

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación

“La Ingeniería Eléctrica en un Sistema de Refrigeración
Industrial”

INFORME TÉCNICO

Previo a la obtención del Título de:

INGENIERO EN ELECTRICIDAD

Especialización: POTENCIA

Presentado por:

José Manuel Firmino Marques

GUAYAQUIL-ECUADOR

AÑO

1999

AGRADECIMIENTO

A todas las personas y entidades que de alguna u otra forma proporcionaron su invaluable aporte y ayuda para que la ejecución de este trabajo sea factible y de una manera muy especial al Ing. Dennys Cortez, Director de este Informe Técnico por su apoyo.

DEDICATORIA

A MIS PADRES: Por el esfuerzo de darme los medios para aprender.

A MIS PROFESORES: Por enseñarme a aprender.

A MIS AMIGOS: Por la oportunidad que me dieron de aplicar lo que aprendí.

A MI ESPOSA E HIJAS: Por darme el apoyo y paciencia para seguir aprendiendo.

A DIOS: Por permitirlo.

TRIBUNAL DE GRADUACIÓN

Ing. Carlos Monsalve Arteaga
PRESIDENTE

Ing. Dennys Cortéz
DIRECTOR

Ing. Arberto Hanze
MIEMBRO PRINCIPAL

Ing. Juan Gallo
MIEMBRO PRINCIPAL

DECLARACIÓN EXPRESA

“La responsabilidad por los hechos, ideas y doctrinas expuestas en esta tesis, me corresponden exclusivamente; y el patrimonio intelectual de la misma a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL”

(Reglamento de Graduación de la ESPOL)

José Firmino Marques

RESUMEN

En este Informe Técnico se expone la experiencia personal de quince años al servicio de la Industria camaronera en el campo de mantenimiento y refrigeración, se explicará como realicé el diseño y montaje de sistemas de congelamiento, preservación y fabricación de hielo en el procesamiento de camarones.

En el primer capítulo se enfocan los principios fundamentales de un sistema de refrigeración así como el funcionamiento de los distintos equipos que formarán parte del proyecto global, de esta manera el Ing. Eléctrico al tener conocimiento de esto aporta con sus conocimientos, su iniciativa e inventiva para desarrollar un sistema confiable y eficiente tanto eléctrico como mecánico.

También se conocerá como se realizó la elección de los equipos y los distintos métodos de refrigeración elegidos de acuerdo a las necesidades y condiciones del proceso y se analizará la participación del Ing. Eléctrico en la toma de decisiones, las que fueron tomadas en cuenta dada la importancia del proyecto.

En la mayoría de los casos el Ing. Eléctrico participa del proyecto cuando los equipos ya han sido adquiridos y se encuentran ya en el sitio de montaje encontrándose con un sin número de problemas que bien pudieron haber sido solucionados si hubiera participado con su aporte técnico desde el

inicio, dando las especificaciones técnicas requeridas al ordenar los equipos que conforman el proyecto, a los distintos fabricantes, estos problemas son los que reducimos al máximo.

En el segundo capítulo se analiza la importancia y el desempeño del Ing. Eléctrico en la formación del grupo de trabajo en la implantación general del proyecto, en referencia al planeamiento e integración en las distintas áreas que conforman dicho trabajo, tales como Civil, Mecánico, Industrial, Eléctrico y los demás grupos involucrados como son, los representantes de los equipos adquiridos, Gerencia General y Gerencia de Producción de la Industria que financia el proyecto, también el Departamento de Adquisiciones.

Se analiza la manera como se realizó la ubicación de los equipos tanto en la sala de máquinas como en las áreas de producción, contemplando las reglas, especificaciones y los objetivos trazados.

En el tercer capítulo se indica como se realizó el diseño eléctrico de fuerza para todo el proyecto y la metodología aplicada. Se tratará del diseño de la acometida en alta tensión, subestación, tablero de distribución principal, recorrido de conductores y sus especificaciones, tableros de distribución secundarios, alimentación a motores y sistemas de fuerza, auto generación y sincronización de dos generadores, como se tomaron en cuenta las ampliaciones futuras, las condiciones ambientales tales como temperatura,

humedad y corrosión.

En el cuarto capítulo se destina al análisis relacionado con el control de los distintos equipos y como deben ir relacionados entre sí, esto debe tomarse en cuenta debido a que los distintos equipos no fueron adquiridos a un solo proveedor ni son de la misma marca ni procedencia, estos deben ir interconectados entre sí eléctrica y mecánicamente para que realicen un trabajo en común.

Aquí la Ingeniería Eléctrica juega un papel fundamental porque recoge y entiende como fue concebido el proyecto y como deben funcionar los distintos elementos que lo conforman. Se analiza como funciona un compresor de refrigeración tipo tornillo y de pistones, evaporadores, máquinas para la producción de hielo, condensadores, estación de bombeo de líquido refrigerante, sistema de purga automática, descongelamientos manuales y automáticos, por agua y por gas caliente, electroválvulas diseñadas para distintos propósitos, detectores de nivel de refrigerante, electromecánicos y electrónicos, la aplicación de autómatas y computadoras Industriales, para el manejo y control de parámetros, ingreso de datos a dichas computadoras, de acuerdo a las especificaciones de diseño, tanto mecánico como eléctrico, utilización de equipos existentes en el mercado que cumplen funciones ya pre programadas que se ajustan a las exigencias de nuestro diseño.

Se analiza caso por caso, presentando el diseño de control y su explicación

respectiva, así como el sistema de monitoreo de temperatura para poder obtener datos estadísticos y detección de malos funcionamientos y poder corregir a tiempo.

El capítulo quinto trata sobre la corrección del factor de potencia de todo el sistema eléctrico instalado, cuales son los pro y los contra de los distintos métodos que existen para corregir el factor de potencia, y porqué se utilizó el método motor por motor, cuales fueron los resultados obtenidos y la confiabilidad del mismo.

En el sexto y último capítulo se indican los pasos que se siguieron para la ejecución de las instalaciones eléctricas, los controles que se realizaron, así también se expondrá las experiencias obtenidas en el arranque y puesta en marcha del sistema, que dificultades se encontraron y como se solucionaron. En este capítulo se hace hincapié, como el Ing. Eléctrico debe valerse para solucionar daños en equipos, que han fallado por algún motivo y utilizando lo que puede conseguir rápidamente en el mercado local, puede llegar a soluciones que permitan que la producción continúe, disminuyendo las perdidas económicas por equipos paralizados e improductivos.

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
RESUMEN.....	6
ÍNDICE GENERAL.....	10
ABREVIATURAS.....	14
SIMBOLOGÍA.....	15
ÍNDICE DE FIGURAS.....	16
INDICE DE TABLAS.....	24
INTRODUCCIÓN.....	25
1. SISTEMAS DE REFRIGERACIÓN.....	27
1.1. Principio Básico de un Sistema de Refrigeración.....	27
1.2. Equipos que Intervienen en un Sistema de Refrigeración.....	35
1.2.1. Compresores.....	35
1.2.2. Condensadores.....	47
1.2.3. Sistemas de Expansión.....	50
1.2.4. Evaporadores.....	53
1.3. Sistema Inundado.....	54
1.4. Sistema Recirculado.....	58
1.5. Requerimientos del Proyecto y Elección de Equipos.....	60
1.5.1. Cámara de Mantenimiento y Túnel de Congelación.....	60
1.5.2. Congelación Continua por Sal Muera.....	69
1.5.3. Producción de Hielo.....	76

1.6.	Requerimientos Eléctricos de los Equipos.....	79
2.	UBICACIÓN DE EQUIPOS Y ÁREAS DE PRODUCCIÓN.....	84
2.1.	Sala de Máquinas.....	84
2.2.	Silo de Hielo.....	89
2.3.	Cámara de Mantenimiento.....	91
2.4.	Sala de Producción.....	92
2.5.	Diseño de Tuberías.....	94
3.	DISEÑO ELÉCTRICO DE FUERZA.....	101
3.1.	Diagrama Unifilar.....	102
3.2.	Diseño de Subestación.....	115
3.3.	Diseño de Tablero de Distribución Principal.....	121
3.4.	Diseño de Tableros Secundarios.....	130
3.4.1.	Tablero de Control de Congelación por Sal Muera.....	131
3.4.2.	Tablero de Capacitores.....	133
3.4.3.	Tableros de Arranque.....	133
3.5.	Especificaciones Técnicas de Montaje Eléctrico.....	136
3.6.	Diseño de recorrido de Conductores.....	141
4.	DISEÑO ELÉCTRICO DE CONTROL.....	145
4.1.	Sistema de Control de Compresores FRICK.....	146
4.2.	Sistema de Control de Compresores MYCOM.....	157
4.2.1.	Sistema de Control de Compresores Mycom de Pistones.	157

4.2.2.	Sistema de Control de Compresores Mycom de Tornillo...	164
4.3.	Sistema de Control de Túnel Continuo.....	171
4.4.	Diseño de Control de Estación de Bombeo.....	184
4.5.	Diseño de Control de Sala de Máquinas.....	188
4.5.1.	Diseño de Control de Condensadores.....	193
4.5.2.	Diseño de control de Alarmas.....	194
4.5.3.	Diseño de Protecciones de Control y Arranque Automático.....	200
4.5.4.	Purgador de Gases no Condensables.....	204
4.5.5.	Sistema de Sincronización.....	207
4.6.	Diseño de Control de Cámara.....	216
4.7.	Diseño de Control de Sistema de Sal Muera.....	224
4.8.	Diseño de Control de Máquinas de Hielo.....	231
4.9.	Diseño de Sistema de Monitoreo de Temperatura.....	246
5.	CORRECCIÓN DE FACTOR DE POTENCIA.....	260
5.1.	Análisis de Capacidades de los Capacitores.....	260
5.2.	Diseño del Sistema de Corrección.....	270
5.3.	Resultados Obtenidos.....	271
6.	PUESTA EN MARCHA DEL SISTEMA.....	278
6.1.	Normas a Seguir en la Ejecución de una Instalación Eléctrica.....	278
6.2.	Pasos para las Pruebas de una Instalación Eléctrica.....	281
6.3.	Problemas Encontrados y Problemas Solucionados.....	285

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	289
APÉNDICES.....	291
BIBLIOGRAFÍA.....	303

ABREVIATURAS

A	Amperios
HP	Caballos de Fuerza
BHP	Caballos de Fuerza al eje
cm	Centímetros
°C	Grados Centígrados
°F	Grados Fahrenheit
HZ	Hertz (ciclos/segundo)
h	Horas
KA	Kiloamperio
Kg	Kilogramo masa
KV	Kilovoltio
KVA	Kilovoltio amperio
Kw	Kilowattios
lb	Libras masa
psia	Libras/pulgada ² Absolutas
psi	Libras/pulgada ² Manómetro
MBH	Mega Btu/hora
MHz	Mega Hertz
MVA	Megavoltio amperio
m	Metros
ma	Miliamperios
mm	Milímetros
min	Minuto
Ω	Ohmios
', pie	Pie
cfm	Pies cúbicos por minuto
", plg	Pulgadas
rpm	Revoluciones por minuto
seg.	Segundos
TR	Toneladas de Refrigeración
Btu	Unidad Térmica Británica
Btuh	Unidad Térmica Británica Hora
V	Voltios
V ca	Voltios Corriente Alterna
V cd	Voltios Corriente Directa
watt	Wattios

SIMBOLOGÍA

c	Calor específico
Ef	Eficiencia
F	Factor de KW para saber los KVAR
f _p	Factor de Potencia
fp1	Factor de Potencia Inicial
fp2	Factor de Potencia Final
H	Entalpía
HP	Potencia del Motor
I	Corriente Eléctrica
p	Presión
P	Potencia
Q	Cantidad de Calor
S	Entropía
T	Temperatura
U	Energía Interna
v	Volumen
V	Voltaje
w	Trabajo Mecánico

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1.1 Diagrama Esquemático A) de un motor térmico, B) de un motor frigorífico.....	29
Figura 1.2 Diagrama de Flujo Estándar de un Sistema Vapor-Compresión.....	33
Figura 1.3 Ciclo Estandar Vapor-Compresión en el Diagrama Presión Entalpia.....	33
Figura 1.4 Diagrama Presión Entalpia para un Sistema de dos Etapas.....	36
Figura 1.5 Sistema de dos Etapas con dos Evaporadores a Distintas Temperaturas y Enfriador.....	36
Figura 1.6 Compresor Típico de Pistones.....	38
Figura 1.7 Compresor de Pistones de Doble Etapa.....	40
Figura 1.8 Compresor Centrifugo.....	44
Figura 1.9 Compresor de Paletas.....	44
Figura 1.10 Compresor de Tornillo.....	46
Figura 1.11 Condensador Evaporativo.....	49
Figura 1.12 Válvula de Expansión Termostática.....	52
Figura 1.13 Evaporadores cuyo Medio de Transferencia es: A Aire, B	

	Líquido, C Por Contacto.....	55
Figura 1.14	Sistema Inundado en un Evaporador de Serpentin de Tubos.....	57
Figura 1.15	Instalación Típica de un Sistema de Refrigeración con Circulación por Bomba.....	59
Figura 1.16	Diseño Cámara de Mantenimiento.....	62
Figura 2.1	Ubicación de Equipos en Sala de Máquinas.....	87
Figura 2.2	Ubicación de Equipos en Silo de Hielo.....	90
Figura 2.3	Corte de Diseño de Cámara de Mantenimiento.....	93
Figura 2.4	Distribución de los Equipos en la Sala de Producción.....	95
Figura 2.5	Diagrama de Interconexiones Mecánicas, Exterior Sala de Máquinas.....	98
Figura 2.6	Diagrama de Interconexiones Mecánicas en Sala de Máquinas.....	99
Figura 2.7	Diagrama de Interconexiones en Sala de Proceso.....	100
Figura 3.1	Diagrama Unifilar Alimentación.....	110
Figura 3.2	Diagrama Unifilar Proyecto I.....	111
Figura 3.3	Diagrama Unifilar Proyecto II.....	112
Figura 3.4	Diagrama Unifilar Proyecto III.....	113
Figura 3.5	Simbología del Diagrama Unifilar.....	114
Figura 3.6	Diseño de Acometida en Alta Tensión.....	117
Figura 3.7	Diseño de Subestación.....	122

Figura 3.8	Ubicación de las Barras de Distribución en el Tablero Principal.....	127
Figura 3.9	Ubicación de Elementos en el Tablero de Distribución Principal.....	128
Figura 3.10	Diseño de Puertas, Señalización y mando del Tablero de Distribución Principal.....	129
Figura 3.11	Diseño de Tablero de Control, Congelación por Sal Muera.....	132
Figura 3.12	Diseño de Tablero de Capacitores.....	134
Figura 3.13	Tableros de Arranque Diseñados por RAM Industries.....	135
Figura 3.14	Ejemplos de Instalaciones Eléctricas.....	140
Figura 3.15	Diseño de Recorrido de Conductores para los Proyectos I, II y III.....	143
Figura 3.16	Diferentes Formas de Recorrido de Conductores.....	144
Figura 4.1 A	Diagrama de Señales Digitales del Microprocesador RWB II Plus.....	149
Figura 4.1 B	Diagrama de Señales Digitales del Microprocesador RWB II Plus.....	150
Figura 4.2	Diagrama de Señales Analógicas Compresores Frick.....	151
Figura 4.3	Ubicación de Elementos de Control en un Compresor Frick de Tornillo.....	152
Figura 4.4	Diagrama de Control de Arranque de Motores de	

	Compresores Frick de Tornillo.....	159
Figura 4.5	Conexiones de Control entre Microprocesador RWB II Plus, Tablero de Arranque y Tablero de Distribución Principal.....	160
Figura 4.6	Diagrama de Conexiones del Microprocesador MYPRO-K1.....	165
Figura 4.7	Diagrama de Control de Compresor COP 4.....	166
Figura 4.8	Diagrama de Control de Compresor COP 5.....	167
Figura 4.9	Diagrama de Control Bomba de Agua Enfriamiento Compresores COP 4 y COP 5.....	168
Figura 4.10	Nomenclatura Diagramas de Control COP4 y COP 5.....	169
Figura 4.11	Menú de Ingreso de los Parámetros del Microprocesador MYPRO V.....	172
Figura 4.12	Conexiones de las Señales Analógicas en un Microprocesador MYPRO V de Mycom.....	173
Figura 4.13	Diagrama de Señales Digitales Microprocesador MYPRO V.....	174
Figura 4.14	Ubicación de Elementos de Control en un Compresor Mycom de Tornillo.....	175
Figura 4.15	Diagrama de Control de Arranque de Motores de Compresor Mycom de Tornillo.....	176
Figura 4.16	Conexiones de Control entre Microprocesador MYPRO V,	

	Tablero de Arranque y Tablero de Distribución Principal....	177
Figura 4.17	Diseño de Fuerza Túnel Espiral York.....	181
Figura 4.18	Diagrama de Señales de Salida PLC Túnel Espiral.....	182
Figura 4.19	Diagrama de Señales de Entrada PLC Túnel Espiral.....	183
Figura 4.20	Regulaciones Típicas de Control de Nivel en un Sistema de Recirculación.....	187
Figura 4.21	Sistema de Recirculación, Estación de Bombeo, Ubicación de Elementos.....	189
Figura 4.22	Diseño de Control Estación de Bombeo, Sistema de Control de Niveles.....	190
Figura 4.23	Diseño de Control Estación de Bombeo, Sistema de Control de Presión.....	191
Figura 4.24	Nomenclatura de Control en Estación de Bombeo.....	192
Figura 4.25	Diagrama de Control Condensador CON 1.....	195
Figura 4.26	Diagrama de Control Condensador CON 2.....	196
Figura 4.27	Diagrama de Control Condensador CON 3.....	197
Figura 4.28	Diagrama de Control Condensador CON 4.....	198
Figura 4.29	Nomenclatura de Control de Condensadores.....	199
Figura 4.30	Diseño de Control de Sistema de Alarma.....	201
Figura 4.31	Diagrama de Protecciones de Control y Arranque Automático.....	203
Figura 4.32	Purgador de gases no Condensables.....	206

Figura 4.33	Diagrama de Control, Salidas del Purgador.....	208
Figura 4.34	Diagrama de Control 24V de Purgador.....	209
Figura 4.35	Diseño de Control de Sistema de Sincronización.....	212
Figura 4.36	Diseño de Protección contra fallas Trifásicas.....	213
Figura 4.37	Electroválvula Tipo EVRA.....	220
Figura 4.38	Servoválvula Tipo PML.....	220
Figura 4.39	Diseño de Ubicación de Válvulas en Evaporador de Cámara.....	222
Figura 4.40	Diseño de Control de Evaporador # 1 de Cámara.....	225
Figura 4.41	Diseño de Control de Evaporador # 2 de Cámara.....	226
Figura 4.42	Diseño de Control de Evaporador # 3 de Cámara.....	227
Figura 4.43	Nomenclatura de Control de Cámara.....	228
Figura 4.44	Diagrama de Conexiones Mecánicas de Sistema de Sal Muera.....	232
Figura 4.45	Sistema de Control de Pre Frio # 1.....	233
Figura 4.46	Sistema de Control de Pre Frio # 2.....	234
Figura 4.47	Sistema de Control de Congelación en Sal Muera.....	235
Figura 4.48	Nomenclatura de Control de Sal Muera.....	236
Figura 4.49	Ubicación de Elementos en Máquinas de Hielo Nort-Star...	241
Figura 4.50	Diseño de Control de Máquina de Hielo # 1.....	242
Figura 4.51	Diseño de Control de Máquina de Hielo # 2.....	243
Figura 4.52	Diseño de Control de Máquina de Hielo # 3.....	244

Figura 4.53	Ubicación de Elementos en la Trampa de Líquido de las Máquinas de Hielo.....	247
Figura 4.54	Diseño de Control de Trampa de Líquido de Máquinas de Hielo.....	248
Figura 4.55	Nomenclatura de Control de Máquinas de Hielo y Trampa.	249
Figura 4.56	Simbología de Diagramas de Control.....	250
Figura 4.57	Diseño de Monitoreo de Temperatura para los Proyectos I, II, III.....	253
Figura 4.58	Gráfico Típico de Registro de Temperatura de Pre Frio # 2.....	254
Figura 4.59	Gráfico Típico de Registro de Temperatura de Túnel Espiral.....	255
Figura 4.60	Gráfico Típico de Registro de Temperatura de Secado.....	256
Figura 4.61	Gráfico Típico de Registro de Temperatura de Congelación.....	257
Figura 4.62	Gráfico Típico de Registro de Temperatura de Pre Frio # 1.....	258
Figura 4.63	Gráfico típico de Registro de Temperatura de Cámara.....	259
Figura 5.1	Diferentes Maneras de Conexiones de Capacitores.....	267
Figura 5.2	Corrección de Factor de Potencia para Zona de Alimentación.....	273
Figura 5.3	Corrección de Factor de Potencia, Proyecto I	274

Figura 5.4	Corrección de Factor de Potencia, Proyecto II	275
Figura 5.5	Corrección de Factor de Potencia, Proyecto III	276

INDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla I	Ubicación de Equipos en Sala de Máquinas..... 88
Tabla II	Ubicación de Equipos en Silo de Hielo..... 96
Tabla III	Ubicación de Equipos en Cámara de Mantenimiento..... 96
Tabla IV	Ubicación de Equipos en Sala de Producción..... 96
Tabla V	Cargas Eléctricas del Sistema..... 109
Tabla VI	Asignación de Elementos para el Tablero de Distribución Principal..... 125
Tabla VII	Asignación de Elementos para el Tablero de Distribución Principal..... 126
Tabla VIII	Selección del Menú para el Microprocesador KL 1..... 158
Tabla IX	Secuencia de Pasos para Funcionamiento de Evaporadores de Cámara..... 223
Tabla X	KVAR de Capacitores Asociados con Motores..... 268
Tabla XI	Análisis de Capacidades de Capacitores..... 269
Tabla XII	Diseño de Corrección de Factor de Potencia..... 272
Tabla XIII	Resultados Obtenidos..... 277

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo que a continuación se desarrolla trata de demostrar que la presencia de un Ingeniero Eléctrico en la participación de un proyecto de refrigeración Industrial o en cualquier otro, no es meramente la conexión eléctrica de motores o equipos, sino más bien, este con su aporte técnico ayuda a la solución y a la planificación de una idea o necesidad llevándola a la realidad.

Bajo este concepto el Ingeniero Eléctrico debe conocer los principios básicos del tema a tratar y comprender y entender el funcionamiento de cada uno de los equipos y elementos que conforman el proyecto, que en este caso muy particular se trata de un sistema de refrigeración industrial, por lo tanto es conveniente comenzar este informe técnico con una explicación breve de los principios de un sistema de refrigeración, para luego indicar las condiciones dentro del campo eléctrico las que deben ser cumplidas tanto por los fabricantes de los equipos como en su instalación.

Se trata también de transmitir la experiencia obtenida a lo largo de quince años vinculados a este campo, los cuales proporcionaron una visión más amplia para poder elegir en muchos de los casos el sistema más apropiado para las necesidades requeridas.

Se explica además la metodología aplicada para realizar el diseño tanto de fuerza como de control, la corrección del factor de potencia y normas a

seguir para una correcta instalación de lo diseñado. Como se verá en la metodología aplicada no se basa en cálculos matemáticos complejos para determinar ciertos parámetros necesarios para realizar el diseño eléctrico, sino más bien se utiliza información ya existente en tablas y programas desarrollados por algunos fabricantes de equipos eléctricos, información que se transforma en una herramienta muy importante para el Ingeniero.

Otro de los puntos que vale la pena resaltar, es la utilización de elementos existentes en el mercado que han sido desarrollados para realizar un funcionamiento específico y de cómo se acoplaron a las necesidades del diseño, para esto el Ingeniero debe tener conocimiento de su existencia y poder completar su trabajo con ellos.

CAPÍTULO 1

1. SISTEMAS DE REFRIGERACIÓN

Desde que el hombre tuvo la necesidad de preservar sus alimentos para su consumo posterior, se vio en la obligación de desarrollar un sistema que permita mantener sus condiciones originales durante un largo tiempo para su utilización en el momento requerido. De aquí nació la refrigeración cuyo fin es la disminución de la temperatura de los cuerpos a conservarse, que en algunos casos hay que llegar a temperaturas de solidificación de los cuerpos como es el caso de los productos cárnicos y en otros a temperaturas mas bajas que el ambiente pero sin llegar a la solidificación, como es el caso de los vegetales.

1.1 Principio Básico de un Sistema de Refrigeración

Para poder comprender el principio de funcionamiento de un sistema de refrigeración hagamos un comparativo entre una máquina térmica y una máquina de refrigeración.

En la figura 1.1 se representa esquemáticamente la distribución de las energías y trabajo de cada una de las máquinas, en (A) se representa una máquina térmica y en (B) una máquina de refrigeración.

Como se puede observar en la máquina térmica, el motor representado por un círculo recibe la energía calorífica Q_2 de un foco externo que está a temperatura T_2 elevada, transformando esta en trabajo W , dejando escapar el agente de transmisión, al ambiente con una energía Q_1 y a una temperatura T_1 mas baja. Aquí el trabajo W realizado por la máquina es igual a la diferencia entre el calor suministrado y el calor rechazado.

$$W = Q_2 - Q_1$$

En la máquina de refrigeración o frigorífica se puede considerar que esta funciona en sentido inverso, esto es, la máquina frigorífica toma calor Q_1 a una temperatura T_1 baja y se le suministra un trabajo mecánico W y la suma de estos lo expulsa en forma de calor Q_2 a una temperatura mas elevada T_2 . De esta manera se puede definir que

$$Q_2 = Q_1 + W$$

Ahora bien una vez entendido el funcionamiento de una máquina frigorífica más comúnmente llamado compresor, debemos pasar a analizar como se logra la baja temperatura para poder absorber el calor de los cuerpos que se requieren congelar o preservar. Para esto debo remitirme a la propiedad que tienen algunas sustancias (líquidos refrigerantes) que al sufrir una expansión al vacío o a una presión inferior

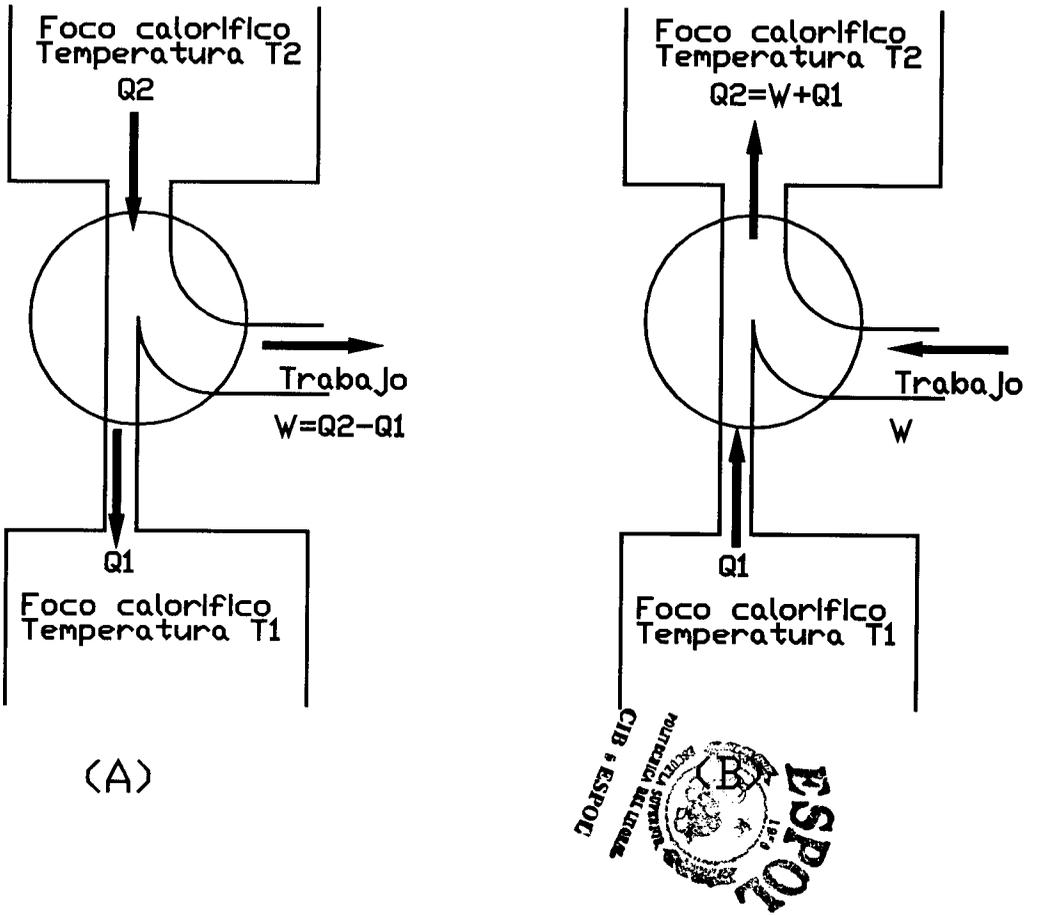


Figura 1.1. DIAGRAMA ESQUEMÁTICO A) MOTOR TÉRMICO
B) MOTOR FRIGORÍFICO

a su estado inicial, este absorbe calor del medio ambiente evaporándose a una temperatura muy baja, temperatura que tenderá a igualarse a cualquier cuerpo que se encuentre cerca o junto a este, produciendo el efecto de refrigeración deseado.

Ya se conoce ahora si, dos procesos de un sistema de refrigeración, quedaría solamente correlacionarlos en un ciclo cerrado como en todo sistema de termodinámica, para ser más entendible utilizaremos para la explicación, el diagrama Presión-Entalpía, indicado en la figura 1.3.

En la figura 1.2 se representa el ciclo básico de refrigeración en la que comprende los siguientes procesos:

A.- Máquina térmica o Compresor

B.- Condensador

C.- Proceso de expansión

D.- Evaporador.

Antes de comenzar la explicación del ciclo de refrigeración o también denominado ciclo de vapor - compresión, se debe recordar algunas definiciones y conceptos de termodinámica.

Transformación isoterma: Se denomina isoterma a cualquier transformación que ocurre a temperatura constante.

Transformación isocora: Se dice que una transformación es isocora cuando el cuerpo que la experimenta no cambia su volumen.

Transformación isobárica: Se denomina transformación isobárica la que se realiza a presión constante.

Transformación adiabática: Es una transformación que tiene lugar de modo tal que el sistema no gana ni pierde calor.

Entropía: Es el cociente entre el calor Q y la temperatura T a la que interviene. Se la denomina con S .

$$S = Q/T$$

Entalpía: Es la suma de la energía interna U más la presión por el volumen en que ocurre el evento. Se la denomina H .

$$H = U + pv$$

Cantidad de calor Q : Es la energía que hay que comunicar o extraer a una masa para cambiar su temperatura.

Calor específico c : Es la cantidad de calor que hay que suministrar a una unidad de masa para variar su temperatura un grado.

Ahora bien con estos conceptos básicos se puede estudiar y analizar lo que ocurre en un ciclo vapor – compresión en un sistema de refrigeración, ver figura 1.2 y la gráfica presión – entalpía en la figura 1.3.

Proceso 1-2: Este proceso ya se lo trató anteriormente en el funcionamiento de una máquina frigorífica en la cual esta toma el vapor a una presión y temperatura baja y la comprime utilizando una fuente de suministro de trabajo mecánico, que en este caso particular de este informe técnico, el suministro de trabajo es a través de un motor eléctrico.

Esta compresión ocurre en el interior del compresor disminuyendo el volumen del gas aumentando por consiguiente su temperatura, este proceso ocurre en una transformación a entropía constante.

Proceso 2-3: El vapor a alta temperatura y a alta presión que entrega el compresor es circulado por un condensador, que su objetivo consiste en rechazar calor al medio ambiente condensando el vapor manteniendo la presión constante, por ende este proceso es una transformación isobárica, la manera de rechazar calor al ambiente normalmente es utilizando aire forzado y/o agua. Como se puede apreciar en el punto 3 se tiene líquido refrigerante a una presión elevada.

Proceso 3-4: Aprovechando que se tiene líquido refrigerante a alta presión, se lo expone al principio de expansión al vacío explicado anteriormente. Este proceso ocurre a entalpía constante, pasando de líquido saturado a alta presión a vapor + líquido a baja presión, produciendo un cambio de temperatura negativo, en el momento de realizar la transferencia de calor con el cuerpo que se quiere conservar o congelar, esto ocurre en el evaporador que se lo verá más adelante.

La temperatura de evaporación depende de la presión en que se encuentre el líquido saturado y además cada líquido refrigerante no tiene la misma temperatura de evaporación a la misma presión, esto indica que al diseñar un sistema de refrigeración, en el momento que se determina que líquido refrigerante se va a utilizar, se debe trabajar con las tablas

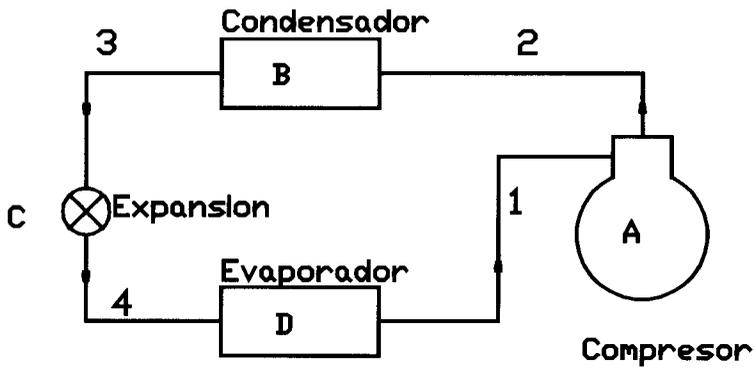


Figura 1.2. DIAGRAMA DE FLUJO ESTANDAR DE UN SISTEMA VAPOR - COMPRESION

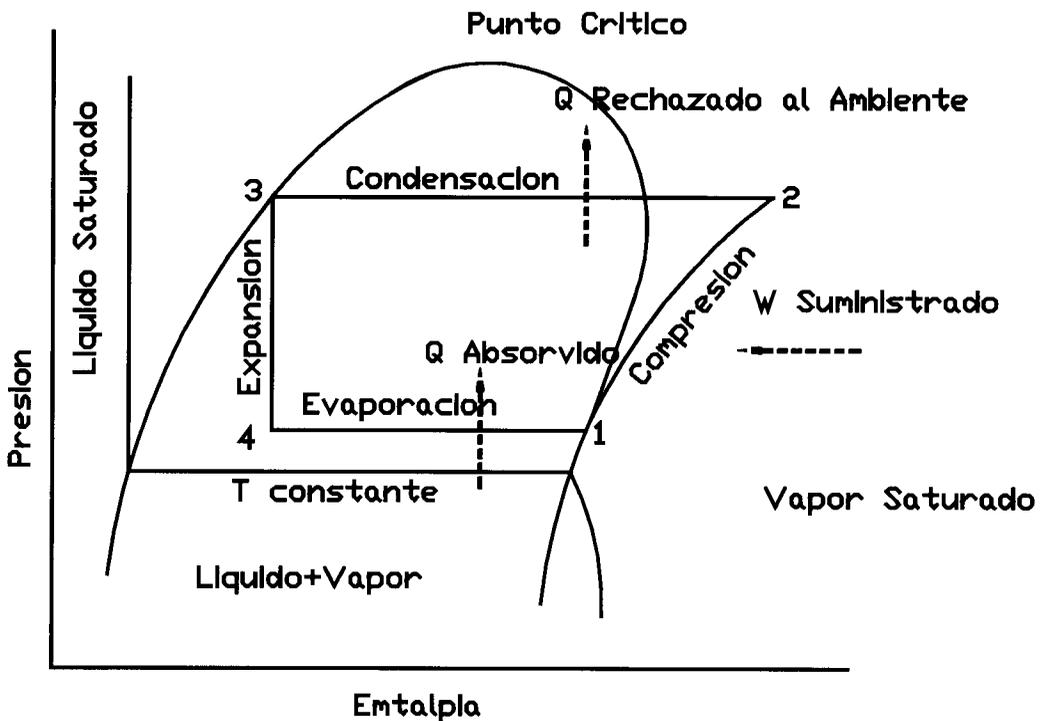


Figura 1.3. CICLO ESTANDAR, VAPOR-COMPRESIÓN EN EL DIAGRAMA PRESIÓN - ENTALPIA

características de ese refrigerante, ver apéndices B, C y D.

Proceso 4-1: La baja temperatura a baja presión del líquido en el punto 4 es aprovechada por el evaporador para absorber la energía calorífica del medio en que se encuentra, esta transformación ocurre a presión constante, por ende es isobárica, en este proceso el líquido+vapor que entra al evaporador es convertido a vapor saturado por la transferencia de calor generada en el intercambiador de calor. Se puede concluir que un evaporador es un equipo que capta la energía calorífica del ambiente donde está instalado, este intercambio, evapora el líquido refrigerante que tiene en su interior transmitiendo la baja temperatura a través de un agente que puede ser aire o algún líquido.

Cuando termina este proceso de evaporación, el vapor saturado a presión baja ingresa nuevamente al compresor, repitiendo nuevamente el ciclo.

Dependiendo a que temperaturas se quieren llegar y del líquido refrigerante a utilizar, cuando se requiere temperaturas que sobrepasan los $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$, o sea $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ o $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$, cuando se trata de amoníaco y de compresores de pistón el proceso de compresión no se lo puede realizar en una sola etapa ya que la temperatura de salida del vapor excedería los rangos permisibles por la mayoría de los fabricantes y el trabajo mecánico requerido no tendría la misma eficiencia, de esta manera cuando las condiciones de relación entre la presión de descarga y de

succión excede en 8 veces, el proceso de compresión debe ser realizado en dos etapas, o sea utilizando dos compresores, el comportamiento del ciclo vapor – compresión lo podemos observar en la figura 1.4, en la que 1-2 es la compresión del primer compresor (compresor de etapa baja o también denominado Booster), 2-3 representa el enfriamiento entre las dos etapas y 3-4 la compresión del segundo compresor (compresor de etapa alta).

Esta modalidad también es muy utilizado cuando en un sistema de refrigeración se tiene dos requerimientos de temperatura, una media y otra baja, de esta manera se conectaran los evaporadores de baja temperatura a la presión mas baja y los evaporadores de media temperatura a la presión intermedia, tal como muestra la figura 1.5.

1.2 Equipos que Intervienen en un Sistema de Refrigeración

Como se puede observar en el tema anterior existen 4 equipos fundamentales en un proceso de refrigeración, siendo estos: Compresor, Condensador, Sistema de expansión y Evaporador, los que se tratarán a continuación uno por uno.

1.2.1 Compresores.

Existe en la actualidad gran variedad de compresores en el mercado, de acuerdo a las necesidades de cada sistema de refrigeración, se puede resumir en los tres tipos, mas comúnmente usados, como son: Alternativos o de pistón, los Rotativos y los Centrífugos. Dentro

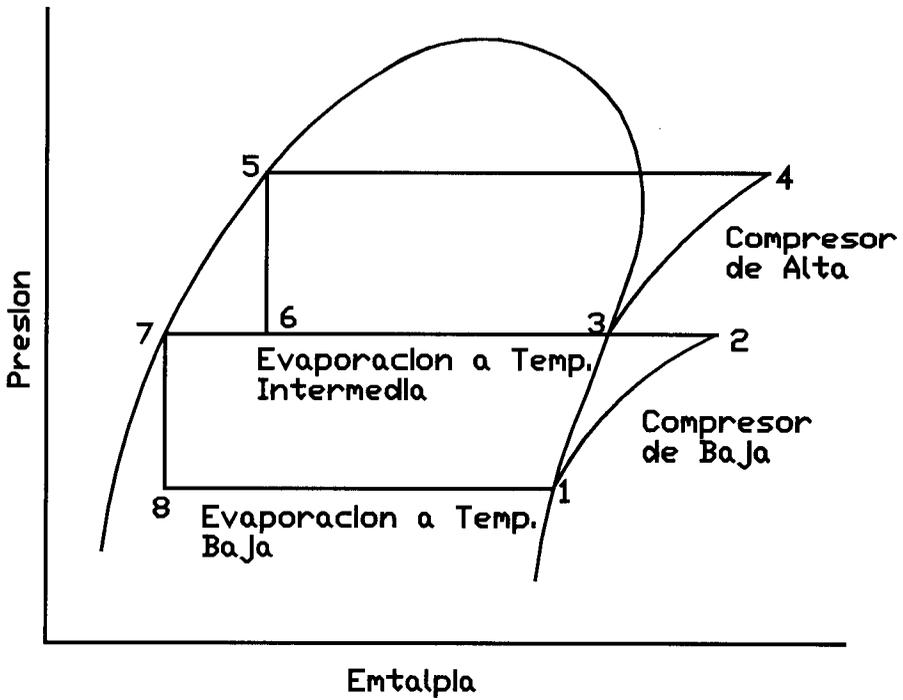


Figura 1.4. DIAGRAMA PRESION-ENTALPIA PARA UN SISTEMA DE DOS ETAPAS

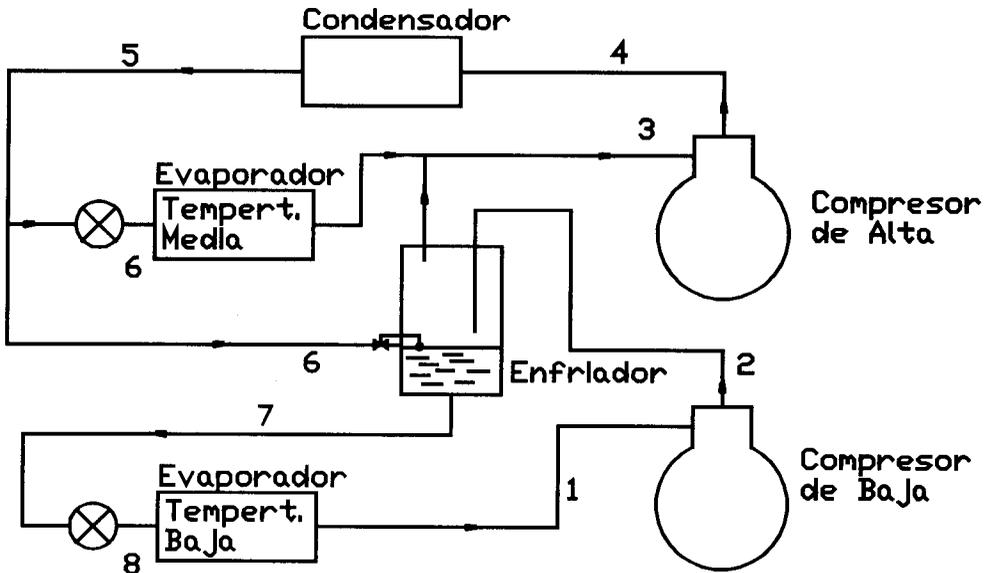


Figura 1.5. SISTEMA DE DOS ETAPAS CON DOS EVAPORADORES A DISTINTAS TEMPERATURAS Y ENFRIADOR

de los rotativos se los puede clasificar en compresores de paletas y los de tornillo.

Esta clasificación se la realiza por tipo de máquina, esto es, de acuerdo al método que se utiliza para absorber y comprimir el gas refrigerante.

A continuación se explicará su definición y el modo de operación de cada uno de estos compresores, poniendo mas énfasis a los alternativos y de tornillo ya que son los utilizados en este proyecto.

Compresores Alternativos: También denominados reciprocantes, son aquellos de desplazamiento positivo que cambia al volumen interno de la(s) cámara(s) de compresión por el movimiento reciproco de uno o más pistones.

En la figura 1.6 se muestra un compresor típico de pistones cuyas partes fundamentales son:

- 1.-Cuerpo del compresor (cárter de los cilindros)
- 2.-Dispositivo de transformación de movimiento circular a movimiento alternativo (sistema biela-cigüeñal).
- 3.-Cámara de aspiración y compresión (camisa)
- 4.-Dispositivos obturadores (válvulas).
- 5.-Dispositivo de control de capacidad.
- 6.-Dispositivo de lubricación.
- 7.-Dispositivos de protección.

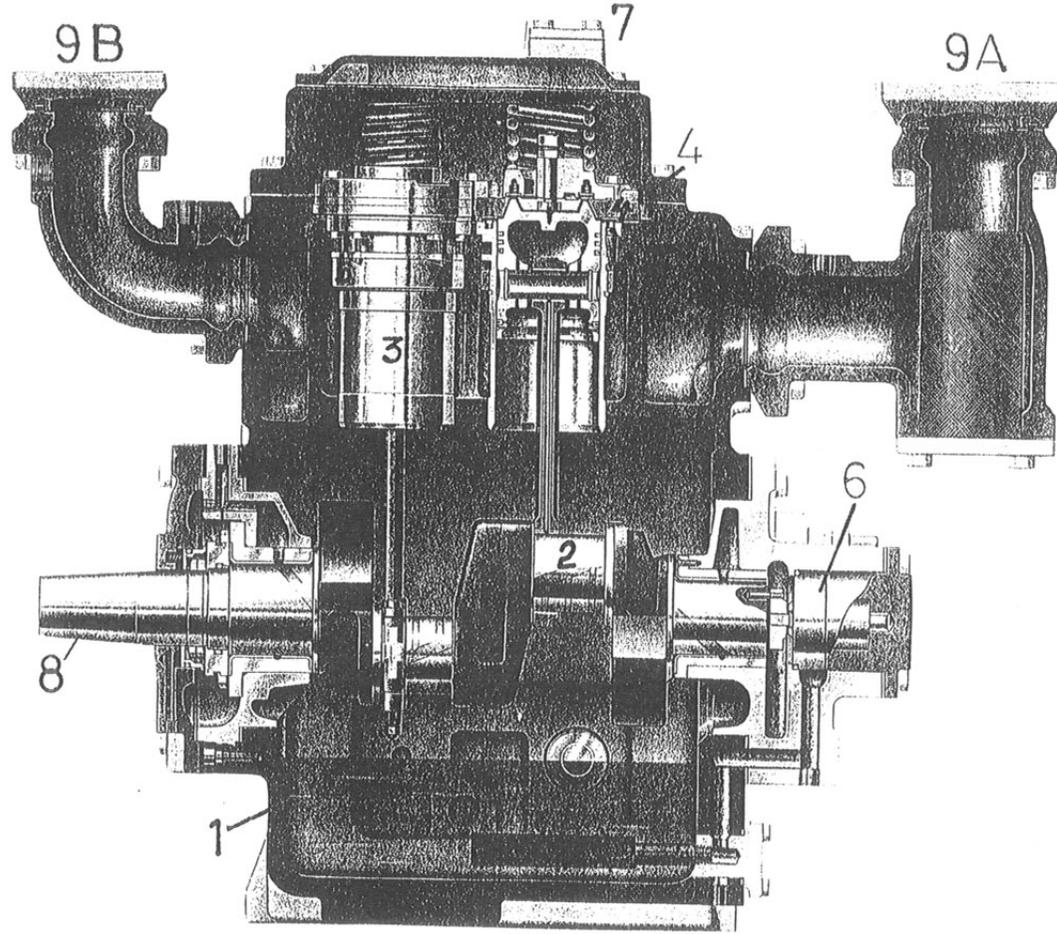


Figura 1.6

COMPRESOR TIPICO DE PISTONES (Cortesla de Mycom)

8.-Toma fuerza del trabajo mecánico (motor eléctrico).

9.-Entrada (9 A) y salida del vapor (9 B).

Funcionamiento: El gas ingresa por la toma de entrada 9A el cual es absorbido por la carrera de los pistones, a través de las válvulas de succión 4, determinando el volumen aspirado por el área del cilindro y la longitud de su desplazamiento hacia abajo, una vez que el cilindro termina su carrera en la parte inferior, este comienza a comprimir el gas en su interior, cerrando la válvula de admisión y abriendo la válvula de descarga , enviando el gas a mayor presión a la segunda cámara y posteriormente saliendo al sistema por la toma 9B. Este proceso se repite por igual en todos los demás pistones.

Los compresores alternativos los fabrican normalmente de pistones pares principalmente los de tipo industrial ya sean estos de 2, 4, 6, hasta 12 pistones.

En algunos casos dependiendo del diseño o de los requerimientos, del sistema de refrigeración, existen compresores que cubren las dos etapas descritas anteriormente, esto es por ejemplo, un compresor de 8 pistones, pueden trabajar 6 pistones en la primera etapa y el gas de esta etapa entra en los dos pistones restantes, volviendo a comprimir aun más el gas, de esta manera el compresor se denomina de doble etapa, teniendo en la etapa intermedia el respectivo enfriamiento ver figura 1.7.

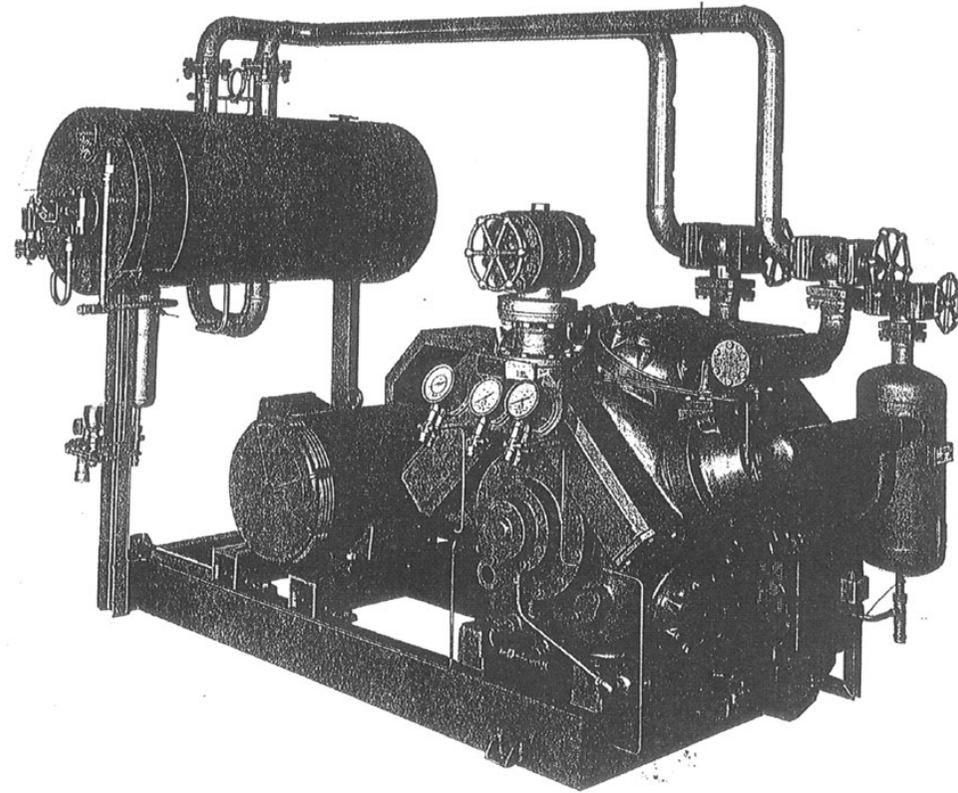


Figura 1.7 COMPRESOR DE PISTONES DE DOBLE ETAPA (GRAM de Dinamarca)

Figura 1.7.

La mayoría de estos compresores tienen instalados un sistema de control de capacidad, que no es más que, mediante un sistema hidráulico que utiliza la presión de aceite de lubricación, desconecta las válvulas de succión, levantándolas, de tal manera que el pistón no realiza ningún trabajo, o sea, el gas que aspira en la camisa, lo vuelve a expulsar a la misma presión y temperatura en la misma cámara de succión. Este sistema puede ser controlado mediante una válvula manual que corta el paso de la presión de aceite al sistema de control de capacidad o también a través de una electroválvula, para que el control sea automatizado. Con este control lo que se logra es la disminución de capacidad de compresión para mantener una presión estable en la succión, de esta manera se logra controlar los requerimientos del sistema y disminuir el consumo de energía eléctrica, consumo innecesario si el sistema ya se encuentra en el rango de presión de succión de diseño.

Cabe destacar que no todos los fabricantes tienen la misma norma, algunos desconectan el funcionamiento de los pistones permitiendo el paso de la presión de aceite y otros desconectan cerrando el paso de la presión de aceite al control de capacidad. Es deber del Ing. Eléctrico investigar este funcionamiento en el compresor, para diseñar el sistema de control de capacidad adecuado, así mismo se debe tomar en cuenta que, aún que los compresores reciprocantes pueden girar

en cualquier sentido, no así la bomba de lubricación que normalmente tiene un solo sentido y esta va acoplada al cigüeñal, determinando el sentido de rotación del compresor.

Dentro de las protecciones de un compresor, existen tres tipos: Las mecánicas, las electromecánicas y las netamente eléctricas.

Las mecánicas se basan en la seguridad de una sobre presión a la descarga del compresor, para lo cual la mayoría de los compresores tienen instaladas válvulas calibradas para operar de acuerdo a los rangos permisibles por el fabricante, descargando la sobre presión ya sea a la parte de baja o al ambiente.

Las protecciones electromecánicas básicamente son: Alta presión, alta temperatura en la descarga, baja presión de succión y deficiencia de presión de aceite en el sistema de lubricación. Todos estos aparatos se los tratará posteriormente, en el sistema de control y protección, e incluso se verá que en la actualidad estas protecciones son manejadas electrónicamente mediante transductores y micro procesadores, pero en definitiva todos ellos se basan en la apertura de un interruptor de control que debe anular el circuito de arranque del motor eléctrico del compresor.

Las netamente eléctricas protegen básicamente al motor eléctrico, siendo estas: Relé de sobre corriente, falla de una de las fases de alimentación al motor (principalmente sí es trifásico) y disyuntor de

protección de cortocircuitos.

Compresores centrífugos: Se lo puede definir como un compresor de desplazamiento no positivo que depende de la fuerza centrífuga para producir la elevación de la presión. Este compresor emplea el aumento de la energía cinética del fluido, obtenida al utilizar la fuerza centrífuga provocada por la gran velocidad periférica en que el fluido sale de los álabes del rotor, velocidad que al pasar por un difusor con la consiguiente caída de velocidad, obtiene un aumento de presión.

Los álabes instalados en la succión tienen la finalidad de dar una pre rotación al flujo del gas a la entrada y al mismo tiempo mediante un accionamiento que puede ser mecánico o electromecánico puede variar su posición para regular la cantidad de gas que va a manejar el compresor, por ende controla su capacidad, ver figura 1.8.

Compresores Rotativos: Los compresores rotativos son en realidad una variante de los compresores de pistones, en la que los pistones han sido reemplazados por órganos de giro o rodantes animados de diversos movimientos rotativos.

Los compresores de paletas se componen, como se lo puede observar en la figura 1.9, de un estator que en este caso haría las veces de la camisa y un rotor instalado de manera excéntrica, con respecto al estator, este rotor contiene una o más paletas que se encuentran constantemente en contacto con el estator. Estas paletas en el

Figuras 1.8 y 1.9.

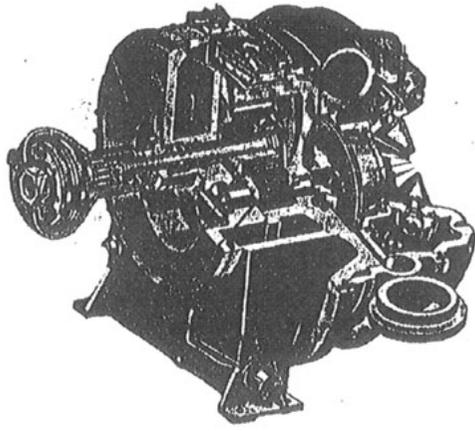


Figura 1.8 COMPRESOR CENTRIFUGO

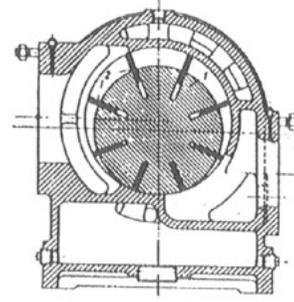


Figura 1.9 COMPRESOR DE PALETAS

momento de girar el rotor producen una variación de volumen en su recorrido, transformándose del lado en que el volumen aumenta en la succión del gas y el lado en que disminuye, en el lado de compresión.

Los Compresores rotativos de tornillo son los mas utilizados en la industria de la refrigeración ya que denota una mayor eficiencia en su trabajo y permite un mayor control de la carga del sistema de refrigeración, como su control de capacidad puede variar desde 10% a 100% y lo realiza en forma infinitesimal, se puede lograr un ajuste más preciso de los parámetros de trabajo, a diferencia de los compresores de pistones que pueden variar la carga en pares de pistones, como por ejemplo, uno de 6 pistones solo puede trabajar al 33%, 66% o 100%, en cambio el de tornillo en cualquier rango.

En un cárter se alojan dos rotores helicoidales de un mismo diámetro exterior denominador rotor macho y rotor hembra. El macho tiene cuatro lóbulos que engranan dentro de seis canales del rotor hembra, el rotor macho va acoplado al mando motriz (motor eléctrico) y acciona libremente el rotor hembra. Durante la rotación, normalmente a 3.600 rpm, los dos rotores aprisionan en el cárter un volumen de gas que es transportado en forma continua, desde un extremo al otro extremo del engranaje de los dos tornillos, donde se hallan opuestas las aberturas de aspiración y descarga, proceso que se repite en cada lóbulo.

La variación de capacidad del compresor de tornillo se la realiza por

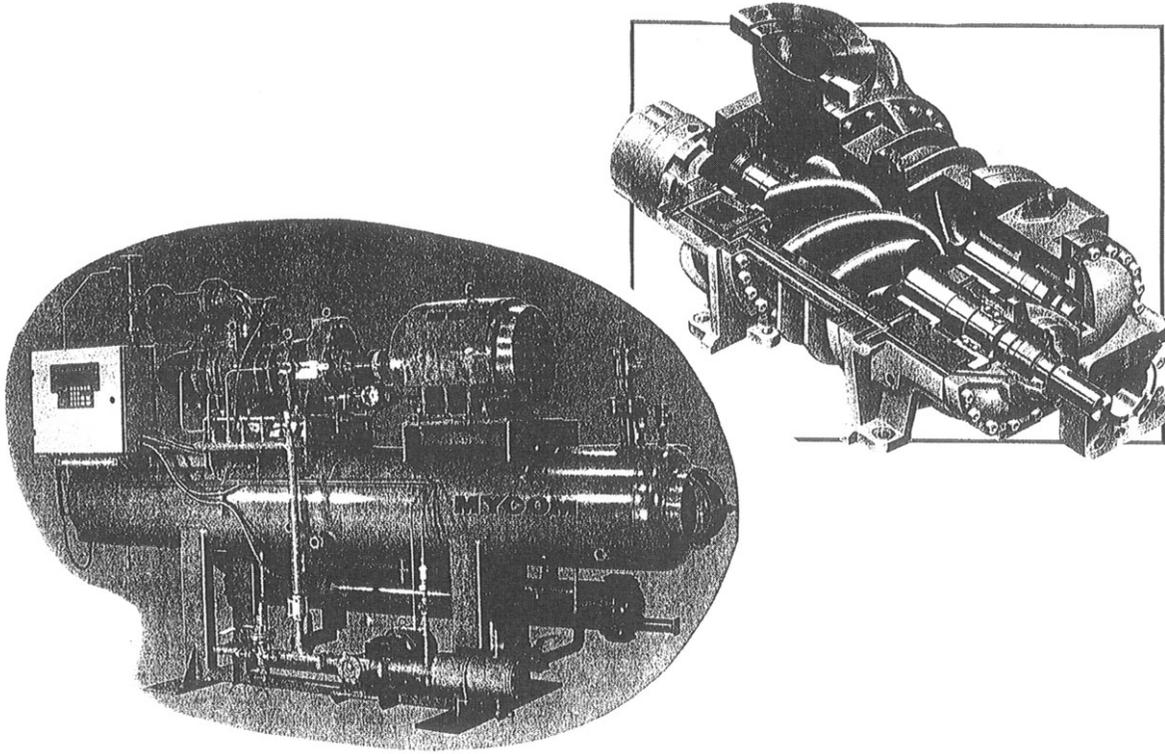


Figura 1.10.

Figura 1.10 COMPRESOR DE TORNILLO (Cortesa de Mycom)

medio de un dispositivo deslizante acoplado en la parte inferior de los tornillos y manejado por un sistema hidráulico que utiliza la propia presión de aceite de lubricación, se emplaza modificando a lo largo de los rotores el punto donde debe empezar la compresión.

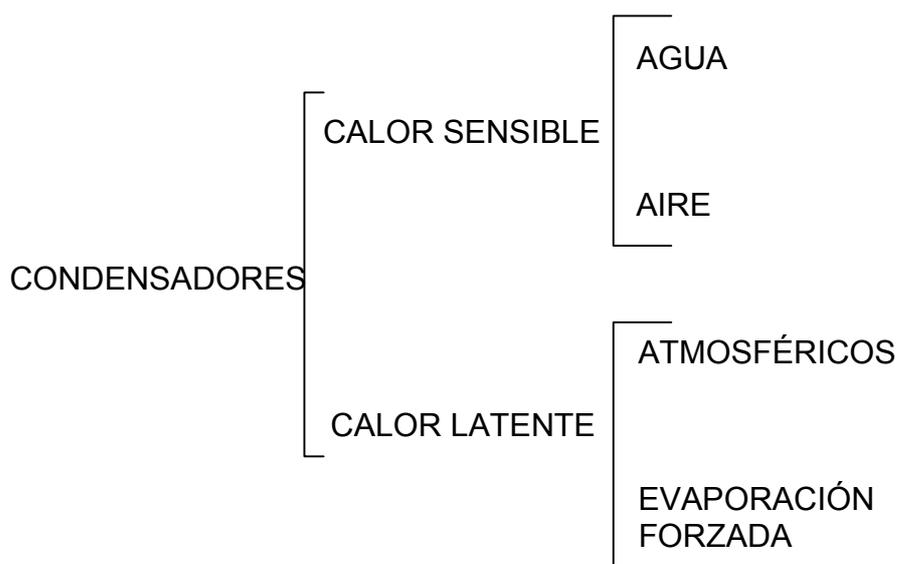
La lubricación de este tipo de compresores, a diferencia de los de pistones, el aceite se mezcla con el gas que se comprime ya que dicha capa de aceite entre los dos rodillos es la que produce el sello de la cámara de compresión, por ende debe existir en todo compresor de tornillo un separador de aceite, tal como muestra la figura 1.10.

