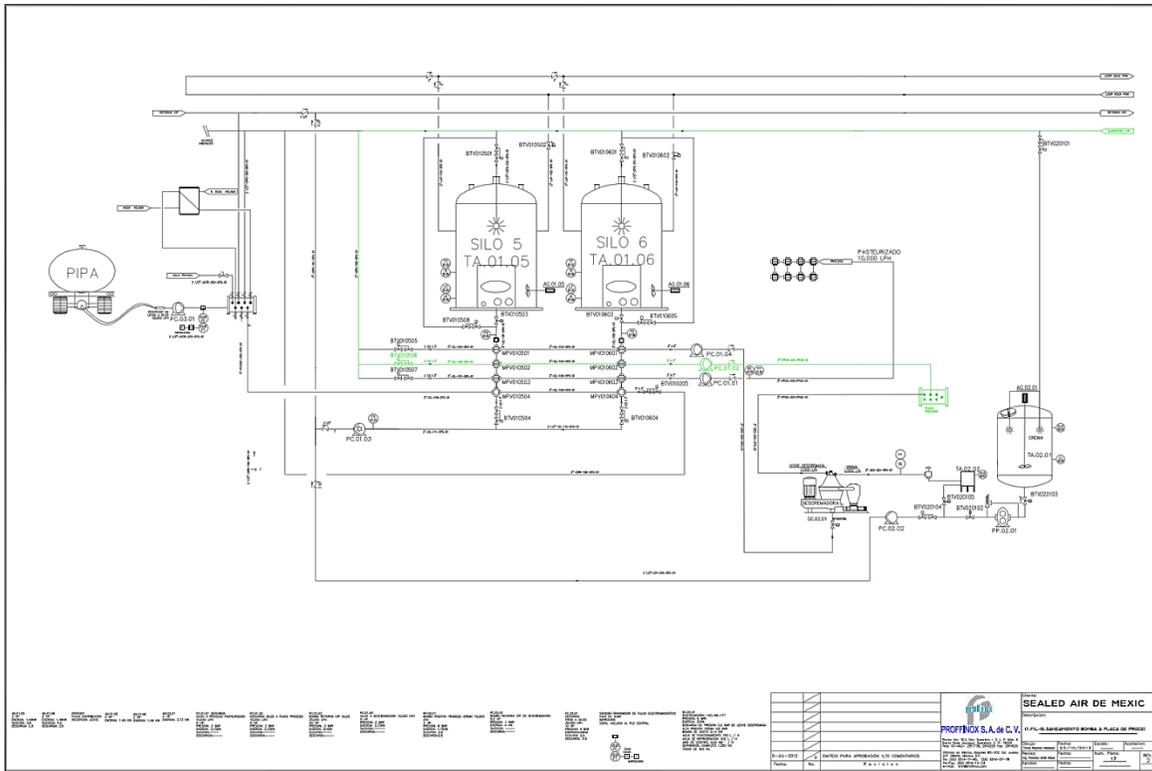


Fig.3.27.- Filosofía de operación saneamiento a placa proceso

La quinceava filosofía de operación consiste en el saneamiento de la tubería y los equipos del proceso de pasteurización (Fig.3.28). Al igual que los demás saneamientos este comienza con el suministro de líquidos que mediante la válvula BTV010507 se permite el paso de estos hacia la bomba PC.01.01 el cual envía estos líquidos hacia el cabezal de válvulas pasando por el sensor de flujo FE.02.01. El operador realiza la apertura de válvulas del cabezal de planta para llevar esos líquidos hacia la tubería de retorno.

La antepenúltima filosofía de operación es el proceso de saneamiento de la tubería y equipos de la descarga de pipas (Fig.3.29). Primeramente los líquidos del CIP se dirigen a la placa diversora de recepción de leche mediante la apertura de la válvula BTV010205. En la placa diversora el operador conecta la tubería que viene de la válvula mencionada hacia la entrada de la bomba de recepción de leche PC.03.01, así mismo el operador conecta en la placa diversora la salida de la bomba al retorno CIP y con el accionamiento de la bomba se regresan los líquidos a la tubería de retorno CIP de la planta.

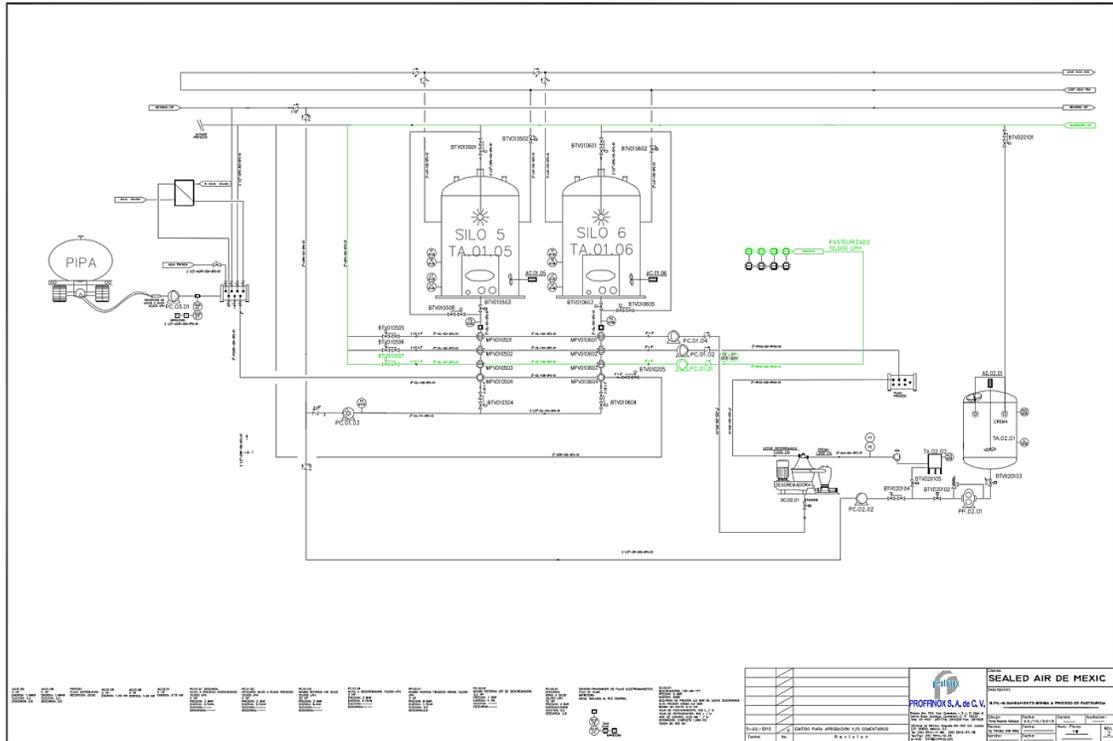


Fig.3.28.- Filosofía de operación saneamiento a pasteurización

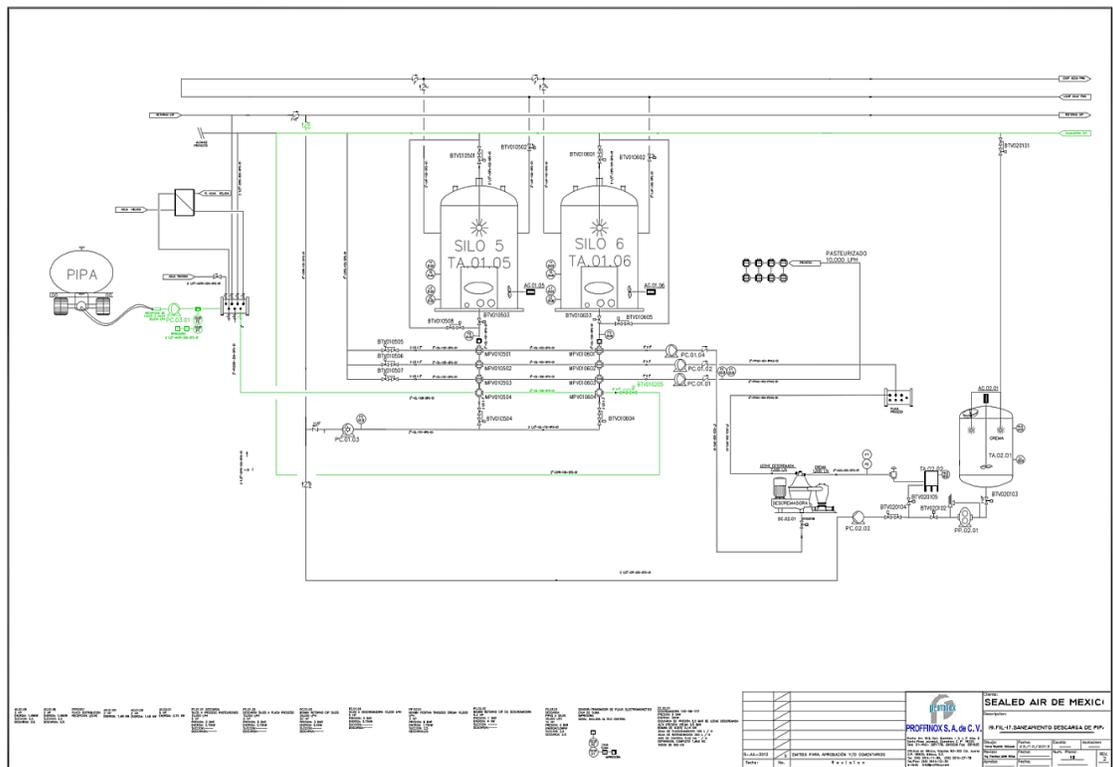


Fig.3.29.- Filosofía de operación saneamiento a descarga de pipas

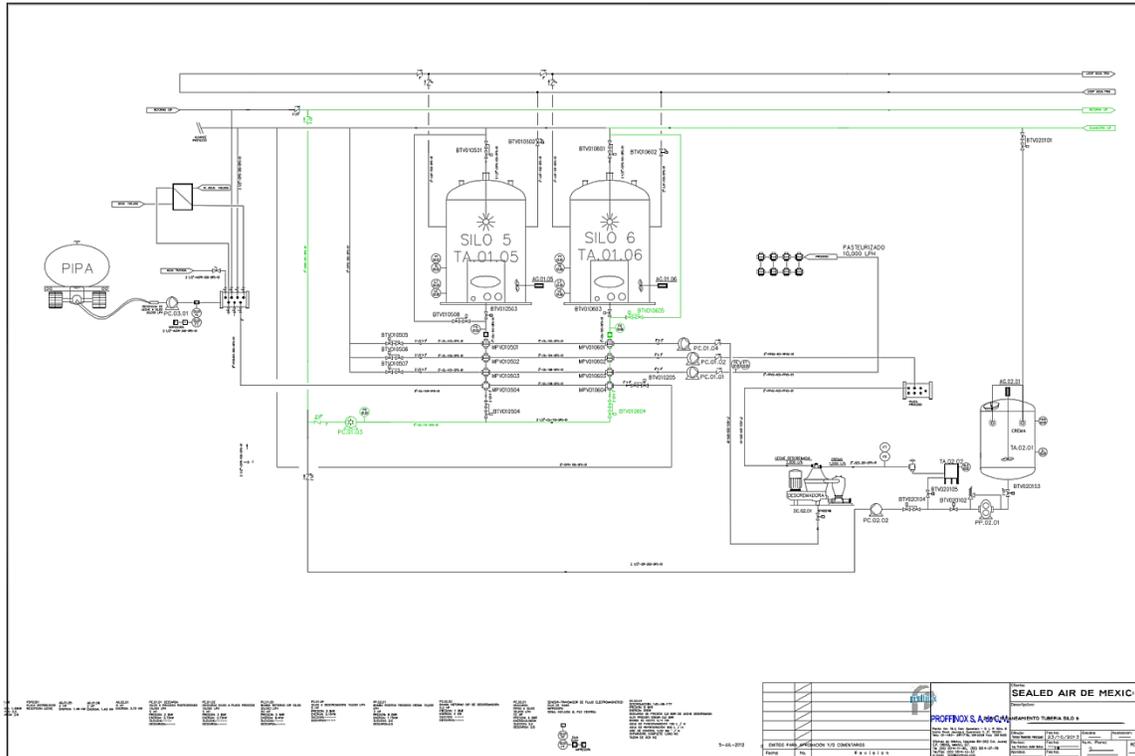


Fig.3.31.- Filosofía de operación saneamiento tubería silo 6

3.2.2.- Diseño de los planos de eléctricos de control

Una vez analizados los diferentes procesos y reconocido todos los equipos que intervienen en el mismo se procedió a realizar el diseño y el dibujo en AutoCAD de los planos eléctricos de control, los cuales prácticamente son el diseño de la estructura eléctrica de control.

Para tener un buen orden en los planos eléctricos cada equipo fue referenciado a una columna identificada por un número y a una fila identificada por una letra, los cuales indican la posición. Así mismo cada plano esta enumerado para que en base al número de plano y posicionamiento se pueda hacer referencia a los equipos.

El voltaje de alimentación nominal que se acordó con el jefe de mantenimiento por necesidades y por ser el voltaje con el que se trabaja en toda la planta fue de 440 VCA.

Características del sistema	
Tensión de operación	480 V
Configuración del sistema	4 Hilos, tres fases y Neutro

Tabla 3.7.- Características del sistema eléctrico

En base a los equipos a controlar y a los elementos de control mencionados anteriormente se realizó el diseño del tablero eléctrico de control. Se diseñó el diagrama de la disposición de los equipos cumpliendo con la norma IRAM 218 [9] la cual dice que todos los elementos se montarán teniendo en cuenta la función, frecuencia de operación, mantenimiento, etc. Serán accesibles para su manejo y mantenimiento, sin posibilidad de contactos accidentales que puedan poner en peligro a las personas, producir deterioro de elementos o salida de servicio de equipos.

Por otro lado también se realizó la disposición de los elementos separando los elementos de control con los de potencia, esto para evitar disturbios a las señales de control. Del lado izquierdo del tablero se colocaron los elementos de control y de lado derecho los elementos de potencia. De acuerdo al diagrama a bloques del Software mencionado anteriormente se tiene para este tablero de control 32 armarios de distribución, nombrados de la siguiente manera:

- X01 Armario de distribución interna para interruptor de alimentación general 440 volts trifásico
- X02 Armario de distribución interna para Power Block
- X03 Armario de distribución de Modulo ASI-BUS
- X04 Armario de distribución de Compaclogix 1769-L32E y tarjetas 1769-IQ32, 1769-OB32. 1769-IF8, 1769-IF8 Y 1789-OF86.
- X05 Armario de distribución interna -24 VDC
- X06 Armario de distribución interna +24 VCD
- X07 Armario de distribución interna neutro
- X08 Armario de distribución interna 110 VCA
- X09 Armario de distribución interna relevadores 24 VCD
- X10 Armario de distribución interna de fusibles
- X11 Armario de distribución interna de guardamotors 2 bloques de 63 amperes
- X12 Armario de distribución interna de contacto bipolar 110 VCA
- X13 Armario de distribución interna de fuente de poder 24 VDC
- X14 Armario de distribución interna de Swicht Ethernet

- X15 Armario de distribución interna alimentación general
- X16 Armario de distribución interna salida para bomba de retorno CIP 15 HP
- X17 Armario de distribución interna salida para bomba de transferencia de leche silo a descremadora 5 HP
- X18 Armario de distribución interna salida para bomba recepción de leche a silo 10 HP
- X19 Armario de distribución interna para bomba de transferencia de silos a proceso 5 HP
- X20 Armario de distribución interna de salida para motor agitador AG.02.01 5HP
- X21 Armario de distribución interna salida para bomba de transferencia de crema a proceso 3 HP
- X22 Armario de distribución interna salida para motor agitador AG.01.06 2 HP
- X23 Armario de distribución interna salida para motor agitador AG.01.05 2 HP
- X24 Armario de distribución interna clemas de la tarjeta 1769-OF86
- X25 Armario de distribución interna clemas de la tarjeta 1769-IF8
- X26 Armario de distribución interna clemas de la tarjeta 1769-IF8
- X27 Armario de distribución interna clemas de la tarjeta 1769-OB32
- X28 Armario de distribución interna clemas de la tarjeta 1769-IQ32
- X29 Armario de distribución interna de panel View Plus 600
- X30 Armario de distribución interna neutro
- X31 Armario de distribución interna línea
- X32 Armario de distribución interna Interruptores termomagnéticos
- X33 Armario de distribución interna sistema de refrigeración
- X35 Armario de distribución interna relevadores 24VDC
- X34 Armario de distribución interna arrancadores suaves SMC-3™

De acuerdo a los armarios de distribución mencionados anteriormente el diseño del tablero quedo tal y como se observa en la figura 3.32. Las dimensiones del armario fueron de 1.20 m de ancho por 2 m de altura. De los cuales el espacio usado para la colocación de los elementos y cableado fue de 1.10 m de ancho por 1.86 m de altura.

Como se observa en el diagrama en el diseño se contempló un espacio para el cableado cumpliendo con la norma anteriormente mencionada la cual dice que en cada sección deberá preverse un canal para el pasaje de los conductores, el cual deberá ser accesible por la parte frontal.

En base al sistema eléctrico de la planta realizó el diseño de la alimentación general del tablero la cual consistió de un interruptor termomagnético tripolar para la protección general del tablero. La alimentación de 440 VCA se llevó a clemas de conexión de potencia conocido como Power Block tal y como se observa en el diagrama dibujado en la figura 3.33. Esta conexión se realizó cumpliendo con la norma IRAM [9] que dice que la distancia mínima entre fases y tierra para un voltaje de 380/220 volts debe ser de 40 mm.

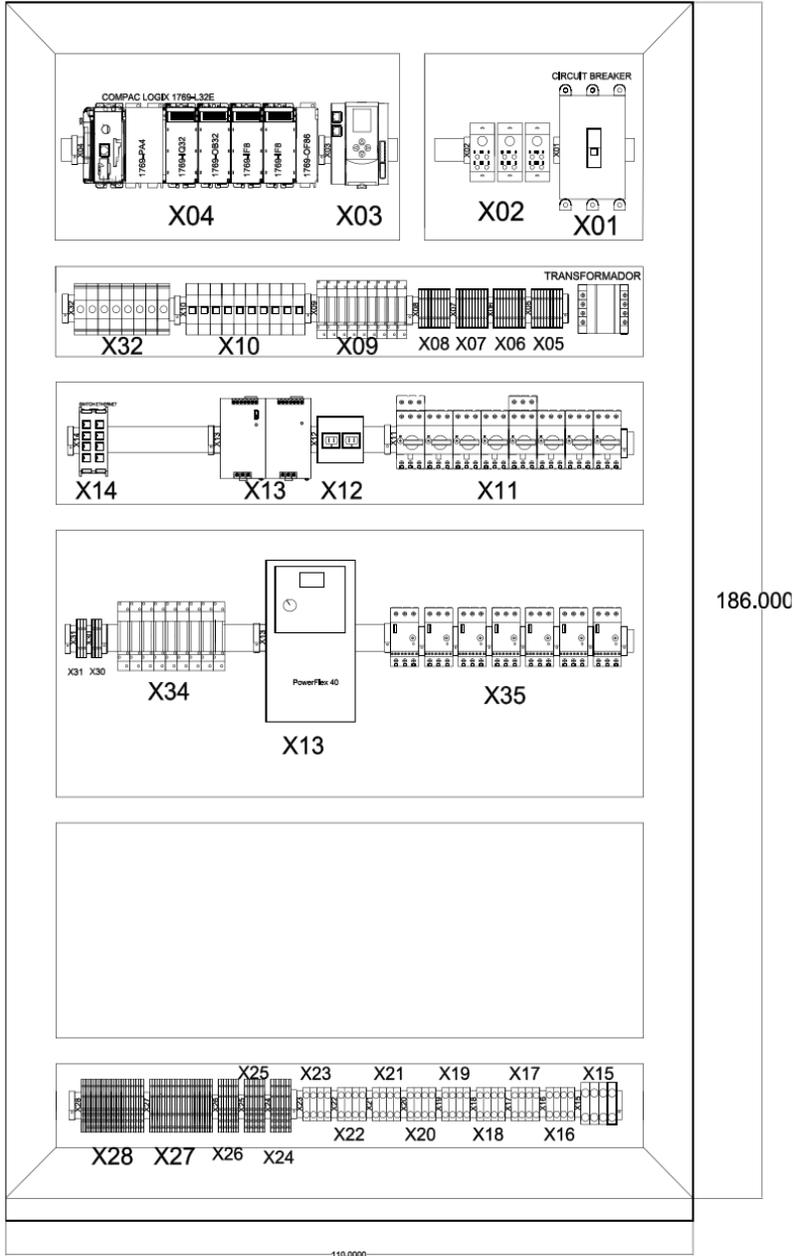


Fig.3.32.- Diseño del tablero

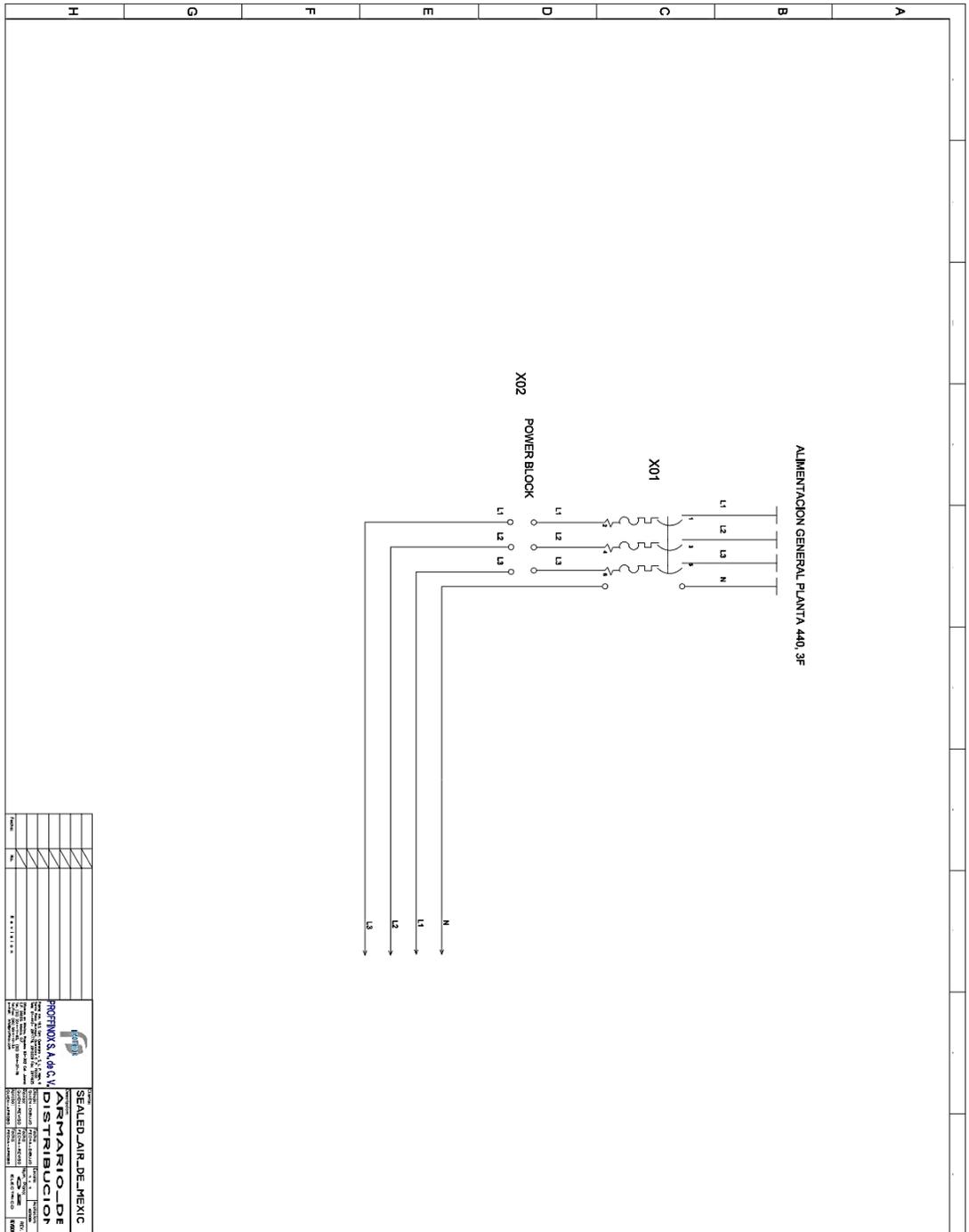


Fig.3.33.- Alimentación general del tablero

De acuerdo a las especificaciones técnicas de los equipos de control y monitoreo se trabajó con una alimentación de 120 VCA y un voltaje de 24 VCD, por lo que para el primer caso se instaló un transformador de 5 kVa- 440 VCA a 120 VCA. La salida del transformador la conectamos a un interruptor termomagnético de 10 Amperes

tanto para línea como neutro, posteriormente cada salida de los interruptores se conectaron a 10 clemas de conexión dobles (Fig. 3.34).

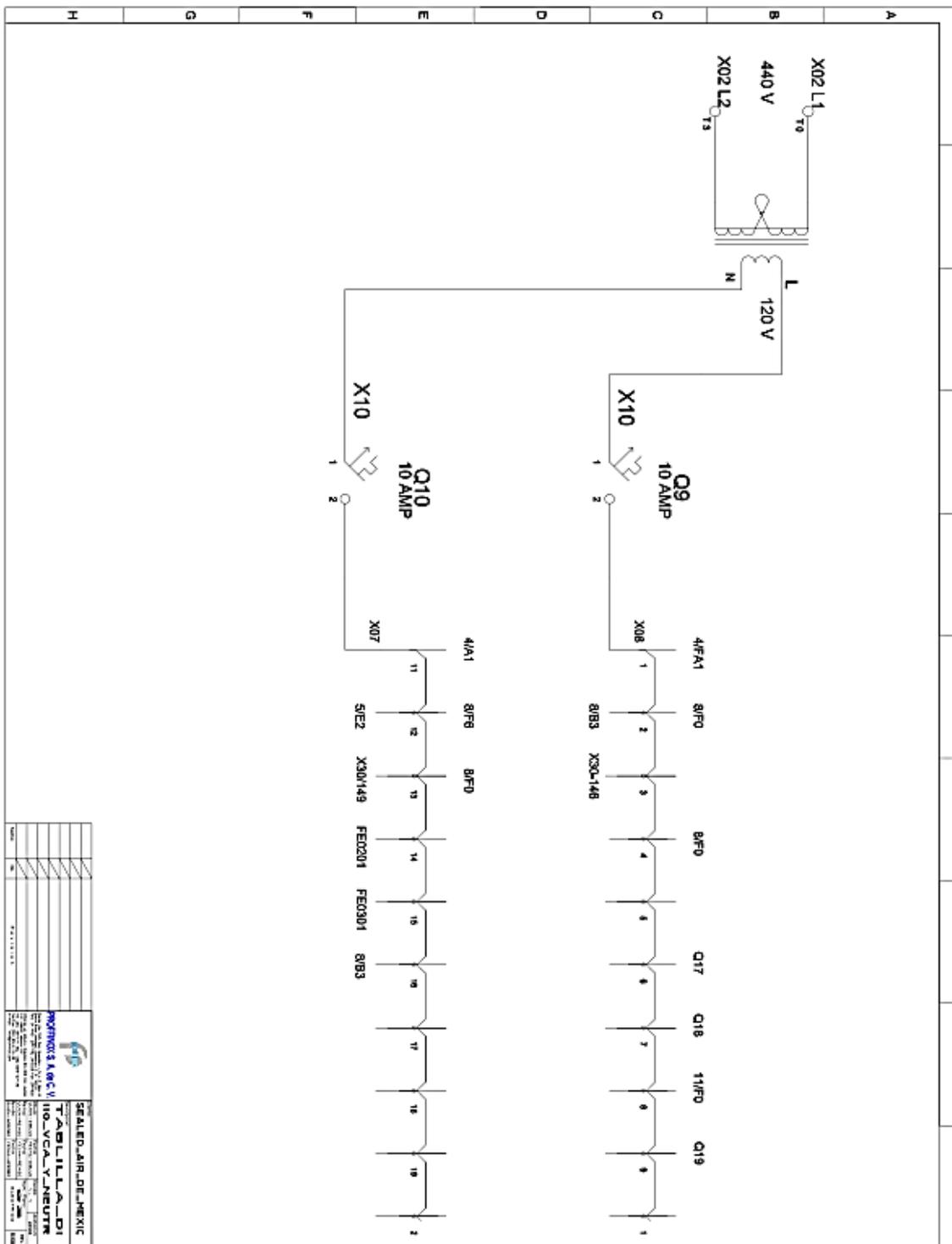


Fig.3.34.- Alimentación 120 VCA

Para la alimentación de 24 volts de corriente directa se consideró una fuente de voltaje la cual era alimentada con 120 VCA y proporcionaba 24 VCD. De la tabilla de clemas de 120 VCA línea y neutro se conectaron dos interruptores termomagnéticos de 2 amperes uno para línea y otro para neutro. La salida de estos interruptores se conectó a la entrada de la fuente de 24 VCD.

