Universidad Austral de Chile
Facultad de Ciencias de la Ingeniería
Escuela de Ingeniería Civil Mecánica

CONTROL DE UN BANCO DIDÁCTICO DE REFRIGERACIÓN

Tesis para optar al título de:
Ingeniero Mecánico.

Profesor Patrocinante:
Sr. Misael Fuentes P.
Ingeniero Mecánico.

ABEL ALEJANDRO TEIGUEL SÁNCHEZ
VALDIVIA - CHILE
2010

El Profesor Patrocinante y Profesores Informantes del Trabajo de Titulación comunican al Director de Escuela de Ingeniería Civil Mecánica de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería que el Trabajo de Titulación del señor:

ABEL ALEJANDRO TEIGUEL SÀNCHEZ

Ha sido aprobado en el examen de defensa rendido el día , como requisito para optar al título de Ingeniero Mecánico. Y, para que así conste para todos los efectos firman:

Comisión de Titilación:

Profesor Patrocinante:

Ing. Mecánico Sr. Misael Fuentes P. _____

Profesor Informante:

Ing. Mecánico Sr. Héctor Noriega F. _____

Ing. Mecánico Sr. Claudio Bastidas C. _____

Vº Bº Director de Escuela:

Ing. Civil Mecánico Sr. Milton Lemarie O. _____

Agradecimientos

Primero a Dios por acompañarme fielmente en todos los momentos de mi vida.

Agradezco a mi familia, por su apoyo en este largo camino que culmina con este trabajo de titulo.

A mi profesor Misael Fuentes y a todos mis profesores, los cuales me han guiado en el trayecto que significa convertirme en un Ingeniero Mecánico.

A mis colegas Marcelo Rojas y Renato Bastidas por su apoyo en el desarrollo de este trabajo.

Y finalmente a todos los que de una u otra manera han ayudado a terminar esta carrera.

A todos muchas gracias…

Dedicatoria

Dedicada muy especial mente a:

Mi quería madre Marisol Sánchez

Mis viejitos José Teiguel e Ismenia Colivoro

Mis hermanos Pedro, Marcelo y Dalma.

Mis tíos pedro y Marcia

Mi primita Tamara y Anais

Mi esposa Carolina Cano

Mi querido hijo Matías

Y a toda mi familia…

ÍNDICE DE CONTENIDOS

RESUMEN…….. 1

SUMARY…….. 2

Capitulo 1: INTRODUCCIÓN…….… 3

1.1 Objetivos General…….. 4

1.2 Objetivos específicos…… 4

1.3 Metodología de trabajo…….. 5

Capitulo 2: CONTROL Y LOS AUTOMATISMOS……..... 7

2.1 Sistemas de control…….… 7

2.2 Automatismos de control……... 8

2.2.1 Automatismos Lógica Cableada…….... 10

2.2.2 Automatismo Lógica Programada ……..... 15

2.2.2.1 Controladores lógicos programables……... 16

2.2.2.1 Controladores lógicos no programables (Configurables)….. 21

Capitulo 3: ELABORACIÓN E IMPLEMENTACION DE AUTOMATISMO DE CONTROL AL BANCO DE REFRIGERACION DIDACTICO…..…….. ……. 24

3.1 Metodología de Elaboración de Automatismos……. 25

3.1.1 Metodología para el desarrollo de automatismos de control.. 25

3.2 Estudio previo del Proceso…….……. 30

3.2.1 Ciclo de refrigeración por compresión de vapor…… 31

3.2.2 Especificaciones del banco de refrigeración……. 33

3.2.3 Ciclo real de funcionamiento del sistema de refrigeración (parámetros a controlar)……..... 35

3.2 Desarrollo de Control del sistema de refrigeración didáctico mediante lógica cableada (electromecánica)……..... 39

3.3.1 Requerimientos del sistema…….……. 39
3.3.2 Diagrama de fuerza…….. 40
3.3.3 Diagrama de contactos……. 41
3.3.4 Control mediante lógica cableada (electromecánica)……... 42
3.3.5 Desarrollo de Control del sistema de refrigeración didáctico mediante lógica programada…….. 51
3.3.5.1 Control mediante Controlador Lógico EKC 201C…….. 52
3.3.5.2 Control sistema de refrigeración didáctico mediante lógica programada, PLC SIMMENS S5 95 U…….. 63
3.4 Descripción final del banco didáctico de control en refrigeración……..……. 67

Capitulo IV ACTIVIDADES PRÁCTICAS Y PROPUESTAS…… 69
4.1 Actividades prácticas……..... 69
4.2 Guía para el desarrollo de experiencia en banco didáctico de control en refrigeración…… 72
4.3 Actividades propuestas …… 79

Discusión de resultados……. 80
Conclusiones…… 81
Bibliografía……... 83
Referencias electrónica……. 84
ANEXOS..... 85
Anexo 1. Datos Técnicos Unidad Condensador…….. 86
Anexo 2. La caída de presión y la temperatura equivalente….. 86
Anexo 3. Datos de entrada y resultados del software CoolPack…….. 87
Anexo 4. Presión de evaporación indicativa para diferentes tipos de instalaciones. …….. 87
Anexo 5. Selección de dispositivos……... 88

Anexo 6. Datos técnicos y montaje controlador EKC 206 C…. 92

Anexo 7. Funciones y Configuración Controlador EKC 202C.. 93

Anexo 8. PLC SIMATIC S5 95 U..... 98

Anexo 9. Conexión Entradas y Salidas Digitales de PLC SIMATIC S5 95 U. ……. 99

Anexo 10. Conexión Entradas y Salidas Analógicas del PLC SIMATIC S5 95 U……. 100

Anexo 11. Montaje de PLC SIMATIC S5 95 U…….. 101

Anexo 12. Lenguajes de Programación de PLC SIMATIC S5 95 U…… 102

Anexo 13. Planos Eléctrico Control Banco Didáctico…… 103

RESUMEN

El presente trabajo consiste en desarrollar una plataforma didáctica de control, en términos de herramientas lógica cableada y programada, la cual se integró a un banco de refrigeración didáctico, que posee el Instituto de Materiales y Procesos Termomecánicos (IMPT).

Para el desarrollo de lógica cableada se dispone de: pulsadores, termostatos, presostato, luces y relees, todos implementados con conectores rápidos, para un fácil armado.

Para la lógica programada se contempló un controlador lógico configurable (EKC 202 C) específicamente para el control de procesos de refrigeración, Además se incorporó un PLC SIMATIC S5 95U armado en términos de arquitectura con posibilidades de un posterior desarrollo de lógica programada.

Además se empleó una metodología de control aplicada al proceso de refrigeración y como complemento el desarrollo de actividades prácticas y propuestas con el objetivo de fomentar el conocimiento teórico práctico del control de procesos aplicado a refrigeración.

SUMMARY

The present work consisted to develop an educational control platform, in terms of logic tools wired and programmed, and was integrated to a didactic bench of refrigeration, property of the Institute of Materials and Thermomechanical Processes (IMPT).

For the development of wired logic, is available: pushbuttons, switches, thermostats, pressure switches, lights and relays, all implemented with quick connectors for easy assembly.

For the programmable logic, a configurable logic controller (EKC 202 C) specifically for the refrigeration process control was installed. Also a PLC SIMATIC S5 95U was incorporated, assembled in terms of architecture with potential for further development of programmable logic.

In addition, a control methodology was applied to the refrigeration process and to the development of practical activities and proposals, aiming to promote practical and theoretical knowledge of process control applied to refrigeration.

CAPITULO I

INTRODUCCIÓN

La medición y el control en la industria son muy importantes, tanto desde el punto de vista del funcionamiento correcto del proceso como de la consideración del balance adecuado entre costos y producto final.

El control automático de procesos industriales es, hoy en día una actividad multidisciplinaria, en la que se deben considerar aspectos técnicos (mecánica, electrónica, informática de sistemas, etc.), científicos (investigación de nuevos criterios y materiales, etc.) y económicos (mejora de los márgenes comerciales sin perder calidad y competitividad).

Los sistemas de control sofisticados del tipo de los instalados mediante complejos elementos de instrumentación, no se han creado de la noche a la mañana, aunque el auge que vive actualmente así lo pueda parecer. Son el resultado de más de cien años de trabajo de fabricantes y usuarios, quienes no han dejado de buscar las mejores soluciones al control industrial.

Estos esfuerzos aportaron algunos tipos de control, de acuerdo a la tecnología disponible en cada época. Las soluciones que se mostraron efectivas, han sobrevivido y, por lo tanto, evolucionaron, proporcionando de este modo a los usuarios de hoy un abanico de posibilidades donde elegir.

El control de proceso está presente en toda instalación industrial, una de estas aplicaciones es la refrigeración, la cual se encuentra en la mayorías de las empresas de la zona, más aún en el la industria de los alimentos.

En la refrigeración, la electrónica ha llevado al desarrollo de un nuevo sistema de control que permite la utilización óptima de los evaporadores al ajustar automáticamente el recalentamiento a la carga real y, en consecuencia, a su completa utilización en todo momento. Este conjunto incluye un PLC o un regulador electrónico, la válvula de expansión accionada eléctricamente, y los sensores, sustituyendo la función de la válvula de expansión clásica, de la válvula solenoide y del termostato, permitiendo además la función de alarma en el caso de temperatura de evaporación demasiado alta o bajas (Alarcón, 2000).

En los laboratorios de la carrera de Ingeniería Civil Mecánica existe una ausencia de equipamiento en el área de la automatización y control de sistemas de refrigeración. Sin embargo, existe un banco de refrigeración que se encuentra dentro de la dependencia del Instituto de Materiales y Procesos Termomecánicos (IMPT) en el cual es posible desarrollar e incorporar sistemas de control didáctico. Conjuntamente con formular una metodología para implementar actividades prácticas de control.

1.1 OBJETIVO GENERAL

Desarrollar e incorporar sistemas de control al banco de refrigeración didáctico. Y formular una metodología para implementar actividades prácticas de control.

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Formular una metodología para desarrollo de sistemas de control aplicado a la refrigeración.

- Calcular y seleccionar elementos de control mecánico adecuados al ciclo de funcionamiento del banco de refrigeración.

- Elaborar e implementar automatismos de control al banco de control didáctico.

- Desarrollar guías para experiencias posibles de implementar en banco de refrigeración didáctico.

1.3 METODOLOGÍA DE TRABAJO

1.3.1 Metodología de control

- Formular una metodología para el desarrollo de sistema de control en refrigeración.

1.3.2 Construir el ciclo de funcionamiento para refrigerante R134a para la selección de componentes.

- Reunir datos de la unidad condensadora (KAM2-0050-CAS), de las capacidades de los evaporadores y de la infraestructura en general.
- Con esto construir el ciclo de funcionamiento, con lo cual se obtendrá las presiones y temperaturas de trabajo del sistema.
- Con la presión y temperatura del sistema seleccionar los elementos de control.
- Instalar componentes en el banco de refrigeración didáctico.

1.4.3 Elaboración de automatismos de control.

- Desarrollo de una metodología de control.
- Implementación de sistemas de control en banco didáctico de refrigeración.

1.4.4 Desarrollo de actividades practicas de control.

- Formular experiencias prácticas de control.
- Formular guía de experiencias.

CAPITULO II

CONTROL Y LOS AUTOMATISMOS

El objetivo de este capítulo es introducir al control y los automatismos asociados a los sistemas de refrigeración, refiriéndose específicamente a como se clasifican en términos de señales y de herramientas.

1.1 Sistemas de control

El control puede ser definido como el manejo indirecto de variables de un sistema denominado planta o proceso a través de un elemento denominado sistema de control.

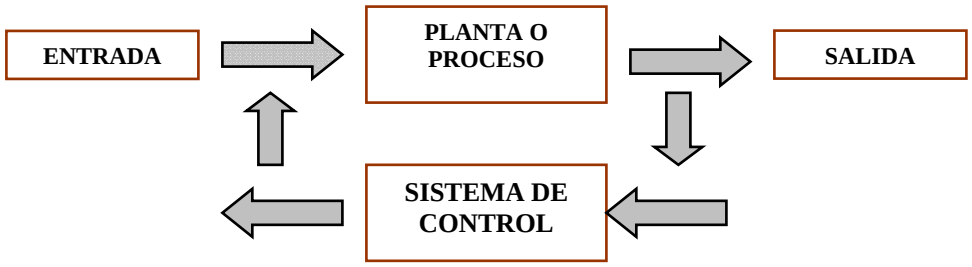


FIGURA Nº 1 Ciclo del sistema de control en un proceso o planta.

Los sistemas de control pueden ser muy amplios, desde un simple interruptor que gobierna una lámpara, hasta un sistema que maneje toda una línea de proceso dentro de una fábrica; asimismo un sistema de control puede ser manual o automático, o lo mismo, de lazo abierto o cerrado.

Esta sección está dedicada especialmente a los sistemas de control automático o de lazo cerrado, en los cuales interviene al menos un pequeño bloque que toma decisiones de acuerdo a los datos que se obtiene del sistema a controlar, en el caso de la refrigeración, temperatura y presión. (Ramos, 2000)

2.2 Automatismos de control

La automatización industrial ha evolucionado a la par con el desarrollo de los sistemas mecánicos, electrónicos e informáticos. En sus inicios, para automatizar un proceso se utilizaban palancas, levas, engranajes, relés y pequeños motores. Posteriormente con el desarrollo de la electrónica, se comenzaron a utilizar transistores y señales eléctricas de bajo voltaje.

Luego con la aparición de los circuitos integrados y en especial los microprocesadores, los automatismos revolucionaron la industria de una forma sorprendente. El computador también comenzó a formar parte en el control automático de procesos, pero debido a que los sistemas de entradas y salidas eran limitados para estas labores, surgieron controladores especializados y programables con las herramientas necesarias para controlar líneas de producción completas, fue así como nacieron los controladores lógicos programables o autómatas programables.(Wilbert F. Stoecker,1998)

Un automatismo de control puede ser de diversos tipos, dependiendo principalmente de las señales que utilice y de la arquitectura con las que son diseñados, el tipo de señal que maneja el sistema de control puede ser: analógicos, digitales o híbridos, es decir tanto analógicos como digitales. Por la arquitectura de diseño, los sistemas de control pueden ser de lógica cableada o de lógica programada.

Los sistema analógicos trabajan con señales de tipo continuo dentro de un margen específico, por lo general, los sensores y actuadores que pertenecen a este modo de automatización funcionan con señales de corriente entre 4 y 20 mA o con señales de voltaje entre 0 y 10 VDC.

Por su parte los sistemas digitales funcionan con señales que presentan dos estados, es decir abiertos o cerrados, son ampliamente utilizados en dispositivos de proceso tales como los controladores lógicos.

Los sistemas híbridos, son la configuración más común para la automatización de procesos, combinan tanto los sistemas analógicos como los sistemas digitales, por lo general dentro de un sistema de control se usan variables que deben manejarse en forma analógica, por ejemplo para medir temperatura, al igual que otras variables deben ser de tipo digital como la detección de objetos (Ramos, 2000).

Actualmente, la mayoría de los controladores lógicos programables (PLC), pueden configurarse en el modo deseado gracias a que muchos de ellos son sistemas modulares, en los cuales se pueden agregar o quitar módulos que suelen ser de tipo digital o de tipo analógico.

Según la herramienta o arquitectura los sistemas de control se clasifican en: sistema de control lógica cableada y sistema de control lógica programada, como se puede apreciar en el siguiente diagrama.

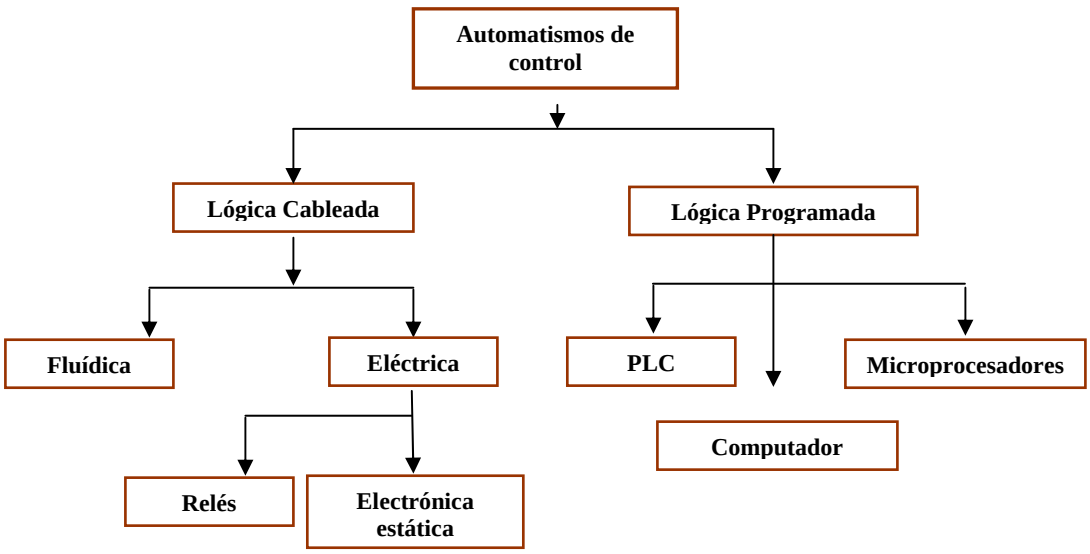


FIGURA Nº 2 Diagrama de la clasificación de los automatismos según su arquitectura.

2.2.1 Automatismos Lógica Cableada

Su denominación viene dada por el tipo de elementos que intervienen es su implementación, en la cual las uniones físicas se realizan mediante cables eléctricos, relés electromagnéticos, interruptores, pulsadores, etc., en el caso de la tecnología eléctrica. En lo que refiere a la tecnología electrónica, las puertas lógicas son los elementos fundamentales mediante los cuales se realizan los automatismos.

En el caso de la tecnología fluidica, sus conexiones vienen siendo efectuadas por tuberías de acero, cobre, pvc, etc., junto con elementos tales como válvulas, presostatos, manómetros, etc.

La tecnología cableada, ha sido y es aún utilizada en los automatismos industriales, aunque está quedando obsoleta a los accionamientos de ciertas potencias, ya que frente a la lógica programada presenta las siguientes desventajas:

- Imposibilidad de realización de funciones complejas de control.
- Gran volumen y peso.
- Escasa flexibilidad frente a modificaciones.
- Reparaciones costosas

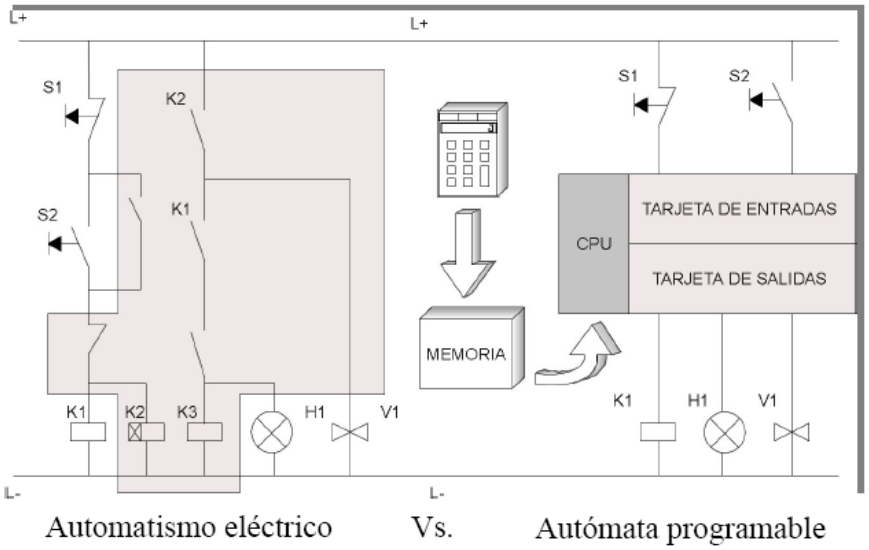


FIGURA Nº 3 Muestra la comparación entre la tecnología lógica cableada y programada

Al igual que ocurre con la neumática y la oleohidráulica, los componentes eléctricos también pueden ser representados por símbolos gráficos muy simples que de una forma sencilla pueden ser insertados en el dibujo al desarrollar los esquemas eléctricos. Tales representaciones permiten un lenguaje de comunicación eficaz entre el proyectista, los montadores de sistemas y los encargados del posterior mantenimiento del proceso y las máquinas que intervienen en éste (Serrano, 2002).

Aunque cada país posee sus propias normas de representación, cada vez se tiene más tendencia a unificar criterios en lo que a representación se refiere. No obstante, para cualquier especialista no debe existir problema para identificar los componentes de cualquier circuito representados con las normas de otros países.

A nivel internacional y por su importancia cabe destacar el IEC o CIE (Comisión Electrotécnica Internacional) de la cual Chile forma parte, los símbolos más utilizados son los que se describen en el cuadro de la figura 4.

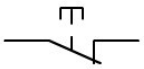
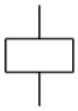
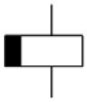
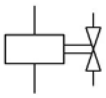
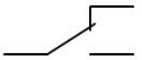
	Pulsador normalmente cerrado
	Pulsador normalmente abierto
	Bobina de relé, contactor u otro dispositivo de mando, símbolo general.
	Dispositivo de mando retardado a la desconexión. Desconexión retardada al activar el mando.
	Dispositivo de mando retardado a la conexión. Conexión retardada al activar el mando.
	Bobina de una electroválvula.
	Interruptor normalmente abierto (NA).
	Interruptor normalmente cerrado (NC).
	Conmutador.
	Interruptor accionado por presión (Presostato)
	Interruptor accionado por temperatura (Termostato)
	Lámpara de señal, símbolo general.

FIGURA Nº 4 Cuadro de símbolos más utilizados en desarrollo de esquemas lógica cableada.

Considerando la figura 5, se observa un diagrama cableado, estos obtienen su nombre en la apariencia de cómo trabajan, consiste en dos líneas horizontales, una sobre la otra, la primera es designada como L, la cual representa la línea de alimentación de energía que por lo general es de 24 VDC por un tema de seguridad en la manipulación, la segunda línea es designada como N, la cual representa al neutro. De la línea L se desprenden

otras líneas verticales donde se genera la lógica con los elementos eléctricos anteriormente citados.

Cuando el voltaje es aplicado sobre el relé de control K1 la bobina de éste se excitará y cerrará, de esta manera proporcionará la energía al elemento que es gobernado por este relé, para el caso del presente ejemplo corresponden a uno de los ventiladores de una cámara de congelado.

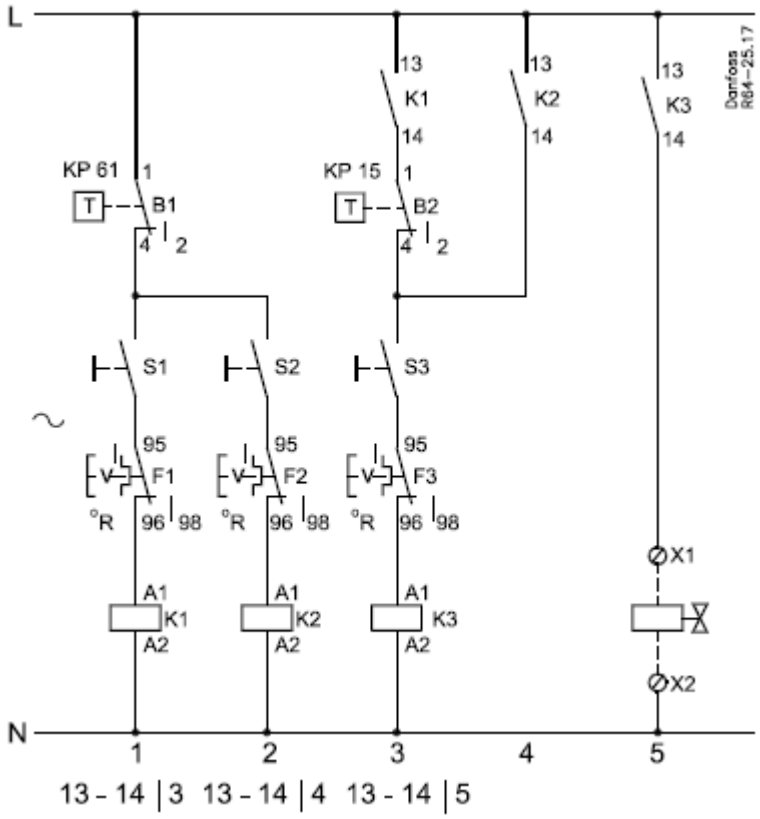


FIGURA Nº 5 Representa el control de una cámara de baja temperatura

El diagrama debe ser leído de la parte superior a la parte inferior y de la izquierda a la derecha. Los componentes que consumen energía se ilustran en la parte inferior del diagrama. Estos incluyen las bobinas de relé de los arrancadores del motor, las bobinas de solenoide, los motores de regulación, etc. Los relés térmicos F1, F2, F3 del arrancador de motor están representados en una posición adyacente a los contactos entre los

terminales 95 y 96. Los contactos K1, K2, K3 de los relés auxiliares entre los terminales 13 y 14 se representan en la parte superior del diagrama.

El costo relativo entre los paneles electromecánicos y los controladores programable son mostrados en la figura 6, mientras el costo del control lógica cableada crece proporcionalmente al número de relés, el control lógica programada posee una pendiente más suave, encontrándose en un punto, donde desde el punto hacia la izquierda es conveniente utilizar control lógica cableada y desde el punto hacia la derecha es más conveniente el control lógica programada (Wilbert F. Stoecker, 1998).

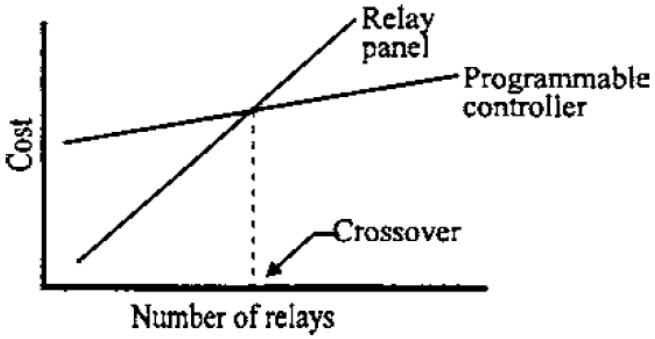


FIGURA Nº 6 Costo relativo de un panel de relees y el control programado (Wilbert F. Stoecker, 1998).

Además de representar lógica, los diagramas cableados también se utilizan para representar planos de los dispositivos que forman parte de un tablero electromecánico.

No obstante, muy a menudo, se suele articular soluciones mediante implementación mixtas aprovechando las mejores características de ambas tecnologías, la neumática y la lógica programada en autómatas programables industriales conectados mediante dispositivos de interfaz.

2.2.2 Automatismo Lógica Programada

Se trata de una tecnología desarrollada a partir de la aparición del uso de dispositivos electrónicos de procesamiento de información, tales como; PLCs, computadoras, microcontroladores, controladores especializados, etc.

Los sistemas lógica programada se caracterizan por que funcionan bajo las indicaciones de un programa de control. El modo programable es en cierta medida el mejor método de automatizar un proceso industrial; el hecho de ser programable permite adaptarse de una manera más sencilla a las posibles variaciones que tenga un determinado proceso. Así entonces, si el proceso requiere modificaciones, bastará con cambiar la programación de los equipos automáticos.

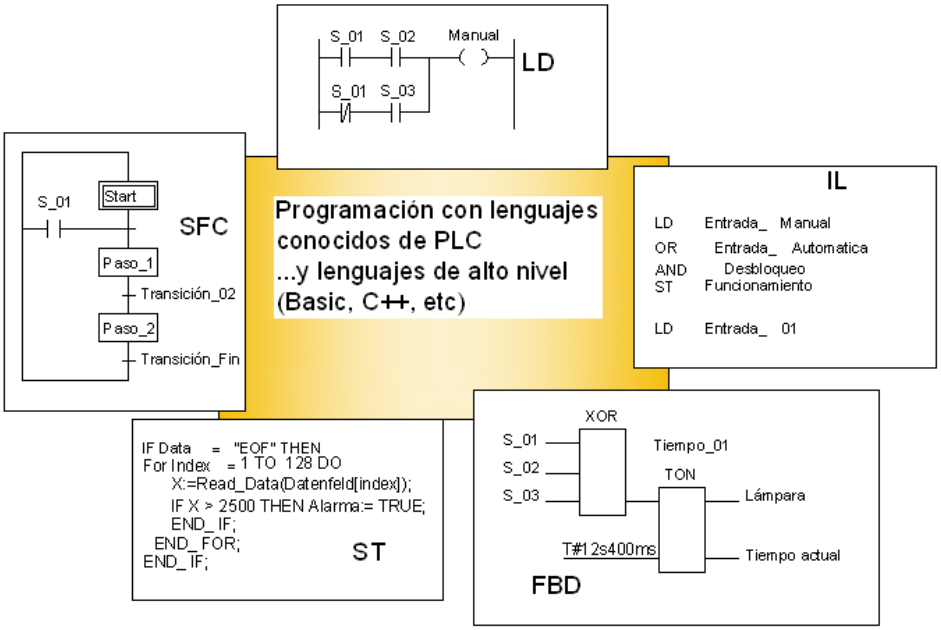


FIGURA Nº 7 Muestra lenguajes de programación; diagrama de contactos, esquemas funcionales, grafcet.