En lo referente a las protecciones se debe tomar en cuenta relativamente las mismas protecciones para un compresor de pistones con la diferencia que actualmente la mayoría de estos compresores, los fabricantes los proveen con un microprocesador para manejar todos los parámetros y todas las protecciones del compresor, sistema que se lo analizará en el capítulo 4.

1.2.2 Condensadores.

La finalidad del condensador en un sistema de refrigeración ya quedó definida anteriormente, por lo que se puede resumir que es un equipo capaz de absorber calor de la descarga de un compresor y rechazarla en la mayoría de los casos al medio ambiente permitiendo bajar la temperatura del gas refrigerante saturado transformándolo en líquido saturado, a la misma presión.

Existe una gran cantidad de tipos de condensadores, disponibles en el mercado, dependiendo del uso y requerimientos de los sistemas de refrigeración, pero se puede clasificarlos de acuerdo al siguiente cuadro:



Para nuestro interés se estudiará el condensador por evaporación forzada, también denominados condensadores evaporativos, que son los utilizados en este proyecto.

El condensador evaporativo consta de las siguientes partes, ver figura 1.11. El gas que viene de los compresores ingresa por la entrada superior 1 el cual es distribuido en un serpentín de tubos más pequeños con la finalidad de aumentar el área de transferencia de calor el que, es realizado mediante una lluvia de agua procedente de los atomizadores 2 bombeados por una bomba de agua 3 del recipiente 4, a su vez un ventilador 5 produce una contracorriente de

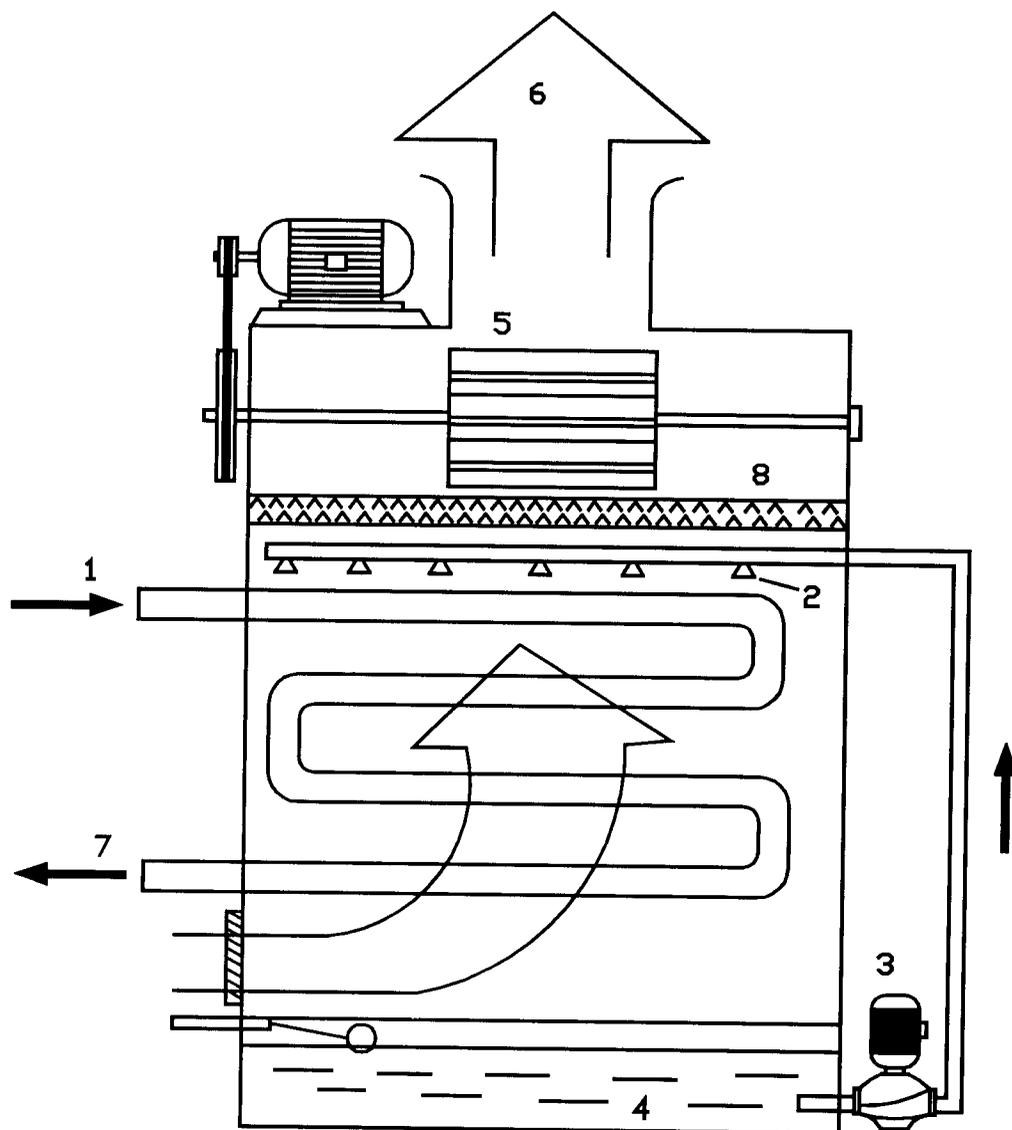


Figura 1.11. REPRESENTACIÓN ESQUEMÁTICA DE UN CONDENSADOR EVAPORATIVO

aire logrando dos propósitos, enfriando el agua y produciendo una evaporación forzada, de esta manera el calor retirado del gas es enviado al ambiente en 6 y el condensado sale por 7, se utiliza un separador de gotas 8 para evitar desperdicio de agua y también mayores daños en el ventilador.

Eléctricamente se puede observar que existen dos motores a considerarse, la bomba de agua y el ventilador y como se puede dar cuenta es imperativo que si uno de los dos motores se paraliza debe existir una señal eléctrica de control que desconecte el(los) compresor(es) ya que si no existe buena condensación, la presión de descarga del sistema aumenta, poniendo en peligro toda la instalación. En la elección del condensador además de tomar en cuenta la cantidad de calor que debe rechazar, también se debe tomar en cuenta la humedad relativa y la temperatura ambiental, porque como es evaporativo debe disponer de espacio en el aire para absorber dicha evaporación, ver apéndice como determinar la humedad relativa.

1.2.3 Sistemas de Expansión.

Para lograr la expansión del líquido saturado hacia el lado de baja presión, básicamente se utiliza tres métodos, que son: Tubos capilares, válvulas de expansión y válvulas flotadoras.

Los tubos capilares se los utiliza en sistemas pequeños y se basan en disminuir el área de circulación del refrigerante, la presión sufre una

caída debido a la fricción y aceleración del refrigerante dentro del tubo produciendo el efecto esperado.

Las válvulas de expansión son realmente sistemas que restringen el paso del refrigerante, a través de un pequeño orificio o ranura que produce la estrangulación, dentro de este tipo existen las automáticas y las manuales. Las manuales son operadas por el hombre y una vez que se las regula, el área del orificio por donde pasa el refrigerante es siempre la misma, independiente de las condiciones de operación del sistema, en cambio las automáticas mantienen constante la variable para la cual fueron construidas variando la apertura abriendo o cerrando el orificio. Existen dos tipos de válvulas de expansión de esta clase, las de presión constante y las de temperatura constante, esta última también denominada termostática.

Las de presión constante censan la presión interna del evaporador y tratan de mantenerla constante, de tal manera que si la presión disminuye el área del orificio aumenta permitiendo mayor flujo y viceversa. Las termostáticas en cambio censan la temperatura de salida del gas del evaporador y actúan sobre la apertura del orificio de acuerdo al valor regulado. La acción sobre el vástago de apertura lo realizan a través de un diafragma, que en el caso de la termostática este diafragma es accionado por un líquido confinado en un bulbo que varía su presión interna de acuerdo a la temperatura censada, ver

Figura 1.12

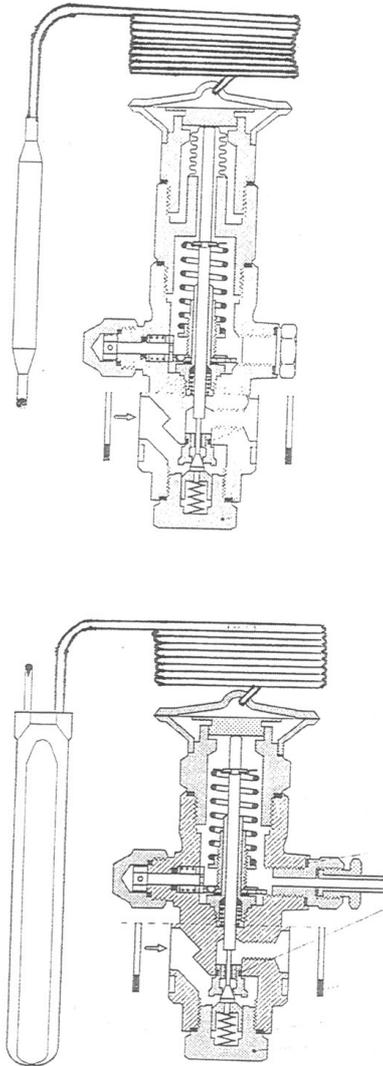
Figura 1.12 VALVULA DE EXPANSIÓN TERMOSTÁTICA
(Danfoss)

figura 1.12.

En los casos particulares en que se requiere mantener un nivel determinado de líquido dentro del evaporador, se utiliza una válvula de expansión controlada por un flotador, de tal manera que esta se abre cuando el líquido baja su nivel y lógicamente se cierra cuando el líquido llega al nivel requerido. En este tipo de condiciones también puede haber variantes como por ejemplo, se puede combinar una válvula de expansión manual con un control de nivel acoplado a un interruptor eléctrico y una electroválvula, para mantener el nivel del líquido refrigerante en un evaporador, como se lo va a ver en los capítulos posteriores ya que este sistema lo utilicé en algunos evaporadores del proyecto de este informe técnico.

1.2.3 Evaporadores.

El último elemento del ciclo de vapor – compresión es el evaporador, cuya finalidad es servir de cambiador térmico para captar o absorber el calor de los cuerpos hacia el líquido refrigerante produciendo su evaporación, utilizando para el efecto un medio de transmisión de calor que puede ser un metal, metal+aire o metal+líquido.

Como la transmisión térmica va en relación directa con la superficie de evaporación, todo evaporador está compuesto por una serie de serpentines, que conducen el líquido refrigerante, cuando se trata de aire estos serpentines tienen además alrededor de los tubos aletas,

con la finalidad de aumentar la superficie de transferencia.

Existen también evaporadores por contacto que en vez de tubos, utilizan placas o planchas metálicas, de esta manera el cuerpo a refrigerarse está en contacto con estas placas, este sistema se lo utiliza principalmente en congeladores, máquinas de hielo y enfriadores de agua, de echo las máquinas de hielo tratadas en este informe es de este tipo.

En la figura 1.13 se muestran los tres tipos de evaporadores utilizados en este proyecto, (A) es un evaporador para cámaras frigoríficas que utiliza el viento forzado como medio de transmisión, (B) es un evaporador tubular o de serpentín que va sumergido en un líquido como medio de transmisión y (C) es un evaporador de placas utilizado para congelar productos, por contacto.

1.3 Sistema Inundado

Dentro de las múltiples opciones que tienen los sistemas de refrigeración en su concepción de diseño, existen dos tipos en la refrigeración industrial que son los mas usados, principalmente en un sistema de amoníaco, el sistema inundado y el sistema recirculado.

El sistema inundado se basa en la utilización de evaporadores completamente llenos de amoníaco en estado líquido a presión de evaporación.

El líquido a presión de condensación ingresa al evaporador a través de

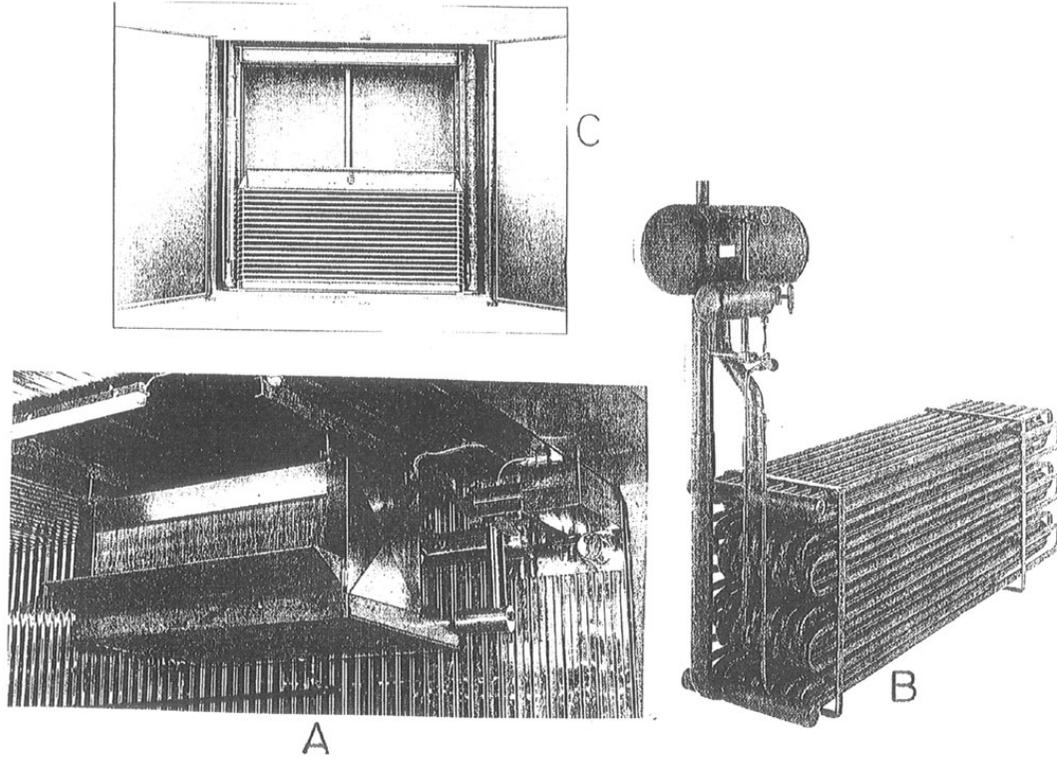


Figura 1.13.

Figura 1.13 EVAPORADORES CUYO MEDIO DE TRANSFERENCIA ES A-AIRE, B-LIQUIDO C-POR CONTACTO. (GRAM de Dinamarca)

un control de nivel 1, descrito en las paginas anteriores, llenando el serpentín de tubos 2 o las placas, según sea el caso, hasta el nivel predeterminado, en el tanque reservorio 3. El líquido fluye según lo indicado en la figura 1.14, a través de los tubos y al entrar en contacto con una superficie a mayor temperatura (medio ambiente), el líquido se evapora produciendo la transferencia de calor requerida, el vapor producido viaja a la parte superior del recipiente reservorio, siendo la finalidad de este el de separar el líquido del vapor antes de entrar al compresor. Es muy importante entonces que el volumen de este reservorio sea el correcto ya que un mal cálculo puede ocasionar arrastre de líquido al compresor y como el líquido es incompresible, dañará al compresor. Para evitar este problema no necesariamente por un mal dimensionamiento del tanque, sino porque la válvula de control de nivel puede fallar o porque la evaporación fue mayor que la esperada, se utilizan las denominadas trampas de líquido, que van instaladas entre los evaporadores y los compresores, las trampas tienen la finalidad de separar el líquido arrastrado por la succión de los compresores que no alcanzó a evaporarse y devolverlo al sistema ya sea en forma de líquido o evaporándolo con otro cuerpo mas caliente.

Se tendrá la oportunidad de analizar el funcionamiento de estos equipos en el capítulo 4 en el diseño de control de las maquinas de hielo, ya que estas son evaporadores inundados y se instaló una trampa de

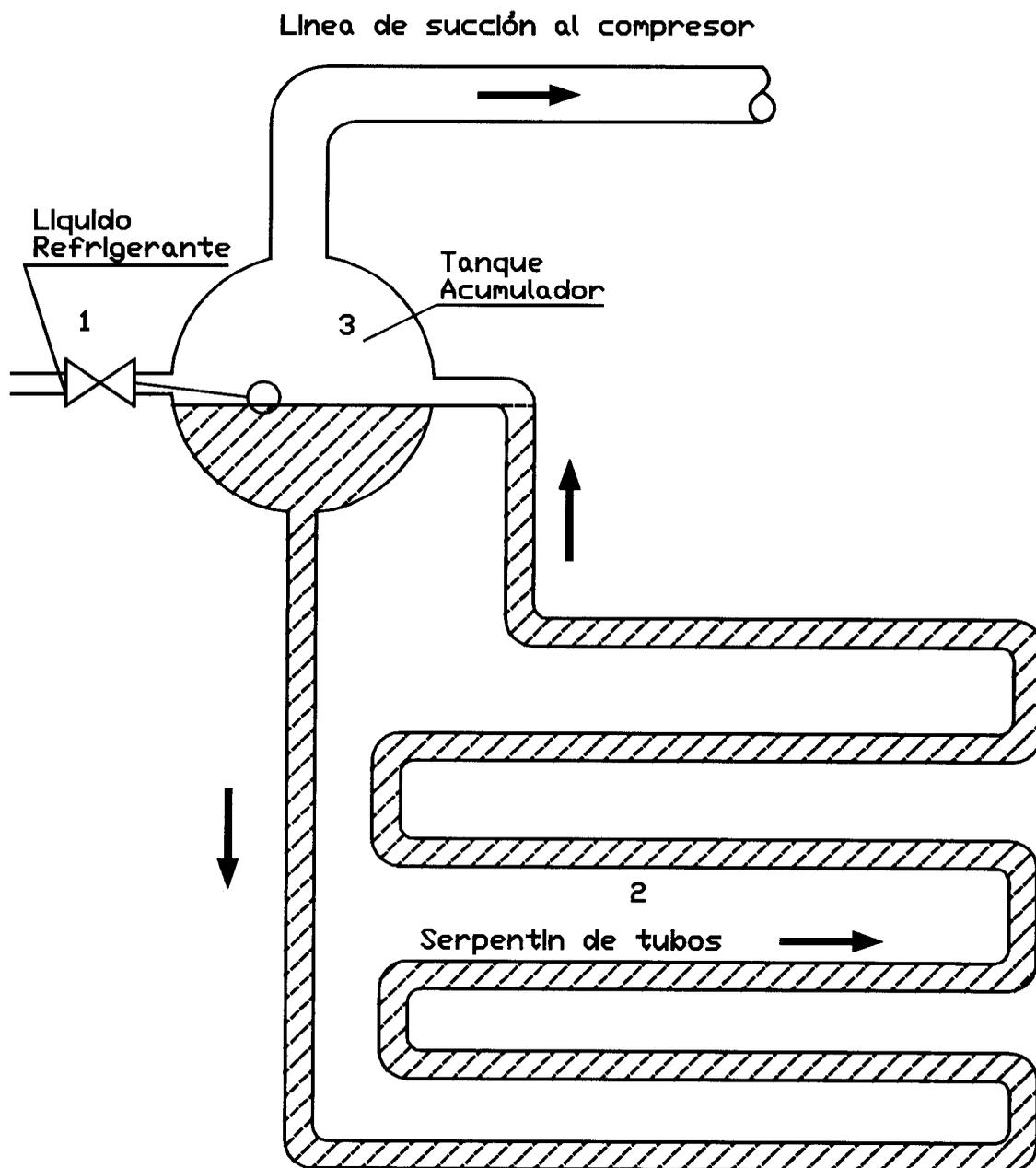


Figura 1.14. SISTEMA INUNDADO EN UN EVAPORADOR DE SERPENTÍN DE TUBOS

líquido.

1.4 Sistema Recirculado.

Los sistemas recirculados o también denominados por bombeo, han tenido una gran acogida en la industria de la refrigeración ya que no solo soluciona el problema que acarrea el tener los evaporadores lejos de los compresores, porque elimina las pérdidas de carga sobre la temperatura de evaporación, sino que también el coeficiente de intercambio térmico y el global del evaporador mejora al aumentar la velocidad de circulación del amoníaco y además el sistema sirve de trampa de líquido.

La base fundamental de un sistema recirculado es enviar líquido refrigerante a presión de evaporación a través del evaporador, utilizando una bomba 5, ver figura 1.15.

El líquido que sale de la condensación 2 ingresa al tanque de bombeo 4 a través de un control de nivel 3, este tanque está a presión de evaporación, enfriando el líquido, este es bombeado al evaporador 6 por una bomba electromecánica produciendo su evaporación vapor+líquido a la salida, este vapor+líquido en su paso hacia el compresor 1 es separado en el tanque de bombeo 4, permitiendo retornar el líquido que no se evaporó a la bomba y los gases saturados al compresor. Así mismo se analizará su funcionamiento en el diseño de control que se realizó en el capítulo 4.

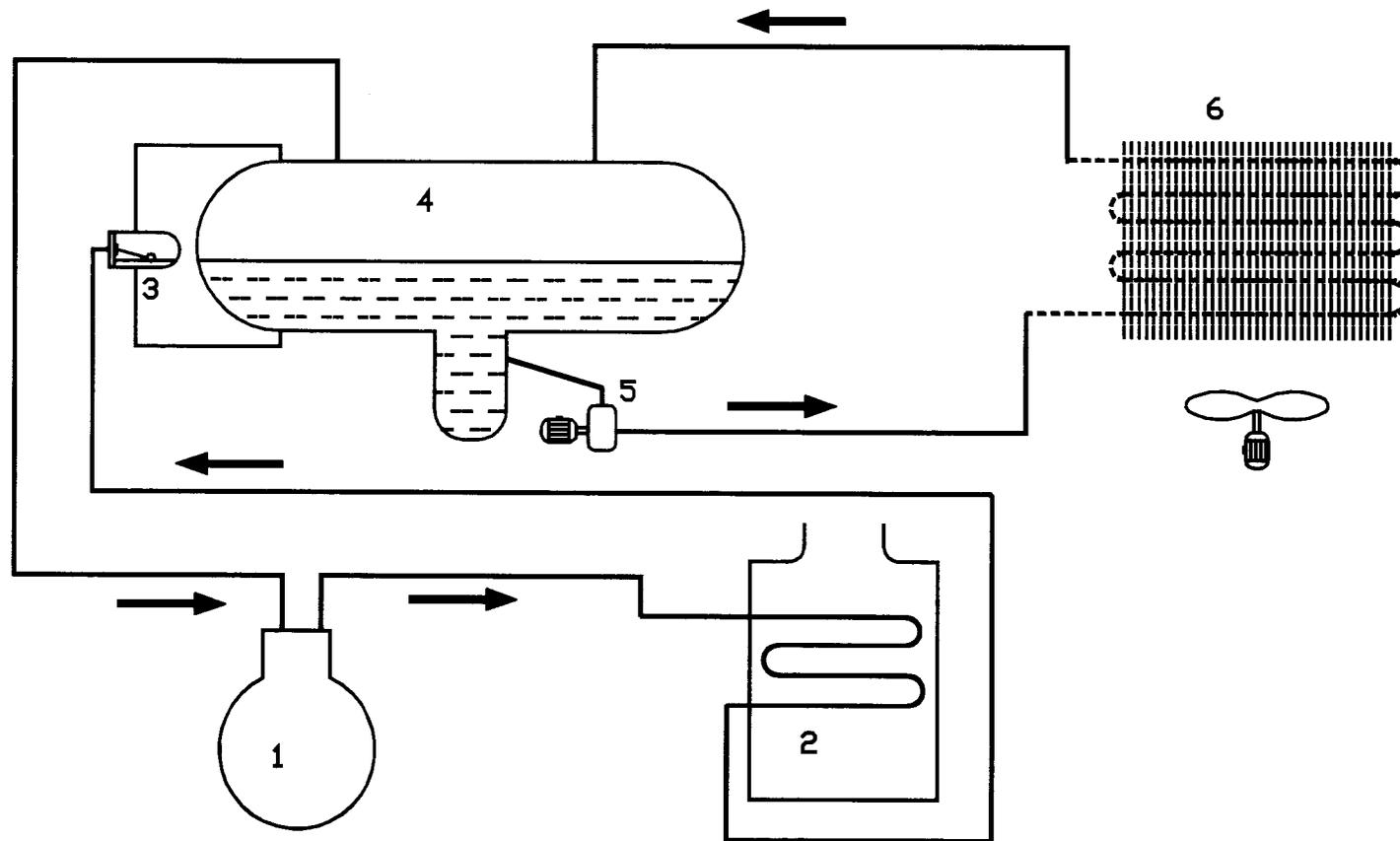


Figura 1.15. INSTALACIÓN TÍPICA DE UN SISTEMA DE REFRIGERACIÓN CON CIRCULACIÓN POR BOMBA

1.5 Requerimientos del Proyecto y Elección de los Equipos.

Realmente el proyecto total fue realizado en tres etapas, la primera etapa comprende de una cámara de almacenamiento de producto terminado y congelado junto con un sistema de congelación continuo utilizando viento a bajas temperaturas. La segunda etapa comprende de un sistema de congelación continuo por inmersión, utilizando las propiedades de la salmuera. La tercera etapa comprende la producción de hielo en escamas, elemento necesario en toda Industria de procesamiento de productos del mar.

A continuación vamos a detallar los requerimientos y selección de los equipos en cada una de las etapas.

1.5.1 Cámara de Mantenimiento y Túnel de Congelación.

Proyecto: Cámara de mantenimiento

Producto a guardar: Camarón congelado en bloque o individual (I.Q.F.)

Capacidad de la cámara: 1'000.000 a 1'200.000 libras

Presentación: Cajas de cartón de 50 libras de producto

Estiba: Paletizado no más de 54 cajas c/u.

Temperatura de almacenamiento: de -20°C a -23°C

Humedad relativa del ambiente: 95%

Temperatura máxima de entrada del camarón: -16°C.

Temperatura de salida del producto después de 24h: -20°C.

Flujo de entrada por día: 120.000 libras.

Equipos que funcionan dentro de la cámara: Un montacargas eléctrico.

Personal que labora en el interior: 6 personas.

Puertas: Una puerta y una escotilla.

Como los factores que intervienen en el cálculo de capacidad requerida de una cámara de baja temperatura depende además de los datos indicados anteriormente, del tamaño de la misma, lo primero que se debe hacer es diseñar el espacio físico que se requiere, para que cumpla con todos los requisitos de almacenamiento y estiba y además con el espacio disponible que se tiene en la industria.

En este caso particular y de acuerdo a la disponibilidad de área la cámara, ver figura 1.16, se la diseñó de 15.6 metros de ancho, por 23,0 metros de largo y 8,5 metros de alto. Se moduló la carga en perchas de cuatro palets c/u, dos adelante y dos atrás y tres pisos de alto, de esta manera se diseña cuatro filas de 9 módulos por fila, dejando dos pasillos de 2.7 metros de ancho para el paso y maniobra del montacargas, para llegar a este diseño se impone como condición que el montacargas a adquirirse debe tener lo que se denomina "extender", esto significa que puede manejar un palet a 1,20 metros de distancia del castillo elevador. Esto es muy importante en un caso como este porque los requerimientos de espacio son muy costosos y además, mientras mas área se tiene más energía vamos a requerir.

Una vez que se determinó el tamaño de la cámara ahora si se puede

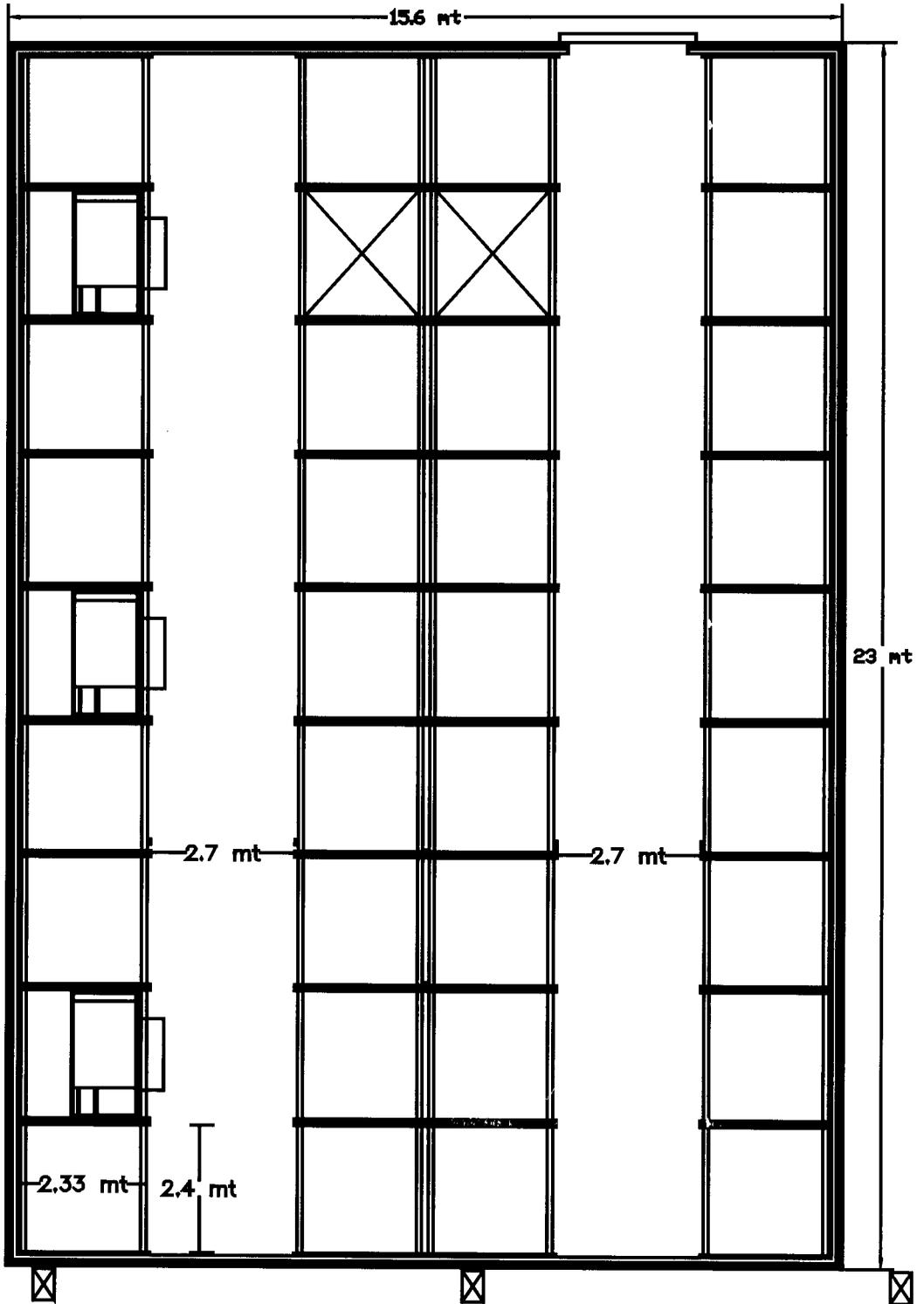


Figura 1.16. DISEÑO CAMARA DE MANTENIMIENTO

calcular la capacidad que se requiere de refrigeración.

Infiltración de calor por paredes de poliuretano 125mm:	57.491 Btuh
Infiltración de calor por la apertura de la puerta :	33.702 Btuh
Requerimiento para bajar 120.000lib/día de -16°C a -20°C:	30.800 Btuh
Calor generado por luminarias 1.5 watt/pie ² :	32.661 Btuh
Calor generado por 6 personas :	5.400 Btuh
Calor generado por el montacargas :	5.333 Btuh
Calor estimado por los ventiladores :	25.000 Btuh
Calor generado en los descongelamientos :	4.569 Btuh
Total de carga con 10% de seguridad :	214.459 Btuh

Estos resultados normalmente se los obtiene de programas desarrollados por los fabricantes de equipos de refrigeración, pero si el lector está interesado en las ecuaciones para determinar estos valores puede encontrar bastante información en el libro de Ashrae 1994 capítulo 24 y 25.

Como se puede observar en los datos de calculo no se toma en cuenta la cantidad de libras de camarón a guardarse (1'000.000) ya que se sobre entiende que las libras almacenadas ya están a -20°C y no representan carga para el sistema de refrigeración.

A continuación se detalla los requerimientos para la congelación continua por viento.

Proyecto: Túnel de congelación continua por viento.

Producto: Camarón individual, con cascara, pelado, crudo y/o cocinado

Capacidad: 750 kg/h.

Temperatura de entrada del producto: +10°C.

Temperatura de salida del producto: -18°C.

Tamaño del producto: De 40 a 50 unidades por libra.

Regulación de velocidad: Lo requerido para congelar desde un tamaño de 100 unidades por libra a 26 unidades por libra.

Con estos requerimientos el equipo que se ajustó a las necesidades de la Industria fue la propuesta de “York Food Systems”, cuyas especificaciones técnicas se detallan a continuación:

Modelo: S-1615-SIA

Tipo: Espiral

Número de tambores: uno

Número de pisos: 15

Ancho de la banda transportadora: 406 mm

Ancho efectivo de la banda: 355mm

Tipo de banda: Acero inoxidable tipo B-48-12-16

Dirección del viento: Vertical hacia abajo.

Tamaño del cuarto: 6,1m x 3,2 m x 3,6 m

Altura de entrada del producto: 74 cm

Altura de salida del producto: 2,75 m

Máxima altura del producto en la banda: 7,5 cm

Temperatura de succión en el evaporador: -40°C

Refrigerante a utilizar: Amoniaco

Alimentación del evaporador: Sistema bombeado

Descongelamiento del evaporador: Por agua

Motor principal del tambor: 1.5Kw

Motor de la banda: 0,37Kw

Ventiladores del evaporador: Dos de 7.5Kw c/u.

Evaporador: Marca Frigid Coil Modelo S 245, de aluminio

Capacidad requerida: 31.1 TR @ 20°F .

Con estos dos datos de los requerimientos de capacidad que son:

Capacidad de la cámara: 214.459 Btuh equivalente a 18 TR

Capacidad para túnel de viento: 31.1 TR

Se procede a la selección de los demás equipos que formaran el sistema completo de refrigeración, tomando en cuenta también las siguientes decisiones:

1.- Debido al requerimiento del túnel de viento, el sistema debe ser por bombeo o recirculado.

2.- Se determina que los dos (cámara y túnel) tengan una succión común, o sea -40°C

3.- Por efectos de ahorro de energía y seguridad, se determina un compresor para la cámara y un compresor para el túnel. Con esto se logra aumentar la seguridad porque, si el compresor de la cámara

dejara de funcionar por un daño o por mantenimiento, se tendrá el del túnel para suplir tal deficiencia y no se pone en peligro 1'000.000 de libras y en ahorro, porque si el túnel no se lo requiere, no se tendrá un compresor grande trabajando a media capacidad.

4.- El descongelamiento de los evaporadores de la cámara será por gas caliente.

5.- Refrigerante a utilizar será el amoniaco.

Los equipos elegidos fueron los siguientes:

Compresor para la cámara

Marca: Frick

Modelo: RXF 39 tipo tornillo

Capacidad a -40°F de succión y $+95^{\circ}\text{F}$ de descarga: 20.4TR

Potencia al eje: 67 BHP

Rango de compresión: 19.5

Enfriamiento de aceite: Por termosifón

Calor rechazado por enfriamiento del aceite: 129.7Kbtu/h

Economizador: DX Casco y tubo a -10.9°F a 23.21 psia

Control: Microprocesador

Variación de capacidad automática

Variación de volumen de 2.2 a 5 en tres pasos.

Compresor para el túnel

Marca: Frick

Modelo: RWB-II 76E Tipo tornillo

Capacidad a -40°F de succión y $+95^{\circ}\text{F}$ de descarga: 38.3TR

Potencia al eje: 129.9 BHP

Rango de compresión 19.6

Enfriamiento de aceite: Por termosifón

Calor rechazado por enfriamiento del aceite: 246.9 Kbtu/h

Economizador: DX Casco y tubo a -11°F a 23.14 psia

Control; Microprocesador

Variación de capacidad automática

Variación de volumen automático de 2.2 a 5

Evaporadores de la cámara

Marca: Frigid Coil

Modelo: ICB-1C-186-3

Cantidad: Tres unidades

Capacidad a 10°F de diferencial de temperatura: 7.38TR c/u

Rango básico: 8.886 Btuh/ 1°F

Sistema: Recirculado amoniaco 3:1

Volumen de aire: 20.107 cfm

Ventilador: 36" diámetro

Motor: 5 HP 1800 rpm

Total de superficie de evaporación: 1.170 pies²

Volumen total interno: 2.4 pies³

Descongelamiento: Por gas caliente.

Unidad de bombeo o sistema de recirculación

Marca: Frick

Modelo: PRR3612A

Capacidad a -40°F : 125 TR

Dimensiones del tanque: $\text{Ø } 36'' \times 120''$

Bombas de amoniaco: Hansen Modelo CAM 2/2

Sistema de control de nivel electrónico

Tubería de entrada: 6''

Tubería de salida: 6''

Condensador

Marca: Imeco

Modelo: XLC 185

Presión de condensación: 95°F

Temperatura de bulbo húmedo: 80°F

Capacidad: 91.2 TR

Motor bomba de agua: 1HP

Motor del ventilador: 15 HP

Capacidad del ventilador: 29.400 cfm

Recibidor de líquido

Marca: Frick

Modelo: REC-24-18

Diámetro: 24"

Largo: 18 pies

Termosifón

Diámetro: 14"

Longitud: 45"

Tipo: Vertical

Los demás accesorios como son válvulas, controles, etc se los tratará con mayor detalle en el capítulo 4 en el diseño de control eléctrico.

1.5.2 Congelación Continúa por Salmuera

Otra manera de congelar camarones en forma individual (I.Q.F.), además de túneles de viento como en el caso del proyecto anterior, es la utilización de salmueras, en la que se aprovecha la particularidad de algunas sustancias como la sal común (cloruro de sodio), el calcio (cloruro de calcio), glicoles, etc. que al mezclarse con el agua varían la temperatura de congelación o solidificación del compuesto.

En el caso particular de este proyecto la sustancia a utilizar es el cloruro de sodio contenida en la sal común, de esta manera al mezclar con el agua con una relación de 2.5 libras de sal en 1 galón de agua, se puede llegar hasta una temperatura de -21°C , sin solidificarse. Al introducir el camarón en este compuesto a esa temperatura, se congela obteniendo hasta una temperatura interior de la carne de -18°C , dependiendo lógicamente de la cantidad de tiempo que está sumergido.

Con estos antecedentes se puede ahora si indicar los requerimientos del proyecto.

Proyecto: Congelación continúa por salmuera

Producto: Camarón con cascara con o sin cabeza.

Capacidad: 4.000 libras/hora

Temperatura de entrada: +85°C

Temperatura de salida: -20°C

Condición a la salida: Completamente seco

Otras condiciones:

- 1.- Debido a que la variación de +85°C a -20°C es muy grande y el camarón tendría que permanecer demasiado tiempo sumergido en salmuera, se requiere que la congelación se la realice en varios pasos.
- 2.- Se requiere que el producto salga seco a -20°C, esto implica que el último paso debe ser un túnel de viento.

Con estos antecedentes y requerimientos se toma la decisión de diseñar el sistema de refrigeración de la siguiente manera:

Paso 1.- Proceso de enfriamiento por inmersión a temperatura del medio a +3°C, denominado Pre-frio1, producto entra a +85°C y sale a +25°C.

Paso 2.- Proceso de enfriamiento por inmersión a temperatura del medio a -8°C, denominado Pre-frio2, producto entra a +25°C y sale a 0°C.

Paso 3.- Proceso de congelación por inmersión a temperatura del medio a -20°C , denominado Congelación, el producto entra a 0°C y sale a una temperatura de -18°C .

Paso 4.- Proceso de secado y pos enfriamiento a temperatura del aire a -30°C , denominado Secado, producto entra a -18°C y sale a -20°C .

También se determina que el sistema será del tipo inundado, a excepción del secado que será recirculado, en ambos casos se utilizará amoniaco.

Como se tiene tres diferentes presiones de succión se determina un compresor para cada una de las temperaturas y se diseña el tanque acumulador de cada serpentín lo suficientemente grande para que sirva a su vez de trampa de líquido, el material de los serpentines deberá ser de acero inoxidable tomando en consideración el grado de oxidación que presentará la salmuera.

La elección de los equipos fueron los siguientes:

Pre-frio 1

Compresor

Marca: Mycom

Modelo: 8K

Tipo: Alternativo de 8 pistones una etapa

Temperatura de evaporación: 23°F

Temperatura de condensación: 95°F

Capacidad: 51.4 TR

Revoluciones: 1.390 rpm

Potencia en el eje: 48.3 HP

Rango de flujo de refrigerante: 120.8 cfm

Enfriamiento: Por agua

Calor rechazado por enfriamiento: 3.3 Mbtu/h

Control: Micro procesador

Serpentín

Marca: Delta Delfini

Tipo: Vertical

Longitud: 60"

Longitud de tuberías: 356 m.

Capacidad: 562.500 Btu/h a 9°F de diferencial

Temperatura de evaporación: +28°F (-2°C)

Temperatura del agua: +3°C

Tanque acumulador

Diámetro: 30"

Altura: 78"

Volumen de separación: 18.03 pies³

Pre-frio 2

Compresor

Marca: Mycom

Modelo: 6K

Tipo: Alternativo de 6 pistones de una etapa.

Temperatura de evaporación: 5°F

Temperatura de condensación: 95°F

Capacidad: 20 TR

Revoluciones: 1.190 rpm

Potencia en el eje: 24.9 HP

Rango flujo de refrigerante: 69.5 cfm

Enfriamiento: Por agua

Calor rechazado por enfriamiento: 3.2 Mbtu/h

Control: Por microprocesador

Serpentín

Marca: Delta Delfini

Tipo: vertical

Longitud: 40"

Longitud de tuberías: 202 mts

Capacidad: 243.000 BTU/H a 9°F de diferencial

Temperatura de evaporación: 8.6°F (-13°C)

Temperatura de salmuera: -8°C

Tanque acumulador

Diámetro: 20"

Altura: 78"

Volumen de separación: 8.7 pies³

Congelación

Compresor

Marca: Mycom

Modelo: 160 VL-Y

Tipo: Tornillo

Temperatura de evaporación: -9°F

Temperatura de condensación: 95°F

Capacidad: 74.9 TR

Revoluciones: 3.550 rpm

Potencia en el eje: 156.9 HP

Rango flujo de refrigerante: 363.9 cfm

Enfriamiento: Inyección de líquido

Calor rechazado por enfriamiento: 304.9 Mbtu/h

Control: Por microprocesador

Serpentín

Marca: Delta Delfini

Tipo: Vertical

Longitud: 160"

Longitud de tuberías: 903 m

Capacidad: 914.000 BTU/H a 7°F de diferencial

Temperatura de evaporación: -6.5°F (-21.4°C)

Temperatura de salmuera: -18°C

Tanque acumulador

Diámetro: 36"

Altura: 96"

Volumen de separación: 36.3 pies³

Túnel de Secado

Evaporadores

Cantidad: 2

Marca: Evapco

Modelo: NTM1-1663-300L

Capacidad: 40.614 BTUH a 6°F de diferencial

Ventilador: uno de 3HP, 1.160 rpm

Sistema: Recirculado

Descongelamiento: Por gas caliente

Equipos Auxiliares

Recibidor

Diámetro: 30"

Longitud: 192"

Condensadores

Cantidad: 2

Marca: Baltimor

Modelo: VC1-150R

Capacidad: 1.345 MBH

Temperatura de condensación: 95°F

Temperatura de bulbo húmedo: 80°F

Motor del ventilador: 10 HP, 1.800 rpm

Motor de la bomba de agua: 0.5 HP, 3.450 rpm

Purgador de gases no condensables

Marca: Hansen Technologies

Modelo: AP08

Número de puntos: 8

1.5.3 Producción de Hielo

Las necesidades de hielo para la producción de camarones realmente se la realizó en dos partes. La primera se estableció que el sistema de congelamiento por salmuera no trabajaría las 24 horas del día, de esta manera se podría utilizar el compresor de tornillo Mycom modelo 160 VL-Y para la producción de hielo, mientras el sistema de salmuera está parado. De esta manera se decide adquirir el siguiente equipo.

Maquina de hielo 1

Marca: North Star

Modelo: M90-SS

Material del tambor: Acero inoxidable

Capacidad: 30 Toneladas cortas por día

Temperatura de evaporación: -24°F

Temperatura del agua: 80°F

Grueso del hielo: 2mm

Tipo de hielo: Escarcha

Sistema: Inundado

Motor del tambor: 1.5 HP, 1750 rpm

Motor de la bomba de agua: 0.5 HP, 1750 rpm

Control de nivel: Sporlan "level master control"

Posteriormente y una vez que este sistema estaba ya en operación se decide incrementar la producción de hielo en 80 toneladas cortas, adquiriendo los siguientes equipos:

Maquina de Hielo 2 y 3

Marca: North Star

Cantidad: 2

Modelo: M90-CS

Material del tambor: Acero al carbono

Capacidad: 42.8 Toneladas cortas por día

Temperatura de evaporación: -20°F

Temperatura del agua: 80°F

Grueso del hielo: 1.5mm

Tipo de hielo: Escarcha

Sistema: Inundado

Motor del tambor: 1.5 HP, 1750 rpm

Motor de la bomba de agua: 0.5 HP, 1750 rpm

Control de nivel: Tipo TDS

Compresores

Marca: Mycom

Cantidad: 2

Modelo: 160 VL-TE

Tipo: Tornillo

Temperatura de evaporación: -22°F

Temperatura de condensación: 95°F

Capacidad: 64.2 TR

Revoluciones: 3.550 rpm

Potencia en el eje: 138.6 HP

Rango flujo de refrigerante: 366.8 cfm

Enfriamiento: Termosifón

Calor rechazado por enfriamiento: 113.9 Mbtu/h

Control: Por microprocesador

Equipos Auxiliares

Trampa de líquido

Marca: Delta Delfini

Tipo: Horizontal

Diámetro: 42"

Largo: 96"

Recipiente de transferencia: 20"X72"

Condensador

Marca: Evapco

Modelo: ATC-370

Capacidad: 3.606 MBH

Temperatura de condensación: 95°F

Temperatura de bulbo húmedo: 80°F

Motores de los ventiladores: 2x10Hp

Motor de la bomba de agua: 5HP

Termosifón

Marca: Delta Delfini

Diámetro: 24"

Largo: 72"

Tipo: Horizontal

Capacidad: 33.200 Btu/min

Cabe destacar que este termosifón reemplaza al termosifón del proyecto "cámara y túnel de congelamiento continuo" ya que este no tenía la capacidad para los cuatro compresores.

1.5 Requerimientos Eléctricos de los Equipos

Los requerimientos eléctricos generales son los siguientes:

Sistema de fuerza

Voltaje de fuerza: 460 Voltios

Tipo: Trifásico, 3 líneas + 1 neutro aterrizado

Frecuencia: 60 Hz

Sistema de control

Voltaje: 220 Voltios

Sistema: Monofásico, 1 línea + 1 neutro aterrizado

Frecuencia: 60 Hz

Motores con potencia igual o mayor que 30 HP

Conexión: Delta a voltaje 460 Voltios

Terminales: Mínimo 6 a 12

Tipo de arranque: Estrella Triángulo

Transición: Abierta hasta menos de 100 HP y Cerrado o estado sólido de 100 a 200 HP

Aislamiento: Clase F (155°C)

Temperatura ambiente: 40°C

Factor de servicio: 1.15

Protección contra el medio ambiente: Abierto a prueba de goteo "ODP" para compresores y cerrado a prueba de agua "TEFC" en ambientes exteriores, cámaras de baja temperatura y ambientes húmedos.

Motores menores de 30 HP

Terminales: Mínimo 6 a 12

Tipo de arranque: Directo

Aislamiento: Clase F

Temperatura ambiente: 40°C

Factor de servicio: 1.15

Protección contra el medio ambiente: Tipo TEFC, sellado contra agua

Capacidades de los motores y tipos de arranque

Normalmente los compresores de refrigeración del tipo industrial, el diseñador del sistema elige el tamaño del motor de acuerdo al sistema en que va a trabajar, ya que un mismo compresor puede requerir mayor o menor potencia al eje dependiendo del rango de presiones en que va a trabajar, por este motivo por insistencia del Ingeniero Eléctrico se analizó los distintos comportamientos que pueden tener los compresores de este proyecto y de esta manera se determinaron las capacidades de los motores de los compresores los que detallamos a continuación. Así mismo la mayoría de los fabricantes de compresores de tornillo como en este caso Frick y Mycom exigen para garantía del normal funcionamiento de sus equipos proporcionarlos con controles pre alambrados y controlados por un micro procesador en conjunto con el sistema de arranque del motor principal que además incluye arranques de motores auxiliares como bomba de aceite para lubricación.

Motor compresor RXF-39

Este compresor al trabajar en rango de succión de -40°F requiere de 67 BHP, pero cuando uno de los evaporadores entra en descongelamiento, se produce un aumento de presión en el sistema, esto implica una mayor

potencia requerida, el control por microprocesador detectará el aumento de potencia y regulará la capacidad del compresor para no exceder el amperaje máximo, implicando una mayor demora en volver a su rango de trabajo, de esta manera se determina un motor de 100 HP a 3550 rpm para este compresor. Tipo de arranque Y-D transición cerrada que incluye un micro procesador de protección de motor, que contiene control de cambio de Y a Delta, protección contra sobrecarga, corto circuito, falla de fases, desbalance de fases, cambio de giro y falla a tierra, opción de “bay-pass” si el microprocesador fallara.

Motor RWB-II 76E

Para una potencia al eje de 129.9 BHP se determina un motor de 150 HP a 3550 rpm, se considera en este caso que el túnel de congelamiento debe siempre trabajar en rango de -40°C , en forma continua y cuando se realiza el descongelamiento, no existe producto en su interior. Tipo de arranque Y-D transición cerrada que incluye un micro procesador de protección de motor, que contiene control de cambio de Y a Delta, protección contra sobrecarga, corto circuito, falla de fases, desbalance de fases, cambio de giro y falla a tierra, opción de “bay-pass” si el microprocesador fallara.

Motor 8K

Potencia al eje 48.3 HP, en forma continua, 50 HP es demasiado ajustado, se determina una potencia de 60 HP para el motor, 1.775 rpm.

La reducción de velocidad a 1.390 rpm se lo realizará con poleas y bandas.

Motor 6K

Potencia al eje 24.9 HP, trabaja en forma continua, motor seleccionado de 30 HP, 1.775 rpm. La reducción de velocidad a 1.190 rpm se la realizará con poleas y bandas.

Motores 160 VL-Y y 160VL-TE

El compresor 160VL-Y va a trabajar o con el sistema de congelación por salmuera o con maquinas de hielo, la potencia requerida en el eje será de 156.9 HP y los demás para las maquinas de hielo aunque, mecánicamente y eléctricamente se los instalará de tal manera que podrán auxiliarse entre si, esto quiere decir que si uno de ellos falla, uno de los otros puede suplirlo ya sea para la congelación en salmuera o para la producción de hielo, se determinan motores de 200 HP, 3.550 rpm, para cada uno de estos compresores. Tipo de arranque de estado sólido que incluye un micro procesador de protección de motor, que contiene control de estado de arranque, protección contra sobrecarga, corto circuito, falla de fases, desbalance de fases, cambio de giro y falla a tierra, opción de bay-pass con un contactor de fuerza, una vez que el motor termina su ciclo de arranque.

CAPÍTULO 2

2. Ubicación de Equipos y Áreas de Producción

En este capítulo se explicará las consideraciones que se tomaron para la ubicación de los distintos equipos que conforman los proyectos mencionados en el capítulo anterior, cabe destacar la importancia de la coordinación entre los involucrados, mecánico civil, eléctrico y producción, para esta toma de decisiones.

2.1 Sala de Máquinas

Las consideraciones que se tomaron en cuenta para el diseño de la sala de máquinas fueron los siguientes:

- 1.- La posición de los equipos deben llevar la siguiente secuencia: Condensadores, termosifón, recibidor, compresores, sistema recirculador, trampas de líquido y evaporadores.
- 2.- Los condensadores, termosifones y recibidores deben ir en un ambiente abierto, al aire libre.
- 3.- Cuarto de transformadores debe estar junto a sala de máquinas, por

representar esta la mayor carga eléctrica.

4.- Grupo de generación, por la misma consideración anterior, debe ir cerca del cuarto de transformadores.

5.- Tablero eléctrico de distribución principal debe ir ubicado entre el cuarto de transformadores y los equipos en la sala de máquinas.

6.- En lo posible todos los instrumentos de lectura de las condiciones de operación de los equipos deben ser visibles desde un sitio de la sala de máquinas, principalmente los indicadores de alarmas, de esta manera el operador de una manera rápida puede ubicar cualquier problema.

7.- El tablero de distribución principal debe tener fácil acceso y no tener que sortear obstáculos para llegar a él.

8.- La sala de máquinas debe estar en un lugar separado de la planta de proceso por efectos de contaminación y ruido.

9.- Las bases de los equipos deben ser a una altura conveniente para el fácil mantenimiento y operación de los mismos.

10.- Se debe dejar espacio suficiente entre equipos, equipos y paredes para permitir el desmontaje eventual de algunas de sus partes, como por ejemplo, motores eléctricos, compresores, etc.

11.- La sala de máquinas debe ser debidamente ventilada y prever en sus dimensiones el recorrido de tuberías, tanto mecánicas como eléctricas.

12.- Se debe prever espacios para ampliaciones futuras.

13.- La sala de máquinas para estos proyectos debe ubicarse junto a la sala de máquinas actual, para poder utilizar mismo equipo de operadores y no tener dos salas separadas que involucra dos equipos de operación y control.

14.- No se utilizará nada del sistema anterior para los proyectos nuevos indicados en este informe técnico.

15.- Los conductores eléctricos tendrán un recorrido desde los equipos que se encuentran en el interior de la sala de máquinas hacia el tablero de distribución principal, mediante canales de hormigón bajo el nivel del piso, sobre una parrilla metálica y debidamente tapados.

16.- El cuarto de transformadores debe ser debidamente ventilado y seguro.

17.- La sala de generadores debe cumplir con las normas de ventilación exigidas por el fabricante.

Como se puede observar en la figura 2.1, el diseño definitivo de la sala de máquinas es como se indica. Los equipos indicados con el número romano I, son los del proyecto cámara de mantenimiento y túnel de congelación. Los equipos indicados con II, son los de congelación continúa por salmuera y los indicados con III, los del proyecto de producción de hielo.

Notar en la misma figura las flechas en cada equipo, que indican el sentido y dirección de las conexiones eléctricas determinando así el

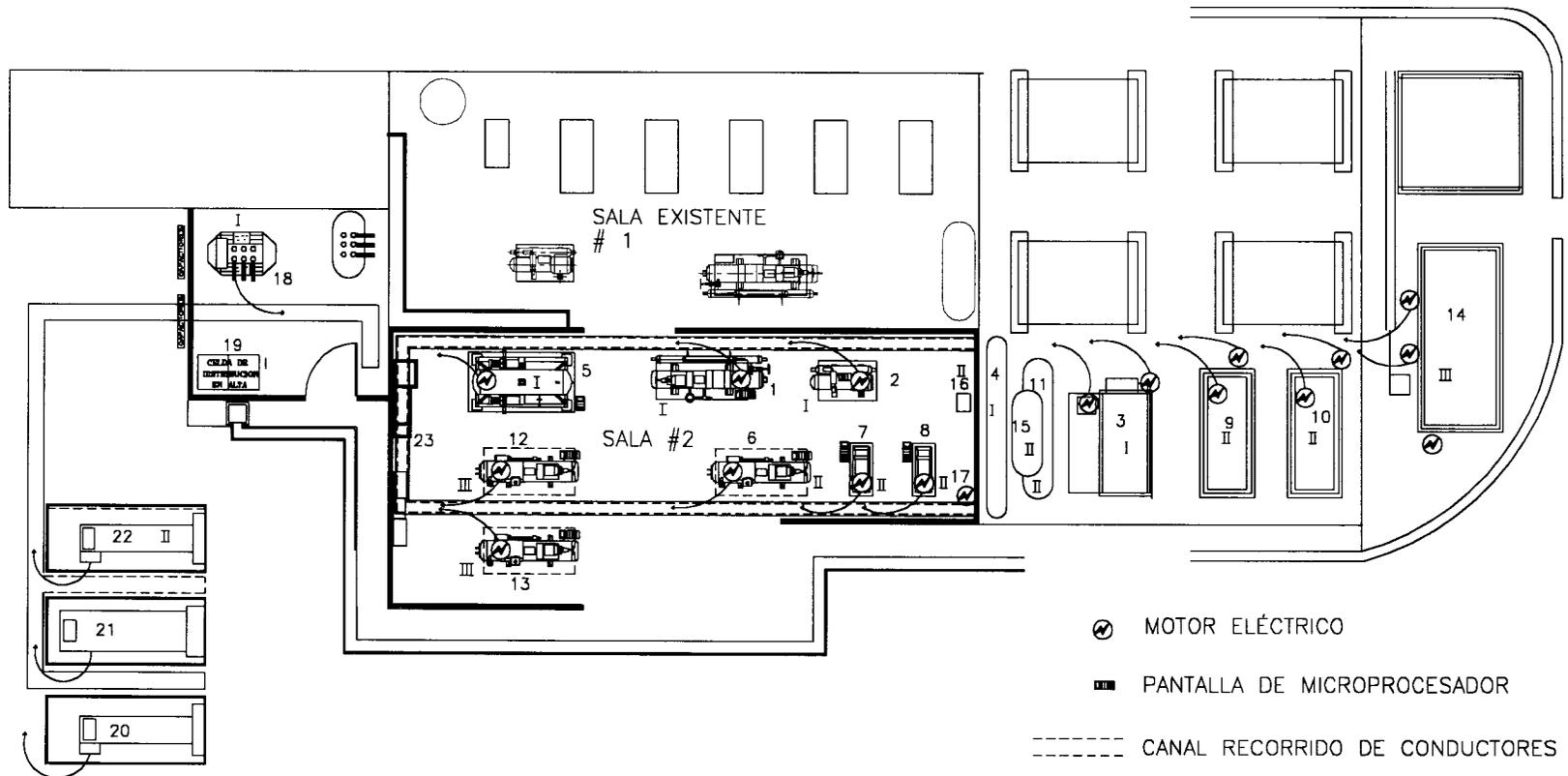


Figura 2.1. UBICACIÓN DE EQUIPOS EN SALA DE MÁQUINAS

TABLA I

UBICACIÓN DE EQUIPOS EN SALA DE MAQUINAS				
REF	PROY.	DESCRIPCION	SERVICIO	NOMENC.
1	I	COMPRESOR RWB-II 76 E	TUNEL ESPIRAL	COP1
2	I	COMPRESOR RXF-39	CAMARA	COP2
3	I	CONDENSADOR EVAPORATIVO XLC 185	COP1+COP2	CON1
4	I	RECIBIDOR REC-24-18	ESPIRAL+CAMARA	REC1
5	I	SISTEMA DE RECIRCULACION	ESPIRAL+CAMARA	SR1
6	II	COMPRESOR 160VL-Y	CONGELACION	COP3
7	II	COMPRESOR 6K	PRE FRIO 2	COP4
8	II	COMPRESOR 8K	PRE FRIO 1	COP5
9	II	CONDENSADOR EVAPORATIVO VC1-150R	COP3+COP4+COP5	CON2
10	II	CONDENSADOR EVAPORATIVO VC1-150R	COP3+COP4+COP5	CON3
11	II	RECIBIDOR DELTA DELFINI 30X192	CONG+FRIO2+FRIO1	REC2
12	III	COMPRESOR 160VL-TE	MAQUINAS DE HIELO	COP6
13	III	COMPRESOR 160VL-TE	MAQUINAS DE HIELO	COP7
14	III	CONDENSADOR EVAPORATIVO ATC-370	COP6+COP7	CON4
15	III	TERMOFON DELTA DELFINI 24X72	COP1+COP2+COP6+COP7	TSF1
16	II	PURGADOR DE GASES	CON1+CON2+CON3+CON4	PG1
17	II	SISTEMA DE ENFRIAMIENTO CABEZOTES	COP4+COP5	EC1
18	I	TRANSFORMADOR DE POTENCIA 1000KVA	SALA 2	TR1
19	I	CELAS DE ALTA TENCION	SALA 1+ SALA 2	CEL1,2
20		GENERADOR CATERPILLAR 3412	SALA1	GE1
21		GENERADOR CATERPILLAR 3508	SALA1	GE2
22	II	GENERADOR CATERPILLAR 3412	SALA2	GE3
23	I+II+III	TABLERO DE DISTRIBUCION PRINCIPAL	SALA2	TDP

recorrido de los canales requeridos para el efecto, así como la ubicación de los motores (M) e instrumentos de lectura (I), o pantallas de los microprocesadores.

En la tabla I se indica los equipos instalados de acuerdo al número asignado en la figura 2.1 así como su nomenclatura para su identificación en el proyecto eléctrico.

2.2 Silo de Hielo

Para la ubicación de los equipos de producción de hielo se basó en un silo ya existente pero diseñado para otro tipo de máquina, esto quiere decir que las bases previstas en la loza no eran las adecuadas para los nuevos equipos, pero sin embargo con el aporte del Ing. Civil se rediseñaron dichas bases.

Las condiciones fueron las siguientes:

- 1.- Realizar un estudio para determinar que la estructura actual soportará los equipos.
- 2.- Diseñar nuevas bases de acuerdo a especificaciones del fabricante.
- 3.- Se determina que la trampa de líquido debe ir lo más cerca de las máquinas de hielo y al mismo nivel, porque el retorno de líquido de la trampa regresará a las mismas máquinas.
- 4.- La secuencia de los equipos debe ser: Trampa, máquinas de hielo.
- 5.- Los equipos deben ser debidamente techados, para reducir las pérdidas en el rendimiento por calentamiento.