Posteriormente la salida positiva de la fuente se conectó a un interruptor termomagnético de 2 amperes que así mismo la salida de dirigió a un bloque de 10 clemas dobles. Por otro lado la salida negativa de la fuente fue conectada directamente a otro bloque de 10 clemas dobles (Fig.3.34).

Posteriormente se realizó el diseño de la conexión de las bombas y motores. Como se puede observar en la tabla 3.6 mostrada con anterioridad todas las bombas y motores funcionan a un voltaje trifásico de 440 Volts. La alimentación para los motores se toma directamente del Power Block pasando por los guardamotors los cuales son la protección de las bombas y motores. La salida de las protecciones se dirige hacia los arrancadores suaves o los variadores según sea el caso.

La elección de los guardamotors se realizó de acuerdo a la Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEDE-2012 [10] de instalaciones eléctrica la cual dice que las protecciones de los motores deben ser de mínimo el 125 % de la corriente nominal del equipo, por lo que se tiene la siguiente tabla:

	MOTOR	AMPS PLACA		AMPERS MIN. DE PROTECCIÓN	AMPERS PROTECCION ELEGIDA
1	BOMBA RCIP CREMA	6.5	X 1.25	8.125	16
2	AGITADOR TANQUE CREMA	6.5		8.125	16
3	BOMBA POSITIVA CREMA	4.1		5.125	6.3
4	BOMBA DESCARGA DE PIPAS	12.3		15.375	25
5	BOMBA SILOS A DESCREMADORA	6.5		8.125	16
6	BOMBA SILOS A PLACA PROCESO	6.5		8.125	16
7	BOMBA SILOS A PASTEURIZACION	6.5		8.125	16
8	BOMBA RCIP SILOS	18		22.5	32
9	AGITADOR SILO 5	2.5		3.125	6.3
10	AGITADOR SILO 6	2.5		3.125	6.3
11	BOMBA SUMINISTRO CIP	18		22.5	32

Tabla 3.8.- Amperaje de protección de las bombas y motores

La salida de los guardamotores se conectan a los arrancadores o a los variadores de velocidad según sea el caso, tal y como se observa en los diagramas de las figuras de la 3.35 a la 3.38. Así mismo para cumplir con la norma IRAM 2181 [9] el cableado que va de los arrancadores y variadores hacia las bombas se conectó a clemas, esto para poder lograr una desconexión fácil de los equipos según lo indica la norma.

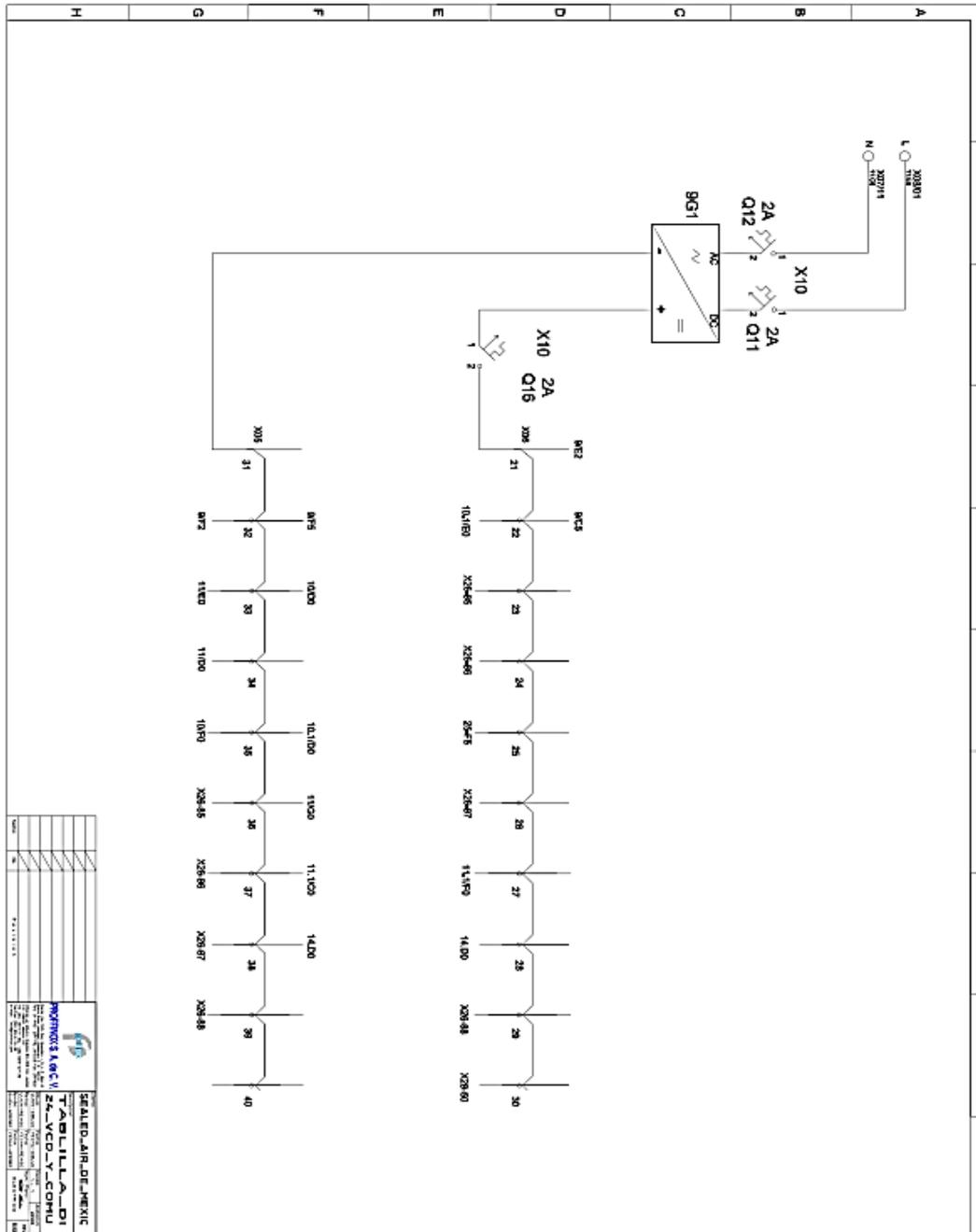


Fig.3.34.- Alimentación 24 VCD

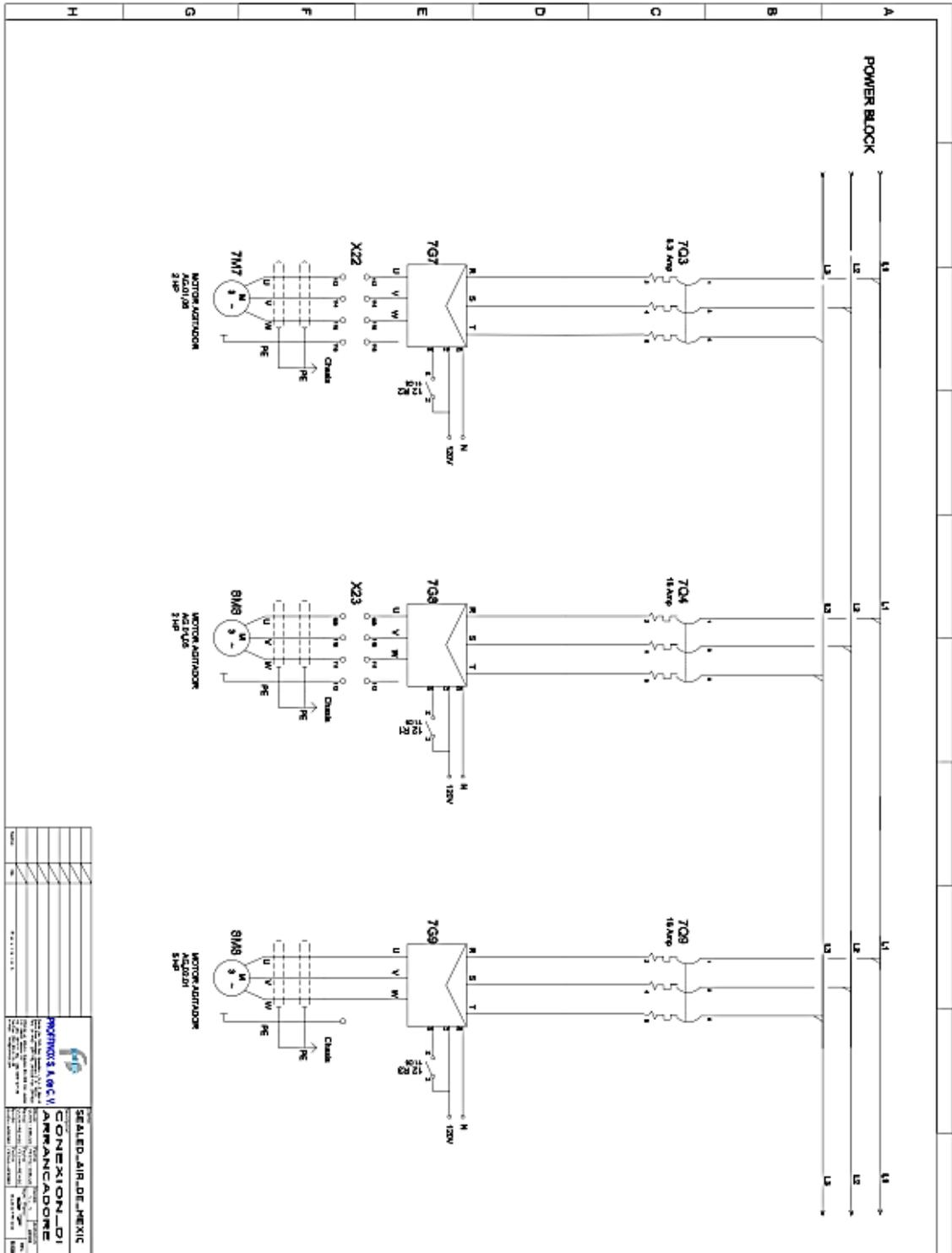


Fig.3.37.- Diagrama de conexión de motores trifásicos

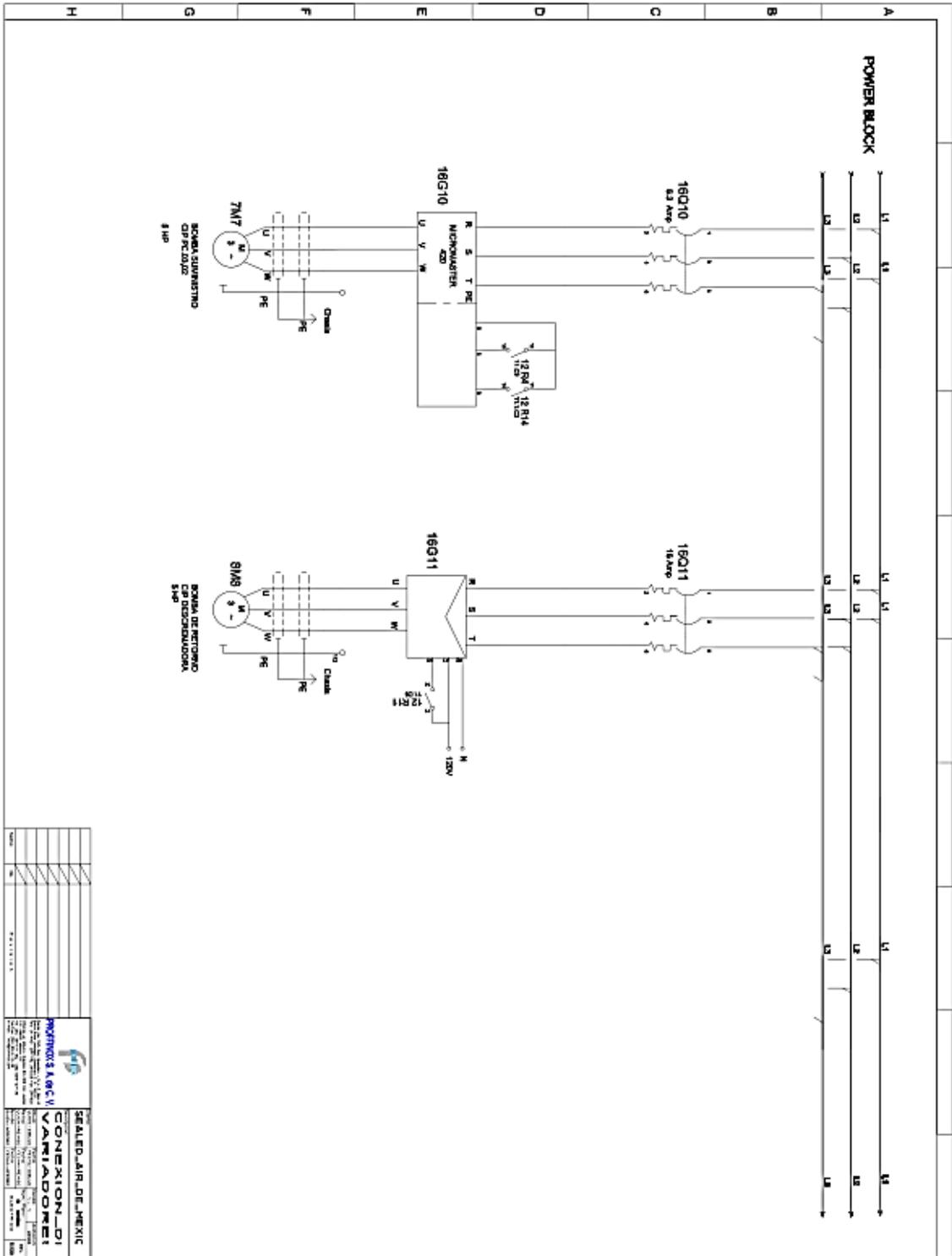


Fig.3.38.- Diagrama de conexión de bombas centrífugas con alimentación trifásica

SEALDO-AIR-DE-MEXIC	
CONEXION-DI	
VARIADOREI	
INGENIERIA S.A. DE C.V. Av. de las Industrias No. 1234 C.P. 06000 México, D.F. México Tel: (52) 55 55 55 55 55 Fax: (52) 55 55 55 55 55 E-mail: info@ingenieria.com.mx	
No. de Proyecto: 123456 No. de Hoja: 1 de 1	Fecha: 12/12/2023

El PLC se alimenta con 24 volts de corriente directa para lo cual se tomó esos 24 volts de la tablilla de alimentación de 24 VCD. La alimentación positiva del PLC pasa por un interruptor termomagnético de 2 Amperes. La fuente de 31 volts se conectó directamente a la tablilla de alimentación de 120 VCA. La salida de la fuente se conectó al Gateway ASI-bus conectando el cable positivo a un fusible de 2.5 Amperes (Fig.3.40).

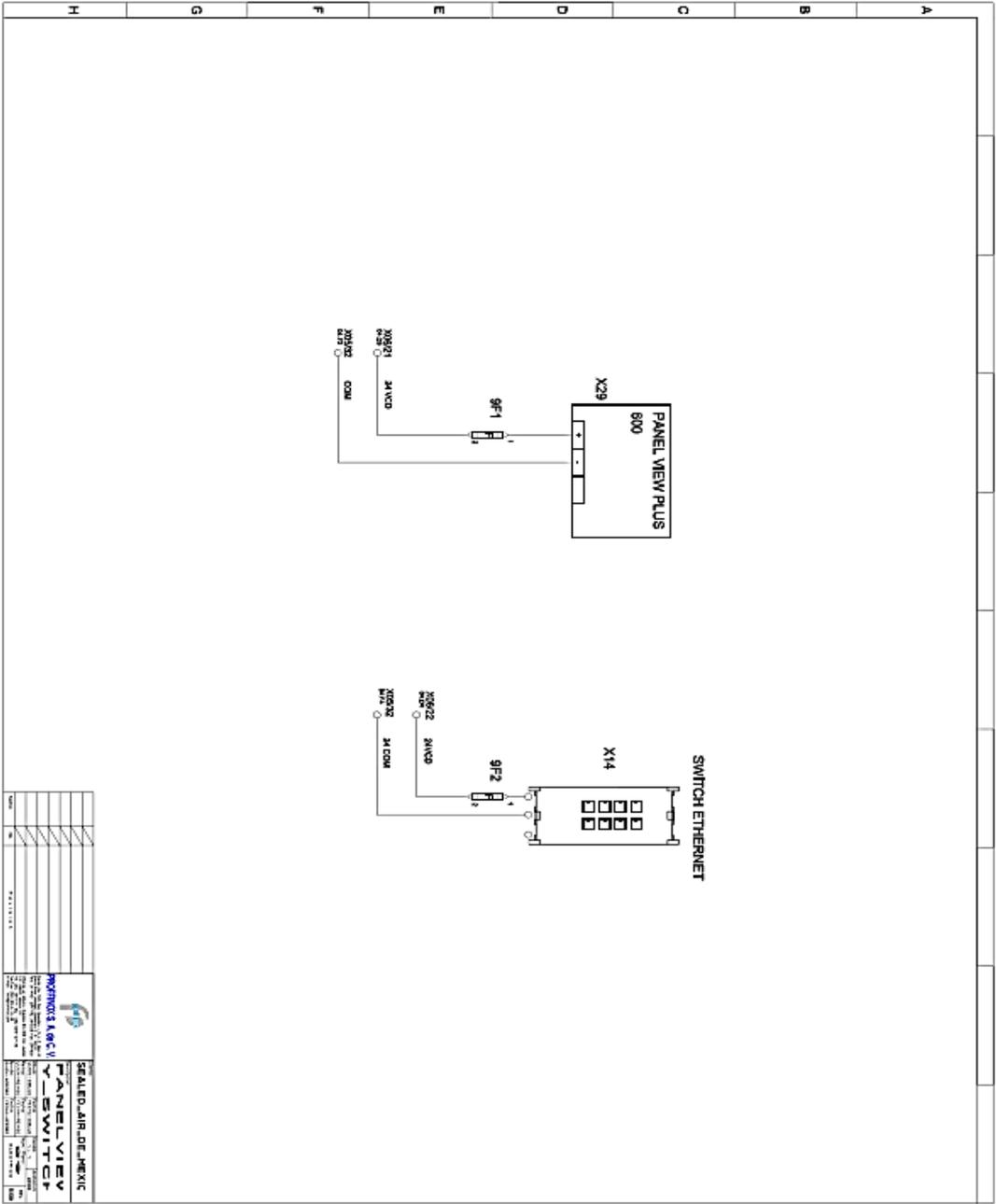


Fig.3.40.- Diagrama de conexión equipos generales

Como se mencionó en el capítulo anterior al PLC van conectadas 5 tarjetas de entradas y salidas por lo que también se diseñó el diagrama de conexión de estas tarjetas. Las tarjetas están identificadas como Slot con un número según la posición en la que estén conectados con el PLC. Cada slot es conectado a 24VCD tanto positivo como negativo donde cada uno pasa por un fusible de 2 Amperes.

Cada salida de las tarjetas está identificada con una combinación de 5 números. El primer número de identificación representa si es una entrada o salida, este número puede ser “0” representando una entrada o un “1” representando una salida. El siguiente par de números representa el número de Slot al que pertenece la señal. Los últimos dos números representa el número de señal.

La primera tarjeta conectada es la de entradas digitales (Tabla 3.9). A esta tarjeta están conectados 8 sensores y reciben 4 señales externas. Todas las señales se conectan a un bloque de clemas de tres niveles. El primer nivel es la conexión de la salida de la tarjeta, el segundo al segundo nivel se conecta a las tablillas de conexión de 24 VCD positivo, mientras que el tercer nivel se conecta a la tablilla de 24 volts negativos tal y como se observan en las figuras 3.41 y 3.42.

<i>Entradas digitales.- Tarjeta Allen Bradley 1769-IQ32</i>	
<i>Numero de entrada</i>	<i>Elemento o señal</i>
0	Sensor de flujo FS.01.05
1	Sensor de nivel bajo LLS.02.01
2	Sensor de flujo FS.01.01
3	Sensor de nivel alto HLS.02.01
4	Medidor de flujo electromagnético FE.03.01
5	Medidor de flujo electromagnético FE.02.01
8	Señal centrifugadora K1:A1
9	Señal alarma general K2:A1
10	Señal bomba producto K3:A1
11	Señal reserva K4:A1
25	Señal de nivel alto HLS.02.02

Tabla 3.9.- Entradas digitales

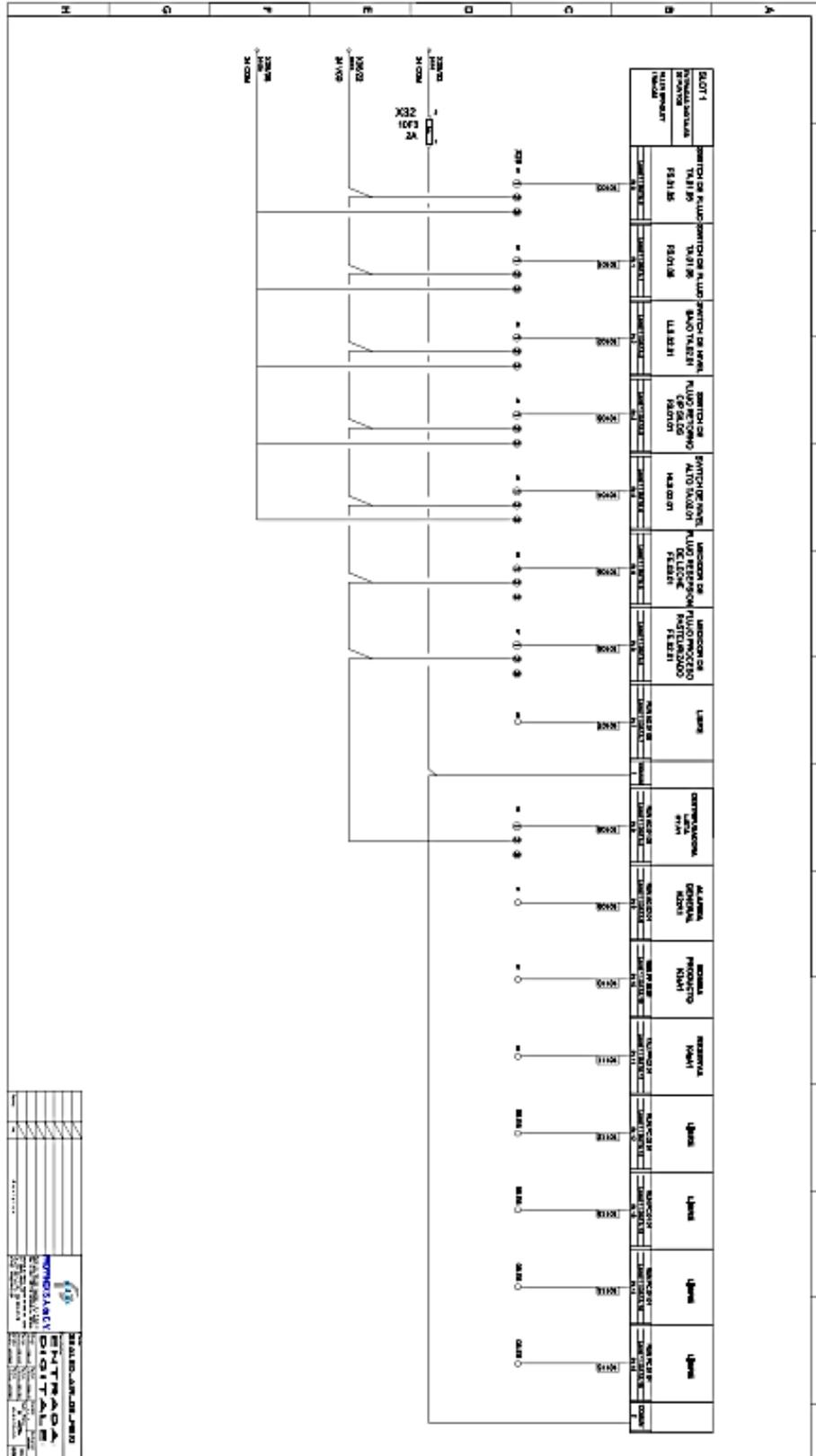


Fig.3.41.- Entradas digitales

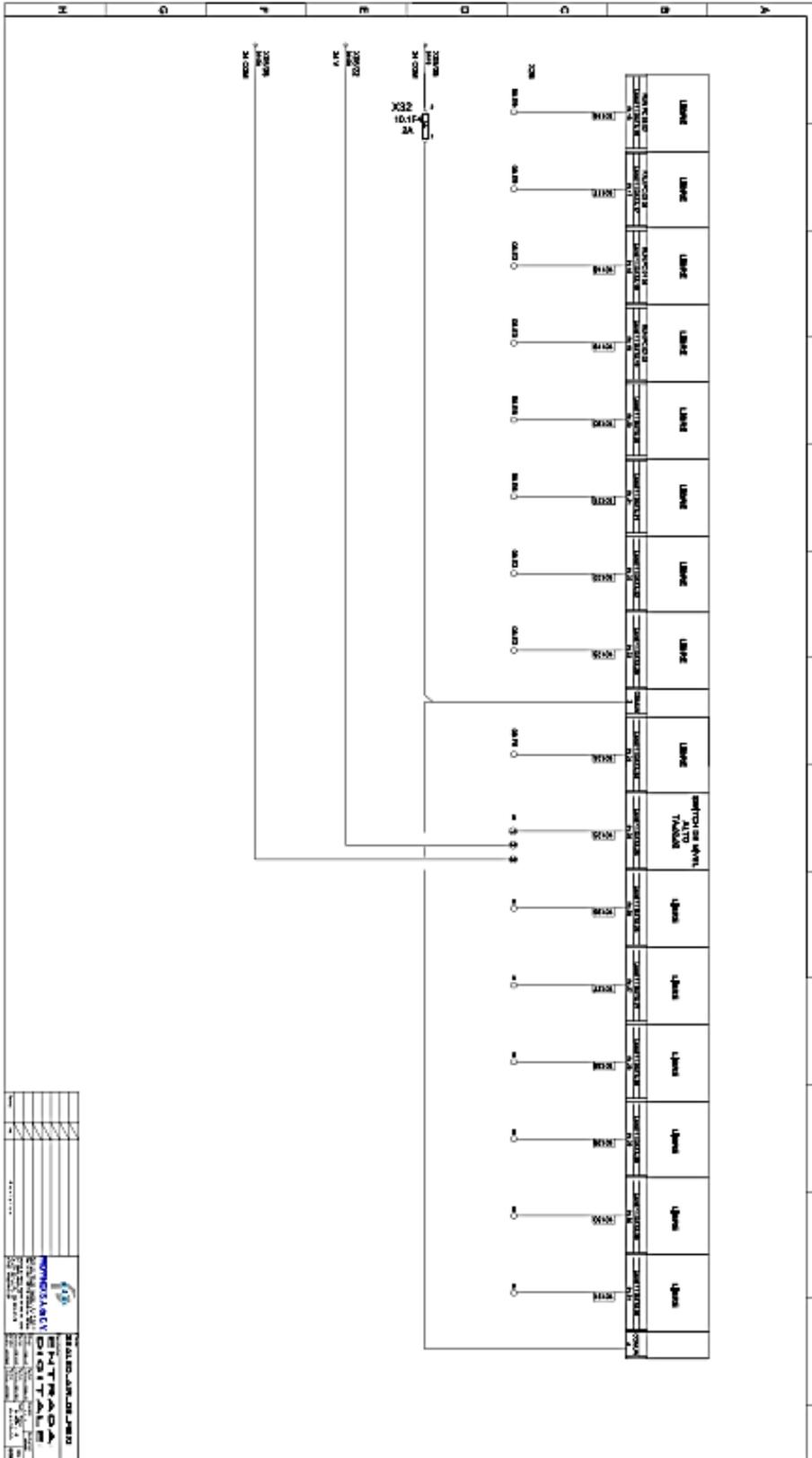


Fig.3.42.- Entradas digitales

El Slot 2 es la tarjeta de salidas digitales a esta tarjeta se conecta 20 señales las cuales todas se conectan a relevadores (Tabla 3.10). Una parte de la bobina del relevador se conecta a 24 VCD positivo que sale de la tarjeta mientras que la otra parte se conecta a la tablilla de 24VCD negativo. La etapa de potencia del relevador de la salida 1 a la 10 y las salidas 20 y 21 se conectan a la tablilla de 120 VCA mientras que el retorno se conectan al segundo nivel de un bloque de clemas de conexión de tres niveles (Fig.3.43 y 3.44).

La parte de potencia de los demás relevadores se conecta a un bloque de clemas de tres niveles donde al primer nivel se le conecta el común y al nivel 2 la señal.

