



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación

**“DISEÑO DE UN SISTEMA DE AUTOMATIZACIÓN PARA UNA
PLANTA DE AGUA HELADA A TRAVÉS DE UN
CONTROLADOR SIEMENS S7-1200 EN FUNCIÓN DE
MAESTRO”**

INFORME DE MATERIA INTEGRADORA

PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO:

**INGENIERO EN ELECTRICIDAD ESPECIALIZACIÓN
ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL**

RONNY PAOLO SUÁREZ MARTÍNEZ

AUGUSTO SANTIAGO MALDONADO JARAMILLO

GUAYAQUIL – ECUADOR

AÑO: 2016

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios por la vida que me ha prestado, a mis padres Raúl Maldonado y Emma Jaramillo; a mis hermanos Raúl y Verónica por darme su amor, apoyo incondicional y estar conmigo en los buenos y malos momentos.

A ellos muchas gracias porque han sido mi soporte para poder alcanzar este título.

Augusto Maldonado.

Es mi deseo expresar mi sincero y eterno agradecimiento a todos quienes han hecho de este título algo posible, agradezco a mi familia en todos los aspectos por la confianza brindada, por el suficiente apoyo moral, a mis padres en especial que son un pilar y un apoyo fundamental en mi vida. Mis hermanos a ellos un gran gracias por todo, gracias a quien simplemente creyó en mí, gracias a Dios.

Ronny Suárez Martínez.

DEDICATORIA

El presente trabajo lo dedico de manera especial a mis padres quienes han sido pilares fundamentales en la construcción de mi vida, sentando en mí las bases de responsabilidad, deseos de superación y de los cuales me siento muy orgulloso.

A mis hermanos quienes forman parte de mi vida.

A mi enamorada y amigos por la confianza brindada y por todos quienes me han ayudado a crecer como persona.

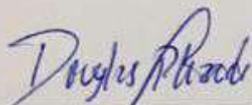
Augusto Maldonado

DEDICATORIA

Este logro por alcanzar, es dedicado especialmente a mis padres Ambrosio Suárez B. y Milta Martínez R. quienes se merecen lo mejor de esta vida. A mis hermanos Ronald y Eliana, mis abuelos y a una amiga especial Ana G., quienes influyeron en mí de una manera positiva para lograr esta meta. Hoy me siento orgulloso de cumplir este logro, sentir que aunque el camino es largo, al final es muy satisfactorio. Esto va dedicado con mucho amor para ellos.

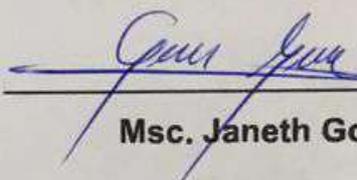
Ronny Suárez Martínez.

TRIBUNAL DE EVALUACIÓN



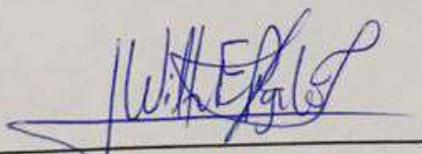
PhD. Douglas Plaza

PROFESOR EVALUADOR



Msc. Janeth Godoy

PROFESOR EVALUADOR

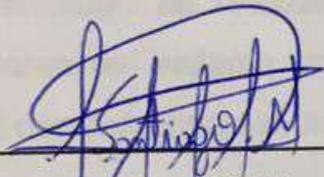


PhD. Wilton Agila

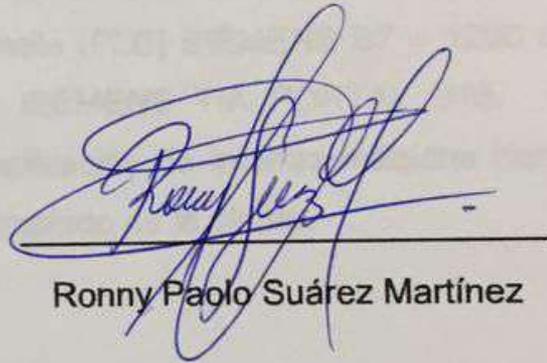
PROFESOR EVALUADOR

DECLARACIÓN EXPRESA

"La responsabilidad y la autoría del contenido de este Trabajo de Titulación, nos corresponde exclusivamente; y damos nuestro consentimiento para que la ESPOL realice la comunicación pública de la obra por cualquier medio con el fin de promover la consulta, difusión y uso público de la producción intelectual"



Augusto Santiago Maldonado Jaramillo



Ronny Paolo Suárez Martínez

RESUMEN

En el presente proyecto se muestra el diseño y la automatización de un sistema de planta de agua helada. El proceso involucra el uso de dos compresores, un condensador evaporativo, sensores de presión y temperatura. Estos elementos son de vital importancia, ya que mediante los sensores se obtendrá señales de temperatura y presión para llevar a cabo el control de los compresores, intercambiador de calor de tipo placas, un sistema de 4 bombas para manejar el suministro de presión constante de agua helada. El control de los compresores será ejecutado por un controlador lógico programable (PLC) SIEMENS S7 – 1200 cuya programación se realizará con el software SIEMENS TIA PORTAL V13, y el monitoreo del sistema será a través de la aplicación de interfaz máquina hombre (HMI) demostrando así un funcionamiento apropiado de la planta.

ÍNDICE GENERAL

AGRADECIMIENTOS	ii
DEDICATORIA	iii
TRIBUNAL DE EVALUACIÓN	v
RESUMEN	vii
CAPÍTULO 1	1
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.	1
1.1 Objetivos	1
1.1.1 Objetivo General	1
1.1.2 Objetivos Específicos	2
1.2 Justificación	2
CAPÍTULO 2	3
2. ANTECEDENTES	3
2.1 Marco teórico	4
2.2 Elementos del Sistema	5
2.2.1 Intercambiador de Calor tipo placas	5
2.2.2 Controlador Lógico Programable (PLC).....	6
2.2.3 Condensador Evaporativo	7
2.2.4 Compresores	8
2.2.5 Comunicación Modbus.....	9
CAPÍTULO 3	11
3. METODOLOGÍA DE TRABAJO	11
3.1 Selección de equipos	14

3.1.1	Controlador Lógico Programable	14
3.1.2	Módulo de Entradas y Salidas Digitales.....	15
3.1.3	Módulo de Comunicación Modbus	15
3.1.4	Módulo de Salidas Digitales.....	16
3.1.5	Módulo de Entradas Análogas SM1231.....	16
3.1.6	Software de Desarrollo	17
3.2	Configuración de hardware	18
3.3	Comunicación del sistema.....	19
3.3.1	Comunicación Modbus.....	19
3.3.2	Comunicación Profinet	22
3.4	Configuración IP de equipos	23
3.5	Arquitectura General de Comunicación	24
3.6	Tablero de control	25
3.7	Proceso.....	28
3.8	Modos del sistema	28
3.8.1	Modo Operación Manual	28
3.8.2	Modo de Operación Automático	28
3.9	Pantalla del sistema	32
CAPÍTULO 4		33
4.	RESULTADOS	33
4.1	Compresores	35
4.2	Condensador Evaporativo	36
4.3	Intercambiador de calor	37
4.4	Resultados en la industria	39

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	42
BIBLIOGRAFÍA	45
ANEXOS	46

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1: Esquema del Proceso de Agua.....	4
Figura 2.2: Intercambiador de placas.....	6
Figura 2.3: PLC S7-1200 y Módulos I/O.....	7
Figura 2.4: Condensador Evaporativo.....	8
Figura 2.5: Compresor VILTER serie 450XL.....	9
Figura 2.6: Esquema de comunicación Modbus RTU	10
Figura 3.1: Esquema de instrumentos de control y medición.....	11
Figura 3.2: PLC S7-1200 CPU 1214C	15
Figura 3.3: Módulo DI/DO SM1223.....	15
Figura 3.4: Módulo de Comunicación Modbus CM1241	16
Figura 3.5: Módulo DO SM1222.....	16
Figura 3.6: Módulo AI SM1231.....	17
Figura 3.7: Inicio Tia Portal	17
Figura 3.8: Crear nuevo proyecto.....	18
Figura 3.9: Selección de Equipos en Software.....	19
Figura 3.10: Configuración Hardware TIA PORTAL.....	19
Figura 3.11: Configuración puerto Modbus	20
Figura 3.12: Bloque Escritura/Lectura Modbus	21
Figura 3.13: Configuración IP computadora.....	23
Figura 3.14: Configuración IP en PLC.....	23
Figura 3.15: Configuración enlace comunicación.....	24
Figura 3.16: Configuración IP del Controlador	24
Figura 3.17: Tablero de Control del Sistema.....	25
Figura 3.18: Tablero de Fuerza del Sistema	26
Figura 3.19: Esquema Conexión de Entradas Discretas.....	27
Figura 3.20: Esquema Conexión Entradas Analógicas	27
Figura 3.21: Diagrama de Flujo de Proceso.....	31

Figura 3.22: Pantalla control Sistema	32
Figura 4.1: Bosquejo de la planta de agua helada sin automatizar.....	34
Figura 4.2: Bosquejo de la planta de agua helada automatizada.....	35
Figura 4.3: esquema de condensador y evaporador.....	36
Figura 4.4: esquema del condensador evaporativo	37
Figura 4.5: intercambiador de calor tipo cilindro.....	37
Figura 4.6: intercambiador de calor tipo placa	38
Figura 4.7: Módulos de control.....	39
Figura 4.8: Tablero de Fuerza de control de bombas y ventilador	40
Figura 4.9: Planta de agua helada	41

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Listado de entradas digitales.....	12
Tabla 2: Listado de salidas digitales.....	13
Tabla 3: Listado de entradas analógicas.....	14

CAPÍTULO 1

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

Hoy en día existen muchos sistemas de enfriamiento que con el paso del tiempo se han ido deteriorando, equipos que han cumplido su ciclo de vida útil en cuanto a la parte operativa del proceso, y los cuales actualmente se encuentran en su ciclo final de operación. En mucha de las industrias del tipo alimenticio se utiliza mucho el sistema de generación de agua helada para a través de este sistema obtener aire frío que se ve reflejado en cámaras de refrigeración o en unidades manejadoras de aire también llamadas UMA.

Es indispensable que estos sistemas se actualicen, ya que los sistemas que se encuentran en funcionamiento requieren de un mayor tiempo de mantenimiento lo cual es crítico para un sistema que requiere de una temperatura constante y estable para su debido proceso. Es por esto que se plantea una alternativa de actualizar el sistema de agua helada acorde a la tecnología que existe en la actualidad mejorando el tiempo de operación y de mantenimiento.

Con esto se origina confianza en el proceso y una mejora en cuanto a calidad de lo que se requiere, se puede ejemplarizar de algunas maneras el empleo del sistema, debido a su gran alcance tanto como para enfriamiento de máquinas, conservación de productos para mantener sus propiedades, ambientes fríos. Claro está, que esto es el inicio de un proceso de primordial importancia para los subprocesos siguientes.

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo General

Desarrollar un sistema de automatización a través de un controlador lógico programable (PLC) para generar agua helada para el sector industrial alimenticio de manera general que requiera un sistema de agua helada, mediante un sistema de compresores en base a sistema de presión en su línea de carga o succión.

1.1.2 Objetivos Específicos

Elaborar un sistema de monitoreo y control a través del software de desarrollo de Siemens TIA PORTAL v13.

Diseñar una interfaz de comunicación Modbus Serial RTU, implementando una red maestro/esclavo con los compresores.

Investigar el funcionamiento de cada equipo de campo que influye en el sistema de proceso para la obtención de agua helada.

1.2 Justificación

En la industria alimenticia se requiere de un sistema de enfriamiento que sea automatizado y que genere poco impacto ambiental, debido a esto se utiliza diversos tipos de refrigerante, como el amoníaco que sirve para generar un ambiente frío mediante un conjunto de equipos acoplados con el fin de obtener agua helada y que sea de poco impacto ambiental.

Uno de los beneficios principales del sistema es que se actualizará la tecnología antigua por una actual debido a que estos equipos de control responden a un rápido ciclo de muestreo, que se encargará de interpretar las señales para encender y apagar los diferentes actuadores y equipos que forman parte del proceso tomando en cuenta seguridades, evitando que los equipos se deterioren por mal uso o mal funcionamiento del sistema, donde el beneficiario final será el cliente final.

En cuanto al monitoreo del sistema se debe tomar en cuenta que se realizará vía remota sin la necesidad de estar en sitio del proceso, desde un cuarto de control donde se visualizará mediante una pantalla y donde la ventaja será observar un esquema de automatización general de la planta. Esto se justifica debido al contraste del sistema anterior donde no tenían ninguna visualización general, sino más bien un visualizador local de cada instrumento.

CAPÍTULO 2

2. ANTECEDENTES

En la actualidad las industrias en general sin especificar una, se han manejado y aún siguen algunas de éstas manejándose con sistemas que han cumplido su ciclo de vida útil, sistemas antiguos que si bien son muy buenos con el paso del tiempo se han deteriorado de acuerdo a las condiciones ambientales en las que trabajan. Estas máquinas de tecnología antigua y en la actualidad obsoletas que si bien su principio de funcionamiento es el mismo se basaban más en un control mecánico de sus instrumentos a la hora de ser operados, debido a que la revolución de la automatización de las industrias recién empezaba a despuntar en ese entonces y la tecnología electrónica no era tan evolucionada como en la actualidad. Por ende debían tener una persona que vigile el proceso y a la vez opere la máquina cada vez que se necesite, por lo que no tenían un sistema completamente autónomo.

Por lo general estas máquinas de sistemas antiguos de refrigeración solían venir compactas por lo que a la hora de dar mantenimiento era un verdadero problema, ya que tenían que desarmar la máquina para encontrar el problema suscitado y así de esta manera resolverlo, lo cual no es muy conveniente para la industria ya que un sistema de esta clase es crítico para los subsiguientes procesos.

2.1 Marco teórico

El proceso para conseguir agua helada inicia por la parte de los compresores, los que se encargan de descargar el refrigerante (amoniacó NH_3) hacia el condensador evaporativo, el cual se encarga de bajar la temperatura del refrigerante, ya que cuando se descarga el refrigerante del compresor la temperatura de este se eleva, para posteriormente pasar el refrigerante por el intercambiador de calor tipo placas, logrando así enfriar el agua que será utilizada en la planta (Ver figura 2.1).