Con estos requerimientos se diseña la ubicación de los equipos como

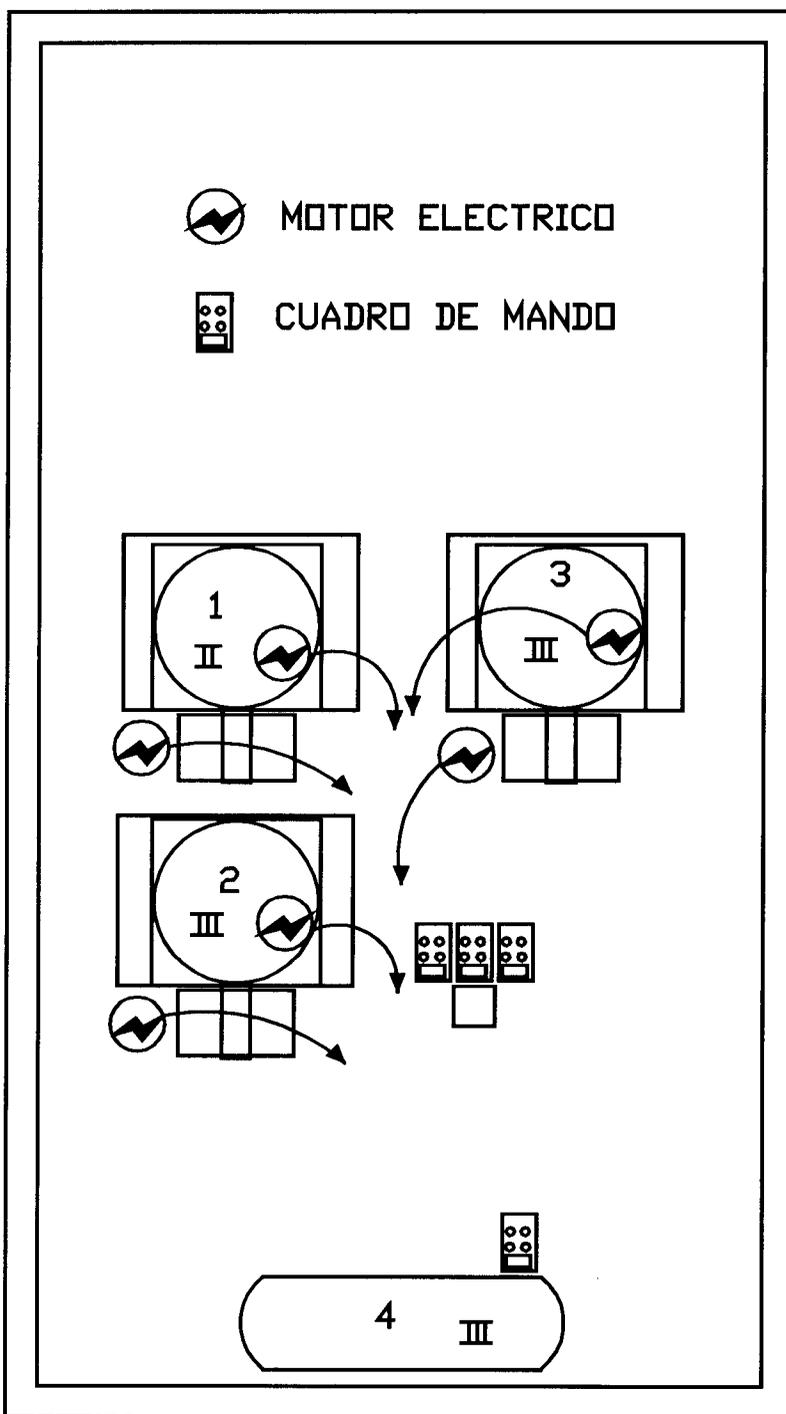


Figura 2.2. UBICACIÓN DE EQUIPOS EN SILO DE HIELO

indica la figura 2.2, equipos especificados en la tabla II.

2.3 Cámara de Mantenimiento

En el capítulo anterior se ha tratado ya sobre el diseño de la cámara de mantenimiento, e incluso se muestra la ubicación más idónea de los evaporadores, sin embargo se debe indicar cuales fueron las consideraciones que se tomaron en cuenta para este proyecto.

- 1.- Para disminuir el efecto del calor producido por el sol sobre la cámara, esta deberá ir techada.
- 2.- Los paneles del techo de la cámara no son autosoportantes, se deberá contemplar soportes desde las estructuras del techo de acuerdo a exigencias del fabricante.
- 3.- Las estructuras de soporte de los evaporadores, no deberán estar sujetas a las estructuras de las perchas, ya que un choque del montacargas harían peligrar toda la instalación, ni tampoco de las paredes de la cámara, porque estas no están diseñadas para este propósito.
- 4.- Todas las instalaciones de válvulas que controlan los evaporadores deberán ir en el exterior de la cámara. Con esta modalidad el mantenimiento e instalación eléctrica y mecánica se hace más sencilla y segura, contando con un pasadizo de circulación adecuado.
- 5.- Las estructuras de soporte del techo deberá ser independiente de las paredes de la cámara.

6.- La ubicación de los evaporadores debe ser mas alta que la carga, para evitar barreras que impidan el normal flujo de aire.

En las figuras 2.3 y 1.16, nos muestra como se realizó el diseño de esta cámara, se puede observar como se tomaron en cuenta todas las consideraciones indicadas, cumpliendo así los objetivos trazados para este proyecto. En la tabla III se indica los únicos tres equipos que van en el interior de la cámara.

2.4 Sala de Producción

En la sala de producción van instalados los equipos para la congelación continua por salmuera y la congelación continua por viento.

Las consideraciones que se tomaron para la instalación de los equipos son las siguientes:

- 1.- la secuencia de funcionamiento del sistema por salmuera debe ser, pre-frio 1, pre-frio 2, congelación y túnel de secado, en una sola línea.
- 2.- La salida del producto ya procesado debe ser a una sala de empaque común, tanto el sistema de salmuera como el de viento.
- 3.- Mecánicamente es más ventajoso que los equipos se encuentren cerca de paredes o columnas que ayuden al soporte y recorrido de las tuberías.
- 4.- Los contenedores de los distintos líquidos, esto es pre-frio 1, pre-frio 2, congelación, deben ir separados para evitar mezclas entre estos líquidos.

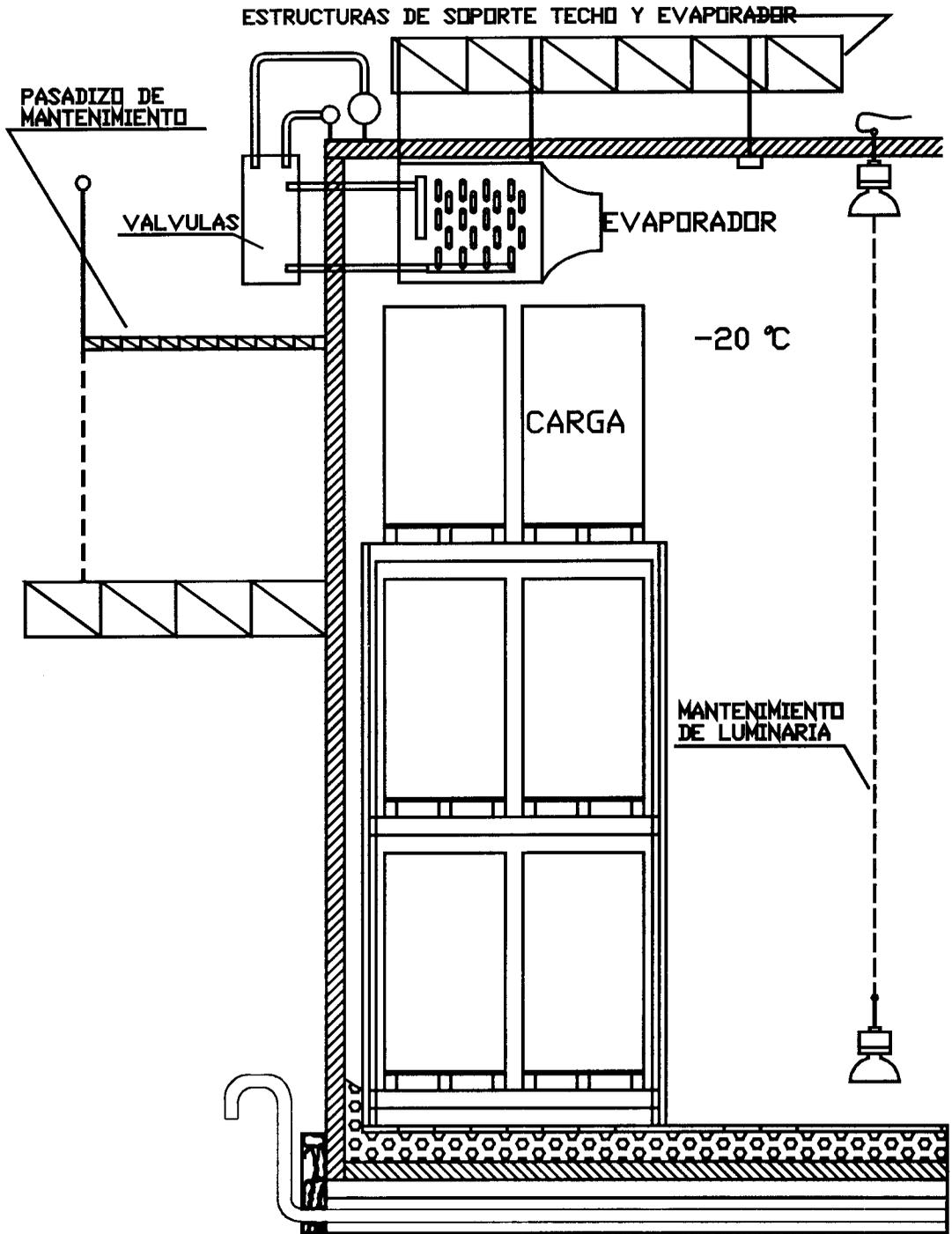


Figura 2.3. CORTE DE DISEÑO DE CÁMARA DE MANTENIMIENTO

5.- Se debe considerar un área de preparación de salmuera cerca de los contenedores, para mayor facilidad de traspaso.

6.- Destinar área de producto en espera, al ingreso de ambos sistemas.

7.- Zona de empaque debe ser contigua a cámara de mantenimiento.

Como se puede observar en la figura 2.4 los equipos se instalaron a lo largo de la nave junto a la pared, terminando con el túnel de secado dentro del área de empaque, así mismo el túnel espiral de congelación por viento se lo instaló cerca de la pared que divide la zona de proceso y el empaque, con esto se cumple con uno de los requerimientos de producción. El sistema tuvo que ser ligeramente modificado en sus dimensiones para cumplir con la necesidad de mantener los cuatro pasos de congelación por salmuera en un sistema en línea, pero se lo logró con el apoyo de todos los grupos participantes.

En la tabla IV se puede observar los equipos que se instalaron en la sala de proceso.

2.5 Diseño de tuberías

El diseño final de las interconexiones entre los distintos equipos mencionados anteriormente se muestra en las figuras 2.5, 2.6 y 2.7, en las que se puede observar como quedaron interconectados, los tres proyectos, la figura 2.5 representa los equipos fuera de la sala de máquinas, la figura 2.6 los equipos dentro de la sala de máquinas y por ultimo la figura 2.7 los equipos en las salas de proceso donde realmente

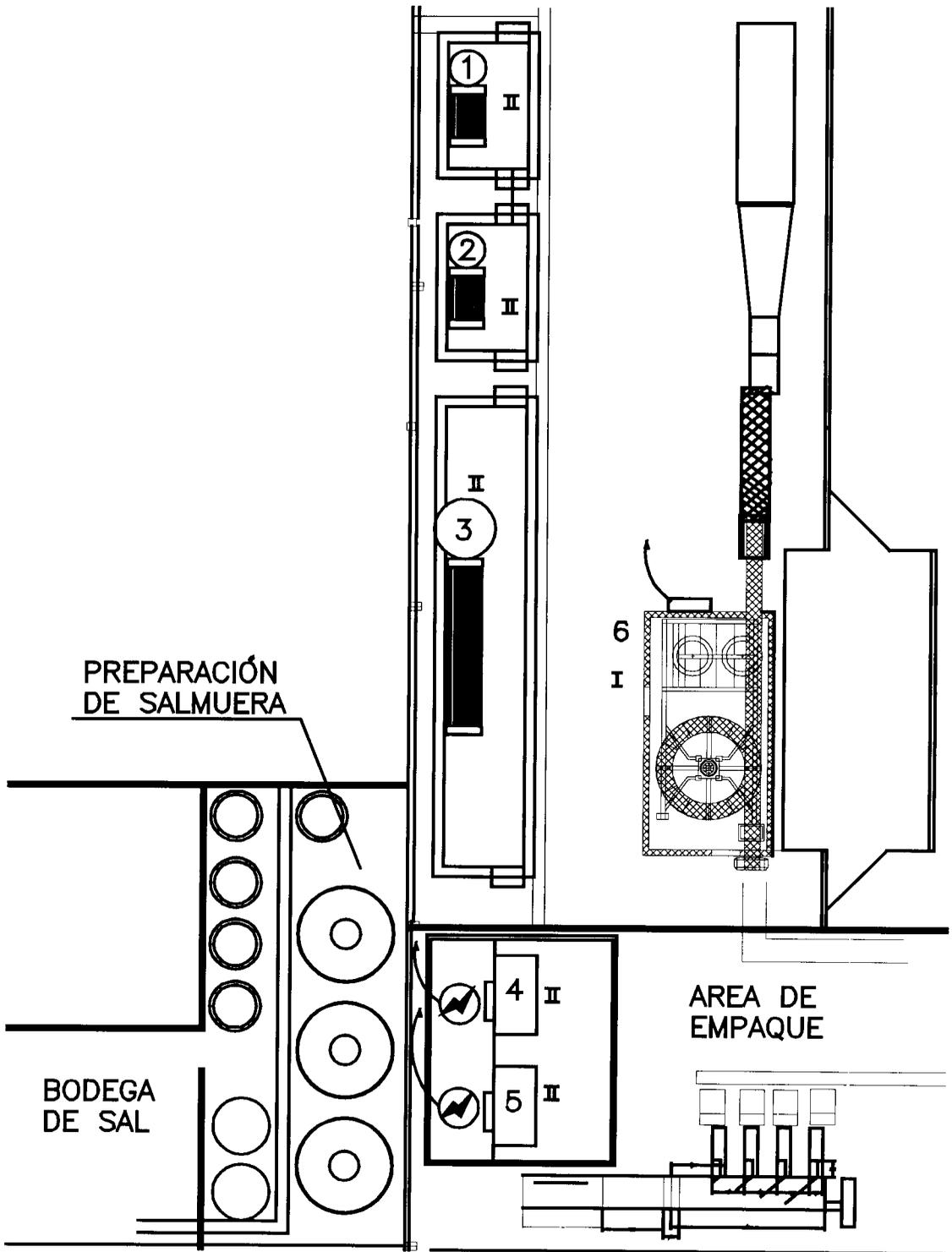


Figura 2.4. DISTRIBUCIÓN DE LOS EQUIPOS EN LA SALA DE PRODUCCIÓN

TABLA II

UBICACIÓN DE EQUIPOS EN SILO DE HIELO				
REF	PROY.	DESCRIPCION	SERVICIO	NOMENC.
1	II	MAQUINA DE HIELO M90-SS	PRODUCCION DE HIELO	MH1
2	III	MAQUINA DE HIELO M90-CS	PRODUCCION DE HIELO	MH2
3	III	MAQUINA DE HIELO M90-CS	PRODUCCION DE HIELO	MH3
4	III	TRAMPA DE LIQUIDO	MH1+MH2+MH3	TL1

TABLA III

UBICACIÓN DE EQUIPOS EN CAMARA DE MANTENIMIENTO				
REF	PROY.	DESCRIPCION	SERVICIO	NOMENC.
1	I	EVAPORADOR ICB-1C-183-3	CAMARA	EV1
2	I	EVAPORADOR ICB-1C-183-3	CAMARA	EV2
3	I	EVAPORADOR ICB-1C-183-3	CAMARA	EV3

TABLA IV

UBICACIÓN DE EQUIPOS EN SALA DE PRODUCCION				
REF	PROY.	DESCRIPCION	SERVICIO	NOMENC.
1	II	SERPENTIN PREFRIO 1	AGUA A 3C	PF1
2	II	SERPENTIN PREFRIO 2	SALMUERA A -8C	PF2
3	II	SERPENTIN CONGELACION	SALMUERA A -20C	COG1
4	II	EVAPORADOR NTM1-1663-300L	SECADO A -30C	EV4
5	II	EVAPORADOR NTM1-1663-300L	SECADO A -30C	EV5
6	I	TUNEL ESPIRAL S-1615-SIA	CONG. CONT. VIENTO	TE1

se emplea el intercambio de la energía calorífica ya sea para producir hielo, congelar, preservar o pre enfriar.

El Ing. Eléctrico debe entender e interpretar dicho diseño, su funcionamiento y como fue concebido, para poder realizar su diseño y posteriormente el montaje, de esta manera aplicando las normas de Ingeniería que le fueron dadas y adquiridas con su experiencia, culmine el proyecto para que su funcionamiento sea el esperado.

Justamente cómo se realizó el diseño eléctrico, se trata en los demás capítulos de este informe técnico.

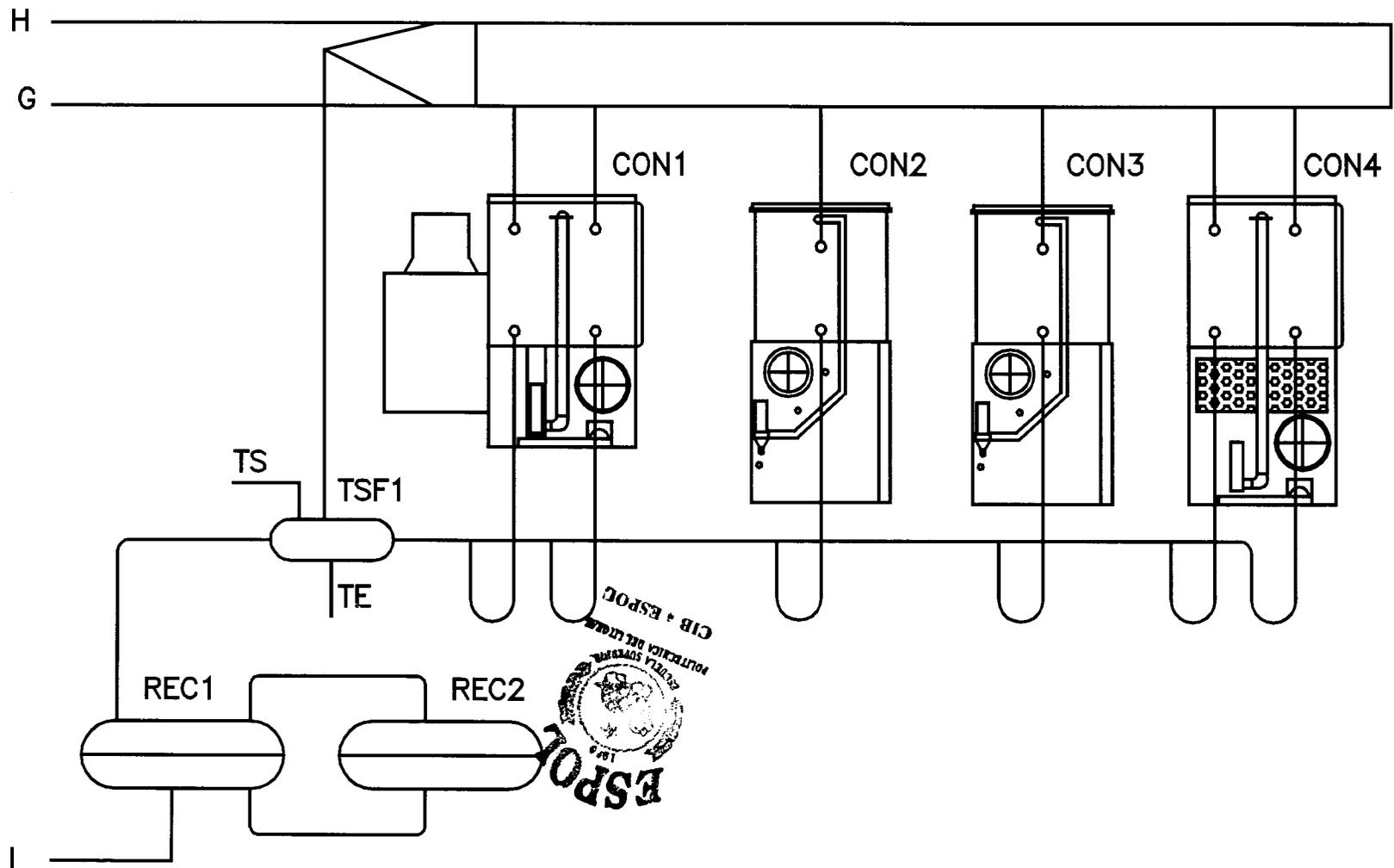


Figura 2.5. DIAGRAMA DE INTERCONEXIONES MECÁNICAS EXTERIOR SALA DE MÁQUINAS

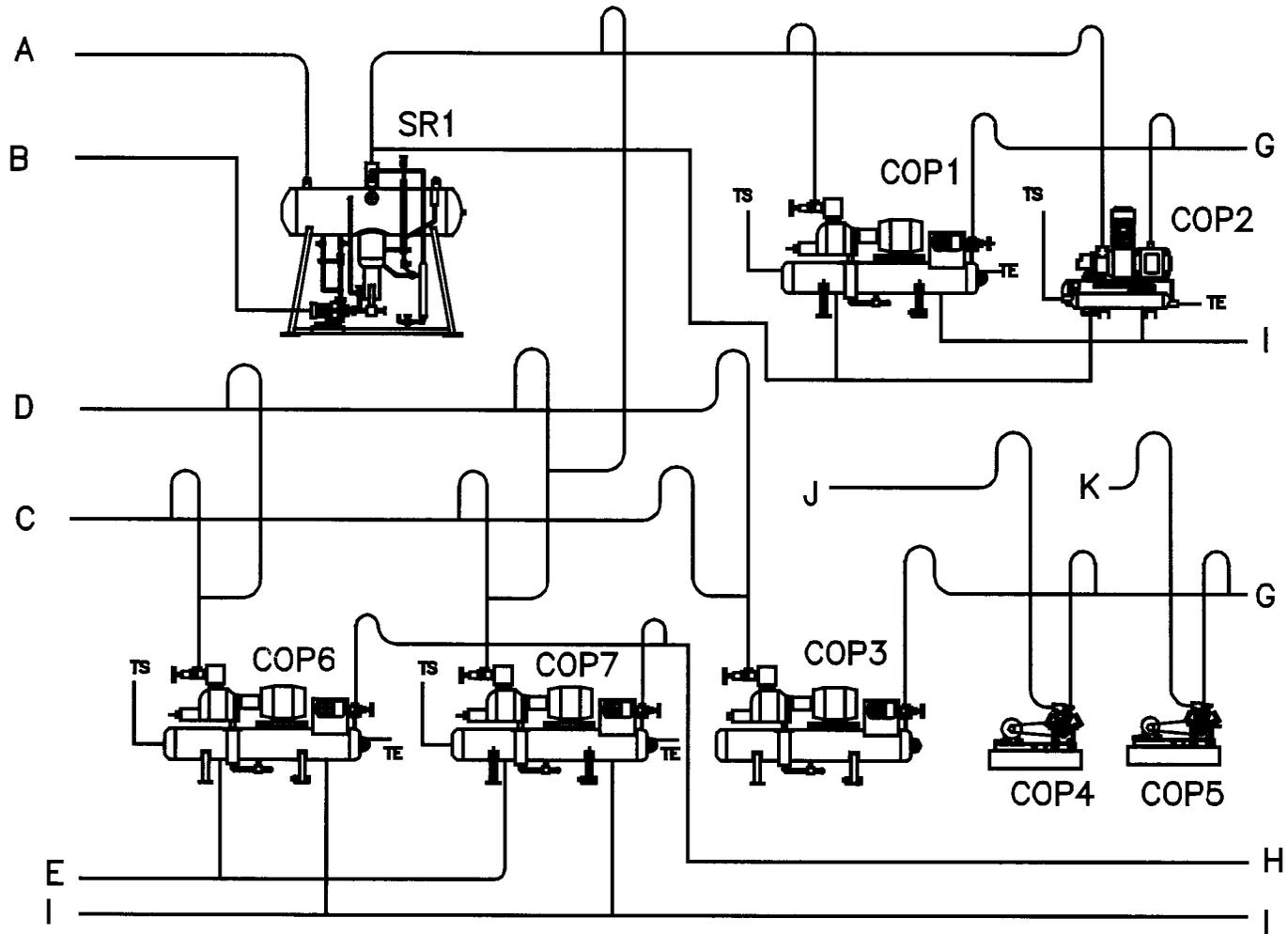


Figura 2.6. DIAGRAMA DE INTERCONEXIONES MECÁNICAS EN SALA DE MÁQUINAS

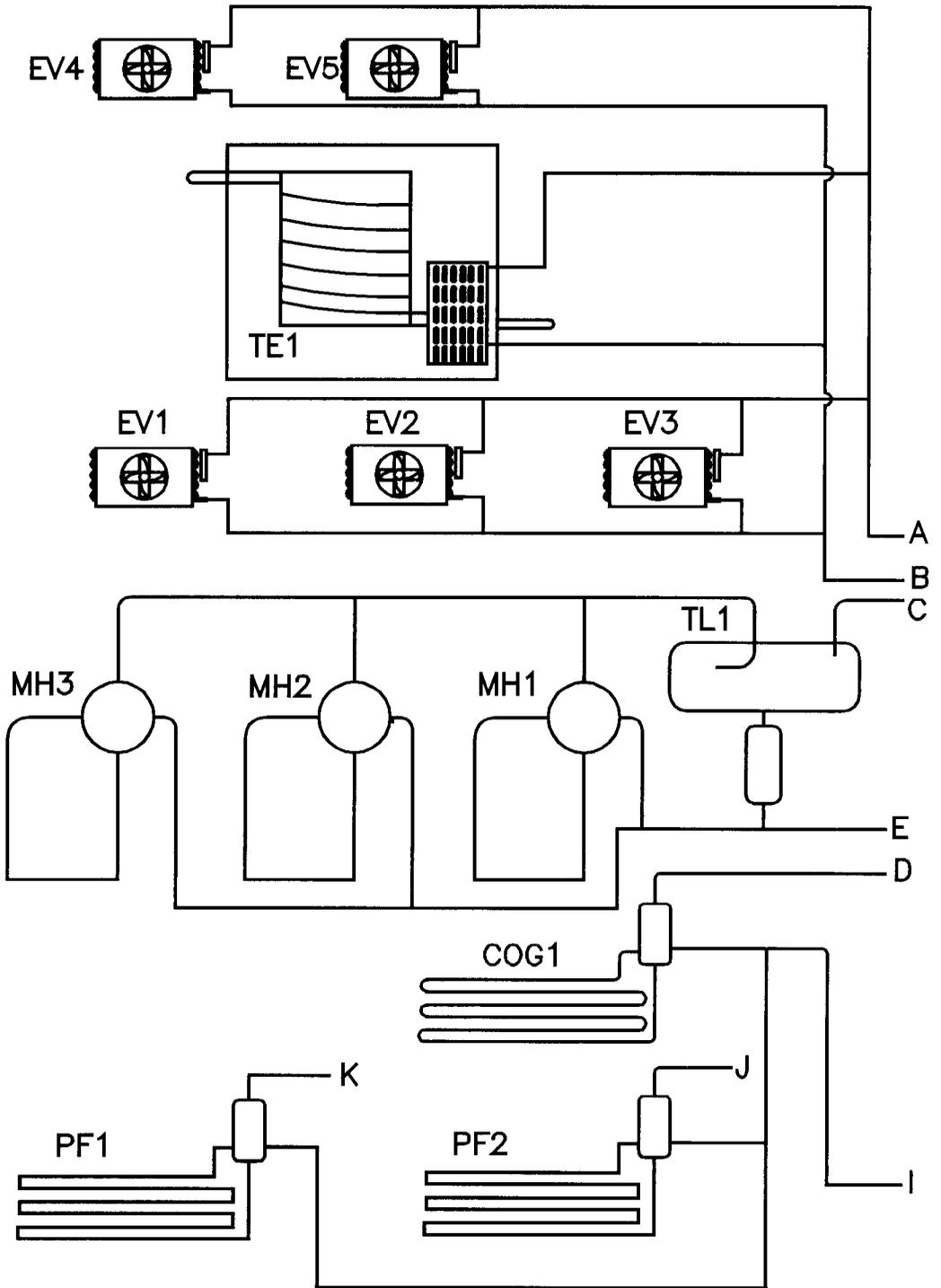


Figura 2.7. DIAGRAMA DE CONECCIONES EN SALAS DE PROCESO

CAPÍTULO 3

3. DISEÑO ELÉCTRICO DE FUERZA.

En todo tipo de equipos electromecánicos y principalmente en refrigeración industrial, tema que se está tratando en este informe, donde interviene la energía eléctrica como fuente motriz para el funcionamiento de las máquinas desarrolladas por el hombre para realizar una determinada labor, su sistema eléctrico consta de dos partes, el de fuerza y el de control.

Se puede definir como fuerza a la energía eléctrica utilizada para transformarla en trabajo o energía mecánica ya sea esta calorífica, cinética, potencial, u otras. Y la de control, la utilizada para manejar de acuerdo a las necesidades y parámetros de cada máquina su funcionamiento y operación.

En este capítulo se tratará sobre el diseño del sistema de fuerza utilizado para los proyectos indicados en los capítulos anteriores.

3.1 Diagrama Unifilar.

Los pasos que se siguieron para diseñar el diagrama unifilar fueron los siguientes:

1.- Con las especificaciones de los equipos indicados en los capítulos 1 y 2 se realizó un listado de motores y requerimientos eléctricos.

2.- Con las capacidades de cada motor en HP o Kw se determina los amperajes nominales de cada uno de ellos, estos amperajes si bien es cierto que pueden ser calculados mediante la ecuación $I = \frac{HP \times 746}{1.732 \times V \times E_f \times f_p}$, donde I es la corriente, HP es la potencia del motor, V es el voltaje de operación, f_p el factor de potencia del motor y E_f la eficiencia del motor. Esto acarrea un problema porque se tiene que asumir un factor de potencia y una eficiencia del motor, debido a que el diseño eléctrico se lo realiza antes que llegue la maquinaria y el Ingeniero Eléctrico no tiene los motores en el sitio de montaje para poder obtener los consumos de placa y los demás parámetros, para resolver este problema se utilizaron tablas que distintos fabricantes proveen. En este caso particular se utilizó una tabla proporcionada por la firma Telemecanique, fabricante de equipos eléctricos de arranque, protección y control, estas tablas son basadas en la recopilación de datos proporcionados por los fabricantes de motores de acuerdo a normas de fabricación Internacional.

3.- A cada uno de los motores se le asigna el tipo de arranque que

tendrán, para con esto determinar la cantidad de conductores y calibres que se requerirán.

4.- Se determinan los calibres de los conductores de alimentación a cada motor o equipo. Para esto se debe tomar en cuenta, el tipo de conductor que se utilizará, luego el tipo de aislamiento y el nivel de voltaje y por último el ducto a utilizar en el recorrido de estos conductores.

Con estos datos se utilizaron las tablas proporcionadas por el “ National Electrical Code “ y al mismo tiempo se aplicaron las normas impuestas por esta industria en lo referente a instalaciones eléctricas, normas que se detalla a continuación:

a.- Los conductores para alta tensión superiores a 1000V serán en recorrido aéreo de aluminio tipo A.C.S.R. y en ducto, serán de cobre con aislamiento para el nivel de voltaje que van a trabajar, en este caso particular para 15KV.

b.- Los conductores para voltajes inferiores a 600V serán de cobre con las siguientes características de fabricación:

Conductores desde 18 AWG a 10 AWG .- serán del tipo flexible, varios hilos.

Conductores desde 8 AWG a 2/0 AWG .- Serán de 7 o más hilos

Conductores desde 3/0 AWG a 4/0 AWG .- Serán de 19 o más hilos

Conductores desde 250 MCM a 600 MCM .- Serán de 37 o más hilos

c.- El aislamiento debe ser de material termoplástico aislante, PVC. Tipo

TW para una temperatura máxima de operación de 60°C, a una tensión nominal de 600 V, salvo si las condiciones de temperatura sean mayores se deberá asignar otro tipo de aislamiento.

d.- El amperaje máximo de diseño del conductor no debe exceder del 80% del valor de amperaje indicado en las tablas, para ese conductor.

e.- El conductor más pequeño que se puede utilizar como alimentación de fuerza es el 14 AWG.

f.- El conductor más pequeño que se puede utilizar para mando y control es el 18 AWG, para conexiones en el interior de los tableros y 16 AWG para conductores que van desde el tablero al exterior a los diferentes sitios de mando.

g.- Para el recorrido de los conductores se utilizarán parrillas portacables y/o eléctrocanales. Solo en los motores y alimentaciones que se deba utilizar conductores superiores al 10 AWG se utilizará tubo metálico y ducto flexible desde la parrilla o eléctrocanal hasta el motor.

h.- Para el cálculo de capacidad de los conductores en parrilla y/o eléctrocanal se tomó la media aritmética entre la capacidad del conductor en tubo y su capacidad expuesto al aire libre.

i.- Para alimentaciones que se requieren conductores 10 AWG o menores, se utilizará conductores del tipo concéntrico o también denominados multipolares flexibles.

j.- Para la determinación del calibre del conductor de alimentación a un

motor se debe tomar el amperaje de placa del motor y no el amperaje real esperado.

5.- Se determina el amperaje real esperado para cada motor o grupo de motores. Este cálculo se lo realiza tomando en consideración todos los datos de consumo que se obtienen de las especificaciones de los equipos vistas anteriormente, por ejemplo el motor principal del compresor COP3 de 200 HP tiene un valor de placa de 236 Amperios pero se sabe que la potencia al eje mayor de este compresor es de 156.9 HP lo que significa un consumo aproximado de 170 Amperios, en cambio el motor del compresor COP6 también de 200 HP tendrá una potencia al eje de 138.6 HP lo cual implicaría aproximadamente un consumo de 160 Amperios.

Estos amperajes calculados servirán para determinar el valor del disyuntor principal y también el valor del transformador de potencia.

6.- Una vez obtenidos los amperajes de placa o nominales a plena carga de los motores y equipos se procede a asignar las capacidades de los disyuntores, contactores y relés de protección, a cada uno de ellos, para el efecto se siguen las siguientes normas:

a.- Las cargas de categoría AC3 o sea motores de inducción menores o igual a 15HP pueden ser conectados de las siguientes tres maneras:

1.- Disyuntor magnético, contactor de arranque, relé de sobrecarga con regulación en la zona térmica.

2.- Disyuntor termomagnético con regulación de amperaje en la zona térmica, contactor de arranque.

3.- Disyuntor termomagnético, contactor de arranque y relé de sobrecarga.

b.- Las cargas de categoría AC3, motores de inducción mayores de 15HP deben ser conectados con un disyuntor termomagnético, contactor o contactores para el sistema de arranque y protección contra sobrecargas.

c.- No se permite la utilización de fusibles como protección de cortocircuito, en sistemas de menos de 600V ca.

d.- Los relés térmicos de protección contra sobrecargas deben ser compensados, diferenciales y sin retardo de tiempo. Solo para motores cuya inercia de arranque sea muy grande se puede considerar una protección contra sobrecargas con retardo de tiempo.

e.- Tanto las protecciones magnéticas como las protecciones por sobrecarga no deben tener rearme automático, deben ser manuales.

f.- Todas las protecciones magnéticas deben tener regulación de disparo, si pertenecen a la alimentación de un motor y puede variar entre el 500% y 1000%, solo para motores especiales que tienen una inercia de arranque muy grande se debe considerar una regulación de hasta 2000%.

g.- Todos los disyuntores menores o iguales a 100 Amperios, pueden ser

para voltaje de operación 480 V ca.

h.- Todos los disyuntores mayores de 125 Amperios deben ser para voltaje de operación 600 V ca.

i.- La regulación del rango de disparo de los relés de sobrecarga debe ser al valor nominal de la corriente de placa del motor.

j.- El amperaje nominal de un disyuntor en la protección de un motor de inducción no debe exceder del 200% ni menor que el 125% del valor nominal de amperaje de placa de dicho motor.

k.- Se entiende por protección de sobrecorriente de un motor a cualquier mecanismo ya sea este térmico o electrónico que proteja los sobre amperajes entre los rangos de $1xI$ hasta $12x I$, siendo I el valor de corriente fijado en el elemento protector.

l.- Los contactores de arranque de motores deben ser elegidos siempre de acuerdo a la robustez eléctrica tipo AC3.

m.- El contactor a elegirse debe exceder su amperaje nominal de trabajo, mínimo en un 20% del valor de placa del motor o del amperaje requerido de diseño.

7.- Se calcula la capacidad del transformador de potencia y por consiguiente el disyuntor principal. Para este cálculo normalmente el Ingeniero Eléctrico tiene varias opciones, la una es considerar todas las cargas del sistema y mediante un análisis de simultaneidad y utilización; elegir un factor que multiplicado por el amperaje total de placas daría el

valor del disyuntor principal aumentando un porcentaje por posibles incrementos futuros, una vez obtenido el valor del disyuntor principal se puede calcular el valor del transformador con la ecuación $P=1.732xVxI$. En este caso muy particular la capacidad del transformador se la calculó en el primer proyecto y lógicamente la aplicación del método explicado anteriormente no era aplicable, lo cual el cálculo se lo realizó tomando en cuenta las siguientes consideraciones:

a.- Se estudió el incremento de demanda que la Industria había tenido desde su inicio a la fecha, desde el año 85 al 95.

b.- Se analizaron los posibles proyectos a futuro así como un cálculo aproximado de los equipos que se podrían requerir.

c.- Se analizó también la alternativa de que, en caso de falla del transformador existente (1.4MVA), la posibilidad de auxiliar la carga o parte de ella con el nuevo transformador, siendo la demanda de ese entonces de la Industria de 890KVA.

Con todos estos antecedentes se determinó una capacidad de 1000 KVA, para el nuevo transformador.

A manera de información en la tabla V nos muestra que un buen factor de utilización si se hubiera considerado los tres proyectos en uno solo hubiera sido 0.8.

Cabe destacar que en el cálculo de la capacidad de un transformador y el disyuntor principal, personalmente nunca tomo en cuenta el

TABLA V

CARGAS ELECTRICAS DEL SISTEMA									
NOMENC	DESCIPCION DEL EQUIPO	MOTORES NOMENC.	CAPC. HP	PLACA AMP.	DISYTO AMP.	CONDUCTOR	TIPO ARRANQ.	TABLERO	CONSUMO REAL
COP1	COMPRESOR RWB-II 76 E								
	MOTOR DEL COMPRESOR	COP1	150	174	250	3#(2X1/0)+1#1/0	YD-C	TCOP1	140
	BOMBA DE ACEITE	BCOP1	1	1.4		4#14	DIRCT.	TCOP1	0.6
COP2	COMPRESOR RXF-39	COP2	100	115	200	3# (2X#2)+ 1#2	YD-C	TCOP2	95
CON1	CONDENSADOR XLC-185								
	BOMBA DE AGUA	BACON1	1	1.5	2.5	4#14	DIRCT.	TDP	1.5
	VENTILADOR	VECON1	15	19	25	4#10	DIRCT.	TDP	13
SR1	SISTEMA DE RECIRCULACION				18			TDP	
	BOMBA DE AMONIACO # 1	B1SR1	3	5.8			DIRCT.	TDP	3
	BOMBA DE AMONIACO # 2	B2SR1	5	7.5			DIRCT.	TDP	4.1
CA1	CAMARA				25	4#10		TDP	
EV1	VENTILADOR EVAPORADOR # 1	VEV1	5	6.6	10	4#12	DIRCT.	TDP	6
EV2	VENTILADOR EVAPORADOR # 2	VEV2	5	6.6	10	4#12	DIRCT.	TDP	6
EV3	VENTILADOR EVAPORADOR # 3	VEV3	5	6.6	10	4#12	DIRCT.	TDP	6
TE1	TUNEL ESPIRAL				70	3#4+ 1# 6		TDP	
	VENTILADOR # 1	V1TE1	10	13.7			DIRCT.	TTE1	11.4
	VENTILADOR # 2	V2TE1	10	13.7			DIRCT.	TTE1	11.4
	MOTOR DEL TAMBOR	TATE1	2	3			DIRCT.	TTE1	2
	MOTOR DE LA BANDA	BATE1	0.5	0.99			DIRCT.	TTE1	0.5
	VENTILADOR DE LIMPIEZA	VLTE1	2	3			DIRCT.	TTE1	2.5
	BOMBA DE LIMPIEZA	BLTE1	0.75	1.36			DIRCT.	TTE1	1
COP3	COMPRESOR 160VL-Y								
	MOTOR DEL COMPRESOR	COP3	200	236	400	3#(2X2/0)+1#1/0	YD-C	TCOP3	170
	BOMBA DE ACEITE	BCOP3	1.5	2.6			DIRCT.	TCOP3	2
COP4	COMPRESOR 6K	COP4	30	36.4	60	3#(2X10)+1#12	YD-A	TDP	28
COP5	COMPRESOR 8K	COP5	60	72	150	3#(2X6)+1#8	YD-A	TDP	60
BEC1	BOMBA DE ENFRIAMIENTO CABEZ.	BEC1	0.75	3	6.3	4#14	DIRCT.	TDP	3
CON2	CONDENSADOR VC1-150R								
	BOMBA DE AGUA	BACON2	1.5	2.1	2.5	4#14	DIRCT.	TDP	1.6
	VENTILADOR	VECON2	10	12.6	18	4#12	DIRCT.	TDP	8
CON3	CONDENSADOR VC1-150R								
	BOMBA DE AGUA	BACON3	1.5	2.1	2.5	4#14	DIRCT.	TDP	1.6
	VENTILADOR	VECON3	10	12.6	18	4#12	DIRCT.	TDP	8
EV4	EVAPORADOR NTM1	EV4	3	4.14	6.3	4#14	DIRCT.	TDP	4
EV5	EVAPORADOR NTM1	EV5	3	4.14	6.3	4#14	DIRCT.	TDP	4
MH1	MAQUINA DE HIELO M90-SS								
	BOMBA DE AGUA	BMH1	0.5	0.99	1.6	4#14	DIRCT.	TDP	0.4
	QUEBRADOR	QMH1	1.5	2.1	2.5	4#14	DIRCT.	TDP	1.8
COP6	COMPRESOR 160VL-TE								
	MOTOR DEL COMPRESOR	COP6	200	236	400	3#(2X2/0)+1#1/0	TIRISTOR	TCOP6	160
	BOMBA DE ACEITE	BCOP6	3	4.2		4#14	DIRCT.	TCOP6	2.3
COP7	COMPRESOR 160VL-TE								
	MOTOR DEL COMPRESOR	COP7	200	236	400	3#(2X2/0)+1#1/0	TIRISTOR	TCOP7	160
	BOMBA DE ACEITE	BCOP7	3	4.2		4#14	DIRCT.	TCOP7	2.3
CON4	CONDENSADOR ATC-370								
	BOMBA DE AGUA	BACON4	5	7.6	10	4#14	DIRCT.	TDP	5.7
	VENTILADOR # 1	VE1CON4	10	13.7	18	4#12	DIRCT.	TDP	10
	VENTILADOR # 2	VE2CON4	10	13.7	18	4#12	DIRCT.	TDP	10
MH2	MAQUINA DE HIELO M90-SS								
	BOMBA DE AGUA	BMH1	0.5	0.99	1.6	4#14	DIRCT.	TDP	0.4
	QUEBRADOR	QMH1	1.5	2.1	2.5	4#14	DIRCT.	TDP	1.8
MH3	MAQUINA DE HIELO M90-SS								
	BOMBA DE AGUA	BMH1	0.5	0.99	1.6	4#14	DIRCT.	TDP	0.4
	QUEBRADOR	QMH1	1.5	2.1	2.5	4#14	DIRCT.	TDP	1.8
TC1	TRANSFORMADOR DE CONTROL	TC1	5KVA	10.8	13	2#14		TDP	
	CARGAS EXISTENTES		140KVA	175					140
	TOTAL			1477.9					1091.1
	DISYUNTOR PRINCIPAL	FACTOR	0.8	1200 AMP.					
	TRANSFORMADOR PRINCIPAL			1000 KVA					

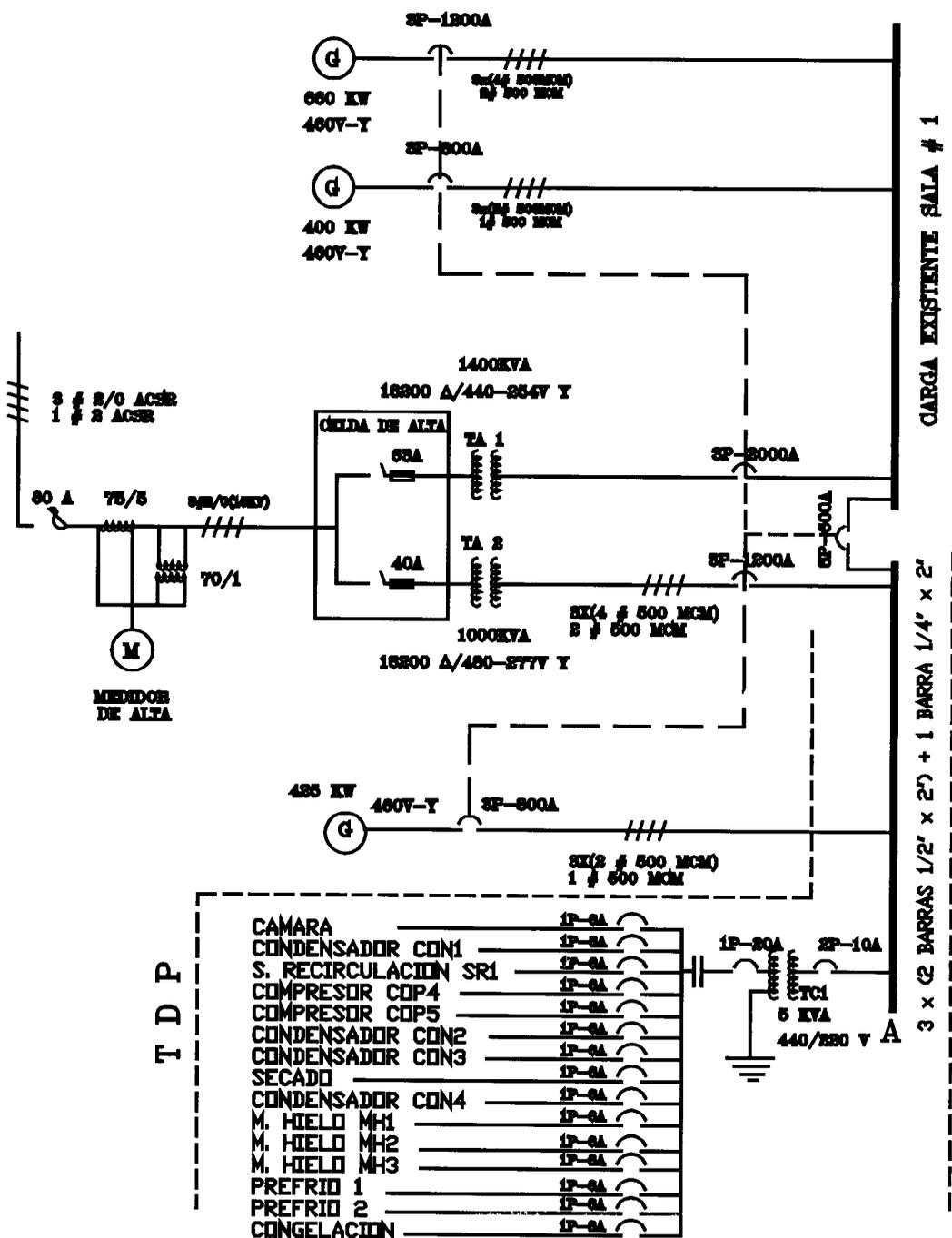


Figura 3.1. DIAGRAMA UNIFILAR ALIMENTACIÓN

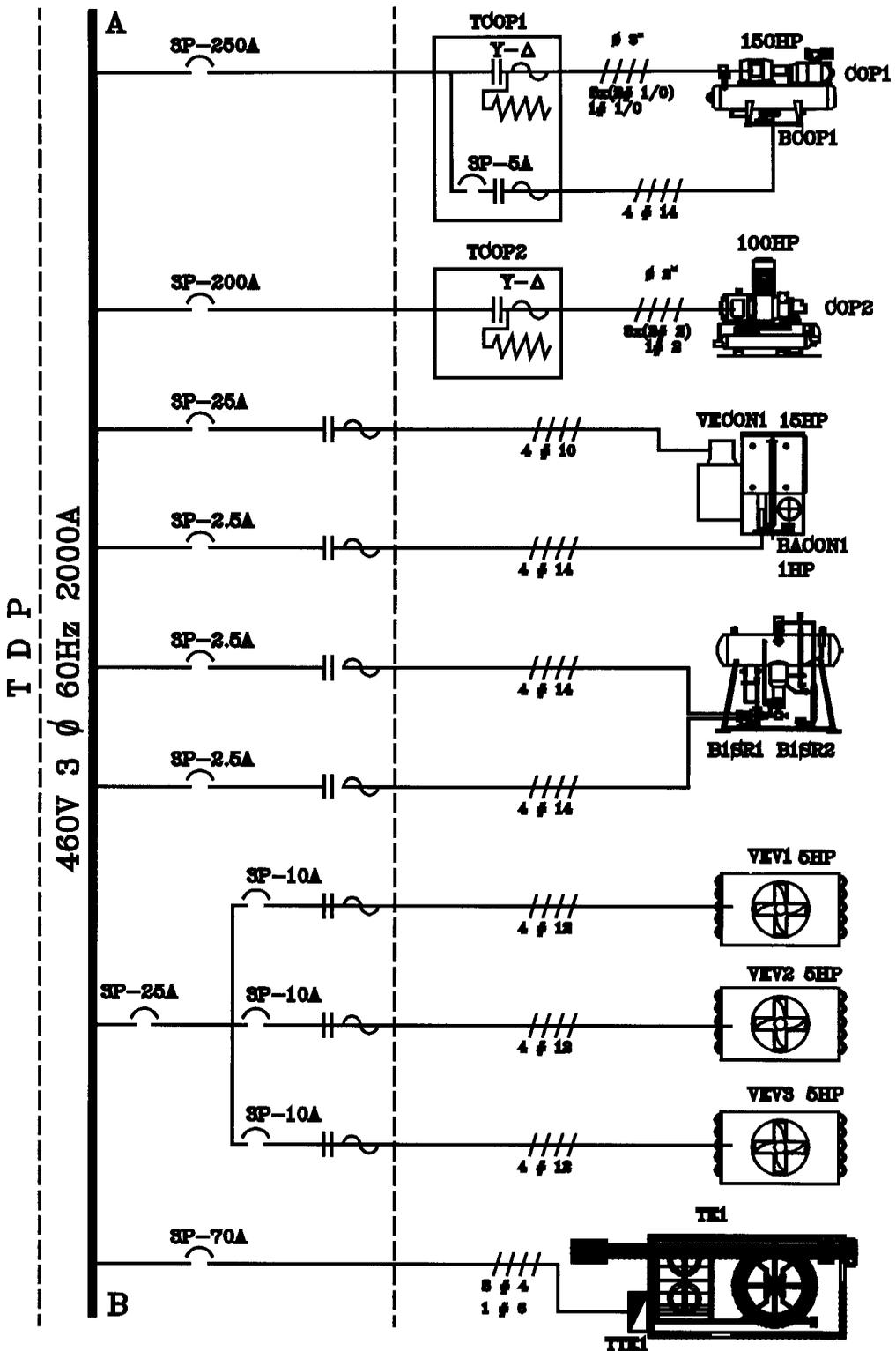


Figura 3.2. DIAGRAMA UNIFILAR PROYECTO I

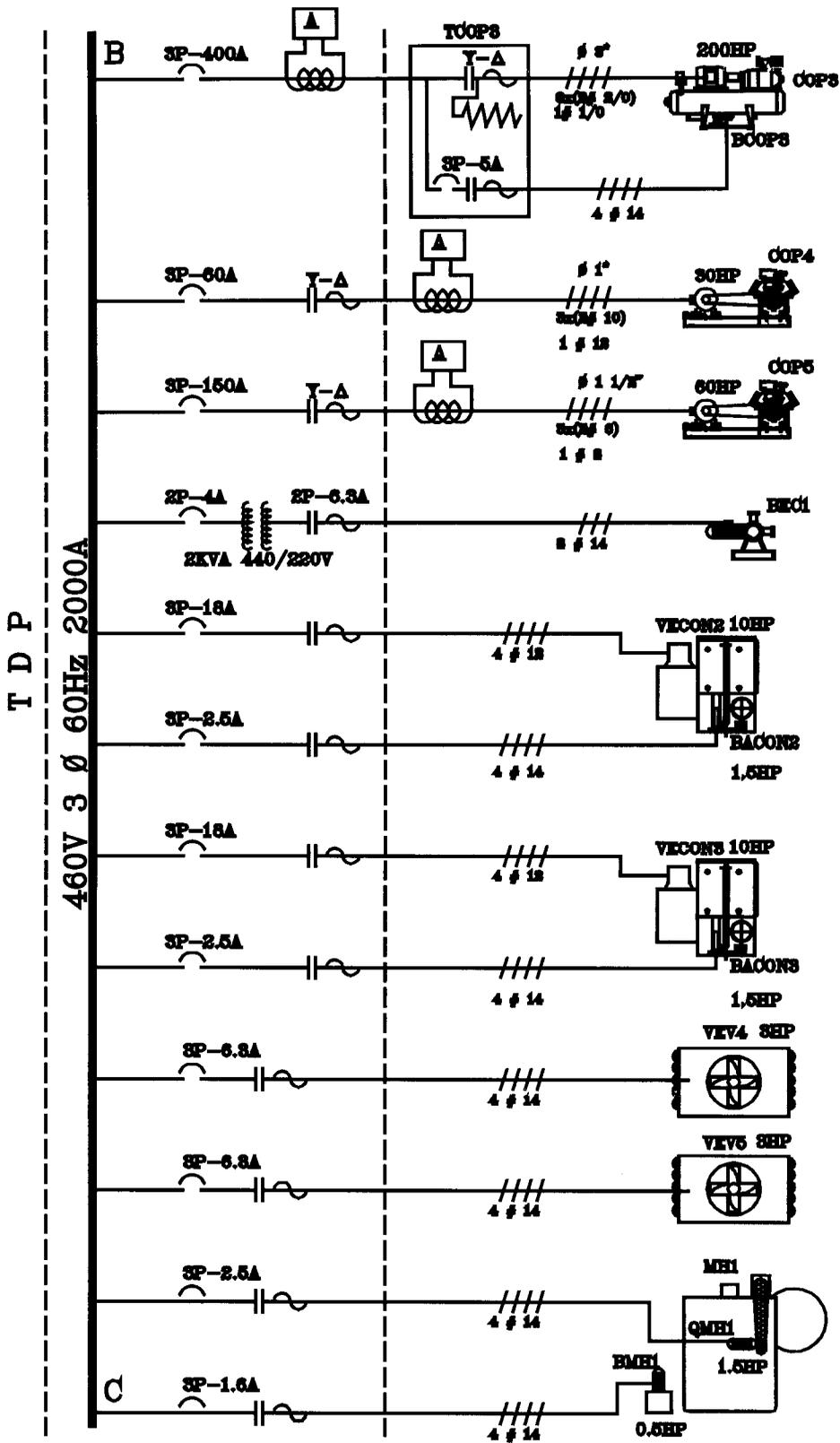


Figura 3.3. DIAGRAMA UNIFILAR PROYECTO II

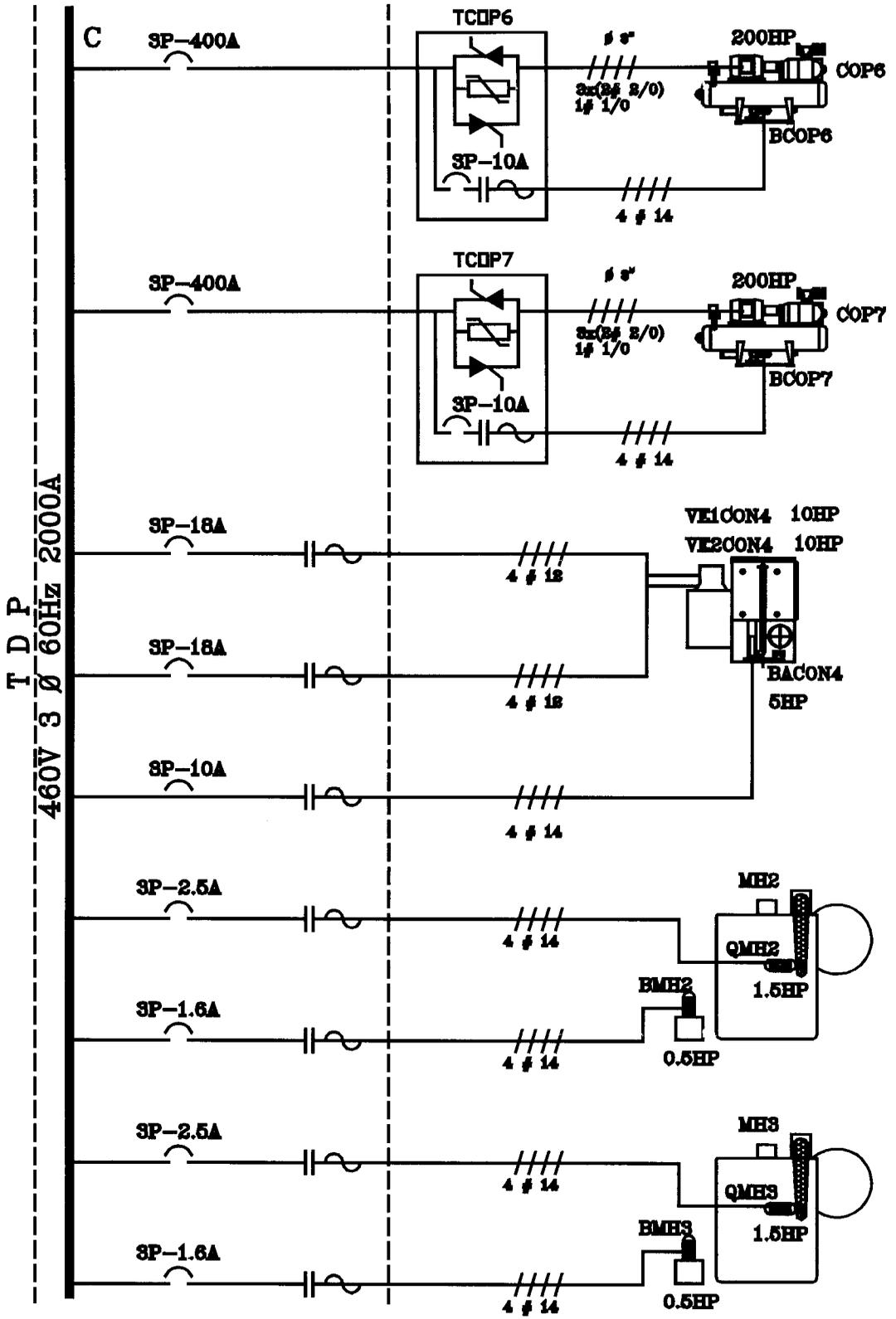


Figura 3.4. DIAGRAMA UNIFILAR PROYECTO III

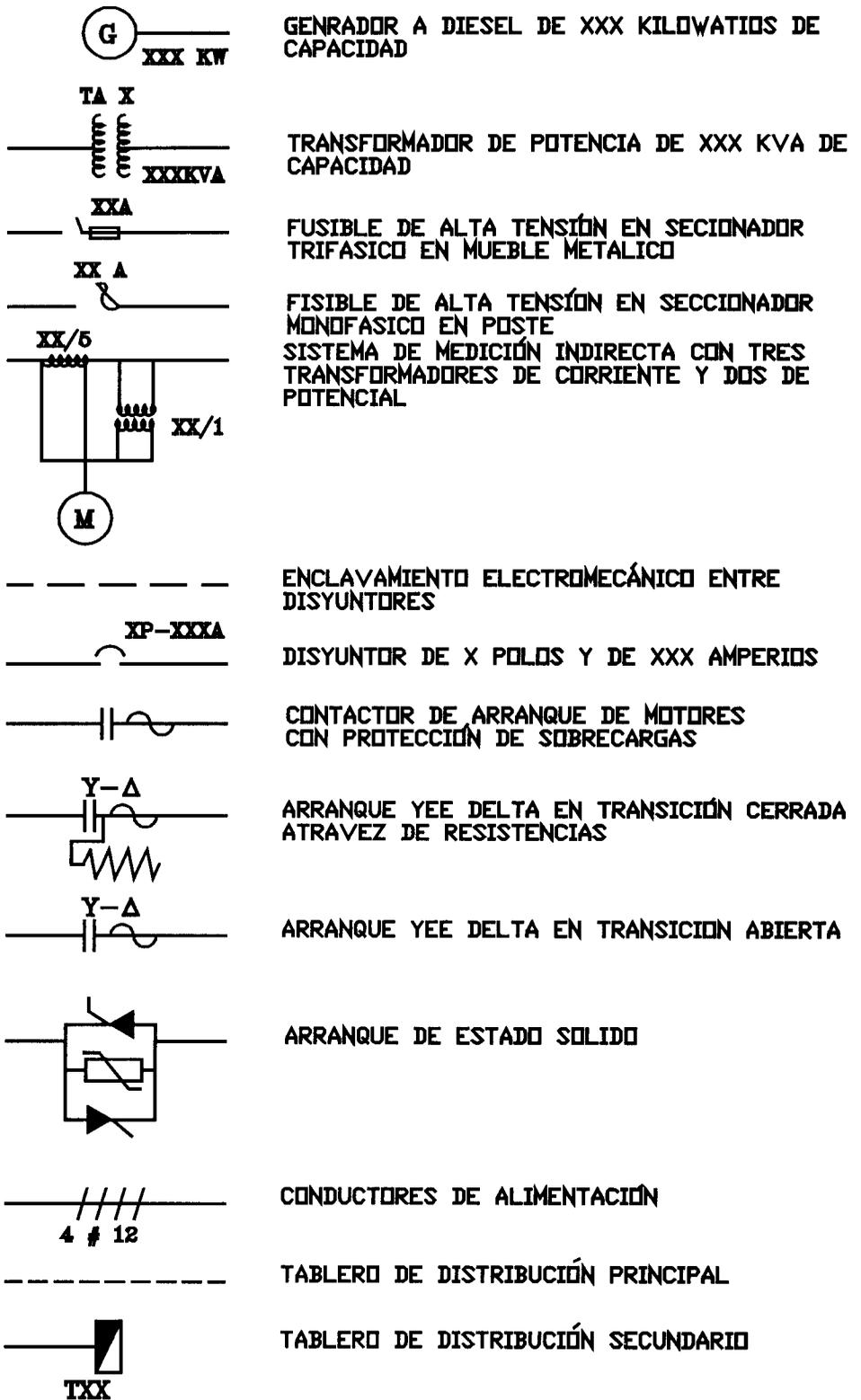


Figura 3.5. SIMBOLOGÍA DEL DIAGRAMA UNIFILAR

mejoramiento del factor de potencia ya que si bien es cierto que el amperaje total de la Industria y sus KVA es menor con factor de potencia corregido, no es menos cierto que en alguna ocasión el banco de capacitores puede fallar pudiendo ocasionar el disparo del disyuntor principal innecesariamente o una sobrecarga en el transformador.