Salidas digitales.- Tarjeta Allen Bradley 1769-OB32	
<i>Numero de salida</i>	<i>Elemento o señal</i>
0	Arrancador suave SMC-3 -Agitador AG.01.05
1	Arrancador suave SMC-3- Agitador AG.01.06
2	Arrancador suave SMC-3- Agitador AG.02.01
3	Variador Power Flex 40 Bomba PP.02.01
4	Arrancador suave SMC-3- Bomba PC.03.01
5	Arrancador suave SMC-3- Bomba PC.01.01
6	Arrancador suave SMC-3- Bomba PC.01.02
7	Arrancador suave SMC-3- Bomba PC.01.03
8	Señal 40 Hz Variador Micromaster 420- Bomba PC.03.02
9	Arrancador suave SMC-3- Bomba PC.01.04
10	Arrancador suave SIRIUS 3RW30- Bomba PC.02.02
11	Señal WG1
12	Señal WG2
18	Señal 60 HZ Variador Micromaster 420- Bomba PC.03.02
19	Señal reversa Variador Power Flex 40- Bomba PP.02.01
20	Válvula de enfriamiento BTV010502
21	Válvula de enfriamiento BTV010602
22	Señal arranque/paro CIP
23	Señal descarga total TA.02.01
24	Señal descarga parcial TA.02.01

Tabla 3.10.- Salidas digitales

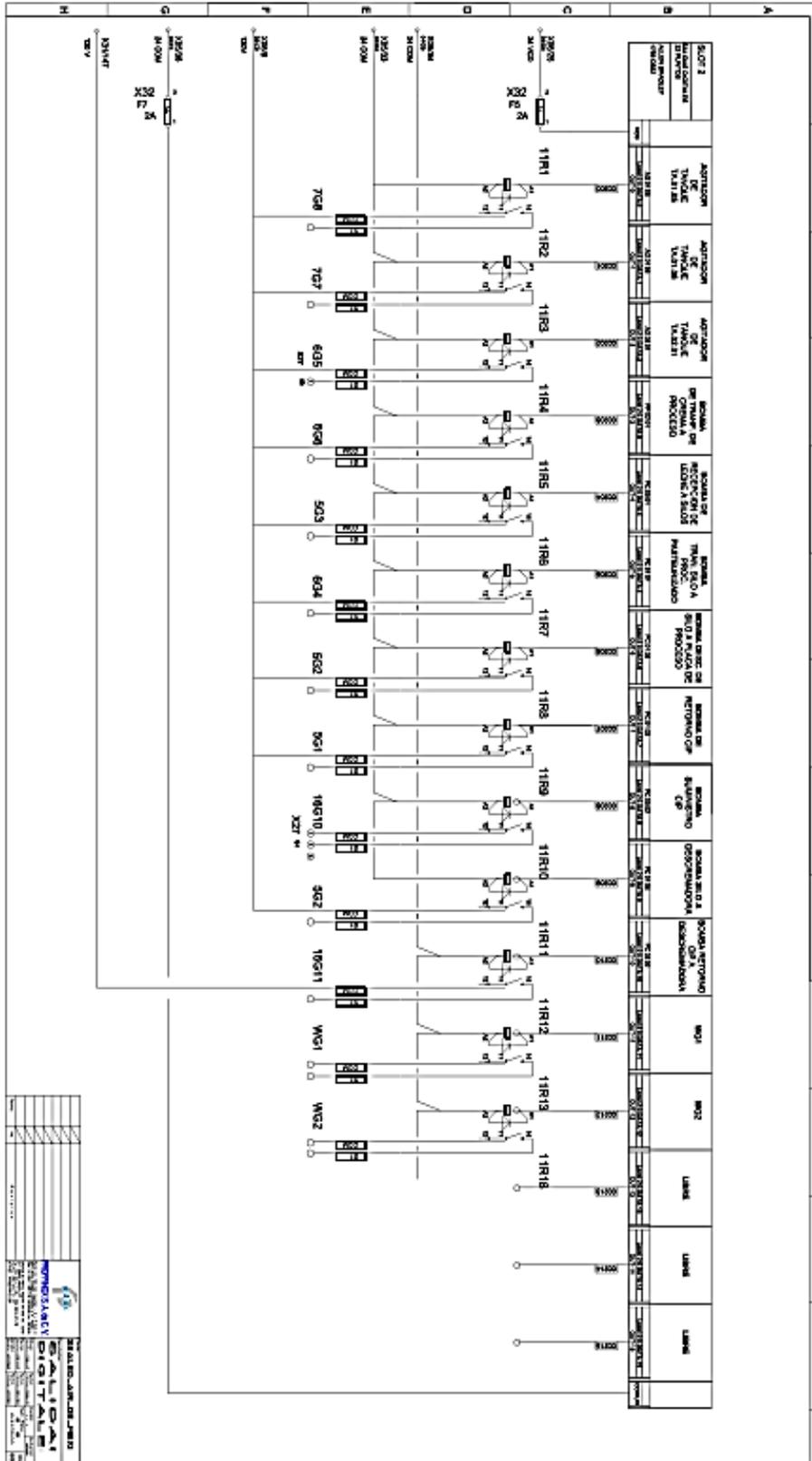


Fig.3.43.- Salidas digitales

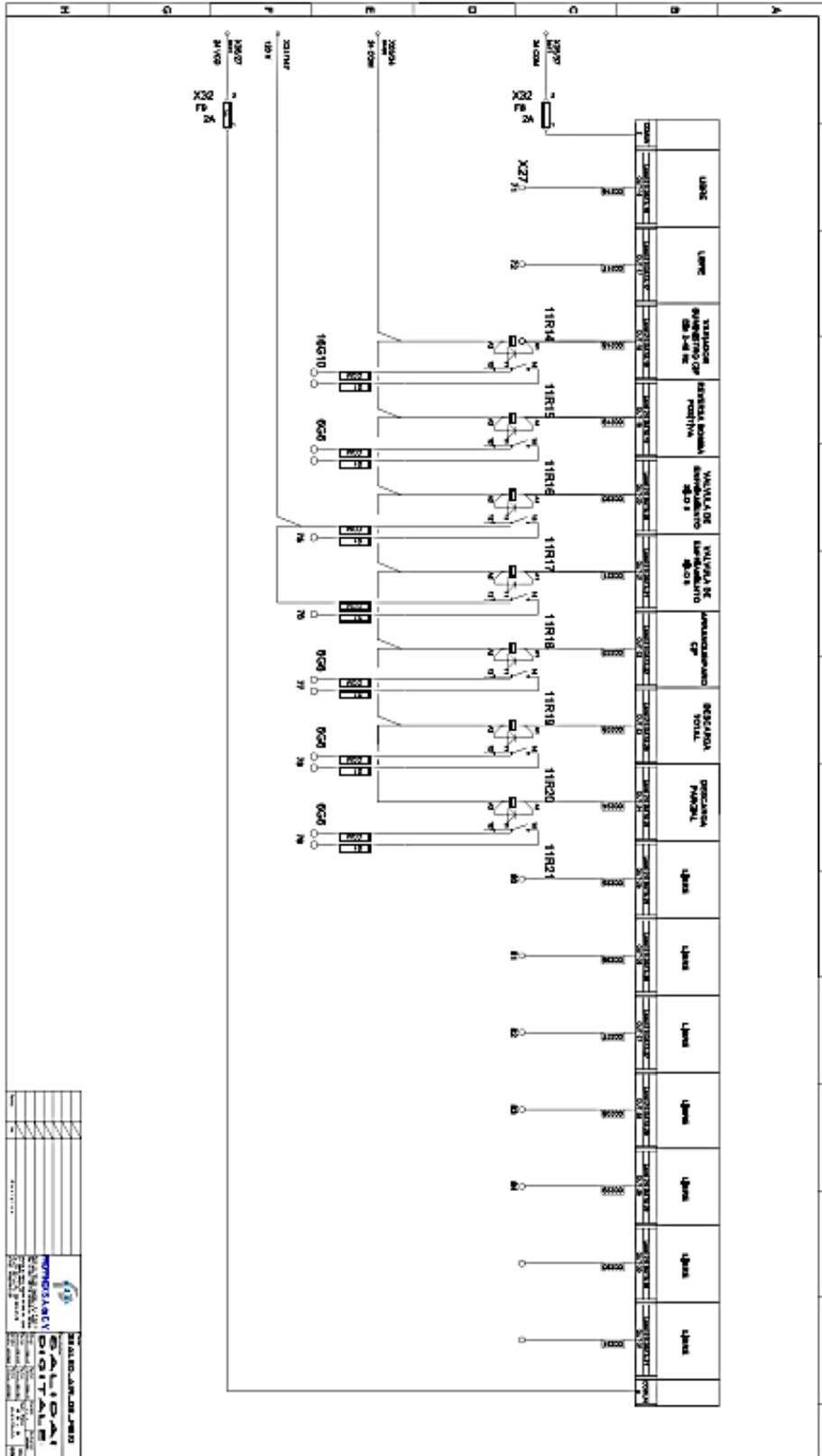


Fig.3.44.- Salidas digitales

El siguiente Slot corresponde a una tarjeta de 8 entradas analógicas de las cuales solo se ocupan 4 (Tabla 3.11). Las salidas van conectadas directamente a un bloque de clemas de tres niveles, utilizando únicamente dos niveles donde al primer nivel se conecta la entrada de voltaje retorno y al segundo nivel la entrada de voltaje positivo (Fig.3.45).

Entradas analógicas.- Tarjeta Allen Bradley 1769-IF8	
<i>Numero de entrada</i>	<i>Elemento o señal</i>
0	Sensor de temperatura TE.01.05
1	Sensor de nivel LF.01.05
2	Sensor de temperatura TE.01.06
3	Sensor de nivel LF.01.06

Tabla 3.11.- Entradas analógicas

El siguiente Slot corresponde a otra tarjeta de 8 entradas analógicas la cual se colocó para posteriores modificaciones ya que no se ocupa ninguna entrada (Fig.3.46).

El último Slot lo conforma la tarjeta de 8 salidas analógicas. Donde solo se ocupa una salida. Todas las salidas van conectadas a un bloque de clemas de tres niveles donde solo se ocupan dos niveles. El primer nivel corresponde a la entrada con voltaje positivo y el nivel dos la entrada con voltaje común (Fig.3.47).

Salidas analógicas.- Tarjeta Allen Bradley 1769-OF8	
<i>Numero de salida</i>	<i>Elemento o señal</i>
0	Señal variador Power Flex 40_ Bomba PP.02.01

Tabla 3.12.- Salidas analógicas

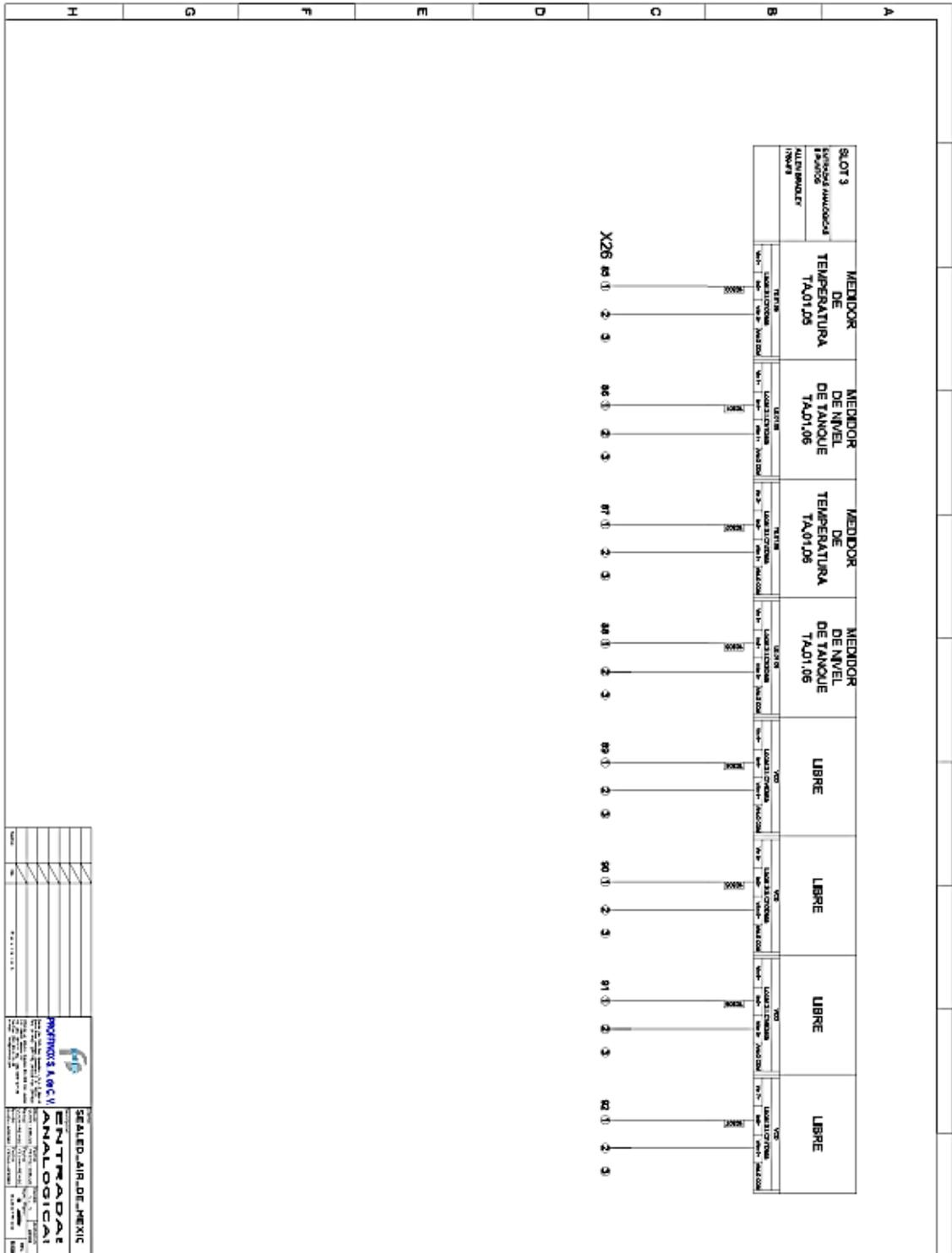


Fig.3.45.- Entradas analógicas

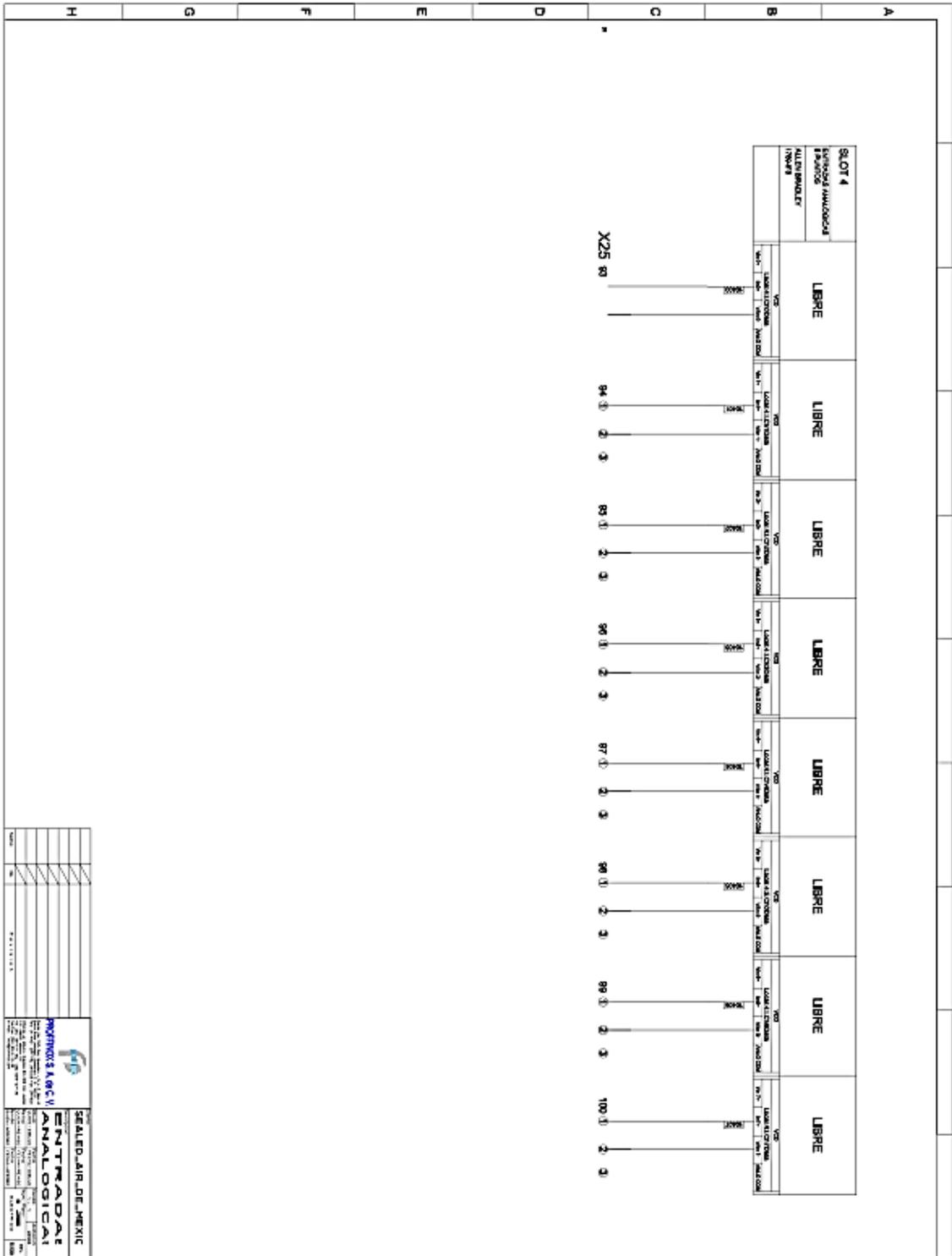


Fig.3.46.- Entradas analógicas

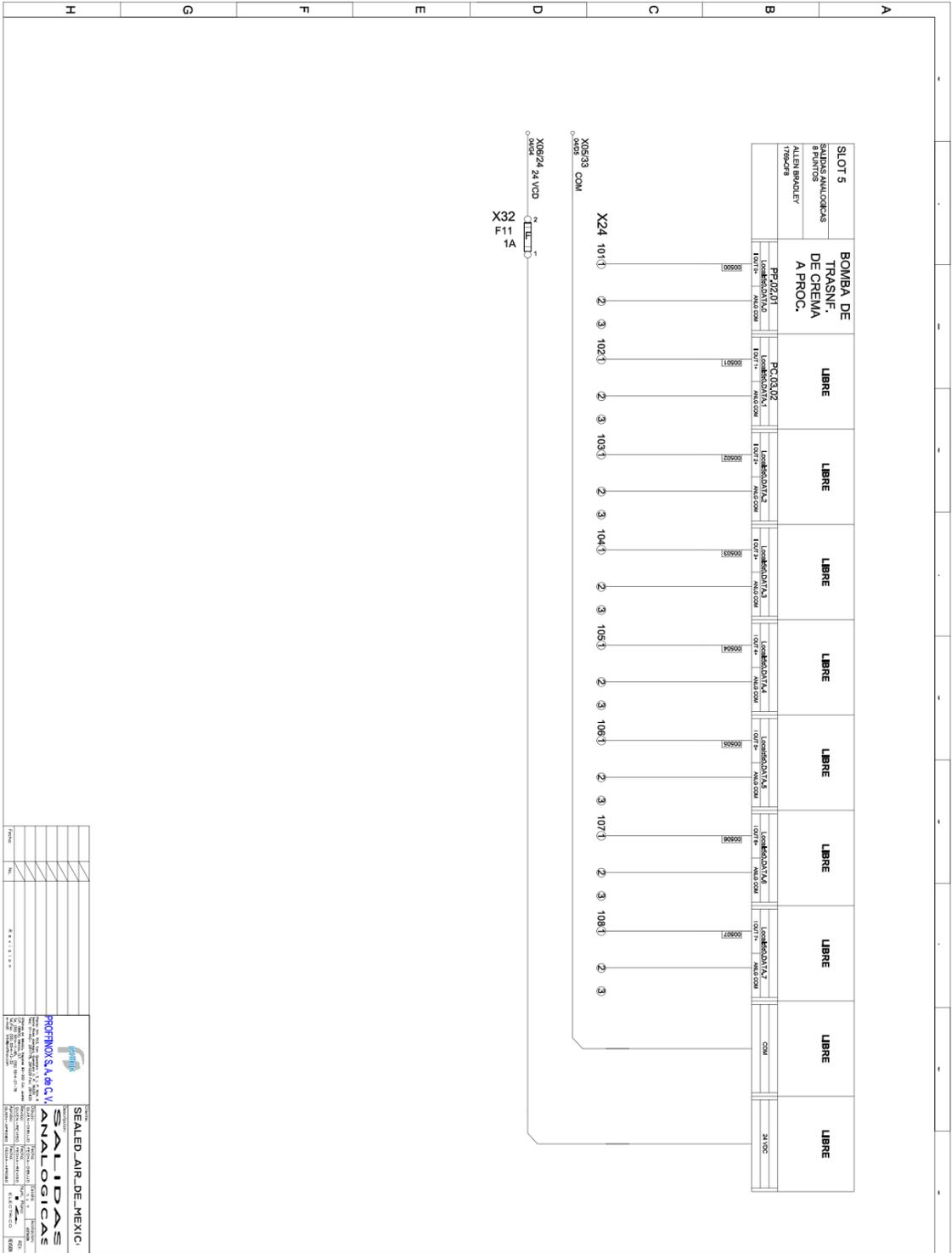


Fig.3.47.- Salidas analógicas

Para poder realizar la conexión de los sensores se revisaron los manuales técnicos de los mismos y se dibujó el diagrama de conexionado de cada sensor identificando los voltajes de alimentación y las señales a las que van conectas (Fig. 3.48).

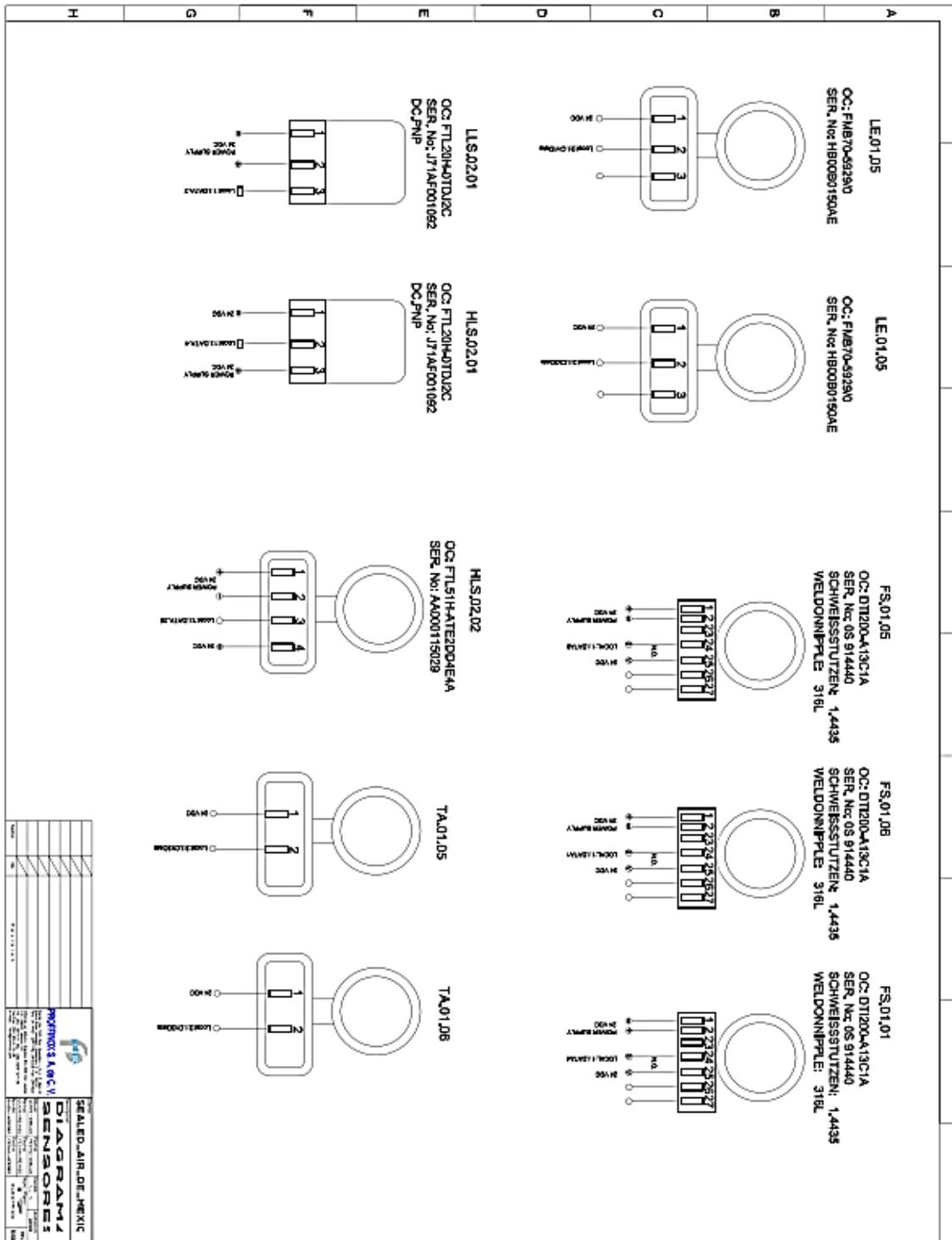


Fig.3.48.- Diagramas de conexión de sensores

3.3.- Armado del tablero eléctrico de control

Una vez diseñados los diagramas eléctricos de control se procedió al armado del tablero eléctrico. El gabinete se compró con la empresa EK Automatización distribuidor de la marca Rittal de 1.20 m de ancho por 2 m de altura. Por petición del gerente de la planta el tablero está manufacturado de acero inoxidable por el ambiente industrial al cual estará sometido (Fig. 3.49).



Fig.3.49.- Gabinete de acero inoxidable para tablero

Primeramente se retiró la placa de acero (platina) que trae en su interior (Fig.3.50), la cual sirve para sujetar los elementos del tablero. Una vez retirada la placa de acero se procedió a realizar el trazado para la colocación de la canaleta por donde pasa el cableado de acuerdo al diseño realizado anteriormente y a las dimensiones reales de los equipos a instalar según el diseño.

Posteriormente se procedió a medir y a cortar las canaletas a colocar. El tipo de canaleta a usar se escogió de acuerdo a lo establecido en la norma IRAM 2181[9] la cual dice que todo el cableado interno de los tableros de baja tensión debe alojarse en canales de material plástico que posean ranuras en ambas caras laterales hasta el borde superior de las mismas, para salidas de los conductores a las borneras o a los aparatos eléctricos.

Así mismo esta norma dice que los canales deben ir cerrados con una tapa del mismo material, que calce a presión con firmeza y que no se desprenda fácilmente por vibraciones o en forma accidental. En base a esto es que se realizó la elección y colocación de la canaleta (Fig.3.51)



Fig.3.50.- Placa de acero del gabinete (platina)



Fig.3.51.- Canaleta para cableado

Con respecto al diseño previsto se realizó la colocación de canaleta(Fig. 3.52), para todo el contorno de la placa se utilizó canaleta de 4" de ancho mientras que para cada separación de niveles se utilizó canaleta de 2 y 1/2",

Posteriormente una vez colocada toda la canalización se procedió a colocar los elementos para la sujeción de los equipos y dispositivos de control. Para la sujeción de todos los elementos se utilizó Riel Din de pulgada y media el cual es una barra de metal utilizada para la fácil sujeción de los equipos y elementos de control.

Mediante la utilización del Riel Din se hace cumplimiento a la norma mencionada anteriormente la cual dice que los equipos podrán ser desmontados con fáciles operaciones.



Fig.3.52.- Colocación de canaleta

Una vez colocados los riel Din se agruparon todos los armarios de distribución, es decir todos los equipos, bloques de clemas, relevadores, interruptores y los demás elementos y equipos de control (Fig.3.53-3.54).

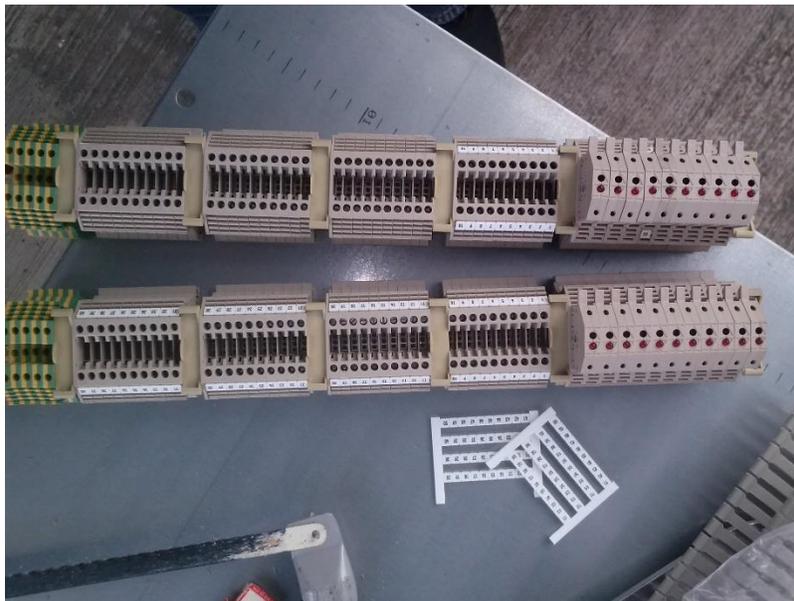


Fig.3.53.- Agrupación de los armarios de distribución



Fig.3.54.- Agrupación de los armarios de distribución

Después se realizó la fijación de todos los bloques de equipos y elementos sobre el riel Din, de acuerdo al diseño realizado con anterioridad. El panel View Plus 600 por disposición de planta se pidió que se colocara al centro de la puerta derecha del tablero a 1.5m de distancia con respecto al suelo.