Constantemente, debido a los altos niveles de integración alcanzados en la microelectrónica, el umbral de rentabilidad de esta tecnología crece y frente a la lógica cableada presenta:

- Gran flexibilidad
- Posibilidad de cálculo científico e implementación de algoritmos complejos de control de procesos,
- Arquitectura de control distribuido,
- Comunicación y gestión.

Como inconveniente a corto y medio plazo, presenta la necesidad de formación en las empresas de personal adecuado para su programación y asistencia. Al tratarse de verdaderas herramientas informáticas; también poseen relativa vulnerabilidad frente a las agresivas condiciones de medio industrial, sin embargo, con el transcurso del tiempo, el nivel de fiabilidad y disponibilidad de estos sistemas se ha mejorado notablemente.

2.2.2.1 Controladores lógicos programables.

Hasta no hace mucho tiempo el control de procesos industriales se venia haciendo de forma cableada por medio de contactores y relees. Al operario que se encontraba a cargo de este tipo de instalaciones, se le exigía tener altos conocimientos técnicos para poder realizarlas y posteriormente mantenerlas.

FIGURA Nº 8 Familia de SIMATIC S7 (Siemens, 2010)

Además cualquier variación en el proceso suponía modificar físicamente gran parte de las conexiones de los montajes, siendo necesario para ello un gran esfuerzo técnico y un mayor desembolso económico. En la actualidad no se puede desarrollar un proceso complejo de alto nivel desarrollado por técnicas cableadas. El ordenador y los Controladores Lógicos Programables han intervenido de forma considerable para que este tipo de instalaciones se hayan visto sustituidas por otras controladas de forma programada. El Controlador Lógico Programable (PLC) nació como solución al control de circuitos complejos de automatización. Por lo tanto se puede decir que un PLC no es más que un aparato electrónico que sustituye los circuitos auxiliares o de mando de los sistemas automáticos. Las entradas se conectan los captadores (finales de carrera, pulsadores, etc.) y a las salidas a los actuadores (bobinas de contactores, lámparas, pequeños receptores, etc.). Los PLC se introdujeron por primera vez en la industria en 1960 aproximadamente. La razón principal de tal hecho fue la necesidad de eliminar el gran costo que se producía al reemplazar el complejo sistema de control basado en relees y contactores.

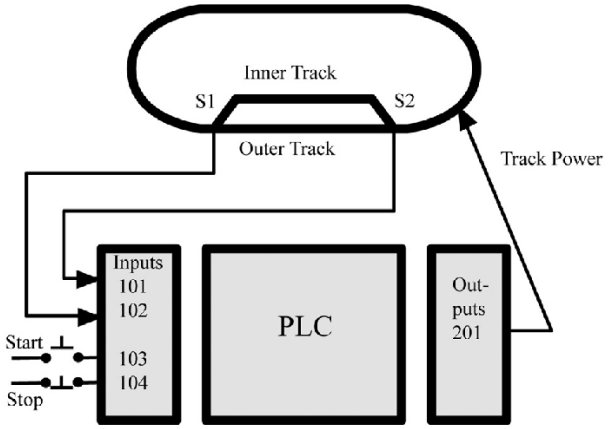


FIGURA Nº 9 Ejemplo de un modelo de aplicación de PLC.

El modo de Funcionamiento de los Controladores Lógicos Programables, son máquinas secuénciales que ejecutan correlativamente las instrucciones indicadas en el programa de usuario almacenado en su memoria, generando órdenes o señales de mando a partir de las señales de entrada leídas de la planta (aplicación): al detectarse cambios en las señales, el autómata reacciona según el programa hasta obtener las órdenes de salida necesarias. Esta secuencia se ejecuta continuamente para conseguir el control actualizado del proceso. La secuencia básica de operación del autómata se puede dividir en tres fases principales:

- Lectura de señales desde la interfaz de entradas.
- Procesado del programa para obtención de las señales de control.
- Escritura de señales en la interfaz de salidas.

Con el fin de optimizar el tiempo, la lectura y escritura de las señales se realiza a la vez para todas las entradas y salidas; entonces, las señales de entradas leídas de los módulos de entrada se guardan en una memoria temporal (Imagen entradas). A dicha memoria acude la CPU en la ejecución del programa. Según se va obteniendo las salidas, se guardan en otra

memoria temporal (imagen de salida). Una vez ejecutado el programa completo, estas imágenes de salida se transfieren todas a la vez al módulo de salida.

La arquitectura básica de un controlador lógico programable se puede apreciar en la figura 10, componiéndose de una unidad central de procesamiento, memorias, módulos de entradas y salidas, alimentación de energía y la unidad de programación.

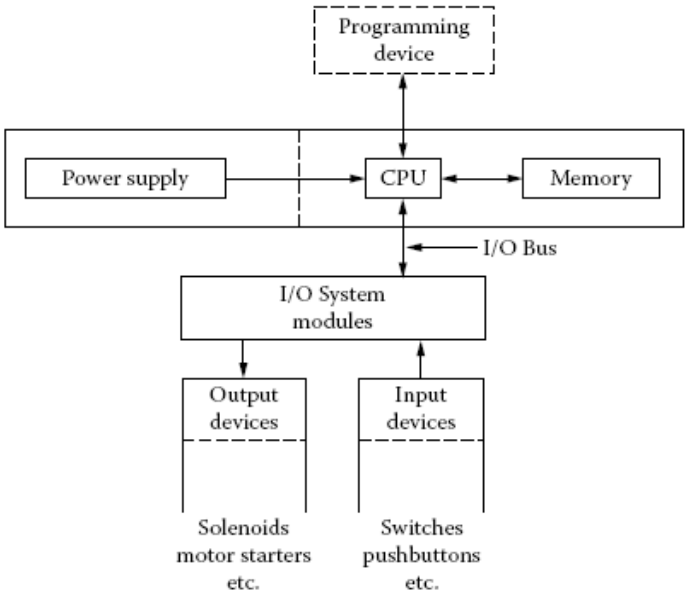


FIGURA Nº 10 Estructura de un controlador programable (C. W. WENDT, 2006)

Actualmente son tres las estructuras más significativas que existen en el mercado:

- Estructura compacta
- Estructura semimodular. (Estructura Americana).
- Estructura modular. (Estructura Europea)

Estructura compacta: Este tipo de Controlador Lógico Programable se distingue por presentar en un único bloque todos sus elementos, esto es, fuente de alimentación, CPU, memorias, entradas/salidas, etc. Son los PLC de gama baja o nanoautómatas los que suelen tener una estructura

compacta. Su potencia de proceso suele ser muy limitada dedicándose a controlar máquinas muy pequeñas o cuadros de mando.

Estructura semimodular: Se caracteriza por separar las E/S del resto del Controlador Lógico Programable, de tal forma que en un bloque compacto están reunidas las CPU, memoria de usuario o de programa y fuente de alimentación y separadamente las unidades de E/S . Son los Controlador Lógico Programable de gama mediana los que suelen tener una estructura semimodular (Americana).

Estructura modular: Su característica principal radica en que existe un módulo para cada uno de los diferentes elementos que componen el PLC como puede ser una fuente de alimentación, CPU, E/S, etc. La sujeción de los mismos se hace por riel DIN, placa perforada o sobre RACK, en donde van alojado el BUS externo de unión de los distintos módulos que lo componen. Son los PLC de gama alta los que suelen tener una estructura modular, que permiten una gran flexibilidad en su constitución.

El progresivo desarrollo de los PLCs estuvo dirigido por el equipamiento con las siguientes características:

- Periférico: tarjetas y monitores que muestran el estado de las variables y de los dispositivos de entradas y salidas.
- Punto de corte y la secuencia de control pueden ser programados por un dispositivo de entrada, por medio de un ordenador central o un autómata programable maestro.
- Autonomía en los lazos de control analógica, que recibe una variable de entrada analógica y emite una salida analógica en un actuador.
- La estructura jerárquica permite un controlador programable maestro, que se comunica con un controlador programable esclavo.
- Comunicación serial, tales como protocolos RS-232-C o RS422-A

Existen varias características de capacidad de un controlador lógicos programable, por el número de entrada y salidas (I/O), la velocidad de escaneo, la velocidad de comunicación y el tamaño de la memoria (Wilbert F. Stoecker, 1998).

Basado en la combinación de entradas y las instrucciones de programa las salidas son activadas, el tiempo de ciclo varía entre un segundo y fracciones de segundo, dependiendo del número de entradas y salidas y de la velocidad de procesamiento.

2.2.2.1 Controladores lógicos no programables (Configurables)

Pero así mismo, pueden existir controladores lógicos no programables por computador, que puede tomar decisiones mediante la observación de variables binarias.

Sabemos que el control continuo o análogo usa directamente señales tomadas de sensores y maneja salidas asociadas (actuadores) tales como válvulas, compresores, bombas, calefactores, etc. Estos actuadores pueden ser de variación continua o pueden ser simplemente elementos de Encendido/Apagado en tiempo proporcional.

El procesamiento realizado por este tipo de control sobre la señal de entrada, depende del proceso involucrado, pero típicamente utiliza amplificación y alguna forma de funciones matemáticas, tales como integración, para desear el cambio sobre los elementos de salida. Los controladores continuos pueden incluir sistemas electrónicos analógicos, computadores y microprocesadores.

El control discontinuo (on/off) es muy común en la mayoría de las industrias, puesto que muchas máquinas y procesos están constituidos con

unidades que sólo pueden estar en un estado, controladas por un gran número de operaciones simples y pasos de una secuencia. Los controladores binarios pueden estar constituidos por relés, sistemas electromecánicos, sistemas lógicos neumáticos o hidráulicos, computadores o controladores programables. Estos métodos no pueden compararse, pero sí pueden integrarse, pues cada uno tiene su campo de aplicación y es más eficiente en su propia área.

El controlador lógico que se puede apreciar en la figura 11, contiene implementado una lógica interna específicamente programada para trabajar en sistemas de refrigeración, recibe entrada y salidas que presentan dos estados; on/of

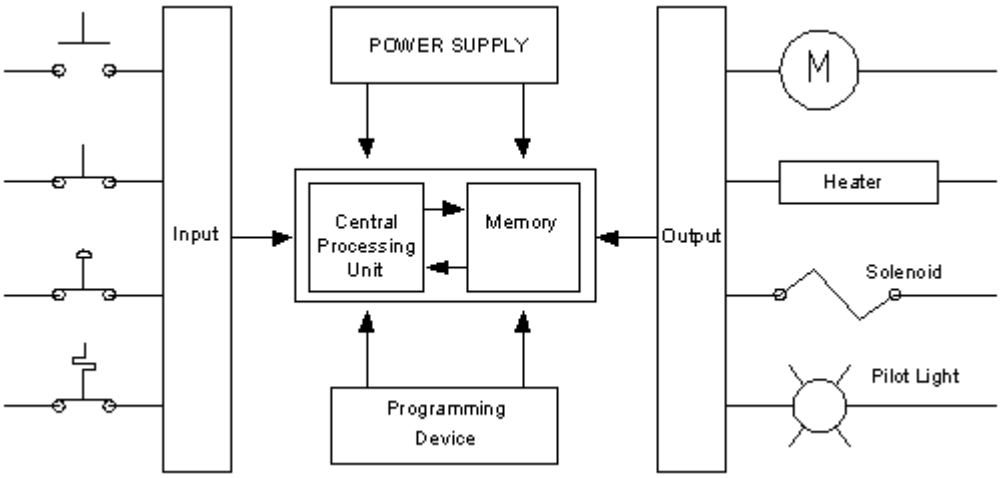


FIGURA Nº 11 Muestra un diagrama la arquitectura de controladote de sistemas de refrigeración (Wilbert F. Stoecker, 1998).

Características de un controlador de temperatura:

El control de temperatura se realiza en base a una sonda; dicha sonda normalmente se colocará en la corriente de aire a la entrada, o salida del evaporador.

El regulador permite controlar desescarche eléctricos o naturales, dichos desescarche pueden terminar por tiempo o por temperatura.

Se puede medir la temperatura de fin de desescarche directamente a través de una sonda dedicada.

Por lo general estos controladores lógicos disponen de cuatro relés de salida cuya función depende de la aplicación seleccionada:

- Refrigeración (compresor o solenoide)
- Desescarche
- Ventilador
- Alarma
- Luces

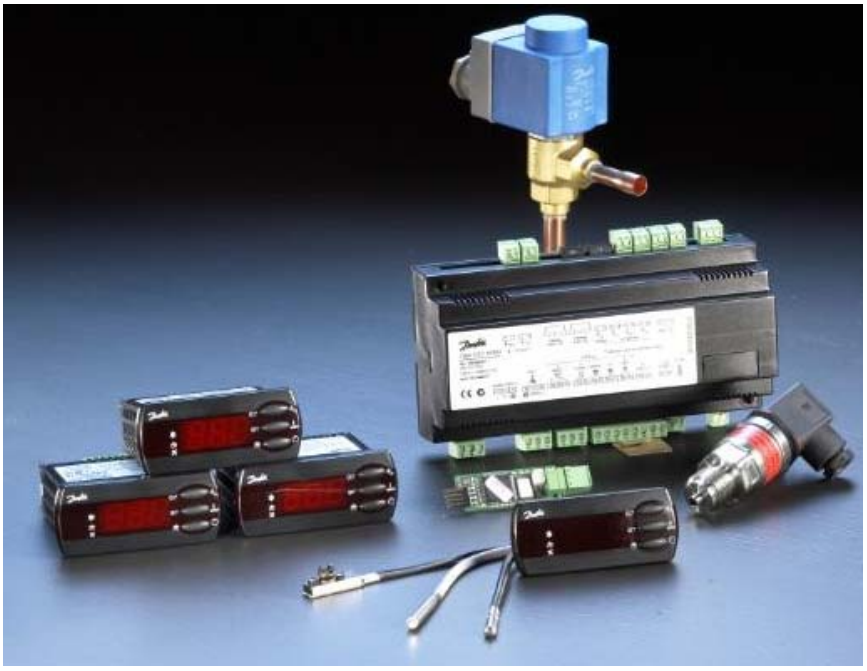


FIGURA Nº 12 Elementos de control para sistemas de refrigeración Danfoss (Danfoss, 2010).

CAPITULO III

ELABORACIÓN E IMPLEMENTACION DE AUTOMATISMO DE CONTROL AL BANCO DE REFRIGERACION DIDACTICO.

El objetivo de este capítulo es desarrollar e implementar automatismo de control utilizando una metodología general para su desarrollo, y proceder a montar en términos prácticos los automatismos de control en función de las herramientas que contiene el banco de refrigeración didáctico. En el cual se desarrollaron e incorporaron tres sistemas de control distintos, se cuenta con un sistema de control netamente lógica cableada y dos sistemas de control lógica programada; un controlador lógico configurable y un PLC.

Para el orden del desarrollo de los sistemas de control se utilizará el mismo orden evolutivo que tuvieron, es decir primero lógica cableada, controlador de temperatura, y finalmente un PLC.

Además para el desarrollo de sistema lógica programada PLC SIMMENS S5 95U se contempla el desarrollo del automatismo en término de arquitectura, quedando de lado la programación, como parte de una actividad propuesta con carácter de otro trabajo de título.

3.1 Metodología de Elaboración de Automatismos

Para el desarrollo y elaboración correcta de un automatismo, por un técnico o equipo encargado de ello, es necesario conocer previamente los siguientes datos:

- Las especificaciones técnicas del sistema o proceso a automatizar y su correcta interpretación.

- La evaluación económica asignada para no caer en el error de elaborar una buena opción desde el punto de vista técnico, pero inviable económicamente.

- Los materiales, aparatos, etc., existentes en el mercado que se van a utilizar para diseñar el automatismo. En este apartado es importante conocer también:

    - Calidad de la información técnica de los equipos.
    - Disponibilidad y rapidez en cuanto a recambios y asistencia técnica.

3.1.1 Metodología para el desarrollo de automatismos de control.

La figura 12 muestra un diagrama que representa el procedimiento general o fases mas utilizado para el estudio de automatismo de control.

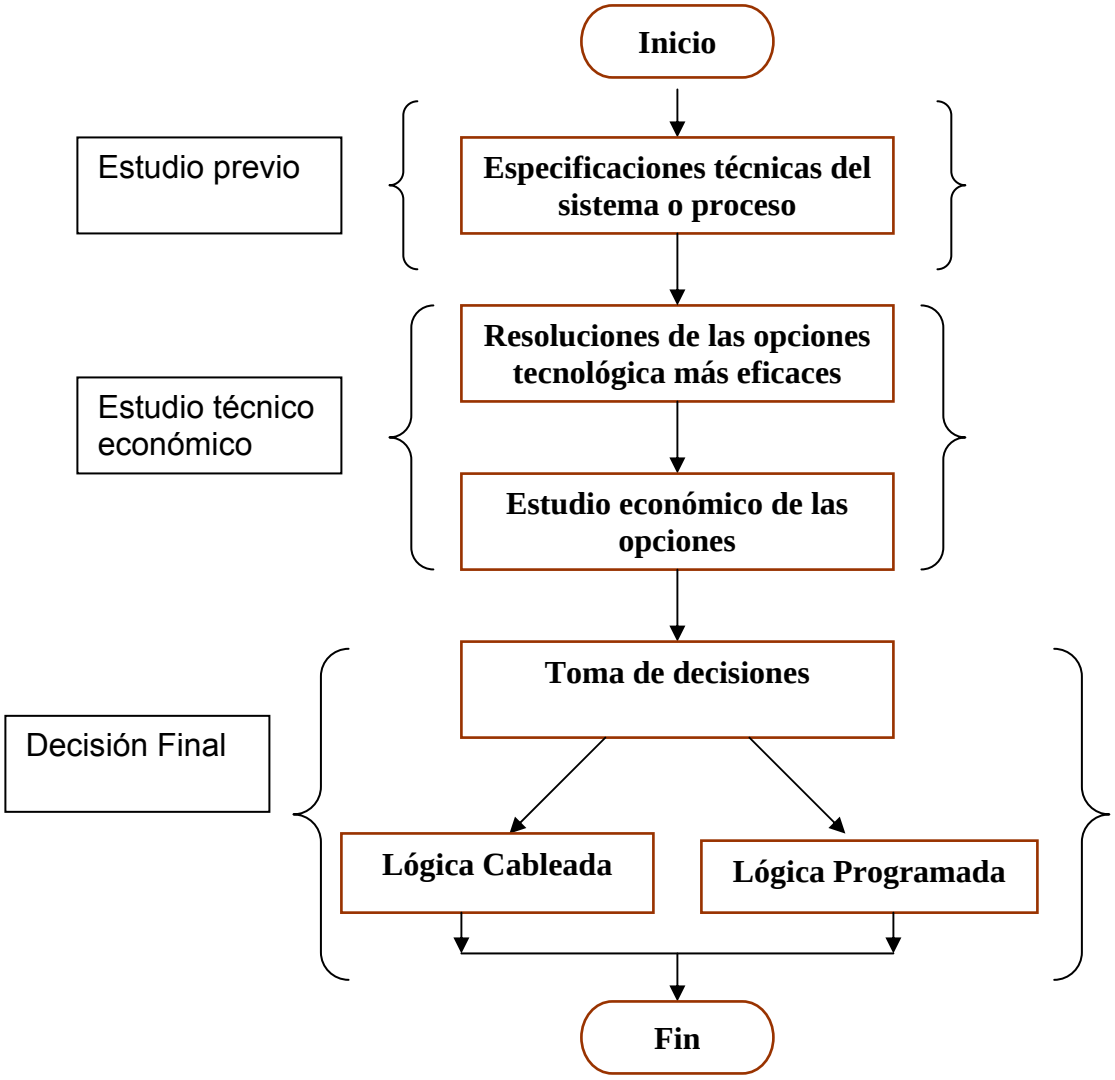


FIGURA Nº 13 Procedimiento general en el desarrollo de automatismos de control.

A continuación se va a estudiar cada uno de los apartados descritos:

a) Estudio previo: es importante antes de iniciar cualquier estudio de un automatismo, el conocer con el mayor detalle posible las características, el funcionamiento, las distintas funciones, etc., de la máquina o proceso a automatizar; esto lo obtenemos de las especificaciones funcionales. Esta es la base mínima a partir de la cual podremos iniciar el

estudio de cuales son los elementos más idóneos para la construcción del automatismo.

b) Estudio técnico-económico: es la parte técnica de especificaciones del automatismo, en relación a materiales, aparatos, su adaptación al sistema y el entorno al que se haya inscrito, etc. También aquí se ha de valorar la parte operativa del comportamiento del automatismo en todos sus aspectos, como mantenimiento, fiabilidad, etc.

Es fundamental que la valoración económica, sea función directa de las prestaciones del mismo. Se debe incluir en esta parte del estudio.

c) Decisión final: en el apartado anterior se han debido estudiar las dos posibilidades u opciones tecnológicas generales posibles: lógica cableada y lógica programada con esta información y previa elaboración de los parámetros que se consideren necesarios tener en cuenta, se procede al análisis del problema.

Los parámetros que se deben valorar para una decisión correcta pueden ser muchos y variados algunos de los cuales serán específicos en función del problemas concreto que se va resolver pero otros serán comunes, tales como los siguientes:

- Ventajas e inconvenientes que se le asignan a cada opción en relación a su fiabilidad, vida media y mantenimiento.
- Posibilidades y ampliación y de aprovechamiento de lo existente en cada caso.
- Posibilidades económicas y rentabilidad de la inversión realizada en cada opción.
- Ahorro desde el punto de vista de necesidades para su manejo y mantenimiento.

En la figura 14 se puede visualizar un diagrama de flujo que representa los procesos y elementos básicos para el desarrollo de automatismos lógica cableada.

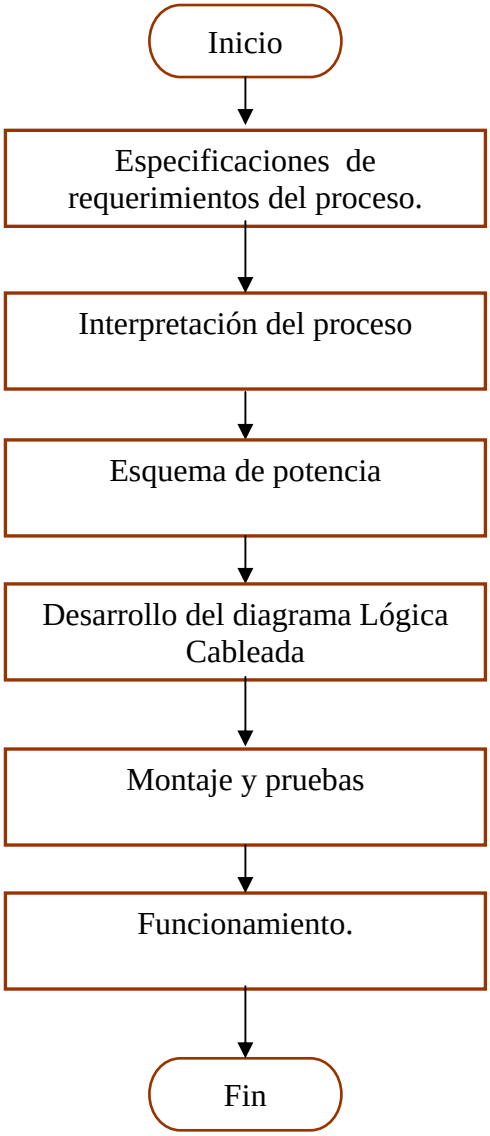


FIGURA Nº 14 Diagrama de flujo para el desarrollo de automatismo lógica cableada.

En la figura 15 se puede visualizar un diagrama de flujo que representa los procesos y elementos básicos para el desarrollo de automatismos lógica programada.

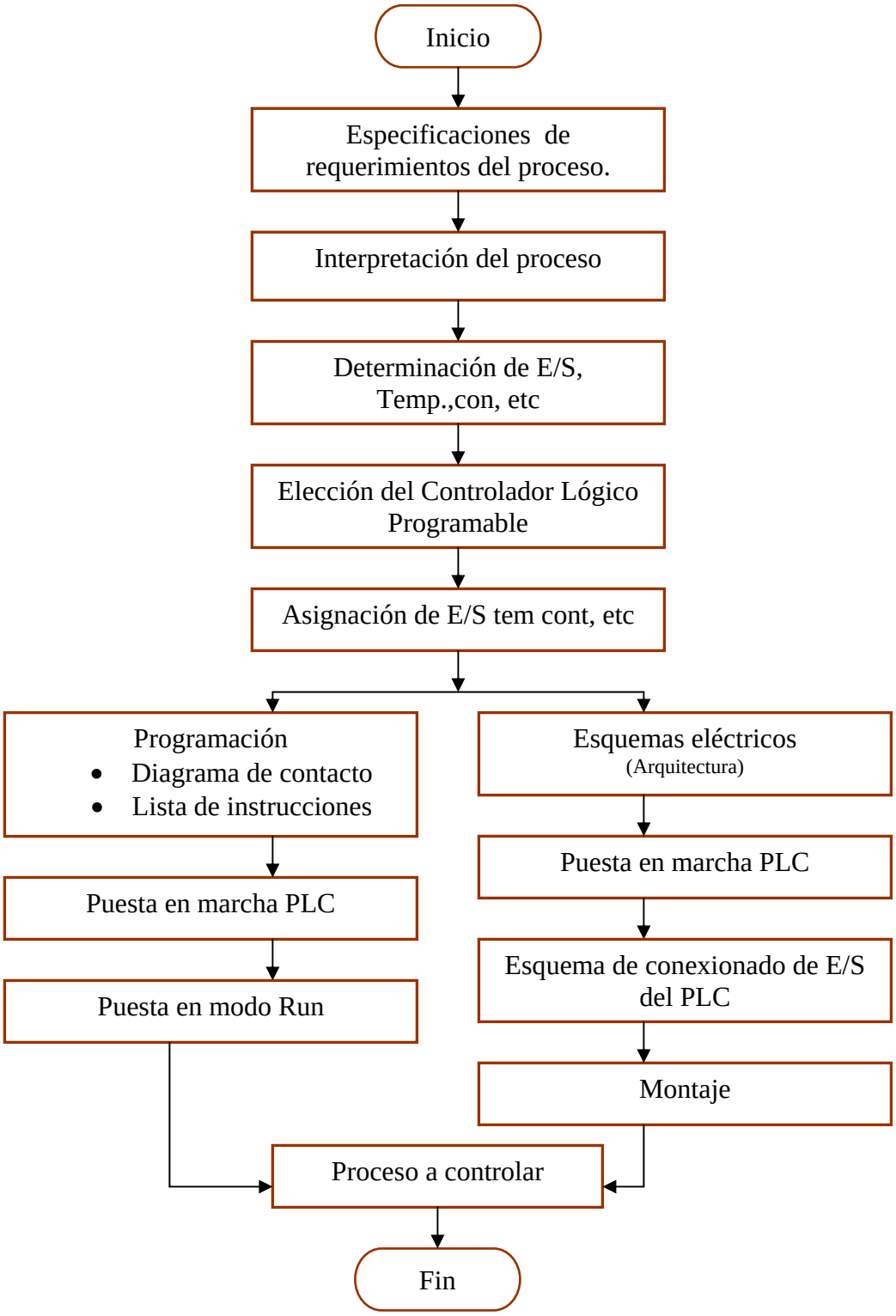


FIGURA Nº 15 Diagrama de flujo para el desarrollo de automatismo lógica Programada.