Con todos estos datos y consideraciones se elabora el cuadro de cargas eléctricas del sistema, cuadro indicado en la Tabla V.

Con el aporte de la información proporcionada en la tabla V se procede a elaborar el diagrama unifilar del sistema el que está indicado en la figura 3.1 Diagrama unifilar del sistema de alimentación, transformación y generación, figura 3.2 Diagrama unifilar del proyecto I, cámara de mantenimiento y túnel de congelación, figura 3.3 Diagrama unifilar del proyecto II, congelación continúa por salmuera, figura 3.4 Diagrama unifilar del proyecto III, producción de hielo y por ultimo en la figura 3.5 donde se indica la simbología utilizada.

3.2 Diseño de Subestación

Se pasará ahora a analizar el sistema de alimentación a la Industria en alta tensión y transformación a 460 V. La Industria se encuentra ubicada en el Parque Industrial de Brisas de Santay en el cantón Duran a la altura del Kilometro 6.5 de la vía Duran Tambo al Guayas. La distribución de la energía eléctrica en el sector está a cargo de Emelgur y esta cuenta con una alimentadora a la zona del parque Industrial en mención compuesta

por tres conductores # 4/0 del tipo ASC, de la cual se toma la energía para la Industria.

Se parte del poste de propiedad de Emelgur que se encuentra frente al ingreso de la planta con una estructura tipo retenida (CR) fabricada con crucetas metálicas de 2.40 mt de longitud, en ella van instalados tres seccionadores porta fusibles monofásicos clase 200 A, con fusibles rápidos de 80 Amperios. Para el recorrido se ha utilizado conductores de aluminio tipo ACSR de calibre 2/0 y utilizando un total de 7 postes de hormigón llegando hasta el inicio de la sala de máquinas, ver figura 3.6, en el recorrido se utilizan un total de 3 estructuras de paso, 5 retenidas sencillas, una retenida doble para alojar el sistema de medición indirecta compuesta por tres transformadores de corriente con relación 75/5 A y tres transformadores de potencial de 8400/120V cuya relación es 70/1, todos ellos para una tensión nominal de 15KV. Se utilizan además para seguridad de la posteria un total de 3 tensores a tierra (TT) y dos tensores tipo farol, todos ellos con anclajes tipo A1 y una ancla de empuje. Los aisladores utilizados fueron del tipo Pin 55-4 para las de paso y 2x52-1 para las de retención.

En el último poste se instalaron tres pararrayos válvulares de 10KV debidamente aterrizados a una varilla de coperweld de 1/2" x 8'. La acometida aislada parte del último poste utilizando tres conductores número 2/0 de cobre aislados para 15 KV del tipo XLP (polietileno) con

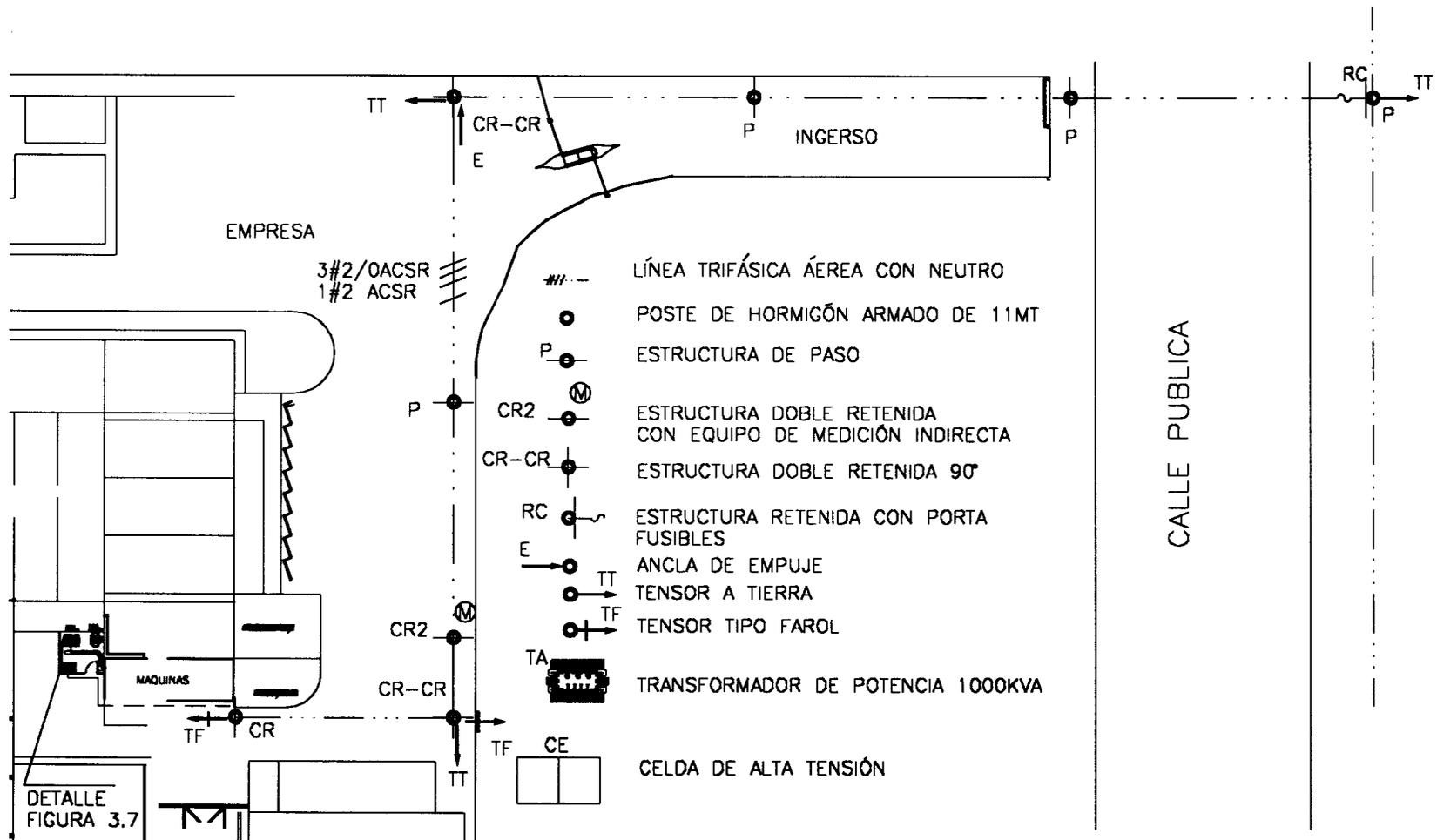


Figura 3.6 DISEÑO DE ACOMETIDA EN ALTA TENSIÓN

neutro incorporado tipo “Jacketed Concentric Neutral Cable”, utilizando tres puntas terminales de porcelana marca 3M número 5903 instaladas en una cruceta metálica de 2.4m de largo. El recorrido de los conductores aislados es a través de un tubo rígido de 4” con su respectivo reversible amarrado al poste y posteriormente en un canal metálico fabricado en plancha galvanizada de 12X10cm, con su respectiva tapa del mismo material hasta el cuarto de transformadores donde se encuentra la celda de distribución en alta tensión, las puntas terminales al final del conductor, dentro de la celda, fueron del tipo exterior marca 3M # 5641. Se ha utilizado puntas de porcelana en el exterior porque se debe tomar en cuenta que en la zona existe otras Industrias que producen un alto contenido de polvo alimenticio en el aire causando peligro de formarse un corto entre las puntas y su mallado de tierra, con las de porcelana el riesgo se reduce porque es una superficie más liza y más fácil de mantener y limpiar y con un grado de aislamiento mayor.

Para distribuir la energía eléctrica a los dos transformadores se utilizó una celda en alta tensión de las siguientes características:

Marca; BBC Brown Boveri

Cantidad de interruptores trifásicos: 2

Modelo: NAL

Tensión Nominal: 17.5 KV

Intensidad Nominal: 400 A

Valor de Cresta de la Intensidad Admisible: 40 KA

Poder de cierre Contra Cortos Circuitos: 40 KV

Intensidad de Corta Duración (1sg): 16 KA

Máximo Poder de Corte $\cos\phi=0.25$: 800 A

Este seccionador permite una adecuada y fiable coordinación entre interruptor-seccionador y fusibles incorporados, la interrupción de la corriente es por soplado autoneumático y autogeneración de gas, el mando de cierre y apertura es a través de un resorte de acumulación de energía, de esta manera si un fusible es accionado, este dispara las tres fases al mismo tiempo. El principio de funcionamiento de estos interruptores- fusibles es el siguiente:

Durante la interrupción ya sea producida manualmente o por el disparo de uno de los fusibles el arco es sometido a un chorro de aire que se inicia automáticamente en el instante en que se inicia el proceso de interrupción, esto es debido a que los aisladores del lado de apertura están provistos de cilindros y émbolos que están unidos al sistema de arrastre de los contactos móviles, el soplado se produce simultáneamente al movimiento de los contactos. Se produce un chorro de gas cuando las boquillas de las cámaras de extinción están expuestas al calor del arco, durante este proceso se genera el gas suficiente para el enfriamiento del arco. El gas generado aumenta con la corriente que se

interrumpe. El efecto de autogeneración de gas es tanto más importante cuanto mayor es la corriente a interrumpir.

Se utiliza en el seccionador fusibles de la misma marca del tipo CEF de 40 Amperios para salir con tres conductores aislados de cobre # 2 de las mismas características del anterior provisto con las mismas puntas terminales 3M # 5641, alimentando al transformador de 1000 KVA.

El transformador tiene las siguientes características:

Marca: Moretran

Potencia: 1000 KVA

Conexión: Delta Estrella con neutro aterrizado

Relación: 13.200/480-277 V

Grupo de conexiones: Dyn-5

Refrigeración: OA (Sumergido en aceite)

Uk%: 3.65

Perdidas en el hierro: 3.000 Wattios

Perdidas en el cobre: 10.451 Wattios

Se elige la conexión delta en alta por cuanto en la zona en que se encuentra la Industria la línea de neutro de la alimentadora proporcionada por Emelgur no es confiable y además sufre continuos robos, si se hubiera elegido Estrella – Estrella, al no contar con un neutro fiable los voltajes de línea a neutro sufrirían un desbalance considerable afectando al voltaje de salida causando problemas en el sistema de

distribución en baja.

Por solicitud de los fabricantes del transformador este debe tener suficiente espacio de ventilación porque su enfriamiento es por convección y no por aire forzado por tanto las distancias mínimas deben ser las siguientes:

Hacia las paredes mínimo 50 cm, la separación de este transformador con el existente debe ser mínimo 1.50 m, el cuarto debe tener circulación de aire natural.

Del transformador se alimenta al disyuntor principal con una terna formada por cuatro conductores 500 MCM y en el neutro con dos conductores del mismo calibre. Para el recorrido de estos conductores se utilizó una parrilla porta cables de 50 cm de ancho. El sistema está debidamente aterrizado con varillas de “ copperweld “ tanto en el transformador como en el tablero de distribución principal, ver detalle en figura 3.7. En esta figura se puede observar los espacios de circulación de aire solicitados y además la puerta fue construida con malla de ojo pequeño para permitir la ventilación e impedir el paso de animales, al mismo tiempo en el techo del cuarto de instalaron sistemas de ventilación tipo chimenea.

3.3 Diseño de Tablero de Distribución Principal

Para realizar el diseño del tablero de distribución principal se parte del

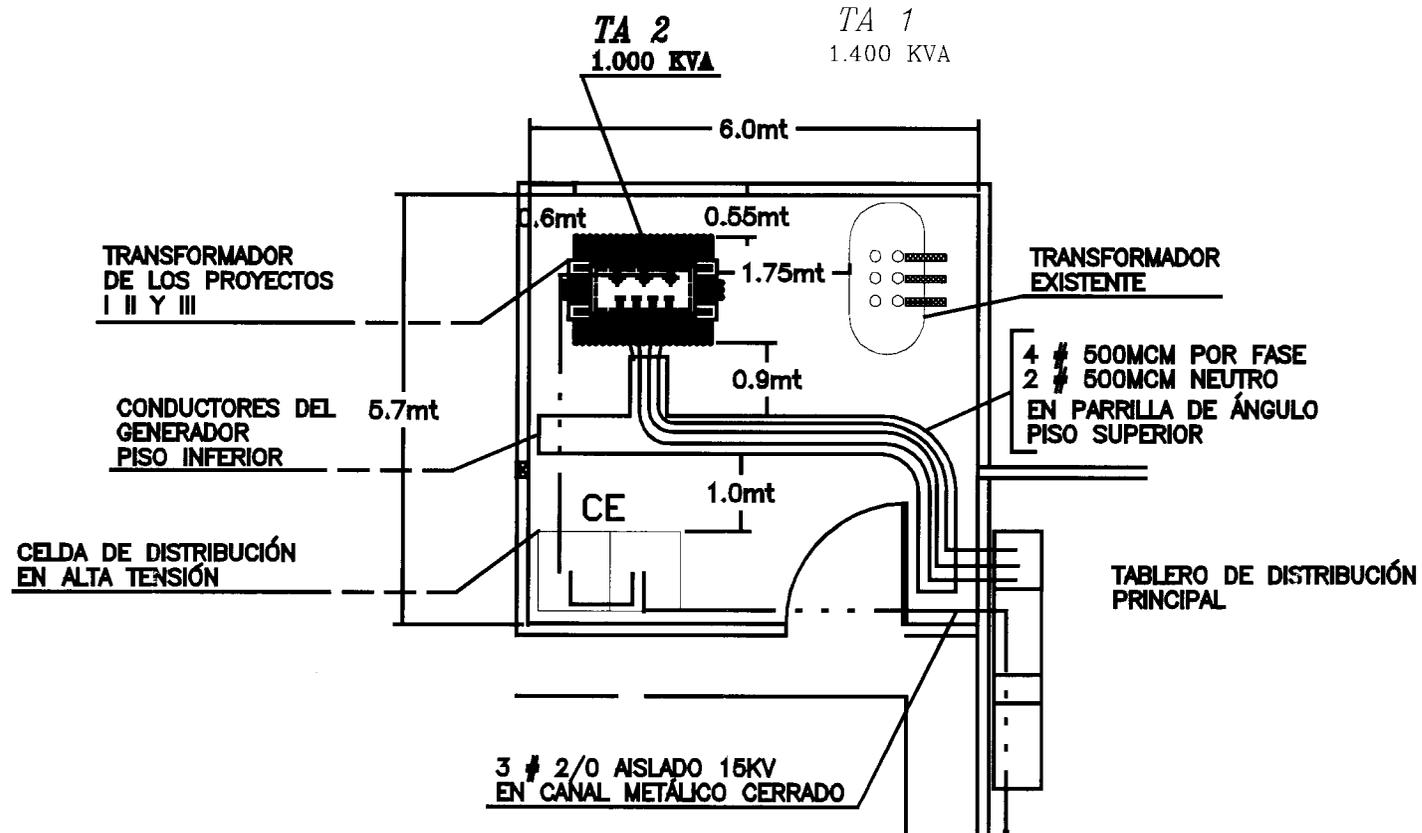


Figura 3.7 DISEÑO DE SUBESTACIÓN

diagrama unifilar en el que se indican los elementos requeridos de fuerza y también se utiliza los diagramas de control, ver Capítulo 4, para determinar los elementos de control a instalarse en el tablero.

Los pasos que se siguen para realizar el diseño fueron los siguientes:

1.- Se determinan los disyuntores que alimentaran a cada carga, para esto nos valemos del calculo de corrientes de corto circuito para el sistema diseñado. En este caso particular se utilizó un programa diseñado por el Grupo Shneider y con esta herramienta se determinan las capacidades de corriente de corto circuito para cada disyuntor. Se realiza una evaluación técnica - económica de las distintas alternativas que presenta el mercado local y se define que disyuntores cumplen con las capacidades de amperaje designadas y de corto circuito así como también las especificaciones exigidas por esta Industria, exigencias indicadas en este capítulo numeral 3.1, literal 6. Con estas elecciones se establece el tamaño físico de cada uno de ellos y los espacios requeridos de acuerdo al fabricante, estos datos se los obtiene de los catálogos de las marcas elegidas.

2.- Se definen los contactores de arranque y los relés de protección, siguiendo las mismas especificaciones del literal 6. Aunque en todas estas elecciones prima la parte económica es prudente no realizar una mezcla de marcas en lo referente a estos elementos, en este caso particular la marca que se ha utilizado siempre es Telemecanique y por lo

tanto en este caso nos mantenemos en la misma línea. Se elige los tamaños de contactores y relés de acuerdo a las especificaciones de diseño y se establece los espacios físicos requeridos para cada elemento.

3.- Con los diseños de control se determinan los elementos restantes tales como contactores para señales de control, temporizadores, selectores, luces piloto, instrumentos de medición, etc.

4.- Con todos estos datos se realiza una tabla donde se especifican todos los elementos que van instalados en el tablero de distribución principal. Estos datos los podemos observar en las Tablas VI y VII.

5.- Se procede a realizar la ubicación de los elementos, en este caso particular se utilizó como herramienta de ayuda el programa de diseño asistido por Autocad. Con los datos obtenidos en los pasos anteriores se dibujan bloques para cada uno de los elementos, estos bloques serán insertados en el dibujo hasta lograr el espacio requerido para alojar todos los elementos necesarios, lógicamente se debe agrupar los elementos de acuerdo a los equipos dejando las distancias requeridas para en cableado y las borneras de conexión.

En la realización del diseño se tomaron las siguientes consideraciones:

- 1.- La altura máxima del tablero no debe exceder de 2 metros de alto.
- 2.- Debe ser modular para permitir ampliaciones futuras.
- 3.- El disyuntor principal debe ir al lado derecho del tablero.

TABLA VI

ASIGNACION DE ELEMENTOS PARA EL TABLERO DE DISTRIBUCION PRINCIPAL

DESCIPCION DEL EQUIPO	MOTORES NOMENC.	DISYTORES	ICC KA	CONTRES DE FUERZA	#	RELES DE SOBRECARGA	#	CONTRES DE CONTROL	#	OTROS	#
DISYUNTOR PRINCIPAL		RD320TW	65								
COMPRESOR RWB-II 76 E											
MOTOR DEL COMPRESOR	COP1	KAL36300	30								
BOMBA DE ACEITE	BCOP1										
COMPRESOR RXF-39	COP2	KAL36200	25								
CONDENSADOR XLC-185											
BOMBA DE AGUA	BACON1	GK2-CF07	100	LC1-D0910M6	1	LR2-D1307 (1.6-2.5)	1	CAD2-DN31M6	3	TEMP/CONX LA2-DT4	1
VENTILADOR	VECON1	GV2-L22	50	LC1-D2510M6	1	LR2-D1322 (17-25)	1				
SISTEMA DE RECIRCULACION											
BOMBA DE AMONIACO # 1	B1SR1	GK2-CF10	10	LC1-D0910M6	1	LR2-D1310 (4-6)	1	CAD2-DN31M6	4		
BOMBA DE AMONIACO # 2	B2SR1	GK2-CF12	6	LC1-D0910M6	1	LR2-D1312 (5.8-8)	1				
CAMARA		GV2-L22	50								
VENTILADOR EVAPORADOR # 1	VEV1	GV2-L14	50	LC1-D1210M6	1	LR2-D1314 (7-10)	1	CAD2-DN31M6	8	TEMP/CONX LA2-DT4	1
VENTILADOR EVAPORADOR # 2	VEV2	GV2-L14	50	LC1-D1210M6	1	LR2-D1314 (7-10)	1				
VENTILADOR EVAPORADOR # 3	VEV3	GV2-L14	50	LC1-D1210M6	1	LR2-D1314 (7-10)	1			TEMP/DESC FM12	3
TUNEL ESPIRAL		FAL34070	18								
COMPRESOR 160VL-Y											
MOTOR DEL COMPRESOR	COP3	NS400N	42								
BOMBA DE ACEITE	BCOP3										
COMPRESOR 6K	COP4	NS-100	25	LC1-D3210M6	2	LR2-D1322 (17-25)	1	CAD2-DN31M6	4	TEMP/CONX LA2-DT4	1
				LC1-D2510M6	1					TEMP/CONX Y-D LA2-DS2	1
COMPRESOR 8K	COP5	NS-250	35	LC1-D5011M6	2	LR2-D3357 (37-50)	1	CAD2-DN31M6	4	TEMP/CONX LA2-DT4	1
				LC1-D4011M6	1					TEMP/CONX Y-D LA2-DS2	1
BOMBA DE ENFRIAMIENTO CABEZ.	BEC1	GV2-L10	50	LC1-D0910M6		GV2-M14		CAD2-DN31M6	2	TEMP/CONX LA2-DT4	1
CONDENSADOR VC1-150R											
BOMBA DE AGUA	BACON2	GV2-L07	50	LC1-D0910M6		LR2-D1307(1.6-2.5)		CAD2-DN31M6	3	TEMP/CONX LA2-DT4	1
VENTILADOR	VECON2	GV2-L20	50	LC1-D1810M6		LR2-D1321(12-18)					
CONDENSADOR VC1-150R											
BOMBA DE AGUA	BACON3	GV2-L07	50	LC1-D0910M6		LR2-D1307(1.6-2.5)		CAD2-DN31M6	3	TEMP/CONX LA2-DT4	1
VENTILADOR	VECON3	GV2-L20	50	LC1-D1810M6		LR2-D1321(12-18)					
EVAPORADOR NTM1	EV4	GV2-L10	50	LC1-D0910M6		LR2-D1310 (4-6)		CAD2-DN31M6	6	TEMP/CONX LA2-DT4	2
EVAPORADOR NTM1	EV5	GV2-L10	50	LC1-D0910M6		LR2-D1310 (4-6)				TEMP/DESCOG FM-12	1

TABLA VII

ASIGNACION DE ELEMENTOS PARA EL TABLERO DE DISTRIBUCION PRINCIPAL

DESCIPCION DEL EQUIPO	MOTORES NOMENC.	DISYTORES	ICC KA	CONTRES DE FUERZA	#	RELES DE SOBRECARGA	#	CONTRES DE CONTROL	#	OTROS	#
MAQUINA DE HIELO M90-SS											
BOMBA DE AGUA	BMH1		100	LC1-D0910M6		GV2-M6(1-1.6)		CAD2-DN31M6	1	TEMP/DESCONX LA3-DR4	1
QUEBRADOR	QMH1		100	LC1-D0910M6		GV2-M7(1.6-2.5)					
COMPRESOR 160VL-TE											
MOTOR DEL COMPRESOR	COP6	NS400N	42								
BOMBA DE ACEITE	BCOP6										
COMPRESOR 160VL-TE											
MOTOR DEL COMPRESOR	COP7	NS400N	42								
BOMBA DE ACEITE	BCOP7										
CONDENSADOR ATC-370											
BOMBA DE AGUA	BACON4		15	LC1-D1210M6	1	GV2-M14(6-10)	1	CAD2-DN31M6	4	TEMP/CONX LA2-DT4	1
VENTILADOR # 1	VE1CON4		8	LC1-D1810M6	1	GV2-M20(13-18)	1				
VENTILADOR # 2	VE2CON4		8	LC1-D1810M6	1	GV2-M20(13-18)	1				
MAQUINA DE HIELO M90-SS											
BOMBA DE AGUA	BMH1		100	LC1-D0910M6	1	GV2-M6 (1-1.6)	1	CAD2-DN31M6	1	TEMP/DESCONX LA3-DR4	1
QUEBRADOR	QMH1		100	LC1-D0910M6	1	GV2-M7 (1.6-2.5)	1				
MAQUINA DE HIELO M90-SS											
BOMBA DE AGUA	BMH1		100	LC1-D0910M6	1	GV2-M6 (1-1.6)	1	CAD2-DN31M6	1	TEMP/DESCONX LA3-DR4	1
QUEBRADOR	QMH1		100	LC1-D0910M6	1	GV2-M7 (1.6-2.5)	1				
TRANSFORMADOR DE CONTROL	TC1	GV2-M14(6-10)	6	LC1-D1210M6		GV2-M22 (20-25)				DISY/CONT. GB2-CB#	18
ALARMAS								CAD2-DN31M6	2		
TRAMPA DE LIQUIDO								CAD2-DN31M7	4	TEMP/DESCONX LA3-DR4	1

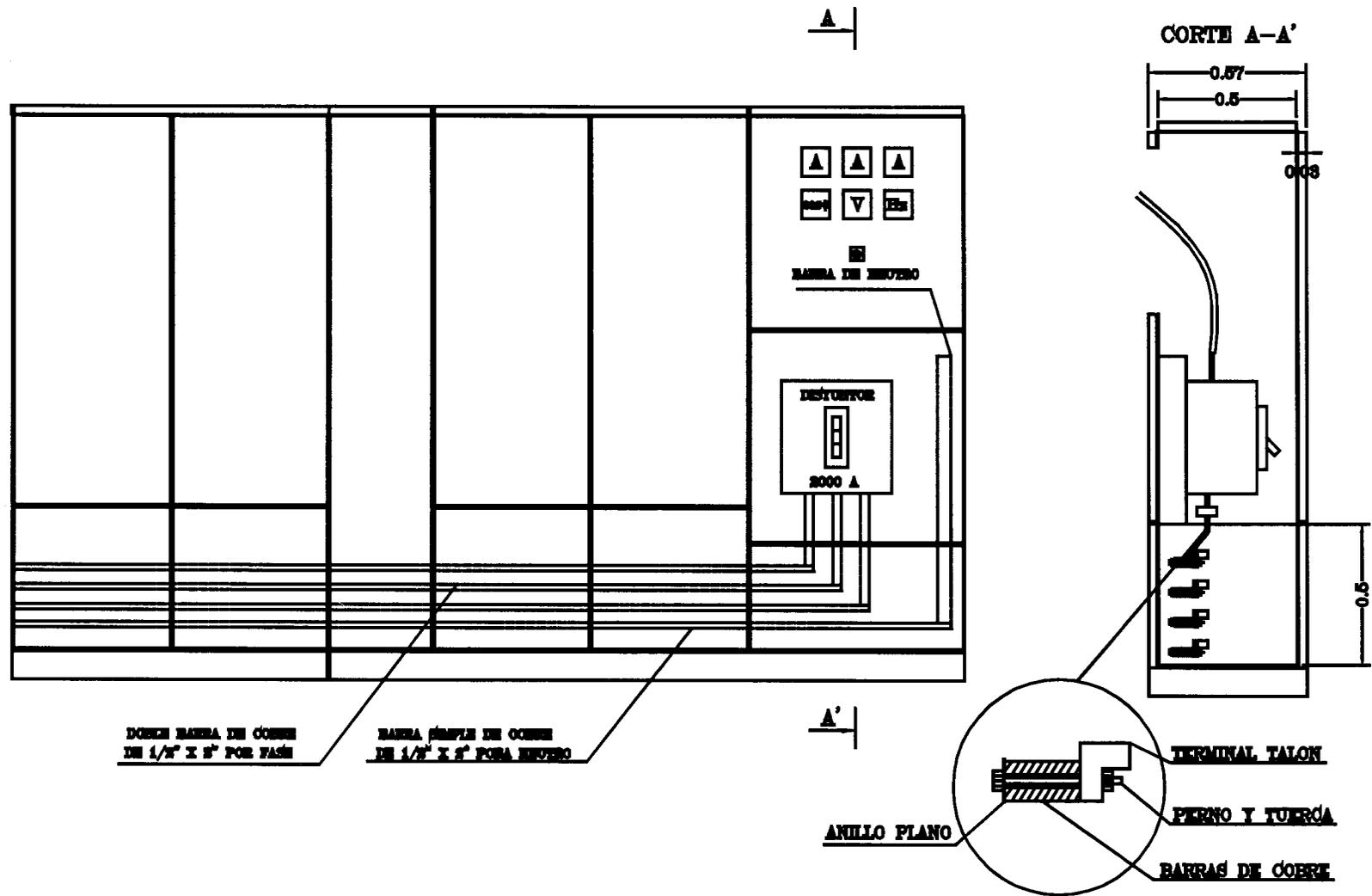


Figura 3.8 UBICACIÓN DE LAS BARRAS DE DISTRIBUCIÓN EN EL TABLERO PRINCIPAL

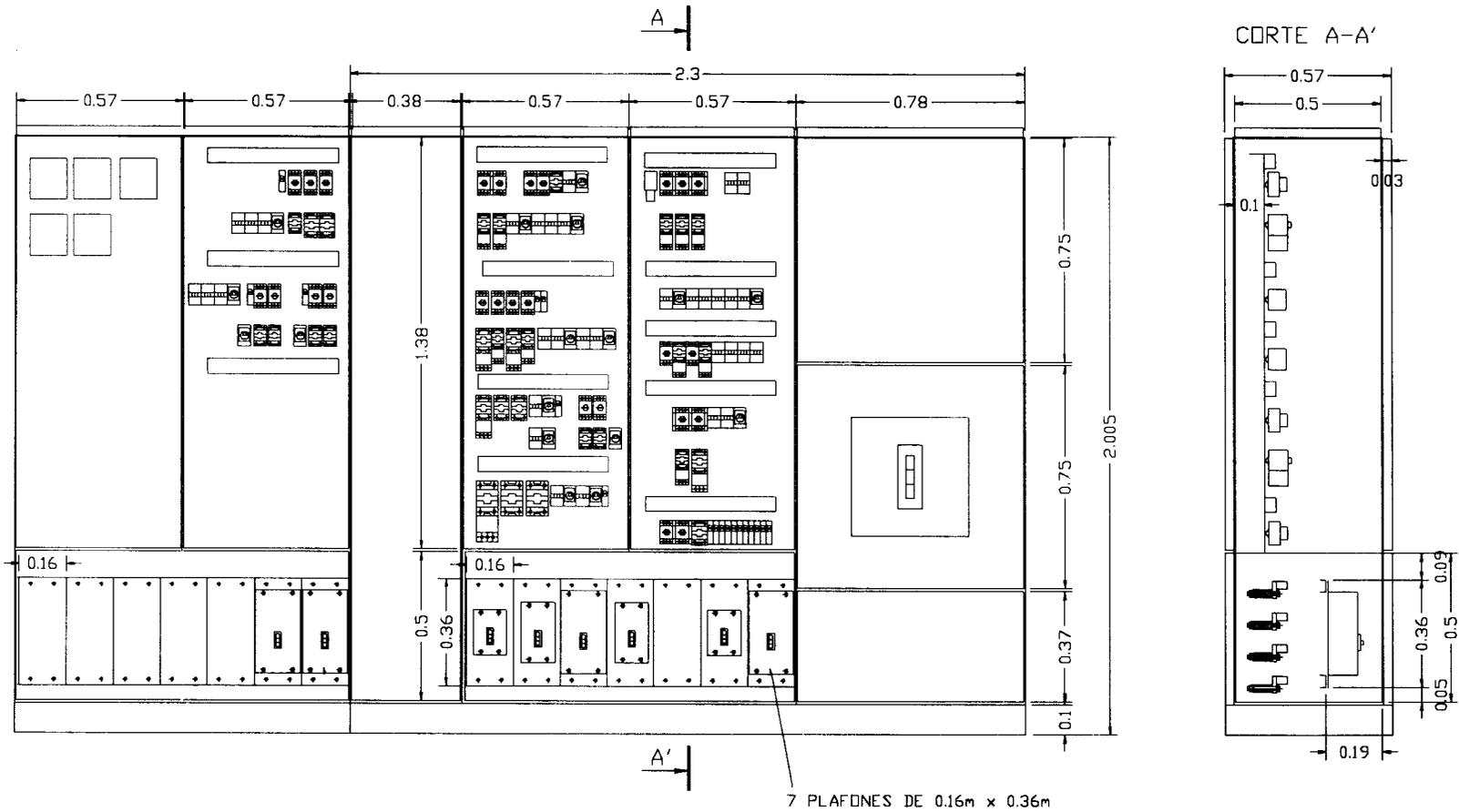


Figura 3.9 UBICACIÓN DE ELEMENTOS EN EL TABLERO DE DISTRIBUCIÓN PRINCIPAL

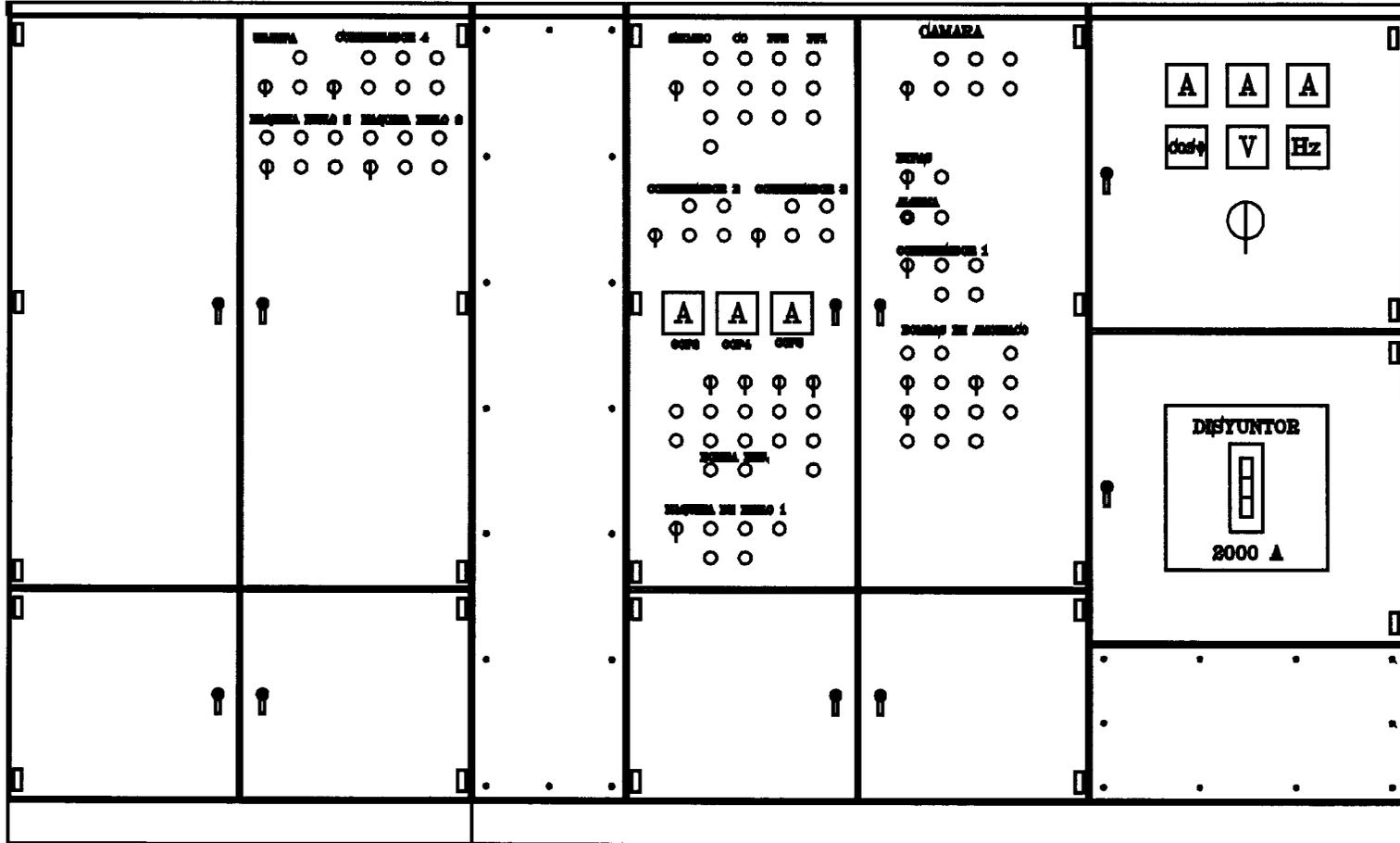


Figura 3.10 DISEÑO DE PUERTAS, SENALIZACIÓN Y MANDO DEL
 TABLERO DE DISTRIBUCIÓN PRINCIPAL

4.- Las barras deben ser dobles paralelas por cada fase para dar oportunidad de ubicar las tomas de fuerza a los disyuntores sin requerimiento de agujeros.

En las figuras 3.8, 3.9 y 3.10 se puede observar los tres pasos seguidos para el diseño, el primero la ubicación del disyuntor principal y las barras de distribución, véase el detalle de la conexión de los terminales tipo talón a las barras que no requieren de agujeros en las barras y se los puede reubicar a conveniencia, el segundo la ubicación de los demás disyuntores, contactores de arranque, de control y relés térmicos y por ultimo en la tercera figura el diseño de ubicación de elementos de mando y señalización en las puertas del tablero.

Nótese la modulación del tablero, lo que permitió ampliar las necesidades de los demás proyectos ya que este tablero fue diseñado en el primer proyecto, las barras pueden continuar su recorrido si fuera necesario y así mismo los cuerpos que alojan los demás elementos.

3.4 Diseño de Tableros Secundarios

Los tableros secundarios utilizados en estos proyectos son de tres tipos, el primero es el tablero de control ubicado en la zona de congelación por sal muera, el segundo es el tablero donde se alojan los capacitores que no ha sido posible ubicarlos en los tableros de arranque de los motores y los terceros son los tableros adquiridos en la compra de los equipos referente a los arranques de los mismos.

3.4.1 Tablero de Control de Congelación por Sal Muera

Este tablero es el que contiene los elementos de control de este sistema, si nos referimos al capítulo 4 en su diseño de control este tablero debe contener lo siguiente:

- 3 Sistemas de control de presión a través de temperatura EKS61
- 3 Transformadores de 220-24V ca. para los arriba indicados
- 3 Selectores prendido – apagado
- 3 Selectores congelación – apagado – descongelamiento
- 9 Contactores de control
- 3 Temporizadores a la conexión
- 12 Luces piloto

Con estos requerimientos y cumpliendo las especificaciones indicadas en el numeral 3.5 de este capítulo se procede a realizar el diseño y construcción de este tablero, cuyas características fundamentales son las siguientes:

- 1.- Material utilizado: Acero inoxidable 304 opaco de 1.5mm.
- 2.- Dimensiones: 1.15 X 0.61 X 0.28 m.
- 3.- Tapas de acrílico transparente en marco de ángulo inoxidable
- 4.- Vires antigotas en el marco de la tapa
- 5.- Las perforaciones van en un plafón en su interior
- 6.- Contiene espacios de reserva para aplicaciones futuras

En la figura 3.11 se representan los detalles de construcción.

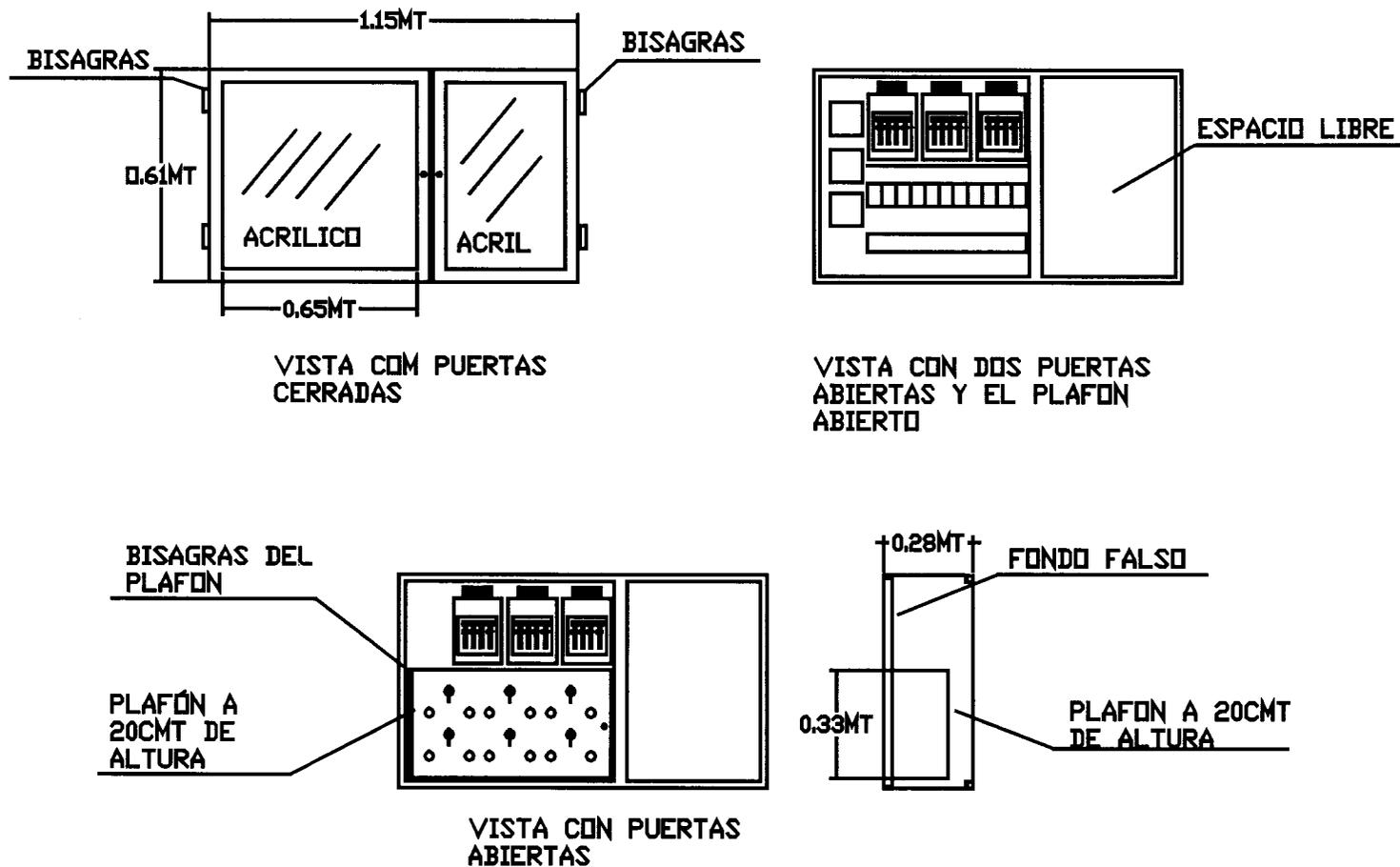


Figura 3.11 DISEÑO DE TABLERO DE CONTROL, CONGELACIÓN POR SAL MUERA

3.4.2 Tablero de Capacitores

Normalmente se utilizan los espacios debajo de los tableros de arranque para poder instalar los capacitores para la corrección del factor de potencia, pero en algunos casos no es factible, así mismo los arranques que van dentro del tablero de distribución principal, no se recomienda incorporar los capacitores por razones de seguridad. De esta manera se destina un tablero para que aloje todos estos bancos de capacitores así como los fusibles de protección y contactores de arranque, se diseñó un tablero con suficiente espacio para incrementos futuros de esta manera se está cubriendo en el momento que se requiera realizar cambios en el factor de potencia. El diseño de este tablero se puede observar en la figura 3.12, siendo este construido con plancha metálica negra fondeada con anticorrosivo y pintada con esmalte y su ubicación es en el interior de la sala de máquinas al lado del tablero de distribución principal.

3.4.3 Tableros de Arranque

Debo recalcar que los tableros de arranque de los motores mayores de 100 HP no fueron diseñados por mi pero sin embargo se debe ponerlos a consideración a manera de información, ya que estos tableros fueron adquiridos junto con los equipos de refrigeración y su construcción y diseño es autoría de Ram Industries. En la figura 3.13 se muestran los dos tipos de arranques utilizados, el estrella triángulo transición cerrada

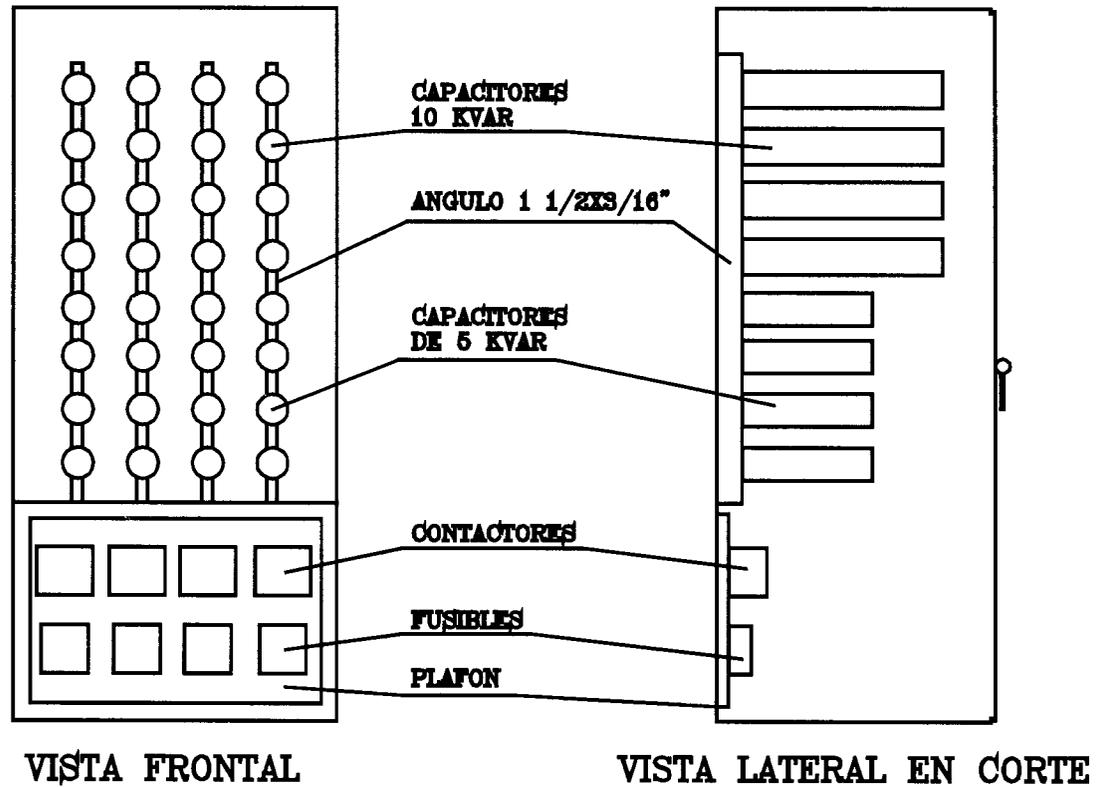


Figura 3.12 DISEÑO DE TABLERO DE CÁPACITORES

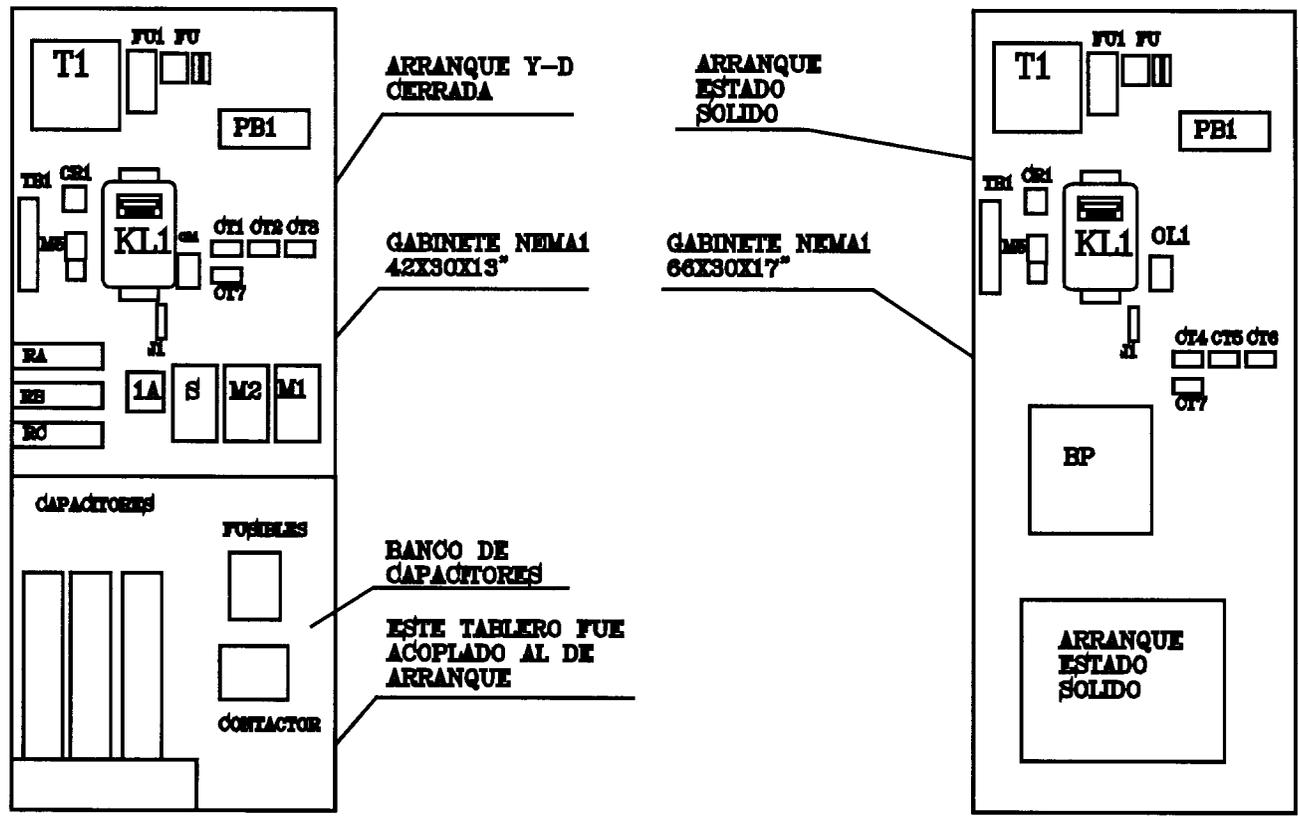


Figura 3.13 TABLEROS DE ARRANQUE DISEÑADOS POR RAM INDUSTRIES

y el de arranque por estado sólido.

3.5 Especificaciones Técnicas de Montaje Eléctrico

En el numeral 3.1 de este capítulo ya se ha detallado algunas de las especificaciones de montaje eléctrico al definir la clase de conductores a utilizarse en cada una de las alimentaciones a las distintas cargas y además se ha indicado el tipo de soporte del recorrido de estos conductores, sin embargo es muy importante recalcar algunas otras especificaciones que se deben tomar en cuenta para el montaje eléctrico, tomando en cuenta el tipo de instalación, agresividad y temperatura del medio ambiente, grado de protección contra humedad y otros factores que intervienen en la seguridad del sistema eléctrico. Tomando en cuenta todos estos factores se puede resumir las especificaciones de montaje eléctrico en los siguientes puntos:

1.- Tableros eléctricos

a.- los tableros de distribución eléctricos ubicados en la sala de máquinas podrán ser construidos en plancha negra debidamente pintados sobre fondo anticorrosivo y podrán ir apoyados en el piso pero deberán ser asegurados a la pared con elementos de fijación apropiados que en algunos casos se trata de pernos galvanizados pasantes.

b.- Los tableros de distribución ubicados dentro del área de producción deberán ser construidos en plancha de acero inoxidable debidamente tapados con el mismo material u otro material no oxidable y en la tapa no

deberán llevar ningún elemento eléctrico ya sea este luces piloto o selectores, si esto es requerido se debe utilizar una caja eléctrica aparte.

c.- Nunca un tablero dentro de la sala de producción debe ir apoyado al piso, debe estar asegurado a la pared a una altura mínima de 1.30 metros del piso.

d.- Todos los tableros deben tener su propia varilla de cobre debidamente aterrizada.

e.- Se puede utilizar cajas de material plástico en ves de acero inoxidable para la ubicación de elementos de mando y señalización.

f.- Un tablero en el interior de la zona de proceso así como las cajas de mando y señalización no deben tener las entradas de los conductores por la parte superior, todos los conductores deben entrar por abajo.

g.- Todos los marcos de las tapas deben tener virados antigotas.

h.- La ubicación de los tableros y cajas de mando deben ser lejos de equipos que manejan agua y que pueden ocasionar peligro debido a la alta humedad del ambiente, o en su efecto deberán ser a prueba de estanco grado IP65.

2.- Conductores y Ductos

a.- Referirse a numeral 3.1 de este capítulo, especificación 4.

b.- Solo en sitios que no sea el interior de la planta de proceso se permite la utilización de tubos metálicos rígidos y flexibles, para la alimentación de un motor o tablero de distribución.

c.- Para la llegada a tableros de distribución dentro de la planta de proceso se utilizarán electrocanales tipo bandeja con tapa, de acero inoxidable.

d.- Los conductores multipolares flexibles deben tener un prensa cables estanco en la conexión a la caja del elemento a conectarse, de no contar con este tipo de conector se utilizará conector de cable estándar y se reforzará con silicon en pasta para evitar el ingreso de humedad al elemento o motor.

e.- Cuando el recorrido del conductor multipolar lo requiera, se utilizará un tubo guía de material PVC engrapado a la pared utilizando el mismo material en la fabricación de la grapa.

f.- Se deberá dejar suficiente longitud libre de conductor multipolar de tal manera que permita remover el elemento a que esta conectado, esto es muy importante para mantenimiento, por ejemplo las bobinas de las electroválvulas deben ser retiradas de sus vástagos para poder chequear su funcionamiento, los interruptores magnéticos de los flotadores de nivel se requiere retirarlos estando conectados para verificar su funcionamiento, el conductor debe ser lo suficientemente largo para poder realizar estas operaciones. Ver figura 3.14.

g.- En las zonas de baja temperatura (-20°C) se deben utilizar conductores cuyo aislante no sea termoplástico, sino mas bien del tipo goma o caucho debido a que el material termoplástico se vuelve muy

quebradizo a bajas temperaturas y cualquier movimiento brusco rompe el material aislante poniendo al descubierto el cobre. En caso de la dificultad de adquirir este tipo de aislante, el conductor multipolar debe ir debidamente fijado para no permitir su movimiento.

h.- No se deberá fijar conductores a tubos de refrigeración, ya que en el momento de la instalación los tubos de conducción del refrigerante están a temperatura ambiente pero una vez funcionando el sistema, algunos de estos se congelan y otros presenta temperaturas hasta de 130°C.

i.- Evitar en lo posible empalmes a mitad de recorrido entre el tablero de distribución y el elemento eléctrico, en caso de requerirse debe utilizarse cajas plásticas tipo estanque debidamente selladas contra humedad y goteo.

j.- No se debe utilizar ningún tipo de enchufe para la alimentación de motores ni de elementos eléctricos aunque estos sean sellados a prueba de agua, a menos que el elemento ya venga provisto de estos tipos de enchufes, caso particular las bobinas de las electroválvulas Danfoss.

k.- Los conductores en las parrillas portacables deben ir amarrados con amarras plásticas y formando capas o pisos entre los conductores, para conductores de motores trifásicos con hilos separados, estos deberán ir agrupados entre sí en forma de triángulo, incluyendo el neutro.

L.- En el diagrama unifilar se especifica los diámetros de los ductos de alimentación a los motores, motor que no especifica es porque su

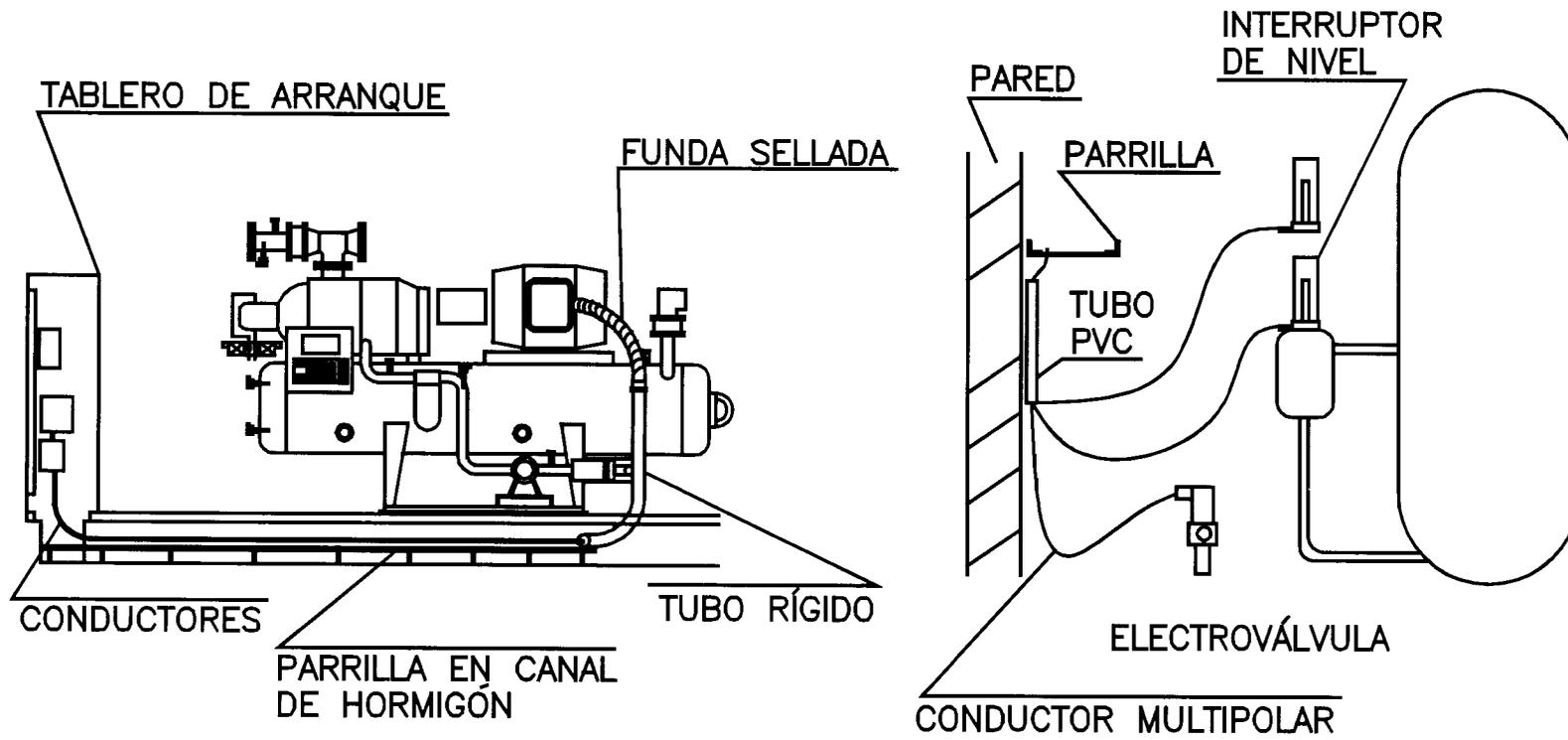


Figura 3.14 EJEMPLOS DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS

alimentación es con conductor multipolar.

En la figura 3.14 se puede observar algunos ejemplos de instalación eléctrica siguiendo las instrucciones arriba indicadas.

3.6 Diseño de Recorrido de Conductores

Para el recorrido de conductores se ha utilizado parrillas portacables fabricadas en ángulo de hierro negro laminado pintadas con esmalte sobre fondo anticorrosivo cuyas especificaciones son las siguientes:

1.- Area de condensadores.

Ángulo laminado de 1"x1/8" con platinas de la misma dimensión cada 20cm y un refuerzo de ángulo cada 1m. El ancho elegido para la cantidad de conductores fue de 10cm.

2.- Sala de máquinas.

Ángulo laminado de 1"x1/8" con platinas de la misma dimensión cada 20cm y refuerzos de ángulo cada 1m, soportada por patas construidas en tubo galvanizado de 1/2" cada 50cm, dando una altura desde el piso de 5cm, el ancho determinado para esta parrilla es de 30cm.

Esta parrilla va colocada en el interior de un canal de hormigón provisto de una tapa metálica de 3/8" de espesor.

3.- Cuarto de transformadores

Ángulo laminado de 1"x1/8" con ángulos de la misma dimensión cada 20cm, soportada por patas construidas en tubo galvanizado, dando una altura desde el piso de 50cm, el ancho determinado para esta parrilla es

de 50cm.

4.- Desde tablero principal hacia la planta.

Ángulo laminado de 1"x1/8" con platinas de la misma dimensión cada 20cm y refuerzos de ángulo cada 1m, soportada por estructuras tipo pie de amigo construidas en el mismo ángulo cada 1m, el ancho determinado para esta parrilla es de 30cm.

Cabe recalcar que el recorrido de esta parrilla es por el lado de afuera del galpón pero debidamente techada. La parrilla que atraviesa la planta según la figura 3.15 lo realiza por encima del tumbado.

En la figura 3.16 se puede observar dos detalles de instalación de parrilla, la una dentro de un canal de hormigón, caso de la sala de máquinas y la otra asegurada a la pared, caso de esta última.