Fig.3.55.- Colocación de los equipos y elementos del tablero



Fig.3.56.- Colocación de los equipos y elementos del tablero

Con todos los equipos colocados en sus respectivos lugares se procedió a realizar el cableado de todos los equipos de acuerdo a los diagramas eléctricos diseñados. En base a lo establecido en la norma ANSI [11] se usaron los siguientes colores de cableado:

- Fases=Negro
- Neutro= Azul claro
- Tierra= Verde/Amarillo
- 24 VDC+= Azul Oscuro
- 0VDC- = Azul/Blanco

Se realizó el cableado de acuerdo a la norma IRAM 2181 [9] la cual dice que todo cableado se hará de acuerdo con las reglas del arte. No se permitirán empalmes de los cables en su recorrido y solamente se admitirán cables unipolares. Por otro lado para un mejor funcionamiento se separó el cableado de fuerza del cableado de control. El cableado de fuerza se colocó de lado derecho del tablero, mientras que el cableado de control se colocó por el lado izquierdo.

También se utilizaron terminales en cada extremo del cable tanto de fuerza como de control cumpliendo con lo establecido en la norma mencionada anteriormente ya que en su escrito hace referencia a que todos los extremos de los cables deberán llevar terminales o serán estañados. Para realizar el cableado primeramente se realizaron el manojo de cables y se sujetaron entre ellos con cinchos de plástico para posteriormente fijarlos al igual con cinchos a la canaleta del tablero.



Fig.3.57.- Preparación del cableado

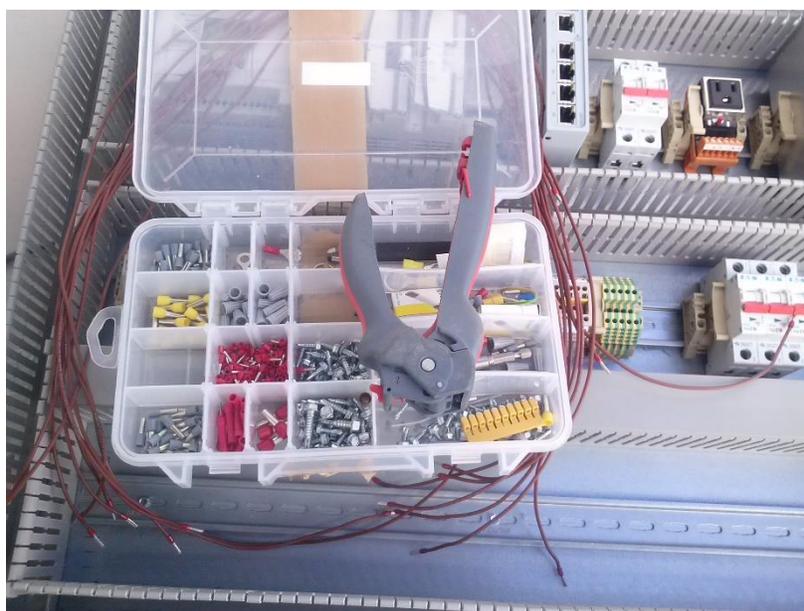


Fig.3.58.- Terminales y pinza ponchadora



Fig.3.59.- Preparación del cableado

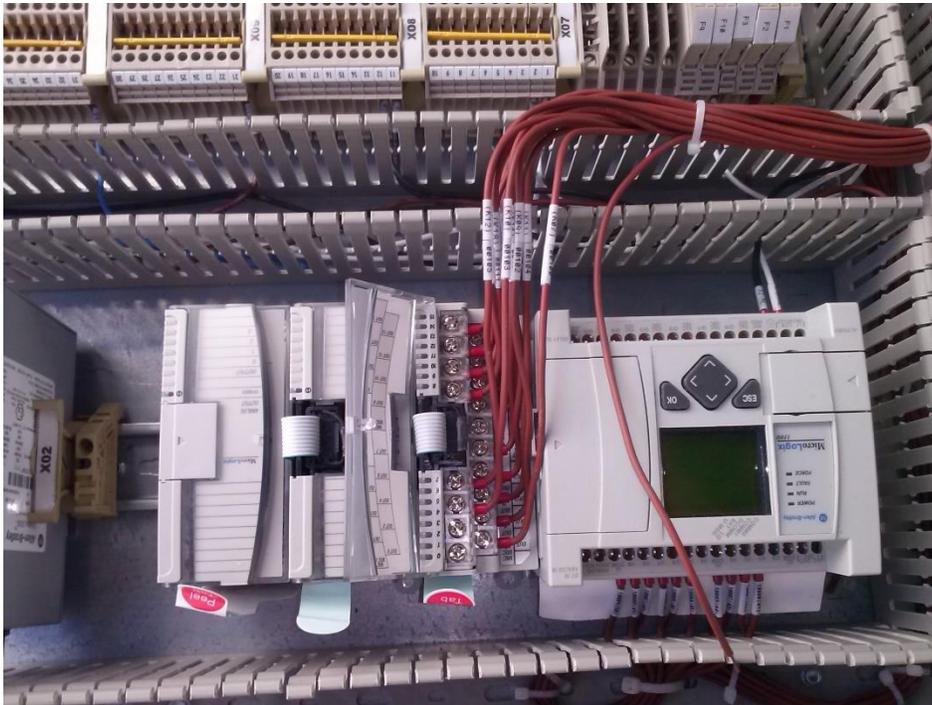


Fig.3.60.- Cableado del tablero

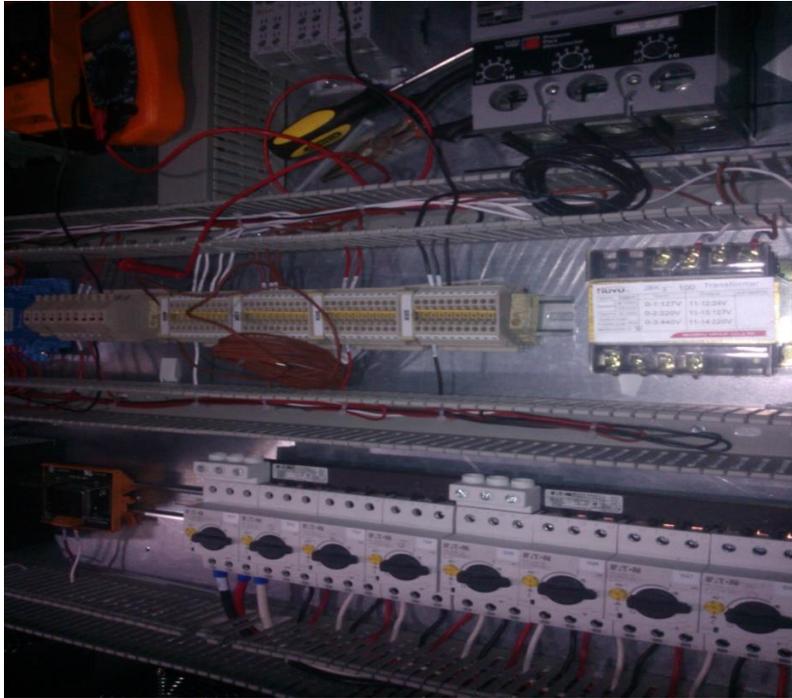


Fig.3.61.- Cableado del tablero

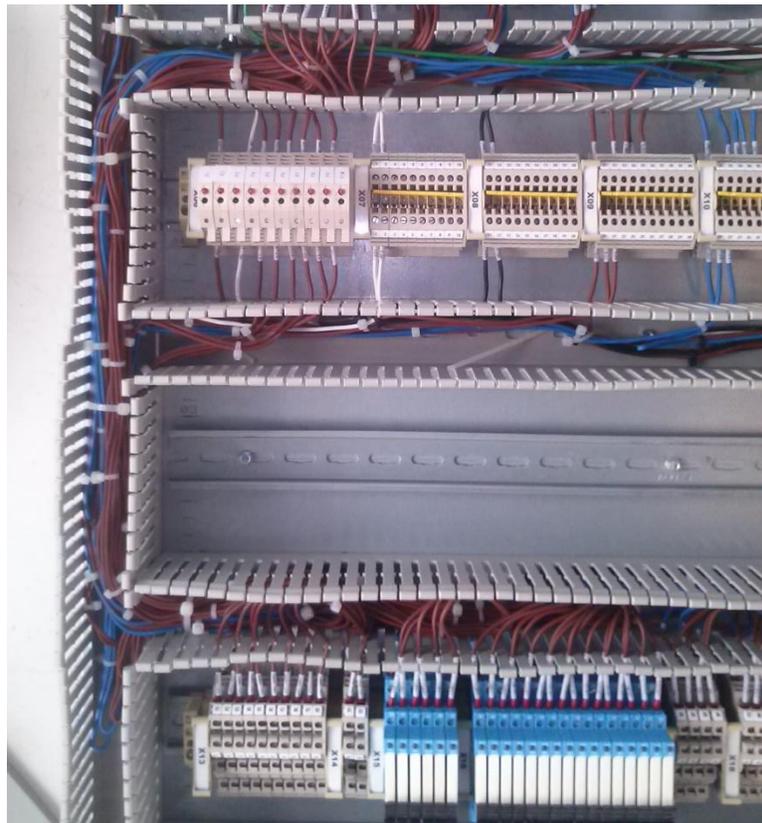


Fig.3.62.- Cableado del tablero



Fig.3.63.- Cableado del tablero



Fig.3.64.- Cableado del tablero

Por último se realizó el etiquetado de los cables y de los equipos cumpliendo con lo establecido en la norma IRAM 2181 [10] la que establece que todos los componentes tales como llaves, fusibles y pulsadores estarán identificados con letras de una altura de 5 mm, según función. También los conductores deberán estar identificados en sus extremos por medio de numeración en correspondencia con el esquema eléctrico de conexionado.



Fig.3.65.- Etiquetadora



Fig.3.66.- Etiquetas para identificar el cableado

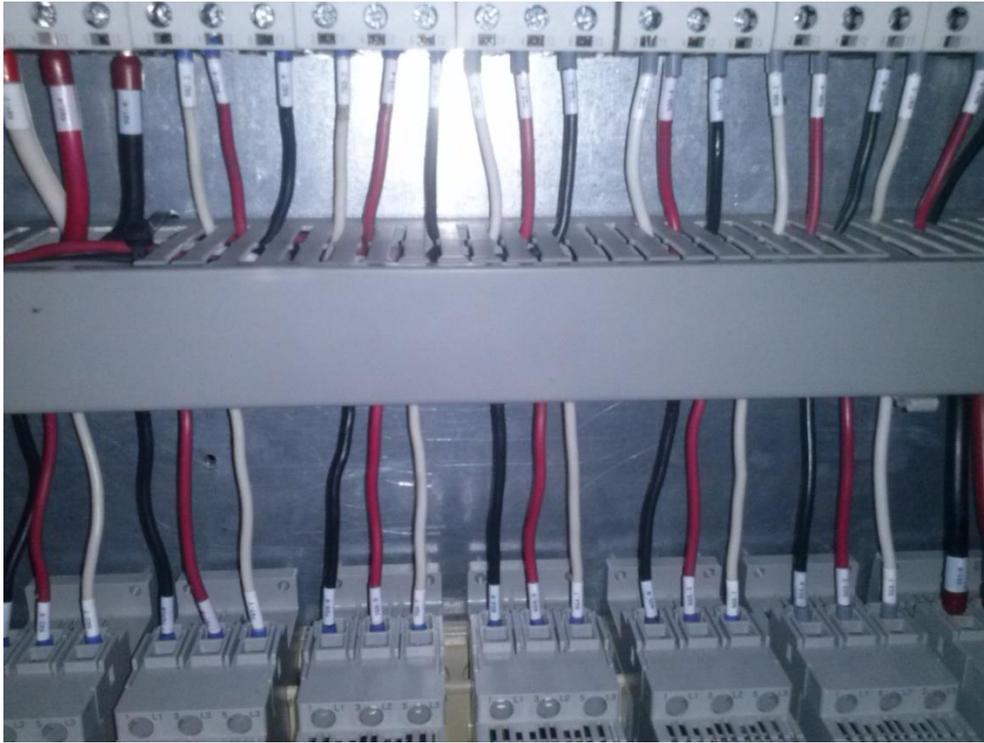


Fig.3.67.- Etiquetado de cables de potencia



Fig.3.68.- Etiquetado de cables de potencia



Fig.3.69.- Etiquetado de cables de potencia



Fig.3.70.- Etiquetado de fuentes de voltaje de DC de control



Fig.3.71.- Etiquetado de equipos

Por último el armado del tablero quedo como se observa en la figura 3.72.



Fig.3.72.- Etiquetado de equipos

3.4.- Acondicionamiento del área

El área a automatizar es un área nueva debido a que el proyecto es una ampliación de la planta. Es por ello que fue necesario adecuar las instalaciones para la implementación de la automatización. Los equipos como motores, válvulas y tuberías ya estaban instalados en la planta por lo que fue necesario llevar la energía eléctrica hasta cada equipo y en el caso de las válvulas llenar un suministro de aire hasta cada válvula.

De acuerdo a los requerimientos de la planta para llevar la alimentación de los sensores, válvulas y motores se utilizaron ductos metálicos, el cual se colocó por debajo del techo encima de los soportes de la tubería. Dicho ducto partió del tablero hasta el cabezal de válvulas.



Fig.3.73.- Colocación de ducto metálico



Fig.3.74.- Colocación de ducto metálico respetando normas de seguridad industrial



Fig.3.74.- Colocación de ducto metálico en la pared



Fig.3.75.- Colocación de ducto metálico



Fig.3.76.- Colocación de ducto metálico



Fig.3.77.- Colocación de ducto metálico salida del tablero

También el cabezal de válvulas no contaba con suministro de aire, la válvula más cercana se encontraba del otro lado por lo que también se colocó tubería de acero inoxidable para llevar el aire al cabezal de válvulas. Para realizar esto se usaron tubos y codos de acero inoxidable, a cada tubo se le hizo rosca para poder unir las piezas rectas de tubo con los codos y formar la estructura adecuada. En cada unión se le puso cinta teflón para evitar las fugas de aire. La tubería de aire se soportó con la soportería de la tubería ya existente y con unicanales en la pared.



Fig.3.78.- Fabricación de soportería para tubería de aire



Fig.3.79.- Roscado de tubería de aire

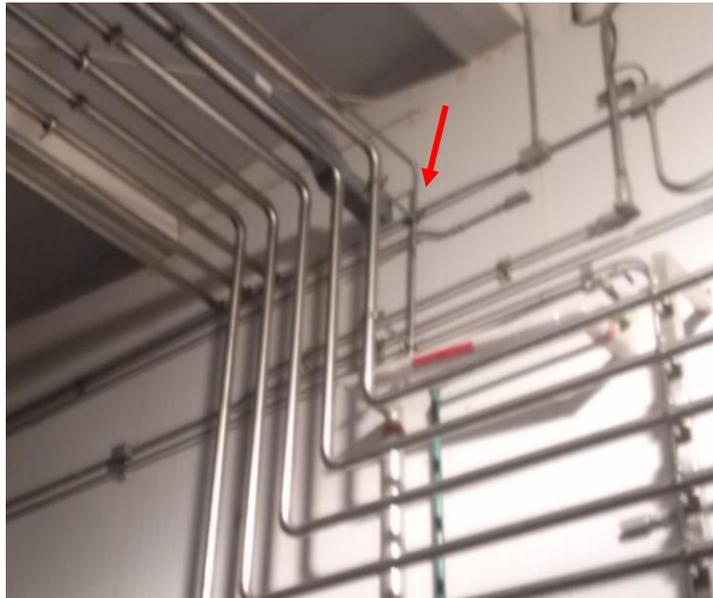


Fig.3.80.- Colocación de tubería de aire y soportería de la misma

Al término de la tubería se le colocó una válvula manual y una unidad de mantenimiento.



Fig.3.81.- Unidad de mantenimiento



Fig.3.82.- Colocación de tubería de aire y unidad de mantenimiento

Para poder colocar el cableado y la tubería de aire de las válvulas del cabezal, se colocó charola de acero inoxidable sobre el cabezal. Para realizar esto se utilizó soldadura especial para acero inoxidable y poder soldar los soportes y la charola, siempre respetando las normas de seguridad industrial.



Fig.3.83.- Fabricación de soportaría para charola

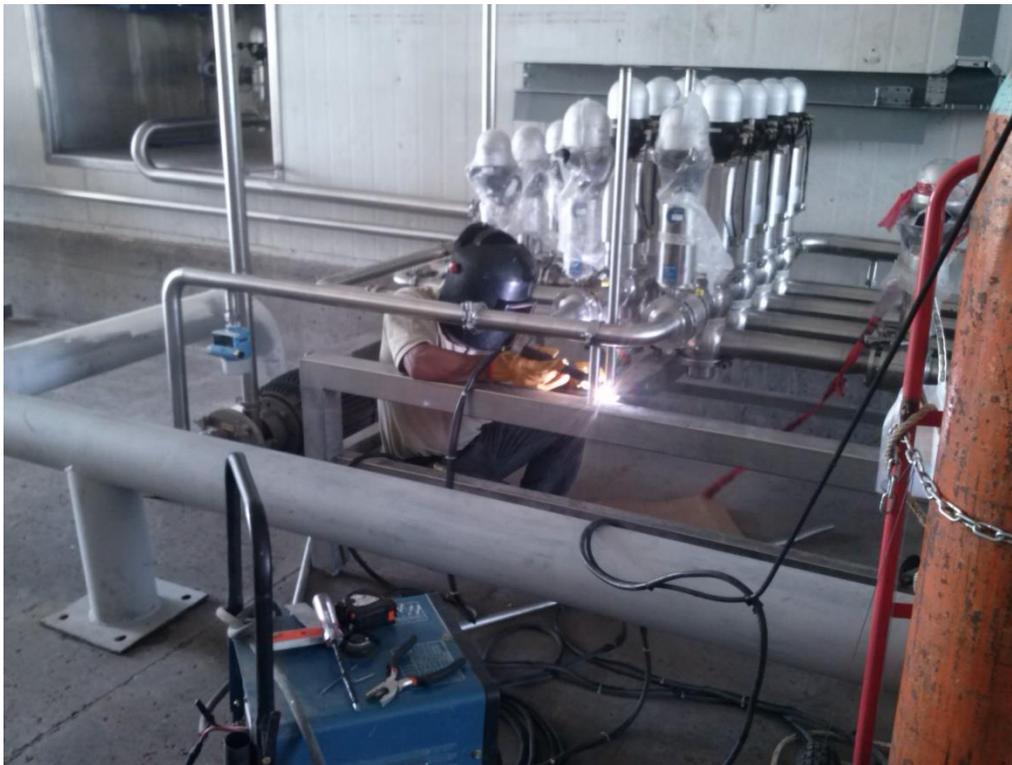


Fig.3.84.- Montaje de soportaría para charola



Fig.3.85.- Colocación de charola para cableado



Fig.3.86.- Soldado de charola para cableado

Para poder llevar el cableado tanto de control como de fuerza de los equipos del área de recepción de leche se colocó charola de acero inoxidable sobre la pared rodeando las entradas de los silos, también se colocó charola alrededor del cabezal para llevar el cableado a los sensores y bombas que lo rodean.



Fig.3.87.- Colocación de charola para cableado



Fig.3.88.- Colocación de charola para cableado se equipos silo 5



Fig.3.89.- Colocación de charola para cableado de bomba recepción de leche



Fig.3.90.- Colocación de charola para cableado de equipos silo 6



Fig.3.91.- Colocación de charola para cableado de equipos silo 6

También se colocó tubo conduit de $\frac{3}{4}$ " para el cableado y manguera de aire de las válvulas de agua fría ubicadas del lado de atrás de los silos. Para poder pasar el tubo conduit se perforo la pared y con el uso de manguera licuatite se conectó el tubo conduit con la charola metálica.



Fig.3.92.- Válvulas de agua fría



Fig.3.93.- Tubo conduit y soportería válvula de agua fría silo 6



Fig.3.94.- Tubo conduit y soportería válvula de agua fría silo 5

Para el cableado del área de la descremadora se utilizaron tubos de acero inoxidable, cuya colocación lo realizaron los mecánicos de la planta.

3.5.- Cableado de fuerza y control

Una vez adecuada el área se procedió a realizar el cableado. Primeramente se procedió a realizar la medición de la distancia de las bombas y motores al tablero eléctrico. Una vez obtenida la medida de cable se procedió a revisar los datos técnicos de las bombas y motores para la elección del calibre del conductor.

Los datos obtenidos son lo que se presentan en la tabla:

	<i>EQUIPO</i>	<i>HP</i>	<i>EFICIENCIA</i>	<i>VOLTAJE(V)</i>	<i>CORRIENTE NOMINAL(A)</i>	<i>DISTANCIA (M)</i>
1	BOMBA RCIP CREMA	5	0.8	440	6.5	20
2	MOTOR AGITADOR TANQUE CREMA	5	0.8	440	6.5	20
3	BOMBA POSITIVA CREMA	3	0.8	440	4.1	25
4	BOMBA DESCARGA DE PIPAS	10	0.9	440	12.3	35
5	BOMBA SILOS A DESCREMADORA	5	0.8	440	6.5	25
6	BOMBA SILOS A PLACA PROCESO	5	0.8	440	6.5	25
7	BOMBA SILOS A PASTEURIZACION	5	0.8	440	6.5	25
8	BOMBA RETORNO CIP SILOS	15	0.8	440	18	30
9	MOTOR AGITADOR SILO 5	2	0.8	440	2.5	30
10	MOTOR AGITADOR SILO 6	2	0.8	440	2.5	30
11	BOMBA SUMINISTRO CIP	15	0.8	440	18	15

Tabla 3.13.- Datos técnicos de bombas y motores para elección del cableado

De acuerdo a la norma de instalaciones eléctricas NOM-001SEDE-2012 (artículo 430-22) [11] para la elección de conductores que alimenten un solo motor, la corriente nominal a plena carga se multiplicara por 1.25. Con esta corriente corregida se realiza la elección del calibre a utilizar de acuerdo a la corriente que soporta en conductor la cual se encuentra en la tabla proporcionada por el fabricante [13].

Para este caso se eligió un calibre de conductor más grande tal y como se observa en la tabla 3.14. También debido al ambiente donde se instalaran el cable fue de uso rudo.

	EQUIPO	CALIBRE DE CONDUCTOR ADECUADO (AWG)	CALIBRE DE CONDUCTOR INSTALADO (AWG)
1	BOMBA RCIP CREMA	14	12
2	MOTOR AGITADOR TANQUE CREMA	14	12
3	BOMBA POSITIVA CREMA	14	12
4	BOMBA DESCARGA DE PIPAS	12	10
5	BOMBA SILOS A DESCREMADORA	14	12
6	BOMBA SILOS A PLACA PROCESO	14	12
7	BOMBA SILOS A PASTEURIZACION	14	12
8	BOMBA RETORNO CIP SILOS	10	8
9	MOTOR AGITADOR SILO 5	14	14
10	MOTOR AGITADOR SILO 6	14	14
11	BOMBA SUMINISTRO CIP	10	8

Tabla 3.14.- Calibre de cables para bombas y motores

Una vez seleccionados los calibres de los conductores se procedió a realizar el montaje de estos. Primeramente se realizó la medición y corte de los cables.

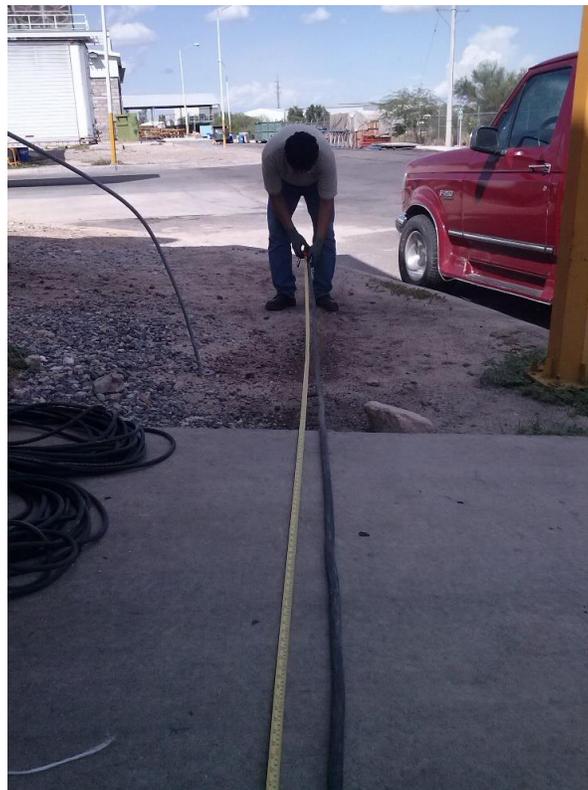


Fig.3.95.- Medición y corte de cable de fuerza



Fig.3.96.- Medición y corte de cable de fuerza



Fig.3.97.- Medición y corte de cable de fuerza

Ya estando cortados todos los cables se procedió a la identificación de cada cable para posteriormente unirlos en uno solo por medio de cinchos de sujeción y con esto hacer más fácil y seguro el manejo de los cables.



Fig.3.98.- Ensichado de cables de fuerza

Posteriormente se tomó medida de la cantidad de cable de control. Se tomó medida desde las clemas del tablero hasta cada uno de los equipos de control. Se revisaron los manuales de operación de los equipos para ver las especificaciones del cableado.

Los sensores cuya salida es una señal analógica requieren cables de control blindado. Para el cableado de los sensores de temperatura y nivel de los silos se utilizó cable de control blindado calibre 18 de dos hilos. Para los demás sensores se utilizó cable de control normal del calibre 18 de 4 hilos.

Una vez establecido el tipo de cable de control se procedió a cortar los diferentes tramos de cables. Al igual que el cable de fuerza, se identificó cada cable para unirlos en uno solo por medio de cinchos de sujeción.



Fig.3.99.- Medición y corte de cables de control



Fig.3.100.- Medición y corte de cables de control

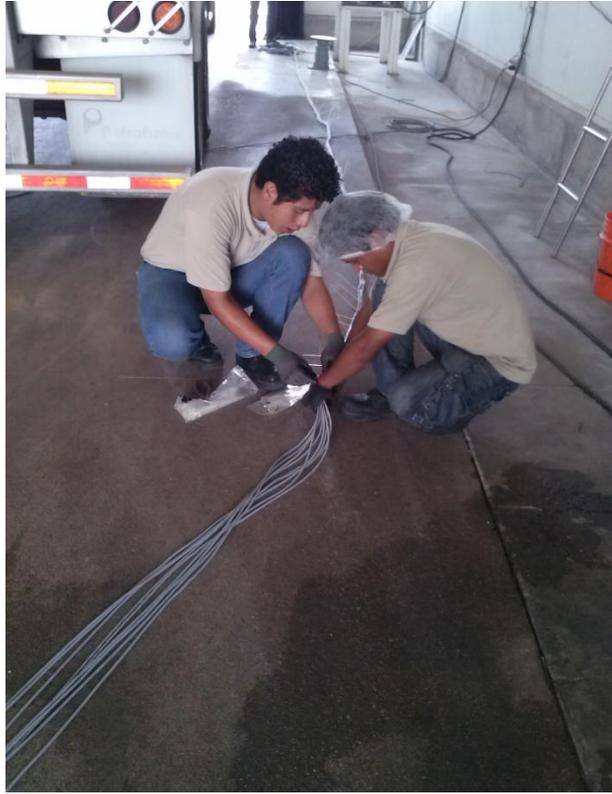


Fig.3.101.- Encinchado de cables de control



Fig.3.102.- Encinchado de cables de control

Estando encinchados los cables tanto de fuerza como de control, se procedió a su colocación sobre el ducto metálico y la charola. Siguiendo las normas de seguridad industrial se subieron los cables hacia el ducto metálico. Asegurando los cables con pegotes y cinchos de plástico, separando el cableado de fuerza con el de control.



Fig.3.103.- Colocación del cableado área de recepción de leche



Fig.3.104.- Colocación del cableado área de recepción de leche



Fig.3.104.- Colocación del cableado área de descremadora

Ya bien sujetos los cables tanto de control como de potencia se realizó la conexión del cableado en el tablero y en los equipos.

Como las bombas y motores pueden funcionar a dos voltajes, se realizó la conexión de acuerdo a los diagramas presentados en la placa de datos para que funcionaran a 440 V, cuidando la identificación de fases.