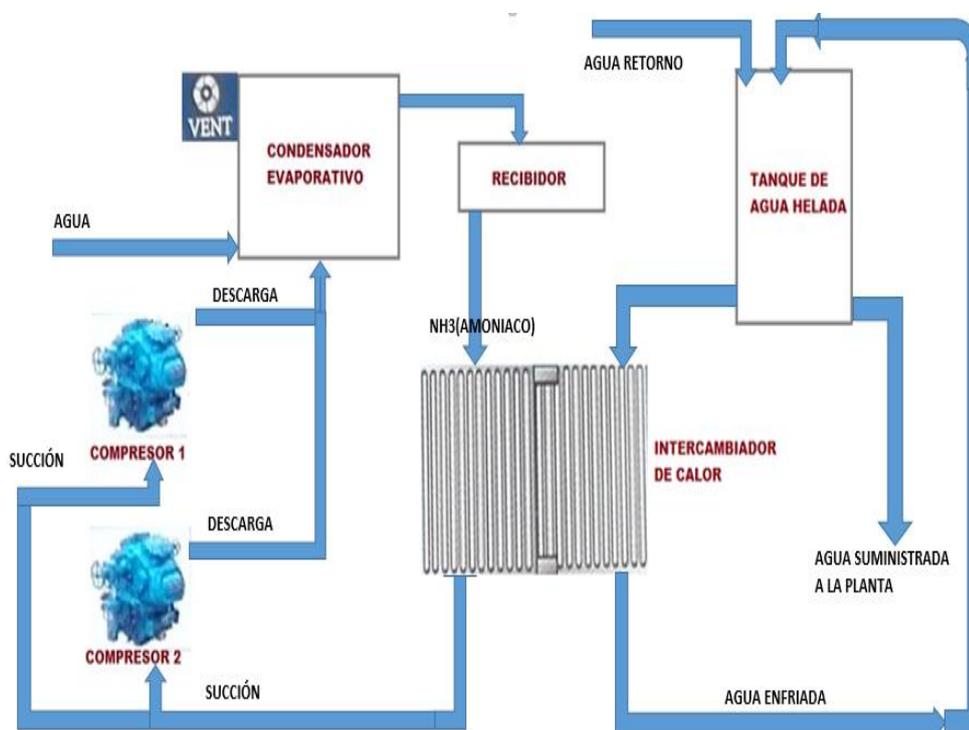


Figura 2.1: Esquema del Proceso de Agua

La parte de automatización se va a enfocar en los compresores, los cuales se van a encender o apagar dependiendo de las variables de presión del refrigerante y temperatura del agua ya que las dos variables se rigen a un setpoint.

A continuación se va a detallar los elementos del esquema mostrado en la figura 2.1.

2.2 Elementos del Sistema

2.2.1 Intercambiador de Calor tipo placas

El intercambiador de calor tipo placas de la planta de agua helada desempeña un papel importante debido a que por medio de este se efectúa la transferencia de temperatura del refrigerante hacia el agua, para que finalmente el producto de esta interacción entre el refrigerante y el agua de por resultado agua helada.

A continuación se define lo que es un intercambiador de calor y los motivos por los cuales son utilizados en la industria.

Los intercambiadores de calor son dispositivos diseñados para transferir calor de un lugar a otro, o bien, de un fluido (líquido o gas) a otro. Entre las principales razones por las que se utilizan los intercambiadores de calor se encuentran las siguientes:

- Calentar un fluido frío mediante un fluido con mayor temperatura.
- Reducir la temperatura de un fluido mediante un fluido con menor temperatura.
- Llevar al punto de ebullición a un fluido mediante un fluido con mayor temperatura.
- Condensar un fluido en estado gaseoso por medio de un fluido frío.
- Llevar al punto de ebullición a un fluido mientras se condensa un fluido gaseoso con mayor temperatura [1].

A continuación se presenta el intercambiador de placas que se encuentra en la planta (ver figura 2.2).



Figura 2.2: Intercambiador de placas

En el anexo 1 se detalla las partes del intercambiador de placas.

2.2.2 Controlador Lógico Programable (PLC).

A continuación tenemos la definición de un PLC, el cual vamos a utilizar para la parte automatizada de la planta de agua helada.

Un controlador lógico programable (Programmable Logic Controller PLC) es un dispositivo operado digitalmente, que usa una 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 instrucción [2] y [6]. Los elementos que contiene un PLC son:

- Unidad central de proceso
- Módulo de entrada
- Módulo de salida
- Fuente de alimentación

- Dispositivos periféricos
- Interfaces

El PLC SIEMENS S7-1200 se va a encargar de dar la orden de encender o apagar los compresores de la planta de agua helada. A continuación se presenta en la figura 2.3 el PLC S7-1200 conectado en la planta con sus módulos de entradas, salidas y de comunicación.

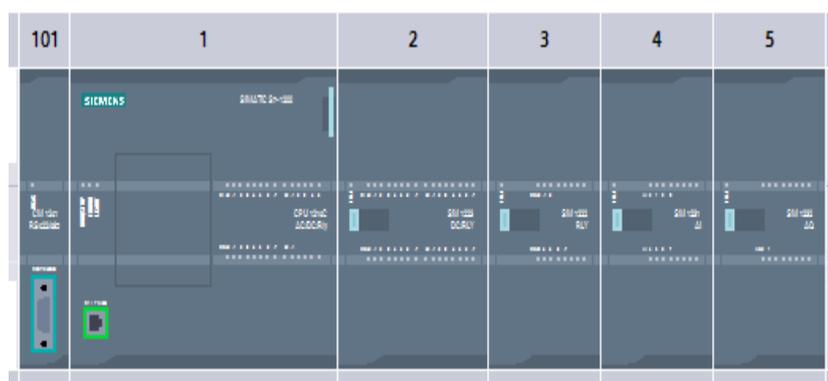


Figura 2.3: PLC S7-1200 y Módulos I/O

En el anexo 2 se detalla las partes del PLC S7-1200.

2.2.3 Condensador Evaporativo

El condensador evaporativo de la planta de agua helada tiene como finalidad condensar el refrigerante (Amoníaco NH₃), que en primeras instancias es descargado por los compresores en un estado gaseoso y a medida que pasa por el haz tubular del condensador evaporativo, es rociado con agua lo que provoca una disminución en la temperatura del refrigerante y a su vez una transformación de gas a líquido. El condensador evaporativo contiene un ventilador como se puede observar en la figura 2.4 el cual desempeña el papel de expulsar el aire caliente que se genera al momento que se evapora el agua que se rocía al haz tubular que transporta el refrigerante [3].

A continuación se presenta el condensador evaporativo de la planta en la figura 2.4.



Figura 2.4: Condensador Evaporativo

2.2.4 Compresores

En la planta de agua helada los compresores son el núcleo del sistema ya que son estos los que se van a encargar de hacer fluir el refrigerante por el condensador evaporativo y por el intercambiador de placas. A continuación tenemos la definición y funcionamiento de los compresores.

Los compresores son máquinas que tienen por finalidad aportar una energía a los fluidos compresibles (gases y vapores) sobre los que operan, para hacerlos fluir aumentando al mismo tiempo su presión.

Su principio de funcionamiento:

Los compresores alternativos son máquinas de desplazamiento positivo en las cuales sucesivas cantidades de gas quedan atrapadas dentro de un espacio cerrado y, mediante un pistón, se eleva su presión hasta que se llega a un valor de la misma que consigue abrir las válvulas de

descarga. El elemento básico de compresión de los compresores alternativos consiste en un solo cilindro en el que una sola cara del pistón es la que actúa sobre el gas (simple efecto). Existen unidades en las que la compresión se lleva a cabo con las dos caras del pistón (doble acción), actuando de la misma forma que si tuviéramos dos elementos básicos de simple efecto trabajando en paralelo dentro de una misma carcasa.

En nuestro caso los compresores que están involucrados en el diseño de la planta son los compresores de la marca VILTER que son utilizados en la refrigeración Industrial [4].

A continuación se presenta el compresor VILTER que se encuentra en la planta de agua helada en la figura 2.5.



Figura 2.5: Compresor VILTER serie 450XL

En el anexo 3 se detalla las partes de los compresores VILTER 450XL con imágenes de la parte interna del compresor.

2.2.5 Comunicación Modbus

Este tipo de comunicación a través del protocolo Modbus RTU (unidad terminal remota) es importante en el diseño de la planta de agua helada debido a que por medio de esta comunicación vamos a enlazar los compresores con el PLC S7-1200. En la comunicación por medio del

protocolo Modbus RTU el enlace entre dispositivos se da a través de datos binarios.

La estructura lógica del protocolo Modbus RTU es de maestro-esclavo, para el diseño de la planta de agua helada los esclavos son los compresores y el maestro es el PLC S7-1200. El intercambio de mensajes entre el maestro y los esclavos son de punto a punto lo que quiere decir que el maestro hace una demanda y el esclavo da una respuesta a la demanda del maestro.

El medio físico de conexión del protocolo Modbus RTU que se utiliza en el diseño de la planta de agua helada es un bus semiduplex RS-485 [5].

A continuación podemos observar en la figura 2.6 un esquema general de la comunicación Modbus RTU.

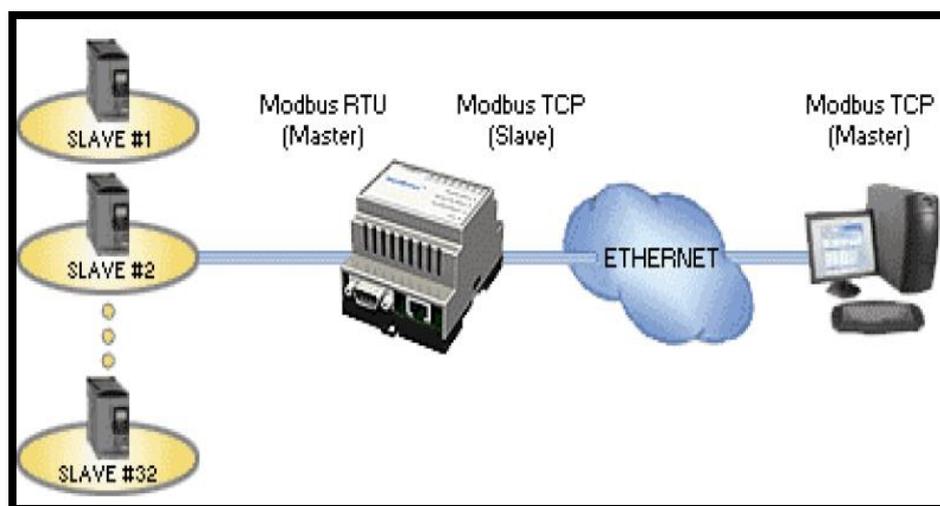


Figura 2.6: Esquema de comunicación Modbus RTU

CAPÍTULO 3

3. METODOLOGÍA DE TRABAJO

Este capítulo se enfoca en el diseño para la automatización de una planta de agua helada, por lo cual se debe tener en cuenta los diferentes instrumentos de control y medición, tales como: actuadores, válvulas y sensores, los cuales están involucrados en la automatización de la planta, y son presentados en la figura 3.1.

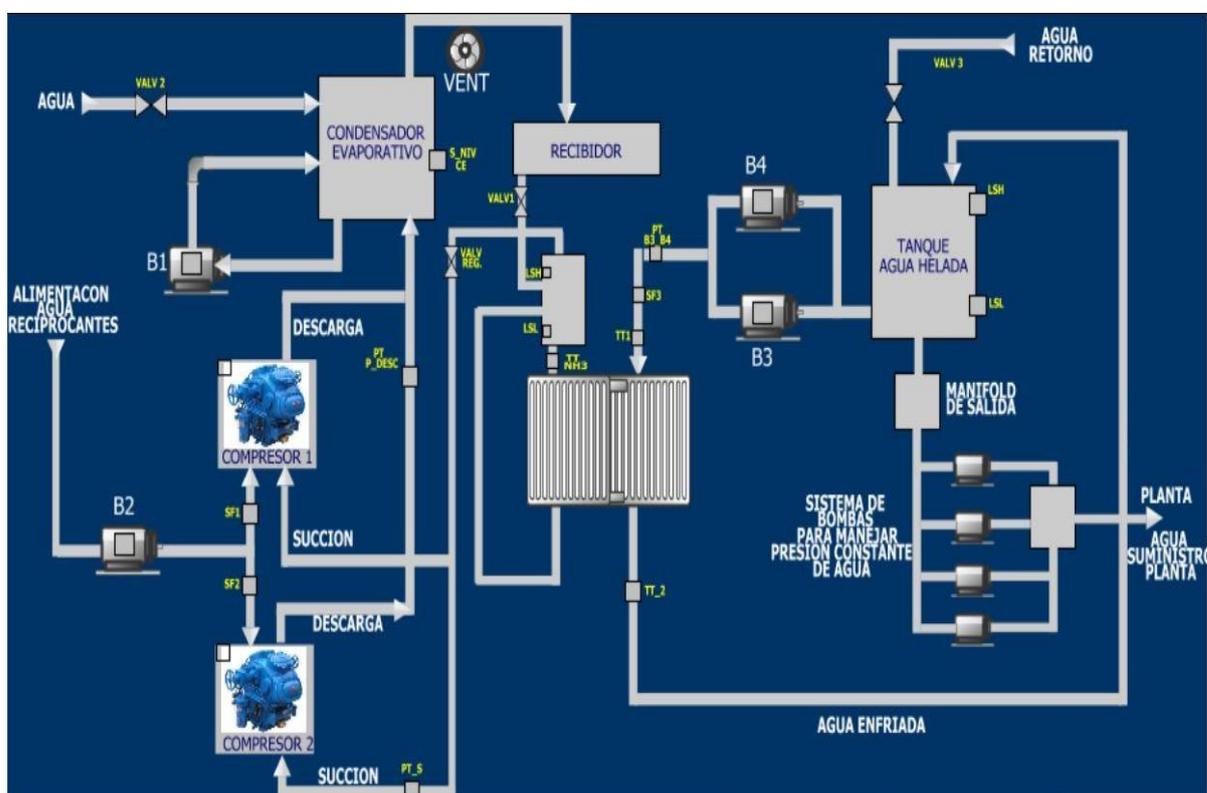


Figura 3.1: Esquema de instrumentos de control y medición

A continuación se detalla en la tabla 1, 2 y 3 un listado de las señales de entrada y salidas digitales, así como también una lista de los instrumentos de medición análogos que serán tomados en cuenta para el control del sistema, mencionando su descripción y su identificación en el programa, desarrollado a través de un controlador lógico programable S7-1200 mediante software TIA PORTAL.

No	Identificación	Descripción
1	KA_B1	CONTACTOR AUXILIAR BOMBA 1
2	KA_B2	CONTACTOR AUXILIAR BOMBA 2
3	KA_B3	CONTACTOR AUXILIAR BOMBA 3
4	KA_B4	CONTACTOR AUXILIAR BOMBA 4
5	KA11_B1	FALLA TERMICA EN GUARDAMOTOR BOMBA 1
6	KA11_B2	FALLA TERMICA EN GUARDAMOTOR BOMBA 2
7	KA11_B3	FALLA TERMICA EN GUARDAMOTOR BOMBA 3
8	KA11_B4	FALLA TERMICA EN GUARDAMOTOR BOMBA 4
9	LSH	SENSOR DE NIVEL ALTO A ENTRADA INTERCAMBIADOR
10	LSL	SENSOR DE NIVEL BAJO A ENTRADA INTERCAMBIADOR
11	SF1	SWITCH DE FLUJO 1
12	SF2	SWITCH DE FLUJO 2
13	RUN_VDF_OK	RUN VARIADOR DE FRECUENCIA
14	FLT_VDF	FALLA EN VARIADOR DE FRECUENCIA
15	S_NIVEL_CE	SENSOR NIVEL DE CONDENSADOR EVAPORATIVO

Tabla 1: Listado de entradas digitales

No	Identificación	Descripción
1	KM_B1	CONTACTOR MOTOR BOMBA 1
2	KM_B2	CONTACTOR MOTOR BOMBA 2
3	KM_B3	CONTACTOR MOTOR BOMBA 3
4	KM_B4	CONTACTOR MOTOR BOMBA 4
5	LSV1	VALVULA ALIMENTACION INTERCAMBIADOR DE CALOR
6	LSV2	VALVULA ALIMENTACION CONDENSADOR EVAPORATIVO
7	RUN_VDF_ON	ARRANQUE VARIADOR DE FRECUENCIA
8	RUN_SF	PRESENCIA DE FLUJO
9	VCE_ON	VENTILADOR CONDESADOR EVAPORATIVO ENCENDIDO
10	RUN_B1	ENCENDIDO BOMBA NUMERO 1
11	ALM_SOFT_OUT	ESPEJO DE ALARMA REMOTA DE PROCESADOR
12	ALM_RP_OUT	ESPEJO DE ALARMA SOFT STARTER
13	ALM_TT_SA	ALARMA POR TEMPERATURA DE SUMINISTRO DE AGUA

Tabla 2: Listado de salidas digitales

No	Identificación	Descripción
1	TT_1	TRANSDUCTOR DE TEMPERATURA 1. AGUA DE RETORNO
2	TT_2	TRANSDUCTOR DE TEMPERATURA 2. AGUA SUMINISTRO PLANTA
3	PT_S	TRANSDUCTOR DE PRESION SUCCIÓN
4	RPM_VDF	LECTURA VELOCIDAD VARIADOR DE FRECUENCIA
5	PT_D	TRANSDUCTOR DE PRESION DESCARGA
6	PT_VDF	TRANSDUCTOR DE TEMPERATURA 3. LINEA AMONIACO SALIDA INTERCAMBIADOR

Tabla 3: Listado de entradas analógicas

3.1 Selección de equipos

En base a la cuantificación de entradas y salidas para el desarrollo de la automatización de la planta, se escogió los diferentes módulos para el diseño de automatización del sistema. A continuación se menciona los módulos escogidos en base a las tablas de variables mencionadas.