Para la implementación de los automatismos de control, seguirá el siguiente el diagrama mostrado en la figura 16.

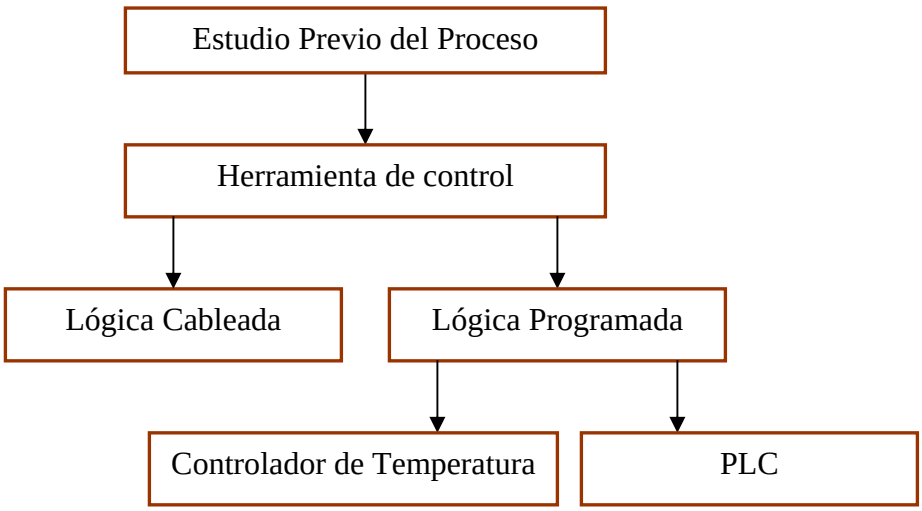


FIGURA Nº 16 Proceso de desarrollo de automatismos en el banco didáctico de refrigeración

Para el caso de la metodología de elaboración de automatismos de control, en el presente capítulo se implantará en términos técnicos, dejando de lado la evaluación económica, la cual no es parte de los alcances de este trabajo de título.

Para el desarrollo de los automatismos de control, se efectuará el estudio del proceso en común y luego se dividirá según la tecnología del automatismo de control.

3.2 Estudio previo del Proceso.

Todo proceso tiene una secuencia lógica de funcionamiento, es decir una secuencia de pasos a segur con el objetivo de producir algún resultado, en el caso de la refrigeración; es mantener una temperatura adecuada en una cámara de frió.

El control debe estar diseñado para conseguir el resultado del proceso, también incorporando la seguridad de éste, es decir la seguridad de los dispositivos del sistema, señalizaciones, o si lo existiese seguridad de un operador, etc.

A continuación se describirá el proceso a controlar; el ciclo de refrigeración.

3.2.1 Ciclo de refrigeración por compresión de vapor

A continuación se describirán los procesos que involucra un sistema de refrigeración por compresión de vapor, describiendo las sucesivas transformaciones que sufre el refrigerante en las distintas etapas del ciclo.

En el proceso tienes lugar dos fenómenos con balance de calor:

- La evaporación de un refrigerante en estado líquido produce la absorción de calor. Al absorber calor produce que descienda la temperatura en el recinto o cámara donde se encuentra, produciéndose la sensación de frió.
- La condensación del vapor de un refrigerante se produce mediante la cesión de calor al ambiente, lo cual se traduce en una elevación de temperatura del mismo.

Los elementos principales que intervienen en un ciclo de refrigeración por compresión de vapor son los que se representan en la figura 17.

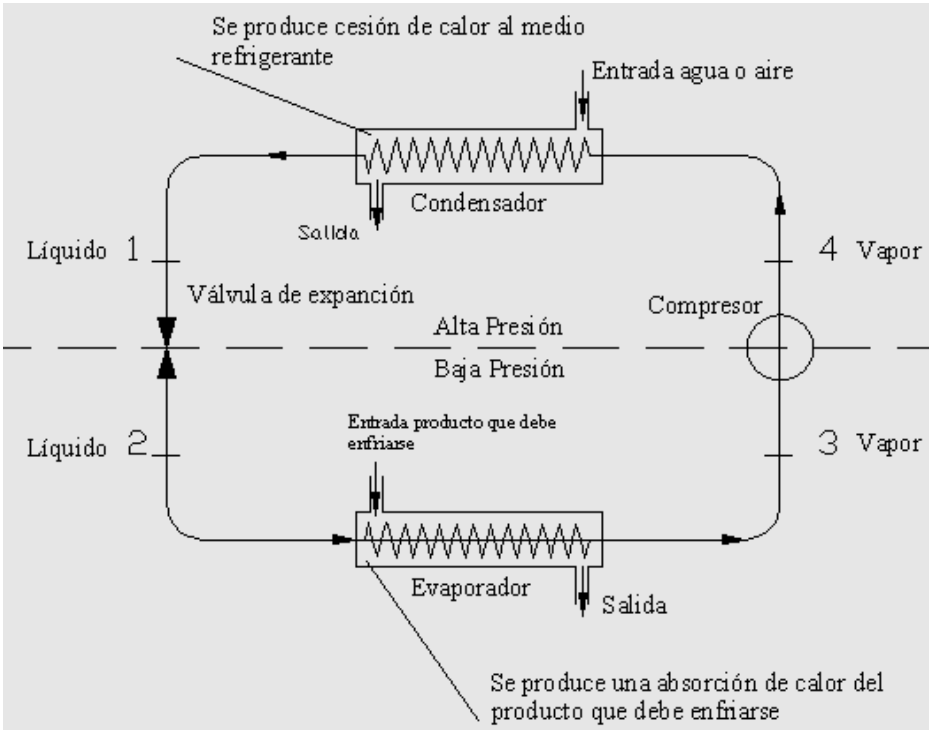


FIGURA 17 Ciclo de refrigeración por compresión de vapor.

Situarse en el punto 1 de la figura17, antes de la válvula de expansión, previa al evaporador, en que el refrigerante se encuentra en estado líquido a una cierta presión; su paso al evaporador se controla mediante una válvula de expansión termostática cuyo funcionamiento está regulado por la temperatura y la presión.

Dicha válvula de expansión termostática produce una estrangulación brusca que hace que la presión descienda desde la que tenía en el punto 1 a la salida del condensador, hasta la existente a la entrada del evaporador, punto 2 en del ciclo de la figura 17.

La válvula de expansión es el regulador automático de los límites entre lo que se denomina parte de alta presión y parte de baja presión, presiones entre las cuales el evaporador se ve forzado a trabajar.

Una vez que el refrigerante ingresa al evaporador, se va transformando en vapor en el interior de los tubos del serpentín, producto de la cantidad de calor que absorbe del recinto en que se encuentra, ver punto3.

El refrigerante, en forma de gas, entra en el compresor por la tubería denominada de aspiración, a través de la válvula de aspiración (semejante a los cilindros de un automóvil). Aquí el refrigerante es comprimido aumentando por ello su presión y su temperatura hasta llegar al punto 4 en cuyas condiciones fluye hasta la entrada del condensador.

La válvula de la salida del cilindro del compresor actuará de retención, impidiendo que el gas regrese hacia el mismo.

En el condensador, mediante la acción de un fluido exterior (agua o aire), se extrae calor al gas refrigerante, lo cual produce un enfriamiento del mismo favoreciendo su condensación hasta alcanzar el estado líquido; a partir de aquí es impulsado nuevamente por la tubería hacia la válvula de expansión, punto 1, donde se repite el ciclo explicado (Ramírez, 2000).

3.2.2 Especificaciones del banco de refrigeración

Este banco de refrigeración es un sistema didáctico integrado, diseñado para iniciar a los estudiantes en los fundamentos y componentes de un sistema de refrigeración mediante el uso de dispositivos comerciales e industriales.

El equipo didáctico muestra el funcionamiento clásico de un sistema de refrigeración por compresión de vapor; éste se puede apreciar en la figura18.

FIGURA Nº 18 Perspectiva general del banco de refrigeración antes de la intervención.

El banco de didáctico de refrigeración, antes de la intervención contaba con los siguientes elementos:

- Motocompresor semi-hermético
- Ventilador del compresor
- Tres válvulas de servicio
- Evaporador de aire forzado.
- Dos ventiladores que pertenecen al evaporador
- Resistencia eléctrica para desescarche
- Válvula de expansión termostática
- Depósito de líquido
- Filtro
- Visor de líquido
- Condensador de aire forzado
- Un mueble que contiene a estos elementos

3.2.3 Ciclo real de funcionamiento del sistema de refrigeración (parámetros a controlar)

El banco de refrigeración fue construido para funcionar con refrigerante freon R12, éste refrigerante pertenece a los refrigerante CFC, los cuales producen daños irreparables en la capa de ozono, es por eso que en la actualidad ya no se utiliza.

El refrigerante freon R12 fue remplazado por el freon R134ª ya que tienen propiedades similares y pertenece a los refrigerante HFC, éstos refrigerantes producen cero impacto en la capa de ozono, la diferencia radica en los rendimientos que se pueden obtener.

El procedimiento de reconversión contempló en una primera instancia retirar el aceite del sistema remplazándolo por aceite tipo Poli Ester, con lo cual se asegura la estabilidad química entre el refrigerante y el aceite de lubricación del compresor. Correlativamente contemplo cargar el sistema de refrigeración con el refrigerante R134a.

Es importante recalcar que el objetivo de la reconversión es para efectuar actividades de control y no con fines de aplicaciones de refrigeración, una reconversión para aplicaciones de refrigeración contempla una serie de estudios y cambio de dispositivos, con el objetivo de obtener el mejor rendimiento del sistema.

El ciclo de funcionamiento normal, está construido según las especificaciones técnicas del banco de refrigeración, adaptado al refrigerante R134ª. (Ver anexo 1)

Dado que el banco didáctico de refrigeración esta abierto a la atmósfera y para el caso práctico de control, el banco funcionará a una

temperatura de 0 ºC en el evaporador, esto origina que se desplace todo el ciclo de funcionamiento en 31 ºC, hacia arriba en el diagrama presión entalpía.

Se produce éste salto ya que todos los compresores tienen un incremento de presión constante, por lo tanto al desplazar la temperatura de evaporización también se desplaza la temperatura de condensación.

Para el cálculo del sistema de refrigeración se utilizara el software Cool Pack; este requiere los siguientes datos de entrada (ver anexo3):

Refrigerante: R-134ª
Temperatura en el evaporador: 0 º C
Recalentamiento: 5 ºC
Pérdida de presión en el evaporador: 2ºC
Pérdida de presión en la línea de succión: 1ºC
Pérdida de presión en la línea de descarga: 1 ºC
Temperatura en el condensador: 79 º C
Subenfriamiento: 3 º C
Pérdida de presión en el condensador: 1ºC
Pérdida de presión en la línea de líquido: 0,7 ºC
Potencia del compresor: 1/2 HP (0,37 kwatt)

Rendimiento isentrópico (η_i): $\eta_v * \eta_m$

$0,72 * 0,9$

$0,65$

Datos de salidas (resultados):

Calor en el evaporador Qe: 1,029kw.
Calor en el condensador: 1,399 kw.
Flujo masico: 0,0052 kg/s
Desplazamiento volumétrico: 1,8694 m¨3/h. (31,16 lit/min)

Resumen:

Temperatura en el evaporador: 0 – 10 ºC
Rango adoptado de temperatura en el aire: 10 - 20 ºC (ver anexo 3)

Presión en el evaporador: 2.9 bar
Rango adoptado: 2,9 - 3.2 bar

Presión en el condensador: 25.8 bar
Rango adoptado: 25.8 – 26.1 (ver anexo2)

Todos estos resultados se pueden visualizar en el diagrama de propiedades del refrigerante R134a de la figura 19.

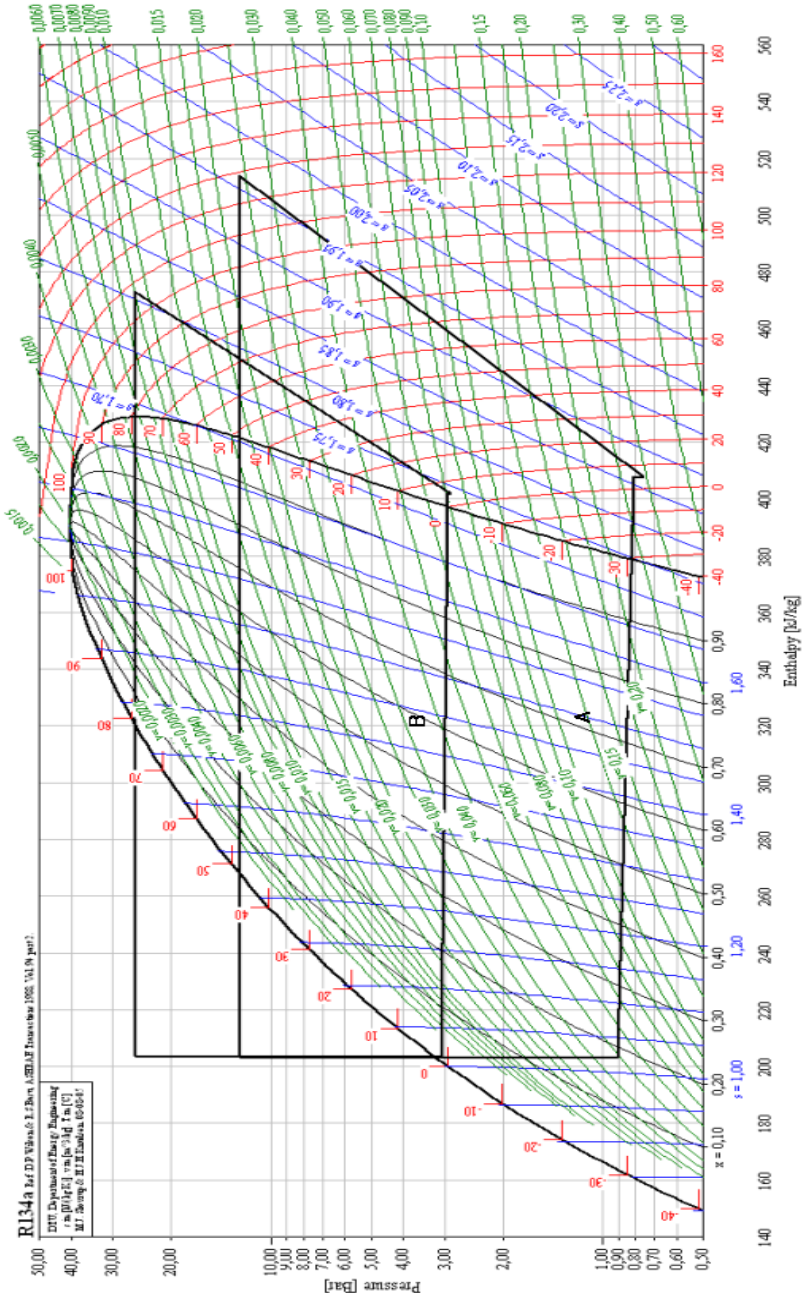


FIGURA Nº 19 a) Ciclo normal de funcionamiento (ver anexo1), b) Ciclo de funcionamiento desplazado.

3.3 Desarrollo de Control del sistema de refrigeración didáctico mediante lógica cableada (electromecánica).

3.3.1 Requerimientos del sistema:

Diseñar un sistema de control mediante lógica cableada que desarrolle un sistema clásico de refrigeración incluyendo un desescarche eléctrico, luego implementar en el banco didáctico de refrigeración.

Esquema de los componentes que forman parte ciclo de refrigeración.

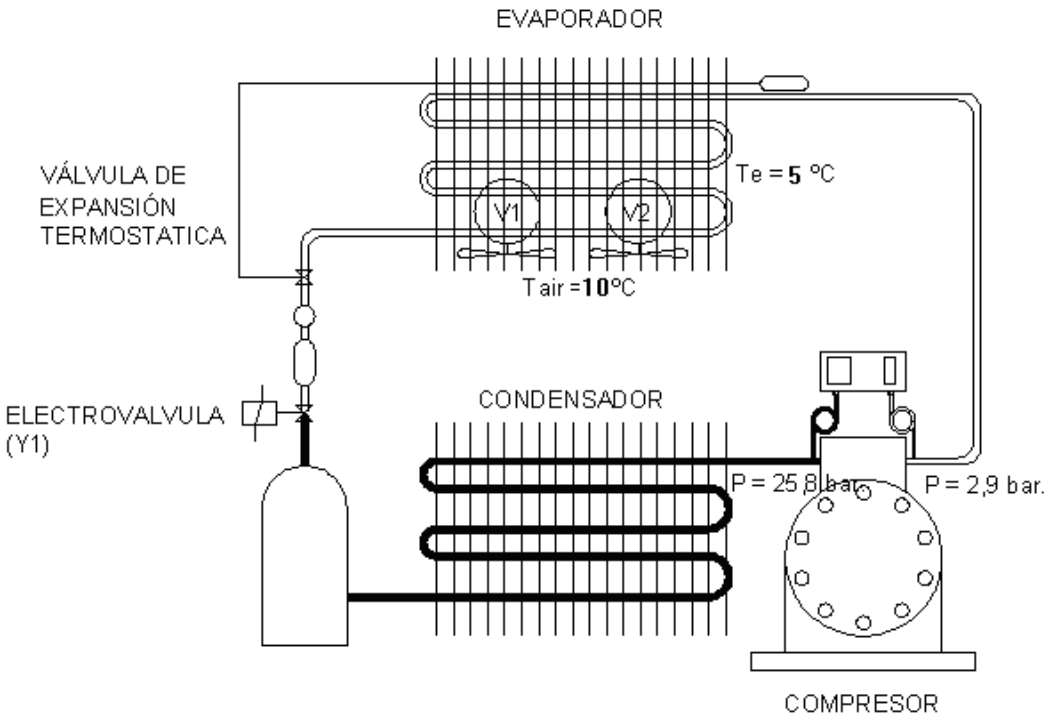


FIGURA Nº 20 Muestra el esquema de funcionamiento del sistema de refrigeración.

3.3.2 Diagrama de fuerza

Este diagrama corresponde a la descripción del conexionado de los elementos de fuerza que intervienen en proceso de refrigeración, es decir los motores de los ventiladores, motor del compresor y la resistencia para el caso de deshielo, además cabe recalcar que estas líneas de fuerza están alimentadas con un voltaje de 220 VAC.

Los contactos que se muestran en este diagrama corresponden a contactores, los cuales una vez que se energizan cierran los contactos, y de esta manera se procede alimentar o desconectar los elementos del proceso del ciclo de refrigeración.

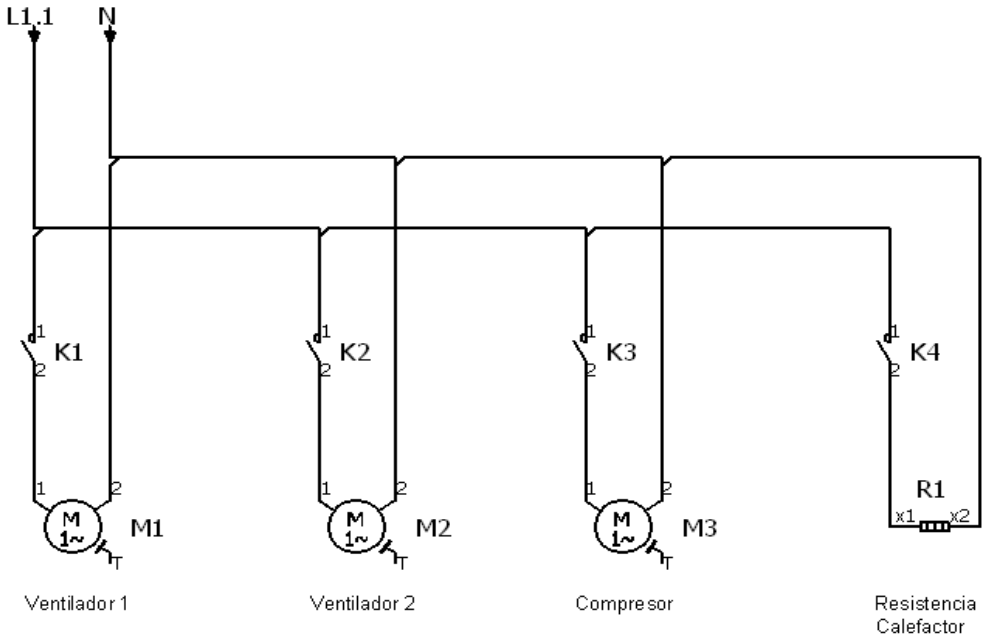


FIGURA Nº 21 Diagrama de fuerza banco didáctico de refrigeración.

Componentes:

- K1: Contacto del Contactor 1
- K2: Contacto del Contactor 2
- K3: Contacto del Contactor 3
- K4: Contacto del Contactor 4

3.3.3 Diagrama de contactos

Este es un diagrama intermedio, tiene por objetivo unir la fuerza (220 VAC) con el control (24 VDC), esto por un tema de seguridad ya que la posterior utilización de este banco de refrigeración es con fines didácticos.

Este diagrama entrega la flexibilidad de poder optar por los tres tipos distintos de control existente en el banco de refrigeración didáctico.

Los contactos corresponden a los relees de 24 VDC, los cuales poseen terminales tipo clavijas.

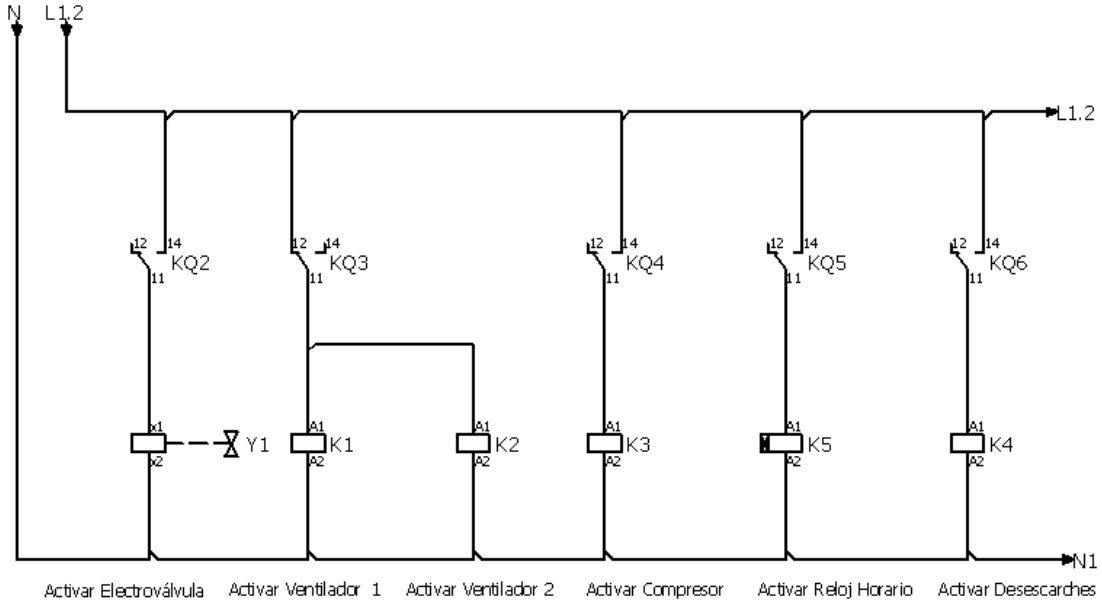


FIGURA Nº 22 Diagrama de contactos banco didáctico de refrigeración.

Componentes:

- KQ4: Contactos Relé KQ4
- KQ2: Contactos Relé KQ2
- KQ3: Contactos Relé KQ3

- KQ5: Contactos Relé KQ5
- KQ6: Contactos Relé KQ6
- Y1 : Electroválvulas
- K1: Contactor 1
- K2: Contactor 2
- K3: Contactor 3
- K5: Reloj Horario
- K4: Contactor 4

Se puede apreciar en la figura 22 que el contacto KQ3 que está negado, la razón se explicará cuando se desarrolle la lógica del proceso.

3.3.4 Control mediante lógica cableada (electromecánica).

Este diagrama contempla el desarrollo de la lógica de funcionamiento del sistema de refrigeración:

- **Proceso 1 Energizar sistema:**

El diagrama se lee de izquierda a derecha, una vez pulsada la botonera s1, se produce el paso de la corriente al relee KQ1, el cual una vez energizado cierra el contacto 11 y 14, con lo cual el sistema queda energizado, al mismo tiempo la luz h1, se activa y muestra que el sistema está energizado ver figura 23.

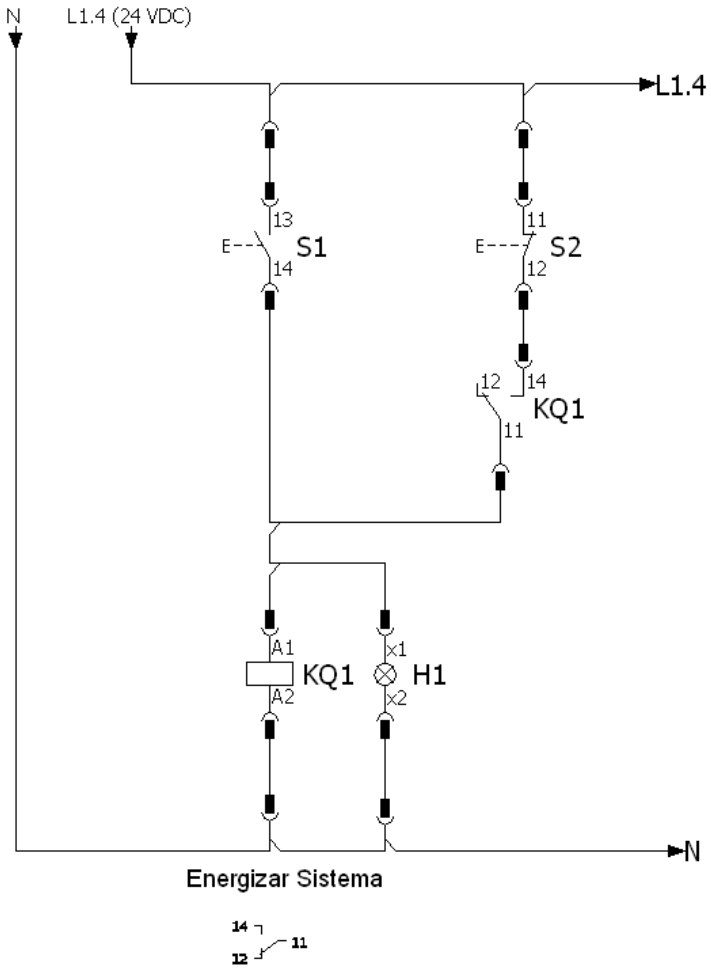


FIGURA Nº 23 Diagrama lógica cableada para energizar sistema.

Componentes:

- S1: Pulsador normalmente abierto
- S2: Pulsador normalmente cerrado
- KQ1: Contacto del relé KQ1
- KQ1: Relé KQ1
- H1: Luz Nº 1

- **Proceso 2: Control del paso de refrigerante**

Una vez energizado se desprende una segunda línea, en la cual se encuentra un termostato T2 ubicado en el evaporador, el cual se abre al

alcanzada la temperatura de corte 1,5 ºC, y se cierra cuando la temperatura sube tal que supera los 5ºC.

Tiene por función activar o desactivar la electroválvula Y1, la cual activa el paso de refrigerante al evaporador.

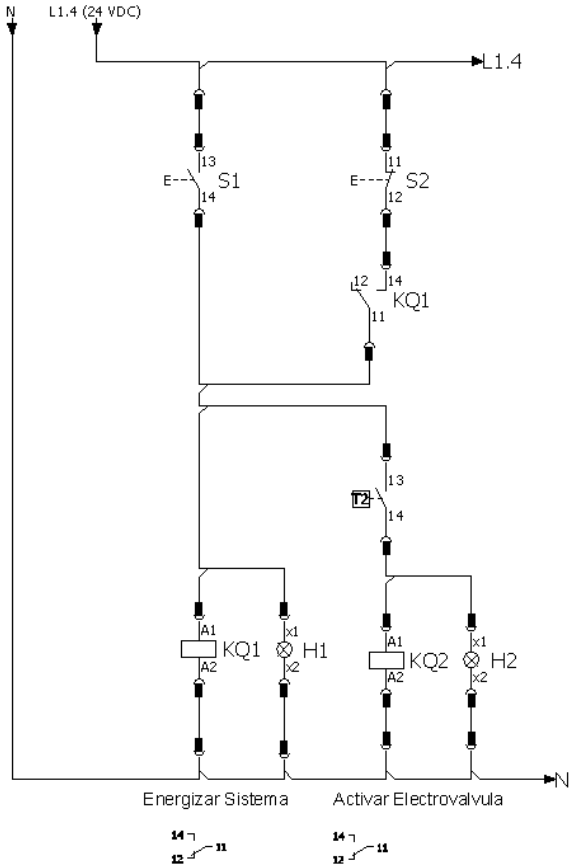


FIGURA Nº 24 Diagrama lógica cableada para control del paso de refrigerante.