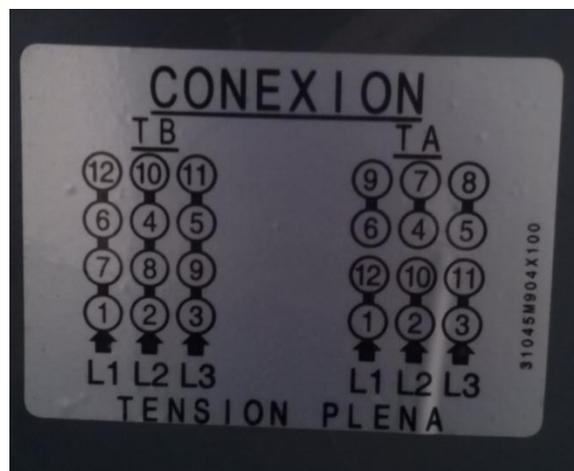


Fig.3.105.- Diagrama de conexionado de bomba 5 HP



Fig.3.106.- Conexión de la bomba PC.01.03



Fig.3.107.- Conexionado de bombas trifásicas

Se realizó la conexión de los sensores de acuerdo a los diagramas eléctricos diseñados con anterioridad. Se llevó a cabo la conexión en los sensores y en la clemas de conexión de tablero.



Fig.3.108.- Conexión del sensor de flujo electromagnético FE.03.01



Fig.3.109.- Conexión del sensor de nivel FL.01.05



Fig.3.110.- Conexión del sensor de nivel bajo LL.02.01

También se realizó la conexión eléctrica de las válvulas de agua fría.



Fig.3.111.- Conexión de la válvula de agua fría BTV010602



Fig.3.112.- Conexión de la válvula de agua fría BTV010502

3.5.1.-Cableado red ASI-bus

Conectados todos los sensores, bombas y motores se prosiguió con el conexionado de la red ASI-bus. Como se mencionó anteriormente a esta red están conectadas las válvulas del área de recepción de leche y del área de descremadora. Debido al protocolo de conexión de esta red el cable ASI-bus no puede ser cortado tiene que pasar por todos los elementos. El cable conectado parte del Gateway ASI-bus y se distribuyó primero por toda el área de descremadora que es la que quedaba más cerca, después ese mismo cable se pasó por el ducto metálico hacia el área de descremadora.

El mismo cable llegó hasta el cabezal de válvulas donde se pasó por la charola hasta el los elementos del silo 6, regresando y terminando con los elementos del silo 5. Al mismo tiempo se fueron conectando todas las válvulas.

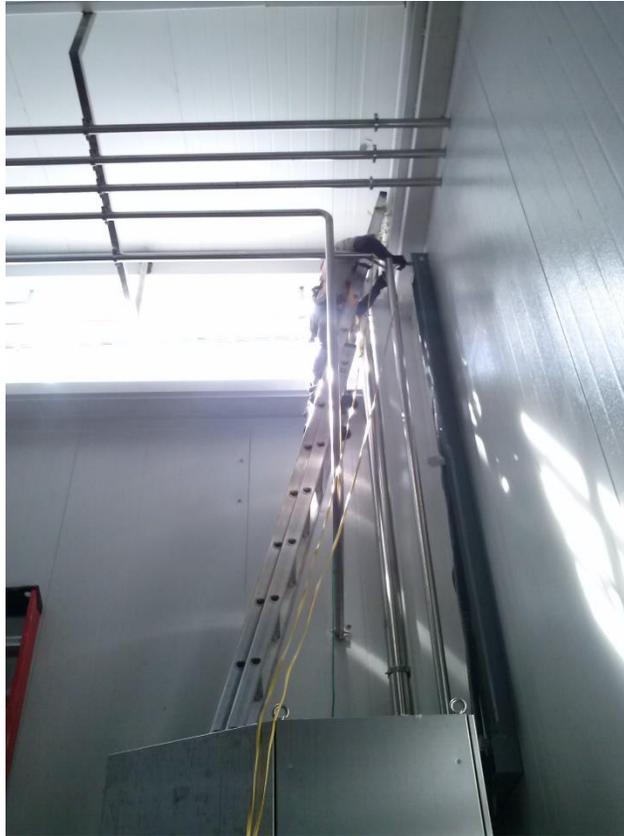


Fig.3.113.- Instalación cable ASI-bus área de descremadora



Fig.3.114.- Instalación cable ASI-bus área de descremadora



Fig.3.115.- Instalación cable ASI-bus y conexionado válvulas

3.6.- Conexión de aire

Después de la conexión de las válvulas procedimos a suministrar el aire a cada una de las válvulas. En el área de descarga de pipas el aire se tomó de la unidad de mantenimiento instalada anteriormente. Con el uso de coples se llevó por medio de mangueras el aire hasta cada una de las válvulas del área.



Fig.3.116.- Conexión de aire del cabezal de válvulas



Fig.3.117.- Conexión de aire del cabezal de válvulas

En lo que respecta al área de la descremadora el aire se tomó de una unidad de mantenimiento ya instalada. Al igual por medio de mangueras se conectó el aire a cada una de las válvulas.



Fig.3.118.- Conexión de aire área de descremadora

Así mismo se llevó una manguera de aire hasta cada válvula de enfriamiento detrás del silo, el suministro de aire se tomó de la unidad de mantenimiento del área de recepción de leche y se pasó por el tubo conduit del cableado.

3.7.- Configuración de sensores y equipos

Los sensores y equipos instalados son nuevos, por lo tanto algunos requieren de una configuración inicial, mientras que otros traen cargada una configuración de fábrica.

Primeramente se realizó la configuración de los medidores de flujo electromagnético Proline Promag 10. Se realizó la misma configuración para ambos. Se configuro el modo de funcionamiento la cual quedo establecida como modo impulso. Así mismo también se definió el caudal con el cual se activa el impulso, quedando establecido como 2.5 L por pulso. Se configuro que el ancho de pulso fuera 100 ms. Por ultimo también se configuro la señal de salida estableciendo la señal pasivo-negativo.



Fig.3.119.- Configuración del medidor de flujo electromagnético



Fig.3.120.- Configuración del modo de función del medidor de flujo electromagnético



Fig.3.121.- Configuración del rango de pulso del medidor de flujo electromagnético

También se realizó la configuración de los sensores de nivel Deltapilot S FMB70. En lo que respecta a lo estos sensores se usó la configuración rápida y los demás valores se dejaron en modo de fábrica. Debido a que ambos sensores son del mismo modelo y a que los silos son de las mismas características se realizó la misma configuración para los dos.

Los valores que se establecieron para la configuración rápida son los que se muestran en la tabla 3.15.

Parámetros modificados del sensor de nivel	
Fijar inicio de medición 245	0.0000 mH2O
Fijar fin de medición 246	12.4957
Valor de atenuación 247	2.0 s
Valor de corriente 254	4.00 mA
Característica de la corriente 694	Lineal
Modo de servicio 389	Presión

Tabla 3.15.- Parámetros modificados sensor de nivel Deltapilot S FMB70



Fig.3.122.- Configuración del sensor de nivel Deltapilot S FMB70

En lo que respecta a los equipos configurados se encuentra el variador de velocidad Power Flex 40 al cual se le configuraron los parámetros de la tabla 3.16.

<i>Parámetro modificados en Power flex</i>	
A095 [Reverse Disable] 0/1	0 "Rev Enabled" 1
P038 [Speed Reference] 0/7	3 = "4-20 mA Input"
P037 [Stop Mode] 0/9	0 = "Ramp, CF" (1)
P036 [Start Source] 0/6	2 = "2-Wire"
P035 [Maximum Freq]	60 Hz
P034 [Minimum Freq]	0.0 Hz
P031 [Motor NP Volts]	460 VCA
P032 [Motor NP Hertz]	60 Hz
P033 [Motor OL Current]	4.1 Amps

Tabla 3.16.- Parámetros modificados del variador de velocidad Power Flex 40

También se configuraron los parámetros del variador de velocidad Micromaster 420. Las configuraciones realizadas a este variador son respecto a datos del motor, así como también la habilitación de las velocidades por medio de las entradas digitales. Dichas configuraciones son las que se muestran en la tabla 3.17. Se realizó la configuración del variador con dos velocidades predeterminadas que son 40 Hz y 60 Hz.

<i>Parámetros modificados en Micromaster 420</i>	
Tensión nominal del motor "P0304"	460 v
Corriente nominal del motor "P0305"	17 A
Potencia nominal del motor "P0307"	15 hp
Frecuencia nominal Hz "P310"	60 Hz
Función de entrada digital 1 "P0701"	15
Función de entrada digital 2 "P0702"	16
Frecuencia fija 1 "1001"	1
Frecuencia fija 2 "1002"	1

Tabla 3.17.- Parámetros modificados del variador de velocidad Micromaster 420



Fig.3.123.- Configuración del variador de velocidad Micromaster 420

Para poder operar las válvulas por medio de la red ASI-bus, cada una tiene que ser direccionada para ello se realizó el direccionamiento de las mismas de acuerdo a lo establecido en la programación. A cada válvula se le asignó un número de nodo que va del 1 al 31, esto para poder mandar a activar las válvulas.



Fig.3.124.- Direccionamiento de válvulas



Fig.3.125.- Direccionamiento de válvulas



Fig.3.126.- Direccionamiento de válvulas

3.8.- Pruebas, correcciones y puesta en marcha

Armado el tablero eléctrico y conectado todos los sensores y actuadores se prosiguió a realizar las pruebas correspondientes de los equipos. Primeramente se energizo el tablero y se verifico el voltaje de alimentación, el voltaje en las clemas de 120 VCA, 24 VCD y de la fuente de 31VCD.

Posteriormente por medio de la computadora se probó la activación de cada una de las válvulas, únicamente reconociendo el número de nodo.



Fig.3.127.- Prueba de las válvulas del cabezal



Fig.3.128.- Prueba de las válvulas del cabezal



Fig.3.129.- Prueba de las válvulas del área de descremadora

Posteriormente se probaron las salidas del PLC. Se probó la activación de cada una de las salidas digitales las cuales activan los relevadores. Así mismo con la ayuda de un multímetro se probaron las salidas analógicas.

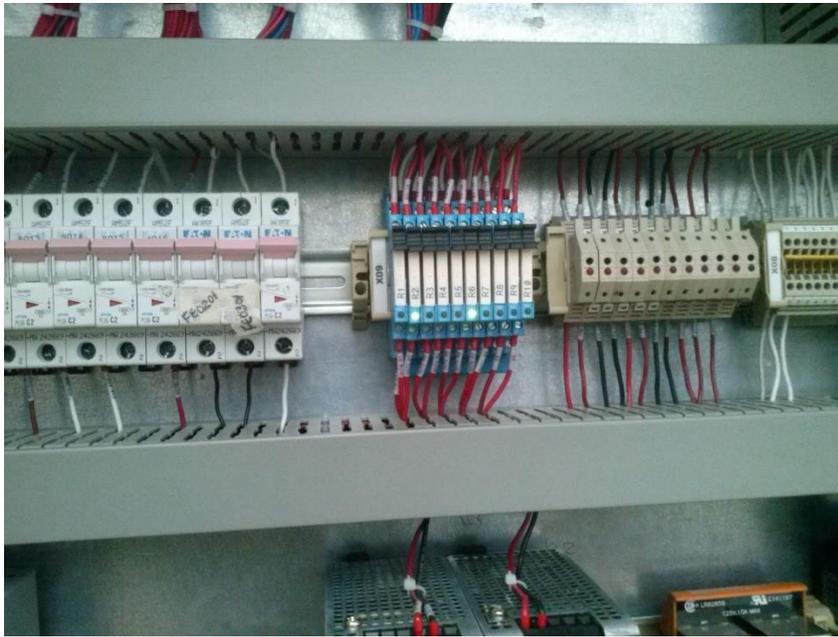


Fig.3.130.- Prueba de salidas digitales

Después de estas pruebas se probó el accionamiento de los arrancadores suaves desactivando la fuerza, únicamente para verificar el accionamiento de los arrancadores.



Fig.3.131.- Prueba de accionamiento de arrancadores

Así mismo se realizó la prueba del accionamiento de los variadores de velocidad desconectando las bombas, únicamente para ver el funcionamiento.



Fig.3.132.- Prueba de accionamiento variador de velocidad Power Flex 40



Fig.3.133.- Prueba de accionamiento variador de velocidad Micromaster 420

Mediante el accionamiento de los arrancadores se probó que el giro de las bombas y motores fuera el correcto. Al realizar las pruebas dos de las bombas giraban en sentido contrario así que se realizó el intercambio de una de sus fases.

Probados todos los equipos del tablero, válvulas. Motores y bombas se pasó a realizar las pruebas de las secuencias de operación. Para lo cual se cargó el programa al PLC y se corrió desde RSVIEW 32 probando cada una de las secuencias, verificando la apertura de válvulas y activación de bombas y agitadores; sin alimentar con fuerza y sin ningún tipo de líquido, solo para probar el funcionamiento de las secuencias programadas.



Fig.3.134.- Accionamiento de válvulas pruebas de secuencias



Fig.3.135.- Accionamiento de válvulas pruebas de secuencias

Se realizó la prueba de cada filosofía de operación realizando los detalles pertinentes en la programación de las mismas.

Una vez probadas las secuencias se procedió a realizar la prueba de las mismas pero con agua. En la placa diversora de recepción de leche se conectó el suministro de agua hacia la entrada de la bomba de recepción de leche PC.03.01 para enviar agua a los silos.

Primeramente se realizaron pruebas con agua de la secuencia de descarga de pipas a silo 5 y 6, observando el funcionamiento del sensor de flujo de recepción de leche y del sensor de nivel de los silos. Se notó que la lectura del sensor de flujo con la del PLC no concordaba, así que se configuro de nuevo el sensor y se obtuvo la lectura deseada.

También se notó que no se obtenía el valor del nivel real de los silos, por lo que fue necesario realizar el escalamiento dentro de la programación con la cual se obtuvo la medición correcta.



Fig.3.136.- Conexión de placa diversora para pruebas de secuencias con agua



Fig.3.137.- Lectura del sensor de flujo FE.03.01

Ya con agua en los silos se realizaron la demás pruebas de las filosofías de operación únicamente corriendo tiempos de accionamiento de bombas y motores.



Fig.3.138.- Prueba de secuencia de silos a descremadora



Fig.3.139.- Prueba con agua de saneamiento silo 5

Se realizaron pruebas al sensor de flujo de descarga de silos a proceso pasteurizado. Para ello se conectó la salida de la tubería que va a pasteurización a la entrada de la bomba para recircular el agua. Se activó la secuencia de descarga de silo 6 a proceso pasteurizado y se activó manualmente la bomba recepción de leche y las válvulas del silo 5 para verter el agua que sale de la tubería de proceso pasteurizado. Una vez que se acabó el agua del silo 6 se realizó lo mismo con el silo 5.

En la primera prueba el sensor de flujo electromagnético de descarga de silos a proceso pasteurizado no daba lectura en el RSlogix 5000, únicamente el sensor de flujo electromagnético de recepción de leche, por lo que se verificó la programación y se encontró un detalle al hacer la conversión de pulsos.



Fig.3.140.- Lectura del sensor de flujo FE.02.01

Como todos los equipos y tuberías eran nuevos y para cumplir con las normas de calidad se realizó la pasivación de las tuberías equipos. La pasivación es como una limpieza de las tuberías y equipo. Por medio de la activación de las secuencias se introdujo sosa en las tuberías y equipos dejándolo reposar por cierto tiempo. Después por medio de las secuencias de saneamiento se realizó el lavado de las tuberías para que estas quedaran limpias y se pudiera introducir leche. Esto se realizó en todas las tuberías y equipos.

Limpias las tuberías el gerente de planta pidió que se probara ya el sistema con leche, por lo que apartaron una pipa de leche con aproximadamente 32,000 litros de leche.

Se realizó la conexión con mangueras de la pipa hacia la bomba de recepción de leche y se dio marcha de la secuencia de descarga de pipas a silo 6



Fig.3.141.- Conexión de pipa para descarga a silo 6

Toda la operación se realizó bajo supervisión del gerente de la planta, personal de calidad y los operadores de los equipos.



Fig.3.141.- Accionamiento de válvulas de descarga de pipas a silo 6

Así mismo se monitoreo la cantidad de leche descargada de la pipa por medio del sensor de flujo FE.03.01.



Fig.3.143.- Medición total de litros descargados

.En esta primera prueba después del término de la descarga se verifico que la cantidad de leche descargada coincidiera con la cantidad de leche que proporcionaba la medición del sensor de nivel del silo.

Posteriormente a esta descarga de pipas se realizaron más para llenar con cierta cantidad leche el silo y probar las demás secuencias de operación.

Después de varias descargas de pipas se probaron las secuencias de descarga de silos a placa proceso y a proceso pasteurizado. Así mismo después de cada operación se ejecutaban las secuencias de saneamiento.

4. Resultados y conclusiones

4.1 Resultados

El presente proyecto fue el desarrolló del diseño e implementación de tableros eléctricos de control realizado por la empresa de AIM Ingeniería con los que se realizó la automatización de las unidades de saneamiento de la planta Obregón de la empresa Sealed Air de México dedicada al procesamiento y envasado de leche, dando como resultado un funcionamiento satisfactorio cumpliendo con los requerimientos abordados por el cliente desde el inicio del proyecto y mencionados en este escrito.

Con el trabajo y esfuerzo de todo el personal de AIM Ingeniería se cumplió correctamente en tiempo y forma con los objetivos planteados desde el inicio del proyecto, así mismo la empresa Sealed Air de México quedo satisfecha con el sistema instalado.

El proyecto se entregó funcionando y fue supervisado por el gerente general de la empresa Sealed. Para la entrega final del proyecto se proporcionó un manual de operación del sistema, manual de configuración de equipos, así como toda la documentación de planos eléctricos y de procesos. Se entregó además un respaldo de toda la programación realizada.

El diseño final del tablero eléctrico de control se presenta en la imagen 4.1.



Fig.4.1.- Tablero eléctrico de control

4.2 Conclusiones

La participación en el presente proyecto permitió desarrollar habilidades sobre el armado de tableros eléctricos de control cumpliendo con las normas oficiales, además de habilidades y conocimientos en los sistemas de control basados en los equipos de la marca Allen Bradley, el uso de sensores industriales y equipos eléctricos de potencia con tecnología de punta.

Por otro lado el trabajar en un ambiente industrial bajo las normas de seguridad industrial fue sin duda una experiencia formativa, debiendo adaptarme a estas normas para realizar trabajos de forma segura y con enfoque a prevención de accidentes.

La estancia en la empresa AIM Ingeniería y trabajar en la industria incremento mi visión, para buscar especializarme más, buscar aprender nuevas tecnologías y sobre todo siempre actualizarse.

Comprendí que todo lo estudiado a través de mi formación académica se aterriza en la práctica y que la teoría es la base de ella. A través de estas prácticas puede comprender cuál es la finalidad de terminar una carrera y distinguir entre un técnico y un ingeniero.

Además formar parte del equipo que saque adelante un proyecto de esta magnitud me ayudo a forjar mi carácter y a aceptar la responsabilidad del trabajo. Me enseñó

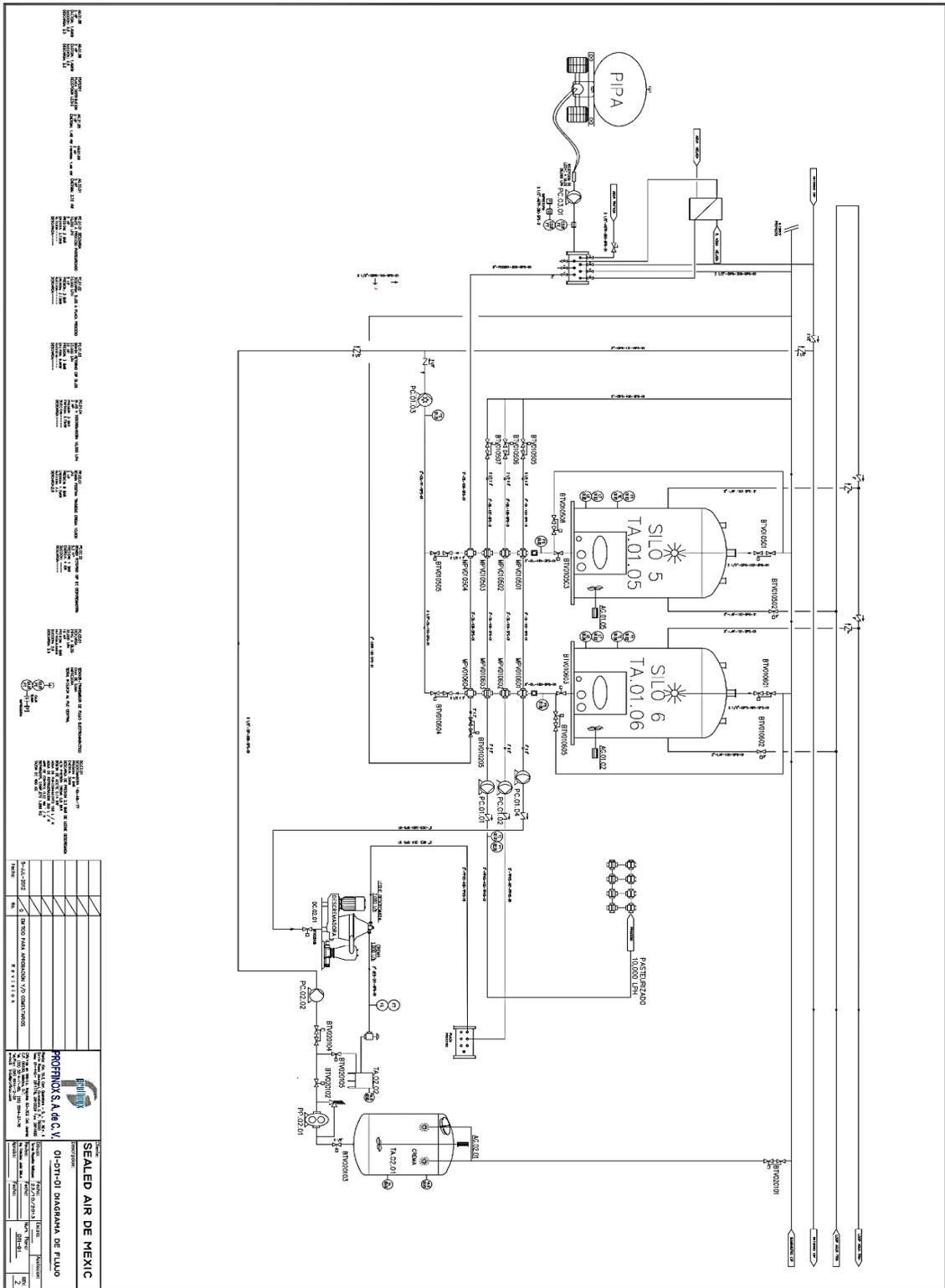
a poder tomar decisiones y dar propuesta de solución a los problemas presentados no solo en la industria sino en la vida diaria.

Desde el punto de vista personal el llevar a cabo con éxito este proyecto me motivó a seguir esforzándome al máximo y me hizo entender que todos los propósitos se pueden lograr a partir de las ganas y el esfuerzo, lo que se resume en actitud.

Referencias

- [1] Cosme Damián Mejía Echeverría, Diseño de un Sistema de Control Automático para la Pasteurización y Pulverización de leche para la Planta Machachi de la Empresa el Ordeño S.A., Tesis de titulación en Ingeniería Electrónica, Escuela Politécnica de Ejercito, Ecuador 2008.
- [2] Cristian Andre Ilisara, Diseño de Sistema de Lavado de Estanques Automatizado CIP (CLEANING IN PLACE), Tesis de titulación en Ingeniería Mecánica, Universidad Austral de Chile, Facultad en Ciencias de la Ingeniería, Valdivia-Chile, 2010.
- [3] Pablo Pescador Pérez, Propuesta de Mejora de un Procedimiento de Limpieza CLEANING IN PLACE (CIP), así como su Puesta en Marcha y Servicio del Equipo, el Mantenimiento Requerido en un Proceso de Bebidas no Carbonatadas, Tesis de titulación de Ingeniería en Control y Automatización, Instituto Politécnico Nacional, Escuela superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica, México, DF, Mayo, 2010.
- [4] Claudio Br. Forte , Desarrollo de un Prototipo de Sistema Automatizado "CLEAN IN PLACE (CIP)" Basado en Controladores Lógicos Programables para Simulación de Limpieza de Silos en la Industria de Bebidas, Tesis de titulación de Ingeniería Electrónica, Universidad Nueva Esparta, Facultad de Ingeniería, Venezuela, Mayo, 2011.
- [5] Cesar Alberto Torres Rivera, Diseño de un Sistema de Limpieza en Sitio de tipo Sanitario (CIP) para una línea de llenado en un Salón de Embotellado en la industria de Cerveza, Tesis de titulación en Ingeniería Mecánica Industrial, Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala Marzo, 2012.
- [6] Norma ANSI/ISA-S5.1-1984 (R 1992) 9. Designación de instrumentos y sistemas de instrumentación para medición y control.
- [7] Norma Europea EN 60617, Parte 2. Símbolos gráficos, reglas numéricas y alfanuméricas para la identificación de aparatos, esquemas y equipos eléctricos.