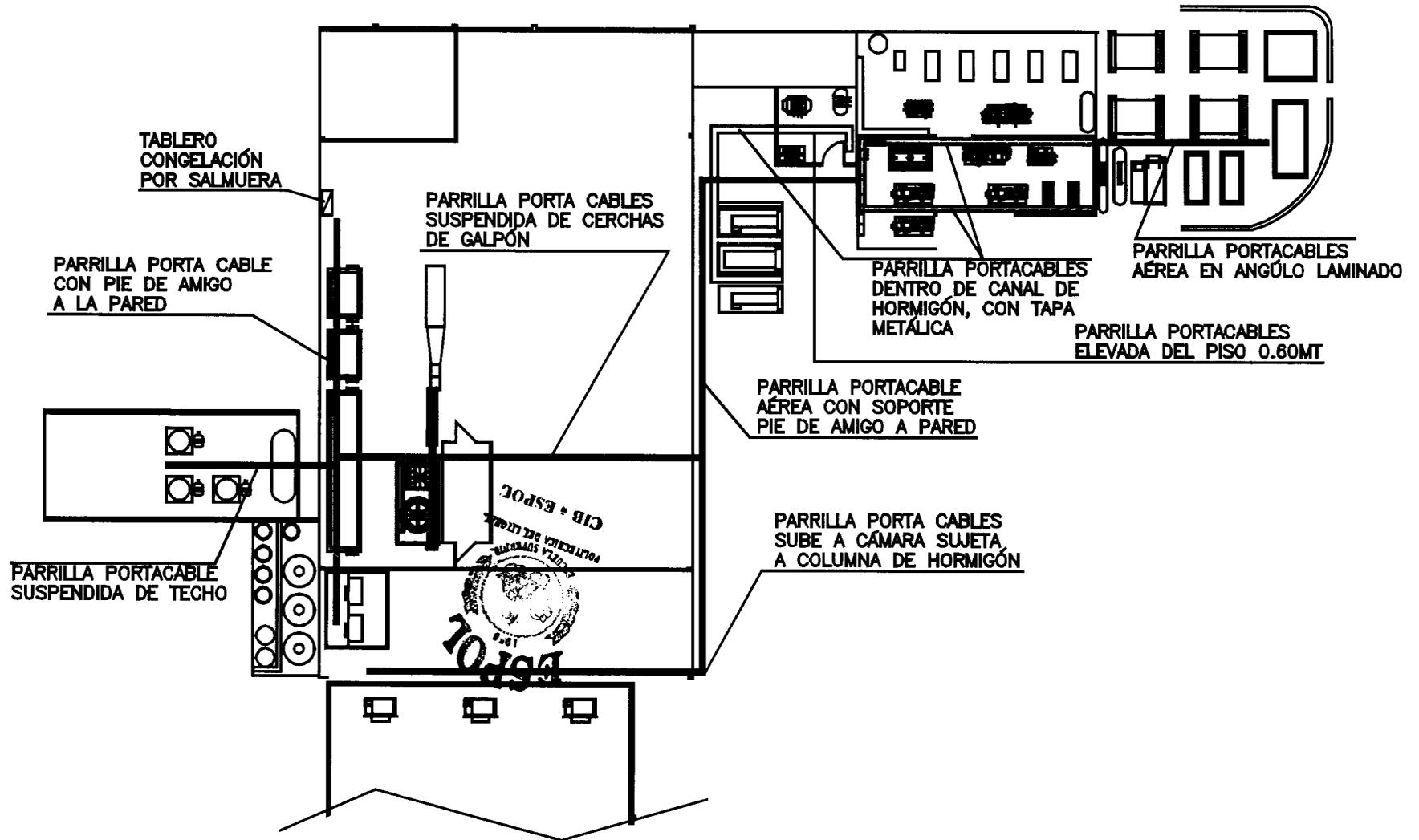


Figura 3.15 DISEÑO DE RECORRIDO DE CONDUCTORES PARA LOS PROYECTOS I II Y III

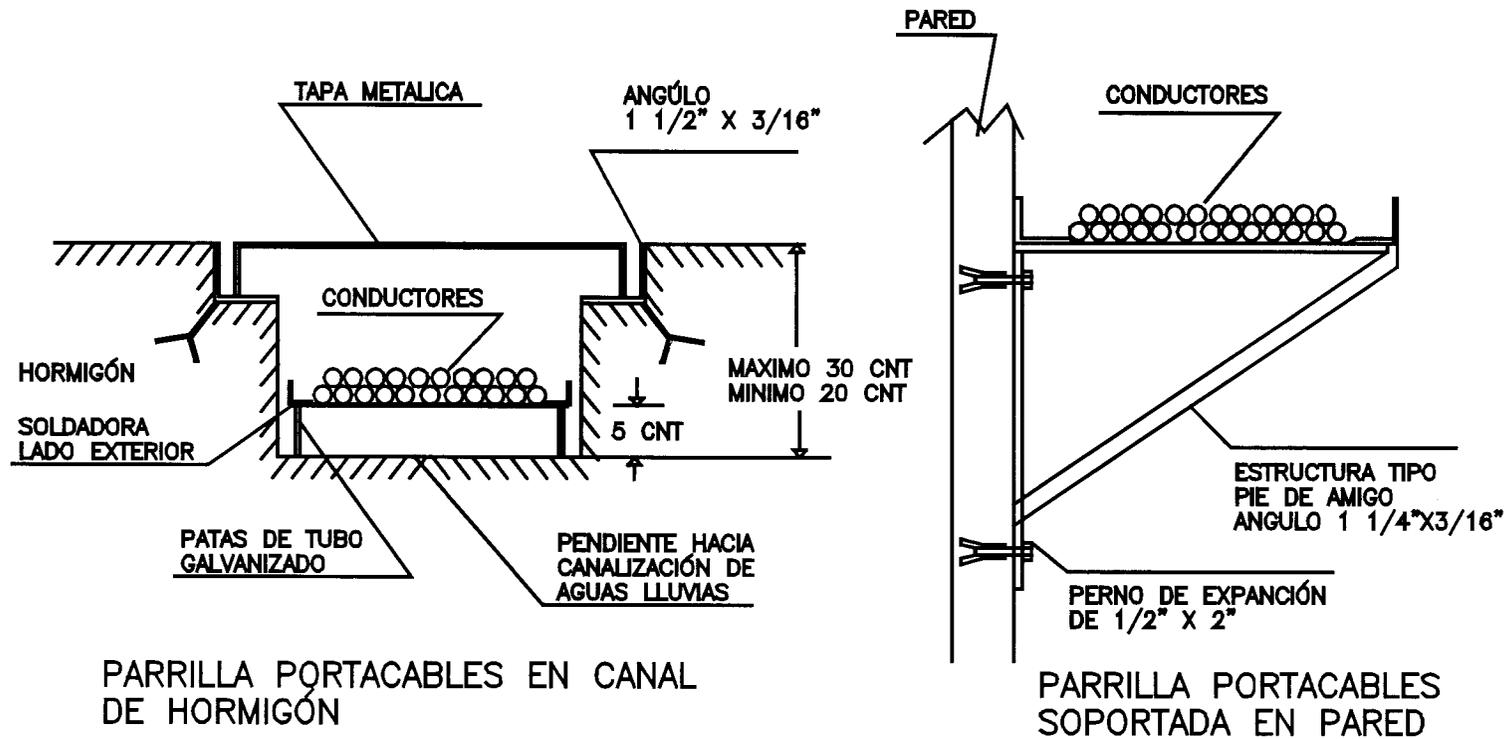


Figura 3.16 DIFERENTES FORMAS DE RECORRIDO DE CONDUCTORES

CAPÍTULO 4

4. DISEÑO ELÉCTRICO DE CONTROL.

Se tratará en este capítulo de la manera como se controla el funcionamiento de los equipos anteriormente descritos de acuerdo a la concepción de diseño.

Cabe recalcar que los tres proyectos y los equipos de cada uno de ellos no fueron adquiridos a un mismo fabricante y peor aún no fueron contratados bajo la modalidad "llave en mano". Esto significa que una vez que se definieron los equipos principales para cada proyecto, se definió la manera como deberían trabajar y consecuentemente se eligieron los elementos que consideramos los mas apropiados para su funcionamiento.

A continuación se explicará el modo como deben trabajar cada uno de los equipos o grupo de equipos, los elementos que intervienen en su control y el diagrama eléctrico que maneja estos sistemas.

4.1 Sistema de Control de Compresores Frick

En el primer capítulo se explica a breves rasgos el funcionamiento de un compresor a tornillo siendo este uno de los mas eficientes que existen en el mercado, por su complejidad todos los fabricantes de este tipo de compresores han desarrollado su propio sistema de control a base de micro procesadores, para este caso especifico la Frick provee en el compresor COP1 el micro procesador denominado RWB II PLUS y para el compresor COP2 el micro procesador RXF, cuya diferencia entre ellos es básicamente la cantidad de información y de parámetros que puede manejar, siendo el COP2 mas sencillo, pasaremos a analizar el micro procesador RWB II PLUS.

Es un sistema de control instalado en fábrica y pre alambrado a todos los componentes propios del compresor. Tiene la posibilidad de comunicación por interface con un ordenador remoto, CRT, terminal de impresora y un “modem” estándar también puede ser incluido.

La pantalla presenta las regulaciones variables y fijas así como las lecturas de los parámetros leídos a través de los distintos sensores de presión, temperatura y nivel. Una combinación total de 320 caracteres repartidos en dos pantallas proveen un completo monitoreo del estado de funcionamiento del compresor, pantalla garantizada para 100.000 horas de vida útil.

En la pantalla se indica en forma continua los valores de presión y

temperatura de succión, presión y temperatura de descarga, presión y temperatura del aceite, pérdida de presión en el filtro, posición de la válvula de capacidad, relación de volumen de compresión, indicador de prendido/apagado de bomba de aceite, porcentaje de amperios consumidos en el motor principal, modo de funcionamiento del compresor, automático/manual, indica además cualquier condición de alarma o mensajes requeridos por el sistema.

Los valores que se pueden ajustar o regular así como los fijos también son indicados en la pantalla tales como, control de capacidad, baja presión de succión, alarma y corte, tiempo de reciclo de arranque del motor, factor del transformador de corriente del motor, alarma y parada por alta presión de descarga, control de la temperatura de los calentadores de aceite de acuerdo al valor regulado, inyección de líquido para enfriamiento del aceite cuando el compresor está en funcionamiento, parada y alarma por alta temperatura de la descarga y por alta o baja temperatura del aceite, parada por bajo nivel de aceite.

Un anunciador provee la información histórica de todas las paradas por problemas dando el día y hora en que ocurrió el evento.

El micro procesador regula automáticamente la capacidad y la relación de volumen para que el compresor sea más eficiente.

Con un código de acceso a determinados parámetros se asegura la mala operación y el mal ingreso de valores que pondrían en peligro la

operación del compresor. Una batería recargable instalada en la tarjeta principal mantiene la memoria y parámetros de trabajo aún en la ausencia de energía.

El teclado del micro procesador con 32 teclas tipo membrana incluye, automático, remoto, manual, control de aumento y disminución de capacidad y de relación de volumen, arranque, parada y controles de la pantalla.

Su configuración es la siguiente:

Su sistema digital consta de cinco canales de entrada del tipo TC, termocuplas, ocho canales de 1-5Vcd para transductores de presión, dos canales de posición a través de reostatos y un canal 0-5 A para censar el amperaje del motor principal.

Su sistema analógico consta de siete señales de entrada y dieciséis señales de salida debidamente programables, en las figuras 4.1 A y 4.1B se muestra las señales digitales de salida y entrada respectivamente y en la figura 4.2 las analógicas. Todas estas entradas y salidas están provistas de un relé de estado sólido al voltaje a que están operando y todos los relés de salida tienen como protección un fusible de 3 A.

La ubicación de los distintos elementos que hace referencia las dos figuras se las indica en la figura 4.3.

Para el sistema de arranque del motor se eligió el método estrella triángulo transición cerrada y el sistema de protección del motor se utilizó

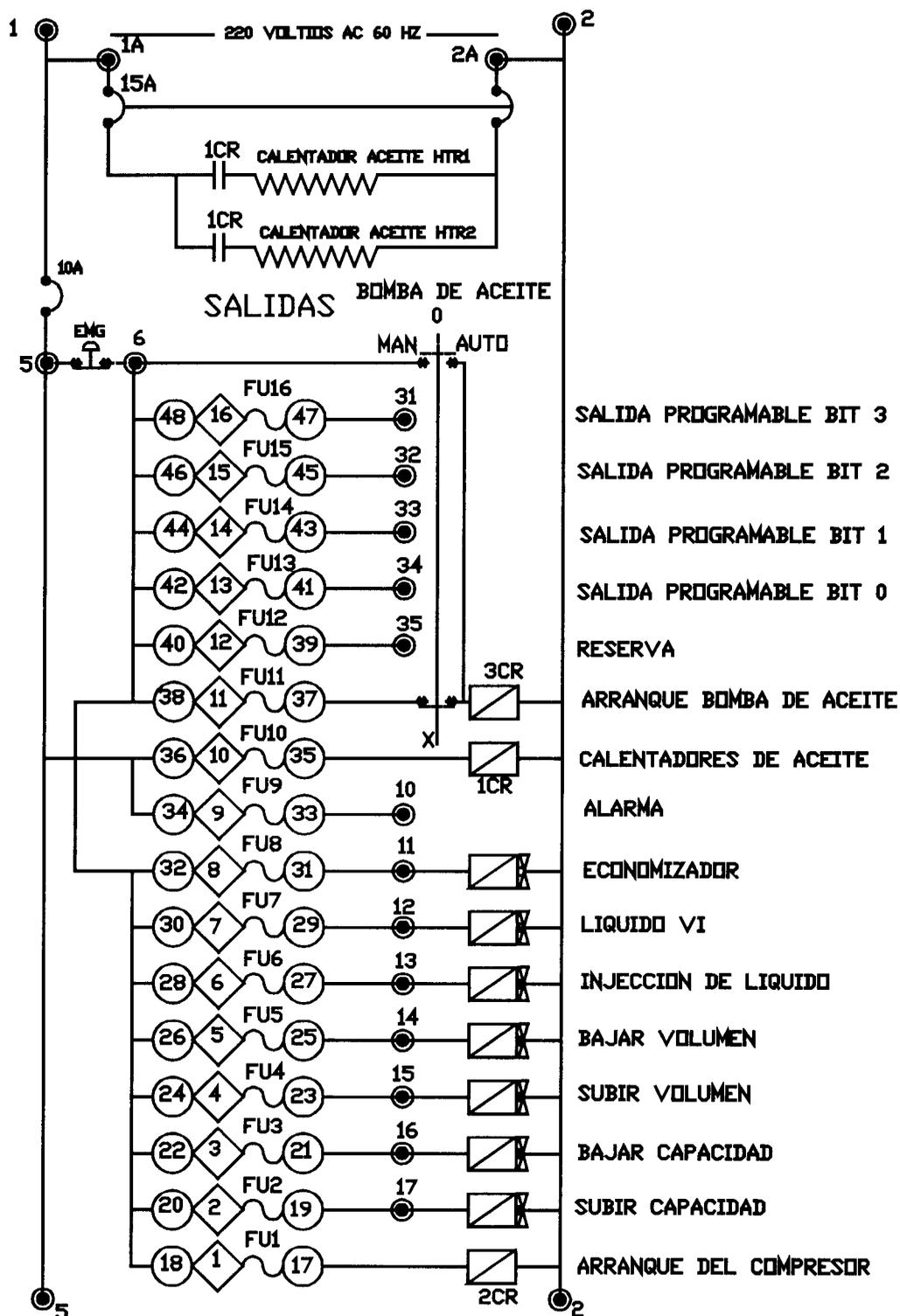


Figura 4.1A DIAGRAMA DE SEÑALES DIGITALES MICROPROSESADOR RWB II PLUS

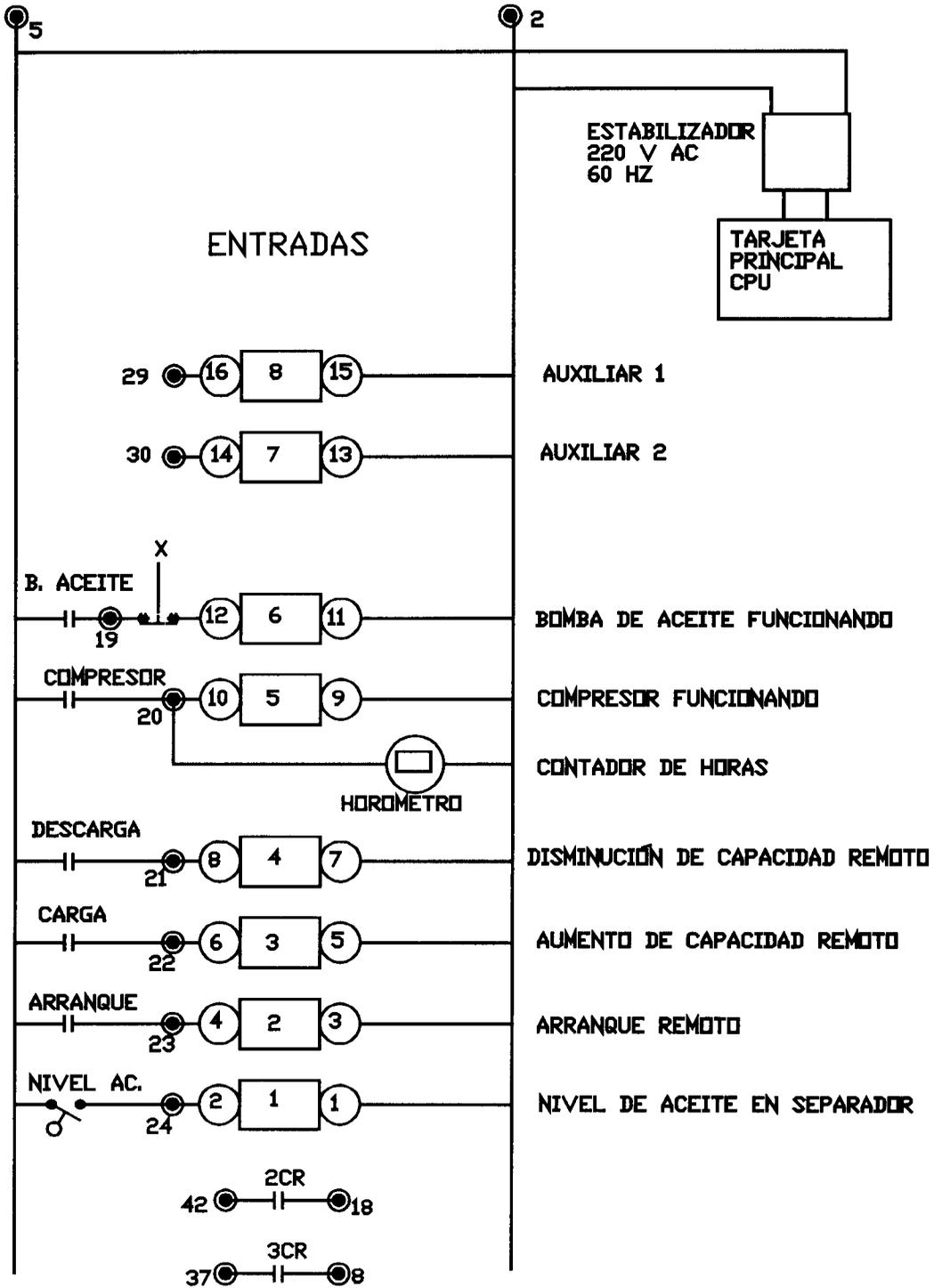


Figura 4.1B DIAGRAMA DE SENALES DIGITALES MICROPROSESADOR RWB II PLUS

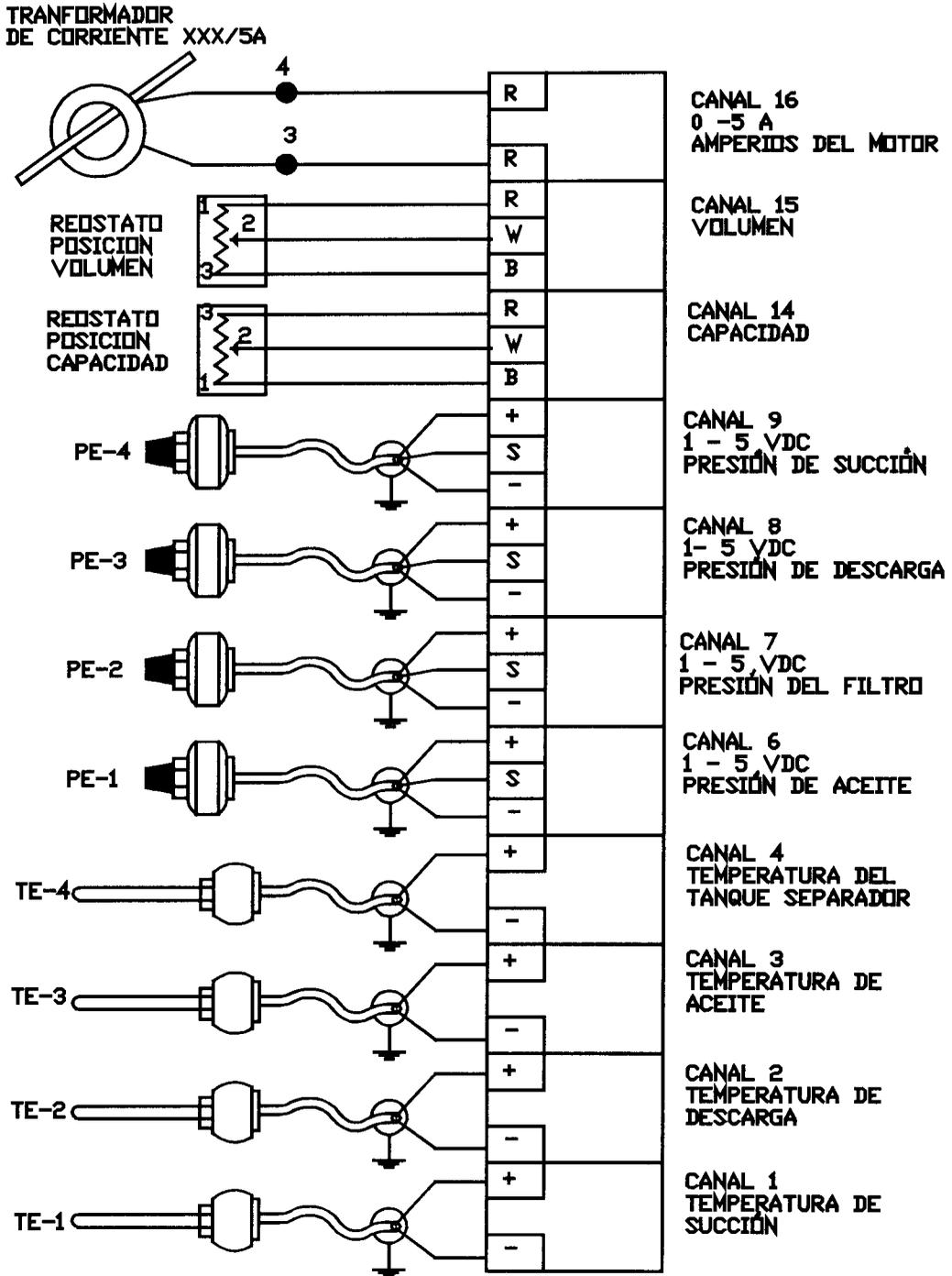


Figura 4.2 DIAGRAMA DE SEÑALES ANALÓGICAS COMPRESORES FRICK

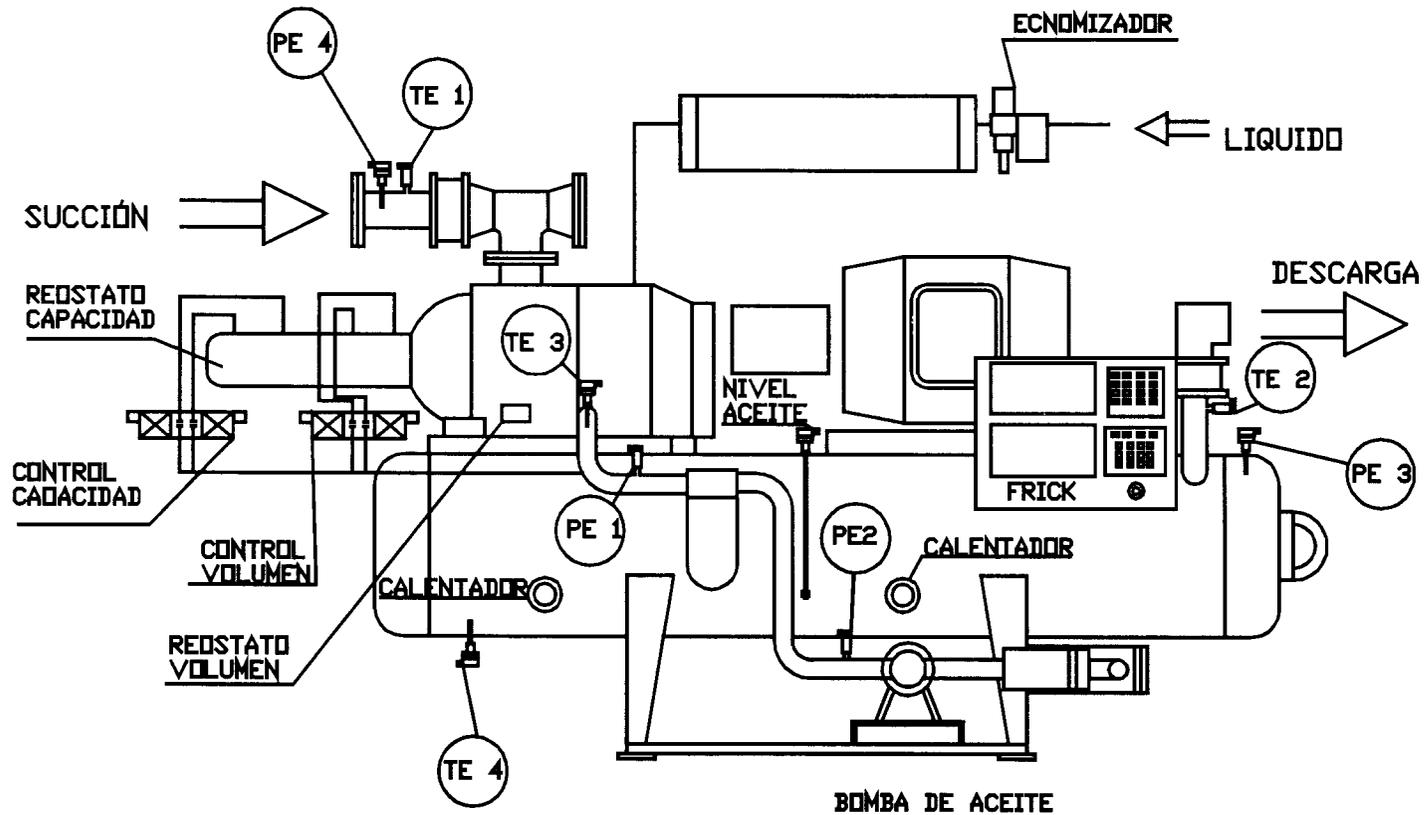


Figura 4.3 UBICACIÓN DE ELEMENTOS DE CONTROL EN UN COMPRESOR FRICK DE TORNILLO

un micro procesador de protección de motores tipo KL1, fabricado por la firma CALCO MANUFACTURING, cuyas características son las siguientes:

- Convertidor de “interface” análogo A/D
- No tiene memoria volátil
- Botón de “reseteo” para fallas
- 3 señales de corriente de entrada 0-5 A
- 3 señales de voltaje 0- 600 V
- 1 puerto serial
- 3 relés de estado sólido de salida con capacidad para 10 A-120Vca

OK- Motor listo para arrancar

RUN- Motor funcionando y en rango

ALM- Parada del motor por falla

- 110 V ca de alimentación
- 9 luminarias indicadoras de funcionamiento o falla

RUN- Motor funcionando

OVERLOAD- Parada por sobre amperaje

JAM- Tiempo de arranque

SHORT CIRCUIT- Corto circuito

PHASE LOSS- Perdida de Fase

PHASE UNBALANCE- Desequilibrio de fases

PHASE REVERSAL- Secuencia inversa de fases

GROUND FAULT- Falla a tierra

THERMAL- Capacidad térmica del motor

- Salida de 4-20mA, proporcional a la corriente del motor, proporcional a la capacidad térmica del motor.
- Historia de fallas.

El perfil de protección del micro procesador KL1 es el siguiente:

Condiciones de alarma

- I²T.- El nivel I²T representa un porcentaje de la capacidad térmica del motor, el nivel es calculado usando la corriente leída al cuadrado multiplicado por el tiempo en que ocurre este nivel de corriente. La capacidad térmica del motor depende de la corriente de rotor bloqueado. El valor puede ser programado desde 60% a 100% de la capacidad térmica.
- Desbalance de fases.- Determina el porcentaje de variación de corriente entre las fases y puede ser programado entre el 2 al 25% de la corriente nominal de placa, al mismo tiempo se puede programar el tiempo de espera antes de operar la falla y este puede ser entre 0 y 240 seg.

Condiciones de desconexión

- Stall.- Indica el tiempo máximo que el motor puede estar con corriente de rotor bloqueado sin que cause daño al mismo, este dato normalmente se lo da el fabricante del motor.

- Ultimate I.- Capacidad térmica ha excedido el 100%, este valor es calculado en forma similar que el valor I^2T , el nivel programable para este parámetro va en función del porcentaje de la corriente de placa, entre los rangos 75 a 125%.
- Instantaneous I.- Este valor representa el porcentaje de la corriente de placa del motor que excede a un tiempo determinado expresado en ciclos, con este parámetro se puede controlar el pico de arranque que sufre el motor, su valor puede ser programado entre 300 y 1200% del valor de placa del motor y el rango de tiempo desde 1 a 20 ciclos.
- Jam.- Su operación es similar al anterior parámetro, pero además de programar un porcentaje de corriente de placa que puede ser programado entre 100 y 900%, compara también dos tiempos, el del arranque y el de funcionamiento. El tiempo de arranque Jam determina que tan largo puede durar el arranque con la corriente programada sin que ocurra la desconexión, este tiempo puede ser programado desde 1 a 60 seg. Y el tiempo de funcionamiento Jam determina que tan largo puede ser el tiempo de funcionamiento del motor a esa corriente, su valor puede ser programado entre 0 a 240 seg.
- Underload.- Es la corriente mínima que puede tener el motor, esto puede ocurrir cuando el motor funciona sin carga o el arranque no ha sido satisfactorio, su valor se puede programar entre 0 y 90% del

valor de placa del motor y el tiempo desde 1 a 25 seg.

- Trans Timeout.- La desconexión por “Trans Timeout” puede ser programada para una de las dos opciones que determinarán cual será la respuesta de la unidad cuando el tiempo de transición haya terminado. Durante un arranque normal la corriente del motor se elevará a un nivel entre 100 y 600 % de la corriente nominal del motor para el tiempo requerido de arranque. Al mismo tiempo que el motor se acerca a su velocidad nominal la corriente debería ser bajo el nivel de transición causando la conexión del relé RUN. En el caso que la corriente no caiga bajo el nivel de transición antes del tiempo programado en este parámetro la condición de parada es accionada.
- Phase loss.- Cualquier pérdida de fase es detectada desconectando el motor.
- Phase reversal.- Una incorrecta secuencia de fases hace operar la desconexión y no permite el arranque del motor.

Para facilitar la utilización del micro procesador KL1, este cuenta con una pantalla que sirve para ingresar los diferentes parámetros indicados anteriormente y para leer la siguiente información:

- Corriente promedio trifásica
- Voltaje promedio trifásico
- Frecuencia
- Corriente en la fase A

- Corriente en la fase B
- Corriente en la fase C

Los parámetros que se ingresa en el micro procesador así como sus rangos se muestran en la Tabla VIII.

En la figura 4.4 se muestra el diagrama de control y fuerza para el arranque estrella triángulo para estos motores en el que se incluye el KL1 y en la figura 4.5 la interconexión entre el micro procesador RWB II PLUS, el tablero de arranque y el tablero de distribución principal, este ultimo lo veremos con todos sus detalles en el numeral 4.5 de este capítulo.

4.2 Sistema de control de Compresores Mycom

En nuestro proyecto contamos con dos tipos de compresores Mycom, los de pistones y los de tornillo, pasemos a ver primero los de pistones.

4.2.1 Sistema de Control de Compresores Mycom de Pistones.

En general todo compresor de pistones debe tener los siguientes elementos de control:

1.- Presostato diferencial con retardo de tiempo para censar la presión de aceite, este equipo censa la presión de descarga de la bomba de aceite y mecánicamente resta la presión de la succión de la bomba y si esta diferencia es menor que la regulada, abre un contacto eléctrico que desconecta el arranque del motor del compresor, este contacto realmente es activado por el calor de una resistencia dando el tiempo

TABLA VIII

SELECCIÓN DE MENU DEL MICROPROCESADOR KL 1			
MENU DE PARAMETROS	UNIDAD	RANGO	VALOR/FAB
FULL LOAD CURRENT	Amps	1 - 2000	100
LOCKED ROTOR CURRENT	%FLA	300 - 1200	600
STALL TIME	Secs	1 - 60	10
ULTIMATE TRIP I	%FLA	75 - 125	115
CT RATIO	/5	5 - 2000	300
INSTANTANEOUS I	%FLA	300 - 1200	900
INSTANTANEOUS DELAY	Cycl	1 - 20	15
I2T ALARM LEVEL	%Cap	60 - 100	100
JAM TRIP LEVEL	%FLA	100 - 900	300
JAM START DELAY	Secs	1 - 60	30
JAM RUN DELAY	Secs	0 - 240	10
UNDERLOAD TRIP LEVEL	%FLA	0 - 90	5
UNDERLOAD RUN DELAY	Secs	1 - 25	20
PHASE UNB. ALARM LEVEL	%FLA	2 - 25	25
PHASE UNB. RUN DELAY	Secs	0 - 240	5
TRANSITION TIME	Secs	0 - 240	10
TRANSITION LEVEL	%FLA	50 - 250	100
MENU HISTORICO DE FALLAS			
MAXIMO AVERAG CURRENT	Amps		
TOTAL # OF STARS			
TOTAL RUN TIME	Hrs		
LAST RUN TIME	Mins		
LAST TRIP CONDITION			
LAST TRIP CURRENT	Amps		
OVERLOAD TRIPS			
JAM TRIPS			
SHORT CIRCUIT TRIPS			
PHASE LOSS TRIPS			
UNBALANCE TRIPS			
I2T TRIPS			
MENU SETEO DEL SISTEMA			
LRC/I2T TRIP RESET	MANUAL -AUTO		MANUAL
TRIP/TRAN ON TIMEOUT	TRIP -TRANS		TRANS
SHORT CIRCUIT TRIP ENABL.	OFF -ENAB.		ENAB
REMOT IMPUT	RESET-TRIP -TRANS		TRANS
4 TO 20 mA SOURCE	THCAP-I -CALIB		THCAP
SET POINT SECURITY	OFF-ENAB(1-999)		OFF

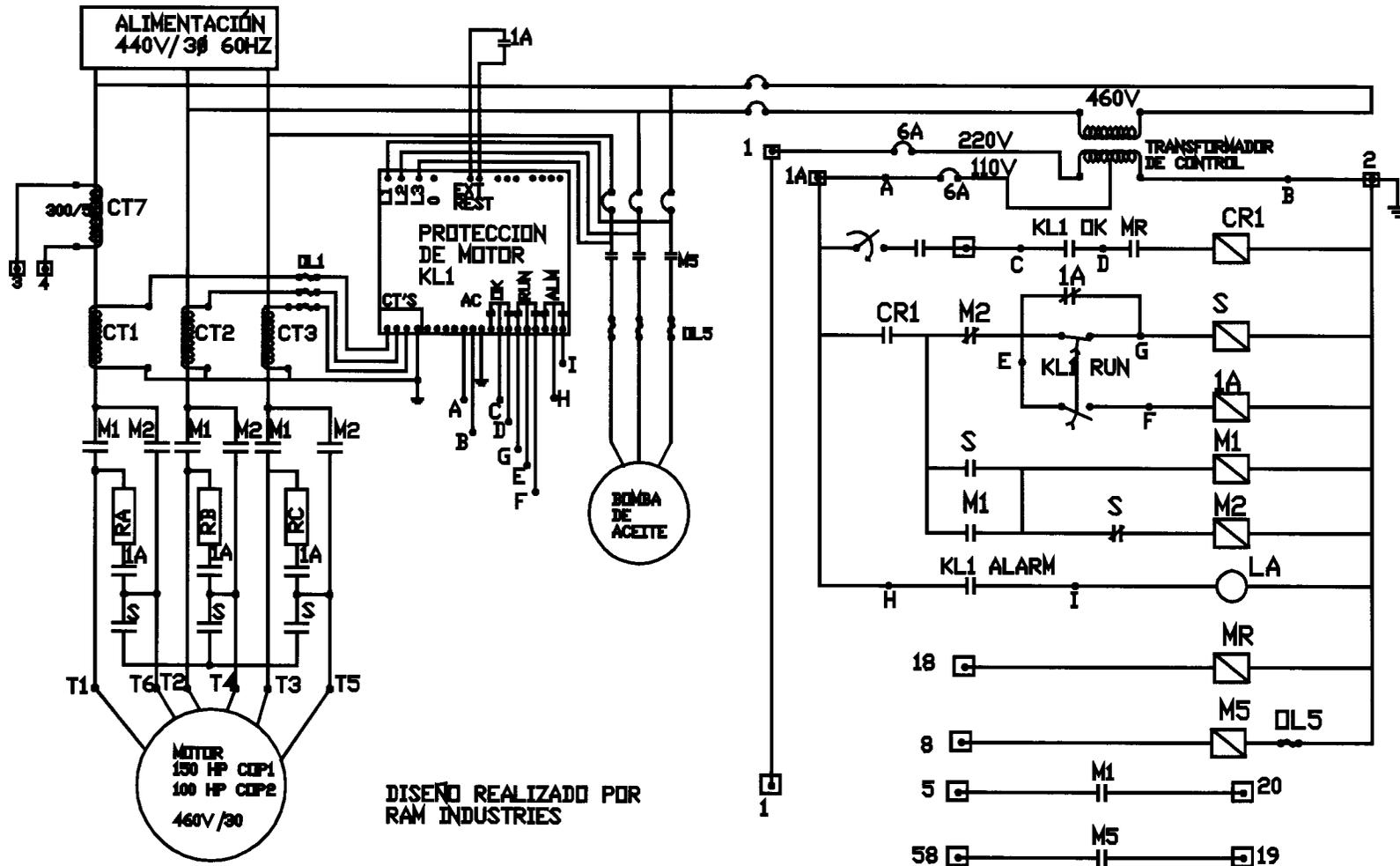


Figura 4.4 DIAGRAMA DE CONTROL DE ARRANQUE DE MOTORES DE COMPRESOR FRICK DE TORNILLO

MICROPRESESADOR

TABLERO DE ARRANQUE

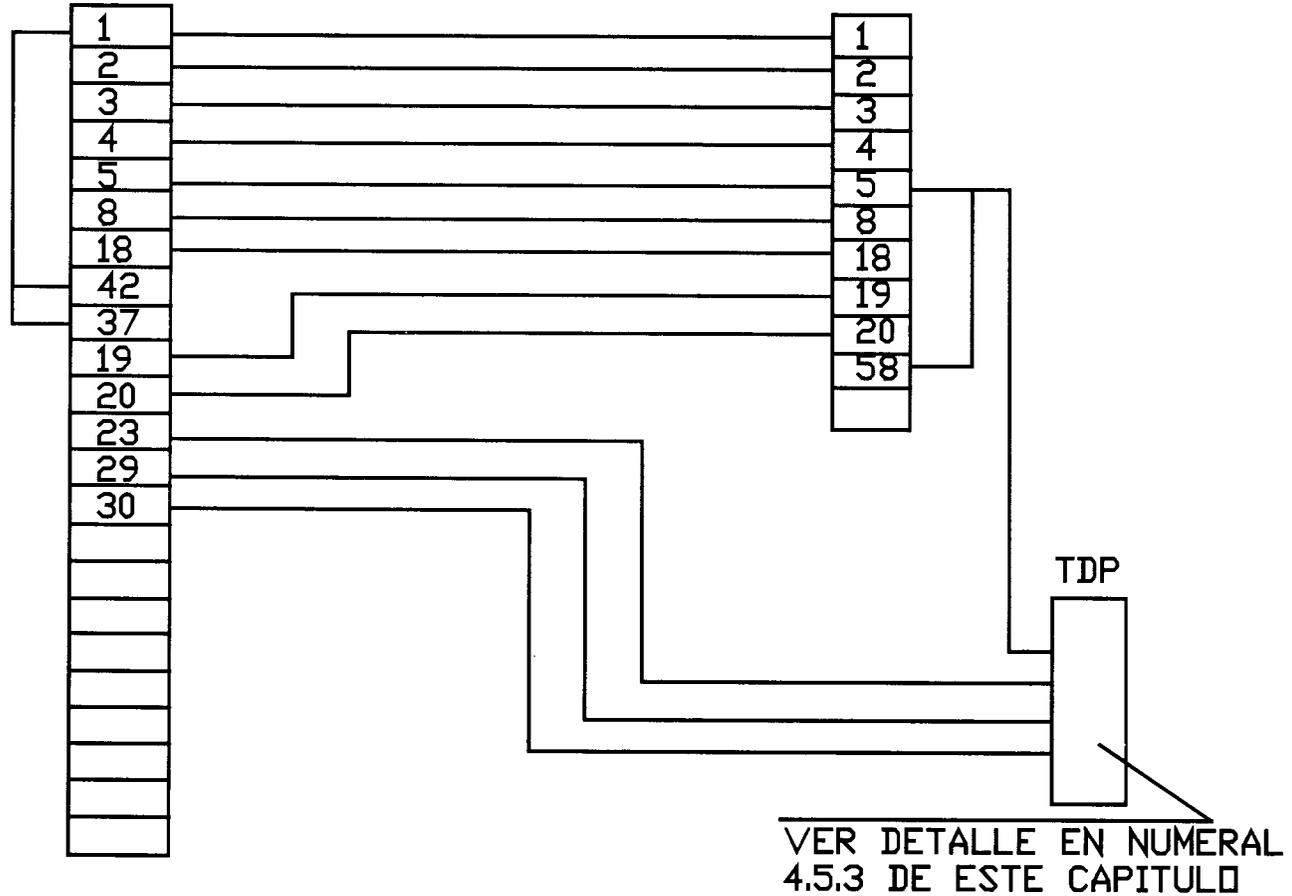


Figura 4.5 CONEXIONES DE CONTROL ENTRE MICRO PROCESADOR RWB II PLUS, TABLERO DE ARRANQUE Y TABLERO DE DISTRIBUCION PRINCIPAL

de retardo requerido, se puede ver también que este tipo de protección es también utilizado en la protección de bombas de amoniaco, descrito en la sección 4.4 de este capítulo.

2.- Presostato de alta presión con rearme manual, censa la presión de descarga y si sobrepasa el valor regulado debe apagar el motor eléctrico, la reactivación debe ser siempre en forma manual.

3.- Presostato de baja presión, debe apagar el compresor cuando la presión baje de los límites permitidos, se reactiva en forma automática cuando el valor de presión sube al rango regulado.

4.- Presostatos de regulación de capacidad, la cantidad requerida está determinada por la cantidad de pares de pistones, estos presostatos desconectan y conectan los diferentes pistones de acuerdo a la presión de succión, accionando una electroválvula que permite el paso de aceite al sistema hidráulico de control de capacidad de cada pistón.

5.- Termostato que censa la temperatura de descarga, apagando el motor del compresor si sobrepasa el valor regulado.

Además de estas condiciones básicas impuestas para el funcionamiento control y protección de estos compresores se debe añadir los siguientes requerimientos:

6.-Instalación de botón de parada de emergencia en el sitio del compresor.

7.- Permitir el arranque automático al accionar el funcionamiento de la

carga, esto es, al prender el pre frio 1 debe arrancar el compresor COP5 y al prender el pre frio 2 debe arrancar el compresor COP4, de igual manera debe existir la posibilidad de arrancar el compresor en forma manual, sin que la carga esté activada, esta condición es importante por varias razones, primero porque el un compresor puede auxiliar al otro en caso de daño y segundo porque si un compresor es puesto en mantenimiento o reparación, una vez terminada la misma es necesario prenderlo para probarlo y no se requerirá prender la carga, una tercera razón también podría ser cuando el sistema está parado mucho tiempo, las presiones tienden a aumentar en la succión, con la opción de manual se puede prender el compresor para bajar estas presiones.

8.- Se determina la necesidad de aliviar la inercia al arranque de los compresores de pistón igualando las presiones entre la descarga y la succión, esto se lo realiza con una electroválvula que comunica estas dos secciones y se debe energizar antes y durante el arranque del motor y desconectarse una vez que el motor terminó su ciclo de arranque, esto permite que el compresor al arrancar tenga la misma presión en la succión y en la descarga disminuyendo considerablemente el torque de arranque. En algunas ocasiones se ha dado el caso que al no considerar este detalle en el momento de arrancar una unidad de gran potencia produce incluso el disparo del

disyuntor principal de la Industria.

9.- Cualquier compresor que arranque ya sea el COP4 o el COP5 debe arrancar la bomba de recirculación de agua de enfriamiento de cabezotes y además accionar una electroválvula en cada uno de los compresores para permitir el paso del agua.

10.- A su vez la bomba de agua debe parar los dos compresores en caso de falla ya sea por daños en el sistema de arranque o por sobrecarga.

11.- El tipo de arranque para estos motores es estrella triángulo transición abierta.

Para realizar el diseño de control hemos utilizado un controlador electrónico proporcionado por la misma firma Mycom denominado " Mypro K-1 Controller ", equipo que cubre los cuatro primeros requerimientos y otros adicionales que los describimos a continuación:

Especificaciones

Voltaje de alimentación: 220v- 1Ø-60Hz

Señales de entrada: 3 señales análogas

(1) Presión de Succión 3-160psia 1-5v

(2) Presión de Descarga 3-450psia 1-5v

(3) Presión de Aceite 3-160psia 1-5v

2 señales digitales

(1) Señal de arranque

(2) 100% demanda, arranque siguiente.

Señales de salida: 4 relés máximo 250 V- 1A

(1) 100% carga

(2) R1 Baja presión arranque/parada

(3) R1 100% bloqueo

(4) R2 Alarma externa

3 relés tipo SSR para control de capacidad

Sensores de Presión: Voltaje 12V cd con salida de 1-5V cd

Podemos observar las conexiones del Mypro K-1 y su presentación de pantalla en la figura 4.6 y el diseño de control utilizado para los compresores COP4 y COP5 en las figuras 4.7 y 4.8, respectivamente , en la figura 4.9 el diagrama de control para la bomba de enfriamiento, así como la nomenclatura utilizada en la figura 4.10.

4.2.2 Sistema de Control de Compresores Mycom de Tornillo

Tal como se vio en el control de los compresores Frick, en los compresores Mycom también utilizan microprocesadores desarrollados por los mismos fabricantes, debido a la complejidad del sistema y también por la oportunidad que brindan los compresores de tornillo de variar tanto su capacidad y la relación volumétrica de manera infinitesimal, ya no se trata de conectar o desconectar pistones como en el caso anterior, sino desplazar un sistema deslizante por debajo de los

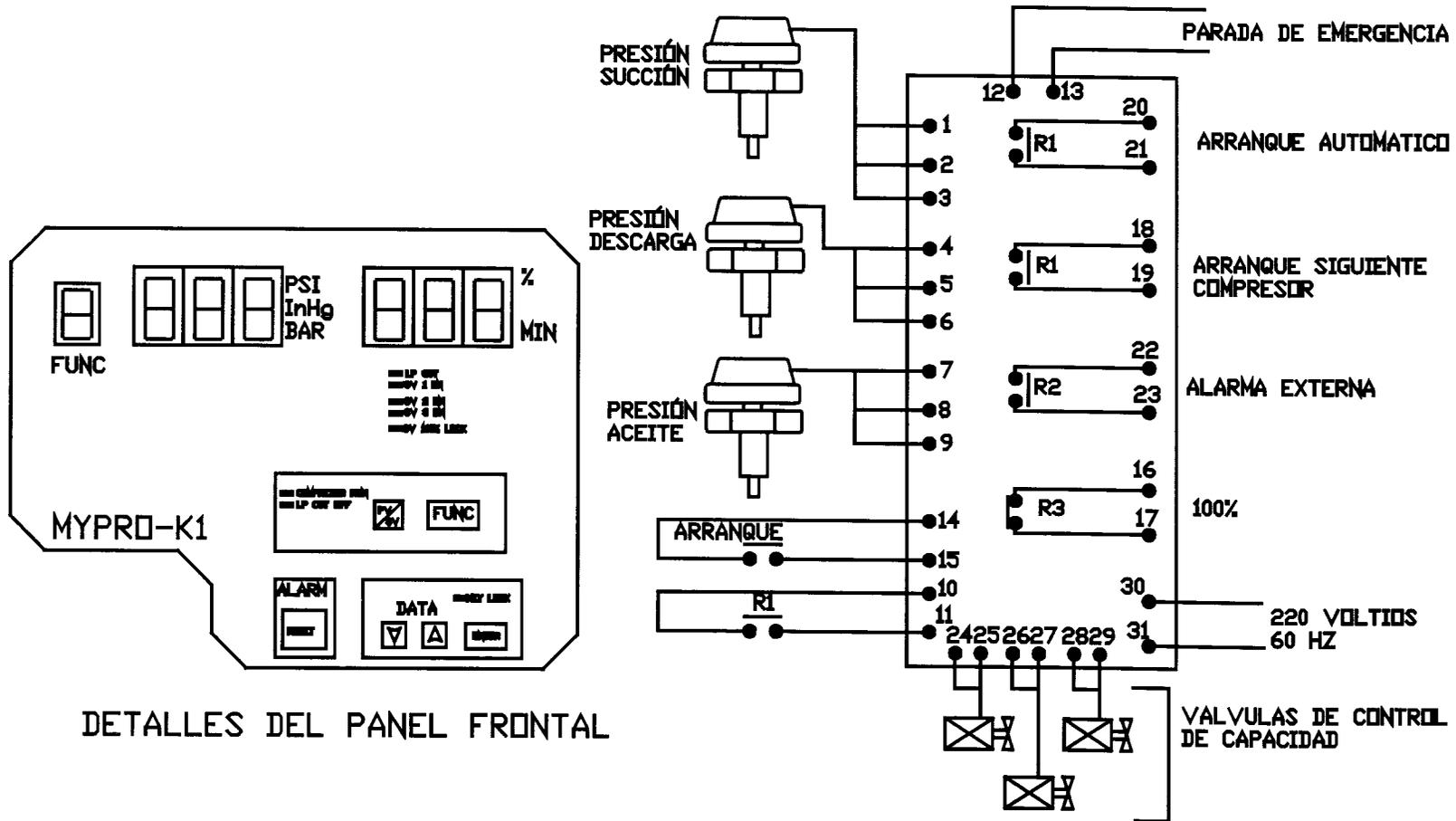


Figura 4.6 DIAGRAMA DE CONEXIONES DEL MICROPROSESADOR MYPRO-K1

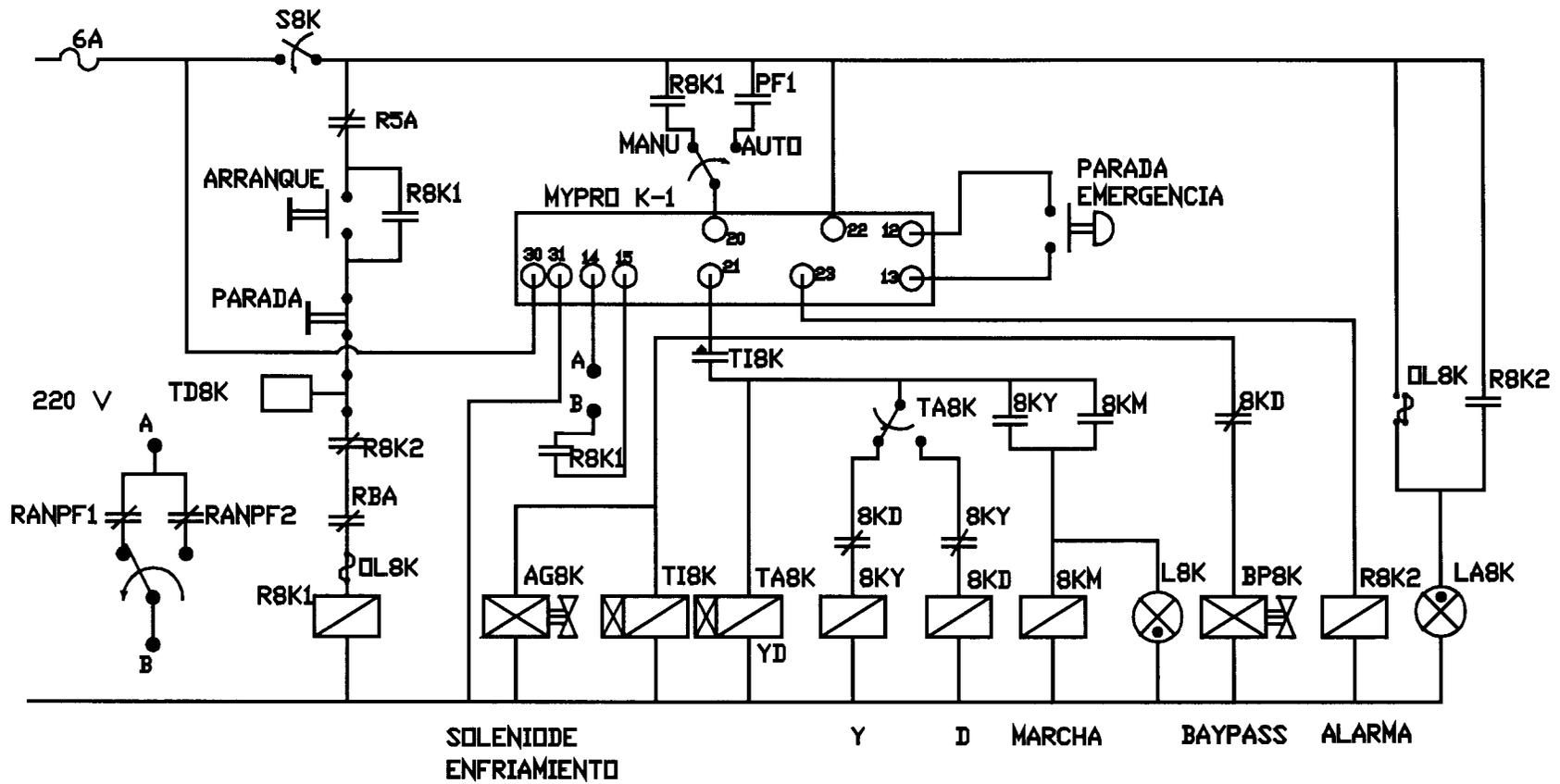


Figura 4.8 DIAGRAMA DE CONTROL DE COMPRESOR COP5

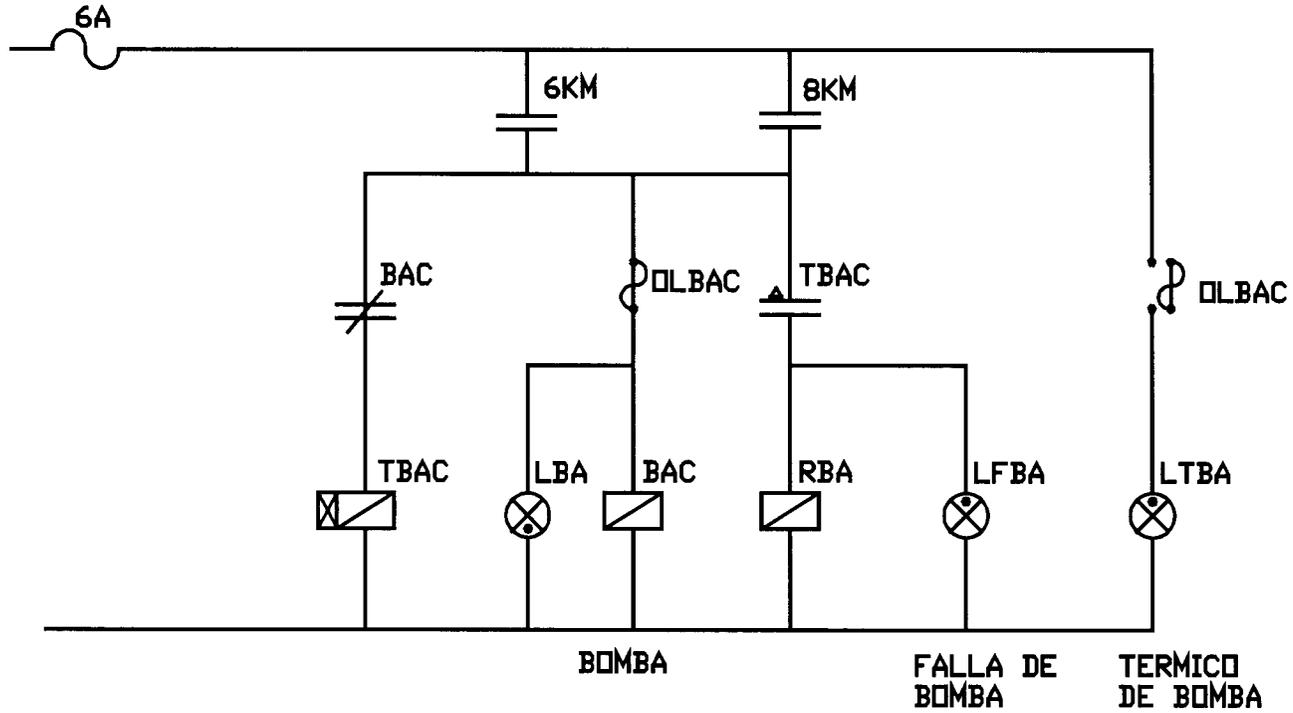


Figura 4.9 DIAGRAMA DE CONTROL BOMBA DE AGUA ENFRIAMIENTO COMPRESORES COP4 Y COP5

S#K	SELECTOR PRINCIPAL DEL COMPRESOR #K
R#K1	RELE DE ARRANQUE DEL COMPRESOR #K
AG#K	BOBINA DE ELECTROVALVULA DE AGUA DEL COMPRESOR #K
TI#K	TEMPORIZADOR DE IGUALACIÓN DE PRESIÓN
TA#K	TEMPORIZADOR DE CAMBIO Y-D
#KY	CONTACTOR DE ARRANQUE Y
#KD	CONTACTOR DE ARRANQUE D
#KM	CONTACTOR DE ARRANQUE MARCHA
BP#K	BOBINA DE ELECTROVALVULA DE IGUALACIÓN DE PRESIÓN
R#K2	RELE DE ALARMA
L#K	LUZ PILOTO DE COMPRESOR #K
LA#K	LUZ PILOTO DE ALARMA COMPRESOR #K
OL#K	CONTACTO DE LA PROTECCION DE SOBRECARGA COMPRESOR #K
TBAC	TEMPORIZADOR DE LA BOMBA DE AGUA
BAC	CONTACTOR DE ARRANQUE DE LA BOMBA DE AGUA
RBA	RELE DE PARO DE COMPRESORES, FALLA DE BOMBA
LBA	LUZ PILOTO DE BOMBA DE AGUA
LFBA	LUZ PILOTO FALLA DE BOMBA DE AGUA
LTBA	LUZ PILOTO DE SOBRECARGA DE BOMBA DE AGUA
OLBAC	CONTACTO DE LA PROTECCIÓN DE SOBRECARGA BOMBA DE AGUA
TD#K	TERMOSTATO DE DESCARGA COMPRESOR #K
RANPF#	RELE DE ALARMA DE ALTO NIVEL PRE FRIO #

Figura 4.10 NOMENCLATURA DEL SISTEMA DE CONTROL DE CONGELACIÓN POR SAL MUERA

tornillos variando tanto el recorrido de compresión como la relación entre el volumen inicial y el final. Esto hace que los compresores de este tipo sean más eficientes y no se gaste innecesariamente energía eléctrica.

La utilización de microprocesadores amplía la información que se pueda obtener de los sensores instalados en el equipo, pudiendo incluso relacionar parámetros entre sí, utilizar ecuaciones preestablecidas para dar al operador información ya procesada como por ejemplo Kilowattios consumidos al día, mes, relacionar presiones con sus temperaturas equivalentes para cada tipo de refrigerante, historia de paradas por fallas, etc.

El microprocesador denominado Mypro-V utilizado en este tipo de compresores viene montado y prealambrado de fábrica su " Hardware " cumple las especificaciones UL y CSA y es diseñado bajo el esquema HD64180 VSLI operando a una velocidad de 6.12 MHz. Este microprocesador soporta 12 niveles de fallas de interrupción, memoria de acceso, canales con contadores duales, canales de comunicación asincronas y canales seriales de entrada/salida. El teclado y la pantalla son dos componentes interconectados por interfase, la pantalla incluye un paquete de baterías que mantiene la fecha, la hora y la memoria de su programa en caso de desconexión de la energía eléctrica. Contiene 16 entradas análogas y 16 salidas/entradas digitales, con opción a

expandirse a 32 canales, dependiendo de los requerimientos, también tiene la opción de comunicación con otro microprocesador igual o con un ordenador. En la figura 4.11 se puede observar el variado menú de ingreso de parámetros que presenta el microprocesador y en la figura 4.12 las señales análogas, en la figura 4.13 las señales digitales tanto de entrada como de salida, en la figura 4.14 se muestra la ubicación de los distintos elementos que utiliza el sistema de control de este tipo de compresores, el diagrama de control de arranque del motor utilizando el sistema de estado sólido lo puede encontrar en la figura 4.15, por último en la figura 4.16 las interconexiones entre el microprocesador, tablero de arranque y el tablero de distribución principal, aunque el detalle de control se lo verá en el numeral 4.5 de este capítulo.

Se puede observar como protección del motor se ha utilizado también el microprocesador de protección de motores de la marca CALCO de la serie KL al igual que en la protección de los motores de los compresores Frick, analizados anteriormente.

4.3 Sistema de Control de Túnel Continuo

El sistema de control del túnel espiral o túnel continuo está compuesto principalmente por un autómata programable (PLC) de la marca Talemeccanique del tipo TSX 17, el cual tiene una comunicación a través de un puerto serial para el acceso de parámetros y visualización mediante un operador interface de la marca Paradingm tipo XL.