Componentes Añadidos:

- T2: Termostato, 2 ubicado en evaporador.
- KQ2: Relé KQ2
- H2: Luz 2

- **Proceso 3: Control de temperatura aire**

En una tercera línea se desprende el control de temperatura del aire, el relee de esta función posee sus contactos negados en el diagrama de contactos, de tal manera de enviar siempre el ingreso aire frió a la cámara de refrigeración.

El termostato T1, cuando el aire supera una temperatura de 5 ºC, cierra sus contactos, al estar negada esta función en ese instante el ventilador no está activo, los ventiladores se activan cuando el aire desciende a 1.5 ºC ya que en ese instante el termostato se abre. Los ventiladores se desactivan cuando se alcanza una temperatura superior a 5 ºC, de esta manera se asegura que el aire que ingresa a una cámara de refrigeración siempre esta en los rangos de 1,5 – 5 ºC.

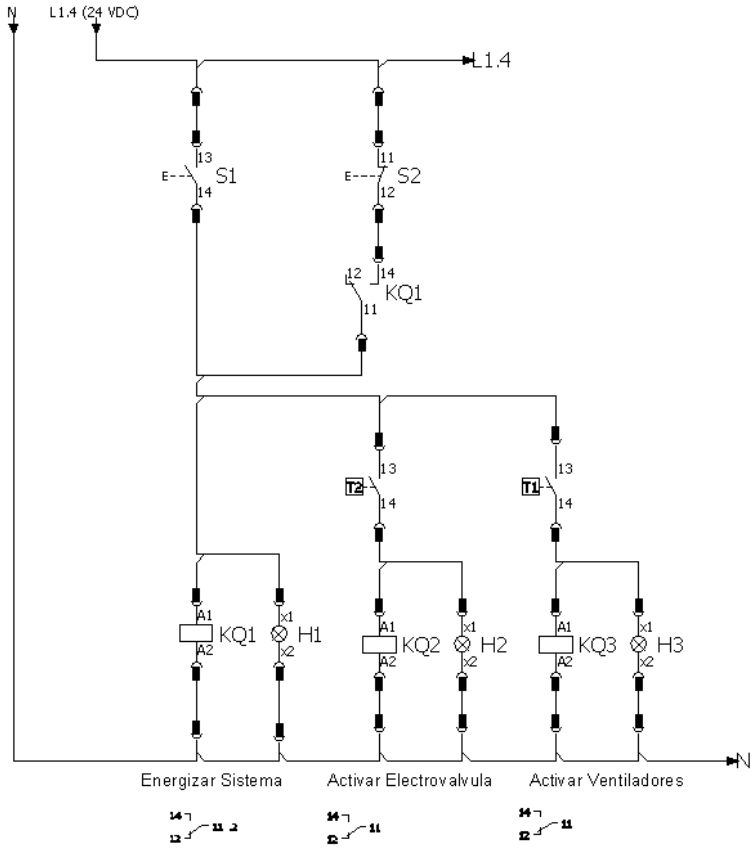


FIGURA Nº 25 Diagrama lógica cableada para control de la temperatura del aire.

Componentes Añadidos:

- T1: Termostato 2
- KQ3: Relé KQ3
- H3: Luz 3

- **Proceso 4: Control del Compresor**

Una vez que el refrigerante atraviesa el evaporador, producto de contar con una válvula de expansión termostatica, este se encuentra con un recalentamiento para proteger el funcionamiento correcto del compresor.

En una cuarta línea encontramos un presostato el cual está encargado de activar y desactivar el compresor entre 2,9 y 3,2 bar de presión.

Cuando el refrigerante supera la presión de arranque más el diferencial (en este caso 3.2 bar.), el presostato se conecta entre sus terminales A y C, de esta manera el compresor se activa comprimiendo el gas refrigerante.

El compresor se desactiva cuando la presión es inferior a la de arranque.

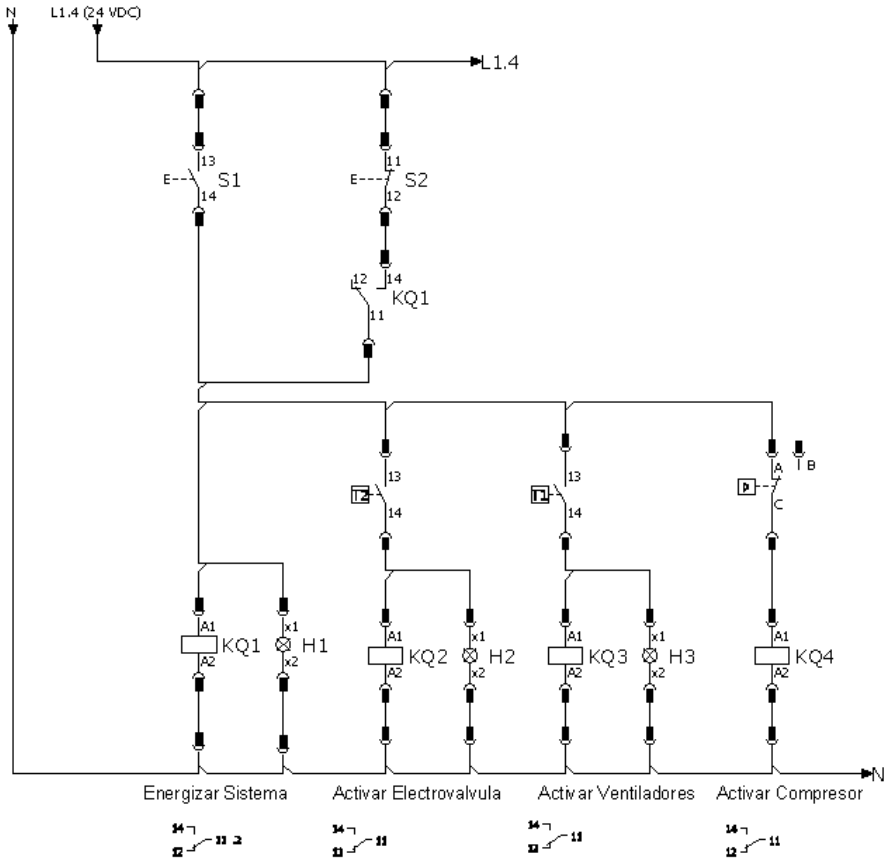


FIGURA Nº 26 Diagrama lógica cableada para control del compresor.

Finalmente el refrigerante se dirige al condensador donde se condensa y retoma el circuito de refrigeración.

Componentes Añadidos:

- P: Presostato KP 15
- KQ4: Relé KQ4

- **Proceso 5: Control de deshielo**

Otra función importante en un sistema de refrigeración es el deshielo, el vapor de agua que se halla en suspensión en el aire que atraviesa el evaporador, cuya temperatura es inferior a la de la cámara, si está por debajo de los 0 ºC se deposita en forma de escarcha sobre las paredes del evaporador.

Esto contribuye a que, al descender la temperatura del refrigerante en ebullición en el interior del evaporador, disminuya la producción frigorífica y como consecuencia aumente el tiempo de funcionamiento de los compresores. Por ello es necesario realizar periódicamente deshielo de los evaporadores.

El banco de refrigeración posee una resistencia eléctrica ubicada en el interior del evaporador con lo cual se efectuará los deshielos.

Componentes Añadidos:

K5: Contacto reloj horario.
Q2: Selector 2
KQ5: Relé KQ5
KQ6: Relé KQ6
H4: Luz 4

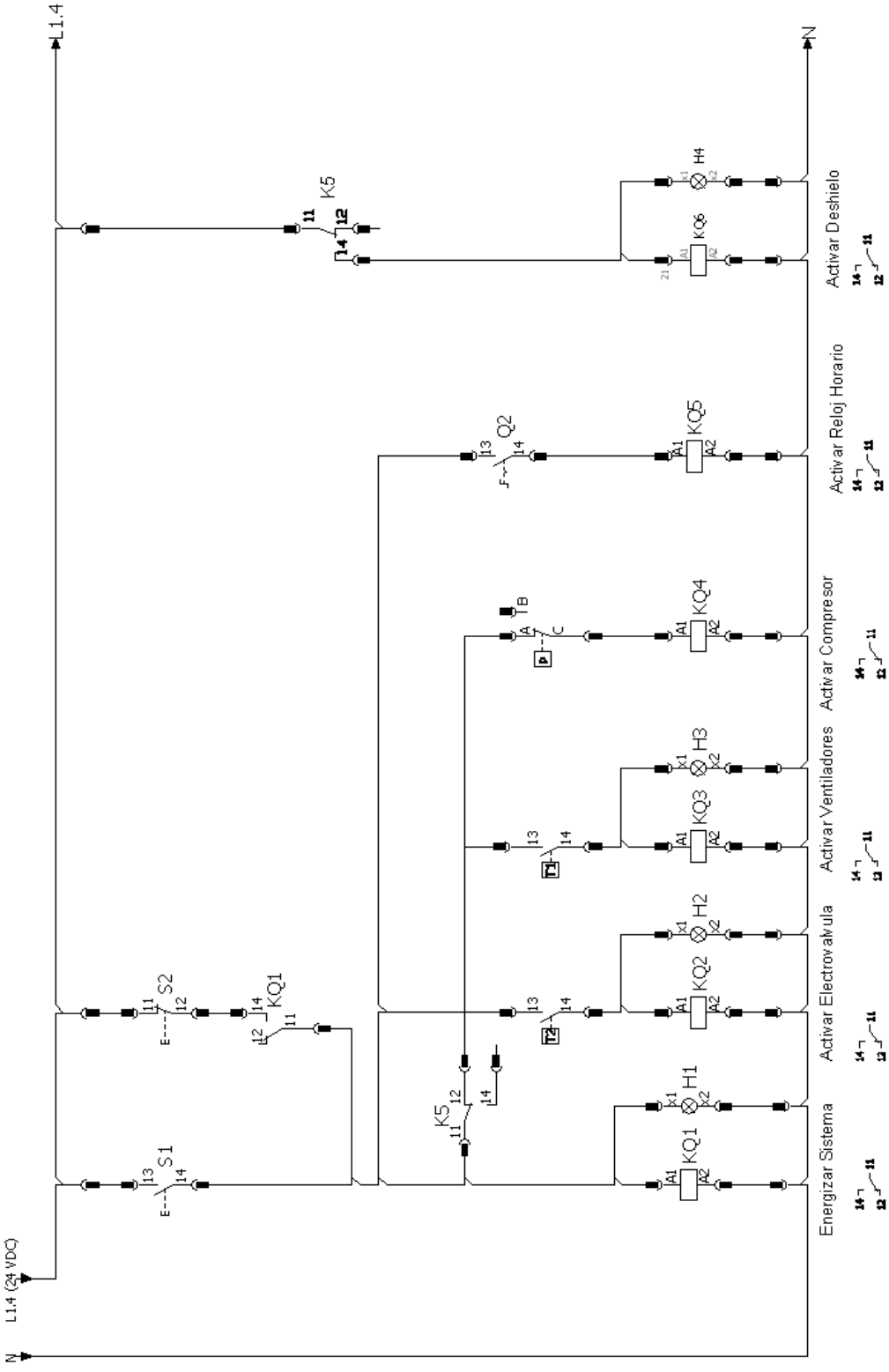


FIGURA Nº 27 Diagrama lógica cableada sistema completo.

En una nueva línea encontramos un selector on/off el cual el cual activa el proceso del deshielo, una vez que se activa el relee KQ5 activa un reloj horario el cual está normalmente cerrado entre sus contactos 11 y 12.

Al activar el deshielo se activa el reloj horario, cuando este llega al tiempo ajustado abre los contactos 11 y 12 y cierra 11 con 14 de esta manera se desactivan los procesos de refrigeración es decir, el paso del refrigerante, los ventiladores y el compresor, quedando en modo de deshielo. Una vez que se termina éste proceso, los contactos 11 y 12 se cierran volviendo al funcionamiento normal del sistema, además cabe recalcar que por tener un control negado en los ventiladores aseguramos de no enviar aire caliente a la cámara de refrigeración.

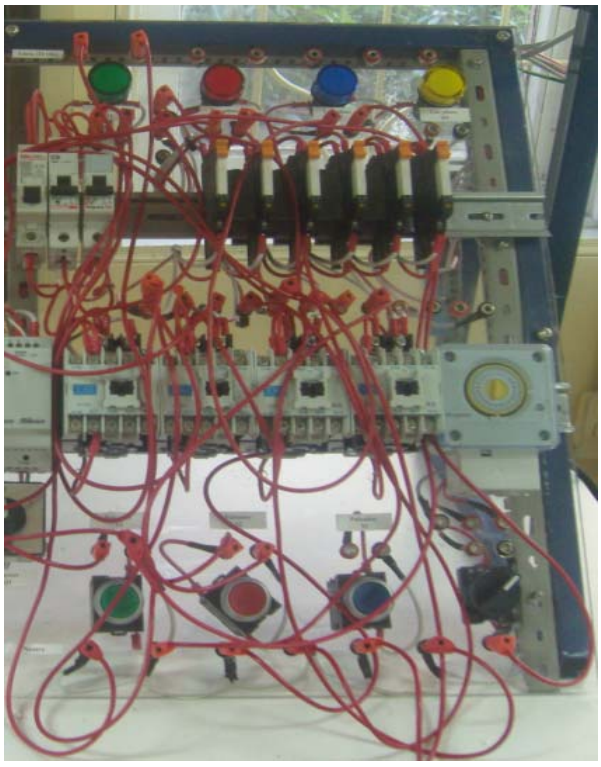


FIGURA Nº 28 Implementación de diagrama lógica cableada sistema completo.

3.3.5 Desarrollo de Control del sistema de refrigeración didáctico mediante lógica programada

- **Determinación Entradas y Salidas:**

El presente diagrama muestra las entradas y salidas, de las cuales se debe efectuar un automatismo de control lógica programada.

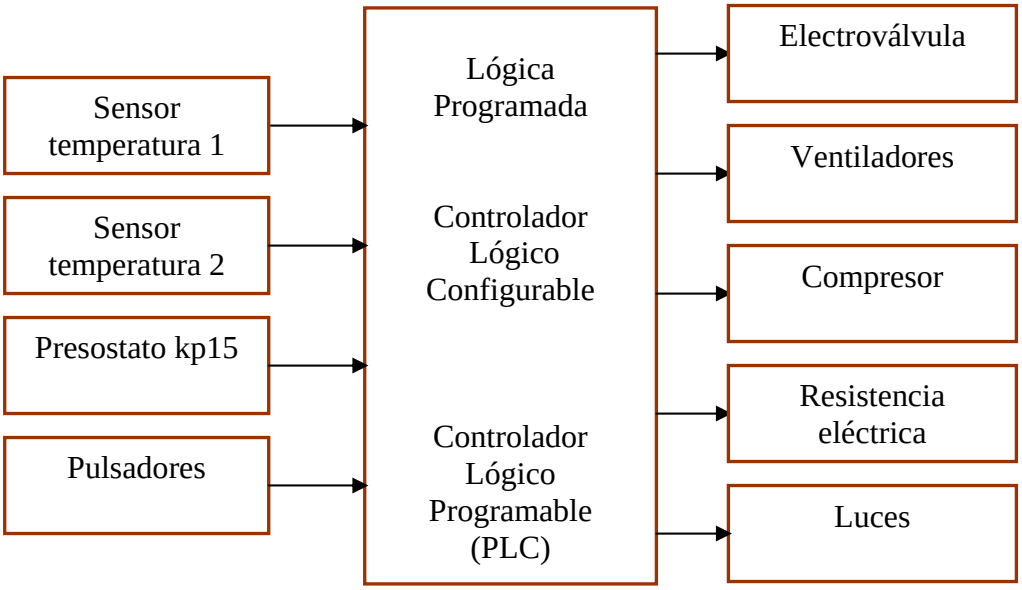


FIGURA Nº 29 Muestra las entradas y salidas que debe tener el sistema lógica programada.

- **Solicitudes de trabajo:**

Diseñar un sistema de control mediante lógica programada que desarrolle un sistema clásico de refrigeración incluyendo un desescarche eléctrico, luego implementar en el banco didáctico de refrigeración.

Esquema de los componentes que forman parte ciclo de refrigeración se puede ver en la figura 20.

- **Controlador lógica programada:**

Para lo que contempla el desarrollo del sistema lógica programada, se contempla dos posibilidades:

- Controlador Lógico Configurable: EKC 201C
- Controlador Lógico Programable: SIMMENS S5 95 U

3.3.5.1 Control mediante Controlador Lógico EKC 201C

Es un módulo de control aplicado a la refrigeración, se basa en un control por temperatura, este se realiza en base a sondas de temperatura (Pt 1000), dichas sondas normalmente se instalan en la corriente de aire a la entrada, o salida del evaporador.

El regulador permite controlar desescarche eléctricos o naturales, dichos desescarche pueden terminar por tiempo o por temperatura. Se puede medir la temperatura de fin de desescarche directamente a través de una sonda dedicada.

Se dispone de cuatro relees de salida cuya función depende de la aplicación seleccionada:

- Refrigeración (compresor o solenoide)
- Desescarche
- Ventilador
- Alarma
- Luces

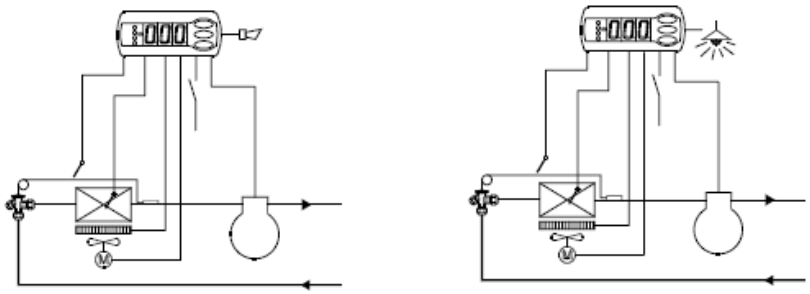


FIGURA Nº 30 Muestra diagrama general de conexiones

- **Asignación de E/S:**

Para lo que concierne a la asignación de entradas y salida, el controlador EKC 202-C está configurado para trabajar con su propio diagrama de conexiones. Éste posee una entrada digital DI y dos entradas análogas las cuales pertenecen a las sondas de temperatura Sair y S5.

Posee 4 salidas digitales, las cuales pertenecen a los relees de: refrigeración, desescarche, ventilador y alarmas.

- **Esquema de conexionado de E/S**

Este esquema muestra las conexiones eléctricas del controlador EKC 202- C , donde se puede apreciar donde se deben conectar las entradas y salidas del controlador.

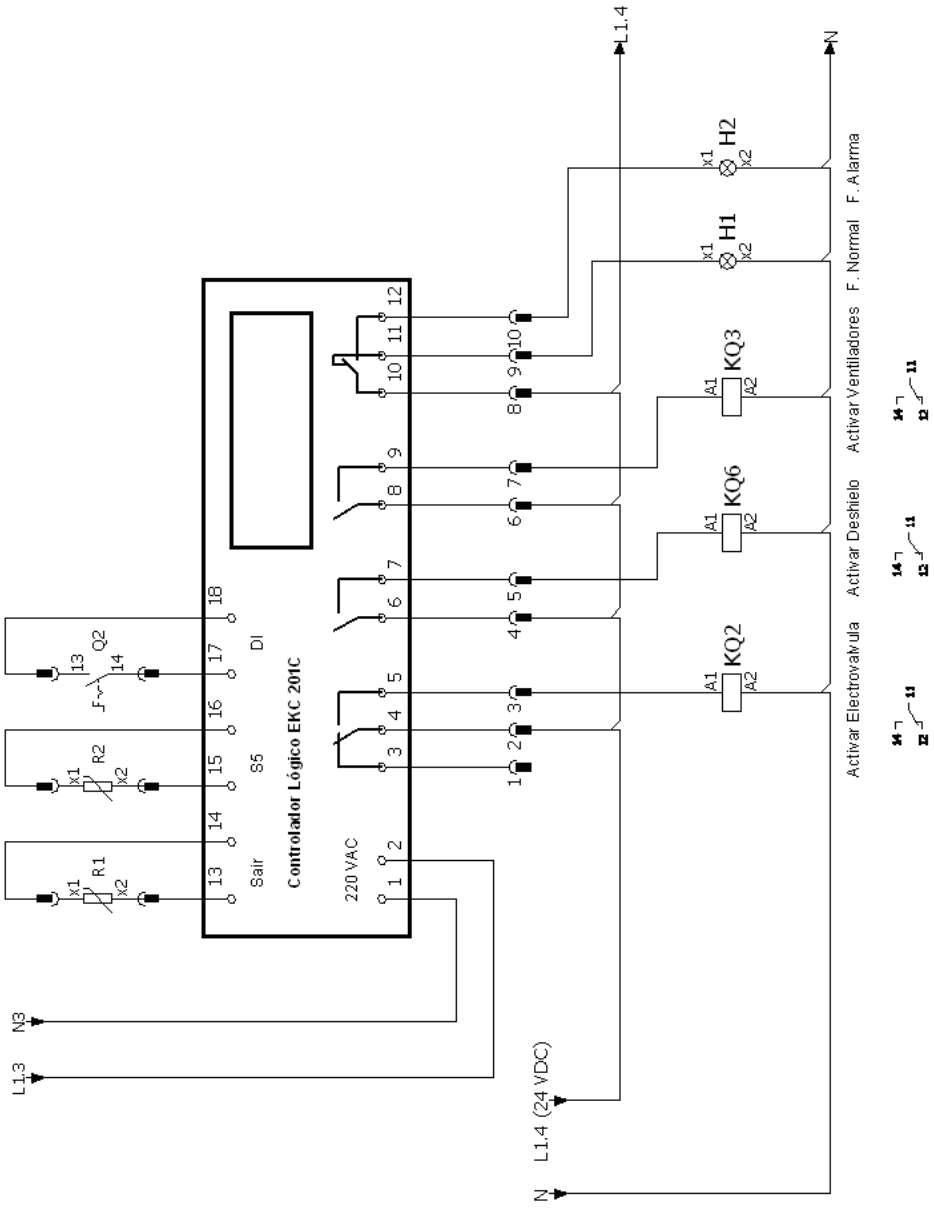


FIGURA Nº 31 Diagrama de arquitectura de conexión controlador EKC 202- C

Componentes:

- R1: Sonda de temperatura Pt1000 ubicada en la corriente de aire
- R2: Sonda de temperatura Pt1000 ubicada en el evaporador.
- Q2: Selector para entrada digital.

- KQ2: Relé activa electro válvula
- KQ6: Relé activa deshielo
- KQ3: Relé activa ventiladores
- H1: Funcionamiento correcto
- H2: Falla Alarma.

Para implementar el sistema de control con el controlador EKC 202C, se debe integrar un sistema que controle las partidas del compresor, ya que el relé de refrigeración fue conectado a la electroválvula, el diagrama de control de éste se encuentra en anexo 12 plano 6/8.

- **Montaje.**

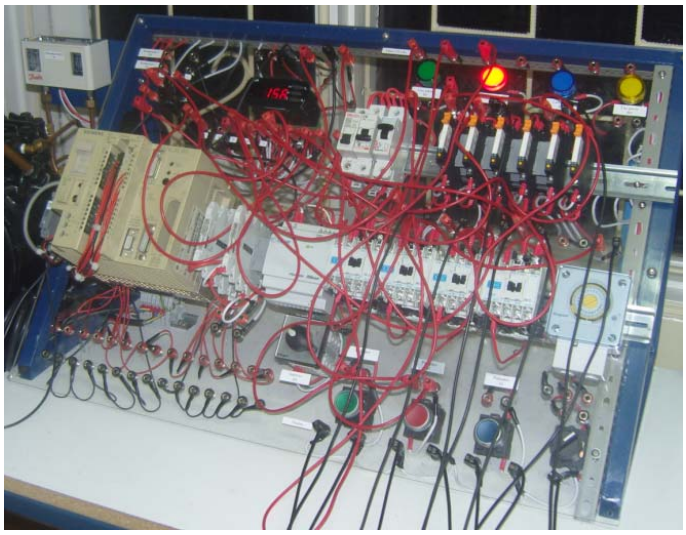


FIGURA Nº 32 Montaje controlador EKC 202-C.

- **Configuración Controlador Lógico Configurable: EKC 201C**

Este controlador posee una lógica interna, la cual esta diseñada para sistemas de refrigeración, la forma de ser programado es mediante configuración de parámetros. Dado la gran cantidad de parámetros, se

realizará la configuración de los fundamentales para el correcto funcionamiento, los demás parámetros se puede consultar en anexo7.

Estos parámetros asociados a funciones, generan el control de cada dispositivo.

- **Configuración termostato.**

La regulación se basa en la temperatura de corte más el diferencial. La temperatura de corte se ajusta pulsando el botón central, esta temperatura de corte puede limitarse a través de los parámetros r02 y r03

El valor de temperatura vigente en cada momento se lee en u28.

Función	Parámetro	Valor
Temperatura de corte (set point)	u28	14 º C
Diferencial	r01	4 º C
Límite de la temperatura de corte Límite máximo de la temperatura de corte Límite mínimo de la temperatura de corte	 r02 r03	 18 º C 14 º C
Desplazamiento de la temperatura de corte durante la noche; cuando el equipo pasa a funcionamiento nocturno, la temperatura de corte se incrementará en el valor programado aquí.	r13	0 º C

- **Configuración de las alarmas**

Hay distintas situaciones que provocan alarma, cada vez que se produce una alarma los tres LEDs del display parpadean y el relee de alarma se activa.

Función	Parámetro	Valor
Límite de alarma por alta temperatura; se programa el límite en valor absoluto. Este límite se incrementará durante el periodo de operación nocturna en la misma cantidad que la temperatura de corte (sólo si el incremento es positivo). También se modifica paralelamente a r39 y r40.	A13	5
Límite de alarma por baja temperatura: Se programa el límite en valor absoluto. Se modifican paralelamente a r39 y r40.	A14	5
Retardo de la alarma asociada a DI: Si de DI se abre o cierra (ver o02) se emitirá una alarma transcurrido el retardo A27	A27	1
Límite de alarma por alta temperatura del condensador; si se utiliza la sonda S5 para vigilar la temperatura del condensador (ver parámetro o70), aquí se programa el límite de alarma por alta en valor absoluto. La alarma desaparece cuando la temperatura cae 10 ºC por debajo del límite ajustado.	A37	No esta ajustado.

- **Configuración de la Electroválvula**

El relee de la electroválvula se gobierna por el termostato interno, mientras el termostato pide frió el relee permanece activo.

Función	Parámetro	Valor
Tiempo de funcionamiento: Para preservar los compresores, se pueden programar tiempos de marcha y paro. Estos tiempos no se tienen en cuenta cuando hay que iniciar un desescarche.		
Mínimo tiempo de compresor en marcha (minutos).	c01	1 min.
Mínimo tiempo entre dos arranques consecutivos (minutos).	C02	2 min

- **Configuración del deshielo.**

El equipo incluye un contador de tiempo que se pone en cero cada vez que se inicia un desescarche, cuando el contador supera el intervalo programado, se inicia un deshielo. El contador empieza a funcionar transcurrido el retraso d05 desde que se da la tensión al equipo.

Si se corta a la tensión, el valor del contador queda guardado y cuando vuelve la tensión el contador sigue desde donde se había quedado.

El equipo también incluye un reloj de tiempo real que permite programar deshielo a horas concretas, si el equipo pierde la tensión durante 4 horas se desprograma estos parámetros.

Todos los métodos de inicio descritos son compatibles entre sí, por tanto se debe tener cuidado para no provocar varios deshielo uno tras otro.

El deshielo en curso puede pararse por tiempo o por temperatura.