- [8] Norma IEC 60445 (Octubre de 1999) Versión Oficial en Español- Principios fundamentales y de seguridad para la interfaz hombre-máquina, el marcado y la identificación.
- [9] Norma IRAM 218, Anexo III- Apéndice 6. Definición de la construcción y ensamble de conjuntos de tableros eléctricos de baja tensión.
- [10] Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEDE-2012, Instalaciones Eléctricas (utilización). Artículo 430.Págs. 52-67.
- [11] Norma ANSI/ TIA/EIA 606. Norma de cableado estructurado.
- [12] www.latincasa.com.mx
- [13] www.rockwellautomation.com
- [14] www.mx.endress.com
- [15] ab.rockwellautomation.com
- [16] www.siemens.com.mx
- [17] <http://www.aurumprocess.com/es/productos-y-soluciones/proceso-de-limpieza-cip/tipos-soluciones-y-fases-cip>
- [18] http://www.axis.com/es/products/video/about_networkvideo/ip_networks.htm
- [19] http://www.ecured.cu/index.php/Cables_de_potencia
- [20] www.pentair.com
- [21] www.suedmo.com



<p>SEALADO EN AIRE DE MEXICO</p> <p>PROFENOX S.A. DE C.V.</p> <p>01-DT-01 DIAGRAMA DE FLUJO</p>	
<p>PROYECTO: 01-DT-01</p> <p>FECHA: 2013-01-15</p> <p>HOJA: 2</p>	<p>REVISOR: []</p> <p>ELABORADOR: []</p> <p>APROBADO: []</p>

Fig.A.2.- Diagrama de flujo general

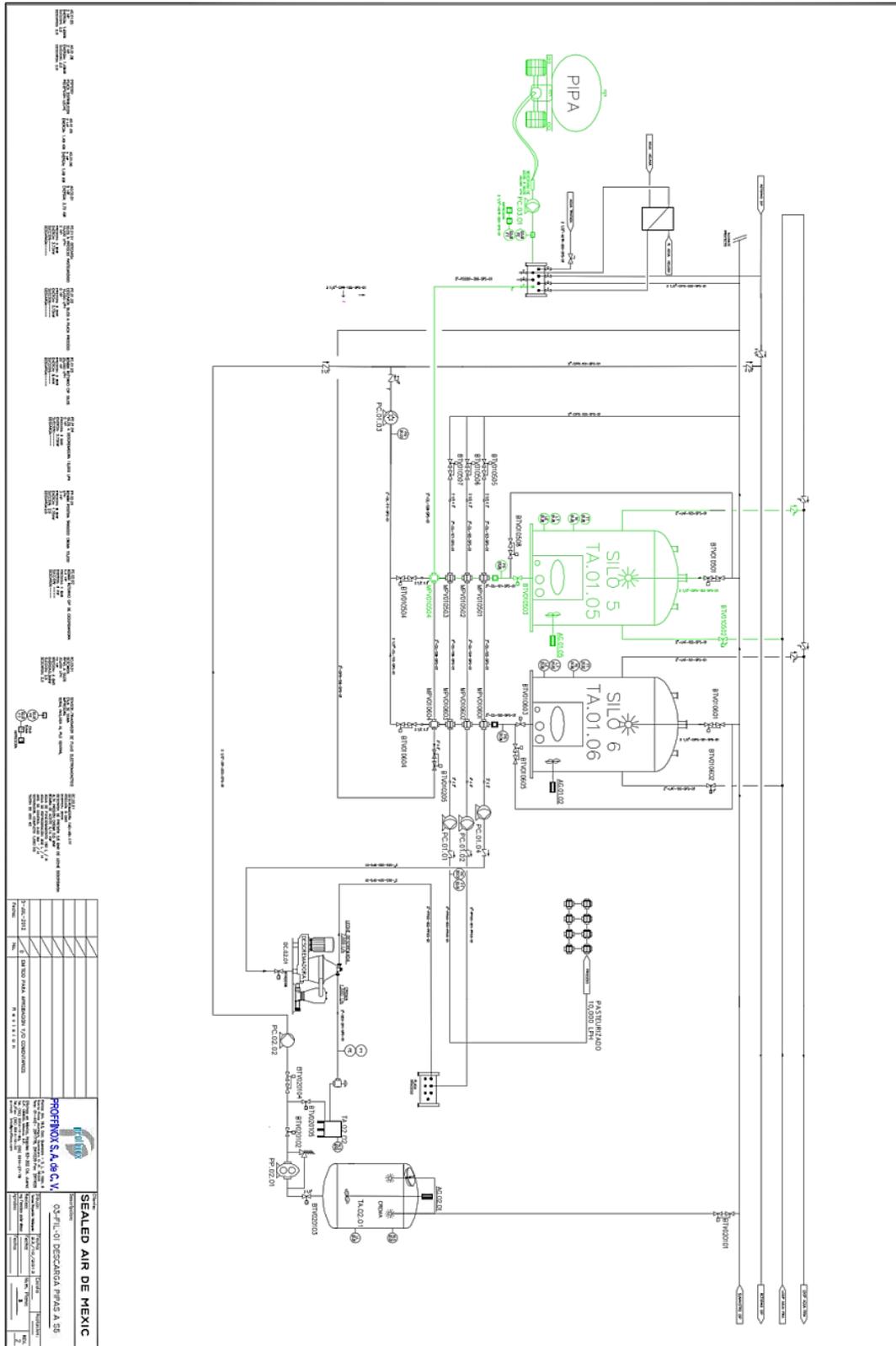


Fig.A.3.- Filosofía de operación descarga de pipas a silo 5

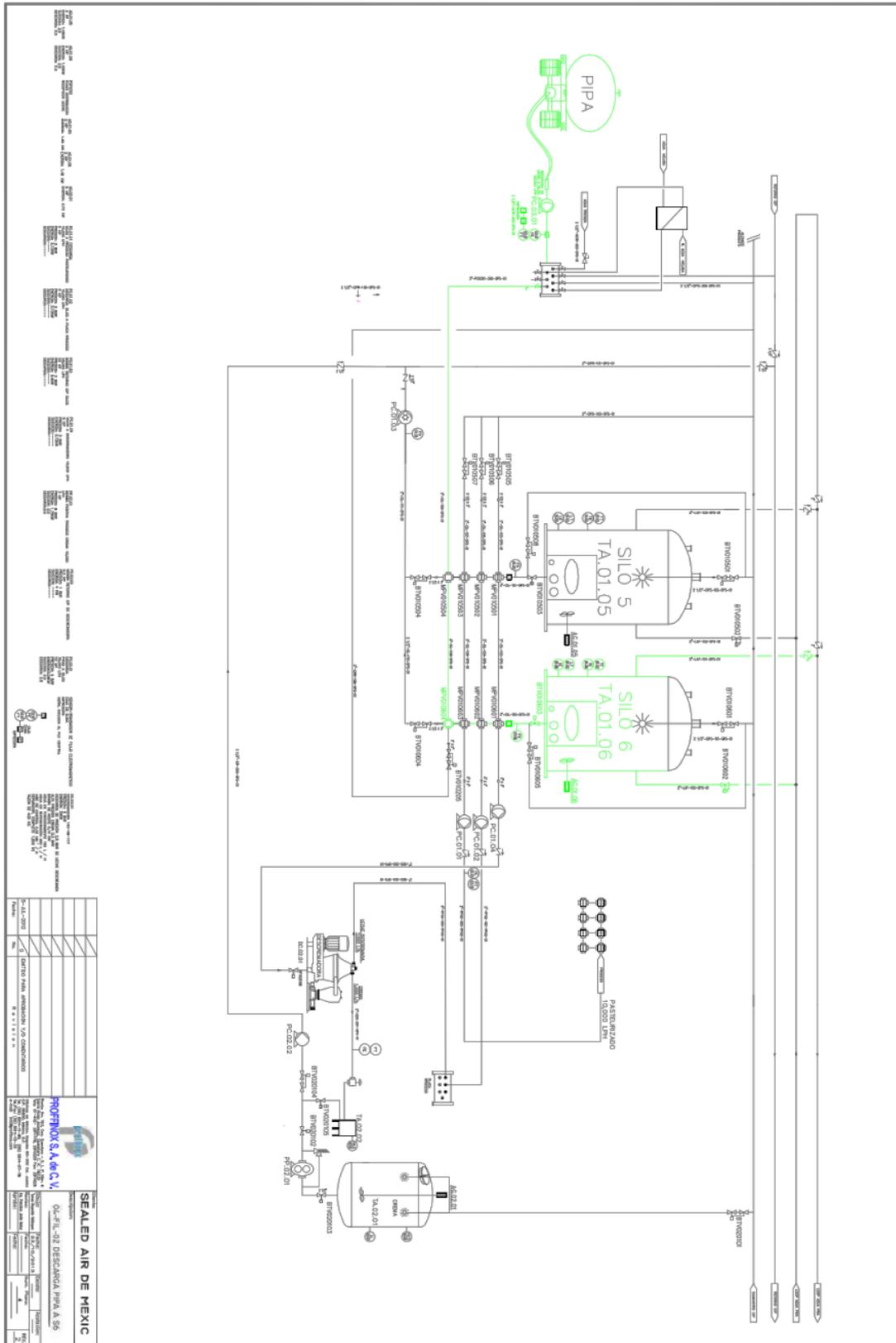


Fig.A.4.- Filosofía de operación descarga de pipas a silo 6

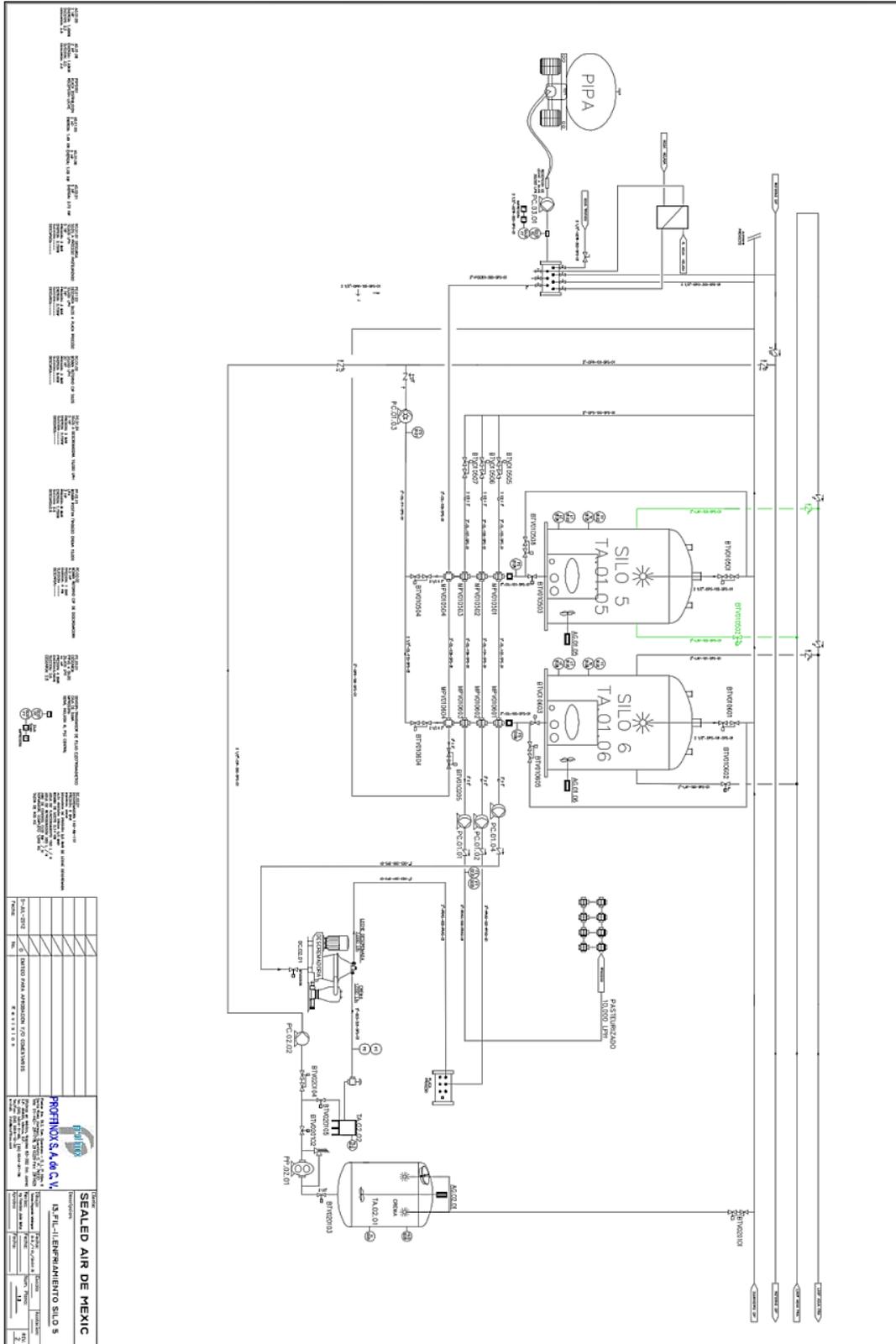


Fig.A.5.- Filosofía de operación enfriamiento silo 5

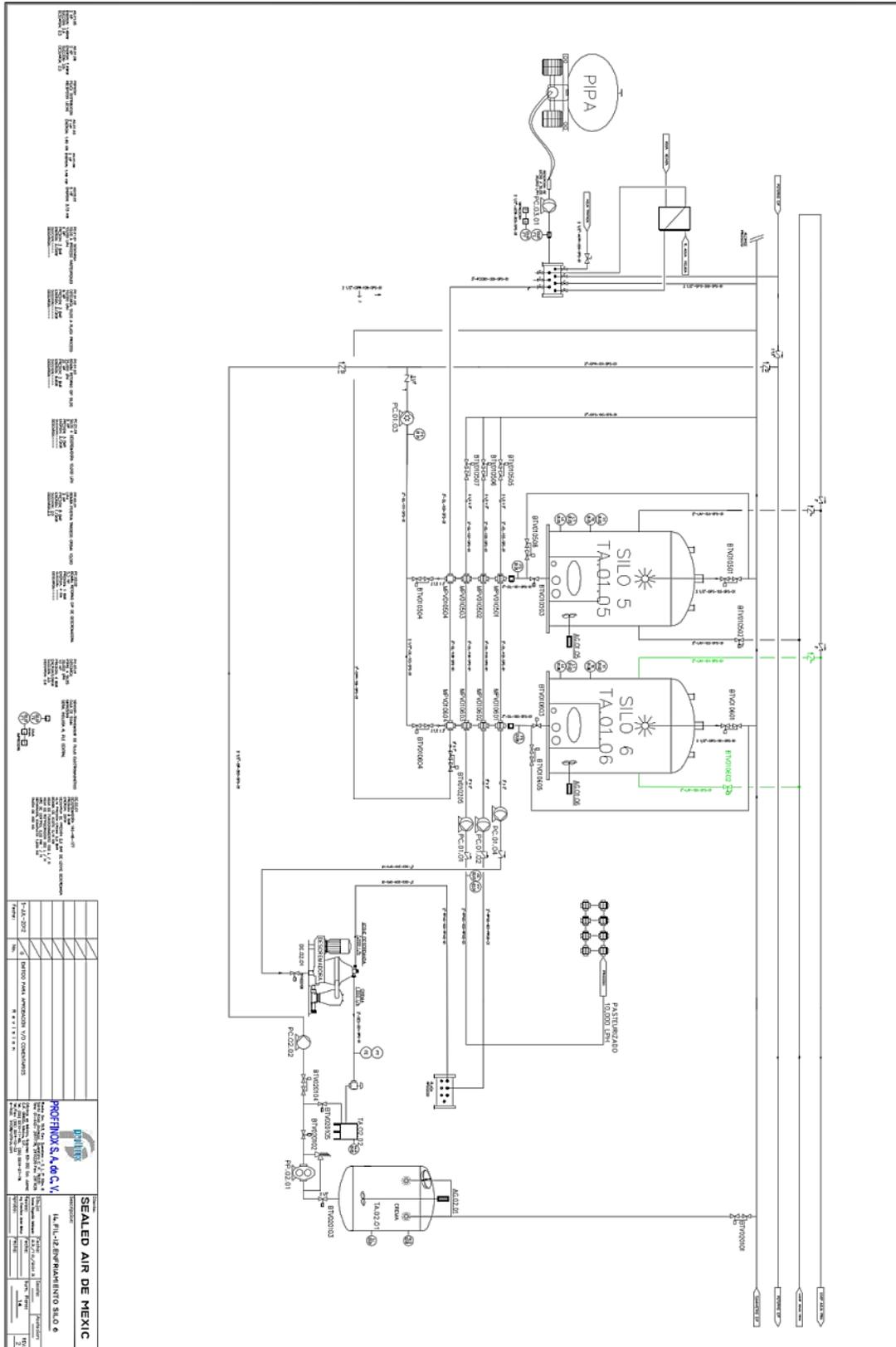


Fig.A.6.- Filosofia de operación enfriamiento silo 6

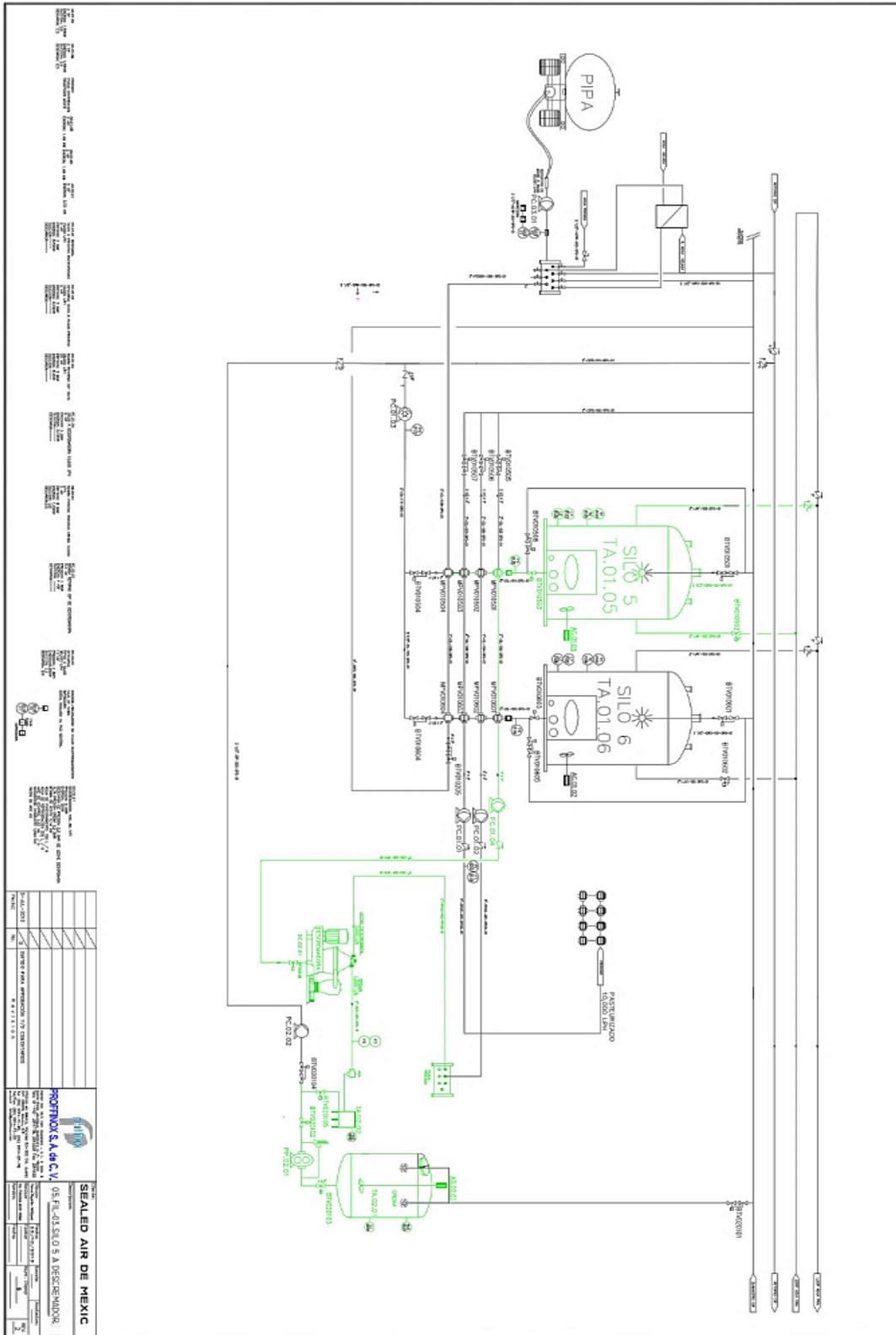


Fig.A.7.- Filosofia de operación descarga silo 5 a descremadora.

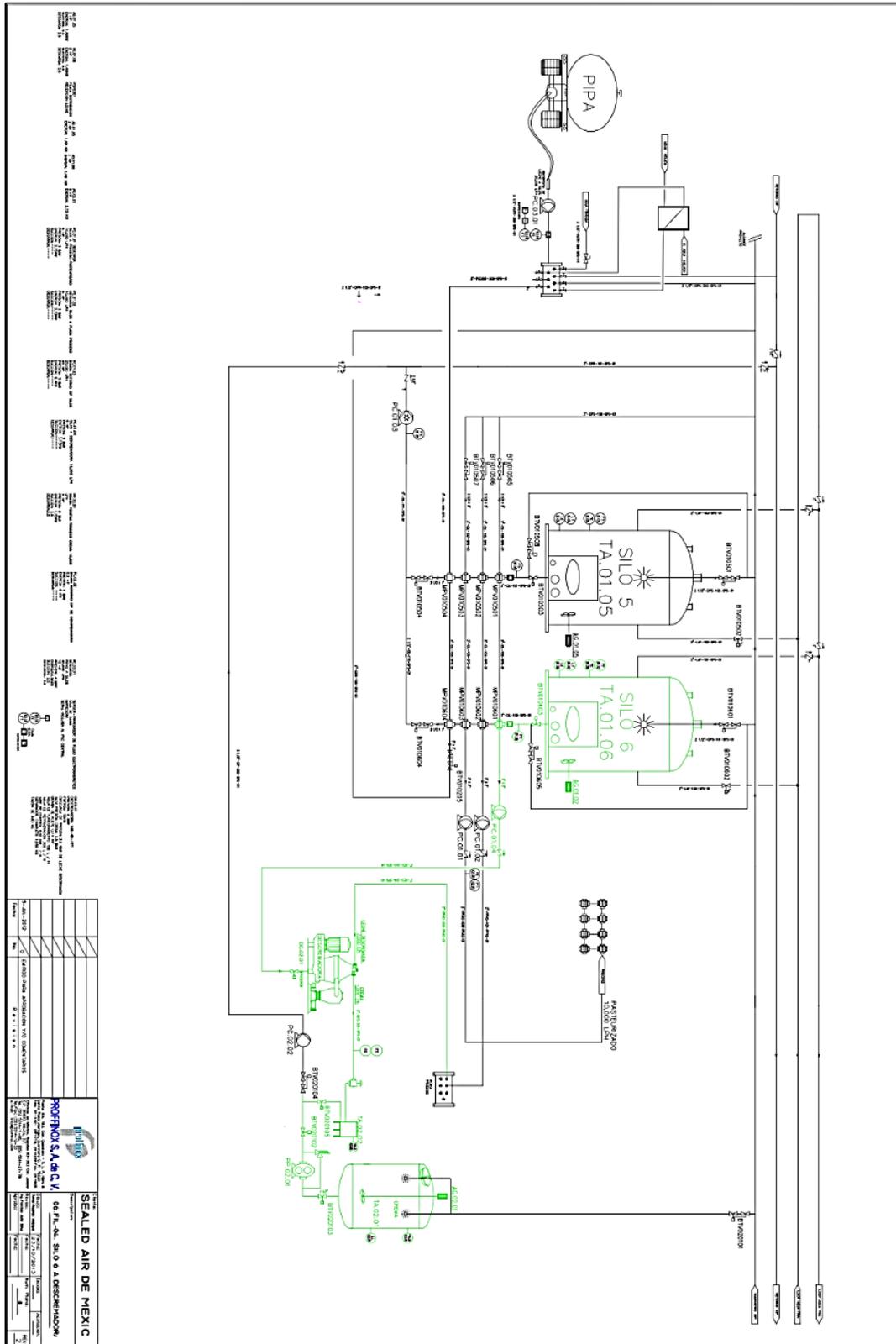


Fig.A.8.- Filosofía de operación descarga silo 6 a descremadora.