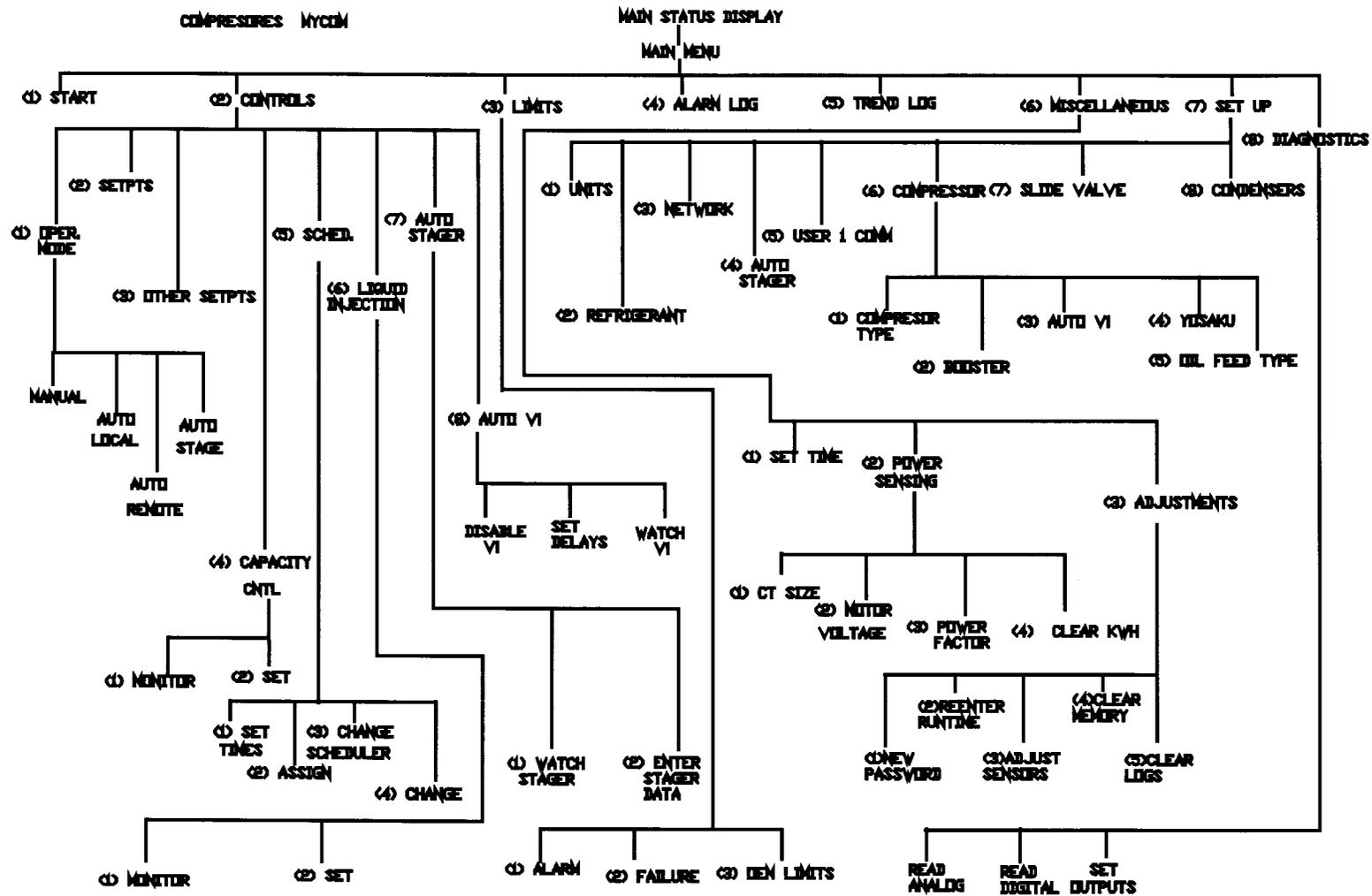


Figura 4.11 MENU DE INGRESO DE PARAMETROS DEL MICROPROCESADOR MYPRO V

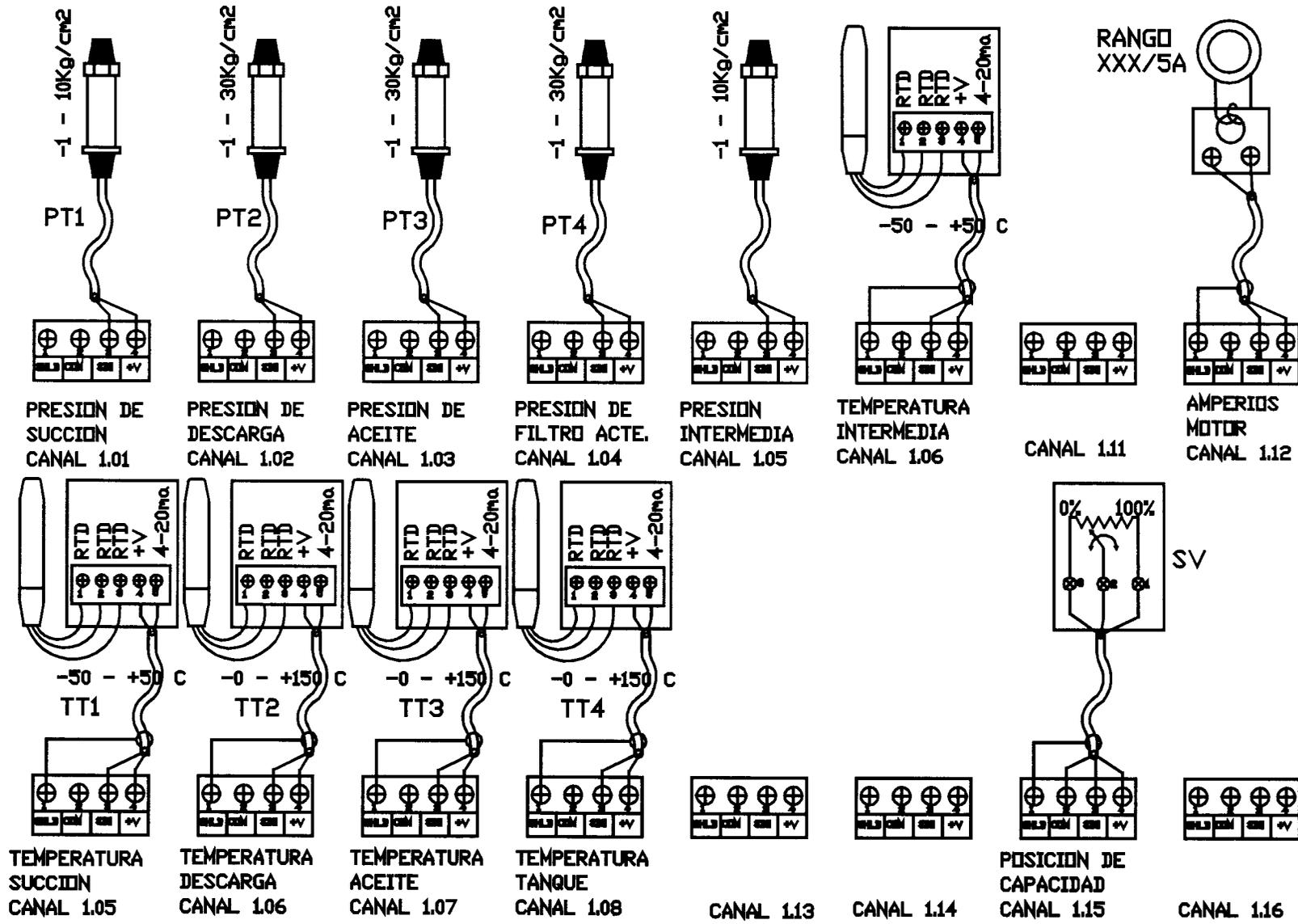


Figura 4.12 CONEXIONES DE LAS SEÑALES ANALÓGICAS EN UN MICROPROSESADOR MYPRO V DE MYCOM

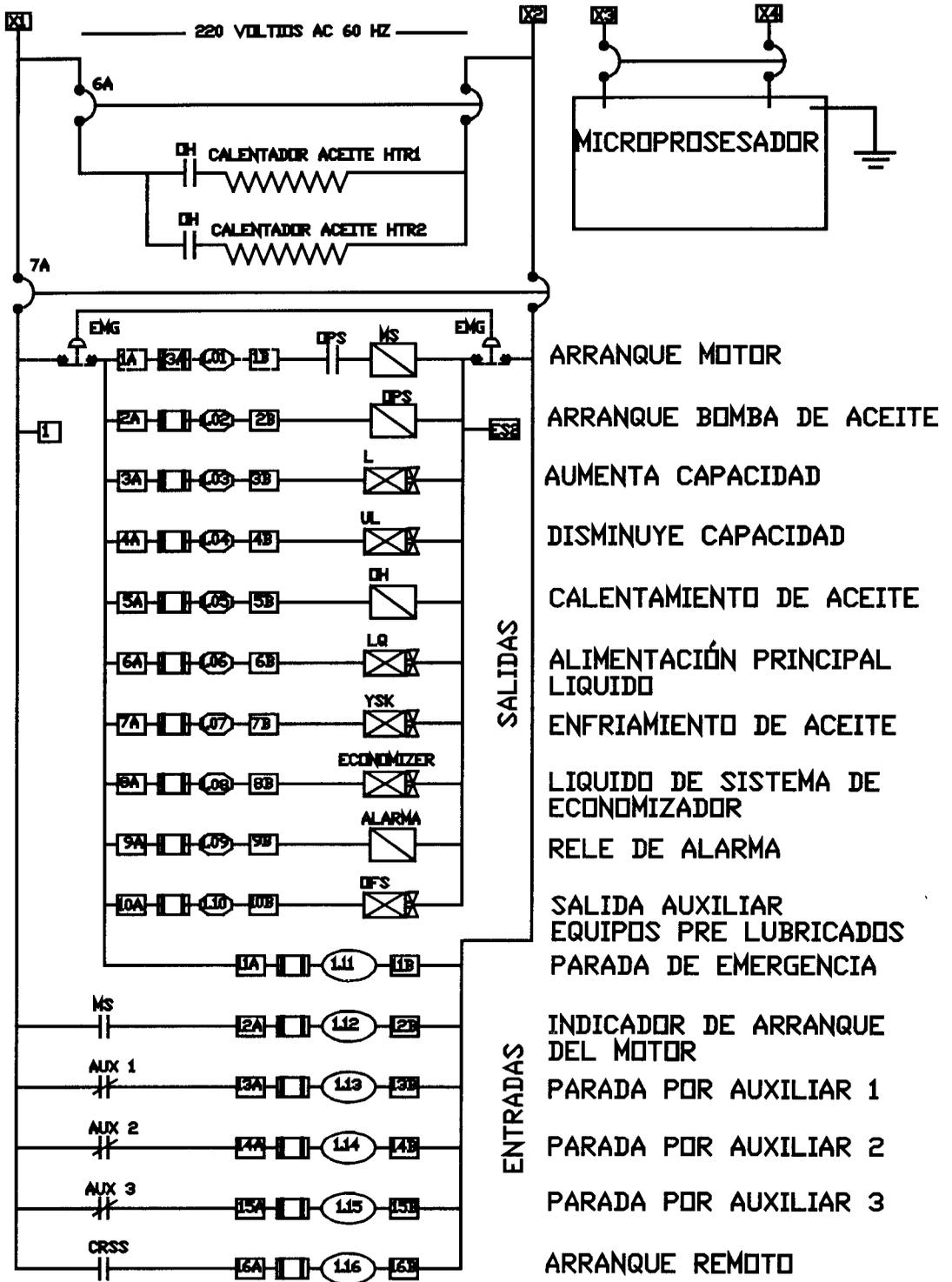


Figura 4.13 DIAGRAMA DE SEÑALES DIGITALES MICROPROSESADOR MYPRO V

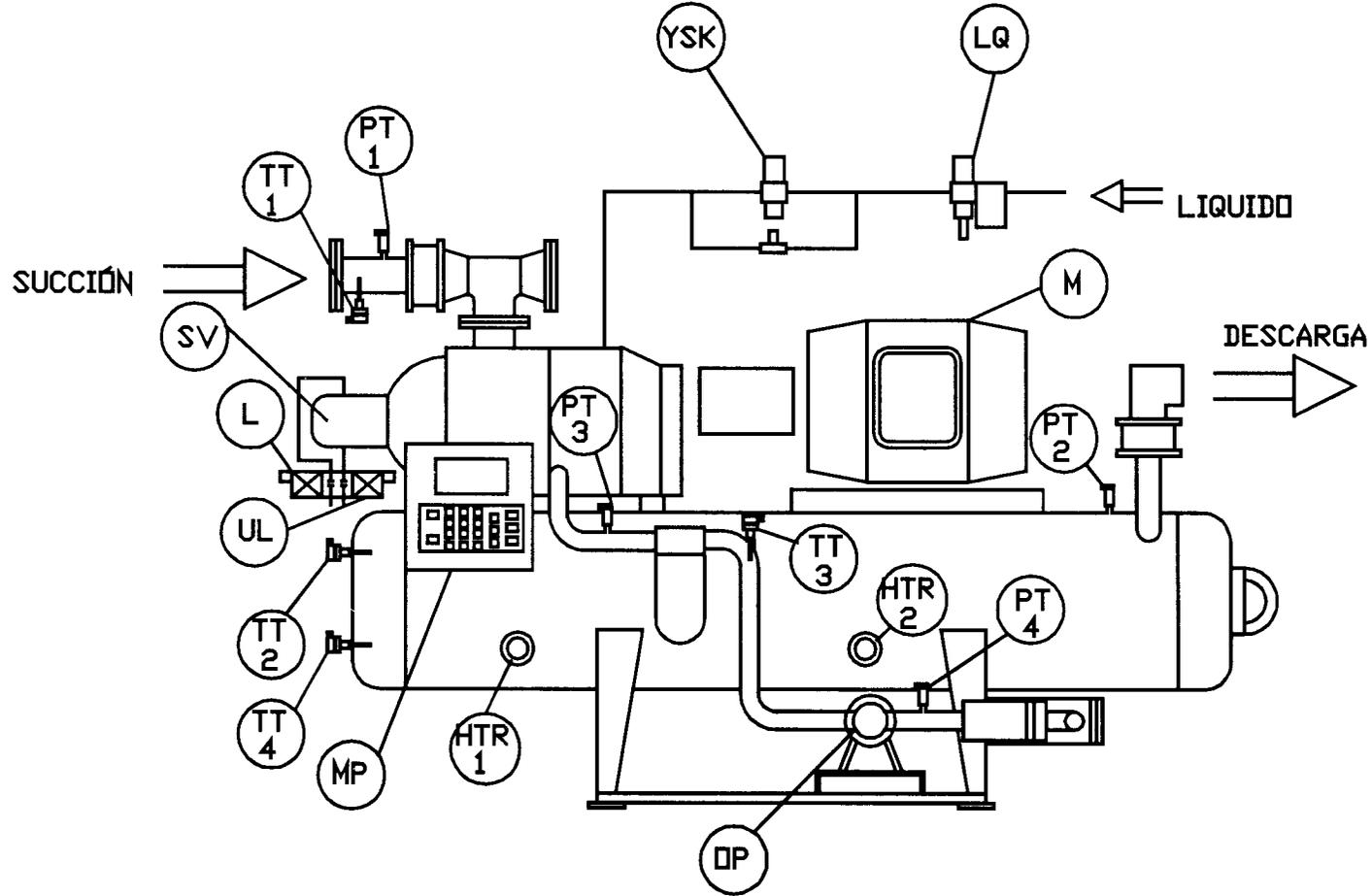


Figura 4.14 UBICACIÓN DE ELEMENTOS DE CONTROL EN UN COMPRESOR MYCOM DE TORNILLO

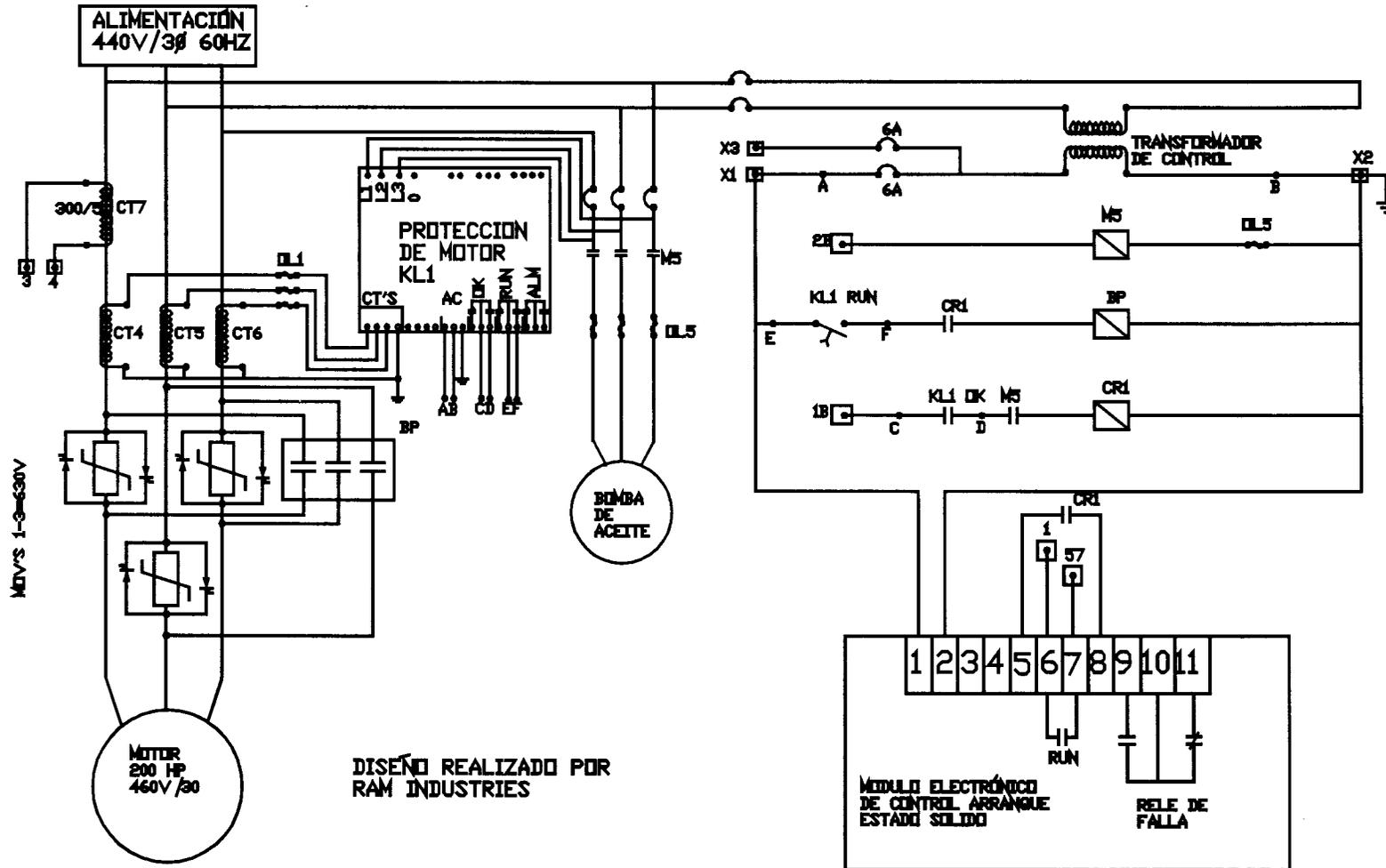


Figura 4.15 DIAGRAMA DE CONTROL DE ARRANQUE DE MOTORES DE COMPRESOR MYCOM DE TORNILLO

MICROPRESESADOR

TABLERO DE ARRANQUE

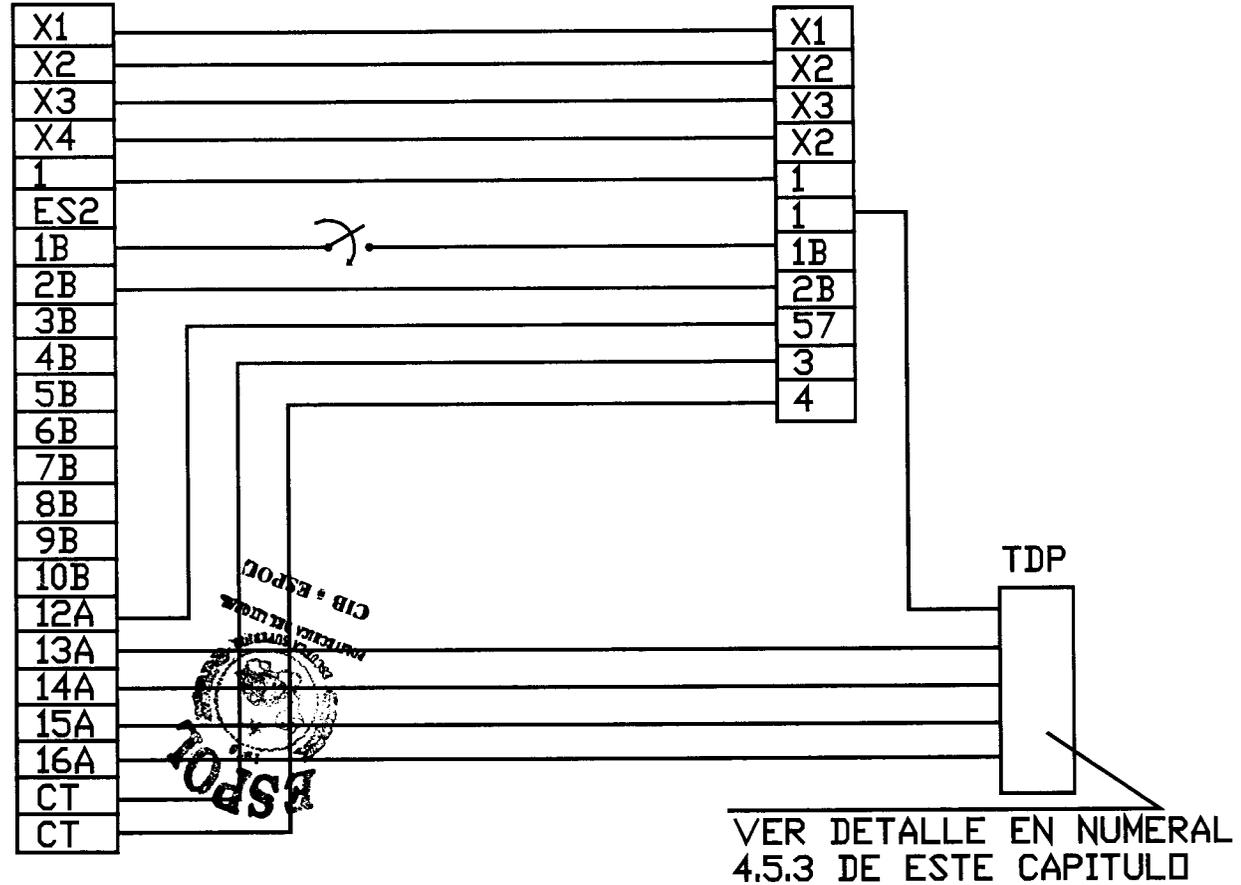


Figura 4.16 CONEXIONES DE CONTROL ENTRE MICRO PROCESADOR MYPRO V, TABLERO DE ARRANQUE Y TABLERO DE DISTRIBUCIÓN PRINCIPAL

Antes de analizar con más detalle el diseño de control realizado por York Food Systems, se explica el funcionamiento del túnel espiral para así comprender mejor su lógica.

En la congelación de productos alimenticios es muy importante considerar varios aspectos de calidad y comercialización, muchos productos no son muy comerciales si su presentación es en un bloque congelado de varias unidades, esto es en el caso del camarón, una de las presentaciones originales con que nuestra Industria comenzó su exportación fue en bloques de 5 libras congelados ya sea en congeladores a placas durante un lapso de 4 horas o en túneles de viento en un lapso de 12 horas, pero esta presentación es muy poco práctica para la venta directa al consumidor, las ventas originalmente estaban dirigidas a las Industrias extranjeras que utilizan nuestro camarón para elaborar otros productos como apanado, cocinado, etc.

La necesidad de congelar individualmente cada unidad da paso a la utilización de sistemas como el congelamiento por sal muera, sistemas criogénicos como nitrógeno, CO₂ (gas carbónico) y viento, en el caso de viento no se puede congelar individualmente un camarón en 12 horas como en el caso del bloque ya que la deshidratación sería extremadamente alta por cuanto se tiene que utilizar sistemas de alto rendimiento y que permita congelar en tiempos cortos de 10 a 30 minutos y en forma continua, esto da lugar a que la banda transportadora para

una capacidad de 1.600 libra/hora es bastante grande, aproximadamente 100 metros, la manera mas idónea para desarrollar tantos metros de banda en un espacio relativamente pequeño es en forma espiral.

El sistema de banda es movido por dos motorreductores, el primero es el que proporciona el arrastre de la banda propiamente dicho y el otro hace girar un tambor donde se enrolla la banda, estos motorreductores están diseñados de tal manera que la velocidad lineal del primero debe ser ligeramente inferior a la velocidad tangencial del segundo, esto permite que la banda se mantenga enrollada en todo momento. Para controlar este sistema York International diseña un sistema con dos variadores de velocidad a partir de la variación de la frecuencia de alimentación del motor, estos dos variadores pueden ser controlados de tres maneras, la primera con un reostato variable, la segunda mediante una señal de 0 a 10v y la tercera a través de una señal análoga de 4 a 20 ma, la utilizada en este sistema es la tercera, esta señal es proporcionada por un modulo de salida de un micro PLC, la misma señal es repartida en los dos variadores, de tal manera que al variar la velocidad a través de un teclado esta afecta a los dos variadores en forma igual, los variadores tienen la alternativa de programar el rango de frecuencia máximo y mínimo, esto es, el valor máximo de frecuencia corresponde a 40 ma y el valor mínimo a 4 ma, como la velocidad tangencial del tambor debe ser ligeramente mayor que la lineal de la banda los rangos entre ambos debe

variar de 2 a 8 Hz.

Otro factor importante de analizar en el sistema de control son las protecciones que usaron para la prevención de atoramientos de la banda, para eso se utilizó detectores de proximidad tipo inductivos, existen 4 sectores donde están ubicados estos detectores los que son: Inicio de la banda, final de la banda, templador y control de altura del producto.

Para salvaguardar la seguridad de las personas que operan el equipo se instalaron sensores de proximidad en las puertas de ingreso al túnel y una botonera de retorno en el lado de afuera de la puerta, de tal manera que si el túnel está funcionando a una temperatura baja y la puerta es abierta porque alguien entró a inspeccionar o a revisar algún daño, el sistema de refrigeración es apagado automáticamente en 5 minutos, si es que antes la persona que ingresó no pulsó el botón en el momento que salió.

Para controlar los demás elementos como son, ventiladores del evaporador, entrada de líquido refrigerante, temperaturas tanto del aire interior como del refrigerante, luces, etc. se utiliza el mismo autómata programable o PLC. Se puede analizar el diseño de fuerza de este equipo en la figura 4.17, el diseño de señales digitales y analógicas de salida en la figura 4.18 y de señales digitales y analógicas de entrada en la figura 4.19, todos ellos de autoría de York International.

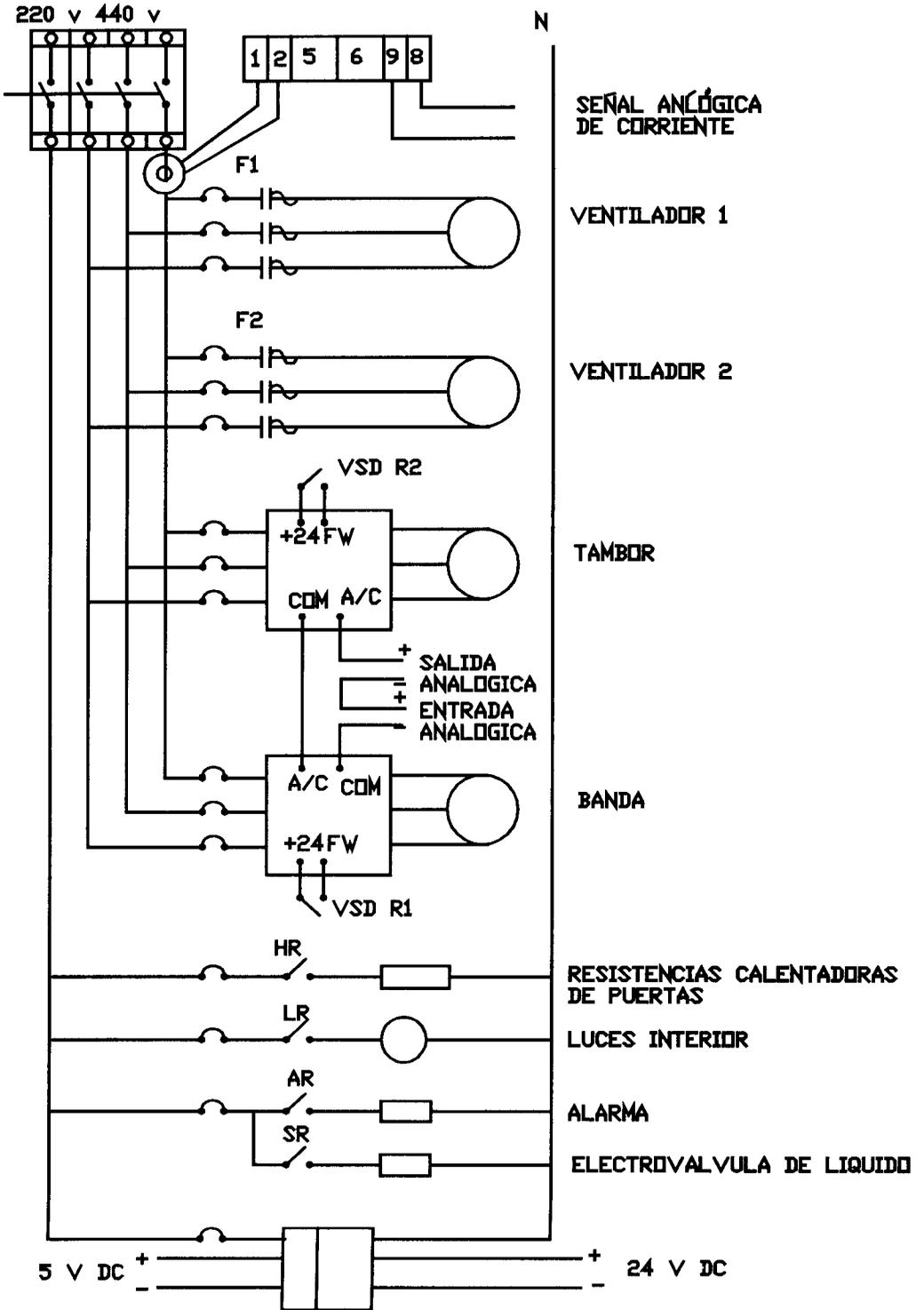


Figura 4.17 DISEÑO DE FUERZA TÚNEL ESPIRAL YORK

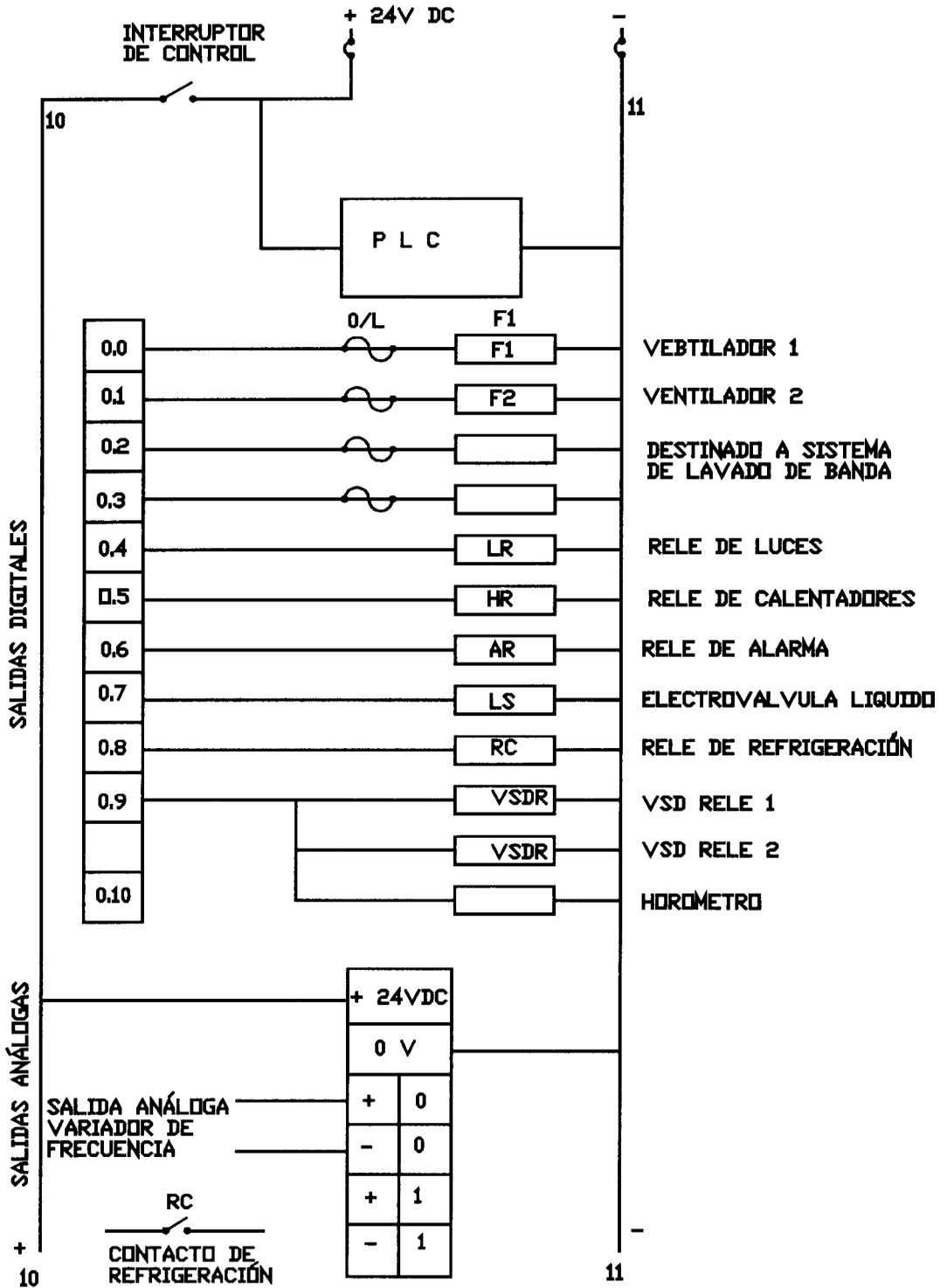


Figura 4.18 DIAGRAMA DE SEÑALES DE SALIDA PLC TÚNEL ESPIRAL

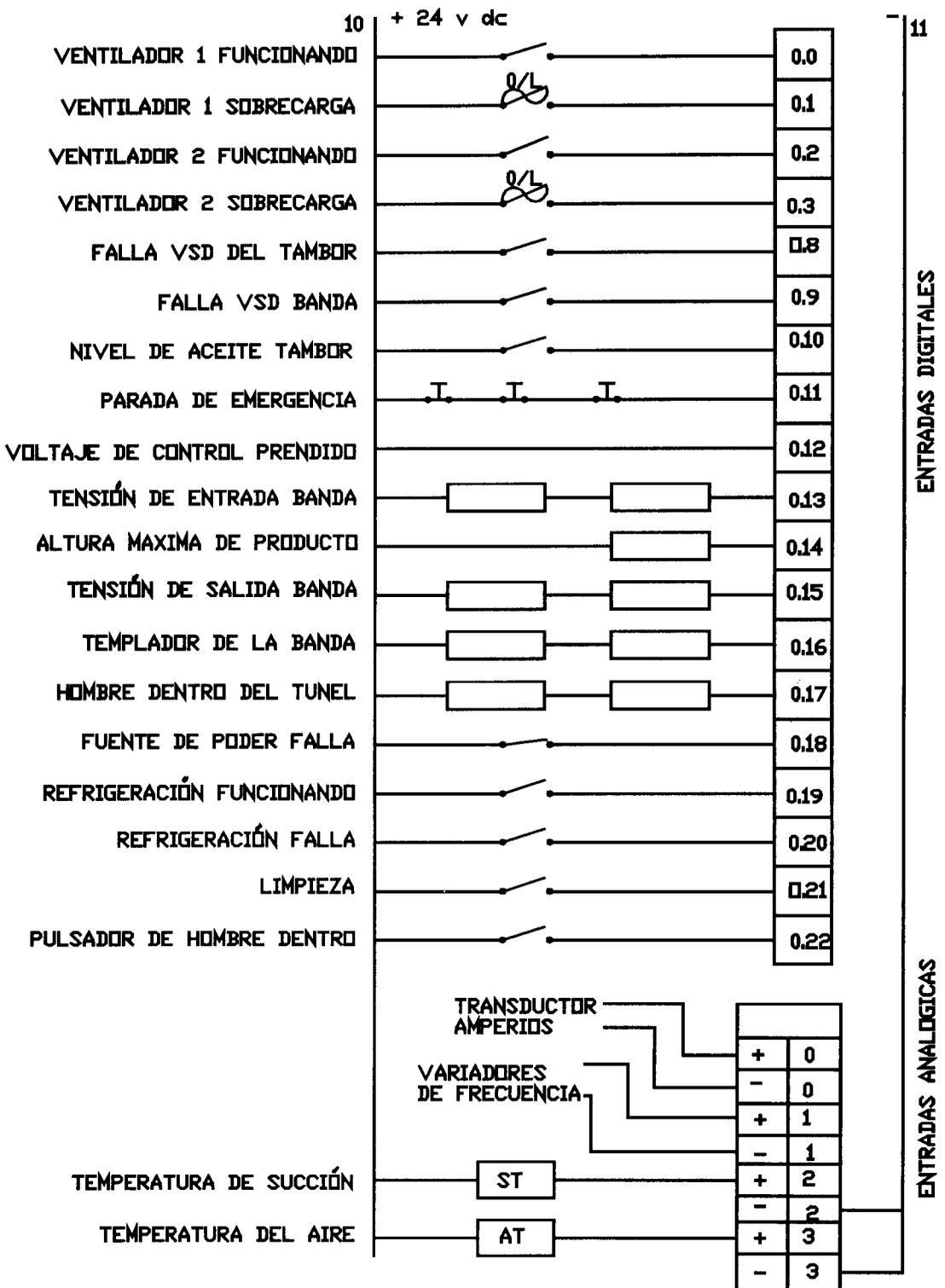


Figura 4.19 DIAGRAMA DE SEÑALES DE ENTRADA PLC TÚNEL ESPIRAL

4.4 Diseño de control de estación de bombeo

La estación de bombeo o de recirculación, sistema elegido para la cámara, túnel espiral y de secado, como ya se ha visto anteriormente consta de dos bombas, una en funcionamiento y la otra de respaldo y un tanque que sirve a la vez de separación del líquido que retorna de los sistemas permitiendo al mismo tiempo almacenar este líquido y reenviarlo a la presión de succión, mediante las bombas antes mencionadas.

El sistema de control consta básicamente de dos puntos, controlar el nivel dentro del tanque y proteger las bombas o la bomba que está en funcionamiento contra fallas de bombeo. Con esto se puede entonces definir los parámetros y condiciones de control que debe tener un sistema de bombeo, los cuales detallo a continuación:

1.- El sistema debe tener tres controles de nivel, el primero de alto nivel, el cual debe apagar los compresores que están conectados a este sistema para prevenir ingreso de líquido, el segundo debe ser el nivel de operación y debe tener la opción de permitir el ingreso de líquido (nivel bajo) y parada de ingreso de líquido (nivel alto), actuando una electroválvula para este control, cabe destacar que este rango está definido para la operación de la bomba y la condición de alto y bajo en ningún momento implica alarma o parada de equipos por protección. El tercer control de nivel es el denominado bajo, siendo este el mínimo

necesario para que las bombas puedan funcionar.

2.- Para las fallas de bombeo además de tener la protección de nivel bajo explicado anteriormente cada bomba debe tener un control adicional que censa la diferencia de presión entre la succión y de la descarga y si esta diferencia está bajo el rango establecido, estas deben apagarse. Esto es debido a que las bombas son especialmente diseñadas para bombear amoníaco líquido mas no aceite u otros líquidos por ende esta protección es requerida en caso que el sistema arrastre aceite o el tanque se quede sin amoníaco.

Las demás condiciones de operación son las siguientes:

3.- El nivel bajo debe apagar la bomba que está en funcionamiento y no permitir el arranque de la otra.

4.- Nunca las dos bombas deben funcionar al mismo tiempo.

5.- En alto nivel la bomba debe parar en forma automática, pero debe existir la opción de accionarlas en forma manual bajo esta condición.

6.- El sistema de ingreso de líquido debe permanecer cerrado si ningún compresor de ese sistema está funcionando.

7.- Como protección adicional debe existir un control de nivel crítico, adicional al de nivel alto.

Bajo estas condiciones se eligió dos componentes principales para el diseño y operación de la estación de bombeo, el primero es un control de nivel electrónico de líquidos refrigerantes desarrollado por la Firma

Hansen Technologies denominado LB3 y un presostato diferencial con retardo de tiempo, denominado MP55A de la Firma Danfoss.

El funcionamiento del LB3 se basa en la utilización de un sensor de columna de líquido cuya longitud es igual al diámetro del tanque, este sensor que trabaja con un bajo voltaje de corriente directa, por el principio de capacitancia mantiene comunicación con una unidad de control electrónica provista de tres regulaciones de nivel mediante reostatos variables, a su vez cada regulación consta de un diferencial para determinar los máximos y mínimos de cada una de ellas, ver figura 4.20. Cada una de las regulaciones maneja un relé tipo SPDT el cual consta de un contacto cerrado y otro abierto, con una conexión común.

Además este instrumento de control tiene una pantalla con 3½ dígitos que indican el porcentaje de nivel existente en el tanque y además tiene la opción de simular la variación del nivel para determinar que las instalaciones eléctricas de control son las requeridas.

La unidad denominada MP55A, es basado en un interruptor accionado por dos señales mecánicas de presión las que deben tener una diferencia entre ellas, diferencia que se la regula mediante la presión de un resorte, si la diferencia de presión entre los dos puntos censados, descarga y succión, es menor que el valor regulado el interruptor mantiene su contacto cerrado, este a su vez energiza una resistencia y el calor generado por esta resistencia calienta otro interruptor bimetálico el

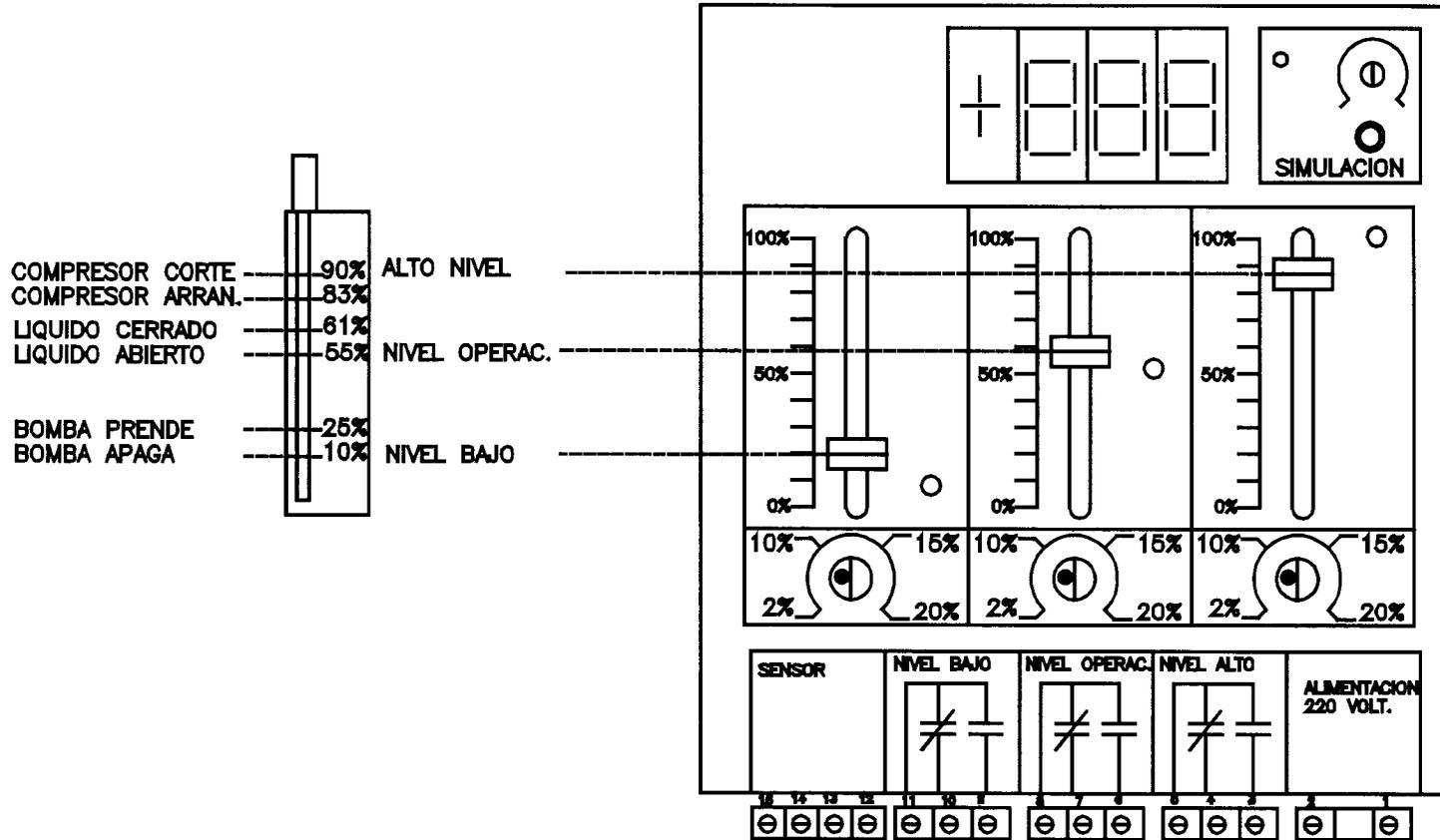


Figura 4.20 REGULACIONES TIPICAS DE CONTROL DE NIVEL EN UN SISTEMA DE RECIRCULACIÓN

cual desconecta en un determinado tiempo permitiendo la protección del equipo al cual está protegiendo, en este equipo el rearme del interruptor bimetálico es manual, esto es, al enfriarse este no vuelve a cerrar su contacto. La aplicación de retardo de tiempo es necesaria ya que cuando la bomba recién se la va a prender la diferencia de presión entre la succión y la descarga es normalmente cero, por ende no podríamos prenderla si no existiera este tiempo de espera que ya viene pre calibrado de fábrica y no reajutable, podemos encontrar en el mercado de 45, 60, 90 y 120 segundos dependiendo de la aplicación, en este caso se eligió el de 60 segundos.

En la figura 4.21 se puede observar los elementos instalados en la estación de bombeo y en las figuras 4.22 y 4.23, el diseño de control que cumple con todos los requisitos exigidos y en la figura 4.24, la nomenclatura utilizada.

4.5 Diseño de Control Sala de Máquinas.

En realidad gran número de equipos que se encuentran dentro de la sala de máquinas ya han sido tratados en los numerales anteriores, al referirme a sala de máquinas me refiero a los demás equipos y sistemas que su utilización involucra todos los demás sistemas y equipos vistos anteriormente y por verse en los numerales siguientes, estos son:

Condensadores, alarmas, protecciones, purgador de gases y sistema de sincronización.

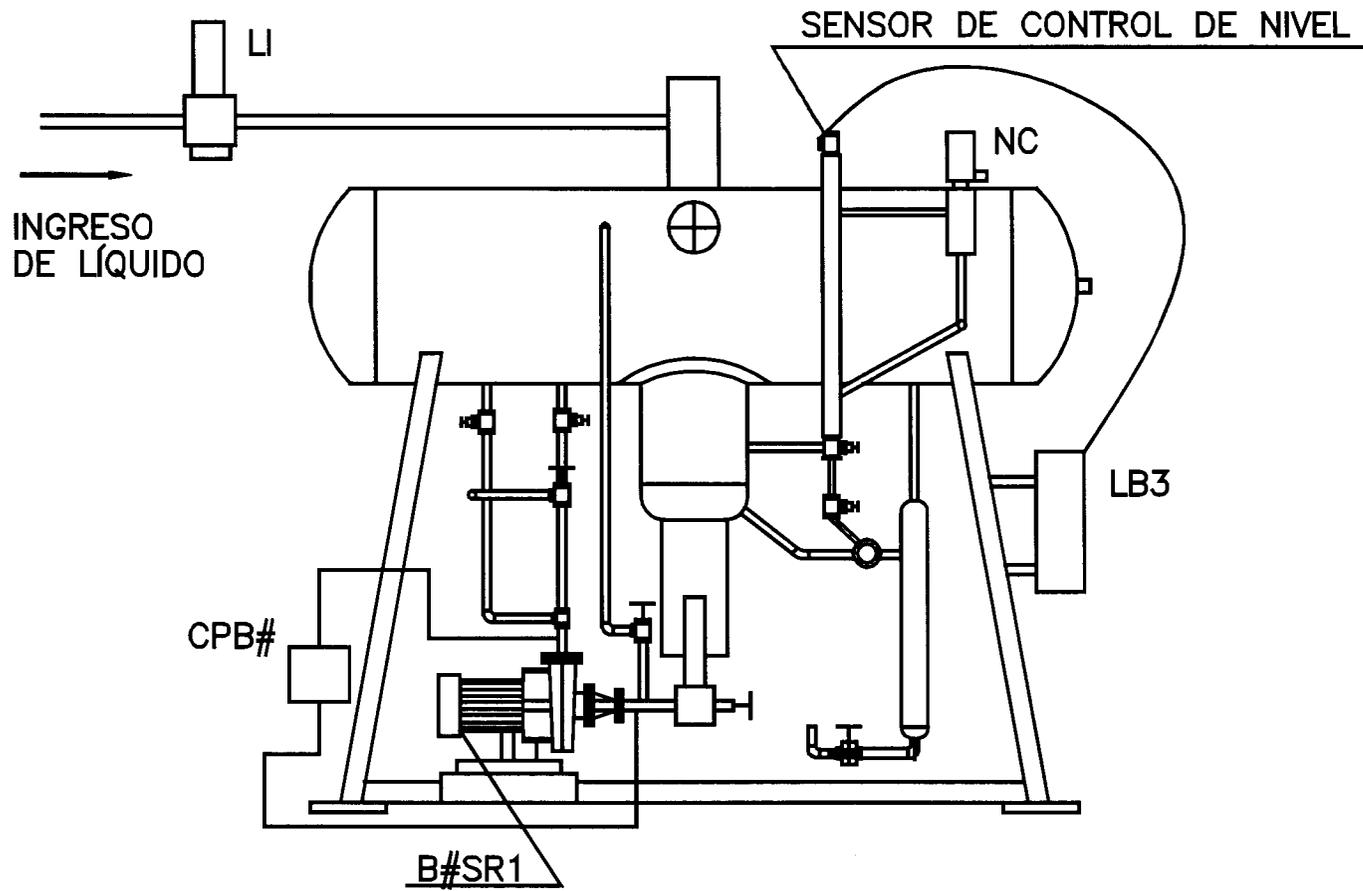


Figura 4.21 SISTEMA DE RECIRCULACIÓN, ESTACIÓN DE BOMBEO, UBICACIÓN DE ELEMENTOS

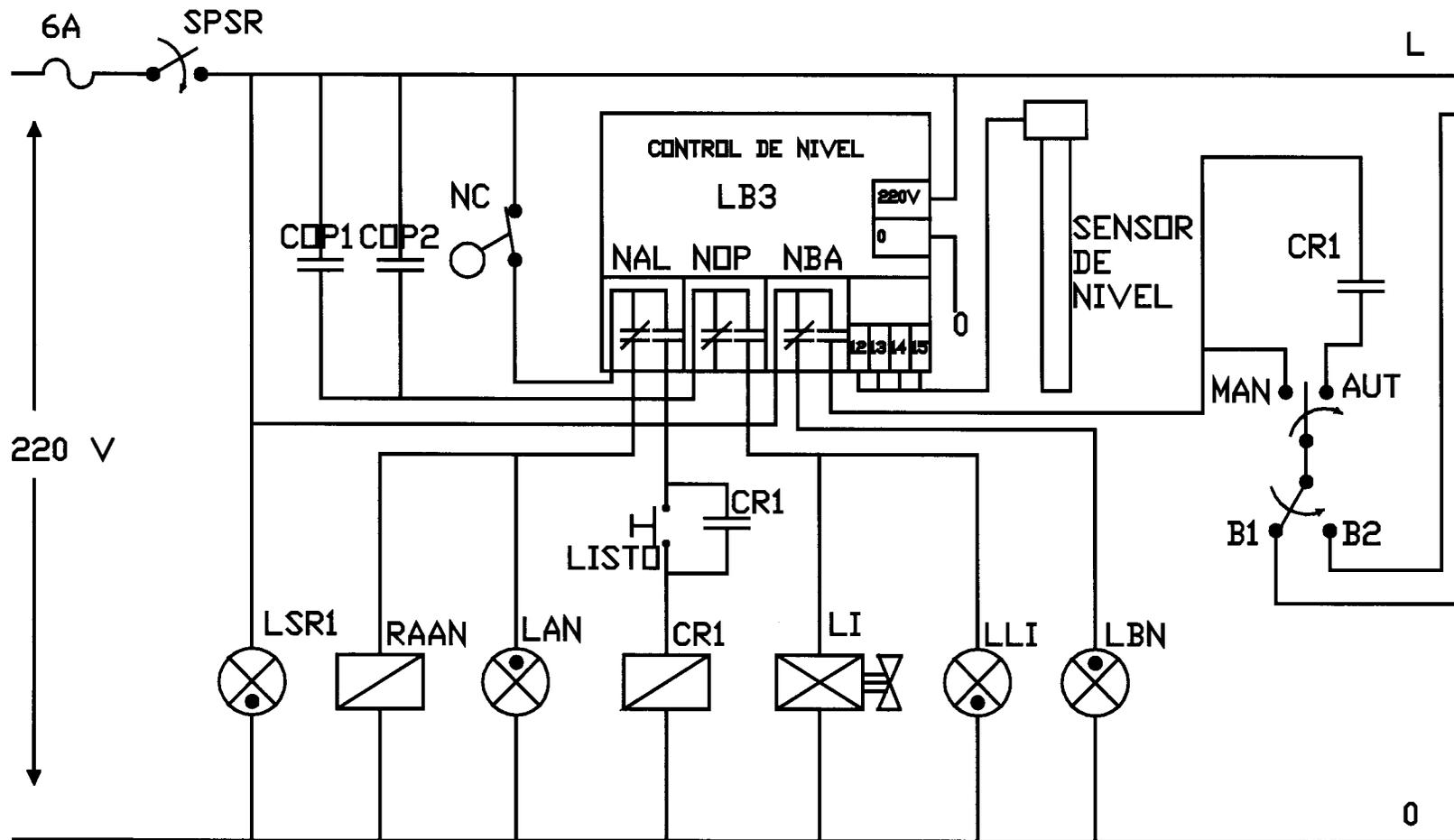


Figura 4.22 DISEÑO DE CONTROL ESTACIÓN DE BOMBEO
SISTEMA DE CONTROL DE NIVELES

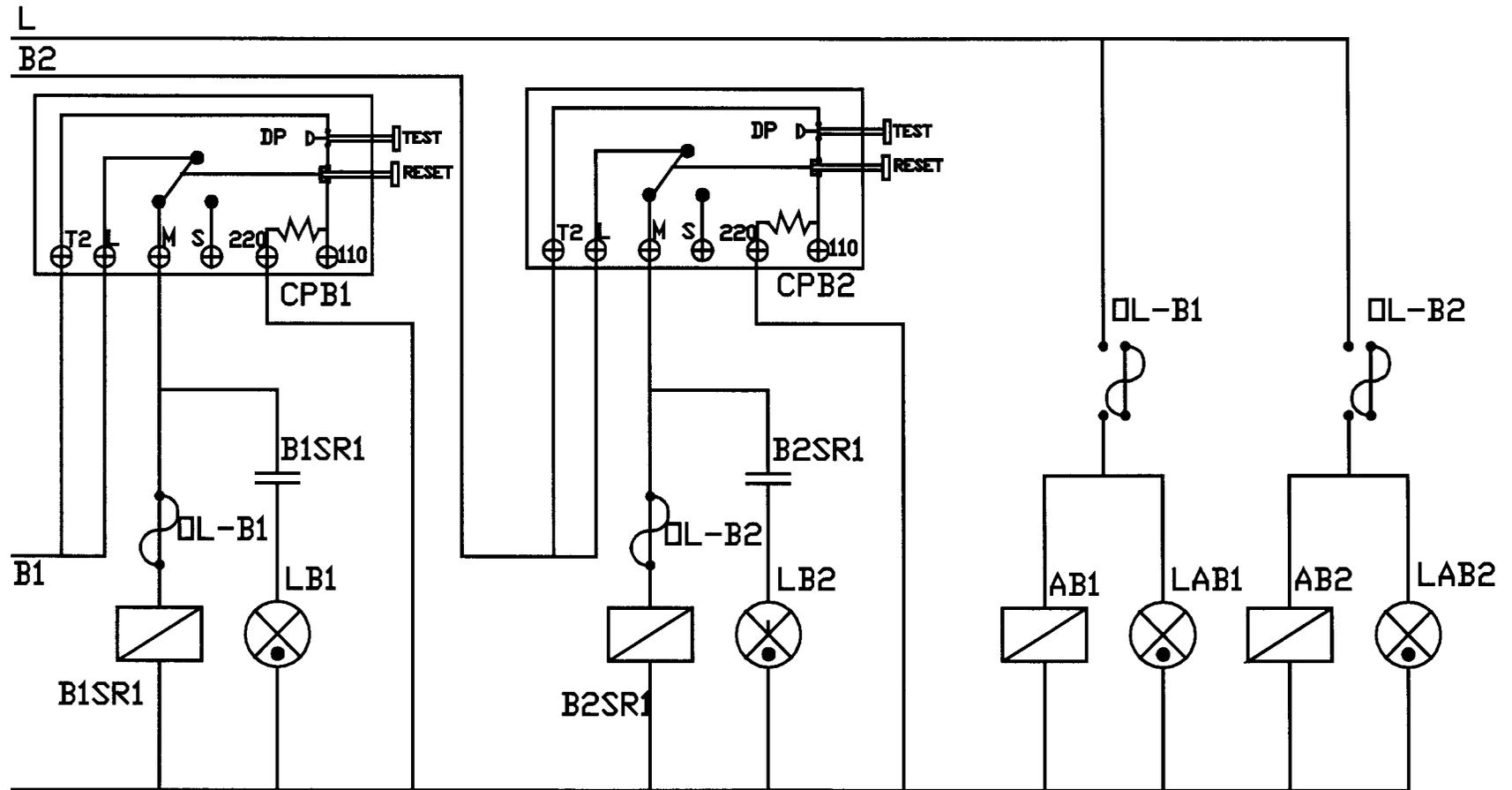


Figura 4.23 DISEÑO DE CONTROL ESTACIÓN DE BOMBEO
SISTEMA DE CONTROL DE PRESIÓN

SPSR	SELECTOR PRINCIPAL DE SISTEMA DE RECIRCULACIÓN
COP1	CONTACTO DELTA DE COMPRESOR COP1
COP2	CONTACTO DELTA DEL COMPRESOR COP2
LB3	CONTROL ELECTRONICO DE TRES NIVELES
NAL	RELE DE ALTO NIVEL
NOP	RELE DE NIVEL DE OPERACIÓN
NBA	RELE DE NIVEL BAJO
CR1	RELE DE CONTROL
MAN,0,AUT	SELECTOR DE TRES POSICIONES
B1,B2	SELECTOR DE DOS POSICIONES
LI	ELECTROVALVULA DE ALIMENTACIÓN DE LIQUIDO
LSR1	LUZ PILOTO DE SISTEMA DE RECIRCULACIÓN
LAN	LUZ PILOTO DE ALTO NIVEL
LLI	LUZ PILOTO DE ELECTROVALVULA DE LIQUIDO
LBN	LUZ PILOTO DE BAJO NIVEL
CPB#	CONTROL DIFERENCIAL DE PRESION BOMBA #
B#SR1	CONTACTOR DE ARRANQUE DE BOMBA #
NC	NIVEL CRITICO
OL-B#	CONTACTO DE PROTECCIÓN DE SOBRECARGA BOMBA #
AB#	RELE DE ALARMA DE BOMBA #
NC	NIVEL CRITICO
LB#	LUZ PILOTO DE BOMBA #
LAB#	LUZ PILOTO DE ALARMA BOMBA #

Figura 4.24 NOMENCLATURA DE DISEÑO DE CONTROL ESTACIÓN DE BOMBEO

Se comenzara por analizar el control de los condensadores.

4.5.1 Diseño de Control de Condensadores

Como se analizó en el capítulo 1 los condensadores juegan un papel fundamental en un sistema de refrigeración, una mala condensación implica pérdida de eficiencia en el sistema ya que las presiones se elevan y los motores eléctricos consumen más energía para realizar el mismo trabajo de congelación.

En el capítulo 1 se indicó que si uno de los motores del condensador se para, debe existir una señal de control eléctrico para que pare el compresor, esto es cierto siempre y cuando el compresor o los compresores dependan exclusivamente de ese condensador, tal es el caso del proyecto I en el que se tenía dos compresores COP1 y COP2 con un solo condensador CON1, de echo se utilizaba los puertos de entrada auxiliar 1 de cada compresor con un contacto normalmente abierto, el que permanecía cerrado si la bomba de agua y el ventilador estaban funcionando, incluso se instaló un control de flujo de agua en la tubería de la bomba para determinar si el caudal era el correcto y si no el contacto colocado en serie con el anterior también apagaba los compresores mencionados, estas condiciones fueron cambiando y a medida que se realizaron los demás proyectos se solicitó al proveedor en este caso la Compañía Delta Delfini, un incremento en la capacidad

de los nuevos condensadores del 20% del calculo realizado, de esta manera como los tres proyectos fueron interconectados entre sí, todos los condensadores sirven para todos los compresores, de esta manera ya no existe la dependencia de un solo condensador con un compresor sino mas bien aquí lo que prima es la presión de descarga, para eso aunque cada compresor tiene su protección contra sobre presión de descarga, se instaló un presostato en la línea principal de descarga de los compresores para que esta señal pare todos los compresores si la presión excede los límites permitidos, esta regulación debe ser ligeramente superior a la programada en los compresores.