3.1.1 Controlador Lógico Programable

Se escogió un controlador S7 1200 (ver figura 3.2) con entradas y salidas digitales embebidas en el propio controlador, este controlador consta de 14 entradas y 10 salidas digitales [6]. A continuación se observa el PLC S7-1200, en el anexo 1 se observa el datasheet del equipo.



Figura 3.2: PLC S7-1200 CPU 1214C

3.1.2 Módulo de Entradas y Salidas Digitales

Este módulo (ver figura 3.3) consta de 16 entradas y 16 salidas digitales tipo relé [10], alimentado a 24 VDC cuyo código es el siguiente 6ES7223-1PL32-0XB0, ver anexo 4.



Figura 3.3: Módulo DI/DO SM1223

3.1.3 Módulo de Comunicación Modbus

Este módulo es el más importante debido a que se encarga del enlace vía Modbus RTU entre el compresor 1 y compresor 2 que son los esclavos y donde el maestro es el controlador lógico programable S7 1200, el cual se enlaza vía serial RS485 y que realiza la correspondiente lectura y escritura de los diversos registros de cada compresor, manteniendo el control de encendido y apagado así como el estatus de los mismos [11]. A

continuación se observa en la figura 3.4 el módulo de comunicación, el cual tiene el siguiente código 6ES7241-1CH32-0XB0, ver anexo 5.



Figura 3.4: Módulo de Comunicación Modbus CM1241

3.1.4 Módulo de Salidas Digitales

Este módulo (ver figura 3.5) consta de 8 salidas digitales tipo relé, alimentado a 24 VDC [12], el código es el siguiente 6ES7222-1HF32-0XB0, ver anexo 6.



Figura 3.5: Módulo DO SM1222

3.1.5 Módulo de Entradas Análogas SM1231

El siguiente módulo (ver figura 3.6) consta de 8 entradas análogas configurables como voltaje de 0 a 10 V y como corriente en un rango de 0

a 20 mA, o en un rango de 4 a 20 mA [13]. El código del módulo de entradas analógicas es el siguiente 6ES7231-4HF32-0XB0.



Figura 3.6: Módulo AI SM1231

3.1.6 Software de Desarrollo

A continuación se realiza una breve introducción al software de desarrollo siendo éste la base para la implementación del sistema, esta herramienta es el nexo para cargar la programación al controlador lógico programable con todas sus variables de control plasmadas a través de una programación que se encarga de interpretar el control del sistema a través de las diversas señales de control antes mencionadas. En la siguiente imagen (figura 3.7) se muestra la portada del programa al inicializarlo.



Figura 3.7: Inicio Tia Portal

Para una mayor comprensión del software se detallará los pasos a seguir para la configuración de Hardware del sistema de automatización empleando esta herramienta de trabajo que facilitará el desarrollo de la etapa de control y que permite enlazar la parte de automatización de la planta con la parte del monitoreo del sistema [7].

3.2 Configuración de hardware

A continuación se detalla los pasos a seguir para la creación de un proyecto en TIA PORTAL v13 para el desarrollo de configuración de hardware en los siguientes pasos [8].

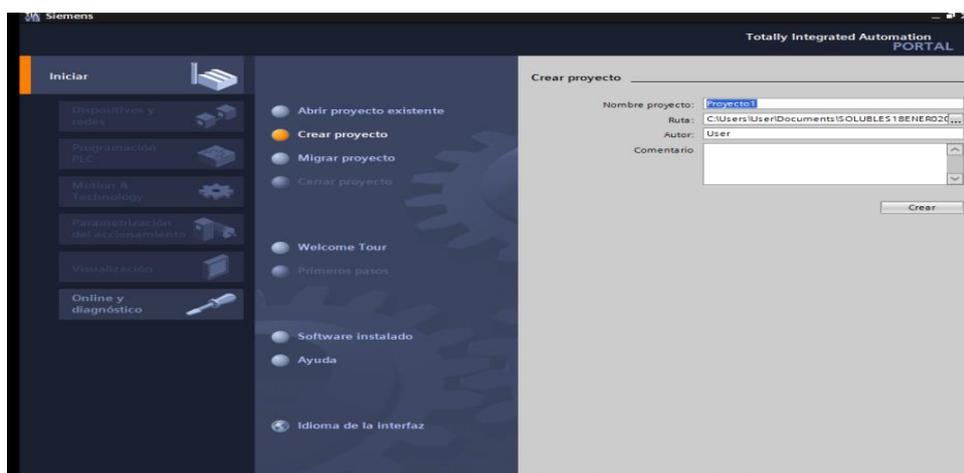


Figura 3.8: Crear nuevo proyecto

Una vez creado el proyecto, en selección de equipos puede escogerse entre los diferentes módulos de entradas y salidas que presenta la gama de Siemens, clasificándolos así por un código, como se observa en la figura 3.9.

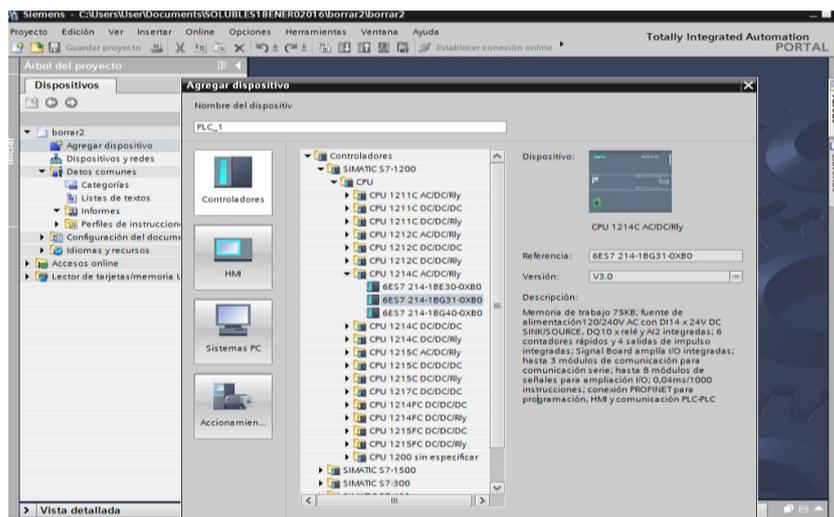


Figura 3.9: Selección de Equipos en Software

De esta manera se selecciona cada uno de los equipos añadiendo hasta llegar a completar la configuración de hardware con los módulos seleccionados como se observa en la figura 3.10.

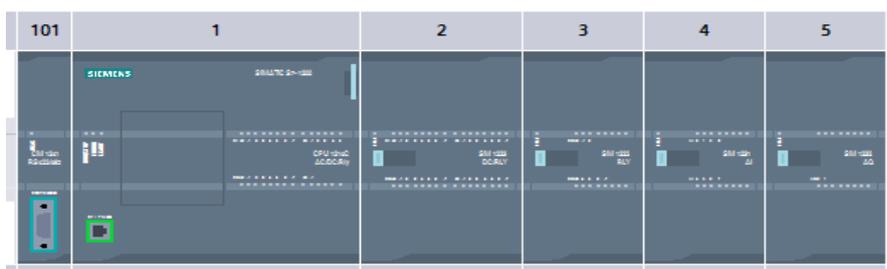


Figura 3.10: Configuración Hardware TIA PORTAL

3.3 Comunicación del sistema

Este sistema consta de dos comunicaciones de nivel industrial, que son red Profinet y red Modbus RTU serial RS485, a continuación se detalla la configuración de ambas comunicaciones.

3.3.1 Comunicación Modbus

Para realizar la comunicación Modbus se debe configurar ciertos bloques de programas mediante el software de desarrollo TIA PORTAL V13, bloques que permitirán la configuración del puerto del módulo, para acceder a una lectura/escritura hacia los compresores, mediante la

configuración de red maestro esclavo multipunto semiduplex. A continuación se detallan dichos bloques (ver figuras 3.11 y 3.12).

MB_COMM_LOAD

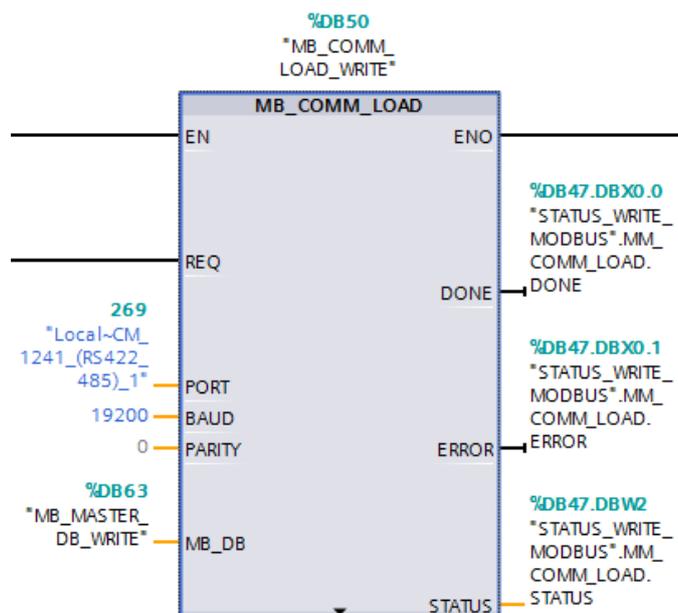


Figura 3.11: Configuración puerto Modbus

La instrucción MB_COMM_LOAD configura el puerto para la comunicación mediante el protocolo Modbus RTU del módulo CM 1241.

Esta instrucción debe ser llamada una vez para configurar el puerto. Al terminar la configuración, el puerto puede ser utilizado por las instrucciones "MB_MASTER" configurable como maestro y MB_SLAVE como esclavo.

El bloque debe volver a llamarse si se desea cambiar un parámetro de comunicación. Cada llamada del bloque borra el búfer de comunicación.

Para evitar la pérdida de datos en la comunicación, no se deben efectuar llamadas innecesarias de la instrucción. Para configurar el puerto de cada módulo de comunicación que se usa para la comunicación Modbus, se

debe utilizar el bloque MB_COMM_LOAD, se debe asignar a cada puerto utilizado un bloque de datos instancia MB_COMM_LOAD unívoco. La CPU S7-1200 está limitada a tres módulos de comunicación.

Cuando se insertan las instrucciones MB_MASTER o MB_SLAVE, se asigna un bloque de datos automáticamente donde se almacenarán los datos correspondientes al bloque de instrucción, dicho bloque se referencia direccionándolo en el parámetro MB_DB de la instrucción MB_COMM_LOAD.

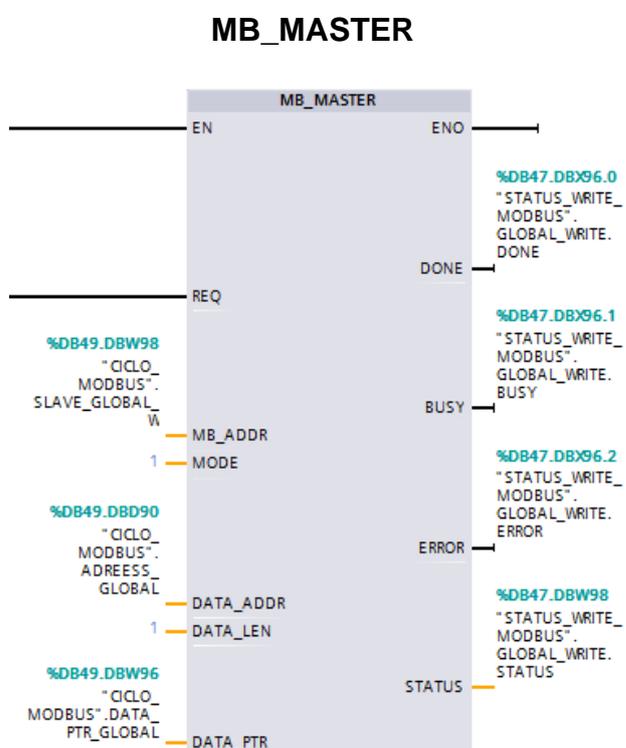


Figura 3.12: Bloque Escritura/Lectura Modbus

La instrucción MB_MASTER permite al programa comunicarse como maestro Modbus a través del puerto de un módulo punto a punto, es decir que al módulo mostrado en la figura 3.6 es posible acceder a los datos de uno o varios dispositivos esclavo Modbus. Para que la instrucción

MB_MASTER pueda comunicarse con un puerto, se debe ejecutar previamente MB_COMM_LOAD.

Cuando se inserta la instrucción MB_MASTER en el programa, se crea un DB (Bloque de datos) de instancia, mismo que debe ser introducido en el parámetro de entrada MB_DB de la instrucción MB_COMM_LOAD [9].

3.3.2 Comunicación Profinet

La comunicación Profinet es una comunicación Ethernet que se basa en el mismo protocolo TCP/IP, denominado de esta manera por Siemens en su catálogo de información. Esta comunicación es Full Duplex, es decir, se puede realizar envío y recepción de datos a través del mismo puerto RJ45 con diferentes dispositivos que contengan el mismo protocolo de comunicación, de manera simultánea.

Se menciona esta comunicación debido a que en este caso se necesita comunicar la Interfaz Hombre Máquina (HMI) con el controlador lógico programable (PLC). Esta comunicación observa direcciones IPs de los diferentes equipos con los que se necesita comunicar, por lo que hay que setear direcciones al controlador y a la PC que va a contener la aplicación del sistema, de esta manera establece una conexión de red entre ambos a través una misma sub red [9].

La dirección IP del PC y controlador son las siguientes

- 192.168.0.100 (PC)
- 192.168.0.1 (Controlador S7 1200)

En este proyecto se maneja dos tipos de comunicaciones industriales, como Modbus para comunicación con los compresores y una red Profinet que se encargará de enlazar el controlador y la aplicación de monitoreo.

3.4 Configuración IP de equipos

A continuación se muestra en las figuras 3.13 y 3.14 la configuración IP de cada equipo.