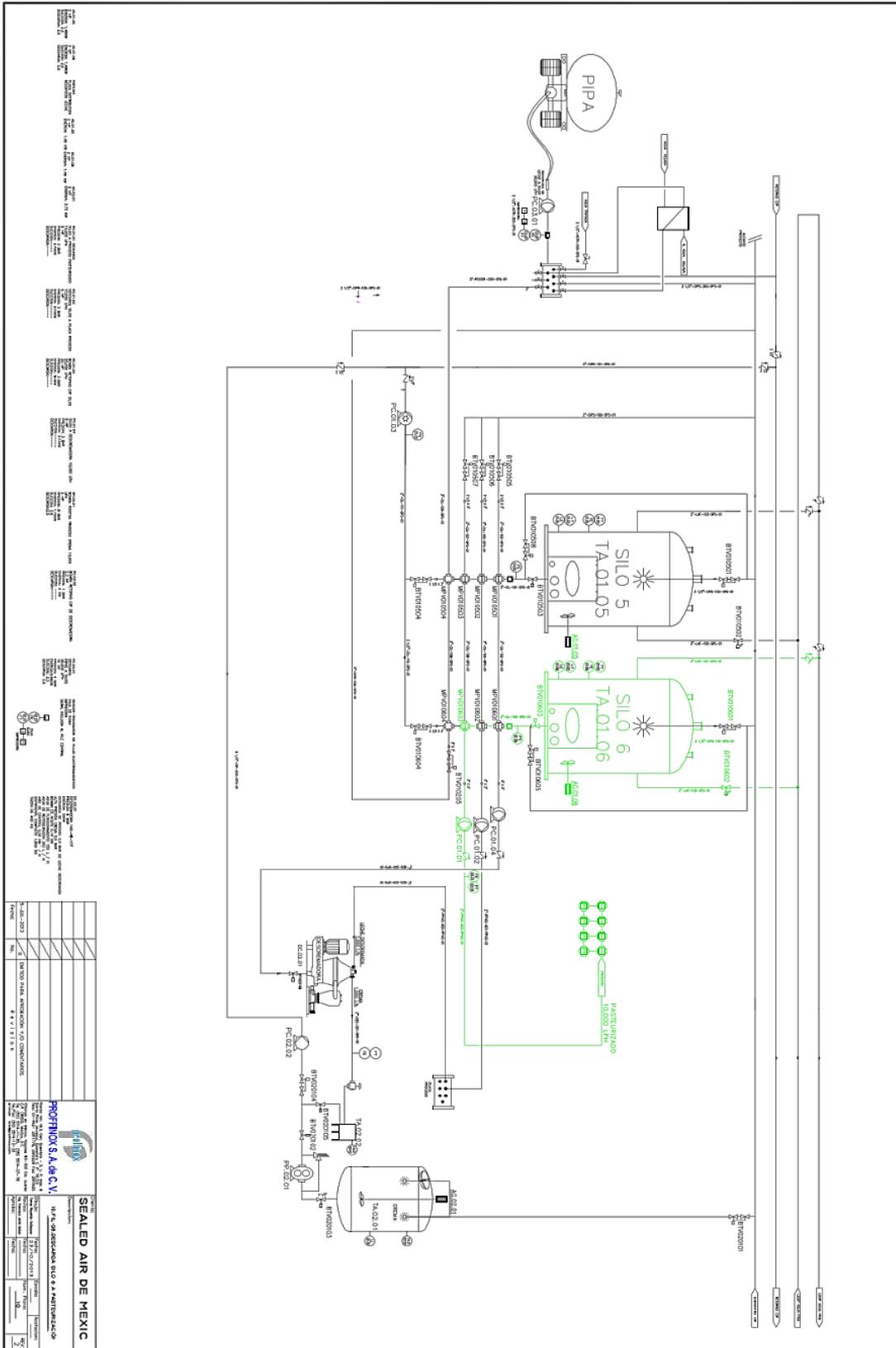


Fig.A.12.- Filosofía de operación descarga silo 6 a pasteurización

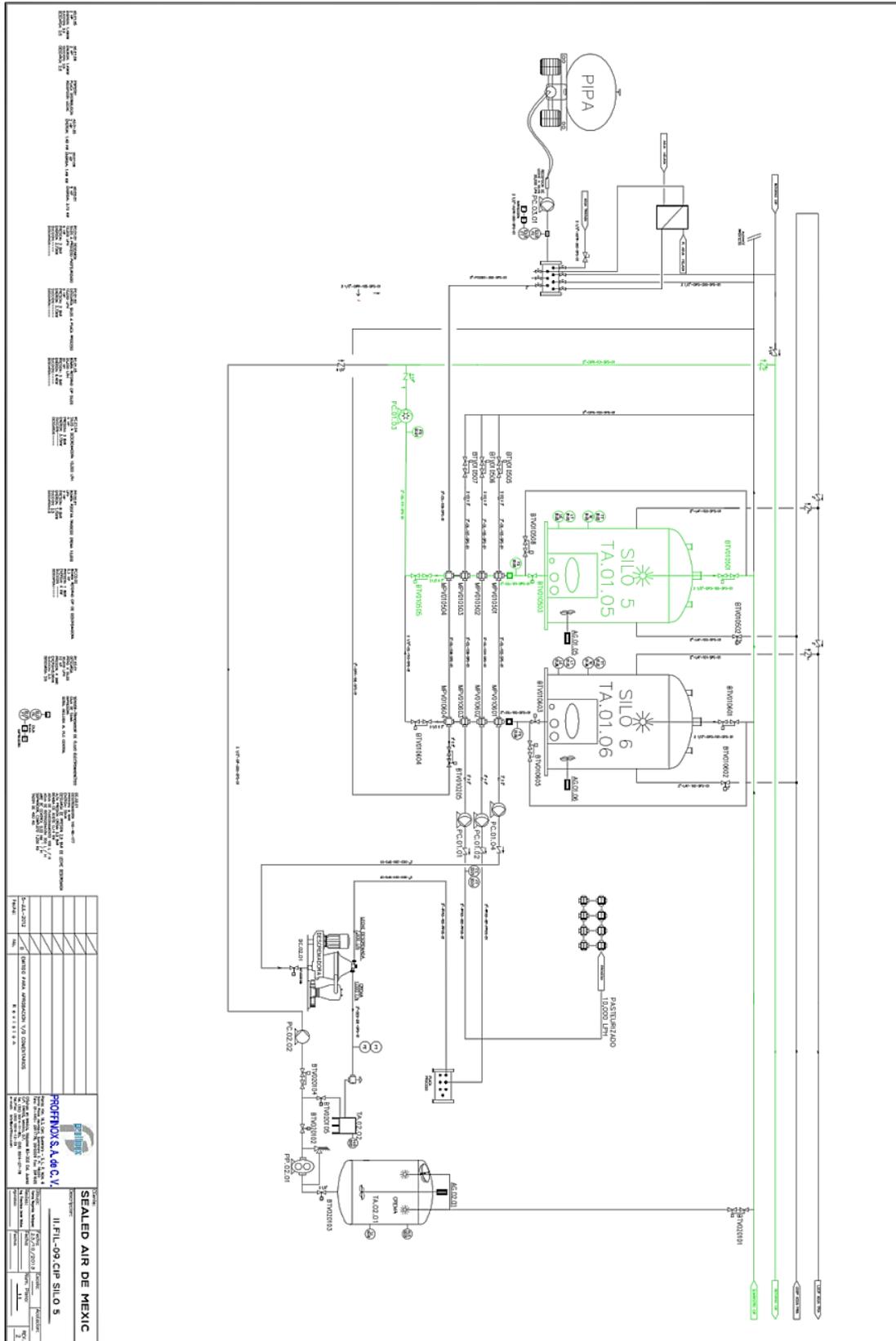


Fig.A. 13.- Filosofía de operación CIP silo 5

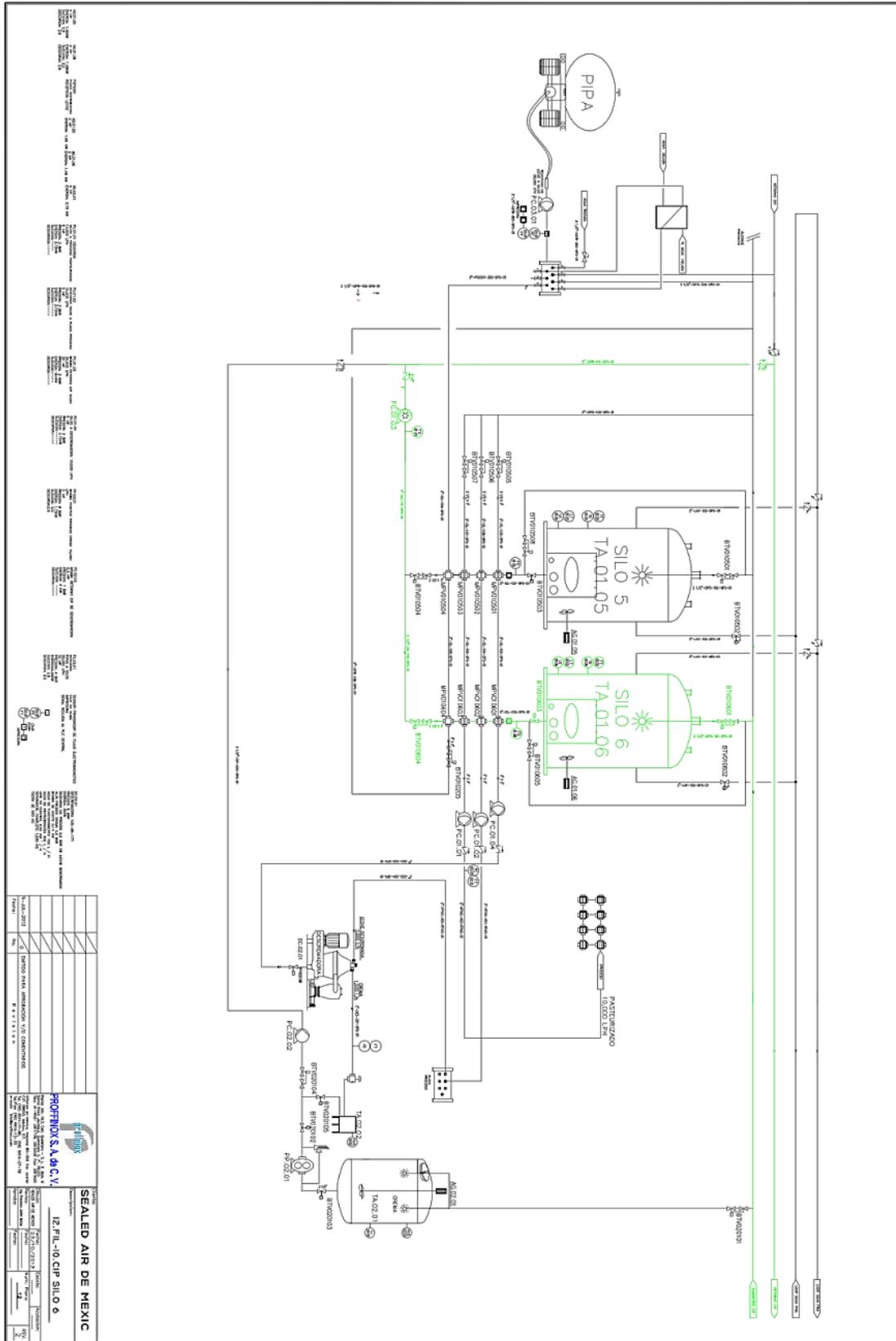


Fig.A.14.- Filosofía de operación CIP silo 6

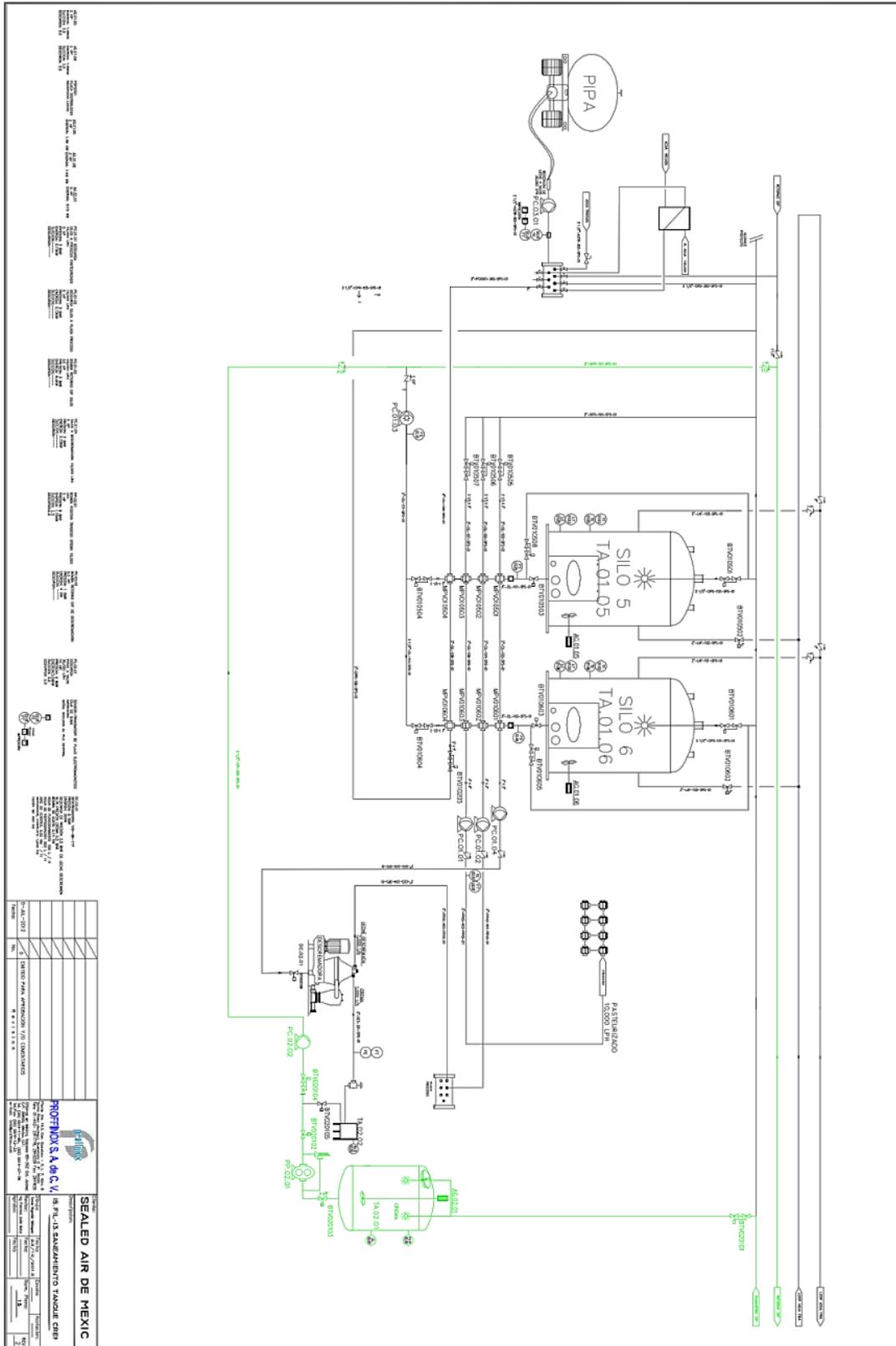


Fig.A.15.- Filosofía de operación saneamiento tanque crema

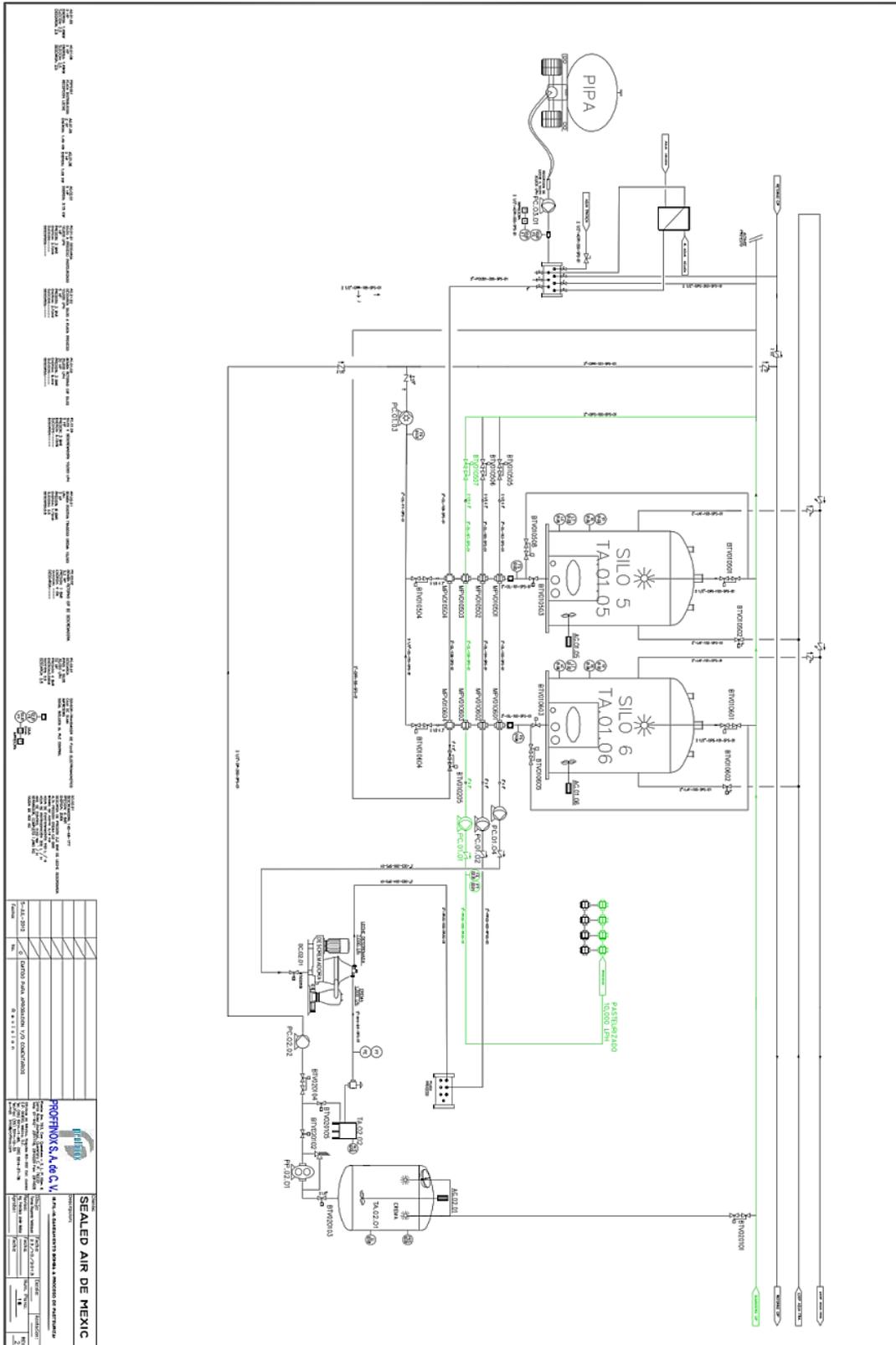


Fig.3.18.- Filosofía de operación saneamiento a pasteurización

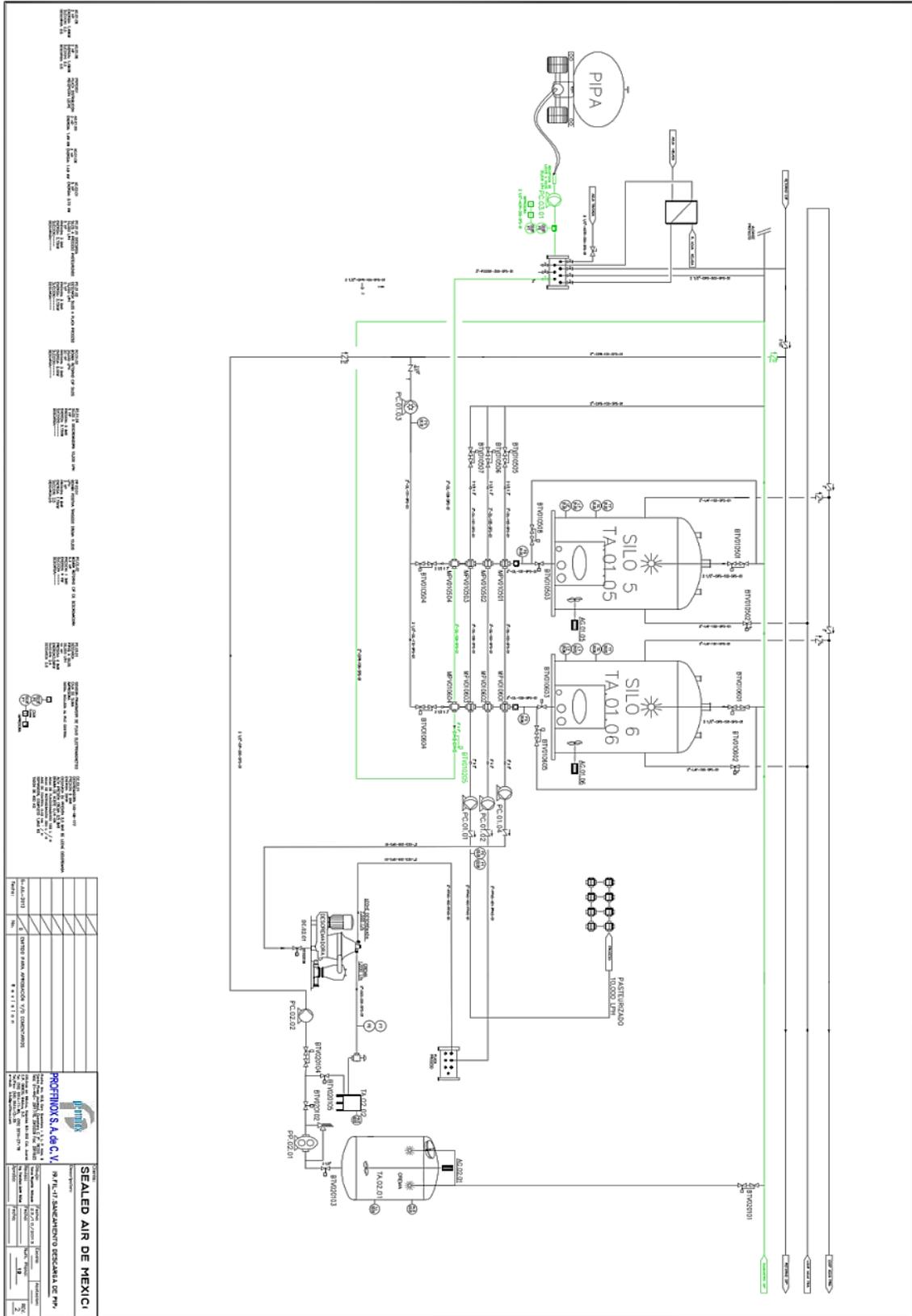


Fig.A.19.- Filosofía de operación saneamiento a descarga de pipas

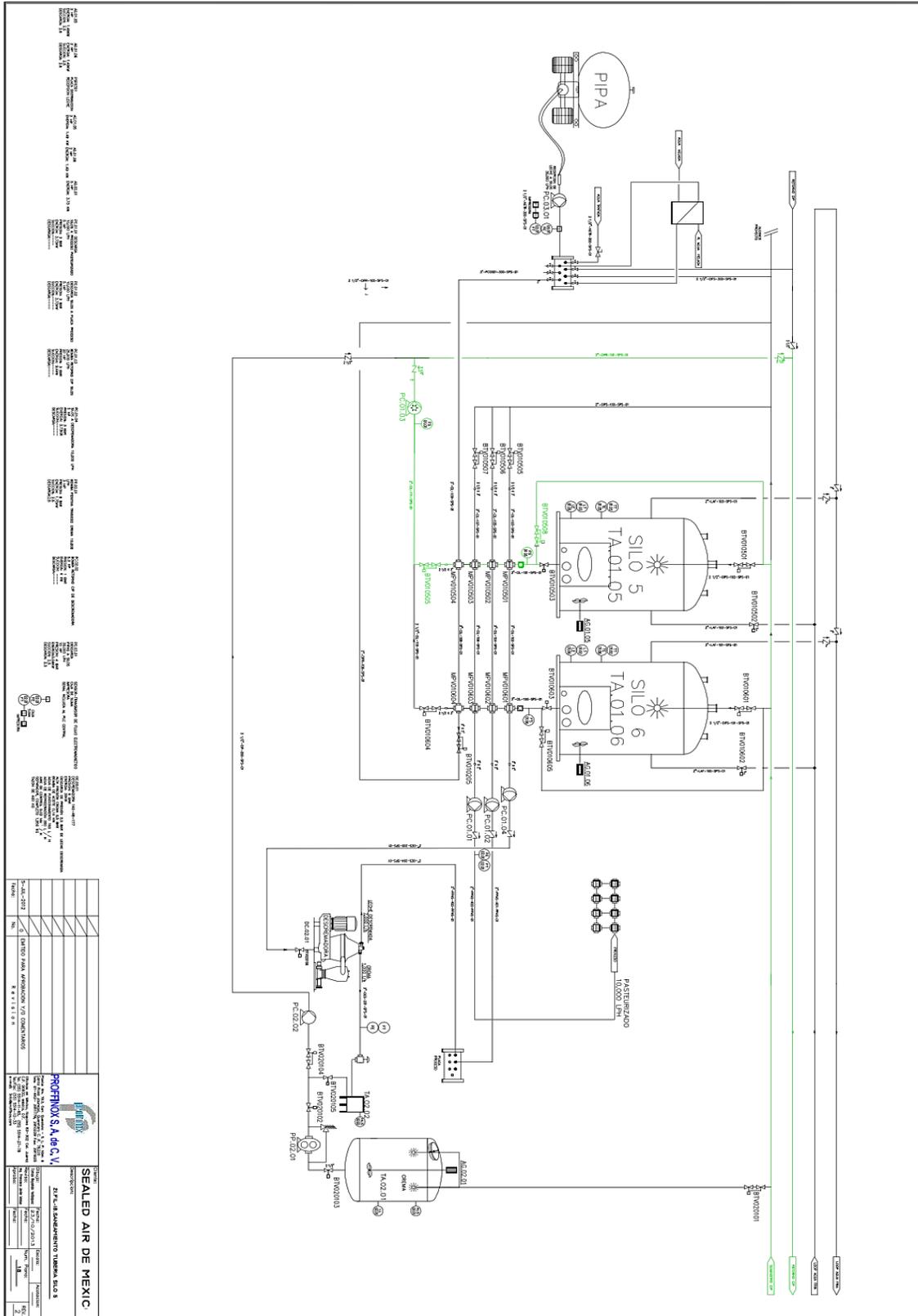


Fig.A.20.- Filosofía de operación saneamiento tubería silo 5

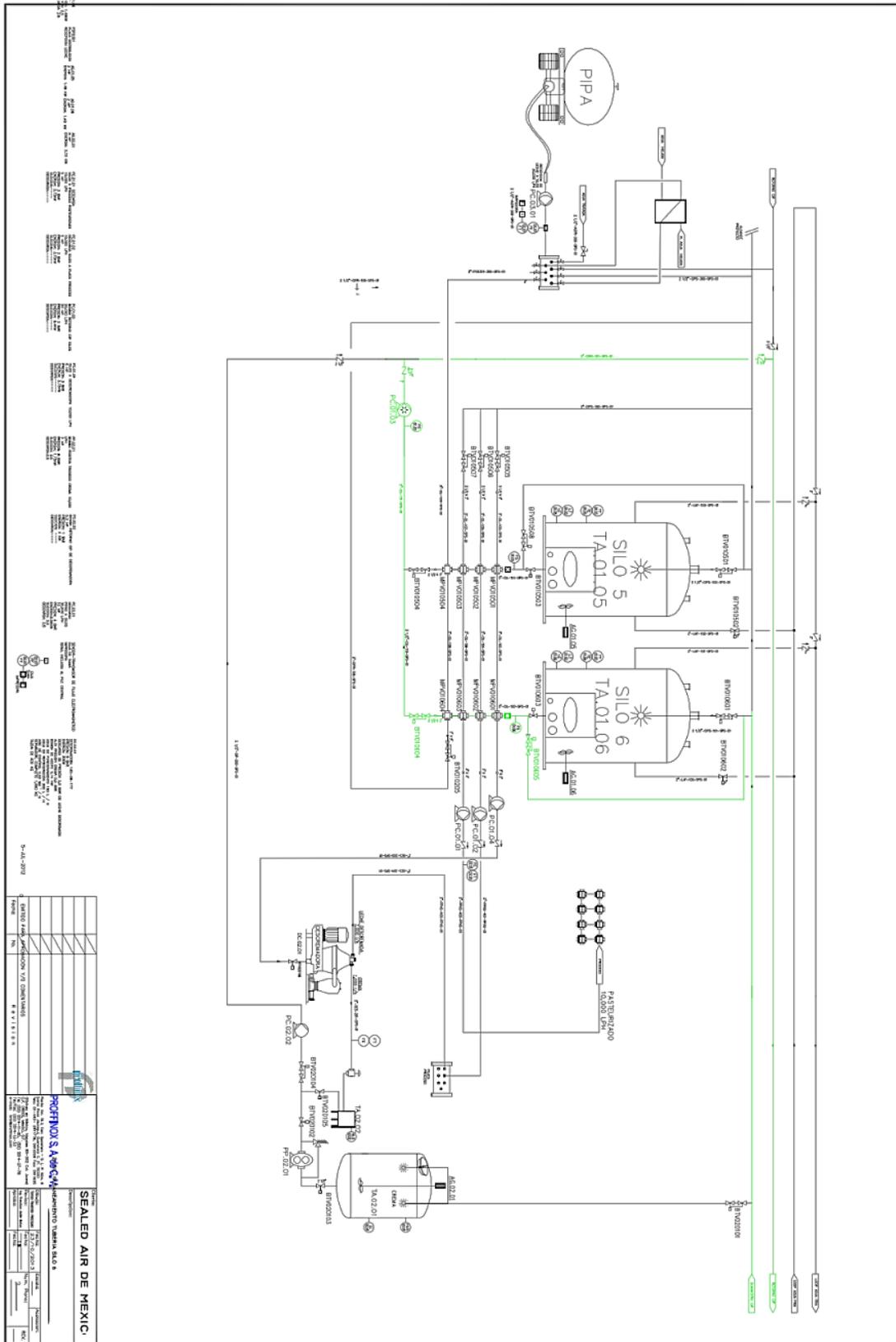


Fig.A.21.- Filosofía de operación saneamiento tubería silo 6

ANEXO B: Diagramas eléctricos

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
<p style="text-align: center;">  AIMSA <small>AIM INGENIERIA S.A. DE C.V.</small> </p> <p style="text-align: center;"> AIM INGENIERIA, S.A. DE C.V. CALLE VALLE BALAM 140,FRACC.VALLE ANTIGUA, LEON, GUANAJUATO, C.P. 37408, TEL. (477) 2510304 E-MAIL: fmatusp@aimingenieria.com </p>										
<hr/>										
C	Instalación	:	:	SEALED AIR DE MEXICO						
	Cliente	:	:							
	Condiciones	:	:							
D	Maquina-tp	:	:	TABLERO DE						
	Maquina-numero	:	:	CONTROL DE						
		:	:	SILOS						
		:	:	Numero de dibujo : 17						
		:	:	SAN						
		:	:	Cambio						
E	Tencion de servicio	:	:	440, 3HP, 60HZ						
	Tencion de modo	:	:	24V DC						
		:	:							
	Armarío de distribución	:	:	AIM INGENIERIA S.A. DE C.V.						
	Fabricante	:	:							
	nt.	:	:							
F		:	:							
	Diseñar	:	:	ING. Francisco Javier Matus Pineda			Fecha : 14.11.2014			
	Planear	:	:	Tomás Reinaldo Velasquez Martínez			Fecha : 14.11.2014			
		:	:	Edgar Osvaldo Gómez Díaz					Numero de pagina: A	
G		:	:							
H		:	:							