Con este sistema se da libertad al operador para controlar la cantidad de condensadores que debe tener funcionando y de esa manera el mantenimiento y limpieza de cada condensador se lo puede programar con gran libertad, sin tener que parar sistemas de congelación, sino que se aprovecha los que no están funcionando en ese momento, pudiendo parar cualquier condensador.

A pesar de todo esto si se debe considerar un sistema de alarma que avise al operador cuando uno de los motores de los condensadores falle. El diagrama de control para los cuatro condensadores se los puede encontrar en las figuras 4.25, 4.26, 4.27 y 4.28, así como la nomenclatura utilizada en la figura 4.29.

4.5.2 Diseño de Control de Alarmas

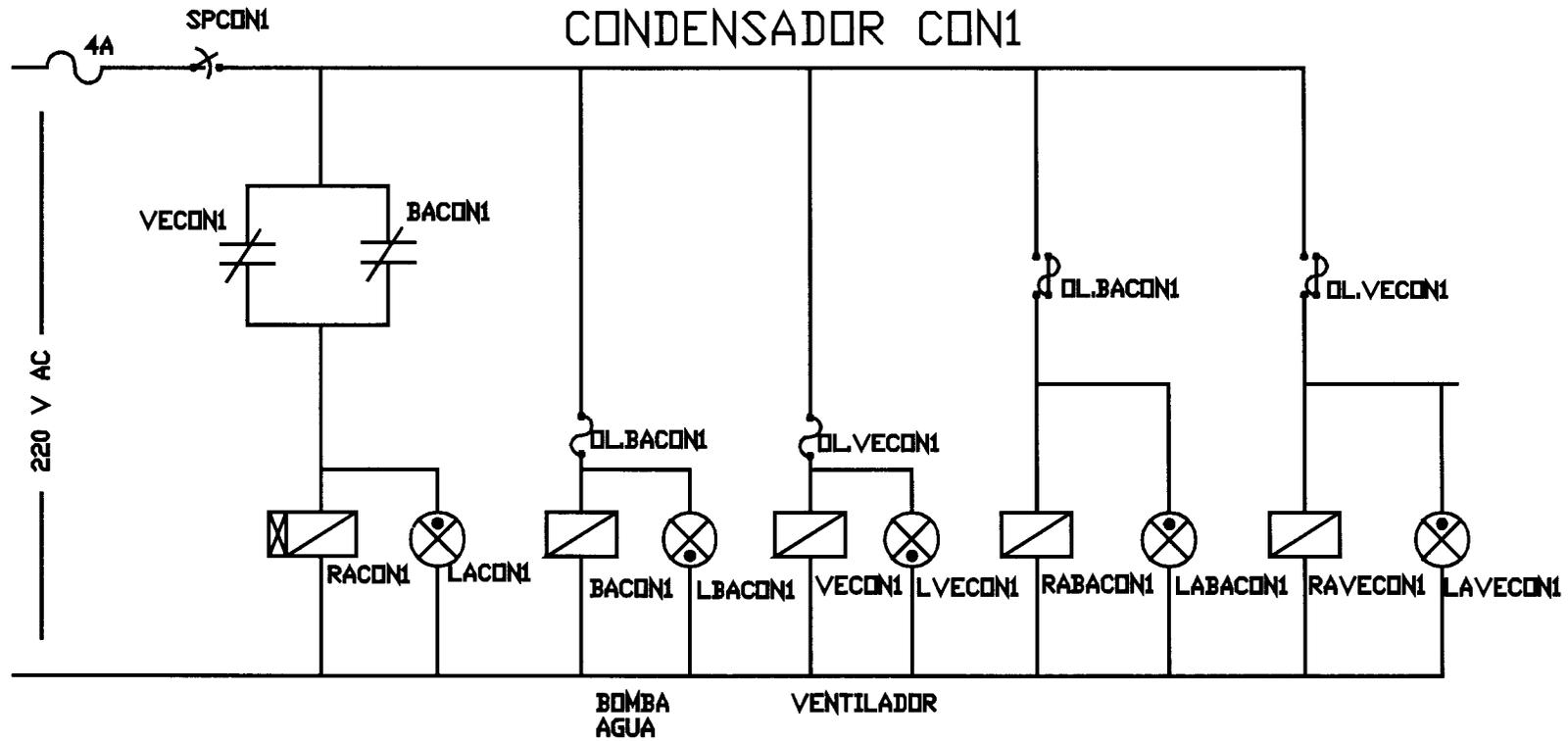


Figura 4.25 DIAGRAMA DE CONTROL CONDENSADOR CON1

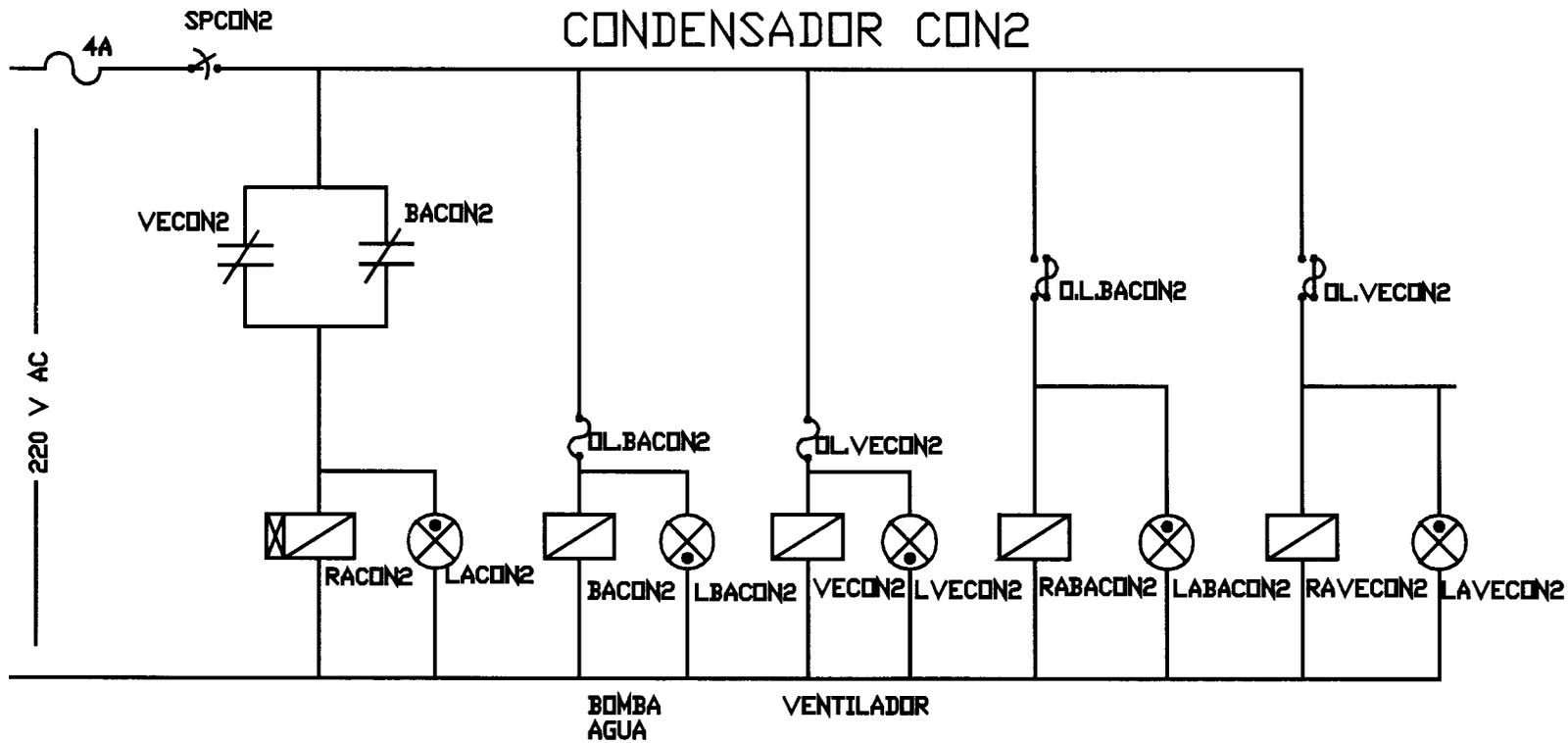


Figura 4.26 DIAGRAMA DE CONTROL CONDENSADOR CON2

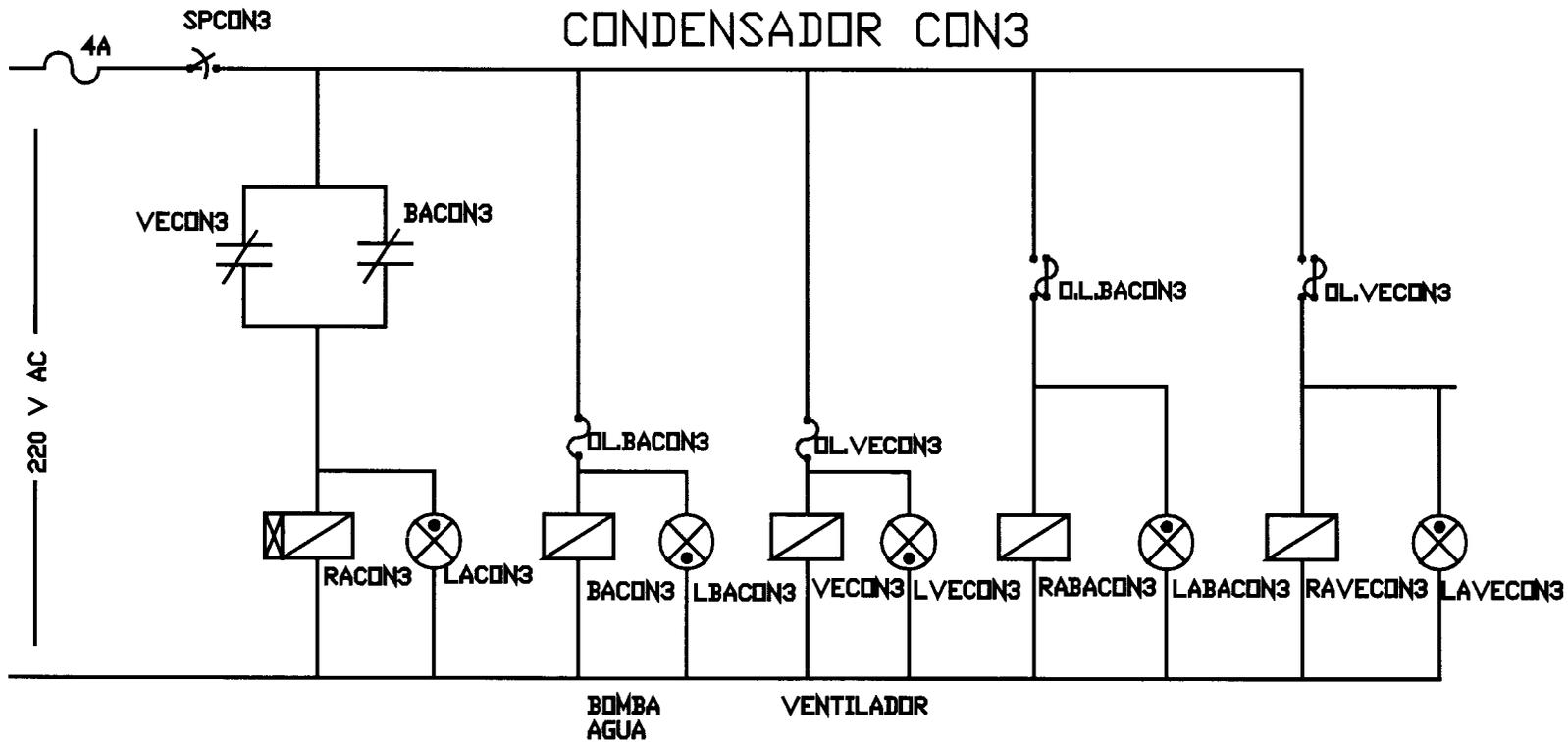


Figura 4.27 DIAGRAMA DE CONTROL CONDENSADOR CON3

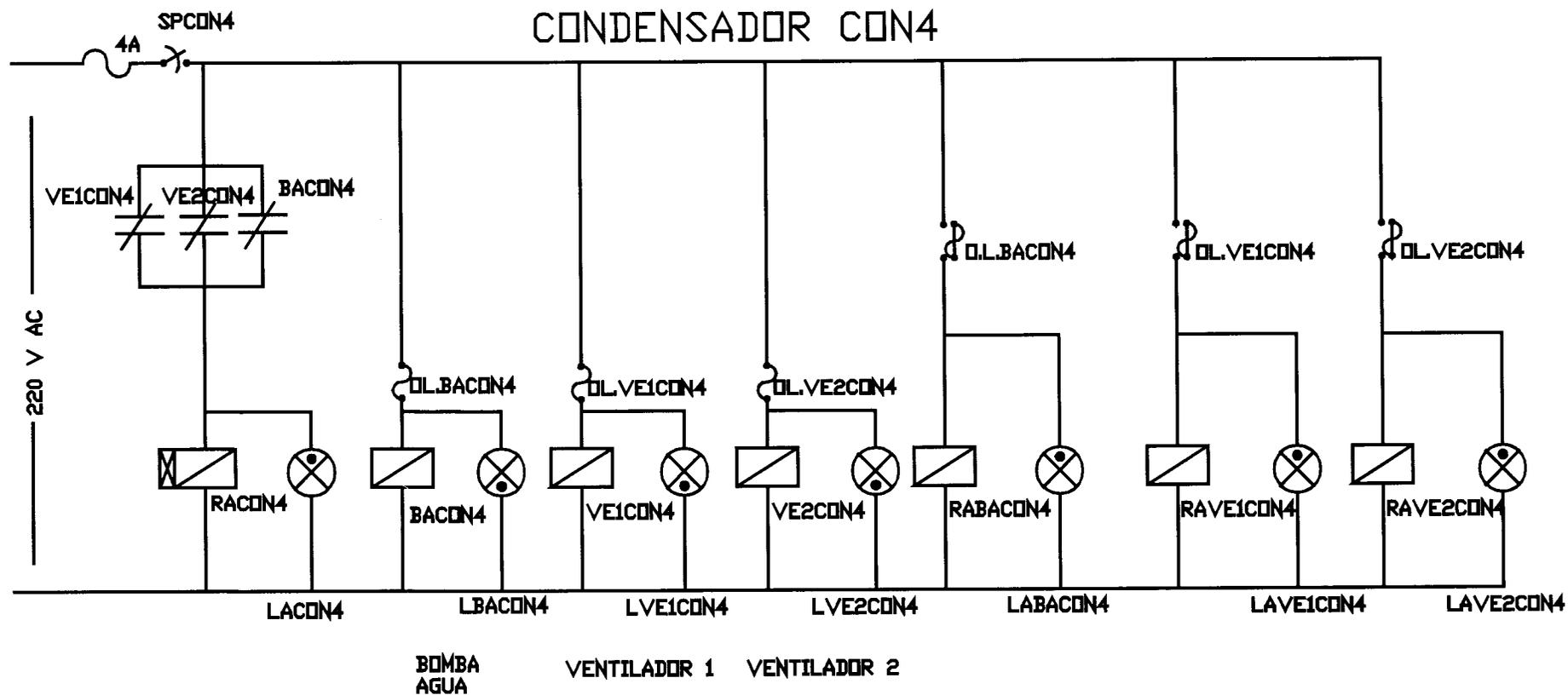


Figura 4.28 DIAGRAMA DE CONTROL CONDENSADOR CON4

SPCON#	SELECTOR PRINCIPAL DEL CONDENSADOR CON#
RACON#	RELE DE ALARMA DEL CONDENSADOR #
LACON#	LUZ PILOTO DE ALARMA CONDENSADOR #
BACON#	BOMBA DE AGUA DEL CONDENSADOR #
LBACON#	LUZ PILOTO DE BOMBA DE AGUA DEL CONDENSADOR #
VECON#	VENTILADOR DEL CONDENSADOR #
LVECON#	LUZ PILOTO DEL VENTILADOR DEL CONDENSADOR #
RABACON#	RELE DE ALARMA DE BOMBA DE AGUA CONDENSADOR #
LABACON#	LUZ PILOTO DE ALARMA DE BOMBA DE AGUA CONDENSADOR #
RAVECON#	RELE DE ALARMA DEL VENTILADOR CONDENSADOR #
LAVECON#	LUZ PILOTO DE ALARMA DE VENTILADOR CONDENSADOR #

Figura 4.29 NOMENCLATURA DE CONTROL
DE CONDENSADORES

En base de los diagramas de control de los distintos equipos se procede a realizar el de alarmas, diagrama mostrado en la figura 4.30. Como se puede observar este reúne todas las señales de los distintos sistemas accionando una sirena y prendiendo una luz piloto, la sirena podrá ser silenciada mas no la luz piloto que permanecerá prendida hasta que la falla sea corregida, vale destacar que este sistema indica que existe una alarma pero no en que sistema ocurrió, sin embargo en cada uno de los sistemas existen luces indicadoras de alarma, esto facilita su ubicación y causa.

4.5.3 Diseño de Protecciones de Control y Arranque Automático

En los diagramas de control de los compresores los micro procesadores tanto los Frick como los Maycom tienen reservados canales de entrada de señales digitales para que el usuario los utiliza para protección de su compresor, además se ha analizado en los diagramas de control algunas condiciones para que estos compresores trabajen, una de ellas es la preocupación de que los compresores no trabajen comprimiendo líquido, esto hace que sea imperativo que el control eléctrico de niveles de líquidos sea tomado en cuenta para la protección de estos compresores, a continuación se pasa a analizar cada uno de los compresores y sus condiciones de protección:

COP1.- Compresor destinado al túnel espiral y a auxiliar al COP2 en caso de falla en la cámara, depende su protección de agentes externos

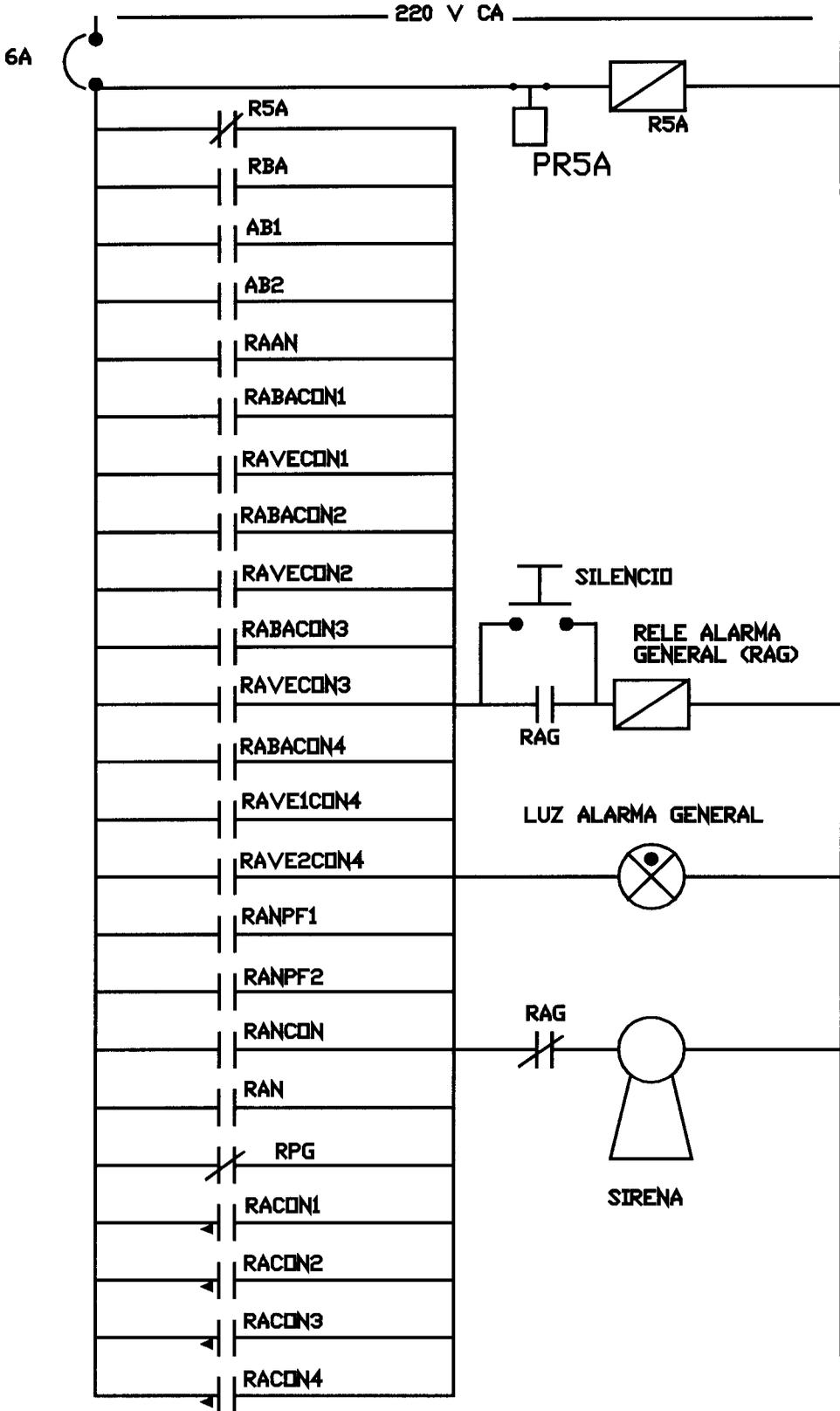


Figura 4.30 DISEÑO DE CONTROL DE SISTEMA DE ALARMA

tales como nivel alto de líquido en el tanque recirculador y de alta presión en la descarga.

COP2.- Al igual que el COP1 depende su protección del nivel de líquido del recirculador y de alta presión de descarga.

COP3, COP6 y COP7.- Diseñados para trabajar o con el sistema de congelación por sal muera o con el sistema de maquinas de hielo, siendo el designado para congelación el COP3, por lo tanto deben tener un selector en cada uno de ellos que al trabajar con el sistema de congelación deba protegerse del nivel alto del tanque y cuando trabaja para las maquinas de hielo, con el nivel alto de la trampa de líquido.

COP4.- Destinado para pre frio 2, sus protecciones de agentes externos deben ser contra el alto nivel del tanque del pre frio 2 y falla en la bomba de agua de enfriamiento, este compresor debe también auxiliar al compresor COP5 y viceversa, de tal manera que también debe tener la opción para el alto nivel del pre frio 1. Estas consideraciones ya fueron tomadas en cuenta en su diagrama de control indicado en la figura 4.7.

COP5.- Destinado para pre frio 1 pero debe cumplir con las mismas protecciones para el compresor COP4. Estas consideraciones ya fueron tomadas en cuenta en su diagrama de control indicado en la figura 4.8.

Según estas especificaciones se elaboran los diagramas de control para los distintos compresores indicados anteriormente, los que se puede

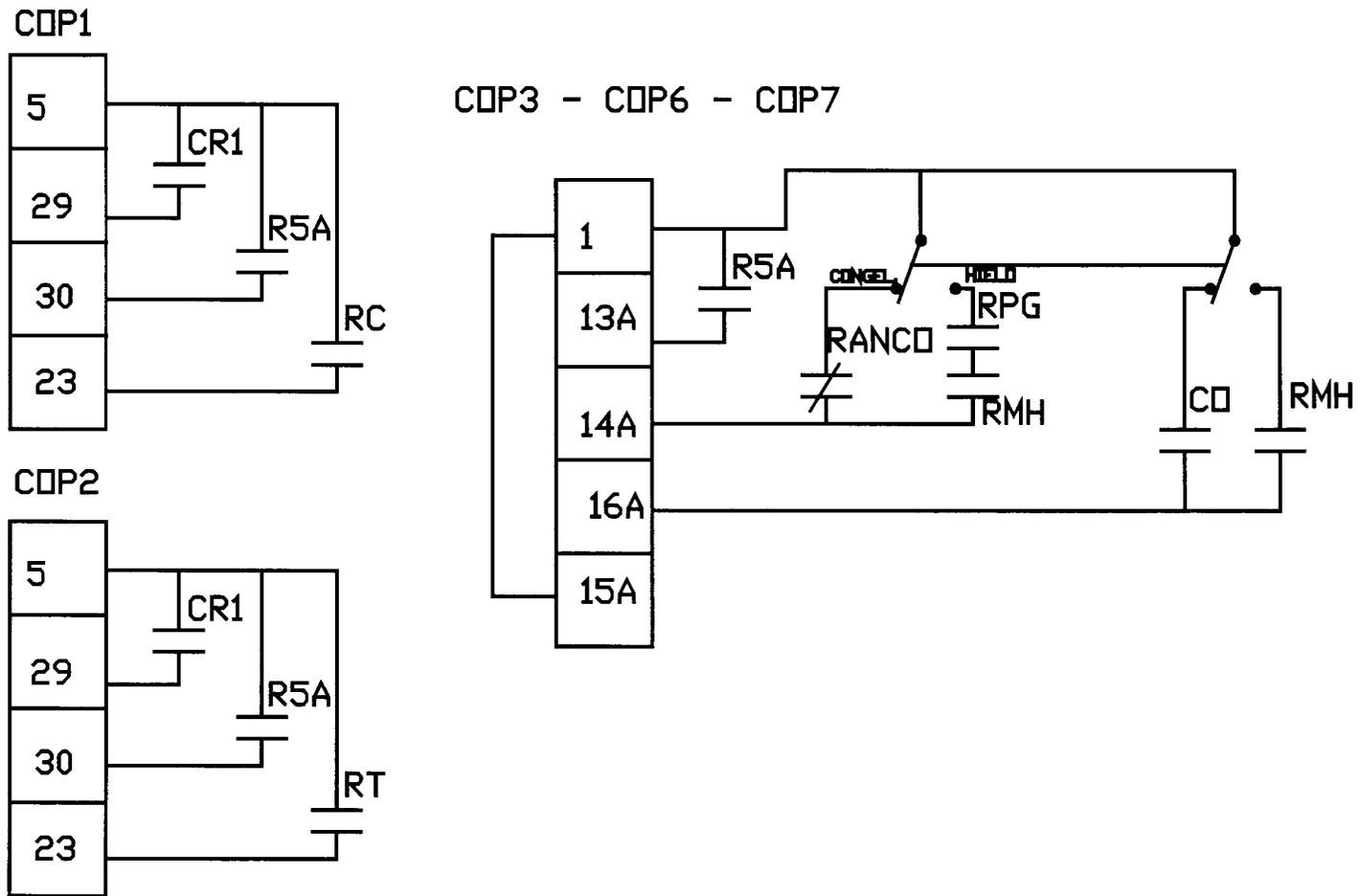


Figura 4.31 DIAGRAMA DE PROTECCIONES DE CONTROL Y ARRANQUE AUTOMÁTICO

encontrar en la figura 4.31.

4.5.4 Purgador de Gases no Condensables

Ningún sistema de refrigeración se puede considerar completamente eficiente si no ha contemplado en sus instalaciones un sistema de purga de gases no condensables, y con mayor razón aún en un sistema de baja temperatura cuyas presiones están por debajo de la atmosférica.

¿Porqué un purgador ¿. En un sistema de refrigeración siempre hay la posibilidad de ingreso de aire al sistema, esto sucede cuando se realizan reparaciones o existen fugas en el lado de baja presión, este aire o gases no son condensables y ocupan un espacio dentro de las tuberías de refrigeración, principalmente en los condensadores causando una elevada presión en los mismos, esto acarrea grandes consumos de energía eléctrica y baja eficiencia en el sistema de refrigeración. Para evitar esto se instala un purgador de gases que en nuestro caso es un purgador automático de 8 puntos de purga, fabricado por Hansen Technologies Corporation, denominado AP08.

El funcionamiento de un purgador se basa en condensar el gas que proviene del punto de purga a través de un pequeño evaporador que enfría dicho gas condensando el amoníaco y separando el aire, el amoníaco líquido es retornado al evaporador y el aire es enviado a un recipiente con agua expuesto al aire libre, de esta manera lo poco de amoníaco que tenía el aire se diluye en el agua y el aire “puro” sale al

exterior. Ver figura 4.32.

La operación del purgador es la siguiente:

En la posición automático las electroválvulas 4 y 3 son energizadas permitiendo el ingreso de líquido refrigerante y gases del punto de purga, adicionalmente un termostato energiza una tarjeta temporizadora que opera el primer punto de purga, también opera las válvulas 5 y 6 siempre y cuando el flotador de nivel está abajo.

El gas que ingresa con cierta cantidad de gas refrigerante es capturado por el drenador de líquido antes de entrar al serpentín condensador, el líquido libre de gases es enviado al evaporador, el gas no condensado fluye a través de la válvula de no retorno y regresa al recipiente separador. El líquido refrigerante condensado es liberado de su alta presión por la válvula 3 y entra al evaporador inundado.

El gas no condensable se aloja en la parte superior del separador causando que el flotador baje y una vez que baja acciona un interruptor que energiza la válvula 5 enviando el gas al recipiente con agua que fue llenado previamente por la válvula 6, terminando así el ciclo. Esto se mantendrá hasta que el tiempo programado para ese punto de purga expire, comenzando nuevamente el mismo ciclo para el siguiente punto.

En la tarjeta electrónica de tiempos, cada punto tiene su regulación independiente desde 1 hasta 60 minutos. Todo el purgador tiene dos puntos de control para que pueda operar, el primero es un reloj horario

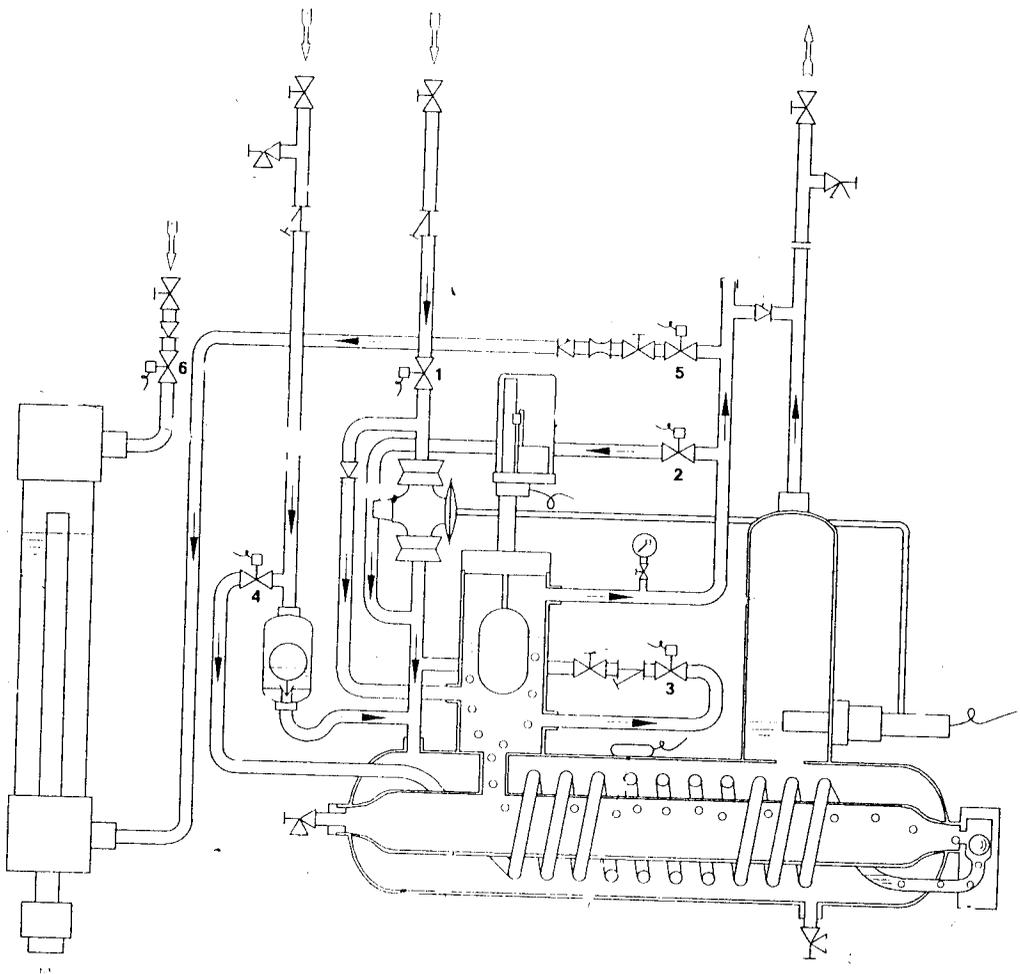


Figura 4.32 PURGADOR DE GASES NO CONDENSABLES
(Hansen Technologies)

de siete días para poder programar que día y a que hora debe comenzar la purga y el segundo es un contacto que permita su funcionamiento siempre y cuando el compresor al que está conectado esté funcionando, ya que no hay que olvidarse que el purgador realmente es un evaporador que debe funcionar con alguna línea de líquido y de succión, en este caso se lo instaló en la línea de succión del compresor COP3. Ver diseño de control realizado por Hansen en las figuras 4.33 y 4.34.

4.5.5 Sistema de Sincronización

Una Industria que procesa productos alimenticios perecibles y en las condiciones de servicio de energía eléctrica del País que muchas veces depende de estiajes, no puede dejar de pensar en tener un servicio de emergencia, por lo tanto se ha considerado por la parte de la Gerencia General la adquisición de un Motogenerador capaz de suplir las condiciones mínimas de energía de los sistemas de refrigeración, como se puede observar en el diagrama unifilar se ha contemplado un generador de emergencia para el sistema de sala 2, el que se está analizando en este informe técnico, pero sin embargo el generador adquirido no cubre los requerimientos de toda la carga instalada, este generador de 425 Kw fue adquirido en el segundo proyecto, ahora que está terminado y funcionando el tercer proyecto debemos considerar un segundo generador para que entre en sincronismo con el actual y

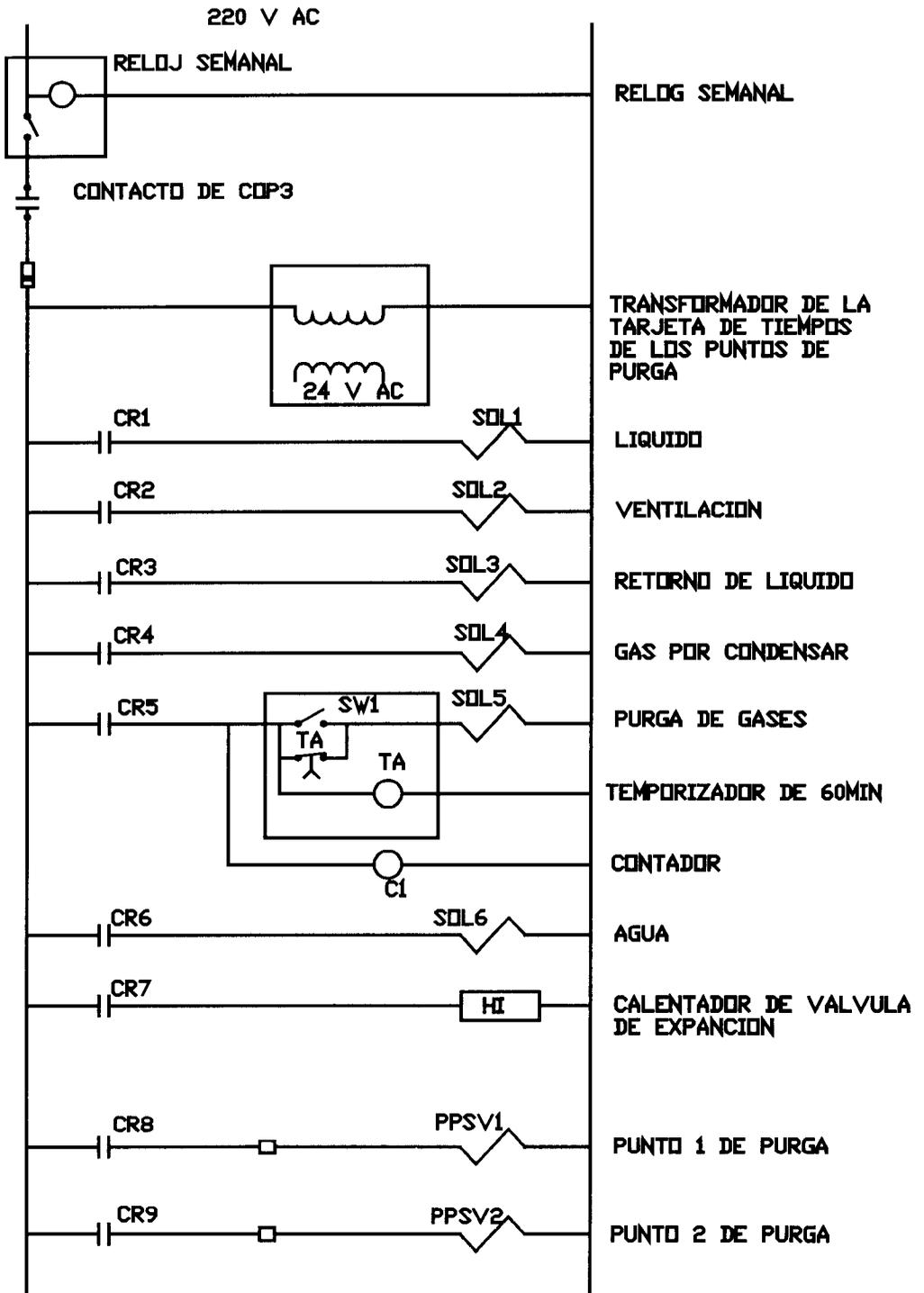


Figura 4.33 DIAGRAMA DE CONTROL, SALIDAS DEL PURGADOR

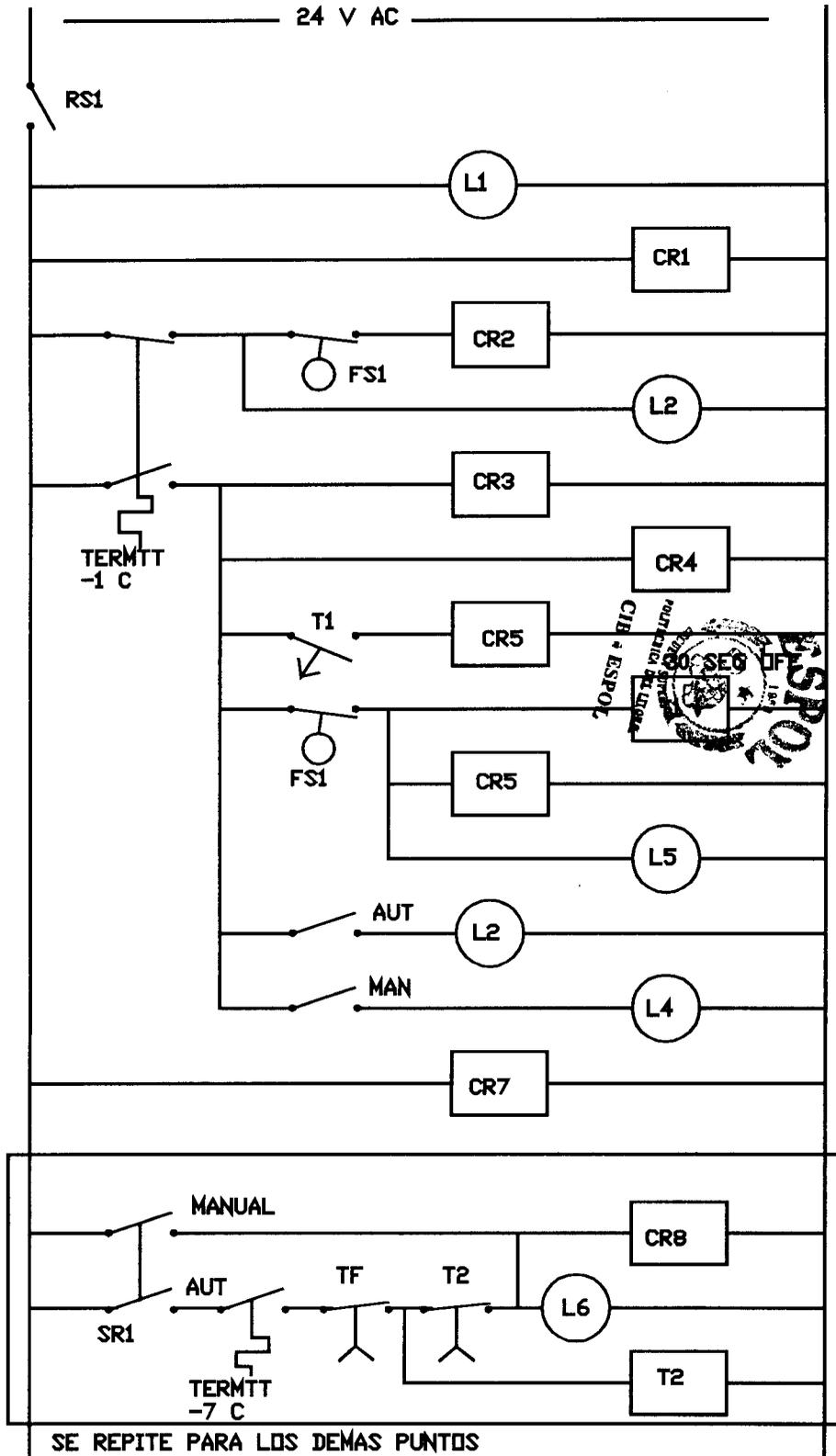


Figura 4.34 DIAGRAMA DE CONTROL 24V DE PURGADOR

pueda suplir la carga total del sistema. Si bien es cierto que este sistema no está instalado, es el deber dejar provisto el sistema de control para este sincronismo.

Por razones económicas no se aprobó un sistema automático para la transferencia y sincronización, por ende se lo deberá realizar en forma manual tal como se lo realiza en la sala 1, los elementos que se requieren para este sistema son los siguientes:

1.- El disyuntor principal de la sala 2 debe tener incorporado dos elementos, un disparador o " shunt trip " y una bobina de bajo voltaje, el primero dispara el disyuntor con el accionamiento de un voltaje a una bobina que en este caso debe ser de 24 V cd, ya que se utiliza la energía de las baterías de los generadores y la bobina de bajo voltaje en cambio hace disparar en disyuntor al eliminar o bajar su voltaje de alimentación, que en este caso debe ser 440 V ca.

2.- Los disyuntores de cada generador en cambio deben tener el " shunt trip ", este actuará en caso de falla del generador ya sea por aceite, alta temperatura del agua de enfriamiento, potencia inversa, etc., lógicamente su voltaje de operación debe ser 24 V cd y un interruptor de control incorporado.

3.- Un relé de protección de fallas trifásicas a 440 V ca que deberá actuar en presencia de alto voltaje, bajo voltaje, desequilibrio de fases y secuencia invertida.

4.- Cada generador debe tener un sistema de protección de potencia inversa, que actuará en su disyuntor.

5.- Dos kilowatímetros trifásicos a 460 v ca.

6.- Un sincronoscopio trifásico para 460 v ca.

7.- Un voltímetro de doble escala de 0 a 600 v ca

8.- Un frecuencímetro de doble escala de 55 a 65 Hz.

9.- Cada generador debe tener su juego de luces de sincronización y un sistema eléctrico para poder variar las revoluciones y el voltaje generado, se lo solicita eléctrico por cuanto un sistema mecánico es muy peligroso regularlo en sincronismo.

Con todos estos elementos se realiza el diseño de control para el sincronismo, diseño indicado en las figuras 4.35 y 4.36.

La operación de este sistema es el siguiente:

1.- Una vez que falló la energía por parte de la Empresa Eléctrica suministradora se constata que el disyuntor principal fue disparado por el relé de protección de fallas trifásicas, el operador lo dejará en la posición de apagado.

2.- Se arrancan los dos generadores, con sus respectivos disyuntores abiertos y se los ponen en condiciones de trabajo, 460 V, 60 Hz.

3.- Se colocan todos los selectores de las distintas cargas de refrigeración en posición de apagado.

4.- Se acciona el disyuntor de uno de los generadores, si uno de ellos

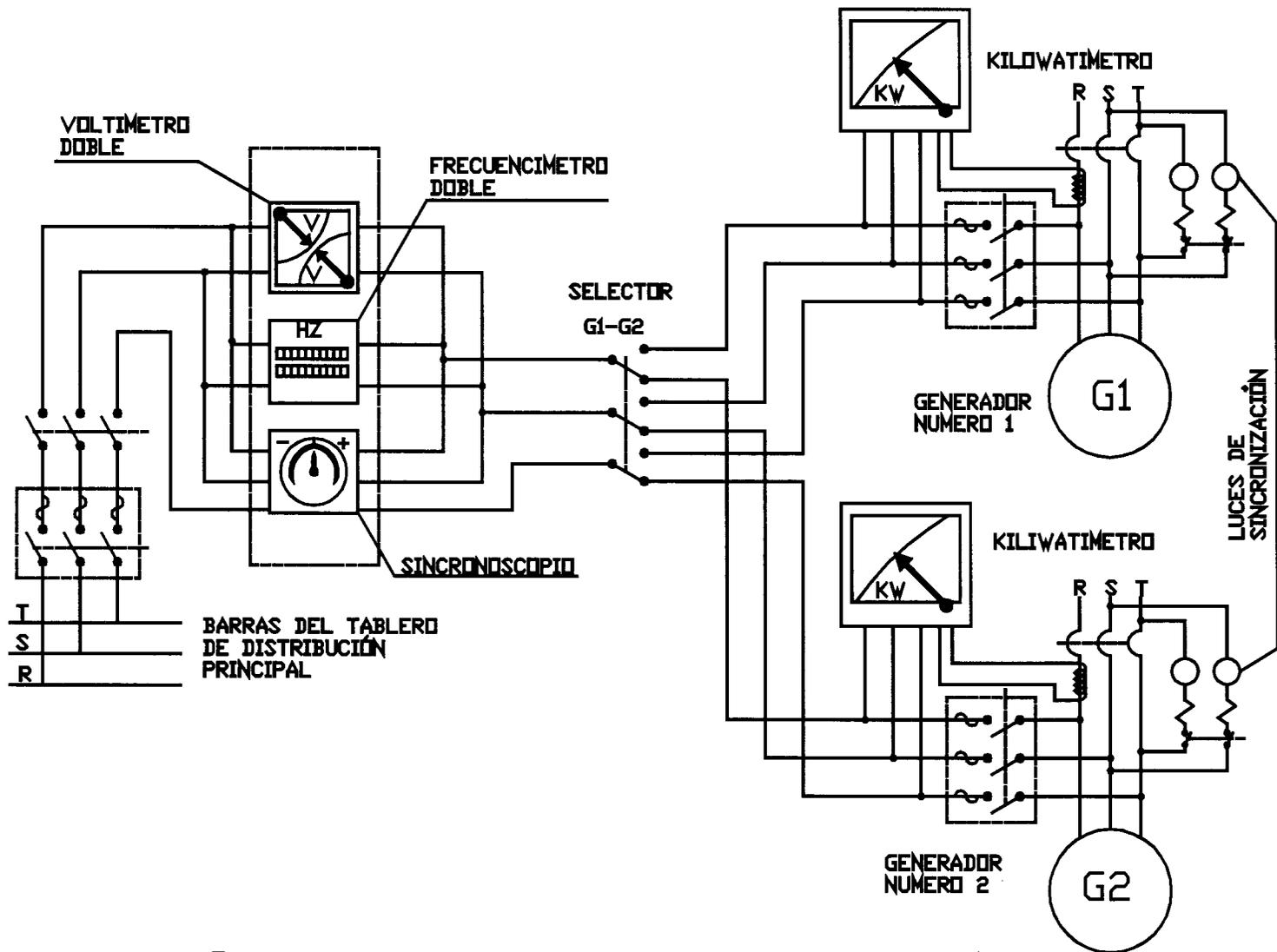


Figura 4.35 DISEÑO DE CONTROL DE SISTEMA DE SINCRONIZACIÓN

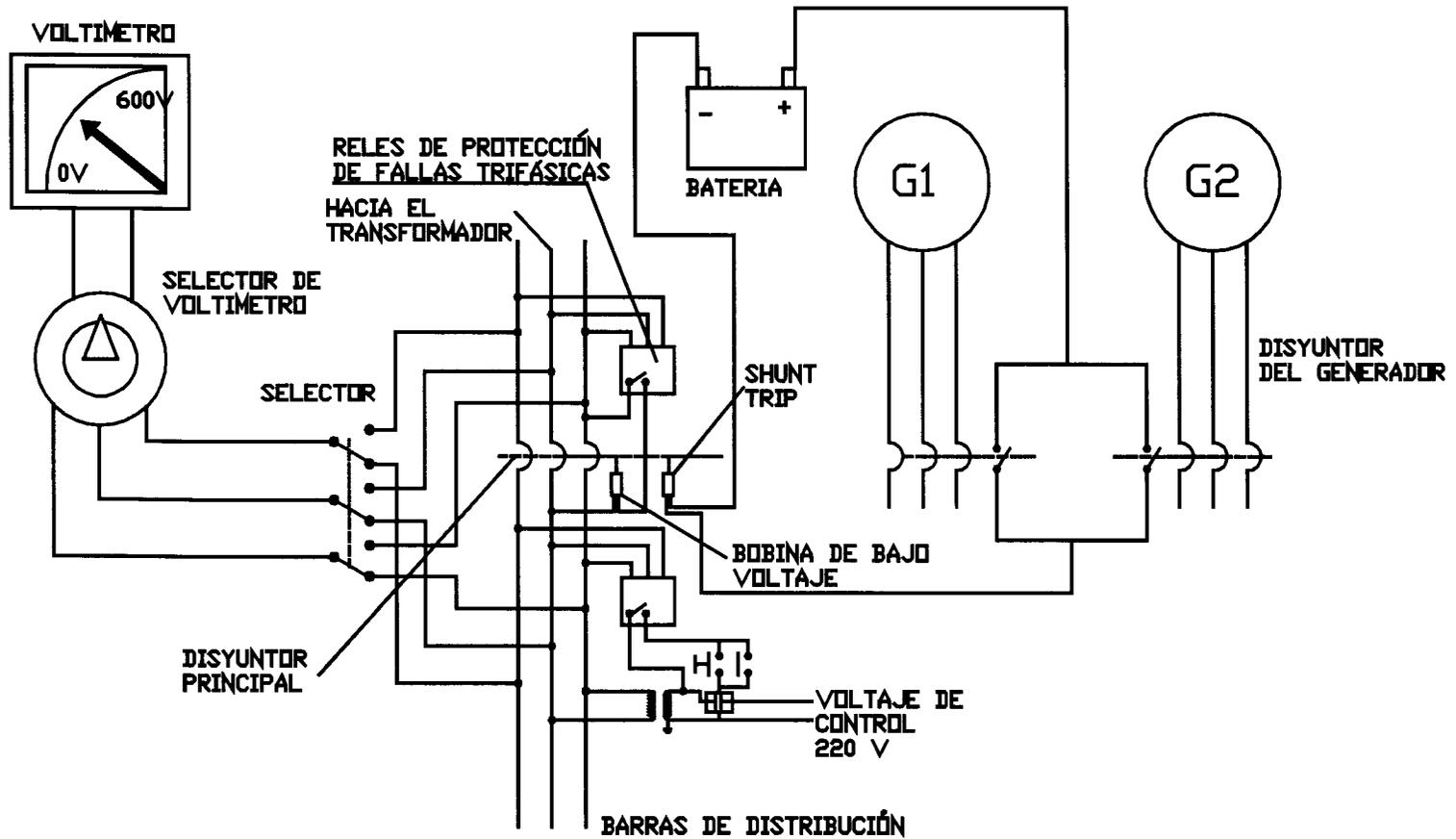


Figura 4.36 DISEÑO DE PROTECCIÓN CONTRA FALLAS TRIFÁSICAS

es más grande que el otro, preferible el mas grande, en ese momento debe medir uno de los indicadores del voltímetro doble y uno de los indicadores del frecuencímetro doble.

5.- Se comienza a meter carga al sistema poco a poco hasta que la capacidad del generador sea de un 70 a 80% de su carga nominal.

6.- En el panel de instrumentos se selecciona que generador se va a sincronizar, en ese momento deben medir los otros indicadores del voltímetro doble y del frecuencímetro doble, así también el sincronoscópio debe comenzar a dar vueltas ya sea hacia el lado positivo o hacia el lado negativo.

7.- El operador ubicado frente al tablero del generador que va a sincronizar debe tener visibilidad también al panel de instrumentos de sincronización y regulará los siguientes parámetros:

a.- Voltaje, hasta que los indicadores coincidan.

b.- Revoluciones, hasta que los indicadores de frecuencia coincidan.

8.- Una vez que los dos voltajes y frecuencias son iguales el operador observará el sincronoscópio, si la aguja del mismo gira hacia el lado negativo, es indicativo que el generador a sincronizar tiene pocas revoluciones, habrá que acelerarlo. Si la aguja gira de una manera muy rápida hacia el lado positivo, es porque tiene demasiadas revoluciones, habrá que bajarlas. El operador debe regular el acelerador del generador hasta que la aguja del sincronoscópio gire muy lentamente

hacia el lado positivo, no debe sincronizar con la aguja estática en el punto neutro porque el generador al entrar en sincronismo en vez de tomar carga se puede motorizar.

9.- Una vez regulado el paso anterior el operador corroborará al sincronoscópio con las luces de sincronización del generador y estas deben coincidir, en otras palabras cuando la aguja del sincronoscópio está en el punto neutro los focos deben estar apagados y cuando la aguja está del lado contrario, las luces deben estar encendidas. El momento de cerrar el disyuntor es cuando la aguja del sincronoscópio pasa por el punto neutro y las luces están apagadas.

10.- Una vez sincronizados se acelera un poco el generador que entró para que capte parte de la carga del que ya estaba funcionando.

De aquí en adelante a medida que va entrando mas carga al sistema el operador acelera y desacelera cada uno de los generadores de acuerdo a sus capacidades, cabe indicar que una repartición efectiva de carga se complementa con la utilización de los Kilowatímetros y regulando el voltaje y frecuencia se reparte la carga en partes proporcionales y lo mas importante es no dejar que circulen corrientes entre los generadores, por ejemplo, si el primer generador genera un total de 500 Amperios y el segundo también 500 Amperios y se mide en las barras principales del tablero un consumo de 900 Amperios, esto significa que existe 100 Amperios que están circulando entre los generadores que no

son utilizados por la carga, esto se resuelve regulando el voltaje de cada uno hasta lograr que esta diferencia sea mínima.

4.6 Diseño de Control de Cámara

La cámara fue diseñada para que funcione con tres evaporadores cuyas características son las indicadas en el capítulo 1 y su funcionamiento esta bajo los siguientes parámetros.

- 1.- Sistema de refrigeración por bombeo o recirculado.
- 2.- Descongelamiento por gas caliente.
- 3.- Cada evaporador debe tener un control de descongelamiento individual.
- 4.- Su condición de congelamiento debe permitir el ingreso de líquido y la salida de los gases de evaporación y prendido el ventilador.
- 5.- La condición de descongelamiento debe cerrar la entrada de líquido, cerrar el paso en la succión, permitir el ingreso de gas caliente y su salida, manteniendo apagado el ventilador.
- 6.- Cuando el evaporador está en el ciclo de congelamiento y pasa al ciclo de descongelamiento, debe realizar los siguientes pasos:
 - a.- Cerrar la entrada de líquido durante un determinado tiempo, mientras permanece abierta la salida de succión y prendido el ventilador, a este paso se lo denomina "vacío".
 - b.- Después del tiempo transcurrido debe cerrar la succión, apagar el ventilador, permitir el ingreso de gas caliente y permitir la salida del

mismo por otro ducto, a esto se lo denomina “ descongelamiento”. Este paso debe mantenerse el tiempo suficiente has que el evaporador quede completamente libre de hielo.

7.- Una vez que el evaporador está completamente limpio de hielo debe pasar al ciclo de congelamiento, pero antes debe realizar los siguientes pasos:

a.- Cierra el paso tanto de gas caliente como su retorno.

b.- Permite el paso de la presión interna del evaporador a la línea de succión, mediante un desfogue controlado. Esto se realiza para aliviar la gran presión (~ 170psi) que tiene el evaporador internamente antes de abrir el paso de la succión.

b.- Una vez aliviada la presión durante un tiempo estimado, permite el paso de liquido y abre la succión para que comience el proceso de enfriamiento, sin prender el ventilador porque si lo hace este enviará al ambiente aire caliente, perjudicial para la cámara.

8.- Cuando el líquido ha ingresado al evaporador, lo enfría y ya se puede prender el ventilador, en este momento se vuelve al ciclo de congelamiento.

9.- Otra de las condiciones es en el momento de prender la cámara a través de un solo interruptor, antes de entrar en el ciclo de congelamiento debe primero permitir aliviar la presión interna para luego comenzar su ciclo de congelamiento.

10.- Siempre que se inicia un ciclo de descongelamiento en cualquiera de los evaporadores debe permitir el accionamiento de una válvula principal de retorno denominada “bypass general”, durante un tiempo determinado TBG.

11.- La cámara debe estar provista de un sensor de temperatura ambiental, de tal manera que una vez que llegue a la temperatura de diseño, debe parar el ciclo de congelamiento en todos los evaporadores, manteniendo los ventiladores funcionando.

Con todos estos requerimientos se procede a elegir los elementos de control que permitirán cumplir con todos los pasos arriba indicados.

Los elementos electromecánicos fueron los siguientes:

Electroválvulas marca Danfoss del tipo EVRA cuyo funcionamiento se basa en un diafragma que se mantiene cerrado con la propia presión de entrada, este diafragma contiene un orificio central obstruido con un pistón, en el momento que se energiza una bobina, esta crea un campo magnético que eleva dicho pistón y permite el paso del líquido a través del orificio central liberando la presión sobre el diafragma, permitiendo que este se levante abriendo el paso del líquido. Cuando se desconecta la energía a la bobina, se anula el campo magnético y el pistón baja accionado por un resorte sellando el orificio central y por consiguiente baja el diafragma impidiendo el paso de líquido. Ver figura 4.37.

Servoválvula marca Danfoss del tipo PML cuyo funcionamiento es muy

parecido al anterior pero diseñada para diámetros de tuberías mayores. Esta válvula en vez de un diafragma tiene un pistón donde va acoplado el mecanismo de cierre y apertura cuyo funcionamiento depende de la presión que tiene en su parte superior. Esta válvula es una válvula normalmente cerrada para abrir la válvula se permite el paso de un gas o líquido a una presión mayor en por lo menos 14.2 psi de la presión de la tubería en la que está instalada la válvula, esto se realiza a través de una electroválvula más pequeña también normalmente cerrada, cuyo funcionamiento fue explicado anteriormente, esta presión empuja el pistón hacia abajo abriendo la válvula. Para cerrarla se interrumpe el paso del gas, la presión encerrada en la camisa del pistón es liberada, la disminución de la presión permite que un resorte regrese el pistón a su posición original y por consiguiente cierra la válvula, la liberación de la presión se lo realiza hacia el lado de baja presión, también este paso se lo ejecuta mediante otra electroválvula normalmente cerrada, lógicamente es preferible mantener energizada la bobina de ingreso de gas mientras queremos que la válvula esté abierta y mantener la bobina de liberación de la presión energizada mientras queremos que la válvula esté cerrada, ver figura 4.38. En muchos de los casos en que este tipo de válvulas son instaladas en sistemas de congelación que existe la posibilidad de que el equipo pase mucho tiempo apagado y por ende se requiere que sus válvulas permanezcan cerradas, se opta por instalar en

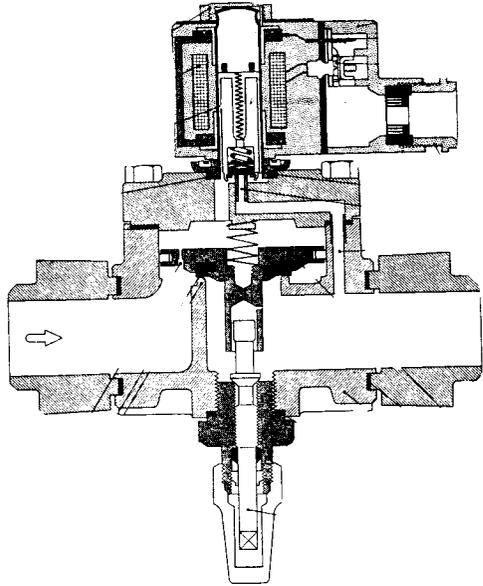


Figura 4.37 ELECTROVALVULA TIPO EVRA
(Danfoss)

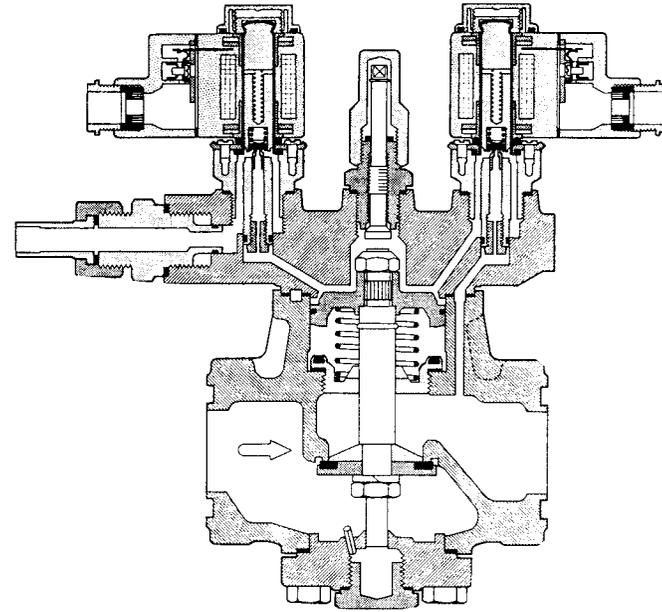


Figura 4.38 SERVOVALVULA TIPO PML
(Danfoss)

la sección de liberación de presión del pistón una electroválvula normalmente abierta, de esta, manera mientras el equipo no está en funcionamiento no existe ninguna bobina con energía.