Función	Parámetro	Valor
Tipo desescarche: Tipos posible: OFF = no se iniciarán desescarches; EL= eléctrico.	d01	EL
Temperatura fin de desescarche	d02	22 ºC
El equipo tiene un contador de tiempo que se pone a cero cada vez que se inicia un desescarche. Cada vez que el contador supera el intervalo programado, se inicia un desescarche. Si los desescarches se inician por reloj, por DI o vía bus de datos, se puede programar un intervalo como seguridad (si, por algún fallo, no se produce ningún desescarche dentro del intervalo, al finalizar este se iniciará un desescarche). El contador se desactiva programando "d03=0" (no se arrancará nunca un Desescarche por intervalo de tiempo, tendrá que hacerse por otro método). Si hay un fallo de alimentación eléctrica, el contador de tiempo queda guardado y cuando vuelve la tensión sigue contando desde donde se había quedado.	d03	8 horas
Duración máxima del desescarche: Se debe programar siempre un valor aquí, bien para terminar los desescarches en el tiempo deseado (si d10=0), o bien como tiempo máximo de seguridad si el desescarche no finaliza por temperatura (d10=1 ó 2)	d04	4 min

Desplazamiento del primer desescarche tras dar tensión al equipo: Esta función es útil cuando se han programado deshielo por intervalo de tiempo y coinciden el desescarche de muchos equipos a la vez. Este parámetro permite desplazar el inicio del primer deshielo con respecto al momento en el que se da la tensión (minuto). Este desplazamiento sucederá cada vez que se de tensión al equipo.	d05	60 min.
Tiempo de goteo Permite programara un retraso desde el final del desescarche hasta que se pone en marcha el ventilador (para no disponer las gotitas remanentes).	d06	5 min
Temperatura de arranque del ventilador: El ventilador puede ponerse en marcha un poco antes de que transcurra el retraso de d07 si la sonda S5 lee una temperatura inferior a la ajustada aquí.	d08	18 º C
Funcionamiento del ventilador durante el deshielo: Permite seleccionar si el ventilador estará en marcha durante el deshielo	d09	OFF
Sonda de fin de deshielo: Para definir la sonda con la que se quiere terminar el desescarche. 0: no se usará ninguna sonda; el desescarche acabará por el tiempo. 1: la sonda de fin desescarche será S5	Dd10	S5

2:la sonda de fin desescarche será Sair Desescarche bajo demanda: Variación permitida a S5. El equipo estudia continuamente la temperatura S5 y, en base a la experiencia acumulada, establece un valor estable de referencia interno para S5. Aquí se programa un decremento máximo permitiendo para S5. Si S5 cae por debajo de esa variación, se iniciará un desescarche. La función es sólo para sistema 1:1. No debe utilizarse para sistemas centralizados. Si d19= 20 se cancela esta función.		

* Si se desea provocar un deshielo, basta pulsar y sostener durante 4s el botón inferior del display.

* Si se desea parar un deshielo en curso, se procederá del mismo modo.

* Si se desea saber la lectura de la sonda S5, basta pulsar y soltar el botón inferior del display.

- **Configuración de los ventiladores**

Función	Parámetro	Valor
Para el ventilador cuando para la electroválvula	F01	Yes
Retardo de parada del ventilador: Si se ha elegido que el ventilador se para cuando se desactive electroválvula, aquí podemos establecer un retraso desde que para el ventilador (min)	F02	0 min
Temperatura de paro del ventilador Esta función sirve para evitar que por algún fallo,	F04	+50

se impulse aire caliente al producto si la sonda de desescarche supera la temperatura programada aquí, el ventilador para. El ventilador volverá a arrancar cuando la temperatura sea 2ºC inferior a la programada. Esta función queda inactiva durante el desescarche. Si F04= +50 ºC, se cancela ésta función.		

- **Configuraciones varias.**

Función	Parámetro	Valor
Función entrada digital: Función de puerta: si se abre el contacto, se para la refrigeración y el ventilador. Transcurrido el tiempo A02, se emitirá una alarma y se reanudará la refrigeración.	o02	Estado de puerta
Tipo de sonda. • 0= todas las sondas serán Pt 1000 (0 Ohm a 0ºC) • 1=todas las sondas serán PTC (1000 Ohm a 25ºC) • 2= Todas las sondas serán NTC (5000 Ohm a 25ºC)	o06	0
Función de la sonda S5 0: Sonda de fin de desescarche 1:Sonda de producto 2:Sonda para alarma de temperatura del condensador		0

3.3.5.2 Control sistema de refrigeración didáctico mediante lógica programada, PLC SIMATIC S5 95 U

SIMATIC S5, un nombre de familia que esconde mucho: autómatas programables, aparatos de automatización, tarjetas periféricas inteligentes, sistemas para operación y observación, etc., además cada grupo de productos comprende toda una serie de variantes para soluciones personalizadas. Esta oferta de prestaciones escalonadas es el punto fuerte de la familia SIMATIC S5.

Para lo que contempla el desarrollo de automatismo lógica programada PLC simatic s5 95u, se diseñará todo lo que respecta a la arquitectura, para lo que concierne la configuración y lógica interna será parte de un posterior desarrollo. (Ver anexo 8)

Inputs/Outputs	S5-95U	
	Onboard	Maximum
Digital inputs/outputs	32	480
Analog inputs/outputs	9	41
Counter inputs	2	66
Interrupt inputs	4	4

FIGURA Nº 33 Cantidad de entradas y salidas que posee el PLC SIMATIC S5 95U

- **Asignación de E/S:**

El PLC SIMMENS S5 95 U tiene la posibilidad de conectar entradas y salidas, tanto digitales y analógicas (ver figura 33).

El siguiente esquema muestra la asignación de entradas y salidas digitales para desarrollar un control programado. (Anexo 12 plano 7/8)

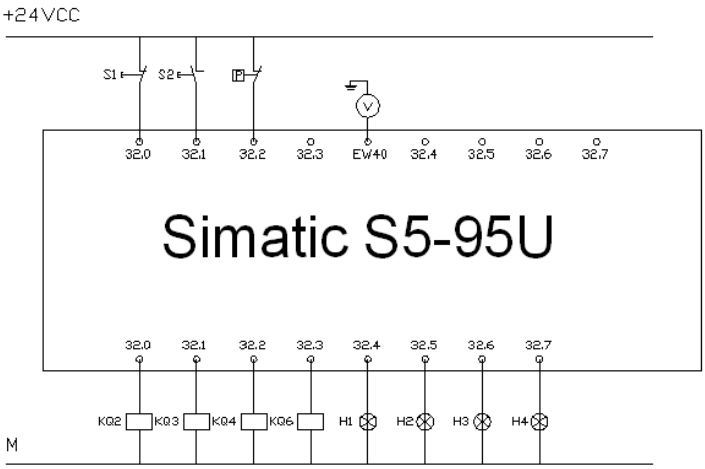


FIGURA Nº 34 Esquema de conexión entradas y salidas del PLC.

Entradas Digitales:

- S1 = Pulsador 1
- S2 = Pulsador 2
- P = Presostato kp 15

Salidas Digitales:

- KQ2= activa electro válvula
- KQ3= activa ventiladores
- KQ4 = activa compresor
- KQ5 = activa calefactor
- H1 = luz piloto 1
- H2 = luz piloto 2
- H3 = luz piloto 3
- H4 = luz piloto 4

Entradas analógicas:

El PLC SIMATIC S5 95 U posee 8 entradas analógicas de 4 a 20 mA y Una salida analógica de 4 a 20 mA o 0 a 10 mV.

EL sistema contiene dos entradas analógicas Pt 1000, la cuales trabajan en pequeños rangos de voltaje fuera de trabajo para el PLC, es por eso que se integró dos traductores de temperatura, los cuales amplifican esta señal, generando una salida de 4 a 20 mA. (Ver anexo 12)

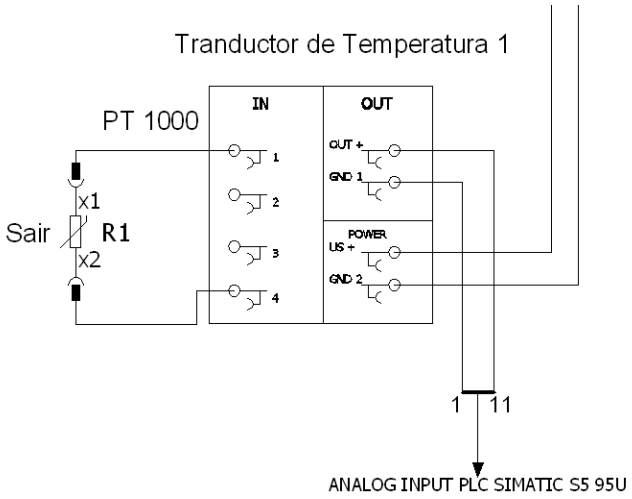


FIGURA Nº 35 Conexión Tranductor de Temperatura.

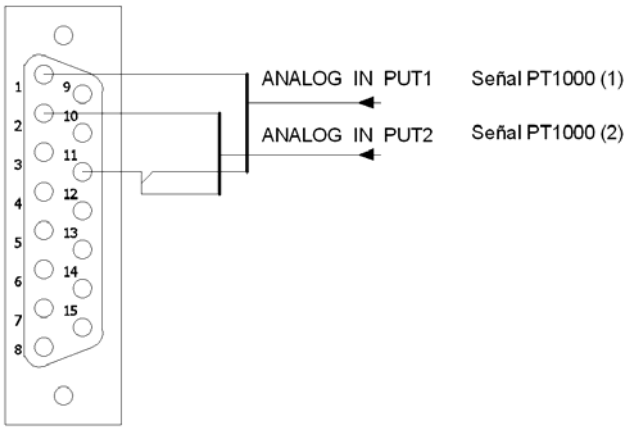


FIGURA Nº 36 Conexión entradas analógicas.

- **Esquema de conexionado de E/S**

En el presente esquema se puede apreciar las entradas y salidas, tanto como digitales y analógicas, en el anexo 12(plano 7/8) se puede apreciar el esquema completo de conexiones.

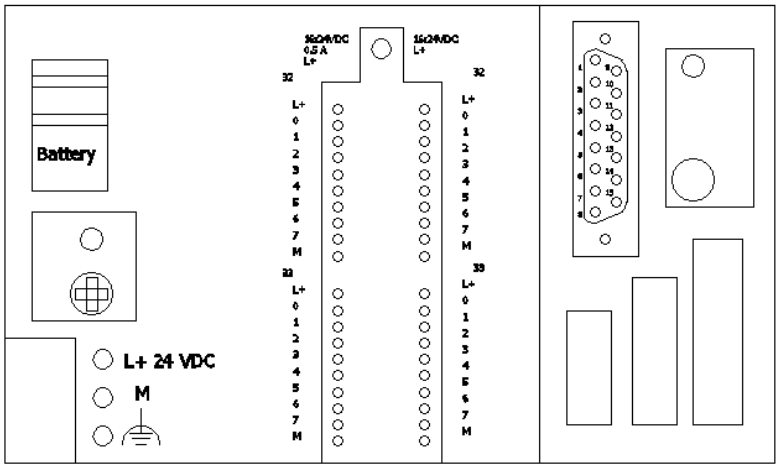


FIGURA Nº 37 Esquema de conexión general PLC Simatic s5 95u.

- **Montaje:**

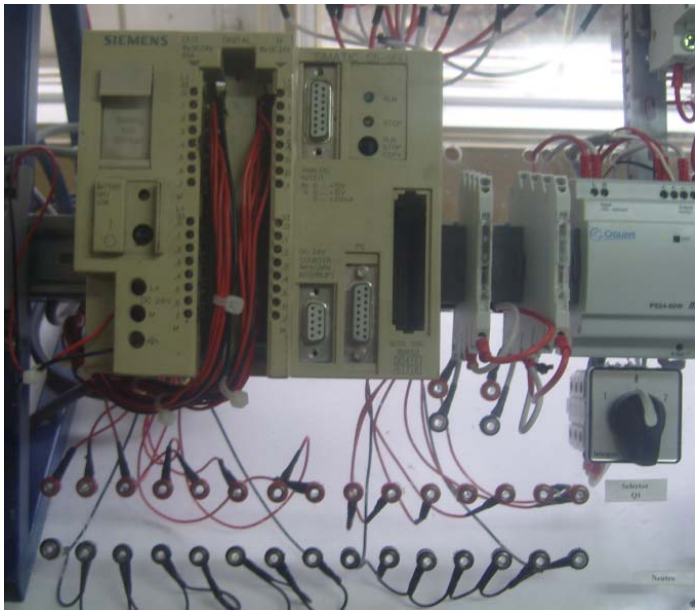


FIGURA Nº 38 Montaje PLC SIMATIC S5 95U

3.4 Descripción final del banco didáctico de control en refrigeración

Las modificaciones del banco de refrigeración a grandes rasgos contemplaron: la incorporación de una electroválvula en la línea de alta presión, incorporación de un presostato de alta y baja en el compresor, sensores de temperatura (dos termostato, dos ptc 1000), una plataforma para el desarrollo de sistema de control y se realizó un cambio de refrigerante, luego de estas intervenciones el banco de refrigeración quedó como se aprecia en la figura 40.

Luego de las modificaciones se llamará banco didáctico de control en refrigeración al banco de refrigeración.

En la figura 41 podemos visualizar las herramientas que posee la plataforma de control.

FIGURA Nº 41 Muestra las intervenciones del banco didáctico de refrigeración.

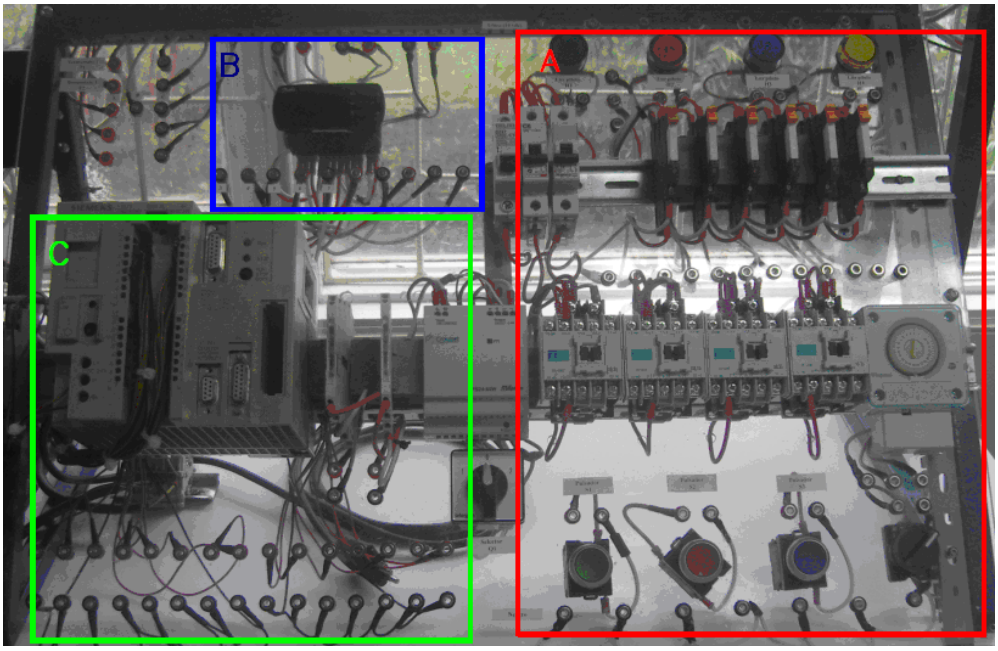


FIGURA Nº 42 a) Sistema lógica cableada, b) Sistema lógica programada controlador lógico EKC 202C, c) Sistema lógica programada PLC.

CAPITULO IV

ACTIVIDADES PRÁCTICAS Y PROPUESTAS.

Este capítulo contiene actividades prácticas para ser implementadas en el banco didáctico de refrigeración, esto involucra desarrollo de actividades tanto en herramienta de control lógica cableada y programada.

Estas actividades tienen por objetivo desarrollar conocimientos prácticos en términos de herramientas de control, enfocado al proceso de refrigeración.

Además posee actividades propuestas con el objetivo de fomentar los conocimientos en estas herramientas.

4.1 Actividades prácticas.

El objetivo de estas actividades en una primera instancia es desarrollar conocimientos prácticos de control, en función de las herramientas que contiene el banco didáctico de refrigeración, esto contempla la interpretación del proceso, la interpretación de planos eléctricos (alimentación, fuerza y control), armado del control y puesta en marcha.

Universidad Austral de chile

Instituto de materiales y procesos termomecánicos

Experiencia Nº 1

Título : Implementación de control al banco didáctico de refrigeración, utilizando lógica Cableada.
Asignatura : Control de procesos IMPT 253
Profesor : Misael Fuentes

Objetivo

Desarrollar conocimientos prácticos en control de sistemas de refrigeración, utilizando herramienta lógica cableada.

Equipos e instrumentos

- Banco didáctico de refrigeración
- Cables con conectores banana.
- Tester

Trabajo previo a la experiencia

- Revisar previamente bibliografía de programación Lógica Cableada.
- Revisar guía para el desarrollo de experiencias en banco didáctico de control en refrigeración.

Procedimiento general

- Interpretar Diagrama lógica cableada (anexo 12, plano 4/8)
- Explicar funcionamiento
- Proceder a armar el sistema.
- Puesta en marcha.

Bibliografía

- Abel Teiguel, Trabajo de título: Control de un banco didáctico de refrigeración, Universidad Austral de Chile, 2010
- Wilbert F. Stoecker, Industrial Refrigeration handbbok, editorial: Mc Graw hill, 1998.
- Antonio Serrano Nicolás, Oleohidráulica, McGraw-Hill,España, 2002

Universidad Austral de chile

Instituto de materiales y procesos termomecánicos

Experiencia Nº 2

Título : Implementación de control al banco didáctico de refrigeración, utilizando lógica Programada, Controlador EKC 202-C.

Asignatura : Control de procesos IMPT 253
Profesor : Misael Fuentes

Objetivos

Desarrollar conocimientos prácticos en control de sistemas de refrigeración, utilizando herramienta lógica Programada en controlador EKC 202-C.

.

Equipos e instrumentos

- Banco didáctico de refrigeración
- Cables conectores
- Tester

Trabajo previo a la experiencia

- Revisar previamente bibliografía de programación Lógica Programada.
- Revisar guía para el desarrollo de experiencias en banco didáctico de control en refrigeración.

Procedimiento general

- Interpretar Diagrama lógica Programada (anexo 12, plano 5/8)
- Explicar funcionamiento
- Proceder a armar el sistema.
- Configurara parámetros básicos del controlador EKC 202-C.
- Puesta en marcha.

Bibliografía

- Abel Teiguel, Trabajo de título: Control de un banco didáctico de refrigeración, Universidad Austral de Chile, 2010
- Wilbert F. Stoecker, Industrial Refrigeration handbbok, editorial: Mc Graw hill, 1998.
- C. W. WENDT, Instrument Engineers' Handbook, Fourth Edition, Volume Two Process Control and Optimization, Edited by Béla G. Lipták, United States, 2006.

4.2 Guía para el desarrollo de experiencias en banco didáctico de control en refrigeración.

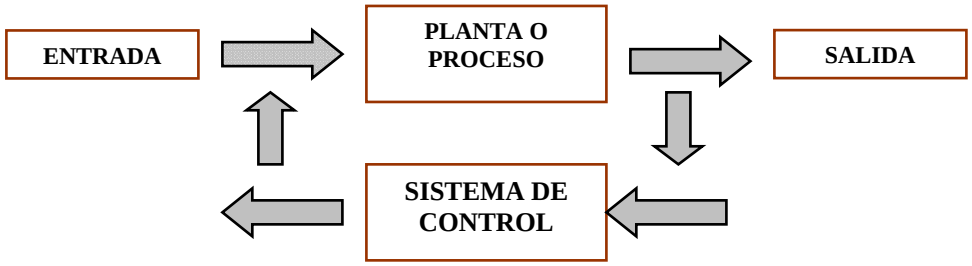
DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN

Este banco didáctico de control en refrigeración es un sistema didáctico integrado, diseñado para desarrollar conocimientos prácticos en automatismos de control en refrigeración. Para esto, el banco cuenta con una plataforma de control que contempla la posibilidad de desarrollar un automatismo lógica cableada y dos automatismos lógica programada; un controlador de temperatura específicamente para refrigeración y un PLC para el desarrollo propiamente de lógica programada.

INTRODUCCIÓN TEÓRICA

- **Sistemas de control**

El control puede ser definido como el manejo indirecto de variables de un sistema denominado planta o proceso a través de un elemento denominado sistema de control.



Ciclo del sistema de control en un proceso o planta.

Los sistemas de control pueden ser muy amplios, desde un simple interruptor que gobierna una lámpara, hasta un sistema que maneje toda una línea de proceso dentro de una fábrica; asimismo un sistema de control puede ser manual o automático, o lo mismo, de lazo abierto o cerrado.

Esta sección está dedicada especialmente a los sistemas de control automático o de lazo cerrado, en los cuales interviene al menos un pequeño bloque que toma decisiones de acuerdo a los datos que se obtiene del sistema a controlar, en el caso de la refrigeración; temperatura y presión (Ramos, 2000).

- **Automatismos de control**

La automatización industrial ha evolucionado a la par con el desarrollo de los sistemas mecánicos, electrónicos e informáticos. En sus inicios, para automatizar un proceso se utilizaban palancas, levas, engranajes, relés y

pequeños motores. Posteriormente con el desarrollo de la electrónica, se comenzaron a utilizar transistores y señales eléctricas de bajo voltaje.
Luego con la aparición de los circuitos integrados y en especial los microprocesadores, los automatismos revolucionaron la industria de una forma sorprendente. El computador también comenzó a formar parte en el control automático de procesos, pero debido a que los sistemas de entradas y salidas eran limitados para estas labores, surgieron controladores especializados y programables con las herramientas necesarias para controlar líneas de producción completas, fue así como nacieron los controladores lógicos programables o autómatas programables.(Wilbert F. Stoecker,1998)

Un automatismo de control puede ser de diversos tipos, dependiendo principalmente de las señales que utilice y de la arquitectura con las que son diseñados, el tipo de señal que maneja el sistema de control puede ser: analógicos, digitales o híbridos, es decir tanto analógicos como digitales. Por la arquitectura de diseño, los sistemas de control pueden ser de lógica cableada o de lógica programada.

Los sistema analógicos trabajan con señales de tipo continuo dentro de un margen específico, por lo general, los sensores y actuadores que pertenecen a este modo de automatización funcionan con señales de corriente entre 4 y 20 mA o con señales de voltaje entre 0 y 10 VDC.

- **Automatismos Lógica Cableada**

Su denominación viene dada por el tipo de elementos que intervienen es su implementación, en la cual las uniones físicas se realizan mediante cables eléctricos, relés electromagnéticos, interruptores, pulsadores, etc., en el caso de la tecnología eléctrica. En lo que refiere a la tecnología

electrónica, las puertas lógicas son los elementos fundamentales mediante los cuales se realizan los automatismos.

En el caso de la tecnología fluídica, sus conexiones vienen siendo efectuadas por tuberías de acero, cobre, pvc, etc., junto con elementos tales como válvulas, presostatos, manómetros, etc.

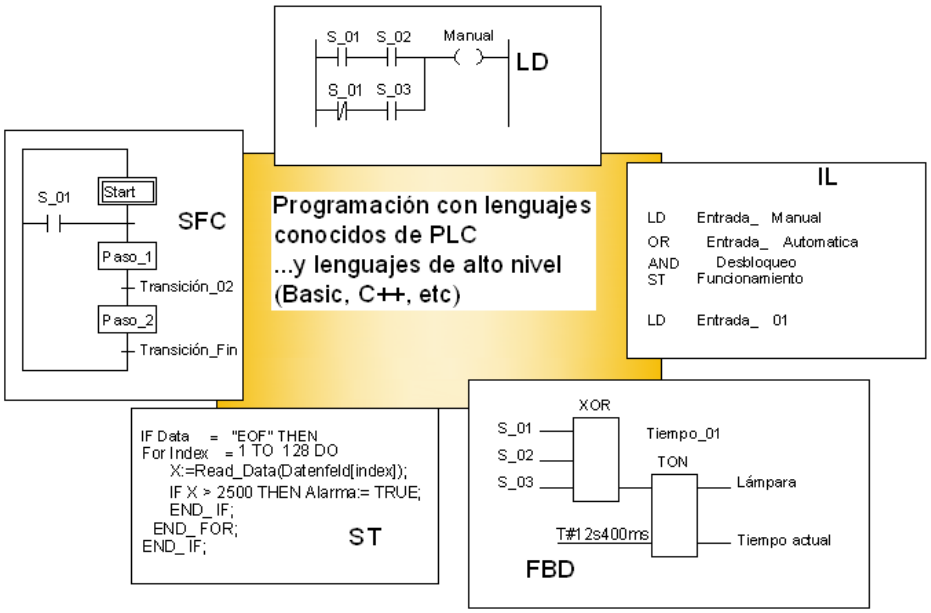
La tecnología cableada, ha sido y es aún utilizada en los automatismos industriales, aunque está quedando obsoleta a los accionamientos de ciertas potencias, ya que frente a la lógica programada presenta las siguientes desventajas:

- Imposibilidad de realización de funciones complejas de control.
- Gran volumen y peso.
- Escasa flexibilidad frente a modificaciones.
- Reparaciones costosas

- **Automatismos Lógica Programada**

Se trata de una tecnología desarrollada a partir de la aparición del uso de dispositivos electrónicos de procesamiento de información, tales como; PLCs, computadoras, microcontroladores, controladores especializados, etc.

Los sistemas lógica programada se caracterizan por que funcionan bajo las indicaciones de un programa de control. El modo programable es en cierta medida el mejor método de automatizar un proceso industrial; el hecho de ser programable permite adaptarse de una manera más sencilla a las posibles variaciones que tenga un determinado proceso. Así entonces, si el proceso requiere modificaciones, bastará con cambiar la programación de los equipos automáticos.



Muestra lenguajes de programación; diagrama de contactos, esquemas funcionales, grafcet.

Constantemente, debido a los altos niveles de integración alcanzados en la microelectrónica, el umbral de rentabilidad de esta tecnología crece y frente a la lógica cableada presenta:

- Gran flexibilidad
- Posibilidad de cálculo científico e implementación de algoritmos complejos de control de procesos,
- Arquitectura de control distribuido,
- Comunicación y gestión.

Como inconveniente a corto y medio plazo, presenta la necesidad de formación en las empresas de personal adecuado para su programación y asistencia. Al tratarse de verdaderas herramientas informáticas; también poseen relativa vulnerabilidad frente a las agresivas condiciones de medio industrial, sin embargo, con el transcurso del tiempo, el nivel de fiabilidad y disponibilidad de estos sistemas se ha mejorado notablemente.

PROCEDIMIENTO PARA TRABAJO EN BANCO DIDÁCTICO DE CONTROL EN REFRIGERACIÓN

1) Interpretar los diagramas eléctricos, identificando los diagramas de alimentación, fuerza y contactos. Con los cuales se implementará la lógica de control del proceso.
2) Con el objetivo de desarrollar adecuadamente la experiencia, el alumno debe explicar los diagramas que ha interpretado.
3) La implementación de la experiencia se debe ejecutar con el banco completamente desenergizado. Esto se puede apreciar en el estado del interruptor principal, si se encuentra en 1 energizado, si se encuentra 0 esta apagado. Incluyendo los automáticos de cada diagrama.
4) Localizar cada dispositivo y sus conexiones que se encuestan en los diagramas.
5) Proceder a armar el diagrama de control, para esto cada dispositivo cuenta con conectores rápidos (conectores banana).
6) Una vez revisado visualmente, se energiza el sistema en el interruptor principal.
7) Luego proceder a probar la lógica (24 VDC), sin energizar la fuerza (220 V), una vez descartado cualquier problema de conexión, se procede a energizar el diagrama de fuerza y a comprobar el control del proceso.
8) Una vez culminado un ciclo de proceso de refrigeración se detiene el proceso y se procede a apagar el sistema.
9) Finalmente se debe desarmar todo, para una siguiente experiencia.

RESULTADOS

Una vez culminada la experiencia el sistema debe funcionar automáticamente, contemplando el control de temperatura, sistema de refrigeración, partida de ventiladores, deshielo automáticos, con respectiva señalización de procesos importantes.

SEGURIDAD

Antes de comenzar con el desarrollo de una experiencia revisar que el sistema se encuentre sin energía.