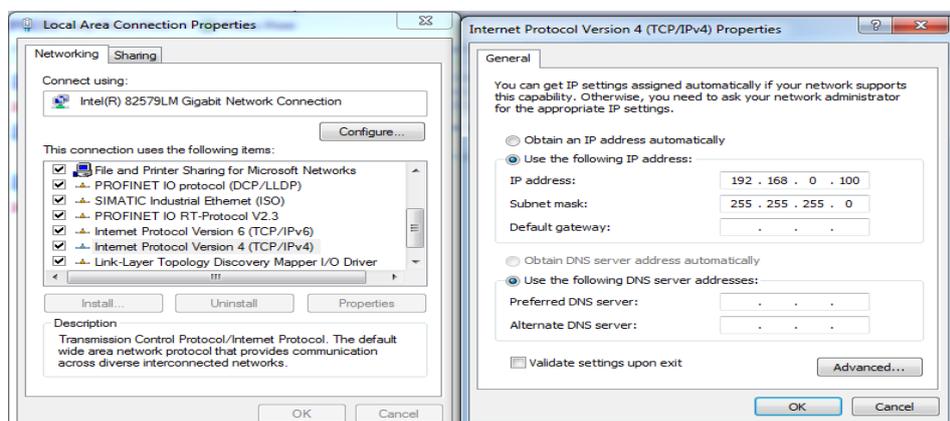


Figura 3.13: Configuración IP computadora.

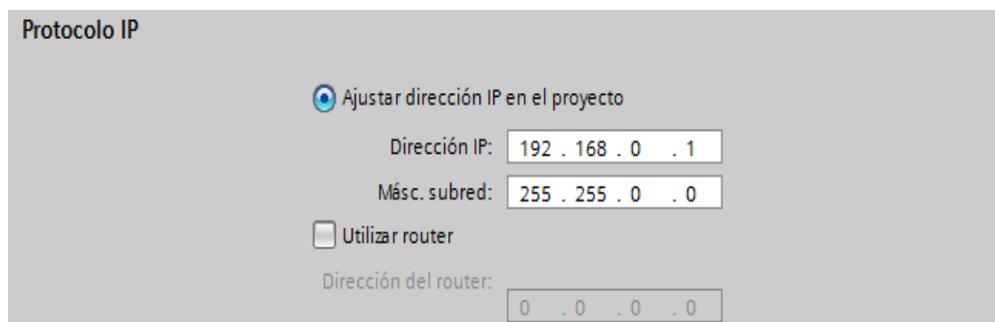


Figura 3.14: Configuración IP en PLC

La configuración de IP en la PC que contendrá la aplicación de visualización del sistema se configura en conexiones de red, igualmente para la configuración de IP del controlador, se da clic derecho sobre el PLC añadido en configuración de Hardware y clic en propiedades.

En la figura 3.15 se observa el enlace de comunicación que se realiza en el software TIA PORTAL V13 en la parte de conexiones, entre el PLC y el HMI.

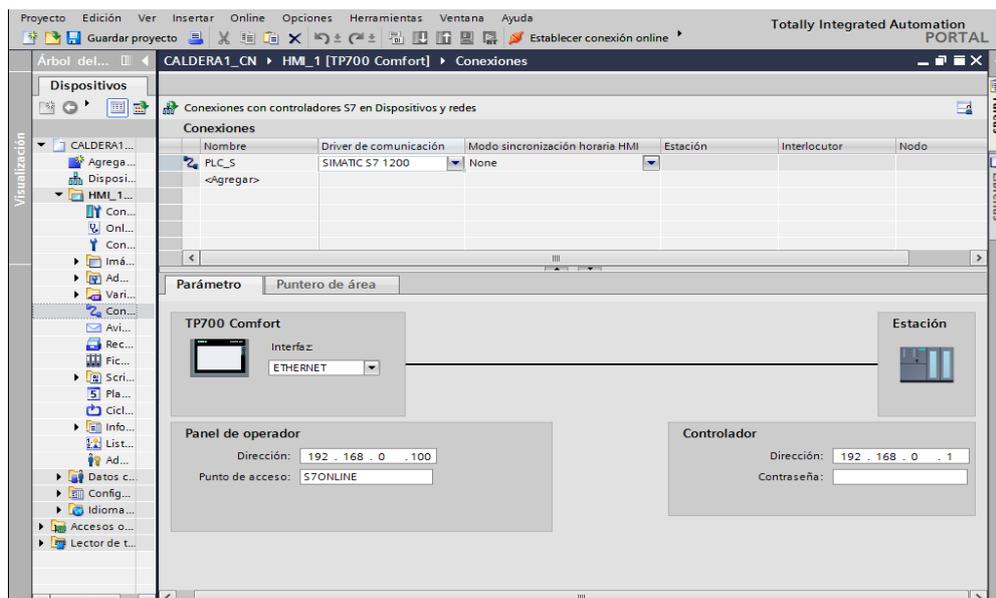


Figura 3.15: Configuración enlace comunicación

3.5 Arquitectura General de Comunicación

En la figura 3.16 se muestra una arquitectura general del sistema con los dos tipos de comunicaciones a implementarse Modbus y Profinet.

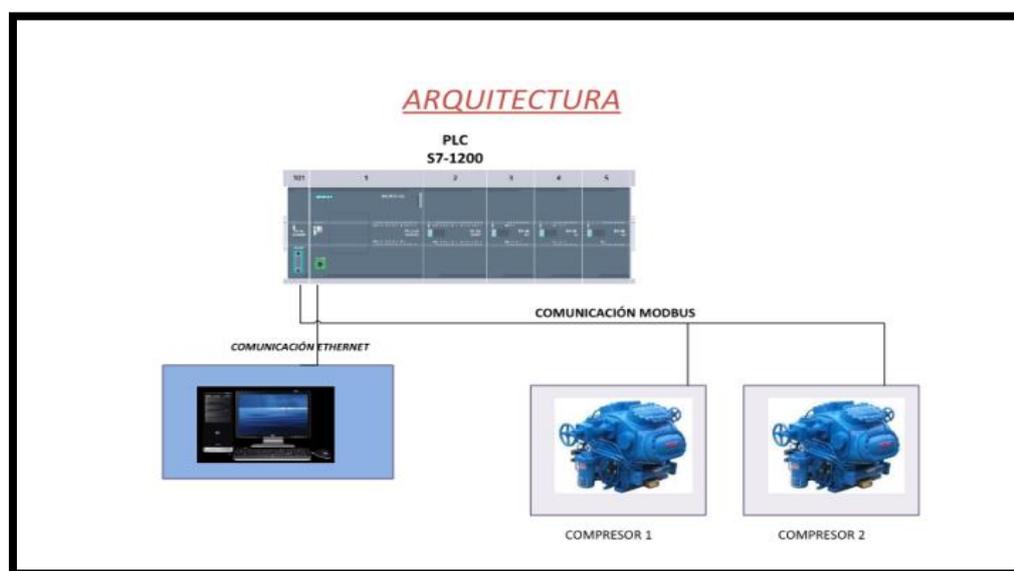


Figura 3.16: Configuración IP del Controlador

Para la comunicación Modbus se utiliza un cable serial RS485 con puerto DB9, en cambio para la comunicación Profinet se utiliza un cable de red con puerto de conexión RJ45.

3.6 Tablero de control

En base a un barrido de señales se definió los módulos de entradas y salidas y módulos de comunicación, eligiendo de esta manera la configuración de hardware del sistema de control, se realizó un layout del tablero de control y un layout del tablero de fuerza (ver figuras 3.17 y 3.18) que se encargará de contener todas las señales eléctricas del proceso y que será el que comande la parte eléctrica del sistema de automatización de la planta de agua helada. En la figura 3.17 se muestra el esquema general del tablero de control con sus respectivos equipos y protección general.



Figura 3.17: Tablero de Control del Sistema

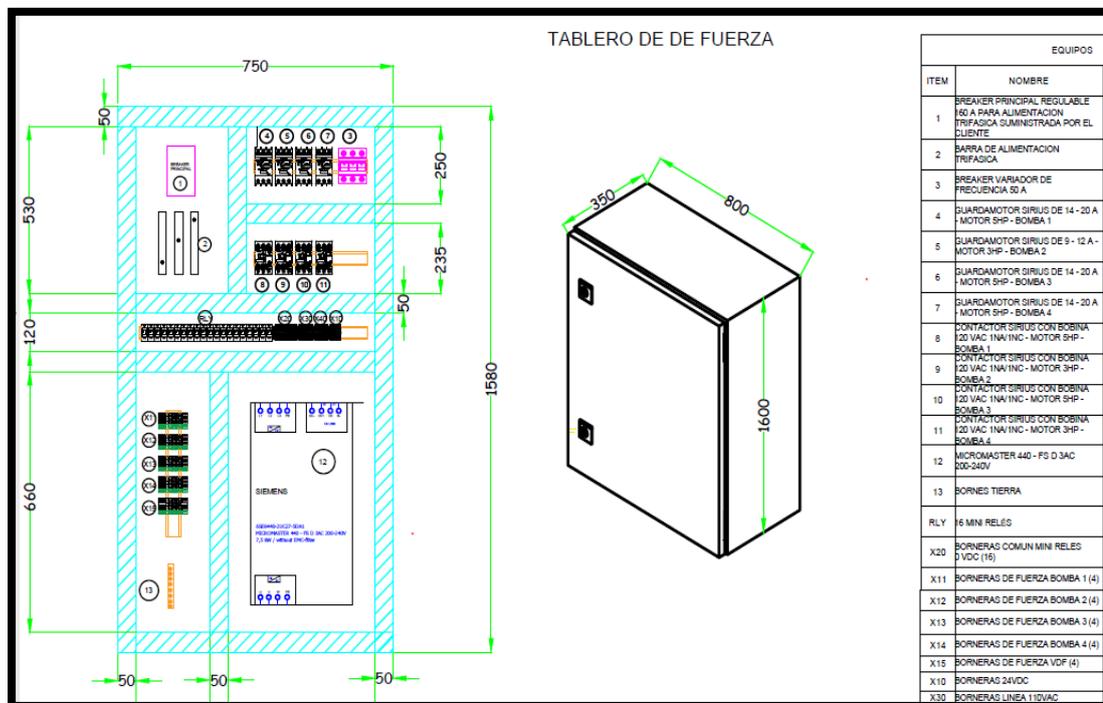


Figura 3.18: Tablero de Fuerza del Sistema

El Diseño de los paneles eléctricos se realizó a escala milimétrica tomando las medidas de los equipos de control y fuerza a utilizar [9].

Para la conexión entre el PLC y los elementos de campo primero se pasará por grupos de borneras de control y de esta manera se facilita el manejo e identificación de las señales del proceso, con esto se beneficia al operador del sistema al momento de detectar un problema con un instrumento de medición o control que esté involucrado en la planta.

La alimentación a los instrumentos de control discretos es de 24 Vdc, cuya alimentación saldrá del tablero de control y retornará como entrada al sistema, cerrando el circuito con la referencia del voltaje conectada a la tarjeta de control.

En la siguiente imagen (figura 3.19) se observa el esquema de conexionado para las entradas y salidas digitales.

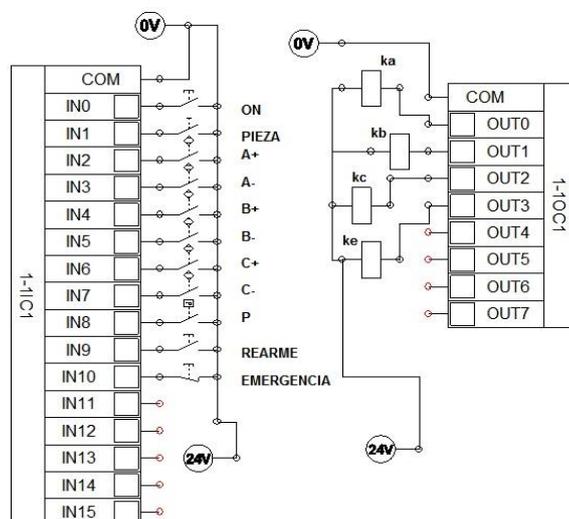


Figura 3.19: Esquema Conexión de Entradas Discretas

Para los instrumentos de medición de control análogos se realiza un lazo de 24Vdc en serie con su transmisor respectivo, debido a que estos son sensores pasivos, es decir que necesitan una fuente externa conectado al borne positivo y el retorno del mismo será el que llegue como portador de señal a la tarjeta análoga de control. En la siguiente imagen (ver figura 3.20) se observa un esquema de conexión.

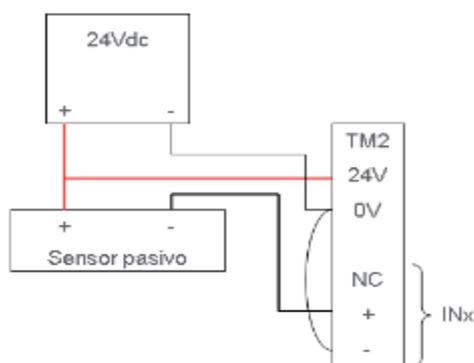


Figura 3.20: Esquema Conexión Entradas Analógicas

3.7 Proceso

En esta sección se relata el control del sistema y funcionamiento para el cual fue diseñada la lógica de control del sistema de planta de agua helada, tomando en cuenta las diferentes señales de los diferentes instrumentos para comandar a través de una red maestro/esclavo, el controlador y los compresores.

Vale mencionar que el sistema tendrá un control manual y automático del sistema, quiere decir que en modo manual se tendrá un control sobre cada equipo del sistema, mientras que en modo automático se tendrá un control total y autónomo de la planta en general. La programación que involucra el sistema se menciona en la parte de anexos, programación que se encuentra en lenguaje Ladder en Tia Portal V13.

3.8 Modos del sistema

3.8.1 Modo Operación Manual

El sistema puede operar de forma manual con cada uno de los equipos instalados, es decir pueden encender y apagar los equipos, tales como:

- Válvulas (Apertura/Cierre).
- Bombas (Start/Stop).
- Variador de Frecuencia. (Start/Stop).
- Compresores (Start /Stop)

En este modo se deberá operar a través de personal autorizado con conocimientos del sistema, para evitar inconvenientes mediante el proceso y daños en los equipos, ya que al requerir el encendido de los compresores primero deberán cumplirse los diferentes permisivos de operación del sistema.

3.8.2 Modo de Operación Automático

En este modo de operación se deberá colocar cada uno de los equipos en modo automático, para que el sistema pueda operar en este modo.

- Válvulas
- bombas
- 1 Variador de Frecuencia
- 2 Compresores

Si uno de los equipos no está en modo automático el sistema no arrancará.

Es necesario que antes de arrancar este modo se escoja la secuencia de operación del sistema para el inicio de arranque. Las válvulas de Amoniaco y del Condensador Evaporativo funcionan en automático según los niveles de los tanques, independientemente si *arranca* o no el sistema en modo automático.

Los compresores tienen un circuito de seguridad enviado desde el PLC el cual está conformado por lo siguiente:

- Sensor de flujo recirculación B3 Y B4 (SF3).
- Ventilador Cond. Evap.
- Bomba Cond. Evap.
- Temperatura Línea Amoniaco mayor Setpoint.
- Temperatura Salida Agua a Planta mayor a Setpoint.

El sistema arranca cumpliendo todos los permisivos de control, en base a la presión de succión que puede ser seteada ingresada desde el sistema de monitoreo o HMI, donde se considerará un Setpoint mínimo y un Setpoint máximo, debido a la oscilación que presenta la medición del instrumento.