Fig.B.1.- Presentación de planos

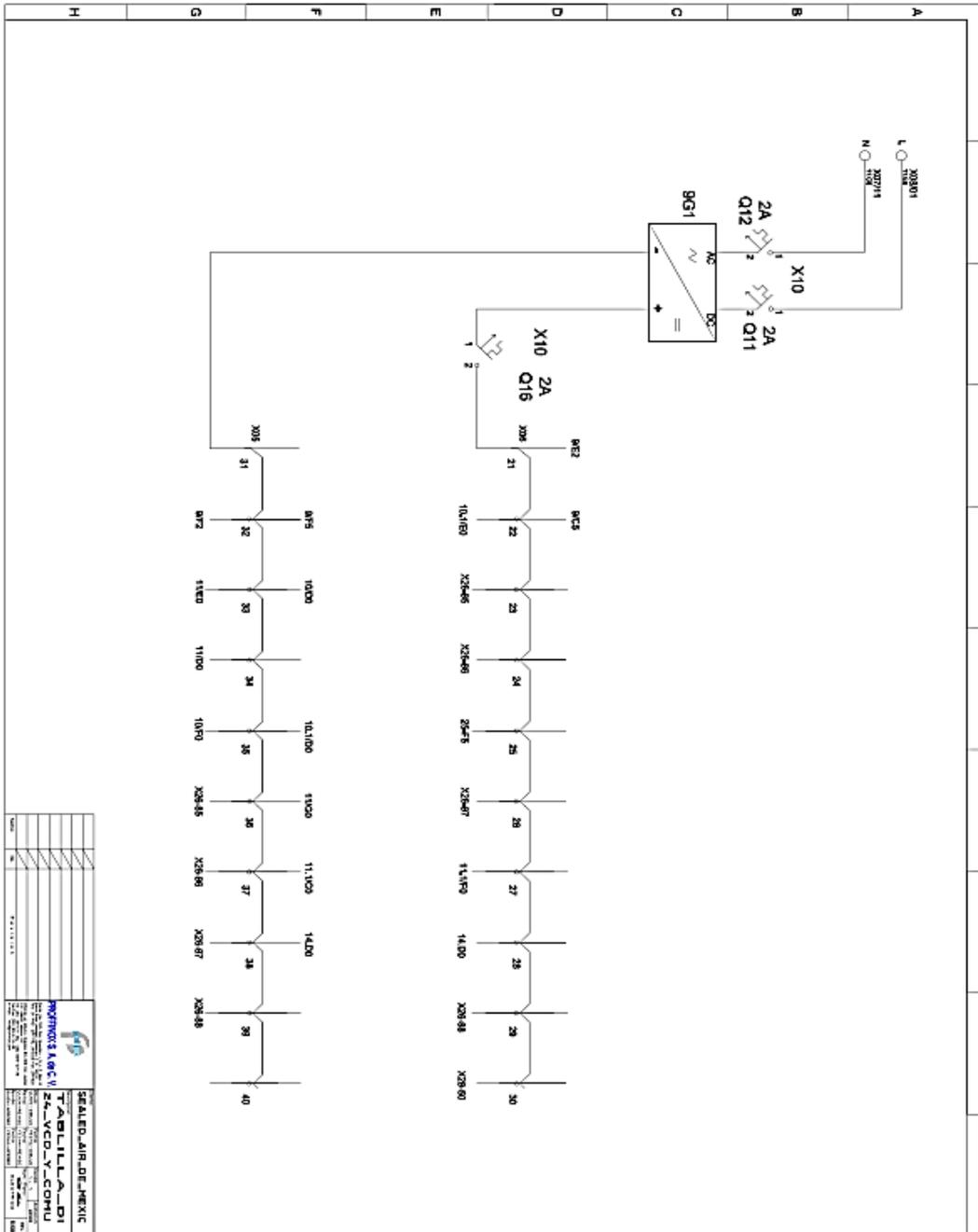


Fig.B.4.- Alimentación 24 VCD

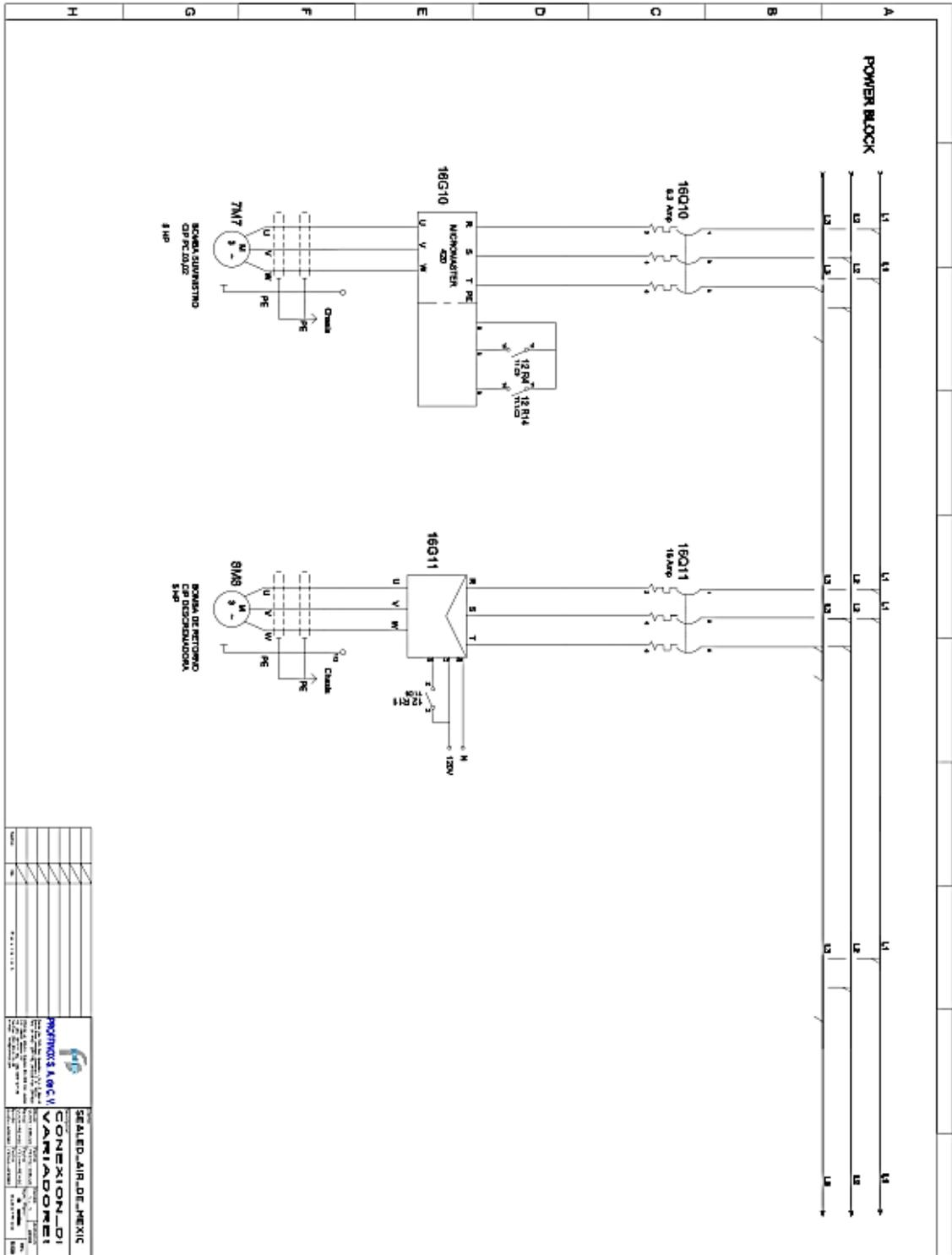


Fig.B.8.- Diagrama de conexión de bombas trifásicas

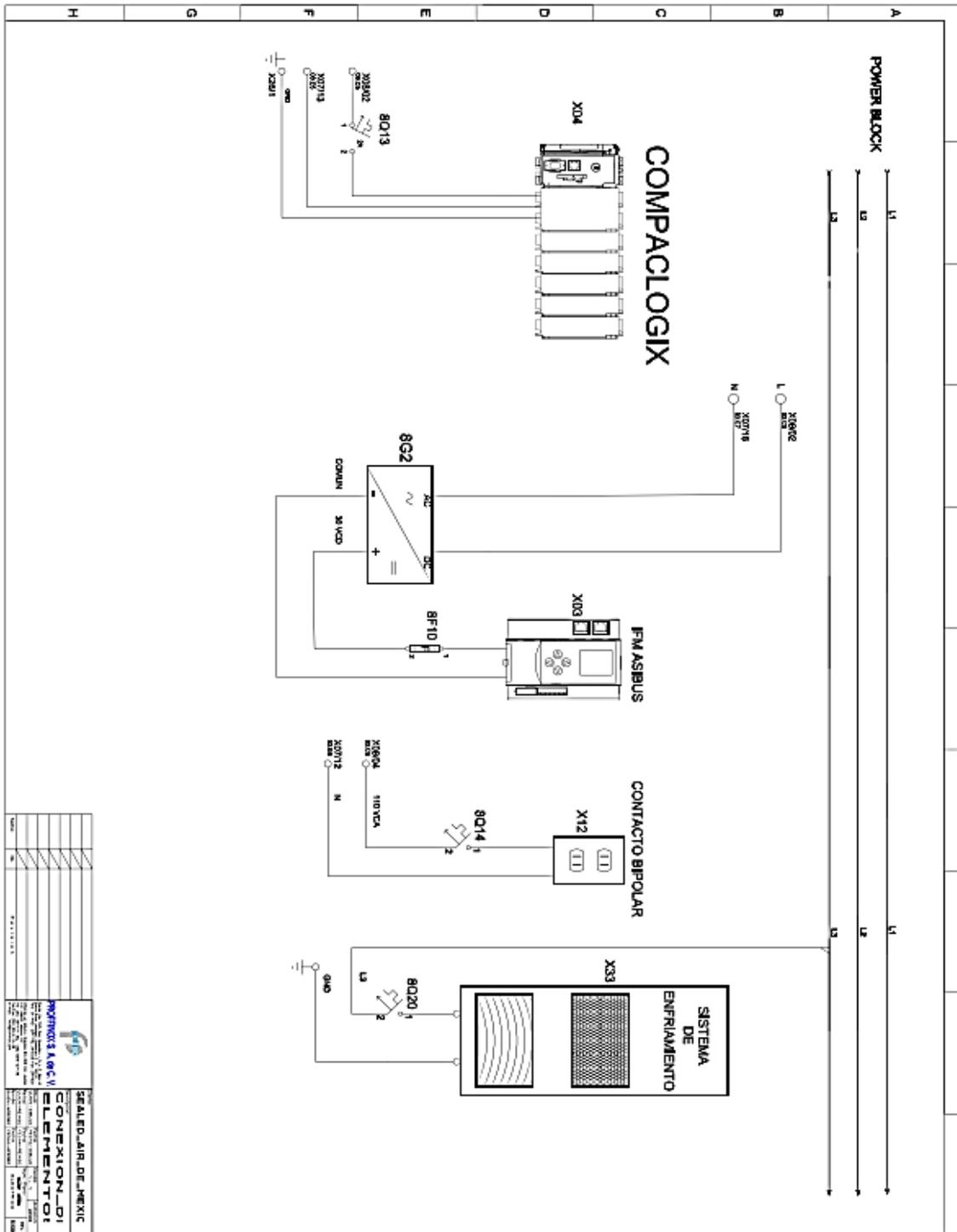


Fig.B.9.- Diagrama de conexión equipos generales

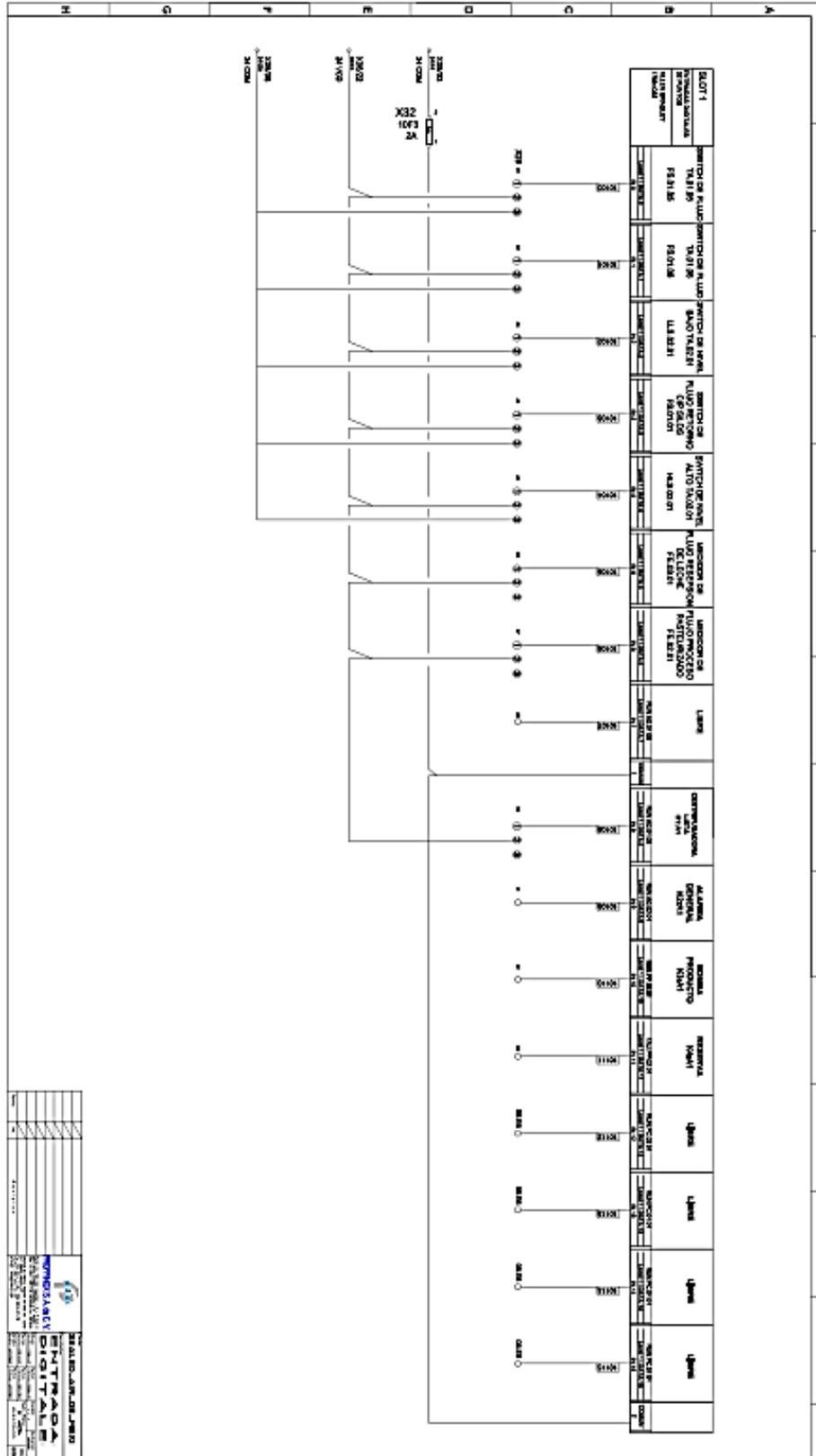


Fig.B.11.- Entradas digitales

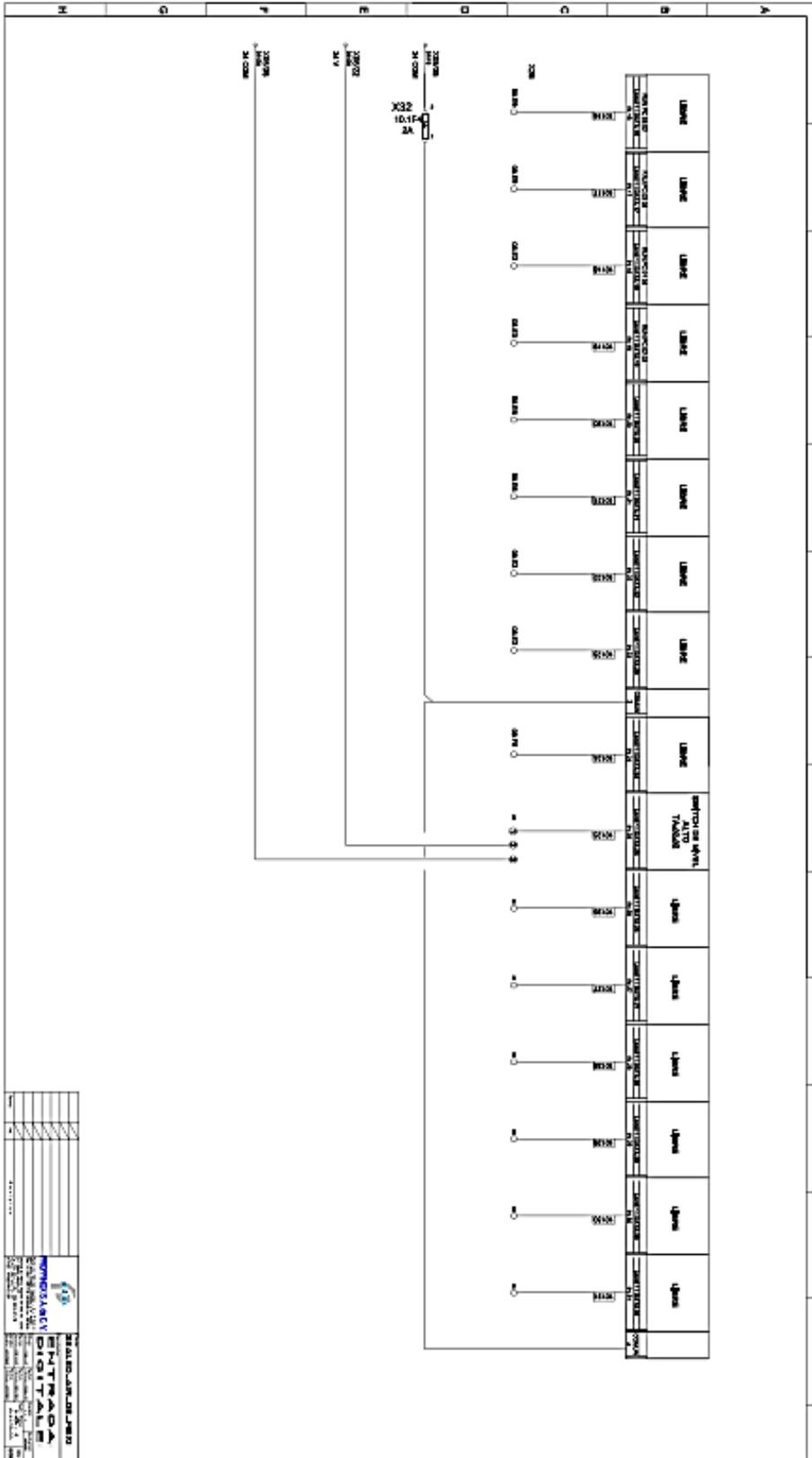


Fig.B.12.- Entradas digitales

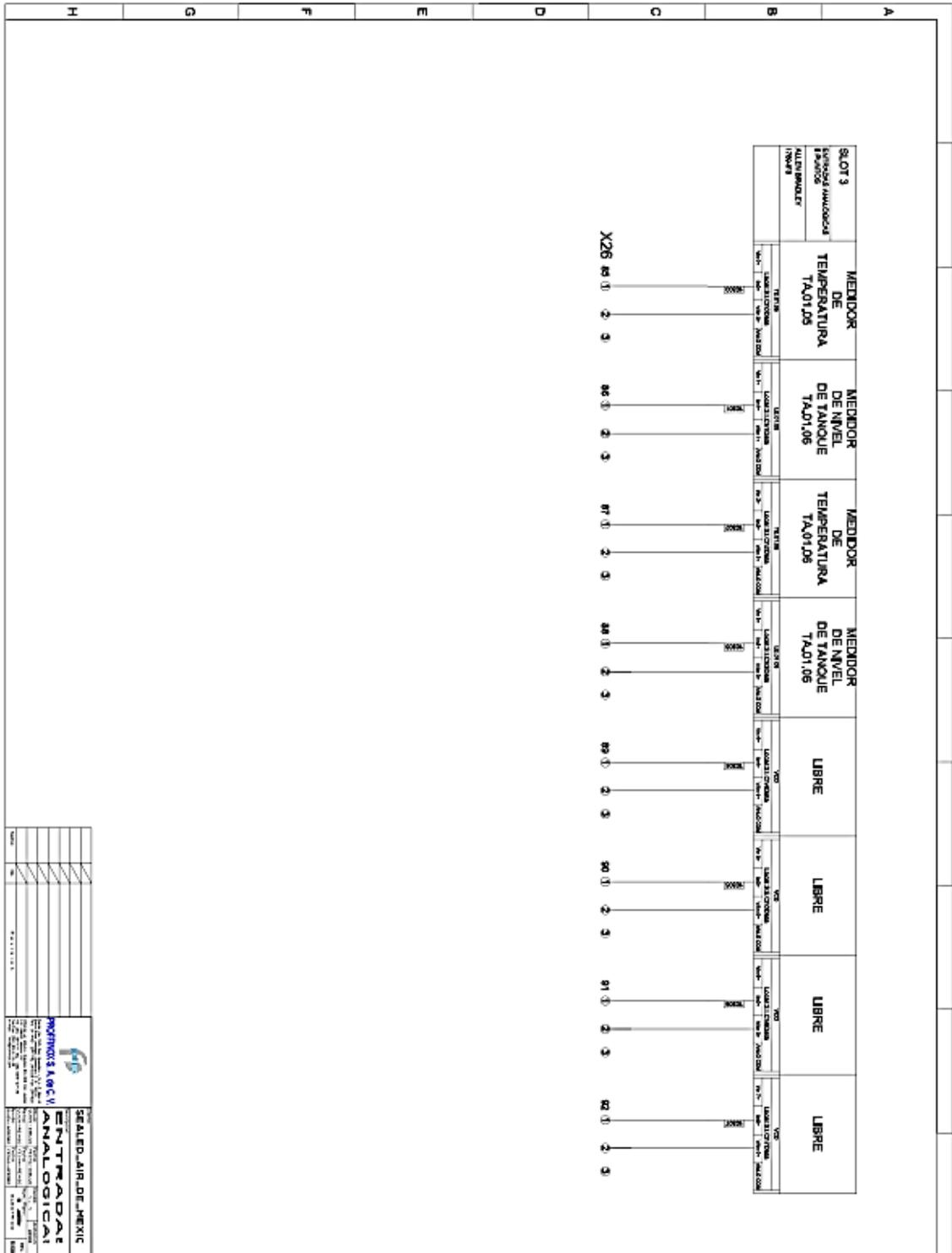


Fig.B.15.- Entradas analógicas

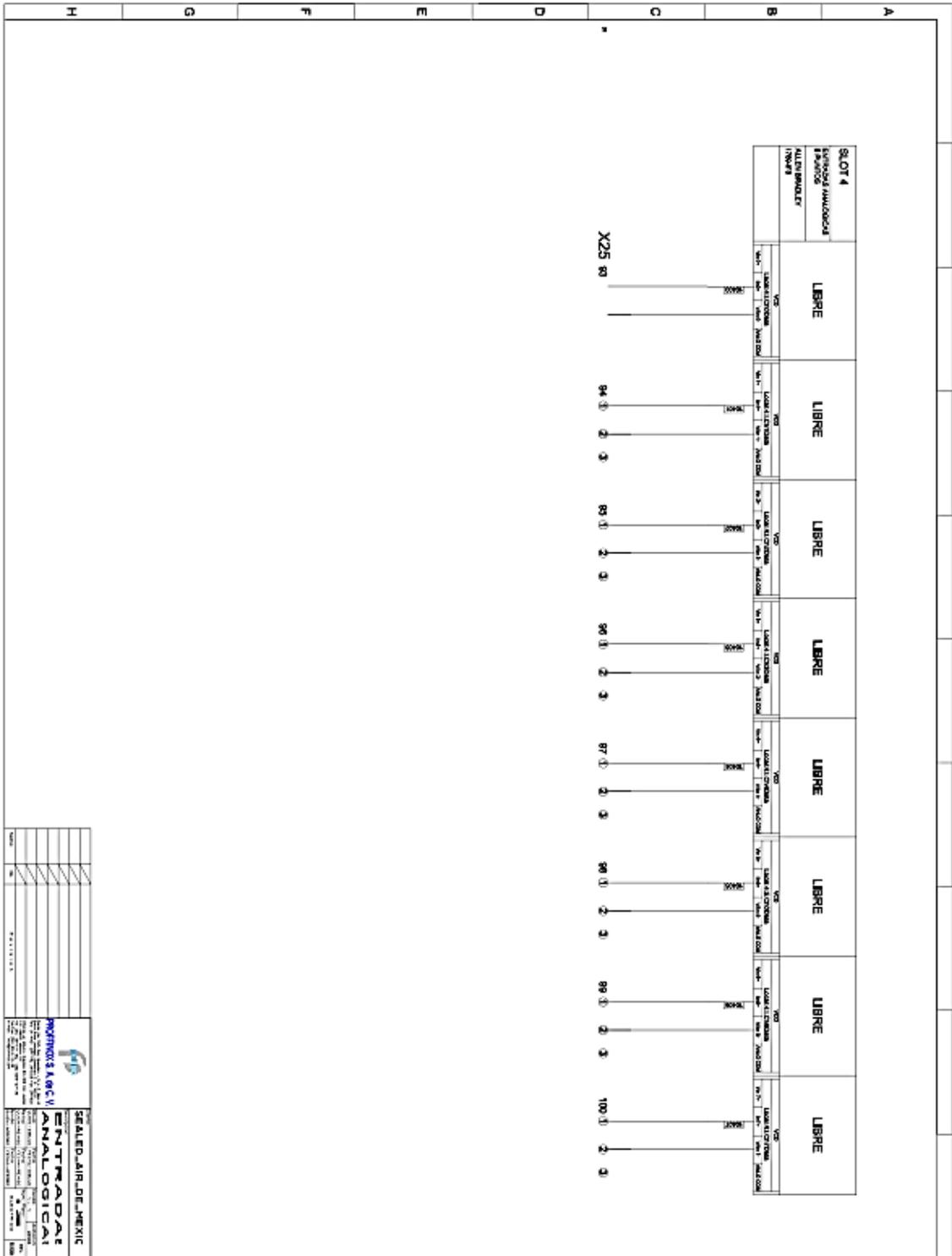


Fig.B.16.- Entradas analógicas

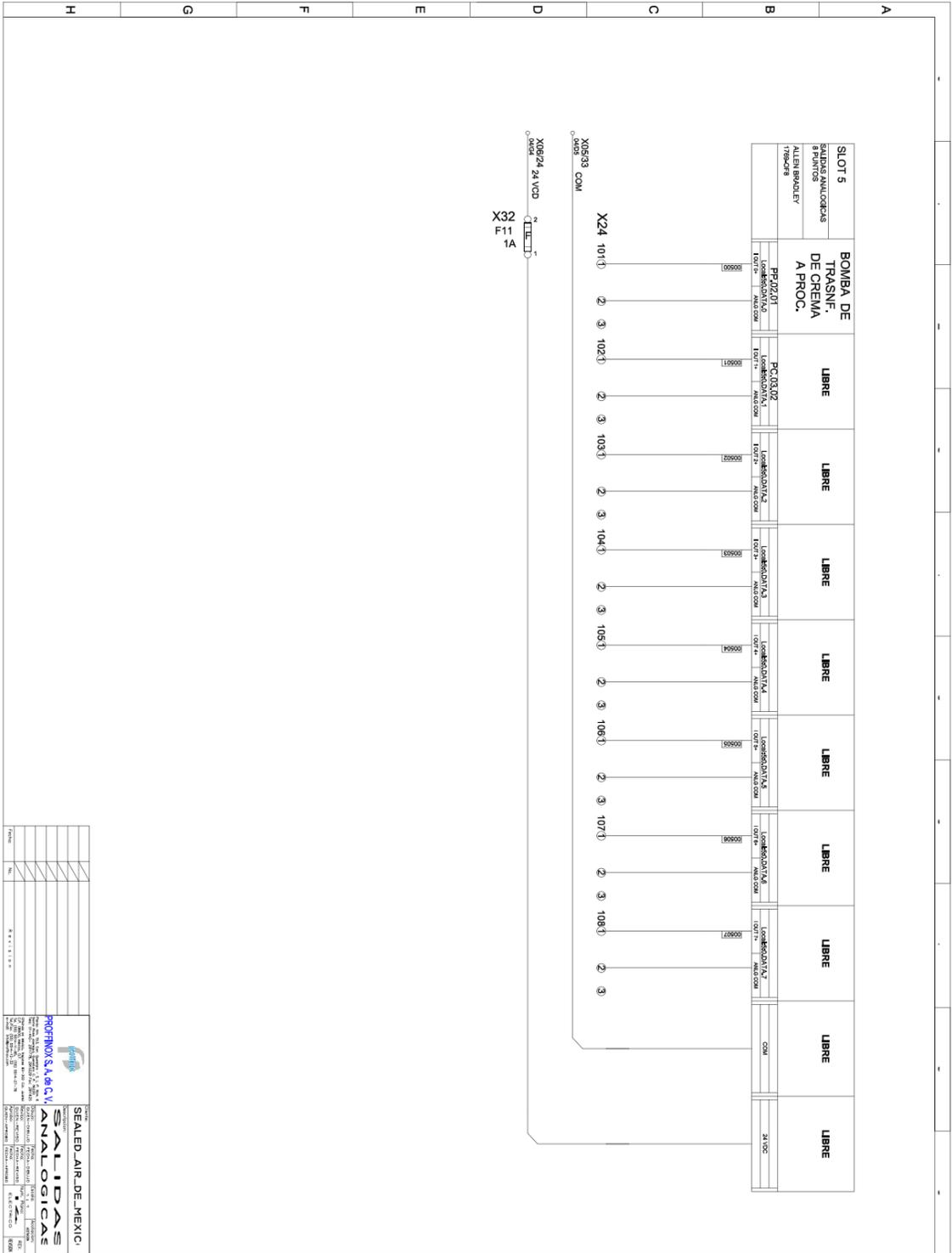


Fig.B.17.- Salidas analógicas

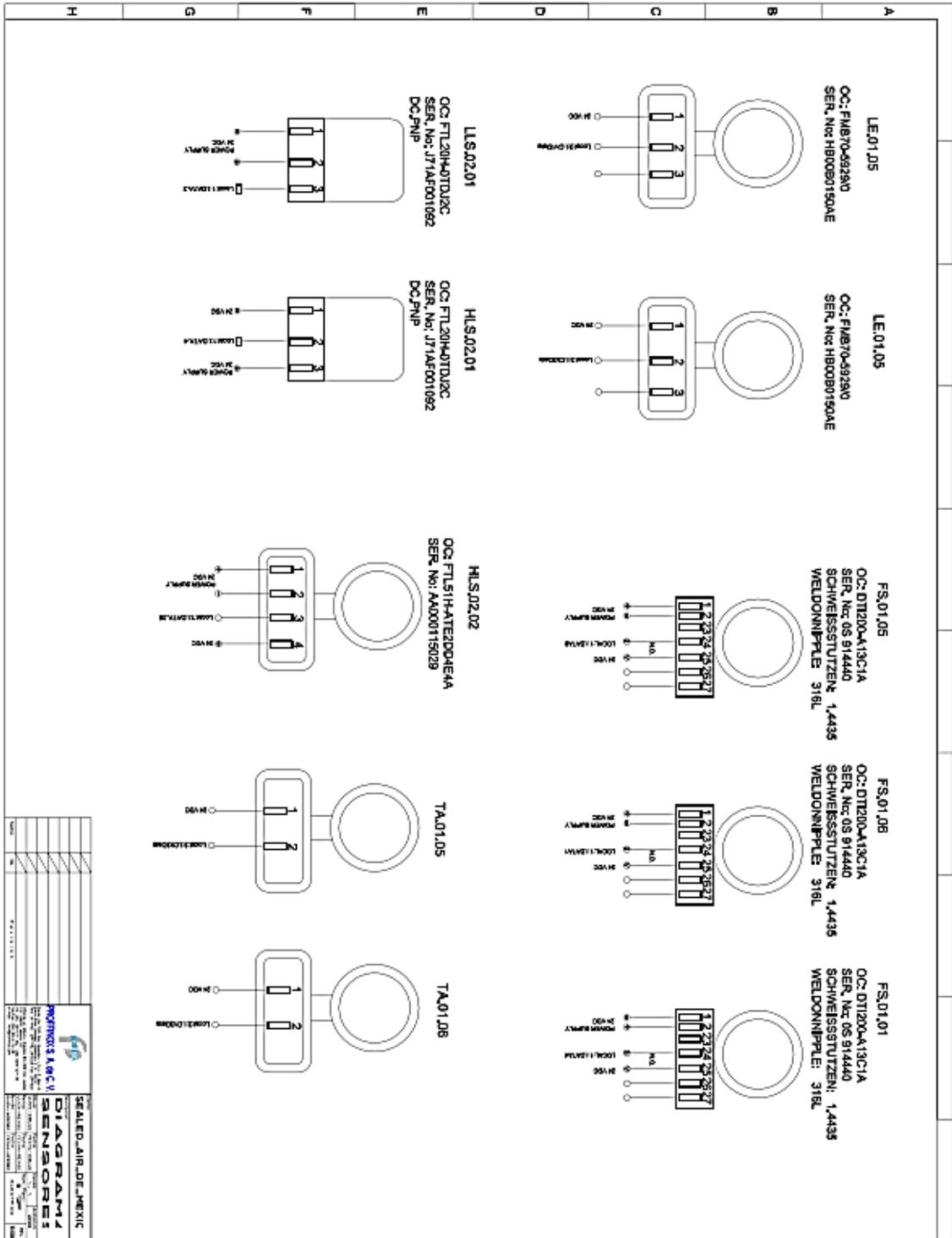


Fig.B.18.- Diagramas de conexión de sensores