RECOMENDACIONES

Cada vez que se realice una experiencia un responsable a cargo del laboratorio debe guiar e inspeccionar que simple vista no se cometan errores.

Contemplar dos alumnos para el desarrollo del laboratorio, con el objetivo de lograr un mejor aprendizaje.

INFORME

El informe debe contener:

- Portada
- Índice
- Introducción
- Desarrollo (describir detalladamente el procedimiento de trabajo)
- Conclusión
- Bibliografía

4.3 Actividades propuestas

En una segunda instancia contempla actividades propuestas dirigidas a que el alumno desarrolle control, es decir que desarrolle lógica del proceso de refrigeración, en términos de nuevas variables de control y proceso.

Con esto el alumno podrá tener conclusiones prácticas de desarrollo de control con estas dos herramientas que se poseen.

Actividades:

- Desarrollar Control lógica cableada considerando un termostato situado en el interior del evaporador.

- Desarrollar Control lógica cableada donde el compresor solo funcione mientras este activo los ventiladores.

- Desarrollar Control lógica programada configurando el controlador EKC 202-C, tal que la sonda s5 monitoree condensador.

- Desarrollar Control lógica programada en PLC SIMATIC S5 95U, implementando lógica contemplada en actividad Nº 1.

- Desarrollar Control lógica programada en PLC SIMATIC S5 95U, incorporando temporizadores en paso de refrigerante y en la partida de los ventiladores.

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Una vez culminado el desarrollo de este trabajo de título, la carrera de Ingeniería Civil Mecánica, cuenta con un banco didáctico de control en refrigeración, lo cual sustenta que si fue posible desarrollar e incorporar sistemas de control didáctico de refrigeración. Conjuntamente con formular una metodología para implementar actividades prácticas de control.

El banco didáctico de control en refrigeración contiene una plataforma de control que contempla la posibilidad de desarrollar un automatismo lógica cableada y lógica programada; Controlador Lógico EKC 201C y un PLC simatic S5 95U. Para el caso del PLC, el sistema esta armado en términos de arquitectura, quedando de lado la programación para un posterior trabajo de título.

En comparación con equipos del comercio el banco didáctico de control en refrigeración no posee desventajas, ya que éste banco fue construido con elementos comerciales e industriales. En el comercio actualmente se cuenta con una gama de equipos didácticos o empresas que se dedican a automatizar procesos, la diferencia radica en los acabados que se pueden realizar, lo cual desde el punto de vista de los objetivos que presentan estos banco didácticos no es relevante.

Se recomienda para el desarrollo de automatismos de control lógica programada PLC, contemplar una válvula de expansión electrónica, ya que en la actualidad el banco de didáctico de control en refrigeración no cuenta con salidas analógicas, al poseer una salida de este tipo, se podría desarrollar un control PID en el proceso de inyección de refrigerante frente a la temperatura en el evaporador.

CONCLUSIONES

Una vez culminado éste Trabajo de Título, se puede observar que el objetivo general está cumplido, en este momento la Carrera Ingeniería Civil Mecánica cuenta con un banco de refrigeración didáctico en el cual se desarrolló e incorporó sistemas de control utilizando una metodología general para implementar actividades practicas de control de procesos, además se cuenta con actividades prácticas y propuestas que pueden ser implementadas en éste banco didáctico.

Del desarrollo e incorporación de sistemas de control se puede concluir lo siguiente:

Es muy importante antes de iniciar un proyecto de automatismos de control dedicarse a conocer con el mayor detalle posible las características del funcionamiento de la máquina o proceso, ya que esta es la base mínima a partir de la cual podremos iniciar el proyecto.

En el punto 3.1.1 se contempla la toma de decisiones, una ves culminado este desarrollo, dado que para un control cableado es mucha cantidad de equipos y para el caso de integrar un PLC es mucho sistema, se puede concluir que para el banco refrigeración es más conveniente controlar este proceso con el controlador lógico EKC 201C.

Para reconversión de equipos frigoríficos con refrigerante R12, se utiliza el refrigerante R134a, ya que tienen propiedades similares y pertenece a los refrigerante HFC, éstos refrigerantes producen cero impacto en la capa de ozono, la diferencia radica en los rendimientos que se pueden obtener.

Independiente del tipo de control en términos de su arquitectura, es indispensable poseer conocimientos en lógica cableada, ya que en mayor o menor volumen se utiliza ésta tecnología en las soluciones de problema de control industrial. Uno de los lenguajes ampliamente utilizado en la programación de PLCs, es el ladder, el cual es un lenguaje de contactos. En términos prácticos es la misma lógica cableada, en una pantalla de programación, con la ventaja de poder realizar un cambio en el control de sistema, con solamente un cambio de programa.

Una de las desventajas de la lógica cableada es el gran volumen de dispositivos que necesita, para una simple aplicación como la que se ha efectuado en el banco de refrigeración, se puede apreciar una gran cantidad de cables, una gran cantidad de elementos, y esto también es complicado para el personal de una planta que realiza una reparación o un cambio en la del dispositivos.

Haciendo una comparación entre los sistema de control lógica cableada y lógica programada controlador de temperatura, podemos apreciar, como las distintas funciones que en lógica cableada funcionan independientes, en el sistema controlador lógico, todo es un solo módulo, solo se configuran los parámetros, también se puede apreciar en términos práctico, la facilidad que involucra configurar las uniones físicas.

Es importante acompañar las experiencias de laboratorio con una guía para el desarrollo de estas, ya que con esto nos aseguramos de los alumnos cumplan los objetivos planteados, además en estas se contempla la seguridad y recomendaciones para el desarrollo de estas.

REFERENCIA BIBLIOGRAFÍA

[1] Spartacus Gomáriz C. Teoría de control, Alfaomega , Pitágoras 1139, col. Del valle, México, 1999.

[2] José Alarcón Creus, Tratados Prácticos de Refrigeración Automática, 12ª edición, Marcombo, s.a. Barcelona, España, 2000.

[3] Juan Antonio Ramírez M. Enciclopedia de la climatización – refrigeración, Ediciones CEAC, España, 2000

[4] Wilbert F. Stoecker, Industrial Refrigeration handbbok, editorial: Mc Graw hill, 1998.

[5] Antonio Serrano Nicolás, Oleohidráulica, McGraw-Hill,España, 2002

[6] Guillermo Ramos R, Jorge Eduardo Hénriquez M, Juan andrez Castaño W. Electrónica Industrial y Automatización, Cekit, editorial conosur S.A

[7] C. W. WENDT, Instrument Engineers' Handbook, Fourth Edition, Volume Two Process Control and Optimization, Edited by Béla G. Lipták, United States, 2006.

REFERENCIA ELECTRONICA

[1] Siemens en Chile.

Disponible en: http://www.siemens.cl/ad/en/as.htm

Consultado el: 21 de octubre de 2010

[2] Danfoss Latino America, soporte

Disponible en: http://www.danfoss.com/Latin_America_spanish/Products/Categories/Photos/RA/Electronic-Controls/Electronic-Controls-Evaporator-Controls-with-Thermostatic-Expansion-Valves/c3158c4e-6d0b-4a70-89ca-99f36e6059c0.html

Consultado el: 21 de octubre de 2010

ANEXOS

Anexo 1. Datos Técnicos Unidad Condensadora.

Unidad condensadora	Modelo ESAB-0050-CAS
Motocompresor	Modelo KAM2-0050-CAS
Potencia	½ Hp.
Tipo de refrigerante	R-12 en baja
Desplazamiento motocompresor en 50 ciclos	82.0 lts/min. 174 pie3/hora
Línea de succión	5/8 Pulg.
Descarga del compresor	1/2 pulg.
Recibidor de líquido	1/ 4 pulg.
Carga de aceite	0.750 lts.
Rangos de temperatura de funcionamiento	En Baja desde -17 ºC hasta -40 ºC

Anexo 2. Caída de presión y la temperatura equivalente

Las perdidas están expresadas en términos de temperatura, para establecer la equivalencia se utilizo la los siguientes gráficos, que pertenece al freon R12, ya que posee características similares con el freo R134a.

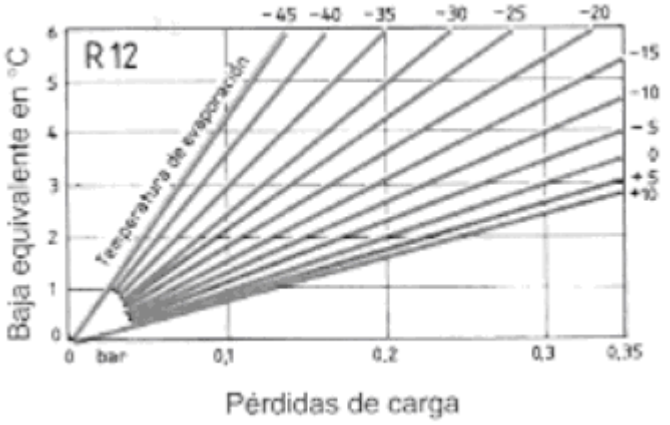
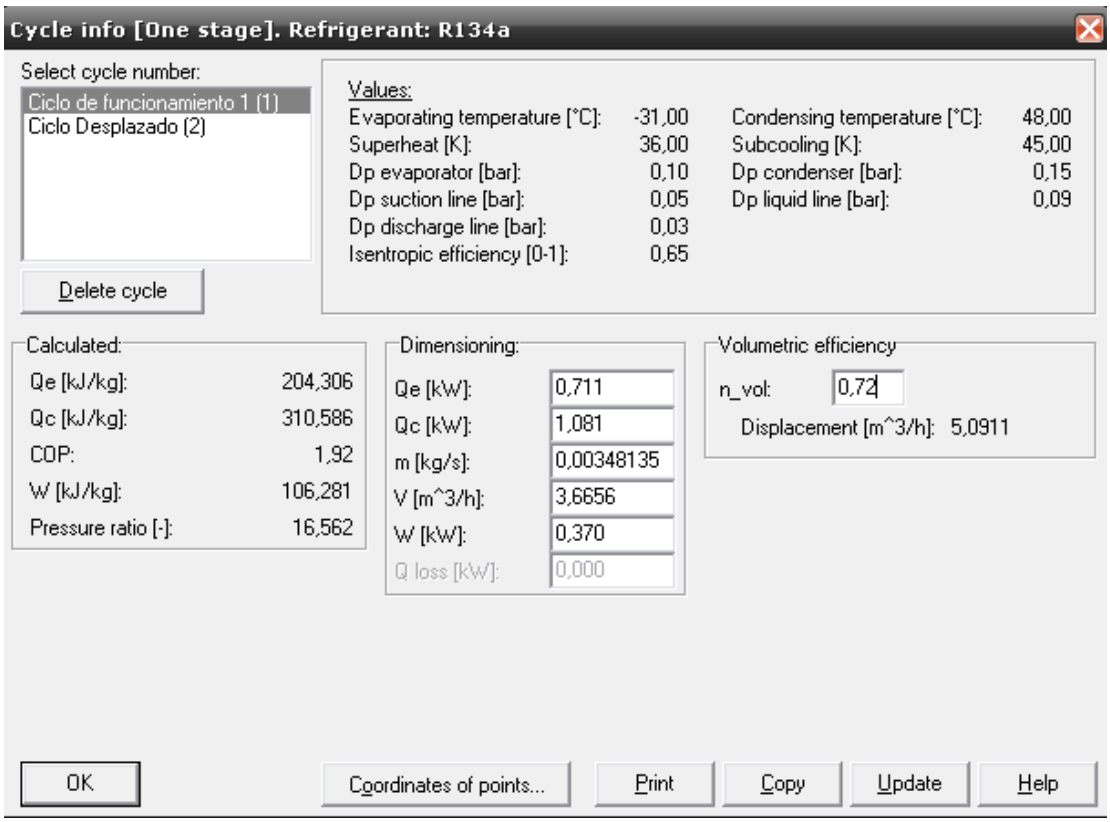


Grafico de relación entre la caída de presión y la temperatura equivalente, para refrigerante R12.

Anexo 3. Datos de entrada y resultados del software CoolPack.



Anexo 4. Presión de evaporación indicativa para diferentes tipos de instalaciones.

Temp. ambiente (t_E)	Tipo de instalación	Diferencia entre t_e y t_{medio} (aire)	Presión de evaporación (p_e)	RH [%]	Ajuste de KP2/KP1 (arranque - corte) D = Presostato de func. S = Presostato de seguir.
+0,5°/+2°C	Cámara de carnes enfr. por ventilador	10K	1,0 – 1,1 bar (R134a)	85	0,9 – 2,1 bar (D)
+0.5°/+2°C	Cámara de carnes con circ.natural aire	12K	0,8 - 0,9 bar (R134a)	85	0,7 – 2,1 bar (D)
–1°/0°C	Mostrador de carnes refrigerado (abierto)	14K	0,6 bar (R134a)	85	0,5 - 1,8 bar (D)
+2°/+6°C	Cámara de lácteos	14K	1,0 bar (R134a)	85	0,7 - 2,1 bar (D)
0°/+2°C	Cámara de frutas Refrig.de verduras	6K	1,3 - 1,5 bar (R134a)	90	1,2 - 2,1 bar (D)
–24°C	Congelador	10K	1,6 bar (R404A)	90	0,7 - 2,2 bar (S)
–30°C	Cámara de congelación ventilada	10K	1 bar (R404A)	90	0,3 - 2,7 bar (S)
–26°C	Cong. de helados	10K	1,4 bar (R404A)	90	0,5 - 2,0 bar (S)

Anexo 5 - Selección de dispositivos

- **Selección de aceite:**

Requerimiento: el aceite debe ser compatible con refrigerante R-13ª

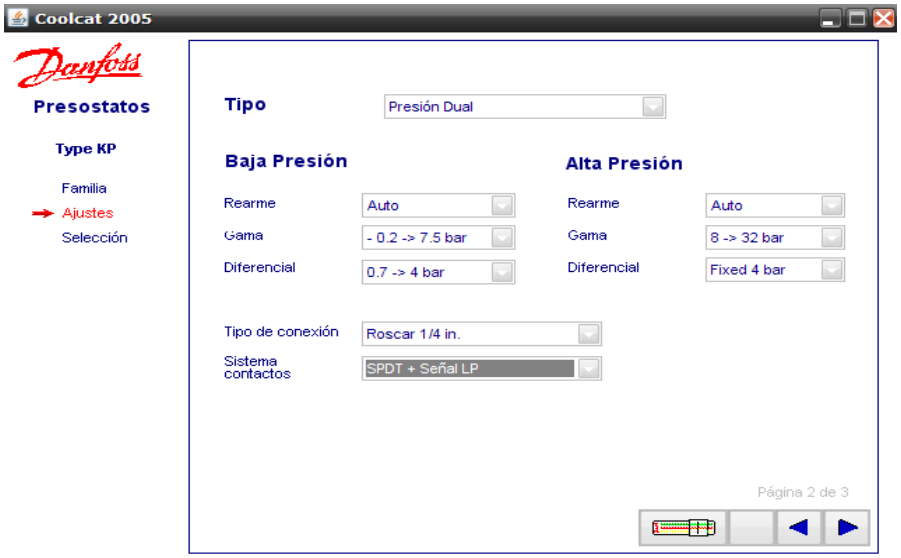
Resultado: Aceite de Poliol ester,

- **Selección de presostatos**:

Requerimientos:

Entregar señales para controla el compresor en presión de baja 2.9 bar y contenga incorporado la seguridad del sistema en términos de picos de presión en la descarga (normalmente 25.8 bar)

Ingreso de datos:



Resultado:

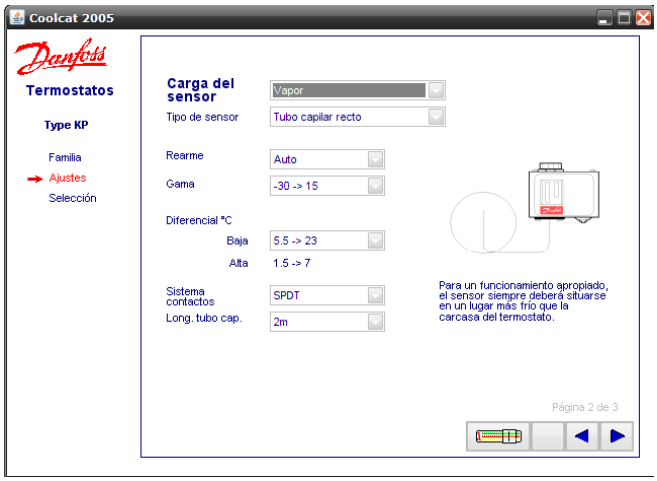
Marca	:	Danfoss
Tipo	:	presostato KP 15, doble presión
Rango en baja	:	-0,2 hasta 7,5 bar.
Rango en alta	:	8 hasta 32 bar.
Tipo de conexión	:	Roscada ¼ pulg.
Carga de contactos	:	12 A, 220 V
Cantidad	:	1

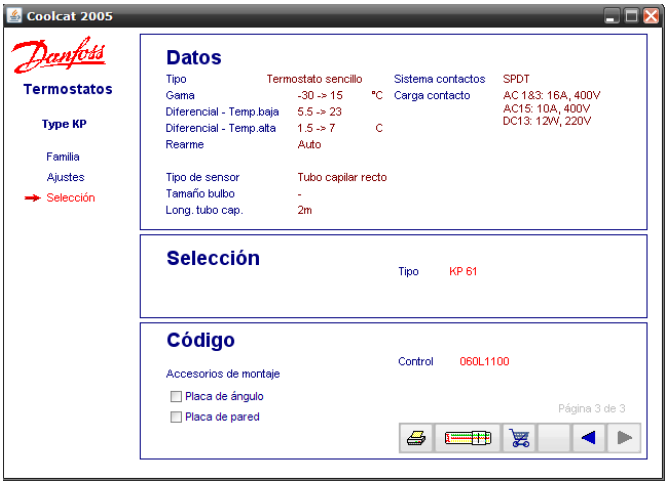
- **Selección de termostato.**

Requerimientos:

Entregar señal de temperatura del evaporado o de la temperatura del aire y que trabaje entre 0 ºC y 10 ºC.

La se hizo mediante software proporcionado por el fabricante Coolkat2005





Resultado:

Marca	:	Danfoss
Tipo	:	Termostato KP 61
Rango de trabajo	:	-30 hasta 15 ºC
Carga de contactos	:	12 A, 220 V
Tipo de sensor	:	Tubo capilar recto
Cantidad	:	2

- **Selección de controlador electrónico:**

Requerimientos:

Controlar sistemas de refrigeración. Y permita el funcionamiento con los requerimientos fundamentales de presión y temperatura, rangos de temperatura, conexión de 220v como alimentación.

- **Selección de sonda de temperatura:**

La sonda de temperatura esta en un función del controlador, en este caso el controlador lógico EKC 202C.

Marca	:	Danfoss
Tipo	:	Sonda AKS 12
Rango de trabajo	:	
Carga de contactos	:	12 A, 220 V
Tipo de sensor	:	1.5 Mts. PT – 1000
Cantidad	:	2

Anexo 6. Datos técnicos y montaje controlador EKC 206 C.

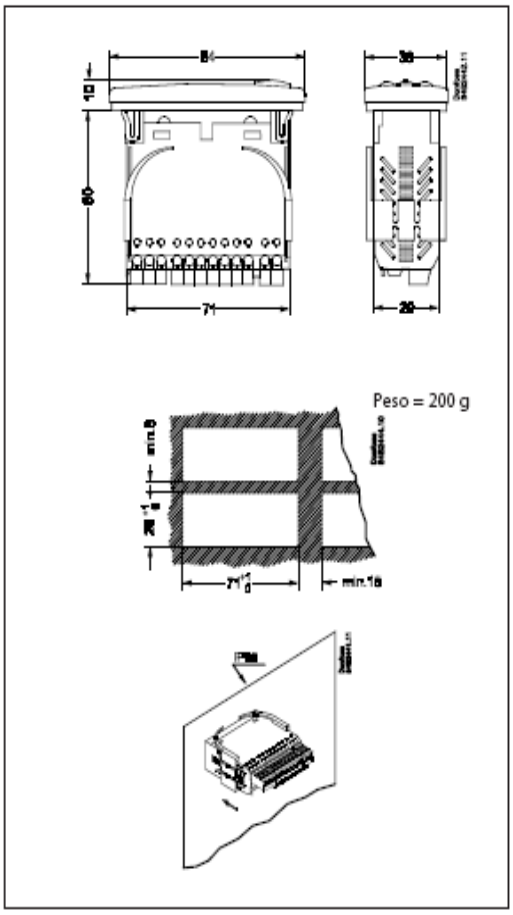
Datos

Alimentación	230 V c.a. +10/-15 %. 1,5 VA		
Sondas	Pt 1000 ó PTC (1000 ohm / 25°C) ó NTC-M2020 (5000 ohm / 25°C)		
Precisión	Rango	-60 a +99°C	
	Controlador	±1 K por debajo de -35°C ±0,5 K desde -35 a +25°C ±1 K por encima de +25°C	
	Sonda Pt 1000	±0.3 K a 0°C ±0.005 K por cada grado	
Pantalla	LED, 3 dígitos		
Entradas digitales	Contactos libres de tensión. Requisitos de los contactos: Contactos dorados La longitud de cable deberá ser máx. 15 m Utilizar relés auxiliares si el cable es más largo		
Cableado eléctrico	Cable de varios hilos máx.1,5 mm² para alimentación y relés. Los terminales de alimentación se montan en la tarjeta de circuito. Máx. 1 mm² para sondas y entradas digitales. Los terminales de baja intensidad son extraíbles.		
Relés*		CE (250 V c.a.)	UL *** (240 V c.a.)
	DO1.Frío	10 (6) A	10 A Resistive 5FLA, 30LRA
	DO2. Desecarche	10 (6) A	10 A Resistive 5FLA, 30LRA
	DO3. Ventilador	6 (3) A	6 A Resistive 3FLA, 18LRA 131 VA Pilot duty
	DO4. Alarma	4 (1) A Min. 100 mA**	4 A Resistive 131 VA Pilot duty
Ambiente	0 a +55°C, Durante funcionamiento -40 a +70°C, Durante transporte		
	20 - 80% Rh, sin condensados		
	No golpear / ni exponer a vibraciones		
Protección	IP 65 desde el frontal. Botones encastrados en el frontal.		
Autonomía del reloj	4 horas		
Homologaciones	Cumple con las directivas U.E. de baja tensión LVD y estipulaciones EMC para marcado CE Pruebas LVD, según EN 60730-1 y EN60730-2-9, A1, A2 Pruebas EMC, según EN50082-1 y EN 60730-2-9, A2		

* DO1 y DO2: Relés de 16 A. DO3 y DO4: Relés de 8 A. No superar nunca la carga máx.

** Contactos dorados, para utilización con muy bajas cargas.

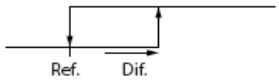
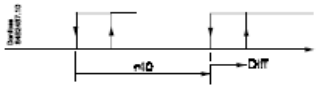
*** Homologación UL basado en 30000 etapas.



Anexo 7. Funciones y Configuración Controlador EKC 202C.

Funciones

Cada equipo de la serie dispone sólo de las funciones especificadas en el Menú de Parámetros.

Función	Parámetro	Parámetro con comunicación de datos vía bus de comunicaciones
Display en funcionamiento normal		
Normalmente el display muestra la temperatura leída con la sonda de aire (Saire)		Display air (u69)
Termostato		**Control termostato**
Temperatura de corte (set point) La regulación se basa en esta temperatura más el diferencial. La temperatura de corte se ajusta pulsando el botón central. Esta temperatura de corte puede limitarse a través de los parámetros r02 y r03. La temperatura de referencia vigente en cada momento se lee en "u28".		Cutout °C
Diferencial Cuando la temperatura del aire es mayor que el set point más el diferencial, el relé de refrigeración se activa. Y se desactiva cuando la temperatura cae por debajo del set point otra vez.  	r01	Differential
Límites de la termperatura de corte (set point) Se dispone de dos límites para evitar que el usuario pueda, por error, programar valores muy altos o muy bajos de la temperatura de corte.		
Límite máximo al ajustar la temperatura de corte.	r02	Max cutout °C
Límite mínimo al ajustar la temperatura de corte.	r03	Min cutout °C
Corrección de la temperatura del display Permite corregir la temperatura que muestra el display si se observa que es distinta a la del producto.	r04	Disp. Adj. K
Unidades de temperatura (°C / °F). Para definir si el display muestra temperaturas en °C ó °F.	r05	Temp. unit °C=0. / °F=1 (Only °C on AKM, whatever the setting)
Calibración de la sonda de aire (Saire) Para compensar la longitud de cable de la sonda.	r09	Adjust Sair
Marcha / Paro del equipo Este parámetro permite poner el equipo: -1=modo manual, 0=parado, 1=en marcha. La marcha / paro también se puede realizar externamente a través de la entrada digital DI. Si el equipo está parado se emitirá la alarma "A45".	r12	Main Switch 1: Start 0: Stop -1: Manual control of outputs allowed
Desplazamiento de la temperatura de corte durante la noche Cuando el equipo pasa a funcionamiento nocturno, la temperatura de corte se incrementará en el valor progamado aquí. (Admite valores negativos).	r13	Night offset
Activar el incremento de la temperatura de corte Cuando r39 se programa a ON la temperatura de corte se incrementará en la cantidad programada en r40. El incremento también se puede activar a través de la antrada digital DI. (ver parámetro o02).  	r39	Th. offset
Incremento de la temperatura de corte (grados) La temperatura de corte se incrementa en la cantidad programada aquí cuando se activa dicho incremento. Activación por r39 o entrada DI.	r40	Th. offset K
		Night setbck (start of night signal)

Alarma		Ajustes de alarma
Hay distintas situaciones que provocan alarma. Cada vez que se produce una alarma los tres LED's del display parpadean y el relé de alarma se activa.		Con comunicación de datos se puede definir la importancia de cada alarma. Se configura en el menú " Destinos de alarma"
Retardo de alarma de temperatura (estándar). Si uno de los límites de alarma (alto / bajo) se excede, no se emitirá alarma hasta que haya transcurrido el tiempo programado aquí (minutos).	A03	Alarm delay
Retardo de alarma de puerta El parámetro o02 permite asociar el estado de puerta con la entrada DI. Cuando la puerta se abre, no se emitirá ninguna alarma hasta que haya transcurrido el tiempo programado aquí. (en minutos).	A04	DoorOpen del
Retardo de alarma de temperatura (especial) El retardo programado aquí sustituye al "A03" cuando se acaba de dar tensión al equipo, durante el desescarche y después del desescarche. (en minutos).	A12	Pulldown del
Límite de alarma por alta temperatura Se programa el límite en valor absoluto. Este límite se incrementará durante el periodo de operación nocturna en la misma cantidad que la temperatura de corte (sólo si el incremento es positivo). También se modifica paralelamente a "r39" y "r40".	A13	HighLim Air
Límite de alarma por baja temperatura Se programa el límite en valor absoluto. Se modifica paralelamente a "r39" y "r40".	A14	LowLim Air
Retardo de la alarma asociada a DI Si DI se abre o cierra (ver o02) se emitirá una alarma transcurrido el retardo "A27".	A27	Al.Delay DI
Límite de alarma por alta temperatura del condensador Si se usa la sonda S5 para vigilar la temperatura del condensador (ver parámetro o70), aquí se programa el límite de alarma por alta en valor absoluto. La alarma desaparece cuando la temperatura cae 10K por debajo del límite ajustado.	A37	Condtemp Al.
		Reset alarm