Si uno de los permisivos mencionados anteriormente no se cumples los compresores se apagaran, y si uno de los equipos es cambiado de modo de operación mientras el

Sistema esta encendido, el sistema se detendrá, por lo que deberá ser reinicializado, esto en base a las indicaciones dadas.

La secuencia de encendido de los equipos es la siguiente:

- Control de Válvulas
- Bomba Circulación #3.
- Bomba Condensador Evaporativo #1.
- Bomba Compresores #2.
- Ventilador Condensador Evaporativo`

Dependiendo de la secuencia, el segundo compresor que le toque arrancar, sólo arrancará si el primero está a su máxima capacidad durante 3 minutos.

Si la presión de succión se mantiene dentro del rango de trabajo, los compresores permanecerán encendidos. El sistema siempre estará monitoreando la presión de succión para el encendido y apagado de los compresores, para sacar de Línea a los compresores los dos deben de estar en modo mantenimiento, con esto, los compresores no serán controlados de manera remota automática, y no habrá comunicación, sino hasta que uno de los dos cambien de modo de operación volviendo al modo remoto automático ambos. A continuación se observa en la siguiente figura un esquema del diagrama de flujo del proceso.

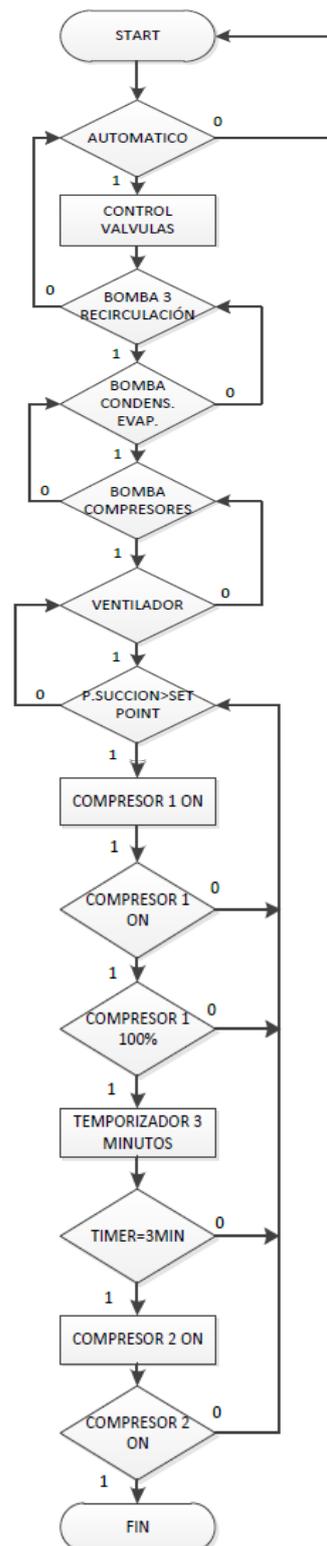


Figura 3.21: Diagrama de Flujo de Proceso

3.9 Pantalla del sistema

A continuación en la figuras 3.21 se muestra la pantalla principal del sistema, donde consta el accionamiento en modo automático del proceso, así como también el control manual de los compresores y visualización de estado de señales.



Figura 3.22: Pantalla control Sistema

CAPÍTULO 4

4. RESULTADOS

En este capítulo se describen las oportunidades al cambiar el sistema no automatizado a un sistema totalmente automatizado de la planta de agua helada.

Para que pueda verse los resultados de nuestro proyecto se hará la comparación con una industria cafetera que inició su construcción en 1983 usando equipos de calidad en sus partes mecánicas, pero con un bajo contenido de tecnología en la parte de automatización, tuvo que pasar 32 años es decir hasta el 2015 para que esta industria se decidiera por tener su planta de agua helada totalmente automatizada.

Lo que conlleva una eficiencia en el proceso de elaborar agua helada y un ahorro energético, ya que los equipos involucrados en el proceso no pasan encendidos todo el día los 7 días de la semana como sucedía en sus inicios. Esto es de vital importancia para reducir gastos y así aumentar las ganancias, además de resguardar la vida útil de los equipos como compresores, bombas.

El proyecto planteado tiene como finalidad, tener un control total del proceso para facilitar el mantenimiento preventivo y correctivo de la planta de agua helada sin la necesidad de parar el proceso, lo que no sucedía cuando el proceso no estaba automatizado ya que se paraba el proceso provocando malestar en la climatización de la industria a través de las manejadoras de aire y malogrando el producto final que necesita de agua helada para su correcto mantenimiento.

A continuación en la figura 4.1 se presenta un bosquejo del sistema antiguo de la planta de agua helada con sus partes principales encapsuladas. Lo que dificultaba el mantenimiento y la visualización de estos.

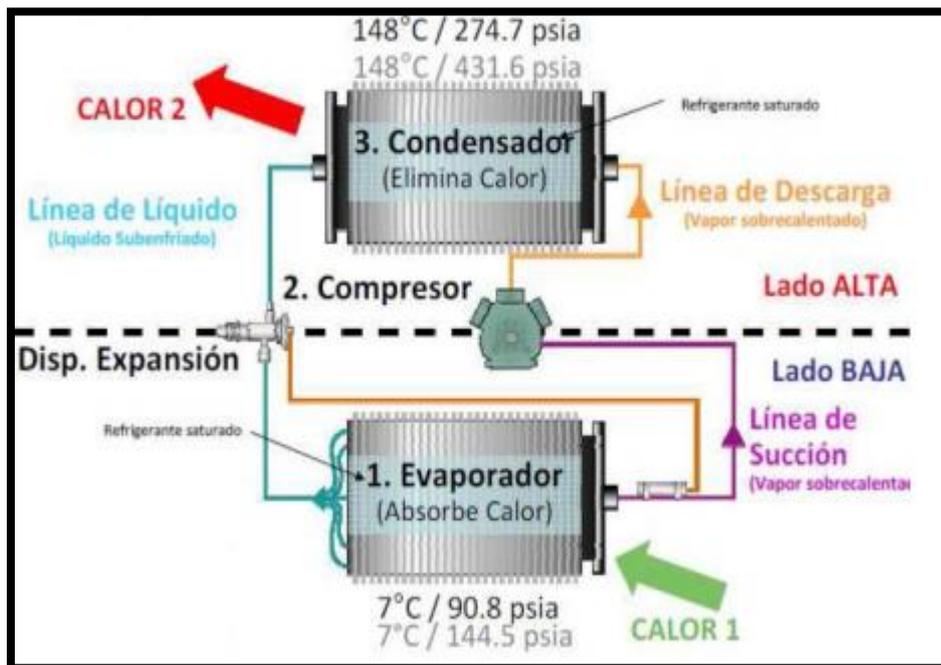


Figura 4.1: Bosquejo de la planta de agua helada sin automatizar

En comparación con la figura 4.2 donde tenemos el proceso de agua helada totalmente desencapsulado y automatizado. Lo que conlleva a tener facilidad para el mantenimiento preventivo y correctivo y control total del proceso.

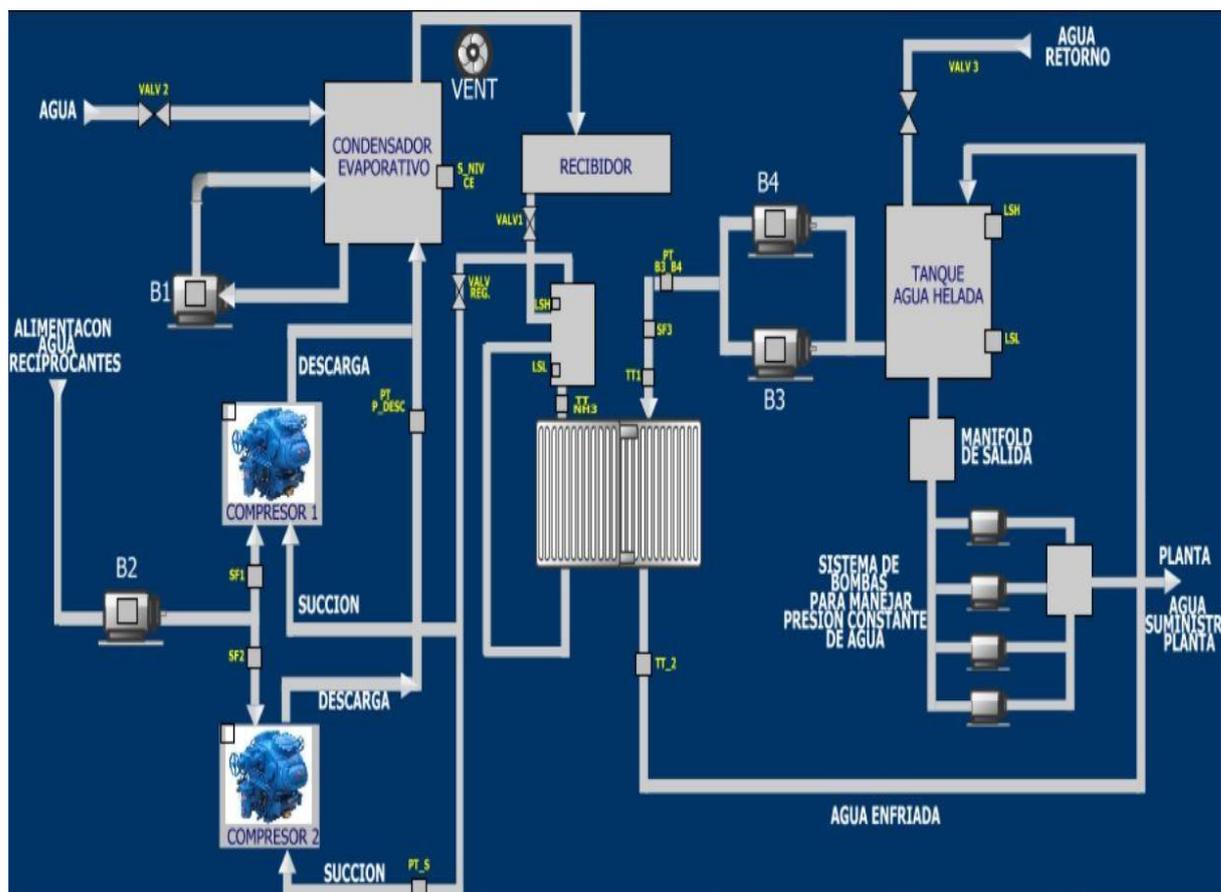


Figura 4.2: Bosquejo de la planta de agua helada automatizada

A continuación se va a detallar los resultados obtenidos al hacer la comparación detallada de la planta de agua helada sin automatizar véase figura 4.1, con la planta automatizada véase figura 4.2.

4.1 Compresores

En la figura 4.1 se puede observar que la planta de agua helada tenía un solo compresor que se encargaba de la succión e inyección del refrigerante para toda la planta de agua helada, lo que significaba una sobre carga de trabajo para el compresor, provocando que la vida útil de la maquina se acorte, y al momento de hacer mantenimiento se paraba la planta causando malestar en el proceso final, y provocando pérdidas económicas en el transcurso de tiempo que se mantenía parada la planta cabe mencionar que el control del compresor era de forma

manual. No constaba de un sistema de comunicación para ser manejado y monitoreado de forma remota por un controlador lógico programable.

En la figura 4.2 podemos observar que la planta de agua helada consta de dos compresores que se encargan de la succión e inyección del refrigerante dependiendo de la demanda de agua helada de la planta, estos compresores trabajan de forma alternada es decir por periodo de tiempo, uno de ellos esta de mando y el otro no, logrando así alargar la vida útil de los compresores y facilitando el mantenimiento de los mismos sin la necesidad de parar la planta, estos compresores están equipados con dispositivos de comunicación para ser controlados de forma remota dando como resultado un proceso eficiente y controlado.

4.2 Condensador Evaporativo

En la figura 4.1 podemos observar que tanto el condensador como el evaporador están separados es decir trabajan individualmente. El condensador se encarga de eliminar calor del refrigerante por lo que maneja temperaturas y presiones altas y el evaporador absorbe el calor lo que significa que maneja temperaturas y presiones bajas como se puede observar en la figura 4.1.

En la figura 4.3 se puede observar el funcionamiento del condensador y evaporador individualmente sin tener un dispositivo externo que elimine el calor que se genera en la condensación del refrigerante.

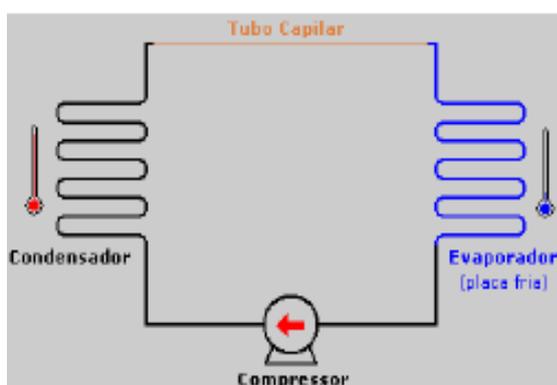


Figura 4.3: esquema de condensador y evaporador

Lo que provocaba inconvenientes en el proceso de generar agua helada en la planta, por lo que se cambió al modelo que se observa en la figura 4.2 en el cual la condensación y evaporización del refrigerante se da en un solo equipo que lo llamamos condensador evaporativo, el cual consta de un ventilador para poder liberar el calor que se da en la condensación del refrigerante logrando así un buen proceso del refrigerante.

En la figura 4.4 se observa a detalle el condensador evaporativo.

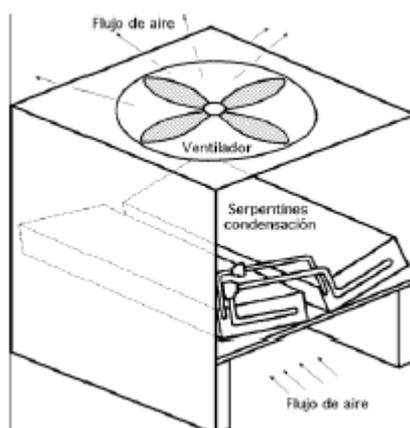


Figura 4.4: esquema del condensador evaporativo

4.3 Intercambiador de calor

El intercambiador de calor que se tenía en la planta de agua helada sin automatizar es el que se puede ver en la figura 4.5.

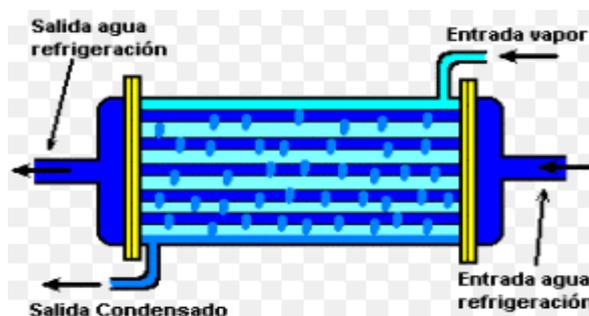


Figura 4.5: Intercambiador de calor tipo cilindro

El cual está constituido por un serpentín, por el cual pasa el refrigerante en forma de gas y el volumen restante del cilindro es por donde circula el agua. El inconveniente con este intercambiador se daba cuando el serpentín tenía un caliche es decir un orificio lo cual provocaba un contacto entre el agua y el refrigerante lo que daba como resultado un proceso ineficiente y generaba molestias para reparar el serpentín ya que tomaba mucho tiempo arreglarlo, y se paraba el proceso de generación de agua helada.