Compresor		Control de compresores
El relé del compresor se gobierna por el termostato interno. Mientras el termostato pide frío el relé permanece activo.		
Tiempos de funcionamiento Para preservar los compresores, se pueden programar tiempos de marcha y paro. Estos tiempos no se tienen en cuenta cuando hay que iniciar un desescarche.		
Mínimo tiempo de compresor en marcha (minutos)	c01	Min. On time
Mínimo tiempo entre dos arranques consecutivos (minutos)	c02	Min. Off time
Invertir el funcionamiento del relé del compresor 0: contacto entre terminales 4 - 5 cierra para arrancar compresor 1: contacto entre terminales 4 - 5 abre para arrancar compresor.	c30	Cmp relay NC
Desescarche		**Control de desescarche**
El equipo incluye un contador de tiempo que se pone a cero cada vez que se inicia un desescarche. Cuando el contador supera el intervalo programado, se inicia un desescarche. El contador empieza a funcionar transcurrido el retraso "d05" desde que se da tensión al equipo. Si se va la tensión, el valor del contador queda guardado y cuando vuelve la tensión el contador sigue desde donde se había quedado. Este contador de tiempo se puede usar como sistema sencillo para iniciar desescarches. El equipo también incluye un reloj de tiempo real que permite programar desescarches a horas concretas. Si el equipo pierde tensión durante más de 4 horas se desprograma Fecha y Hora. (Para estos casos se aconseja acoplar el módulo de pila). También se pueden iniciar desescarches vía el bus de datos, entrada digital o de forma manual.		
Todos los métodos de inicio descritos son compatibles entre sí, por tanto se debe tener cuidado para no provocar varios desescarches uno tras otro. El desescarche puede ser eléctrico, gas o natural (aire). El desescarche en curso puede pararse por tiempo o por temperatura.		
Tipo de desescarche Tipos posibles: OFF = no se iniciarán desescarches; EL = eléctrico. Durante el desescarche por "gas caliente", el relé de compresor permanecerá activado.	d01	Def. method
Temperatura fin de desescarche El desescarche se parará cuando la sonda definida en "d10" alcance la temperatura programada aquí.	d02	Def. Stop Temp

Intervalo de tiempo entre desescarches El equipo tiene un contador de tiempo que se pone a cero cada vez que se inicia un desescarche. Cada vez que el contador supera el intervalo programado, se inicia un desescarche. Si los desescarches se inician por reloj, por DI o vía bus de datos, se puede programar un intervalo como seguridad (si, por algún fallo, no se produce ningún desescarche dentro del intervalo, al finalizar éste se iniciará un desescarche). El contador se desactiva programando "d03=0" (no se arrancará nunca un desescarche por intervalo de tiempo, tendrá que hacerse por otro método). Si hay un fallo de alimentación eléctrica, el contador de tiempo queda guardado y cuando vuelve la tensión sigue contando desde donde se había quedado.	d03	Def Intervalo (0=off)
Duración máxima del desescarche Se debe programar siempre un valor aquí, bien para terminar los desescarches en el tiempo deseado (si d10=0), o bien como tiempo máximo de seguridad si el desescarche no finaliza por temperatura (d10 = 1 ó 2).	d04	Max Def. time
Desplazamiento del 1er desescarche tras dar tensión al equipo Esta función es útil cuando se han programado desescarches por intervalo de tiempo y coincide el desescarche de muchos equipos a la vez. Este parámetro permite desplazar el inicio del primer desescarche con respecto al momento en el que se da tensión al equipo (minutos). Este desplazamiento sucederá cada vez que se de tensión al equipo.	d05	Time Stagg.
Tiempo de goteo Permite programar un retraso desde el final del desescarche hasta que se inicia la refrigeración. (Goteo de agua del evaporador).	d06	DripOff time
Retraso del ventilador después del desescarche Permite programar un retraso desde que se inicia la refrigeración hasta que se pone en marcha el ventilador (para no dispersar las gotitas remanentes).	d07	FanStartDel
Temperatura arranque ventilador El ventilador puede ponerse en marcha un poco antes de que transcurra el retraso "d07" si la sonda S5 lee una temperatura inferior a la ajustada aquí.	d08	FanStartTemp
Funcionamiento del ventilador durante el desescarche Permite seleccionar si el ventilador estará en marcha durante el desescarche.	d09	FanDuringDef
Sonda de fin de desescarche Para definir la sonda con la que queremos terminar el desescarche. 0: no se usará ninguna sonda; el desescarche acabará por tiempo. 1: la sonda de fin de desescarche será S5 2: la sonda de fin de desescarche será Saire	d10	DefStopSens.
Desescarche bajo demanda: tiempo acumulado refrigerando Aquí se ajusta el tiempo máximo acumulado que permitimos que el equipo esté dando frío sin hacer ningún desescarche. Si "d18 = 0", se cancela ésta función.	d18	MaxTherRunT
Desescarche bajo demanda: variación permitida a S5 El equipo estudia contínuamente la temperatura S5 y, en base a la experiencia acumulada, establece un valor estable de referencia interno para S5. Aquí programamos un decremento máximo permitido para S5. Si S5 cae por debajo de esa variación, se iniciará un desescarche. La función es sólo para sistemas 1:1. No debe utilizarse para sistemas centralizados. Si "d19 = 20" se cancela ésta función	d19	CutoutS5Dif.
Si se desea saber la lectura de la sonda S5, basta pulsar y soltar el botón inferior del display.		Defrost temp.
Si se desea provocar un desescarche, basta pulsar y sostener durante 4s el botón inferior del display. Si se desesa parar un desescarche en curso, se procederá del mismo modo.		Def Start Here you can start a manual defrost.
		Hold After Def Shows ON when the controller is operating with coordinated defrost.

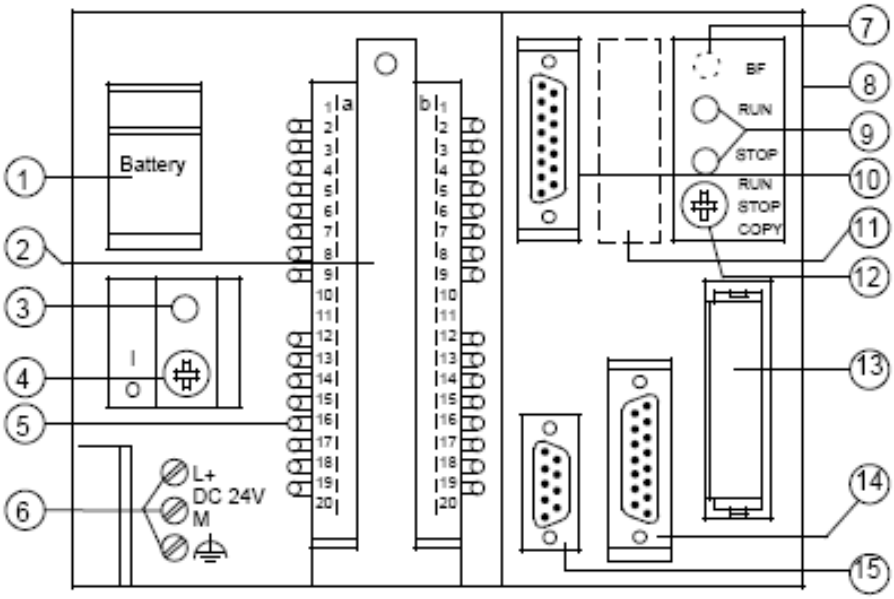
Ventiladores		**Control de ventiladores**
Parar el ventilador cuando para el compresor NO = El ventilador no se parará cuando pare el compresor. YES = El ventilador se parará cuando pare el compresor.	F01	Fan stop CO (Yes = Fan stopped)
Retardo de parada del ventilador Si se ha elegido que el ventilador se para cuando se pare el compresor, aquí podemos establecer un retraso desde que para el compresor hasta que para el ventilador (min.).	F02	Fan del. CO
Temperatura de paro del ventilador Esta función sirve para evitar que, por algún fallo, se impulse aire caliente al producto. Si la sonda de desescarche supera la temperatura programada aquí, el ventilador para. El ventilador volverá a arrancar cuando la temperatura sea 2 K inferior a la programada. Esta función queda inactiva durante el desescarche. Si "F04" = +50°C, se cancela ésta función.	F04	FanStopTemp.

Reloj de tiempo real		
El equipo dispone de reloj de tiempo real. Si se prevén cortes de tensión superiores a 4h, es necesario insertar en el equipo un módulo de pila para el reloj.		(Con comunicación de datos, no se puede ajustar tiempos. Ajustes sólo relevantes cuando no hay comunicación de datos).
Reloj de tiempo real Se pueden ajustar hasta 6 horas concretas de desescarche por día (hh:mm). La fecha (dd/mm/aa) es necesaria para el registro de temperaturas.		
Hasta 6 horas (hh) de inicio de desescarche (0 = OFF)	t01-t06	
Los minutos (mm) de cada una de las 6 horas (0 = OFF) Si los 12 parámetros t01 a t16 se programan a 0, el reloj no iniciará desescarches.	t11-t16	
Ajuste del reloj: hora	t07	
Ajuste del reloj: minutos	t08	
Ajuste del reloj: día	t45	
Ajuste del reloj: mes	t46	
Ajuste del reloj: año	t47	
Varios		Varios
Retardo de activación de salidas al dar tensión al equipo Para evitar sobrecargas eléctricas al arrancar el equipo o tras un corte de tensión, se puede programar un retraso inicial de funcionamiento del equipo (segundos).	o01	DelayOfOutp.
Función de la entrada digital - DI Off: No se utiliza la entrada 1) Si el equipo está conectado a un software, se podrá registrar si el contacto está abierto o cerrado. 2) Función de puerta. Si se abre el contacto, se paran la refrigeración y el ventilador. Transcurrido el tiempo "A04", se emitirá una alarma y se reanudará la refrigeración. 3) Alarma de puerta. Si se abre el contacto, una vez transcurrido el tiempo en "A04", se emitirá una alarma. 4) Pulsador para desescarche. Si se conecta un pulsador en la DI y se pulsa una vez, se iniciará un desescarche. Si se va a compartir el mismo pulsador con varios EKC's, TODAS las conexiones se montarán de igual modo (DI con DI y GND con GND). 5) Interruptor marcha/paro del EKC. Si se cierra el contacto, el EKC se pone en marcha. 6) Operación nocturna. Si se cierra el contacto, el EKC entra en funcionamiento nocturno. 7) Desplazamiento de temperatura. Si se cierra el contacto, se desplazan temp. de corte y alarmas en la cantidad programada en "r40". 8) Emitir alarma cuando se cierra el contacto, transcurrido el tiempo programado en "A27". 9) Emitir alarma cuando se abre el contacto, transcurrido el tiempo programado en "A27". 10) Pulsador para limpieza del mueble. Si se conecta un pulsador en la DI y se pulsa hasta 3 veces, cada vez que se pulsa sucede una cosa, tal y como se indica en la página 4. 11) Inject on/off. OFF cuando DI está abierto	o02	DI 1 Config. Definition takes place with the numerical value shown to the left. (0 = off) DI state (Measurement) The DI input's present status is shown here. ON or OFF.
Conexión a bus de comunicaciones Si el EKC se conecta a un bus de comunicaciones, se le tiene que dar una dirección y la gateway maestra debe recibir esa dirección; para ello existen los parámetros "o03" y "o04". Dichos parámetros sólo son visibles si se ha instalado una tarjeta de comunicaciones en el EKC (ver instrucciones al respecto en el documento "RC8AC").		After installation of a data communication module the controller can be operated on an equal footing with the other controllers in ADAP-KOOL® refrigeration controls.
Dirección del EKC: un número de 1 a 60 (ó de 1 a 119, según tipo de gateway).	o03	
Para enviar la dirección programada en "o03" a la gateway, se ajustará: "o04 = ON".	o04	
Código 1 de acceso a todos los parámetros (0 = cancelar la función) Para proteger la programación se puede programar un código de acceso (de 0 a 100). Al intentar entrar en el menú de parámetros, el display indica "PS". Sólo si se teclea este código se podrá seguir adelante (99 es el código maestro).	o05	-
Tipo de sonda 0 = Todas las sondas serán Pt 1000 (0 Ohm a 0°C) 1 = Todas las sondas serán PTC (1000 Ohm a 25°C) 2 = Todas las sondas serán NTC (5000 Ohm a 25°C).	o06	SensorConfig Pt = 0 PTC = 1 NTC = 2
Precisión de la temperatura en el display YES: 0.5° no: 0.1°	o15	Disp. Step = 0.5
Máximo tiempo de espera tras un desescarche coordinado (sólo vía gateway) Cuando un EKC termina su desescarche esperará, durante el periodo programado aquí, una señal de todos los demás ligados a él para reiniciar su funcionamiento normal. Si por alguna razón esa señal no llegase dentro del tiempo programado, el EKC reiniciará su funcionamiento por sí mismo.	o16	Max HoldTime

Códigos para informar de Alarma y Fallos		Alarmas
Cuando se produce una alarma o un fallo, todos los LED's del display parpadean y se activa el relé de alarma. Si, en ese momento, se pulsa el botón superior del display, se leerá el código que identifica la alarma o fallo. Llamamos "alarmas" (A) a las incidencias durante la operación diaria y "fallos" (E) a los defectos de instalación o producto. Las "alarmas" no son visibles hasta que expiran sus correspondientes retrasos. Los "fallos" son visibles inmediatamente después de producirse. Las "alarmas" no serán visibles mientras existan "fallos".		1 = alarm
A1: Alarma por alta temperatura de aire		High t. alarm
A2: Alarma por baja temperatura de aire		Low t. alarm
A4: Alarma de puerta		Door Alarm
A5: El tiempo de espera tras desescarche coordinado (o16) ha expirado		Max Hold Time
A15: Alarma asociada a DI		DI1 alarm
A45: EKC parado (ya sea por r12 ó por la DI)		Standby mode
A59: Limpieza del mueble.		Case cleaning
A61: Alarma de temperatura del condensador		Cond. alarm
E1: Fallo del controlador		EKC error
E6: Fallo del reloj. (Comprobar pila / "resetear" el reloj).		-
E27: Error en la sonda S5		S5 error
E29: Error en la sonda Saire		Sair error
Al copiar la programación, ya sea desde el EKC a la copy-key o viceversa, los parámetros o65 y o66 muestran valores que permiten seguir la evolución de la operación: 0: Copia terminada y OK 4: Copy-key mal conectada 5: Copia incorrecta, repita la operación 6: Copia al EKC incorrecta, repita la operación 7: Copia a la copy-key incorrecta, repita la operación 8: Copia imposible. El código del equipo o la versión de software no concuerdan 9: Error de comunicación y tiempo expirado 10: Copia en curso, por favor espere (La información puede leerse en o65 y o66 un par de segundos después de iniciar la copia).		
		Destinos de alarmas
		The importance of the individual alarms can be defined with a setting (0, 1, 2 or 3)

ANEXO 8. PLC SIMATIC S5 95 U.

S5-95U: LEDs, Controls and Interfaces



1. Battery compartment
2. Front panel connector — for digital inputs (I 32.0 to I 33.7) and for digital outputs (Q 32.0 to Q 33.7)
3. Battery low LED
4. ON/OFF switch
5. LED display for digital inputs and outputs
6. Terminals for connecting the power supply
7. SINEC L2 bus fault LED for S5-95U, Order Nos. 6ES5 095-8MB... ; SINEC L2-DP bus fault LED for S5-95U, Order Nos. 6ES5 095-8MD...
8. Cable connector for S5-100U modules
9. RUN/STOP LEDs: Green LED "RUN", red LED "STOP".
10. Interface — for analog inputs (IW 40 to IW 54) and for analog output (QW 40)
11. SINEC L2 interface for S5-95U, Order Nos. 6ES5 095-8MB...; 2nd serial interface for S5-95U, Order Nos. 6ES5 095-8MC...; SINEC L2-DP interface for S5-95U, Order Nos. 6ES5 095-8MD...
12. RUN/STOP/COPY switch
13. Receptacle for E(E)PROM submodule
14. Interface for a programmer, PC, OP or SINEC L1 bus
15. Interface — for interrupt inputs (I 34.0 to 34.3) and for counter inputs (IW 36, IW 38)

Figure 2-3. S5-95U LEDs, Controls and Interfaces

ANEXO 9. Conexión Entradas y Salidas Digitales de PLC SIMATIC S5 95 U.

3.3.5 Connecting the Onboard I/Os of the S5-95U

Use the following parts to connect the onboard I/Os of the S5-95U.

- 40-pin front connector for digital inputs and outputs
- 15-pin sub D connector for analog inputs and outputs
- 9-pin sub D connector for interrupt and counter inputs

Connecting Digital Inputs and Outputs

The signal cables to the digital I/Os must be connected to a 40-pin front connector.
Two types of front connectors are available:

- Front connectors with standard screw-type terminals (see Section 3.3.1)
- Front connectors with crimp-snap-in terminals (see Section 3.3.1)

Every input and output (channel) has a terminal assigned to it on the front connector. The 16 inputs (IN) and the 16 outputs (OUT) are numbered from 32.0 to 33.7. Use a 24 V DC power supply for all digital inputs and digital outputs.

Example: A field device is connected to input I 32.4. A lamp is connected to output Q 33.3.

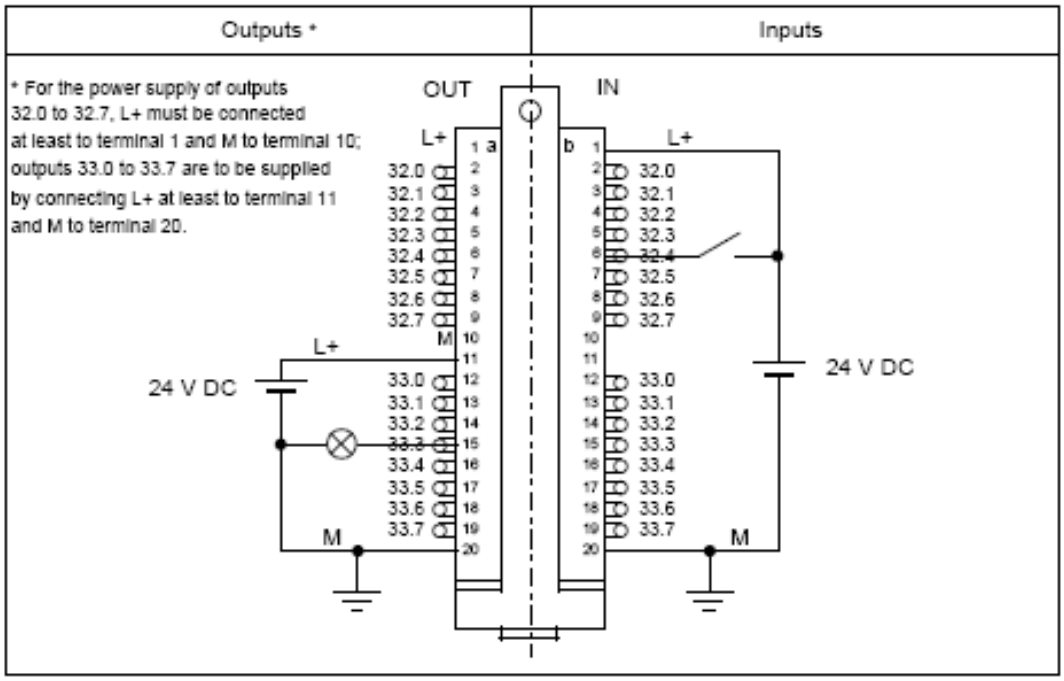


Figure 3-22. Wirings of the Front Connector for Digital Inputs and Outputs

Note

All digital inputs and outputs are connected to a common ground, i.e. they are non-floating.

ANEXO 10. Conexión Entradas y Salidas Analógicas del PLC SIMATIC S5 95 U.

Connecting Analog Inputs and Outputs

Attach the analog I/O signal cables to the PLC using a sub D connector. There are eight analog inputs and one analog output available. Depending on the terminal assignment, the analog output is either a "current" output or a "voltage" output.

Example: You are to connect a voltage sensor to channel 0 (input word IW 40) and a load resistor to the "voltage" analog output (output word QW 40).

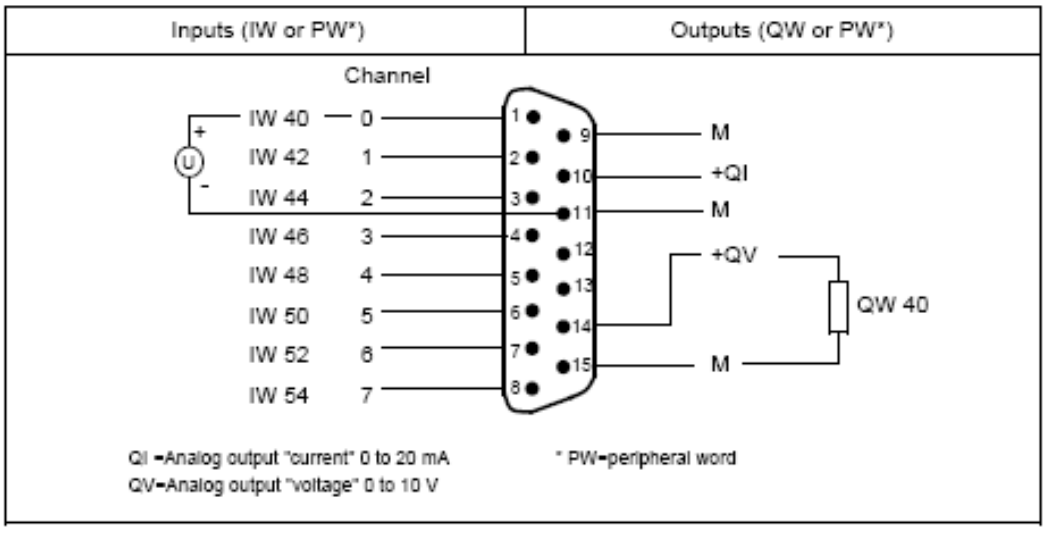


Figure 3-23. An Example of an Analog Input and an Analog Output Connection

> **Note**
>
> You may not assign terminals 12 and 13.

You must use shielded cables.

> **Note**
>
> Do not mount the cable shield to the PLC's sub D female connector. To provide high interference immunity, connect the shield at the other end of the cable to a ground reference.

Anexo 11. Montaje de PLC SIMATIC S5 95 U.

Mounting the PLCS on Standard Mounting Rails

Installation
- Hook the PLC onto the standard mounting rail.
- Swing the PLC back until the slide on the bottom of the controller audibly snaps into place.

Figure 3-3 shows the installation of the S5-95U using a standard mounting rail.

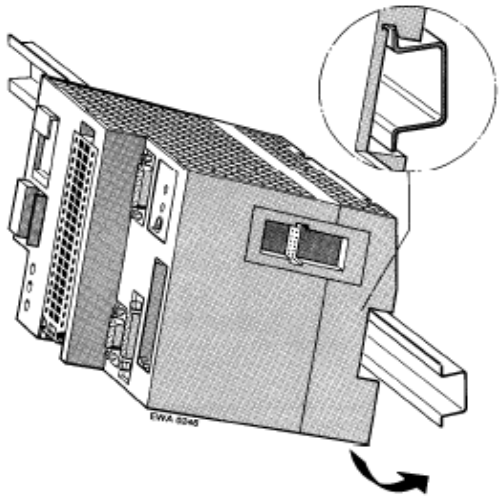


Figure 3-3. Mounting the Programmable Controller on a Standard Mounting Rail

Removal:
- Remove all connected supply cables and signal cables.
- Using a screwdriver, press down on the slide on the bottom of the PLC.
- Swing the PLC up and out of the standard mounting rail.

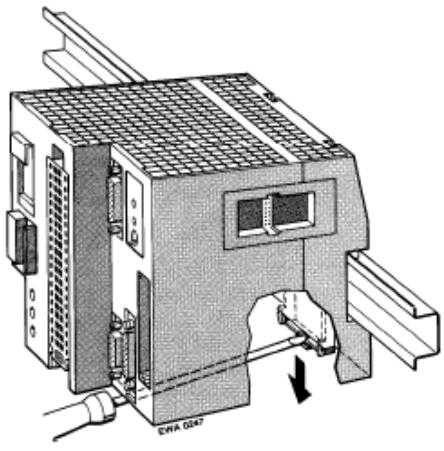


Figure 3-4. Removing the Programmable Controller

Anexo 12. Lenguajes de Programación de PLC SIMATIC S5 95 U.

STEP 5 programming language

It enables the first-time user to become quickly familiar with PLC technology. The SIMATIC PLCs can be programmed using the STEP 5 language. STEP 5 is easy to comprehend and makes developing of programs user-friendly, flexible and economical.

Methods of representation

STEP 5 features four methods of representation:

- Statement list (STL)
- Control system flowchart (CSF)
- Ladder diagram (LAD)
- GRAPH 5, GRAPH Mini.

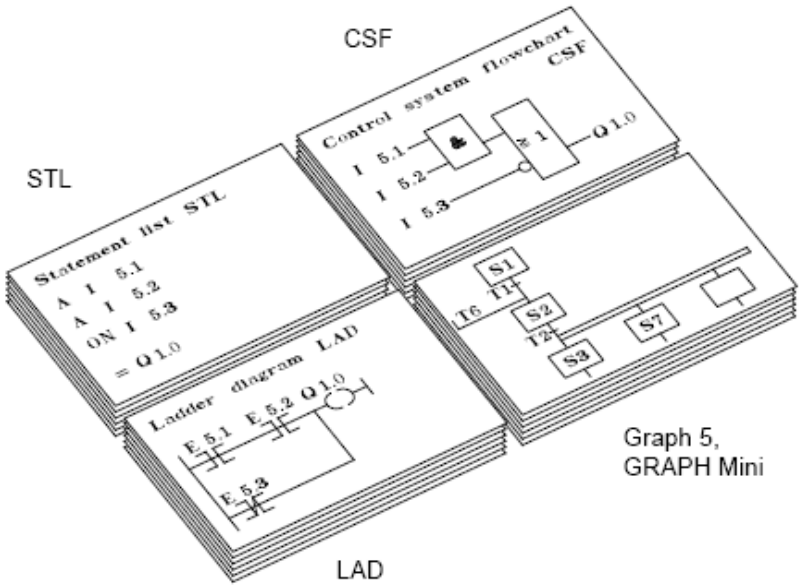
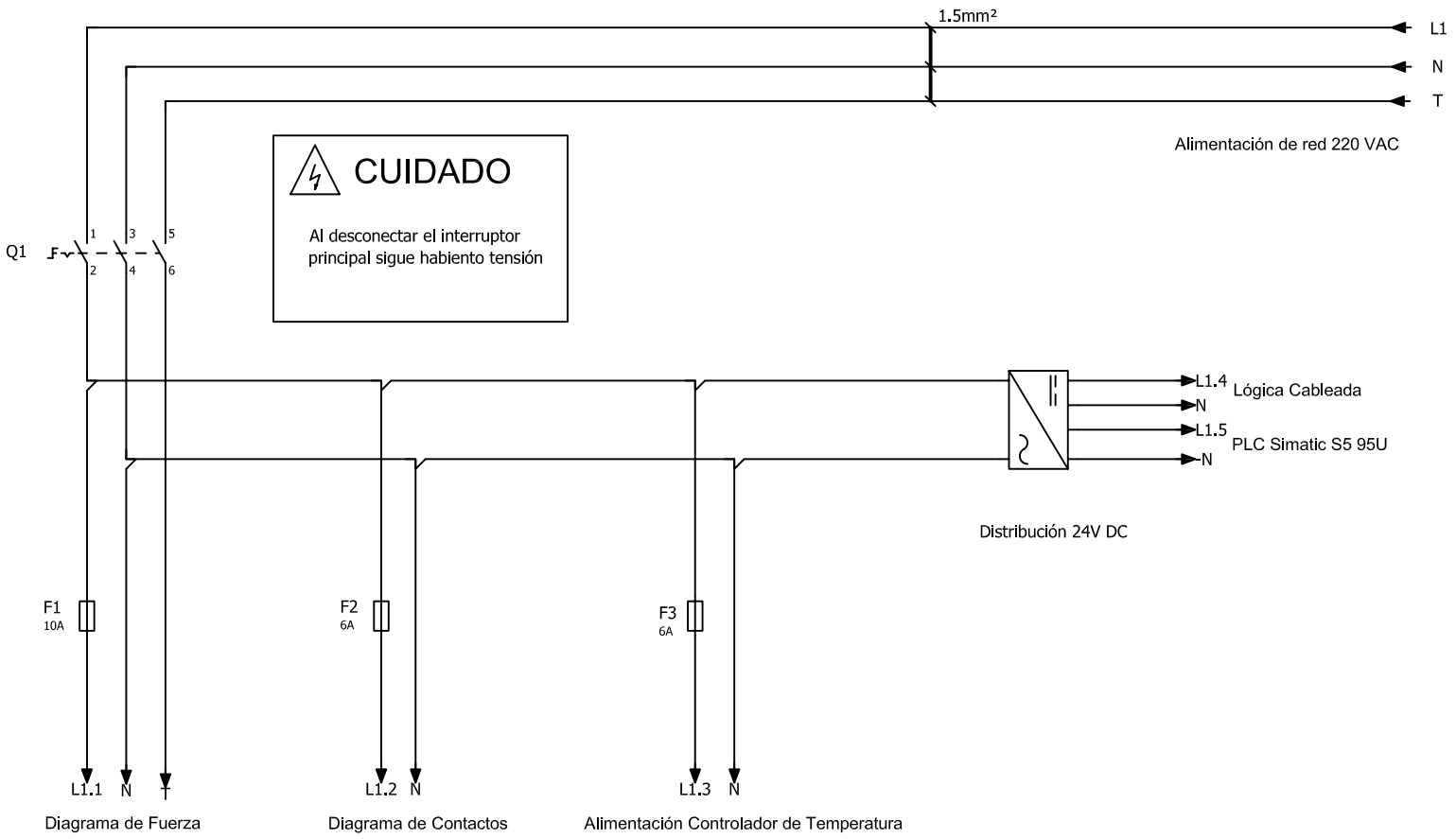
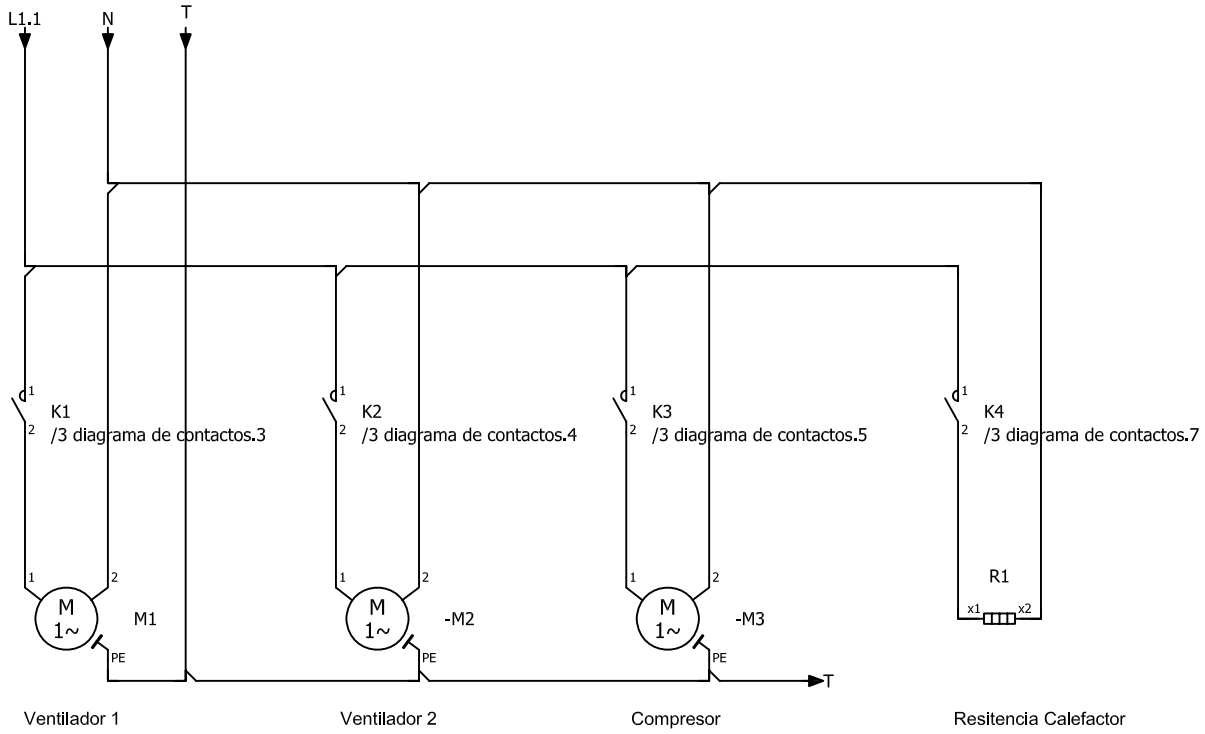