Por estos inconvenientes se optó por cambiar de intercambiador de calor, a uno de tipo placas el cual no generaba las molestias anterior mente descritas ya que su mecanismo de funcionamiento era sencillo y fácilmente de reparar si alguna de las placas del intercambiador fallaba.

En la figura 4.6 observamos el intercambiador de calor tipo placas el cual como su nombre lo indica está constituido de un conjunto de placas una tras otra por las cuales circulan el refrigerante y el agua.

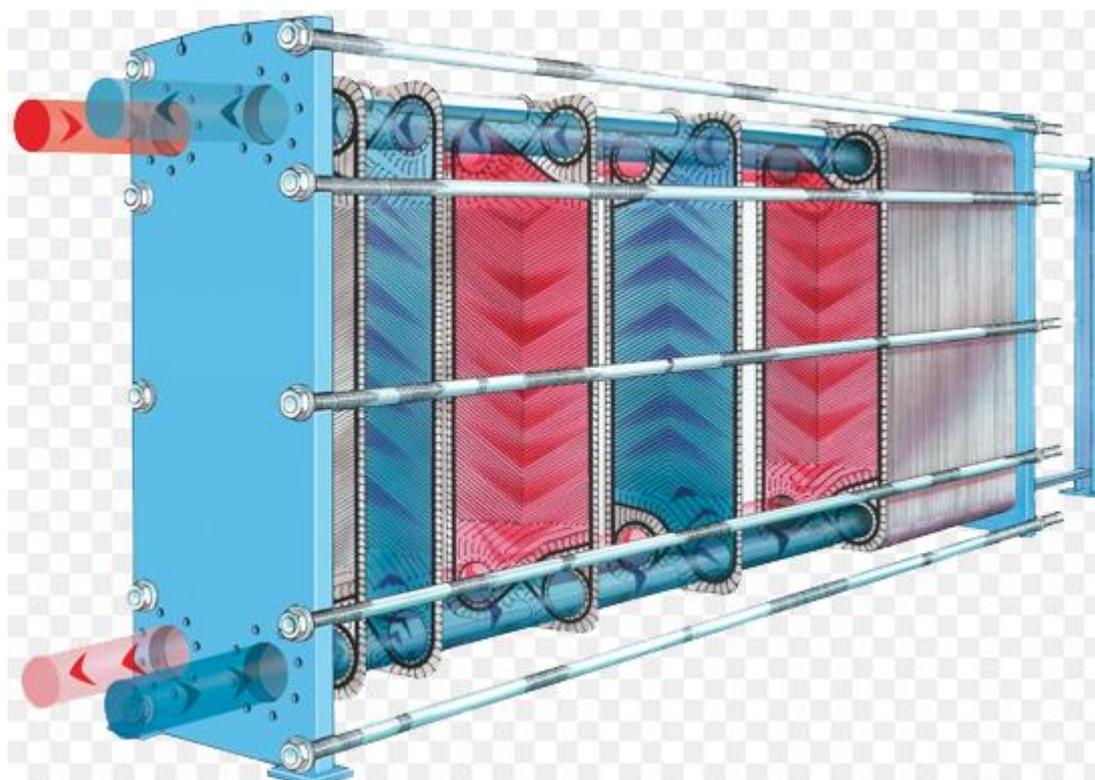


Figura 4.6: intercambiador de calor tipo placa

Debido a las ventajas que presenta el diseño detallado anteriormente en la figura 4.2 una industria cafetera ubicada en la ciudad de Guayaquil ha decidido llevar a cabo la implementación de nuestro diseño a continuación presentamos los resultados en la industria.

4.4 Resultados en la industria

La industria cafetera viendo las facilidades y la optimización en la parte de mantenimiento que el proyecto aporta al proceso de generar agua helada nos pidió que trabajemos en conjunto con su personal de ingeniería para la implementación del proyecto en la industria cafetera hasta la finalización de este documento se ha implementado lo que se menciona a continuación:

En la figura 4.7 podemos observar la implementación de los módulos de control de la planta de agua helada, los que se van a encargar de accionar los diferentes equipos de forma automática logrando realizar el proceso de una manera más eficiente y fácil de supervisar.



Figura 4.7: Módulos de control

En la figura 4.8 observamos la implementación del tablero de fuerza, el que se encarga de manejar el control de las bombas y el motor del ventilador del condensador evaporativo a través de sus diferentes actuadores.



Figura 4.8: Tablero de Fuerza de control de bombas y ventilador

Finalmente en la figura 4.9 tenemos la planta de agua helada con sus diferentes equipos los cuales van a ser comandados a través del controlador lógico programable S7-1200.



Figura 4.9: Planta de agua helada

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

En base al estudio del comportamiento del proceso del sistema de agua helada, se estableció y se cuantificó todas las diversas señales involucradas del sistema, siendo éstas discretas y analógicas, seleccionando los diferentes módulos específicos de entradas y salidas incluido el módulo de comunicación para el controlador S7-1200 que cumple la función de maestro en la red serial Modbus RS485. Debido a la implementación de esta red maestro esclavo se obtuvo los parámetros de configuración de los dos compresores en el controlador, logrando visualizarlos a través de la red en el sistema de monitoreo evitando de esta manera ir al punto donde se encuentran instalados, básicamente este último punto es la parte fuerte del proyecto de la planta de agua helada ya que logra una optimización en la parte de mantenimiento de la planta, que como consecuencia tendría un ahorro en tiempo de reparación de máquinas involucradas en el proceso como son los compresores, el condensador evaporativo y el intercambiador de calor lo que traducido a la parte económica sería un ahorro en los costos que genera la planta de agua helada en la parte de mantenimiento y por consiguiente no causaría molestias en el proceso final donde se hace uso del agua helada como como son las cámaras de refrigeración y las unidades manejadoras de aire (UMA) para la climatización del ambiente en lugares cerrados.

Con la implementación del sistema el proceso será totalmente autónomo bajo el mando del controlador SIEMENS S7-1200 en función de maestro y controlando los diferentes instrumentos de campo y/o actuadores lo que garantiza un funcionamiento rápido y eficaz del proceso de la planta de agua helada. El monitoreo del sistema será de tal forma que el operador visualice el proceso con todos los elementos de control involucrados, facilitando de esta manera que el operador del proceso obtenga una facilidad en el monitoreo de la planta logrando detectar fallas en el proceso de una manera fácil y rápida, estableciendo un mantenimiento correctivo y un mantenimiento predictivo en caso de ser necesario, se pretende establecer este tipo de mantenimiento ya que en la actualidad las

industrias no se pueden permitir parar un proceso por el mal funcionamiento de un equipo en la planta ya que eso involucra pérdidas en la industria por lo que se propone el mantenimiento preventivo y correctivo, cabe mencionar que este tipo de mantenimiento tiene sus dificultades tanto económicas como de estructura en la planta pero garantiza una continuidad en el proceso de la planta que es lo que se quiere en la industria, y si se compara las pérdidas económicas que se genera por la para en el proceso, en la planta con el gasto económico que tiene un mantenimiento preventivo y correctivo el segundo es menor gasto económico que el primero.

Debido al control automatizado de la planta y a la distribución de los diferentes equipos que constituyen el sistema de agua helada los cuales se detallan a continuación: compresores, condensador evaporativo, e intercambiador de calor, éstos generan una mayor confiabilidad del sistema a la hora de dar mantenimiento de la planta en cuanto a los compresores, debido a que no tienen la necesidad de apagar el proceso en su totalidad, sino tener la opción de dejar un compresor encendido mientras el otro puede estar en mantenimiento, con esta manera se genera seguridad con el proceso y los subsiguientes procesos, evitando parar la producción y con esto evitando tener pérdidas económicas, en el caso del condensador evaporativo, ser tiene dos procesos en un solo equipo, tanto la condensación del refrigerante como la evaporización del agua que rocía el haz tubular por el cual viaja el refrigerante NH₃ (amoníaco), lo que logra un aprovechamiento al máximo de las propiedades químicas que tiene el refrigerante NH₃ (amoníaco) logrando así una transferencia de temperatura con una alta eficiencia, y en el caso del intercambiador de calor de tipo placas, el intercambio de temperatura del refrigerante hacia el agua es aprovechado al máximo ya que la interacción entre el refrigerante NH₃ (amoníaco) y el agua es muy cercana, únicamente separadas por placas muy delgadas, por lo que el diseño de este intercambiador de calor es óptimo para la planta de agua helada.

Recomendaciones

Las personas que intervienen en el proceso debe ser personal calificado y tengan conocimiento del mismo, reciban una previa capacitación sobre la operación del sistema, enfocándose en la aplicación de monitoreo y en los elementos de campo que son críticos para el control automático, y así poder intervenir de forma rápida y eficaz solucionando el problema que se pueda presentar durante el proceso del Sistema de agua helada, logrando de esta manera un tiempo de mantenimiento corto con el fin de no ver afectado la producción de la planta.

Se recomienda que el sistema en la parte de control tenga una sola referencia de voltaje de acuerdo al conexionado de las señales, es decir una fuente de alimentación de 24 VDC para todo el sistema evitando con esto tener inconvenientes en el conexionado con los módulos de señales digitales como analógicas, otra de las consideraciones que hay que tomar, es que los equipos que se encuentran en el tablero de control se encuentren trabajando a una temperatura recomendable ya que debido al funcionamiento de los mismos hace que la temperatura en su entorno se incremente.

En caso que requieran arrancar el sistema de forma manual, se puede realizar el debido proceso siempre y cuando se tome las debidas consideraciones del caso, es decir que antes de arrancar los compresores en forma manual se deben cumplir los diferentes permisivos del sistema siendo el operador de la planta previamente capacitado, el encargado de verificar que se cumplan los diferentes pasos de control.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] O. A. Jaramillo, "Intercambiadores de calor," C. Invest Energía., pp 4-25, Nov. 2007.
- [2] R. Ackermann, "Controles lógicos programables," F. Didactic Kg sslingen., pp 7-72, Abr.1994.
- [3] B. S. Anónima, "Condensador Evaporativos," ENAC LE., Madrid, EP, Rep. 1282, Nov.2003.
- [4] E. Electric, "Catalogo de Compresores VILTER™ SERIE 450XL," en Refrigeración Industrial, 2014. © Emerson Climate Technologies.
- [5] L. Zurita, "Protocolo Modbus," Informática Industrial II, España, 2014, pp. 1-37.
- [6] Simatic S7-1200 Programmable controller System Manual, Siemens, Munich, 2014.
- [7] Siemens, (2014, Diciembre 12). Simatic S7-1200 Getting Started (1ra ed.) [Online]. Disponible en: www.support.industry.siemens.com
- [8] Siemens, (2015, Enero 15). Simatic S7-1200 Easy Book Manual (1ra ed.) [Online]. Disponible en: www.support.industry.siemens.com
- [9] Siemens, (2014, Diciembre 15). STEP 7 Basic V13.1 System Manual (1ra ed.) [Online]. Disponible en: www.support.industry.siemens.com
- [10] Siemens, (2013, Diciembre 11). SIMATIC S7-1200 SM1223 (1ra ed.) [Online]. Disponible en: www.support.industry.siemens.com
- [11] Siemens, (2013, Diciembre 11). SIMATIC S7-1200 SM1241 (1ra ed.) [Online]. Disponible en: www.support.industry.siemens.com
- [12] Siemens, (2013, Diciembre 11). SIMATIC S7-1200 SM1222 (1ra ed.) [Online]. Disponible en: www.support.industry.siemens.com
- [13] Siemens, (2013, Diciembre 11). SIMATIC S7-1200 SM1231 (1ra ed.) [Online]. Disponible en: www.support.industry.siemens.com

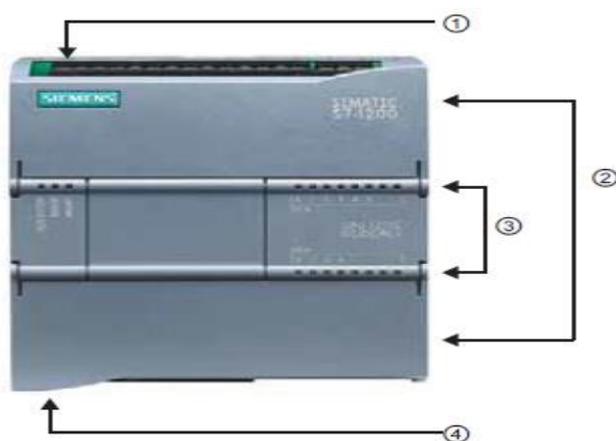
ANEXOS

Anexo 1: partes del intercambiador de placas



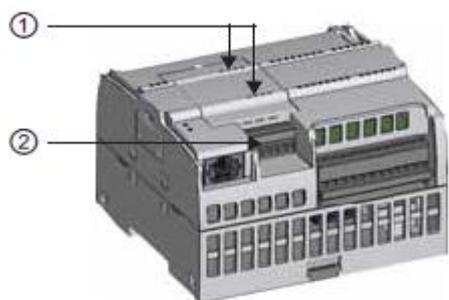
Nº	Parte	Material
1	Bastidor	Acero Carbono (pintado) EPOXI
2	Placas	Acero Inoxidable AISI 316
3	Conexiones roscadas	Acero Inoxidable AISI 316
4	Juntas	NBR ó EPDM
5	Guias Placas	Acero Inox

Anexo 2: partes del Controlador Lógico Programable (PLC)

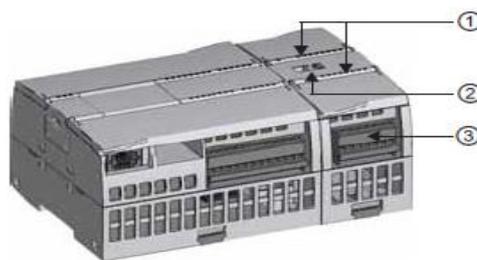


- ① Conector de corriente
- ② Conectores extraíbles para el cableado de usuario (detrás de las tapas)
- ③ Ranura para Memory Card (debajo de la tapa superior)
- ④ LEDs de estado para las E/S integradas
- ④ Conector PROFINET (en el lado inferior de la CPU)

Signal Boards

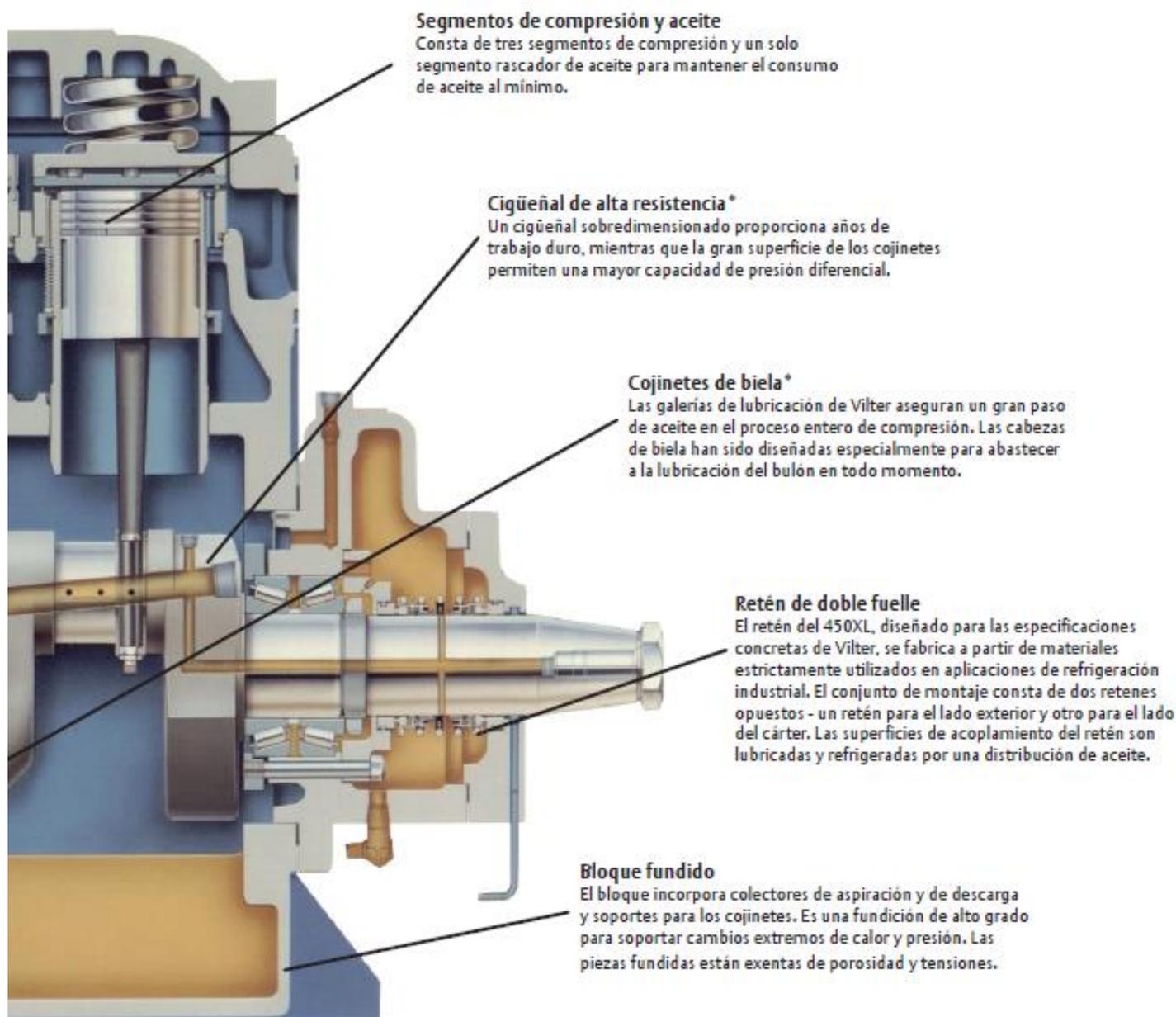


- ① LEDs de estado en la SB
- ② Conector extraíble para el cableado de usuario



- ① LEDs de estado para las E/S del módulo de señales
- ② Conector de bus
- ③ Conector extraíble para el cableado de usuario

Anexo 3: partes de los compresores VILTER 450XL



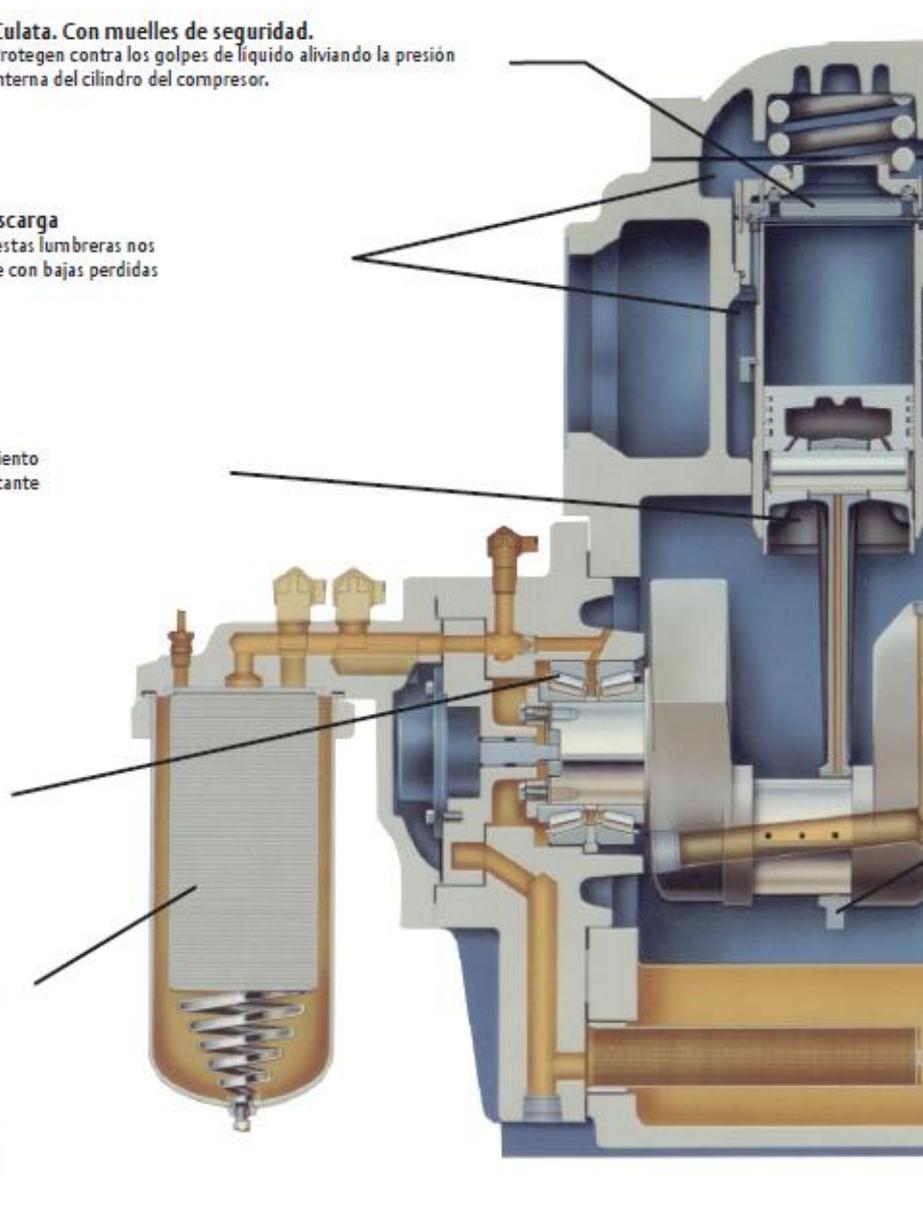
Culata. Con muelles de seguridad.
Protegen contra los golpes de líquido aliviando la presión interna del cilindro del compresor.

Lumbreras de aspiración y descarga
Las amplias secciones de paso de estas lumbreras nos permiten que el compresor trabaje con bajas pérdidas de carga.

Pistón y biela
El diseño de pistón y biela nos permite un movimiento suave mientras proporciona una lubricación constante durante todo el ciclo.

Doble cojinete de rodillos
El alto rendimiento de estos cojinetes permiten que el compresor se use con altas presiones de aspiración, así como transmisión de poleas correas.

Filtro de aceite Tri-Micro™
Quita el 95% de los contaminantes hasta un tamaño de 3 micrones. Permite el flujo completo de aceite en todo momento, dando como resultado un menor desgaste en los componentes del compresor. Combina una extrema capacidad de filtración, con la comodidad de un elemento reemplazable. El filtro está dentro de una carcasa de acero al carbono pintada con una cubierta de hierro fundido, y están equipadas con un manómetro para determinar la caída de presión a través del filtro.



Anexo 4: Data Sheet Módulo SM1223.

Data sheet

6ES7223-1PL32-0XB0

SIMATIC S7-1200, DIGITAL I/O SM 1223, 16DI / 16DO, 16DI DC 24 V, SINK/SOURCE, 16DO, RELAY 2A



Supply voltage	
Rated value (DC)	
• 24 V DC	Yes
permissible range, lower limit (DC)	20.4 V
permissible range, upper limit (DC)	28.8 V
Input current	
from backplane bus 5 V DC, max.	180 mA
Digital inputs	
• from load voltage L+ (without load), max.	4 mA/Input 11 mA/relay
Output voltage	
Power supply to the transmitters	
• present	Yes
Power losses	
Power loss, typ.	10 W
Digital inputs	
Number of digital inputs	16
• In groups of	2
Input characteristic curve in accordance with IEC 61131, type 1	Yes
Number of simultaneously controllable inputs	
all mounting positions	
— up to 40 °C, max.	16
horizontal installation	

• Number of relay outputs	16
• Rated input voltage of relay coil L+ (DC)	24 V
• Number of operating cycles, max.	mechanically 10 million, at rated load voltage 100,000
Switching capacity of contacts	
— with inductive load, max.	2 A
— on lamp load, max.	30 W with DC, 200 W with AC
— with resistive load, max.	2 A
Cable length	
• shielded, max.	500 m
• Unshielded, max.	150 m
Interrupts/diagnostics/status information	
Alarms	
• Alarms	Yes
• Diagnostic alarm	Yes
Diagnostic messages	
• Diagnostic functions	Yes
• Monitoring the supply voltage	Yes
Diagnostics indication LED	
• for status of the inputs	Yes
• For status of the outputs	Yes
• for maintenance	Yes
• Status indicator digital output (green)	Yes
• Status indicator digital input (green)	Yes
Potential separation	
Potential separation digital inputs	
• between the channels, in groups of	2
Potential separation digital outputs	
• between the channels	Relays
• between the channels, in groups of	4
• between the channels and the backplane bus	1500 V AC for 1 minute
Permissible potential difference	
between different circuits	750 V AC for 1 minute
Degree and class of protection	
Degree of protection to EN 60529	
• IP20	Yes
Standards, approvals, certificates	
CE mark	Yes
CSA approval	Yes
UL approval	Yes
cULus	Yes

FM approval	Yes
RCM (formerly C-TICK)	Yes
Marine approval	
• Marine approval	Yes
Ambient conditions	
Free fall	
• Drop height, max. (in packaging)	0.3 m; five times, in dispatch package
Ambient temperature in operation	
• Permissible temperature range	-20 °C to +60 °C horizontal mounting, -20 °C to 50 °C vertical mounting, 95% humidity, non-condensing
• Min.	-20 °C
• max.	60 °C; Number of simultaneously activated outputs: 8 (no adjacent points) at 60 °C horizontal or 50 °C vertical, 16 at 55 °C horizontal or 45 °C vertical
• Permissible temperature change	5°C to 55°C, 3°C / minute
Ambient temperature during storage/transportation	
• Min.	-40 °C
• max.	70 °C
Air pressure acc. to IEC 60068-2-13	
• Storage/transport, min.	660 hPa
• Storage/transport, max.	1 080 hPa
Relative humidity	
• Permissible range (without condensation) at 25 °C	95 %
Connection method	
required front connector	Yes
Mechanics/material	
Type of housing (front)	
• plastic	Yes
Dimensions	
Width	70 mm
Height	100 mm
Depth	75 mm
Weights	
Weight, approx.	350 g
last modified:	20.04.2015

Anexo 5: Data Sheet Módulo de Comunicación

SIEMENS

Product data sheet

6ES7241-1CH32-0XB0



SIMATIC S7-1200,
COMMUNICATION MODULE CM 1241,
RS422/485, 9 PIN SUB D (MALE),
SUPPORTS MESSAGE BASED FREEPORT

Supply voltage	
24 V DC	Yes
permissible range, lower limit (DC)	20.4 V
permissible range, upper limit (DC)	28.8 V
Power losses	
Power loss, typ.	1.2 W
Interfaces	
Number of interfaces	1
Interface physics, RS 422/RS 485 (X.27)	Yes
Point-to-point	
Cable length, max.	1000 m
Integrated protocol driver	
ASCII	Yes ; Available as library function
USS	Yes ; Available as library function
Climatic and mechanical conditions for storage and transport	
Climatic conditions for storage and transport	
Free fall	
Drop height, max. (in packaging)	0.3 m ; five times, in dispatch package

Temperature	
Permissible temperature range	-40 °C to +70 °C
Air pressure acc. to IEC 60068-2-13	
Permissible air pressure	1080 to 660 hPa
Relative humidity	
Permissible range (without condensation) at 25 °C	95 %
Mechanical and climatic conditions during operation	
Climatic conditions in operation	
Temperature	
Permissible temperature change	5°C to 55°C, 3°C / minute
Air pressure acc. to IEC 60068-2-13	
Permissible air pressure	1080 to 795 hPa
Software	
Runtime software	
Target system	
S7-1200	Yes
Dimensions	
Width	30 mm
Height	100 mm
Depth	75 mm
Weights	
Weight, approx.	155 g
Status	Apr 25, 2014

Anexo 6: Data Sheet Módulo SM1222

Product data sheet

6ES7222-1HF32-0XB0



SIMATIC S7-1200,
DIGITAL OUTPUT SM 1222, 8 DO, RELAY 2A

Supply voltage	
permissible range, lower limit (DC)	20.4 V
permissible range, upper limit (DC)	28.8 V
Input current	
from backplane bus 5 V DC, max.	120 mA
Digital inputs	
from load voltage L+ (without load), max.	11 mA/relay coil
Power loss	
Power loss, typ.	4.5 W
Digital inputs	
Number of digital inputs	0
Digital outputs	
Number of digital outputs	8
in groups of	2
Short-circuit protection	No ; to be provided externally
Switching capacity of the outputs	
with resistive load, max.	2 A
on lamp load, max.	30 W with DC, 200 W with AC

Output voltage	
Rated value (AC)	5 V AC to 250 V AC
Rated value (DC)	5 V DC to 30 V DC
Output current	
for signal "1" permissible range, max.	2 A
Output delay with resistive load	
"0" to "1", max.	10 ms
"1" to "0", max.	10 ms
Total current of the outputs (per group)	
horizontal installation	
up to 50 °C, max.	10 A ; Current per mass
Relay outputs	
Number of relay outputs	8
Rated supply voltage of relay coil L+ (DC)	24 V
Number of operating cycles, max.	mechanically 10 million, at rated load voltage 100,000
Switching capacity of contacts	
with inductive load, max.	2 A
on lamp load, max.	30 W with DC, 200 W with AC
with resistive load, max.	2 A
Cable length	
Cable length, shielded, max.	500 m
Cable length unshielded, max.	150 m
Interrupts/diagnostics/status information	
Alarms	
Alarms	Yes
Diagnostic alarm	Yes
Diagnostic messages	
Diagnostic functions	Yes
Monitoring the supply voltage	Yes
Diagnostics indication LED	
for status of the outputs	Yes
for maintenance	Yes
Status indicator digital output (green)	Yes
Galvanic isolation	
Galvanic isolation digital outputs	
between the channels	Relays
between the channels, in groups of	2
between the channels and the backplane bus	1500 V AC for 1 minute

Permissible potential difference	
between different circuits	750 V AC for 1 minute
Degree and class of protection	
IP20	Yes
Standards, approvals, certificates	
CE mark	Yes
CSA approval	Yes
UL	Yes
cULus	Yes
RCM (former C-TICK)	Yes
FM approval	Yes
Marine approval	
Marine approval	Yes
Climatic and mechanical conditions for storage and transport	
Climatic conditions for storage and transport	
Free fall	
Drop height, max. (in packaging)	0.3 m ; five times, in dispatch package
Temperature	
permissible temperature range	-40 °C to +70 °C
Air pressure acc. to IEC 60068-2-13	
permissible air pressure	1080 to 660 hPa
Relative humidity	
permissible range (without condensation) at 25 °C	95 %
Mechanical and climatic conditions during operation	
Climatic conditions in operation	
Temperature	
permissible temperature range	-20 °C to +60 °C horizontal mounting, -20 °C to 50 °C vertical mounting, 95% humidity, non-condensing
min.	-20 °C
max.	60 °C
permissible temperature change	5°C to 55°C, 3°C / minute
Connection method	
required front connector	Yes
Mechanics/material	
Type of housing (front)	
Plastic	Yes
Dimensions	
Width	45 mm