Figure 1-3. STEP 5 Programming Language

ANEXO 13. Diagramas Eléctrico de Control Banco didáctico

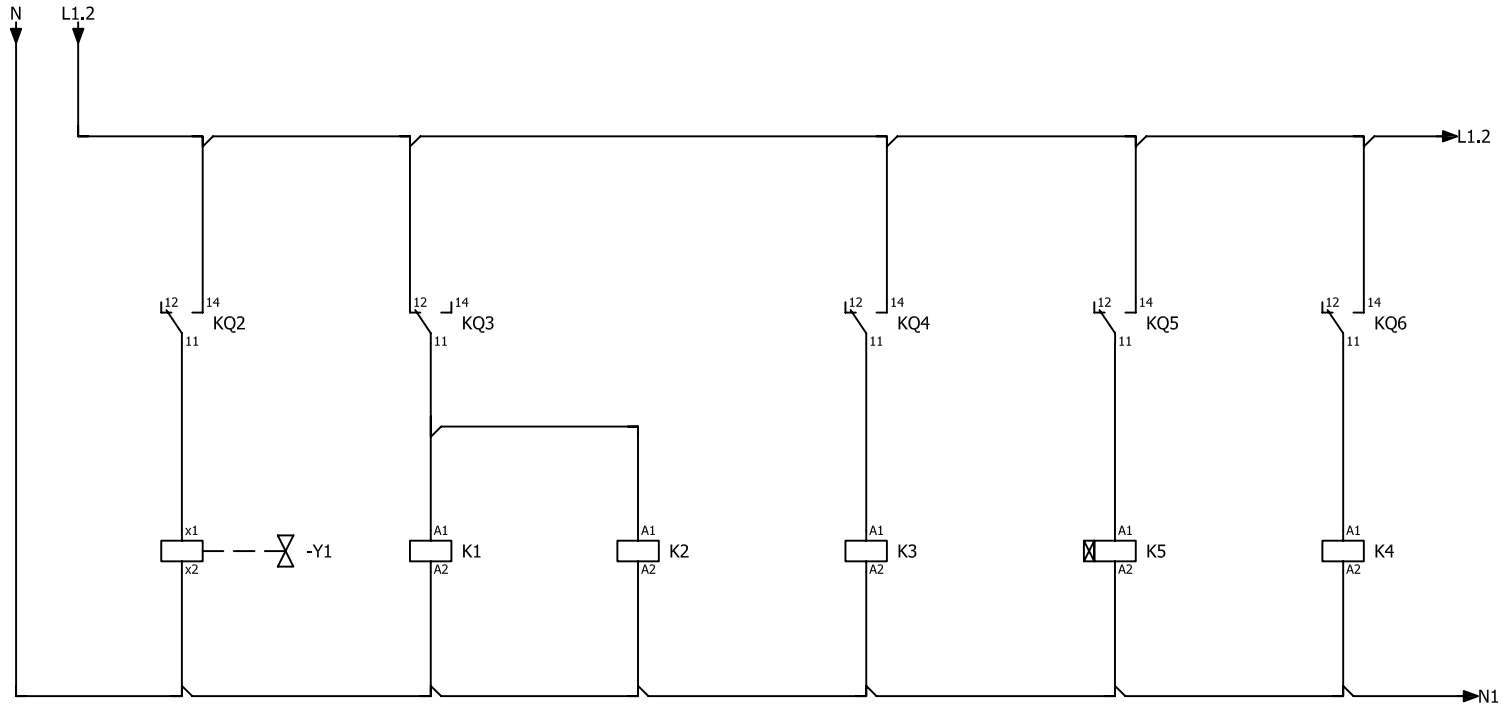


Designación: Diagrama de Alimentación	ESCALA	ARCHIVO	FORMATO	UNIDAD DIMENCIONAL
		pdf.01	A3	mm
	DI: Abel Teiguel S.		FECHA:	15:03:2010
1 / 8	UNIVERSIDAD AUSTRAL DE CHILE			



Designación: Diagrama de Fuerza	ESCALA	ARCHIVO	FORMATO	UNIDAD DIMENCIONAL
		pdf.01	A3	mm
	DI: Abel Teiguel S.		FECHA:	15:03:2010
	UNIVERSIDAD AUSTRAL DE CHILE			

Diagrama de Alimentación

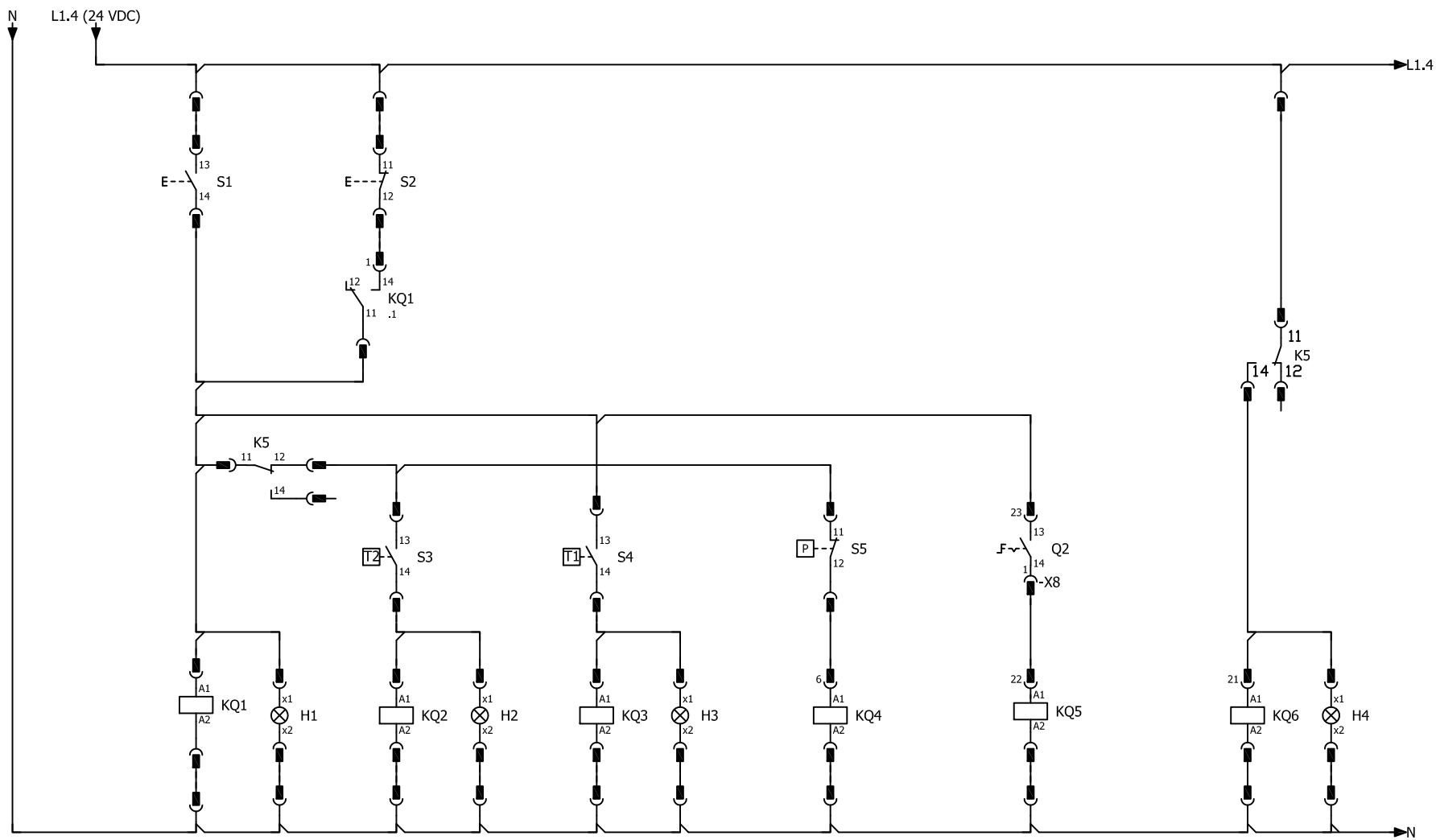


Activar Electroválvula | Activar Ventilador1 | Activar Ventilador2 | Activar Compresor | Reloj horario | Activar Desescarche

1 2 /2 Diagrama fuerza.1 | 1 2 /2 Diagrama fuerza.3 | 1 2 /2 Diagrama fuerza.4 | 1 2 /2 Diagrama fuerza.6

Designación: Diagrama de Contactos	ESCALA	ARCHIVO	FORMATO	UNIDAD DIMENCIONAL
		pdf.01	A3	mm
	DI: Abel Teiguel S.		FECHA:	15:03:2010
	UNIVERSIDAD AUSTRAL DE CHILE			

Diagrama de Alimentación



Energizar Sistema

14 / 12 — 11 .2

Activar Electrovalvula

14 / 12 — 11 /3 diagrama de contactos.2

Activar Ventiladores

14 / 12 — 11 /3 diagrama de contactos.3

Activar Compresor

14 / 12 — 11 /3 diagrama de contactos.5

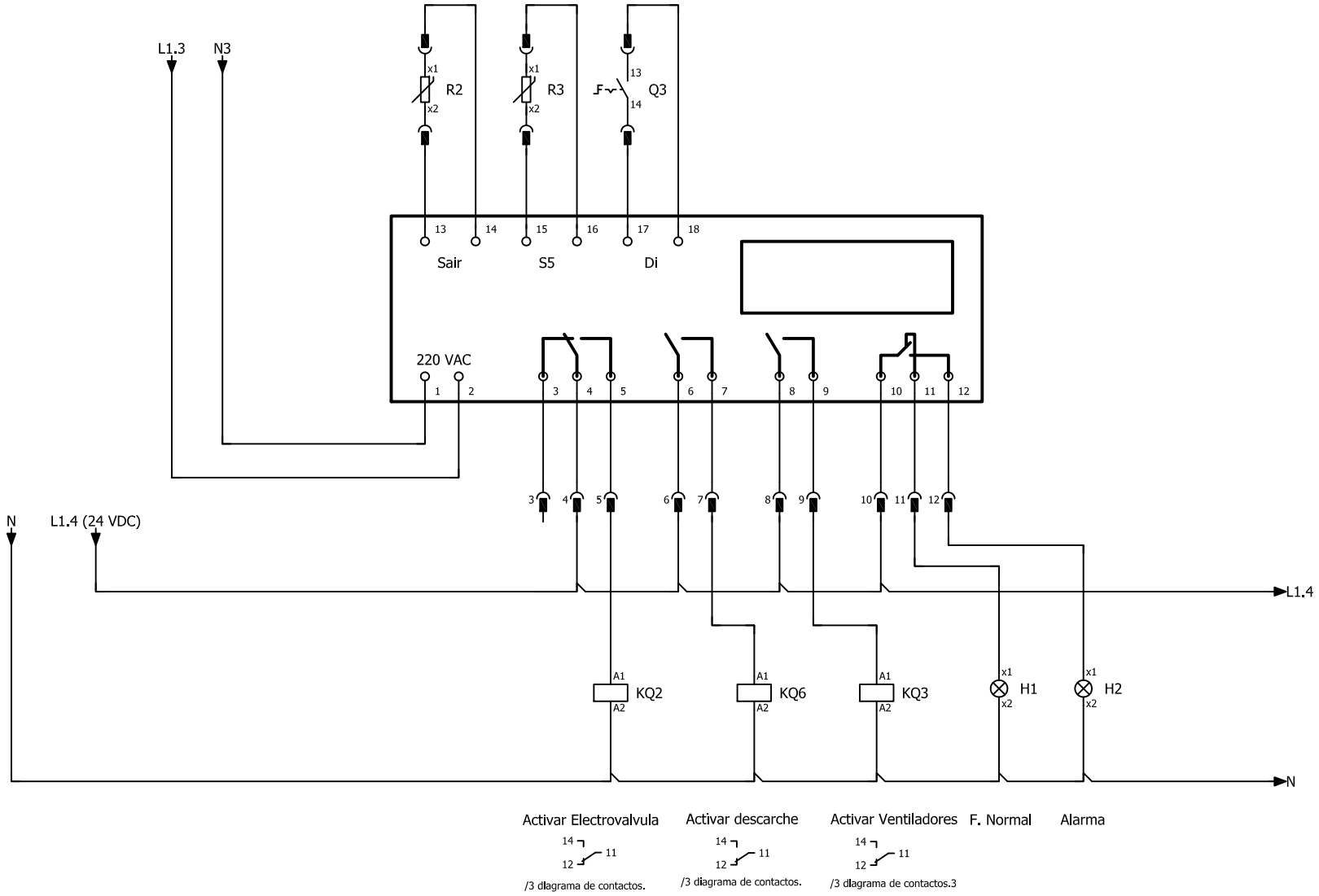
Activar Reloj Horario

14 / 12 — 11 /3 diagrama de contactos.6

Activar descarche

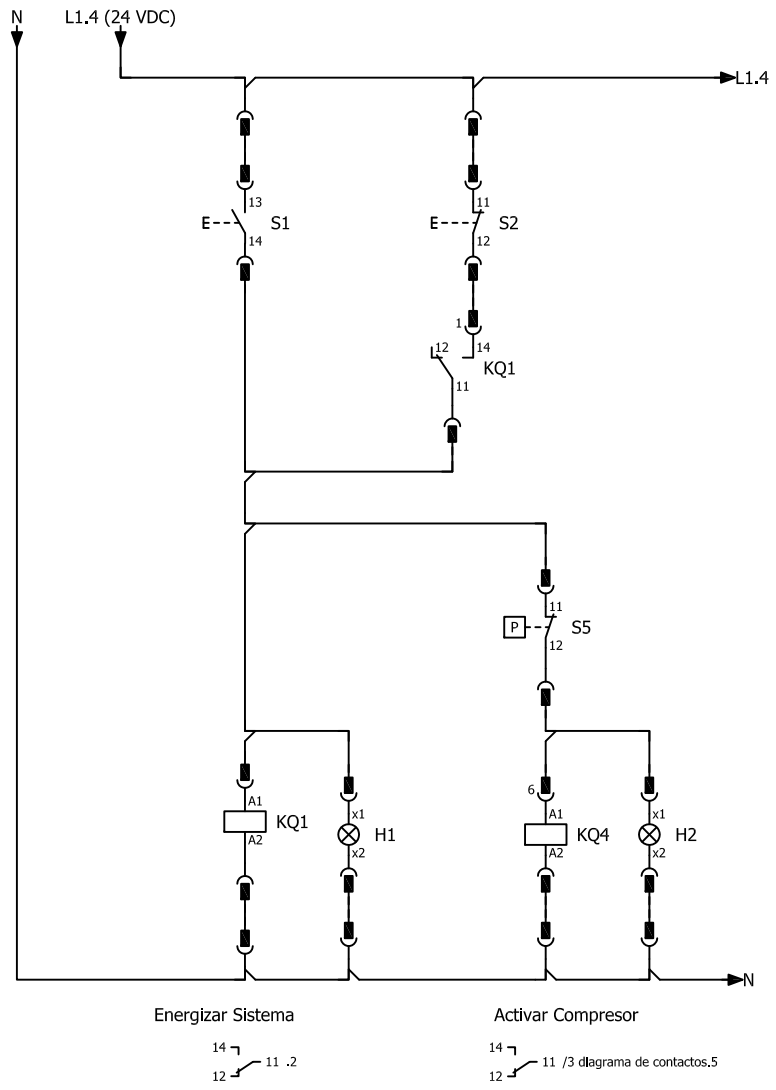
14 / 12 — 11 /3 diagrama de contactos.7

Designación: Diagrama de Control Lógica Cableada	ESCALA	ARCHIVO	FORMATO	UNIDAD DIMENCIONAL
		pdf.01	A3	mm
4 / 8	DI: Abel Teiguel S.		FECHA:	15:03:2010
	UNIVERSIDAD AUSTRAL DE CHILE			

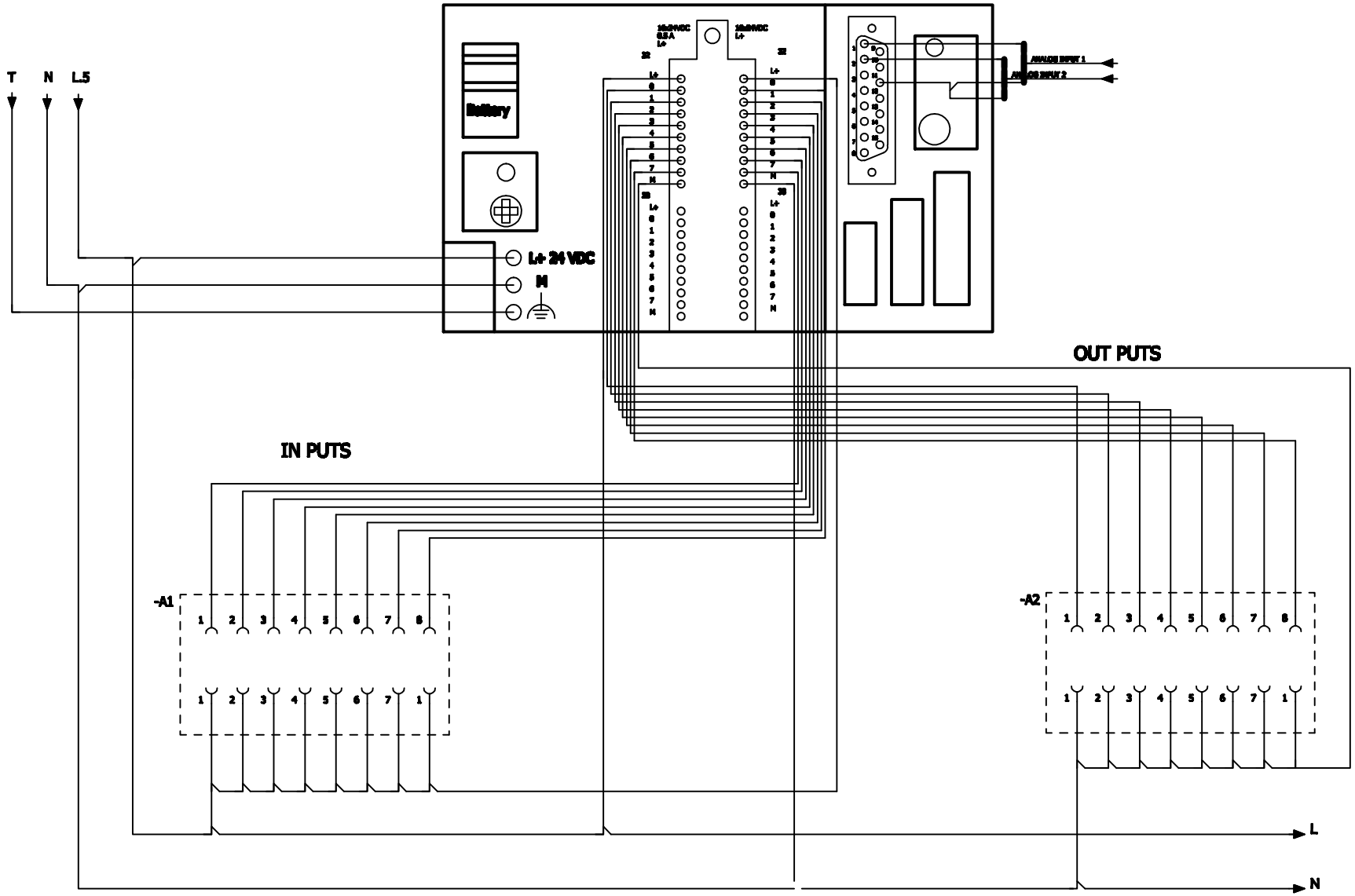


Designación: Diagrama de Conexión Controlador EKC 202C	ESCALA	ARCHIVO	FORMATO	UNIDAD DIMENCIONAL
		pdf.01	A4	mm
	DI: Abel Teiguel S.		FECHA:	15:03:2010
	UNIVERSIDAD AUSTRAL DE CHILE			

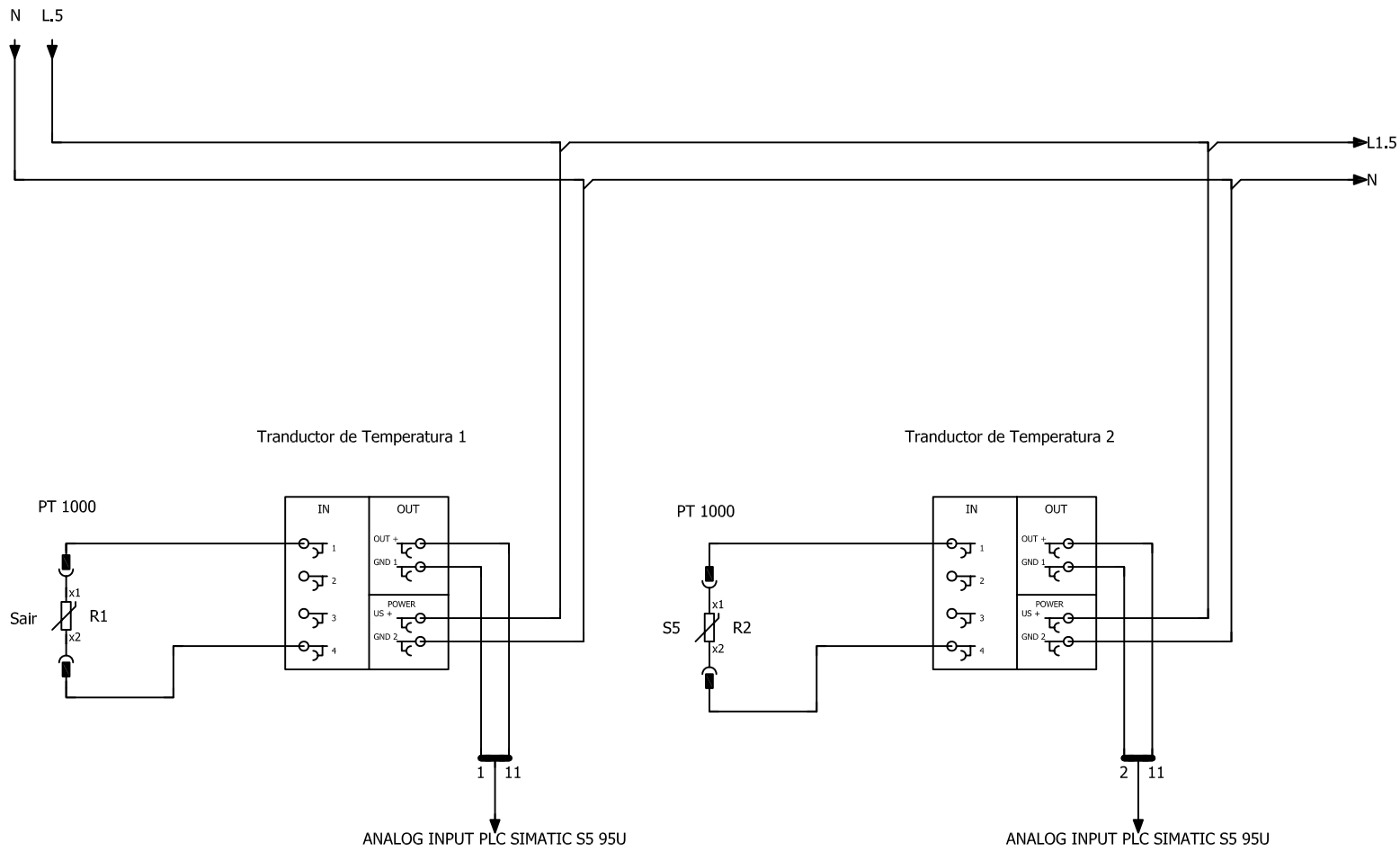
Diagrama de Alimentación



Designación: Diagrama de Control Lógica Compresor	ESCALA	ARCHIVO	FORMATO	UNIDAD DIMENCIONAL	
		pdf.01	A3	mm	
			DI: Abel Teiguel S.	FECHA:	15:03:2010
			UNIVERSIDAD AUSTRAL DE CHILE		



Designación: Esquema de Conexión PLC SIMATIC S5 95U	ESCALA	ARCHIVO	FORMATO	UNIDAD DIMENCIONAL
		pdf.01	A4	mm
	DI: Abel Teiguel S.		FECHA:	15:03:2010
	UNIVERSIDAD AUSTRAL DE CHILE			



Designación: Entradas Analógicas PLC SIMACTIC S5 95U	ESCALA	ARCHIVO	FORMATO	UNIDAD DIMENCIONAL	
		pdf.01	A4	mm	
			DI: Abel Teiguel S.	FECHA:	15:03:2010
8 / 8			UNIVERSIDAD AUSTRAL DE CHILE		