Anexo 7: Data Sheet Módulo SM1231

Product data sheet

6ES7231-4HF32-0XB0

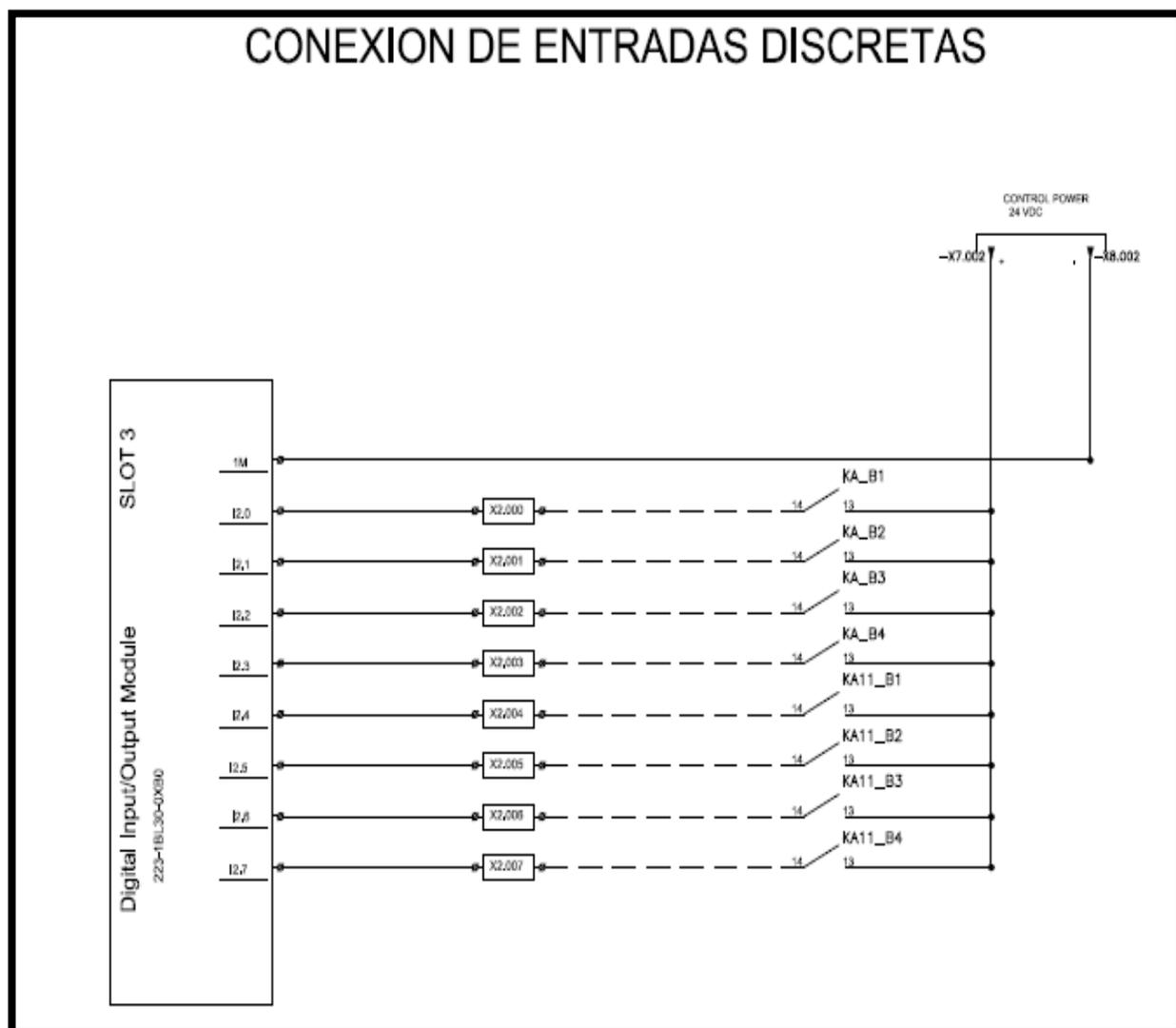
SIMATIC S7-1200, ANALOG INPUT, SM 1231,
 8 AI, +/-10V, +/-5V, +/-2.5V,
 OR 0-20 mA 12 BIT + SIGN OR (13 BIT ADC)

Analog inputs	
Number of analog inputs	8 ; Current or voltage differential inputs
permissible input frequency for current input (destruction limit), max.	± 36 V
permissible input voltage for voltage input (destruction limit), max.	36 V
permissible input current for voltage input (destruction limit), max.	40 mA
permissible input current for current input (destruction limit), max.	40 mA
Cycle time (all channels) max.	625 µs
Input ranges	
Voltage	Yes ; ±10 V, ±6 V, ±2.5 V
Current	Yes ; 4 to 20 mA, 0 to 20 mA
Input ranges (rated values), voltages	
-10 V to +10 V	Yes
Input resistance (-10 V to +10 V)	≥9 MΩ
-2.5 V to +2.5 V	Yes
Input resistance (-2.5 V to +2.5 V)	≥9 MΩ
-5 V to +5 V	Yes
Input resistance (-5 V to +5 V)	≥9 MΩ
Input ranges (rated values), currents	
4 to 20 mA	Yes
Analog value creation	
Integrations and conversion time/ resolution per channel	
Resolution with overrange (bit including sign), max.	12 bit ; + sign
Integration time, parameterizable	Yes
Interference voltage suppression for interference frequency f1 in Hz	40 dB, DC to 60 V for interference frequency 50 / 60 Hz
Smoothing of measured values	
Parameterizable	Yes
Step: None	Yes
Step: low	Yes
Step: Medium	Yes
Step: High	Yes

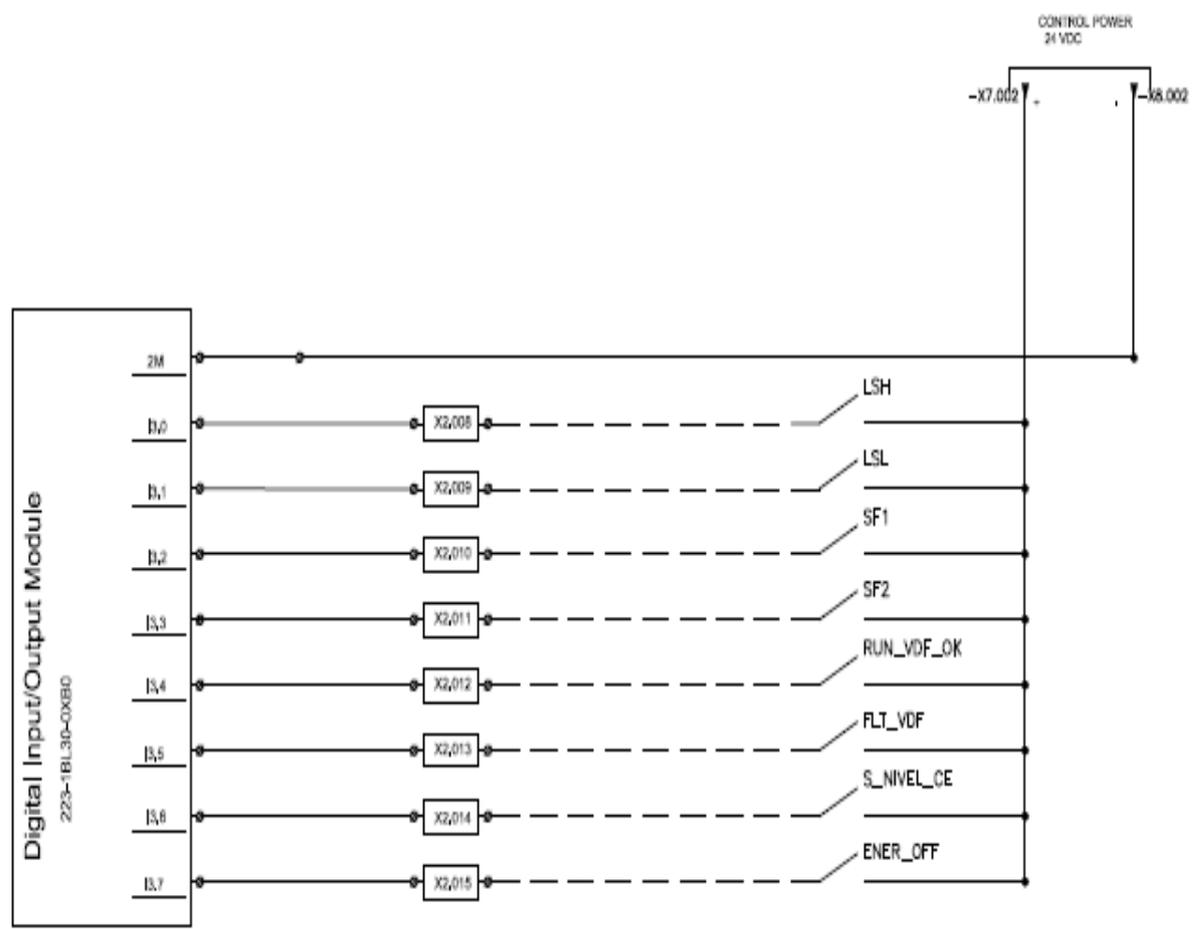
Errors/accuracies	
Temperature error (relative to input area)	25 °C ±0.1 % to 55 °C ±0.2 % total measurement range
Basic error limit (operational limit at 25 °C)	
Voltage, relative to input area	+/- 0,1 %
Current, relative to input area	+/- 0,1 %
Interference voltage suppression for $f = n \times (f1 \pm 1\%)$, $f1 =$ interference frequency	
common mode voltage, max.	12 V
Interrupts/diagnostics/status information	
Alarms	
Alarms	Yes
Diagnostic alarm	Yes
Diagnostic messages	
Diagnostic functions	Yes
Monitoring the supply voltage	Yes
Wire break	Yes
Diagnostics indication LED	
for status of the inputs	Yes
for maintenance	Yes
Galvanic isolation	
Galvanic isolation analog outputs	
between the channels and the power supply of the electronics	No
Degree and class of protection	
IP20	Yes
Standards, approvals, certificates	
CE mark	Yes
CSA approval	Yes
C-TICK	Yes
FM approval	Yes
Marine approval	Yes
Climatic and mechanical conditions for storage and transport	
Climatic conditions for storage and transport	
Free fall	
Drop height, max. (in packaging)	0.3 m ; five times, in dispatch package
Temperature	
Permissible temperature range	-40 °C to +70 °C
Air pressure acc. to IEC 60068-2-13	
Permissible air pressure	1080 to 660 hPa
Mechanical and climatic conditions during operation	

Climatic conditions in operation	
Temperature	
Min.	-20 °C
max.	60 °C
Air pressure acc. to IEC 60068-2-13	
Permissible air pressure	1080 to 795 hPa
Pollutant concentrations	
SO ₂ at RH < 60% without condensation	SO ₂ : < 0.5 ppm; H ₂ S: < 0.1 ppm; RH < 60% condensation-free
Connection method	
required front connector	Yes
Mechanics/material	
Type of housing (front)	
Plastic	Yes
Dimensions	
Width	45 mm
Height	100 mm
Depth	75 mm
Weight	
Weight, approx.	180 g
Status	Jun 8, 2013

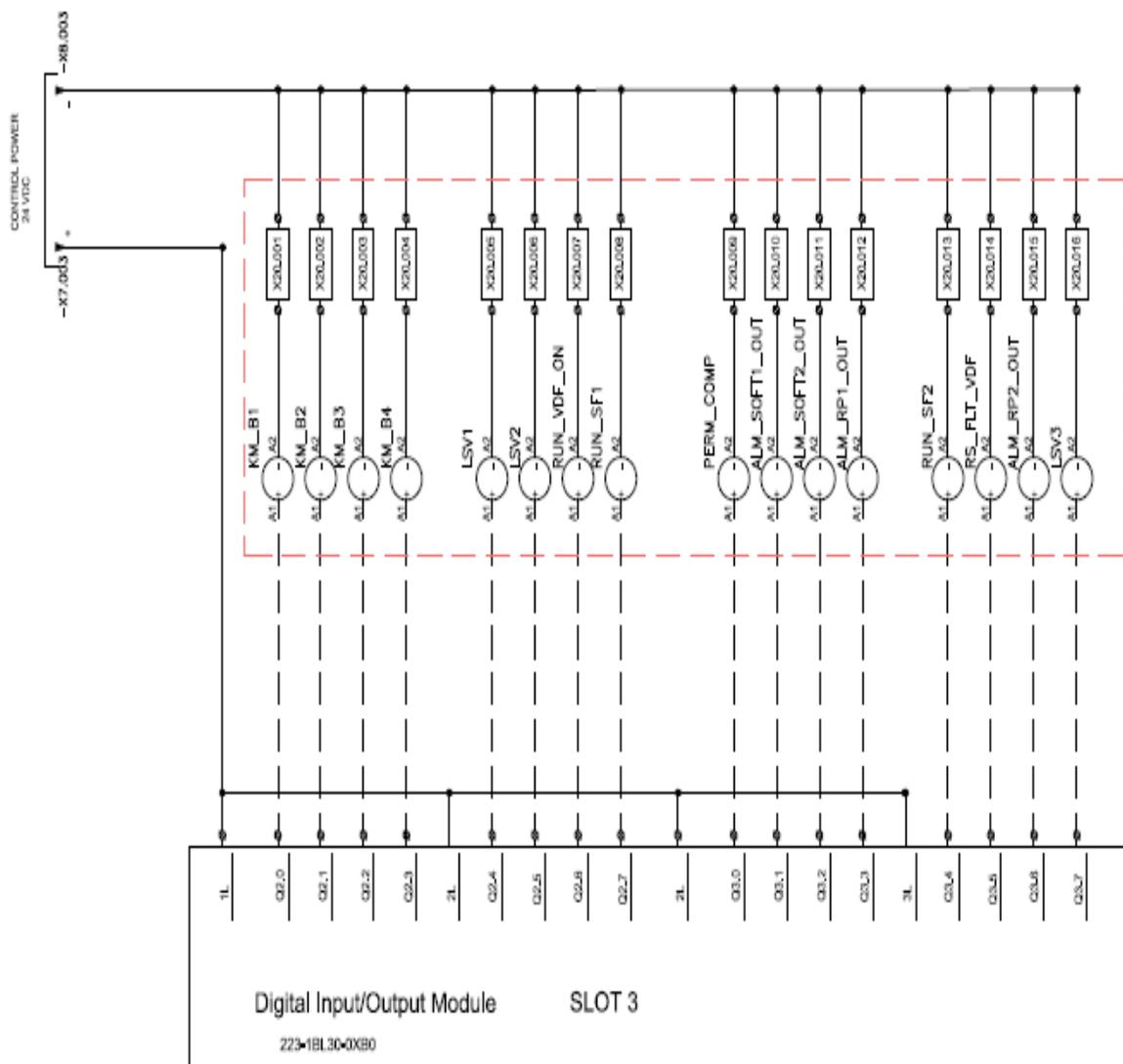
Anexo 8: Planos de control



CONEXION DE ENTRADAS DISCRETAS



CONEXION DE SALIDAS DISCRETAS



CONEXION DE SALIDAS DISCRETAS