En la figura 4.39 se indica como fueron instaladas las válvulas explicadas anteriormente en cada evaporador, se han omitido las válvulas manuales de servicio y demás elementos como válvulas estranguladoras o de expansión manual, filtros, etc. todos estos netamente mecánicos, para una mayor comprensión del sistema de control eléctrico.

Utilizando la nomenclatura de la figura 4.39 se expone en una tabla el funcionamiento de cada una de ellas de acuerdo a los distintos pasos de funcionamiento que se indicaron anteriormente, ver Tabla IX.

Para lograr estos requerimientos se utilizó un equipo electrónico que lo provee la firma Hansen Technologies, que si bien es cierto no cubre todos nuestros requerimientos si cumple con la mayoría de estos, el equipo se denomina “Defrost Controller” (controlador de descongelamiento) y consta de las siguientes características:

Contiene cinco relés y cada uno de ellos tiene un contacto abierto y uno cerrado con una conexión común entre ellos, cada uno de estos controla válvula de líquido, válvula de succión, válvula de gas caliente, válvula de alivio o baypass y ventilador respectivamente. Adicionalmente tiene un reloj horario de 24 horas con la opción de seleccionar a que hora se requiere que se inicie el proceso de descongelamiento y cuantos

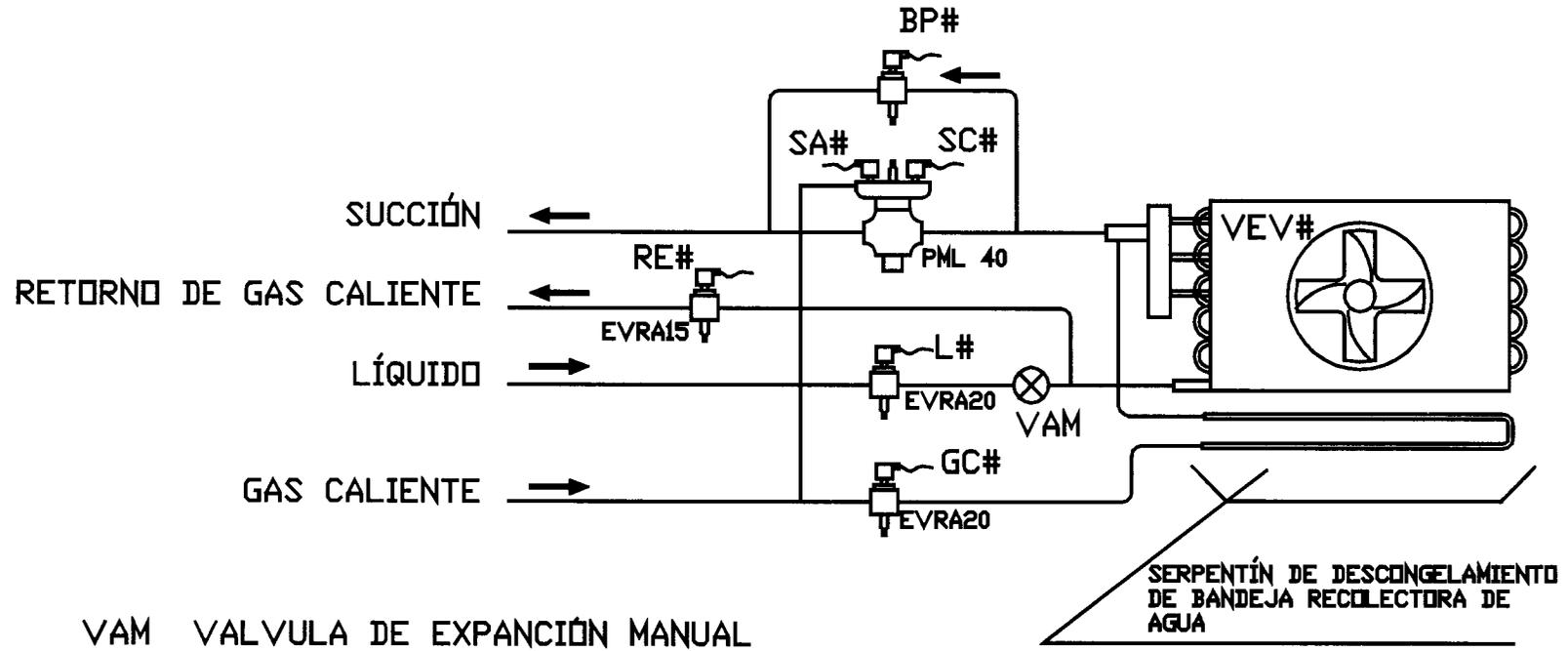


Figura 4.39 DISEÑO DE UBICACIÓN DE VÁLVULAS EN EVAPORADORES DE CÁMARA

TABLA IX

SECUENCIAS DE PASOS PARA FUNCIONAMIENTO DE EVAPORADORES DE CAMARA

NOMENCLATURA	DESCRIPCION	PASO 1 ARR INICIAL	PASO 2 CONGELA	PASO 3 VACIO	PASO 4 DESCONG.	PASO 5 DESFOGUE	PASO 6 PRE-CONG.	
BP	BAYPASS							
SC	SUCCION CIERRE							
SA	SUCCION ABRE							
RE	RETORNO							
L	LIQUIDO							
GC	GAS CALIENTE							
VEV	VENTILADOR							
BPG	BAYPASS GENERAL				TBG 2min			
TEMPORIZADORES		T1	HORARIO	T1	T2	T3	T4	
TIEMPOS		0-5min	24horas	0-45min	0-45min	0-10min	0-5min	
SIMBOLOGIA	ENERGIZADO		↑					
	DEENERGIZADO							

se requieren al día. Para el control de los distintos pasos del descongelamiento tiene cuatro temporizadores para seleccionar los distintos tiempos para los distintos pasos, esto es, tiempo de vacío T1, tiempo de descongelamiento T2, tiempo de liberación de presión T3 y tiempo en estado de congelamiento sin ventilador T4. Para evitar que el evaporador siga en el paso de descongelamiento aunque este evaporador ya está descongelado, existe la opción de instalar un sensor de temperatura en los tubos del evaporador y cortar este paso si la temperatura elegida llegó a su nivel, pasando inmediatamente al siguiente paso, para terminar, este equipo tiene también la opción de accionar el descongelamiento en forma manual aunque el reloj horario no aya dado inicio al mismo.

El diagrama de control eléctrico que cumple con todos los requerimientos se lo puede ver en las figuras 4.40, 4.41, 4.42, y la nomenclatura en la figura 4.43.

Cabe indicar que el túnel de secado, sus dos evaporadores tienen exactamente el mismo funcionamiento que los evaporadores de la cámara, por ende su sistema de control es el mismo para cada uno de ellos.

4.7 Diseño de Control de Sistema de Sal Muera

Para el proceso de congelación por sal muera se ha elegido el método de refrigeración por inundación, como se lo ha analizado, el sistema

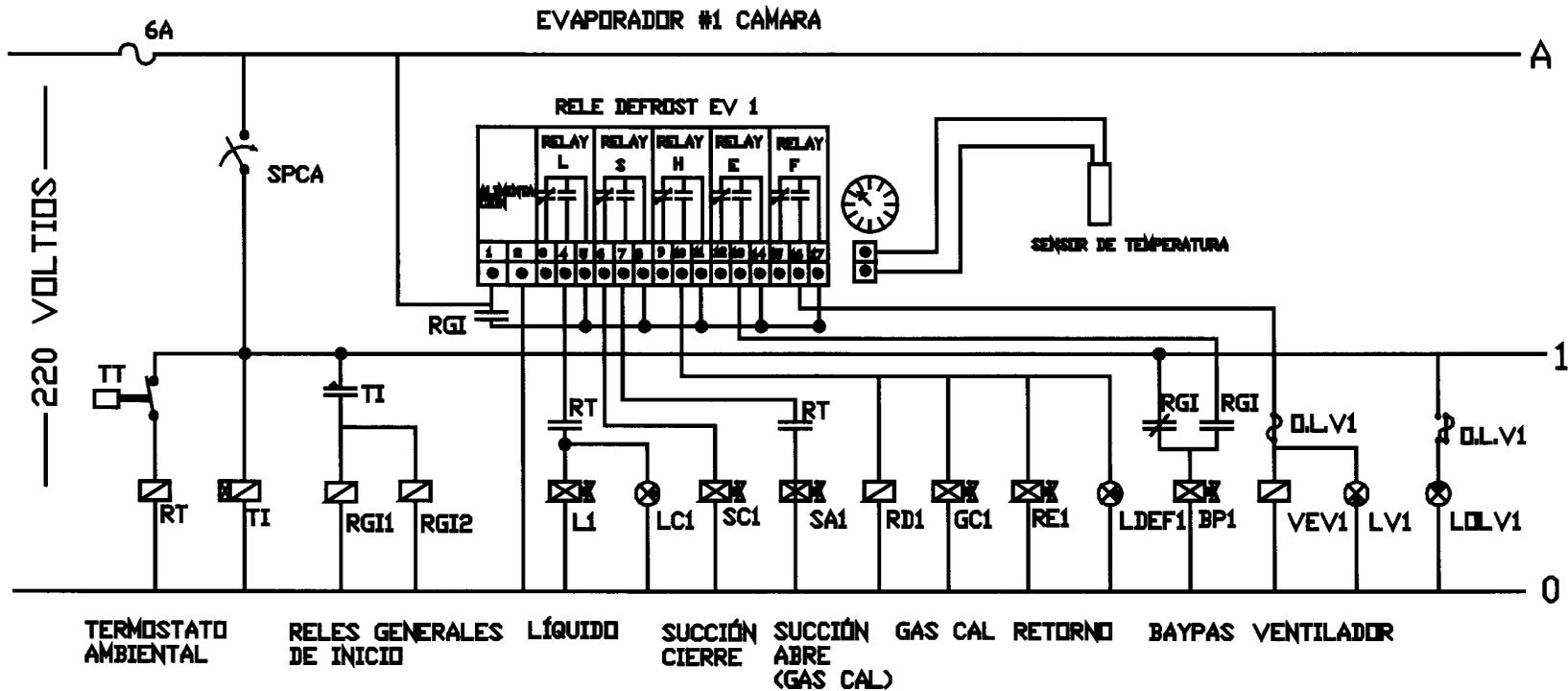


Figura 4.40 DISEÑO DE CONTROL DE EVAPORADOR #1 DE CÁMARA

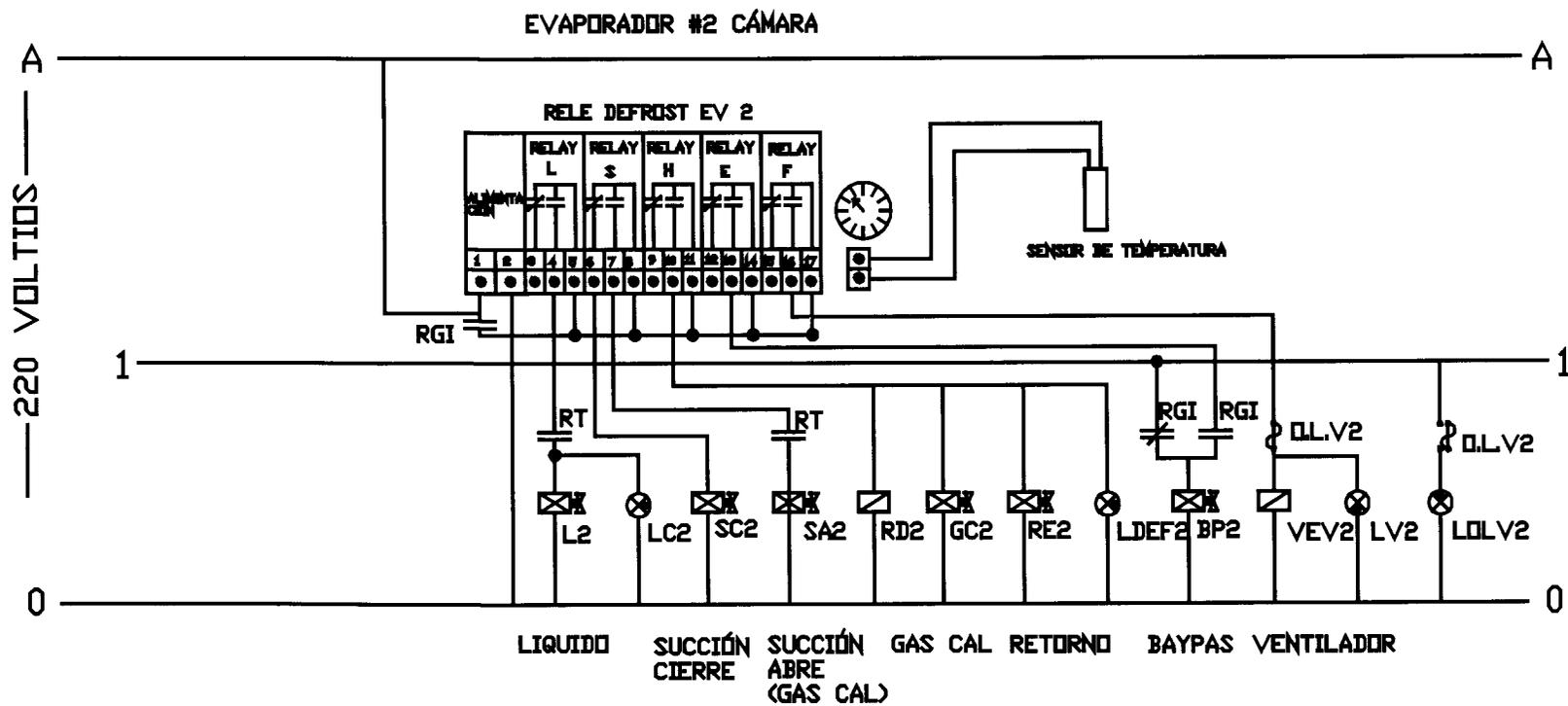


Figura 4.41 DISEÑO DE CONTROL DE EVAPORADOR #2 DE CÁMARA

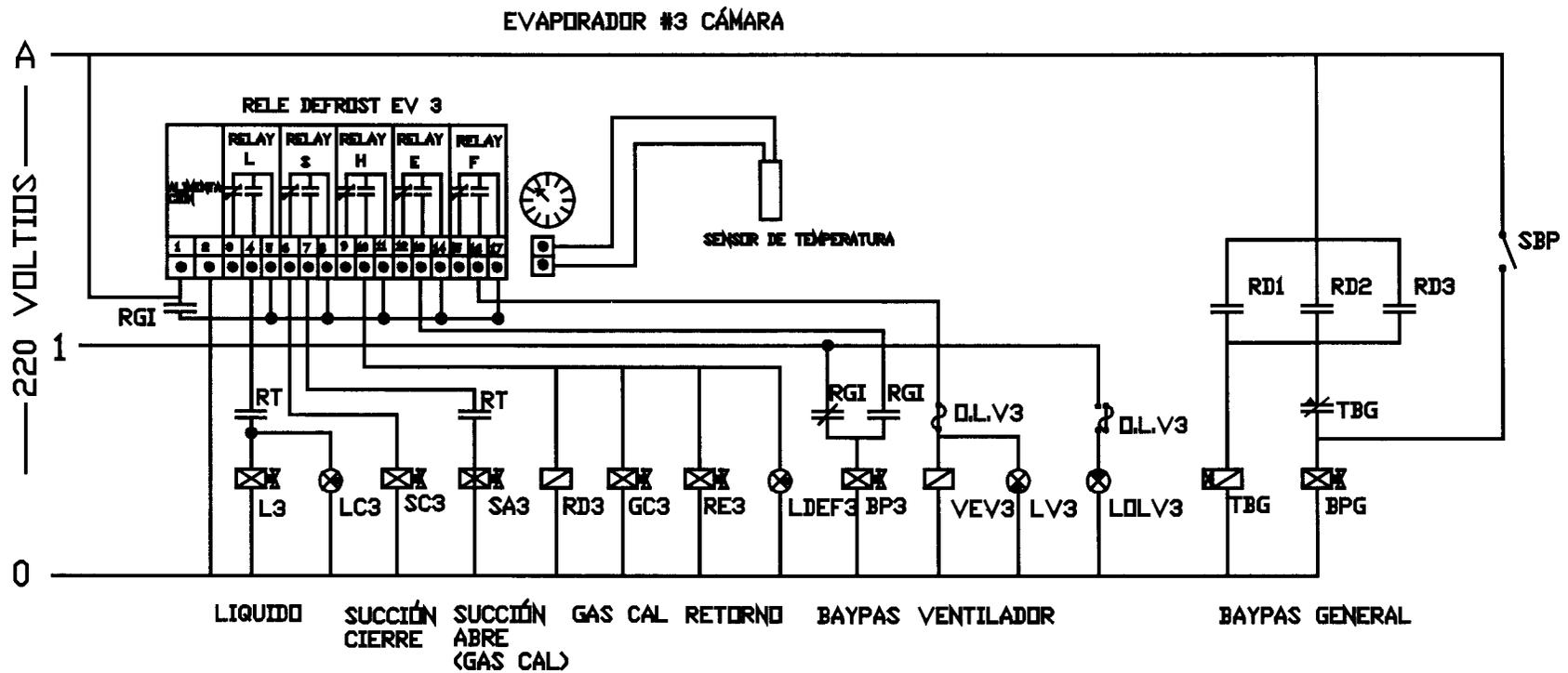


Figura 4.42 DISEÑO DE CONTROL DE EVAPORADOR #3 DE CÁMARA

SPCA SELECTOR PRINCIPAL DE CÁMARA,
 SBP SELECTOR DE BY-PASS
 RT RELE DEL TERMOSTATO,
 TI TEMPORIZADOR DE INICIO,
 RGI# RELE GENERAL DE INICIO
 L# ELECTROVALVULA DE LIQUIDO EVAPORADOR #
 LC# LUZ PILOTO CONGELACION DE EVAPORADOR #
 SC# ELECTROVALVULA DE CIERRE DE SUCCIÓN, EVAPORADOR #
 SA# ELECTROVALVULA DE ABERTURA DE SUCCIÓN, EVAPORADOR #
 RD# RELE DE DESCONGELAMIENTO, EVAPORADOR #
 GC# ELECTROVALVULA DE ENTRADA DE GAS CALIENTE, EVAPORADOR #
 RE# ELECTROVALVULA DE RETORNO DE GAS CALIENTE, EVAPORADOR #
 LDEF# LUZ PILOTO DE DESCONGELAMIENTO, EVAPORADOR #
 BP# ELECTROVALVULA DE BAYPASS, EVAPORADOR #
 VEV# CONTACTOR DE ARRANQUE VENTILADOR, EVAPORADOR #
 LV# LUZ PILOTO DE VENTILADOR, EVAPORADOR #
 LLV# CONTACTO DEL RELE DE SOBRECARGA DE VENTILADOR #
 LOLV# LUZ PILOTO DE FALLA DE VENTILADOR#

Figura 4.43 NOMENCLATURA SISTEMA DE CONTROL CÁMARA

inundado siempre va asociado por un control de nivel del líquido refrigerante, como se lo ha visto en el capítulo 1, en este caso se eligió controlar el nivel de líquido en los tanques en forma electromecánica, en otras palabras utilizando un interruptor accionado por una boya de nivel y una electroválvula, pero con esto no termina todo el control de funcionamiento de estos equipos, se debe recordar que un sistema de sal muera no puede bajar la temperatura del medio a cualquier nivel ya que dependiendo de la concentración o porcentaje de cloruro de sodio en el agua esta se congela a distintas temperaturas y sería perjudicial que se solidifique en media producción causando una paralización de la misma. Por este motivo se decidió controlar la temperatura de la sal muera mediante el estrangulamiento de la línea de succión de cada uno de los tanques acumuladores, de esta manera aunque el compresor baje la presión de succión a niveles inferiores a lo requerido, una válvula especialmente diseñada censará la temperatura de la sal muera y si está por debajo del rango regulado cerrará el paso de amoníaco al compresor produciendo un aumento de presión dentro del serpentín aumentando por consiguiente la temperatura del amoníaco y lógicamente la de la sal muera. Lo interesante de esta válvula, que en este caso se utilizó el modelo HA4A de la marca Hansen Technologies, no es una válvula de cierre y apertura común como la que utilizamos en el diseño de la cámara, sino que es una reguladora de presión.

La válvula HA4A para esta aplicación va acompañada de dos elementos, el uno denominado EKS61 fabricado por la firma Danfoss y una bobina CVQ de la misma firma, el funcionamiento de este conjunto es como a continuación se describe:

El elemento EKS61 es un transductor electrónico que contiene un sensor de temperatura tipo pt de 1000Ω el cual envía una señal que es comparada con el valor regulado y el resultado se traduce en voltaje, el que alimenta a la bobina CVQ accionando el pistón de cierre y o apertura de la válvula HA4A, de esta manera, si la temperatura está muy baja la bobina CVQ crea un campo magnético proporcional a la diferencia de temperatura, censada y regulada, bajando el pistón de cierre, produciendo una regulación de presión en el lado del serpentín.

Otro tipo de control que debemos tomar en cuenta no tanto por el funcionamiento del serpentín sino por seguridad, es considerar que los equipos mecánicos o electromecánicos son susceptibles a daños y lo mas importante en este sistema es proteger a los compresores de inundaciones de líquido, por ello se debe considerar un segundo sensor de nivel ubicado mas arriba en el tanque acumulador el que debe desconectar el compresor en caso que el líquido llegue a ese nivel critico. Por último tomando en consideración que el peligro de congelamiento de la sal muera persiste, se considera la instalación de un sistema de descongelamiento por gas caliente, que lo único que hace es presurizar a

presiones elevadas (≈ 170 psi) el serpentín para que la temperatura del amoníaco se eleve y ayude a descongelar el hielo formado a su alrededor. Como esto no sucede muy a menudo no se juzga necesario hacerlo automático como en el caso de la cámara que el descongelamiento ocurre hasta dos veces al día, de tal manera que este descongelamiento se lo realiza manualmente y la única condición para su aplicación es que nunca pueden estar energizadas las electroválvulas de líquido y gas caliente al mismo tiempo.

En la figura 4.44 se puede observar las instalaciones mecánicas de los elementos de control para cada uno de los serpentines y en las figuras 4.45, 4.46 y 4.47, los diagramas de control para el Pre-frio 1, Pre-frio 2 y Congelación respectivamente, donde se toman todas las consideraciones explicadas anteriormente. Se puede encontrar también en la figura 4.48, la nomenclatura utilizada.

4.8 Diseño de Control de Máquinas de Hielo

El funcionamiento de una máquina de hielo del tipo tambor raspador es muy sencillo en su principio, se trata de dos cilindros metálicos, uno exterior y uno interior, formando lo que comúnmente se denomina “chaqueta”, el amoníaco o líquido refrigerante ingresa en esta chaqueta, por otro lado se realiza un baño de agua en el cilindro interior, provocando la evaporación del amoníaco produciendo el congelamiento del agua, para desprender el hielo del tambor, se utiliza un raspador

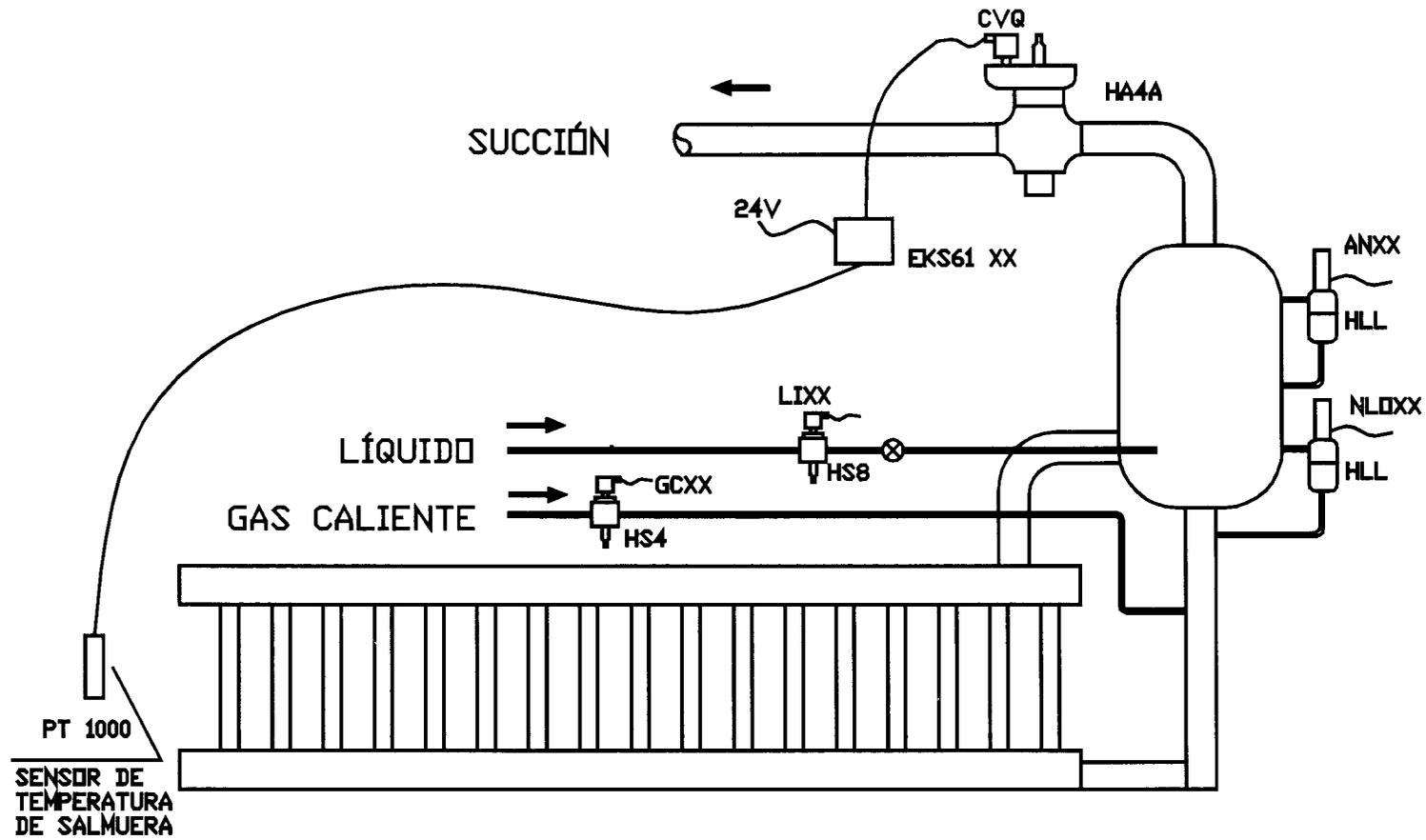


Figura 4.44 DIAGRAMA DE CONEXIONES MECÁNICAS DE SISTEMA DE SAL MUERA

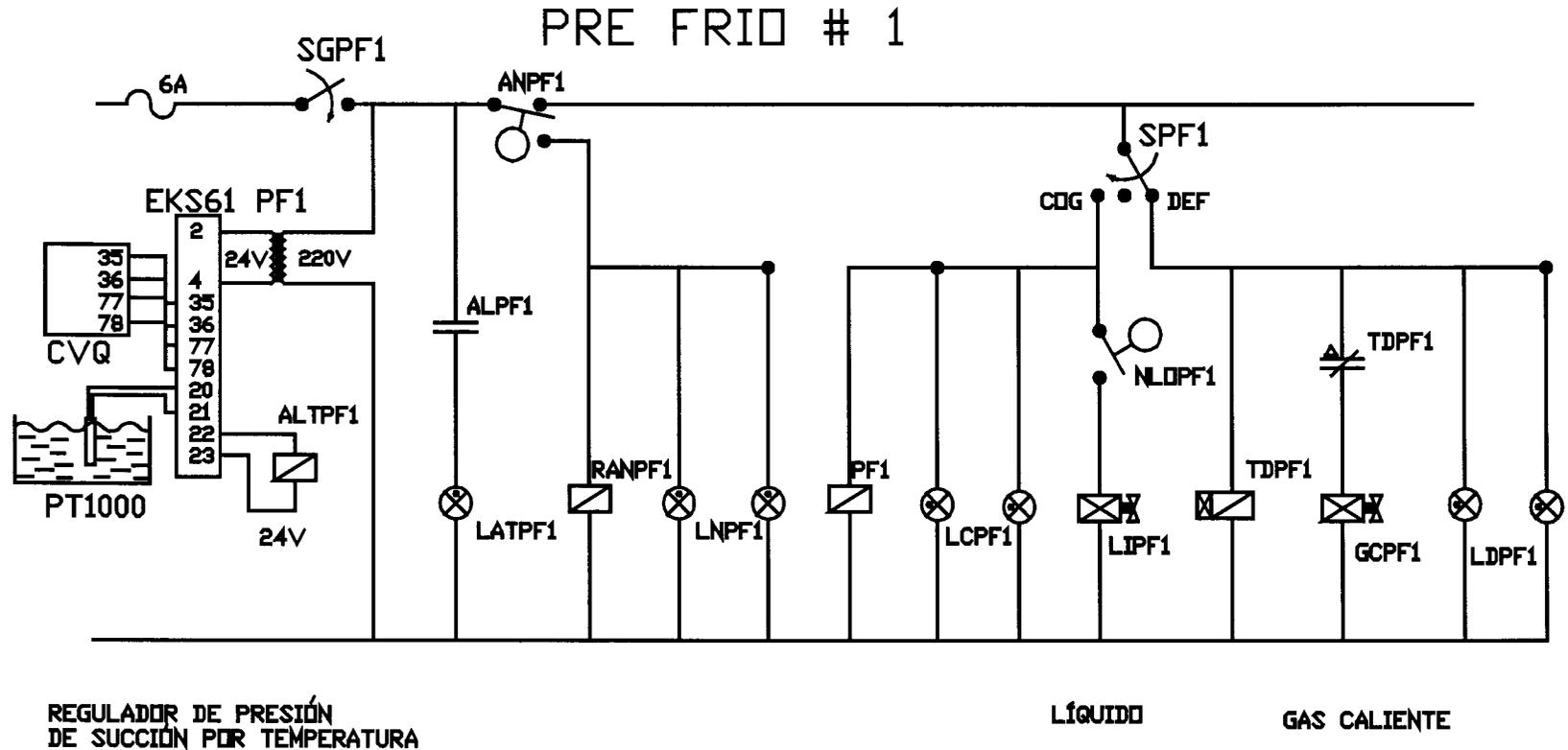


Figura 4.45 SISTEMA DE CONTROL DE PRE FRIO # 1

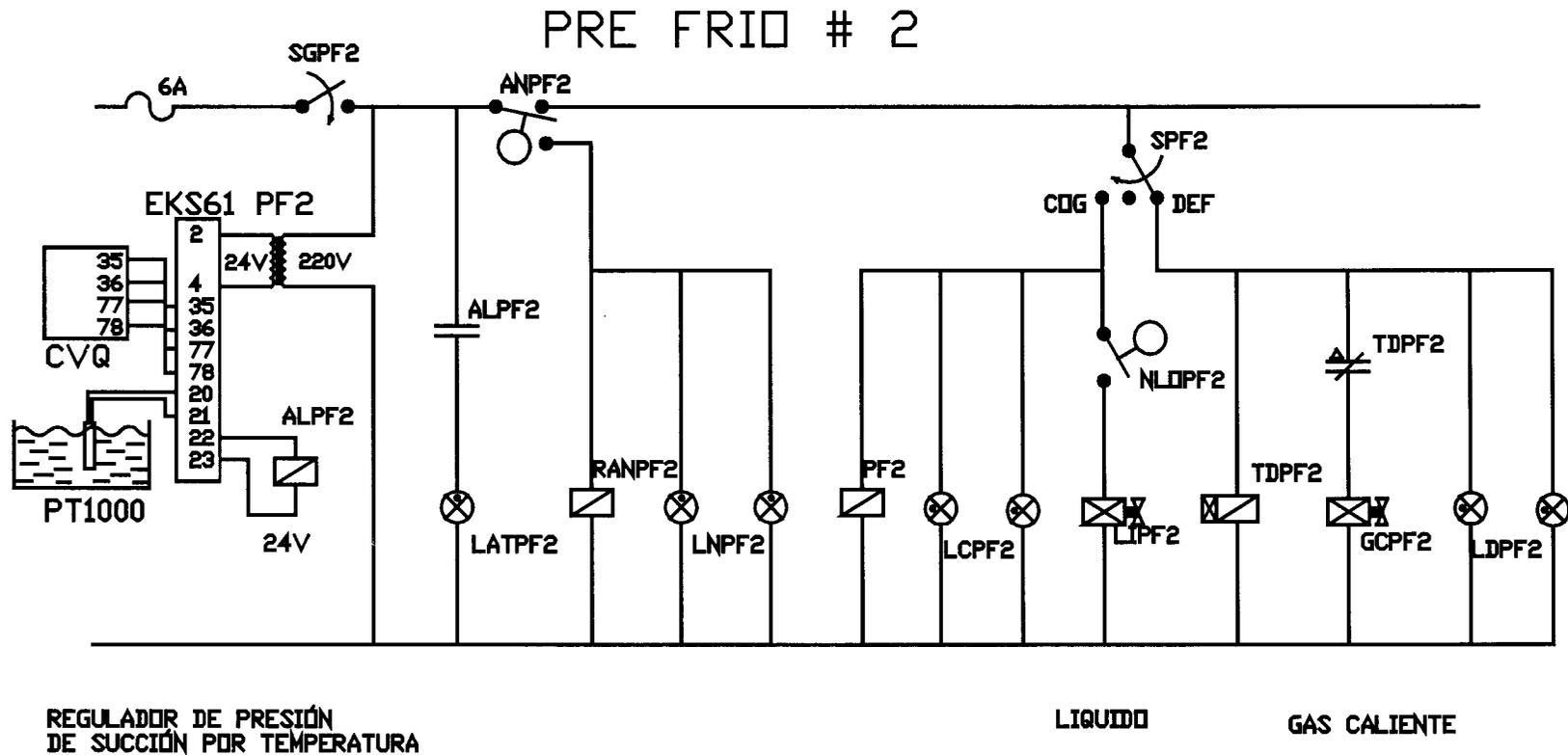


Figura 4.46 SISTEMA DE CONTROL DE PRE FRIO # 2

CONGELACIÓN

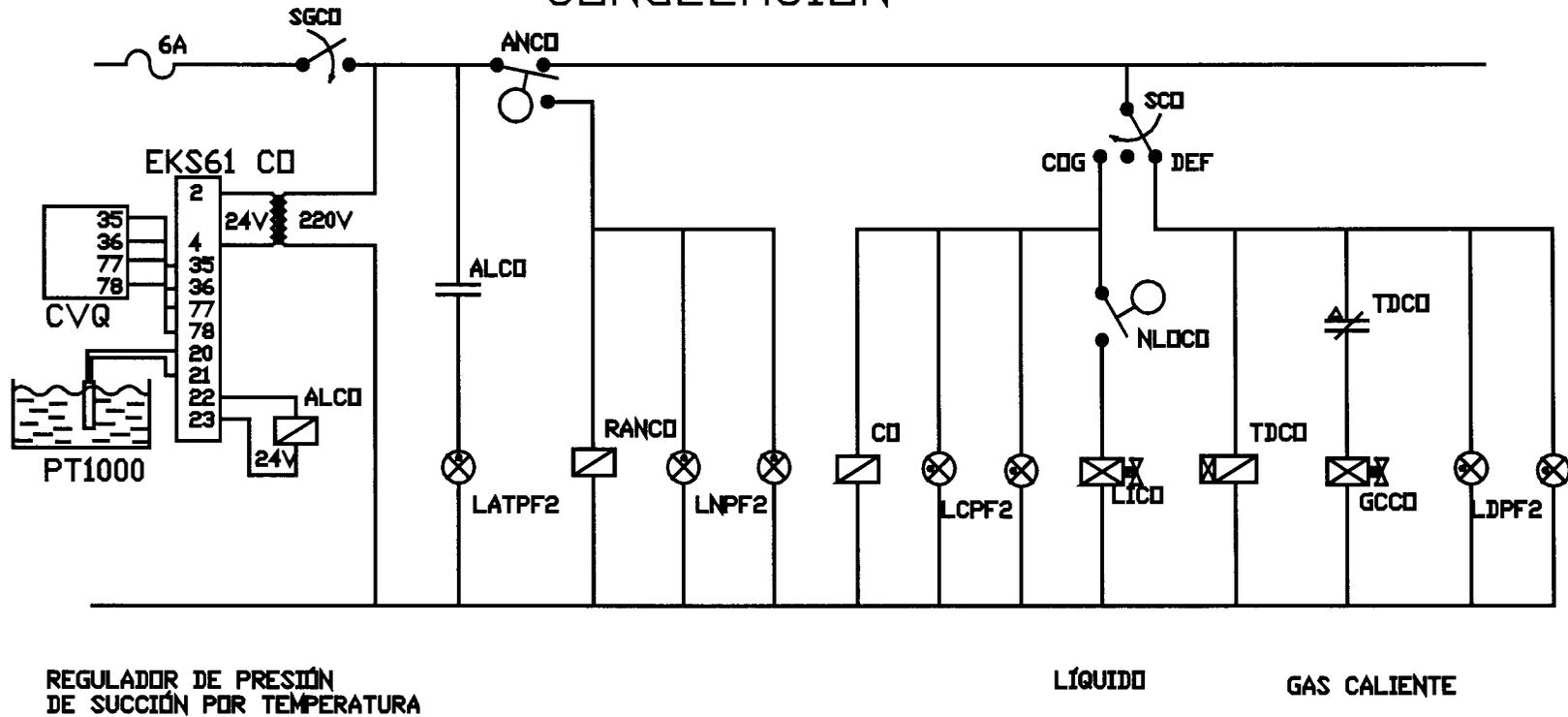


Figura 4.47 SISTEMA DE CONTROL DE CONGELACIÓN EN SALMUERA

SG##	SELECTOR GENERAL DE EQUIPO ##
S##	SELECTOR DE CONGELAMIENTO, DESCONGELAMIENTO
EKS61 ##	SISTEMA DE REGULACION DE PRESION DE SUCCION
CVQ	BOBINA REGULADORA
ALT##	ALARMA DE FUERA DE RANGO DE TEMPERATURA
AN##	ALARMA DE NIVEL CRITICO
RAN##	RELE DE ALARMA DE NIVEL CRITICO
NLO##	NIVEL DE OPERACION
LI##	ELECTROVALVULA DE LIQUIDO
TD##	TEMPORIZADOR DE FINAL DE DESCONGELAMIENTO
GC##	ELECTROVALVULA DE GAS CALIENTE
LD##	LUZ PILOTO DE DESCONGELAMIENTO
LC##	LUZ PILOTO DE CONGELAMIENTO
LN##	LUZ PILOTO DE NIVEL CRITICO
LAT##	LUZ PILOTO TEMPERATURA FUERA DE RANGO
PF1	SISTEMA DE PRE FRIO # 1
PF2	SISTEMA DE PRE FRIO # 2
CO	SISTEMA DE CONGELACION



Figura 4.48 NOMENCLATURA SISTEMA DE CONTROL CONGELACION POR SAL MUERA

provistos de cuchillas y de esta manera el hielo cae por gravedad a la parte inferior, directamente al silo de almacenamiento.

Como se puede notar estas maquinas de hielo funcionan en forma inundada y lógicamente están provistas de un tanque acumulador y su control es básicamente el control de nivel de amoniaco dentro de la máquina ya que la regulación de presión dentro de la chaqueta no es requerida, aún mas si tenemos compresor con capacidad suficiente y logramos bajar más la presión de succión y se obtendrá una capa de hielo mas gruesa, por ende más producción, sin embargo se consulta con el fabricante para saber cual es la mínima presión permitida y regular el compresor para que se apague a dicha presión y así evitar problemas en el sistema.

En este caso muy particular, el proveedor de las máquinas de hielo provee a elección del cliente dos tipos de control de nivel, el primero se denomina “ Level Master Control “ (LMC) y el otro denominado “Thermal Differential Sensor “ (TDS).

El “Level Master Control” no es más que una válvula de expansión termostática pero con la particularidad que en el bulbo que censa la temperatura se ha acoplado una resistencia eléctrica. El funcionamiento se basa en que si el bulbo no está sumergido en líquido el calor de la resistencia hace que la válvula de expansión se abra y permite el paso del refrigerante, pero una vez que el líquido refrigerante cubre el bulbo

hasta el punto que ni el calor de la resistencia vence la baja temperatura censada la válvula de expansión se cierra cortando el flujo del refrigerante, con esto se logra controlar el nivel dentro de la máquina de hielo, lógicamente el bulbo va colocado en un sitio estratégico de la máquina. Este sistema fue el elegido en la primera máquina adquirida.

El sistema denominado TDS en cambio es un interruptor con un contacto abierto y otro cerrado que es accionado por un sensor de temperatura bimetalico, este sensor al detectar una temperatura baja gira en sentido horario cambiando de posición los contactos e indicando que el nivel es el requerido, este sensor de temperatura va acompañado también de una resistencia eléctrica de 60 watios que produce calor, calor que debe ser vencido por la temperatura del liquido refrigerante. Los contactos del TDS son utilizados para accionar la electroválvula de entrada de líquido y la resistencia eléctrica. Este sistema se lo utilizó en el control de las dos máquinas adquiridas en el proyecto III. Las conexiones mecánicas se muestra en la figura 4.49.

Una vez analizadas las posibilidades de controlar el nivel del refrigerante dentro de las máquinas de hielo pasemos a indicar las demás condiciones que debe tener el diagrama de control eléctrico para en buen funcionamiento del equipo, siendo estas las siguientes:

- 1.- Se debe contemplar un segundo control de nivel ubicado en la altura critica que cortará la energía de la electroválvula de suministro de

líquido.

2.- El arranque y parada de cada máquina deber ser realizado con pulsadores que retornan a su posición original, de esta manera se evita que en un cambio o corte de energía la máquina arranque sin la presencia de un operador ya que existe el peligro que al pararla con un corte de energía las cuchillas se traban en el hielo producido.

3.- Por el mismo motivo anterior el control de arranque del raspador debe estar provisto de dos elementos:

a.- Una botonera con retorno denominada JOG, que permite que el operador antes de prender la máquina compruebe con pulsaciones pequeñas si el raspador está atorado.

b.- Cuando se apaga la máquina con la botonera de parada, esta debe apagar la bomba de agua, válvula de líquido y control de nivel instantáneamente, pero no así el raspador que debe seguir girando un tiempo prudencial (2min) hasta que el tambor quede libre de hielo.

4.- La bomba de agua debe tener opción de apagarla mientras la máquina está en funcionamiento.

5.- Si se para el raspador por sobrecarga, debe apagar todo el sistema.

6.- El equipo contempla un sistema de detección de atoramiento de las cuchillas mediante un interruptor fin de carrera y este debe parar el equipo.

7.- Como protección de personal debe existir una parada de emergencia

con retención y un interruptor accionado por la apertura de la ventana de ingreso a la máquina para mantenimiento, este interruptor debe parar principalmente el raspador para proteger al operario en un mantenimiento.

Con todos estos requerimientos se realiza el diseño de control eléctrico para cada máquina, diseños que están representados en las figuras 4.50, 4.51 y 4.52.

Hemos analizado en los sistemas inundados la preocupación del diseñador de proteger a toda costa a los compresores de la posibilidad de arrastrar líquido a su sistema de aspiración compresión y en este caso al tener tres máquinas de hielo trabajando a la misma presión de evaporación con tres compresores de tornillo el peligro se vuelve mayor, aunque cada máquina tiene su control de nivel de operación y un control de nivel crítico. En este caso se toma la resolución de instalar en la tubería común de succión una trampa de líquido, para que de esta manera tener una instalación mas segura y confiable.

La finalidad de la trampa es separar el gas y líquido que es arrastrado en la succión de cada máquina y dejar pasar solo el gas saturado a los compresores y el líquido, en este caso particular, devolverlo a las máquinas de hielo.

Consta de dos tanques instalados uno encima del otro, el superior hace la función de separador y el inferior de transferencia, ver figura 4.53. El

MÁQUINA DE HIELO

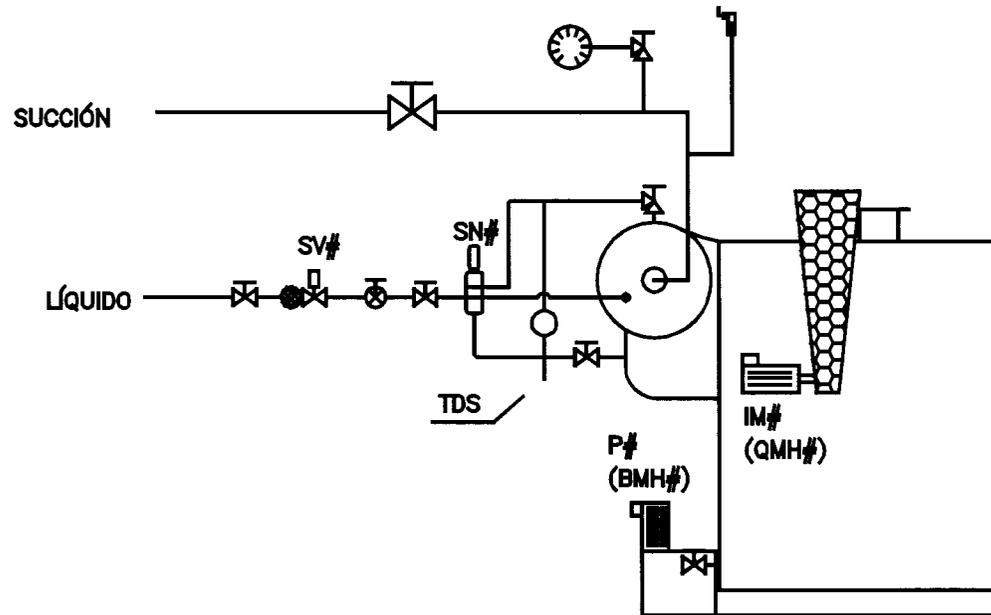


Figura 4.49 UBICACIÓN DE ELEMENTOS EN MÁQUINA DE HIELO NORT-STAR

MÁQUINA DE HIELO # 1

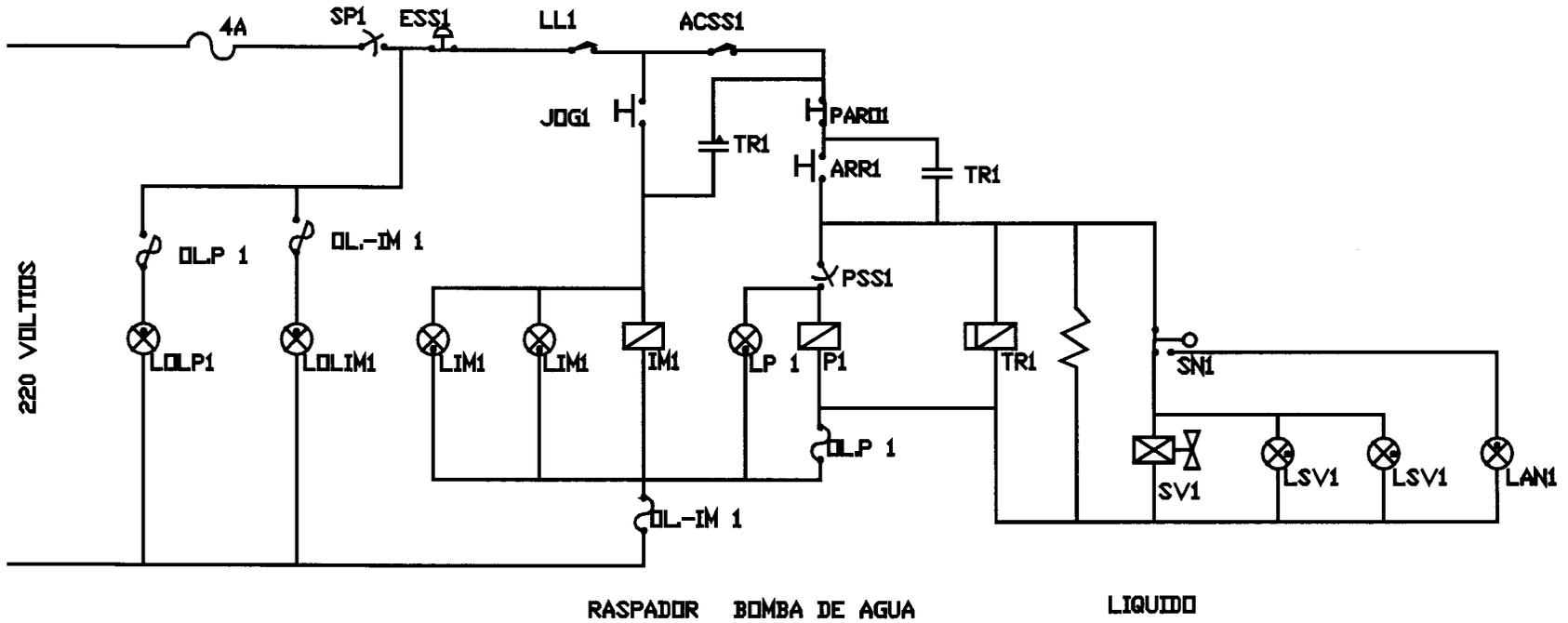


Figura 4.50 DISEÑO DE CONTROL DE MÁQUINA DE HIELO # 1

MÁQUINA DE HIELO # 2

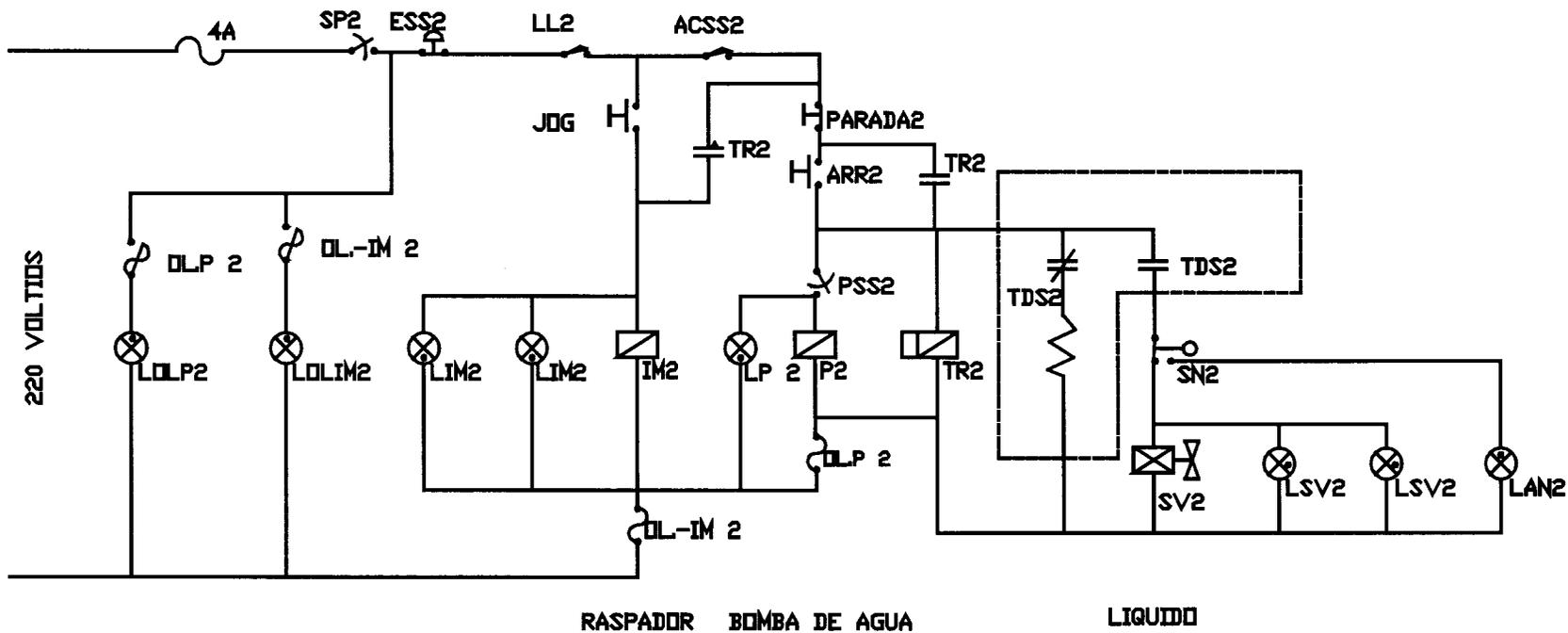


Figura 4.51 DISEÑO DE CONTROL DE MÁQUINA DE HIELO # 2

MÁQUINA DE HIELO # 3

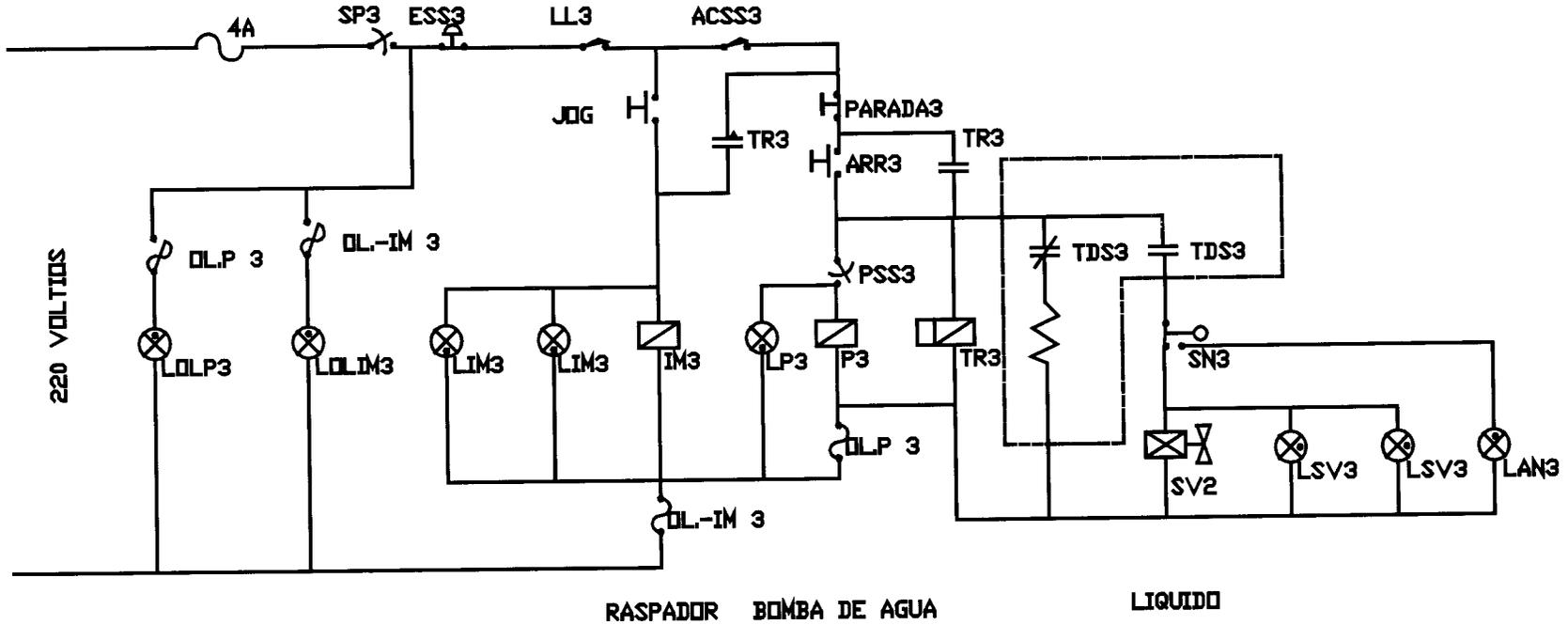


Figura 4.52 DISEÑO DE CONTROL DE MÁQUINA DE HIELO # 3

funcionamiento automático es de la siguiente manera:

Paso 1.- El líquido que es separado en el tanque superior baja por gravedad hacia el tanque de transferencia hasta llegar al nivel SNA, mientras esto sucede la electroválvula de gas caliente SGC debe estar cerrada y la de "bay pass", SBP debe estar abierta para permitir que el líquido baje y la electroválvula principal de líquido SL está abierta ya que es el líquido que está alimentando a las máquinas de hielo.

Paso 2.- El flotador SNA acciona el interruptor indicando que el tanque de transferencia está lleno y debe cerrar SBP y SL, al mismo tiempo abre la electroválvula SGC permitiendo el paso de gas caliente al tanque de transferencia, este proceso aumenta la presión en el interior del tanque, presión regulada por la válvula SGC, esto hace que el líquido sea expulsado hacia las máquinas de hielo. Este proceso continúa hasta que el líquido baja al nivel del sensor de nivel SNB.

Paso 3.- Una vez que el líquido bajó al nivel SNB debe cerrar la electroválvula de gas caliente y abrir la de líquido y después de un tiempo prudencial (2min) abrir la de bypass.

Paso 4.- Este paso realmente es de seguridad, consiste en que si el sistema de transferencia no actuó correctamente es posible que el líquido siga subiendo y comience a llenar el tanque de separación, se ha instalado en ese tanque dos sensores, uno de alarma del tipo electrónico y otro mas arriba de nivel critico, el primero además de dar un indicativo

de alarma se asegura que la línea de líquido principal está desconectada y el segundo control debe desconectar los motores eléctricos de los compresores parándolos inmediatamente y no permitir su arranque hasta que el nivel de líquido en la trampa no haya sido corregido. En la figura 4.54 se puede observar el diagrama de control eléctrico que cumple con todos estos requisitos y en la figura 4.55 la nomenclatura utilizada no solo en la trampa de líquido sino también en las máquinas de hielo.

En la figura 4.56 se encuentra la simbología utilizada en todos los diagramas de control vistos en este capítulo.

4.9 Diseño de Sistema de Monitoreo de Temperatura.

Todos los sistemas de congelación y preservación en una Industria de productos alimenticios deben ser constantemente monitoreados y controlados para preservar la calidad de los mismos, se sabe que constantes variaciones de temperatura acarrear problemas que van desde la degradación de la calidad hasta la contaminación del alimento, un producto mal congelado, mal preservado, se descongeló y se lo volvió a congelar no está permitido dentro de las normas establecidas por Organismos Internacionales. Por este motivo se vio la necesidad de instalar un sistema de monitoreo constante de las temperaturas del proceso.

El equipo elegido fue un sistema de alta velocidad de señales de temperatura o cualquier otra señal dentro de parámetros establecidos, de

TRAMPA DE LÍQUIDO

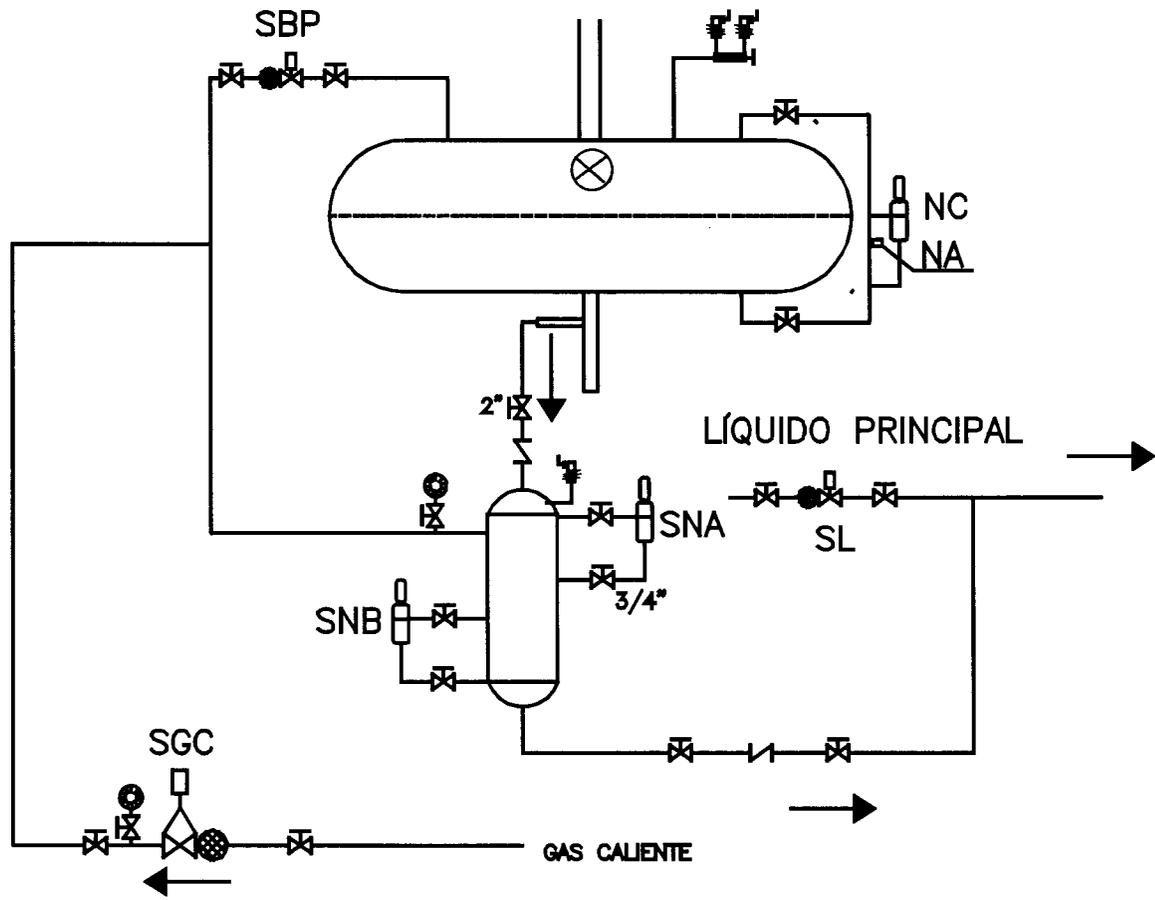


Figura 4.53 UBICACIÓN DE ELEMENTOS EN LA TRAMPA DE LÍQUIDO DE LAS MÁQUINAS DE HIELO

TRAMPA DE LÍQUIDO

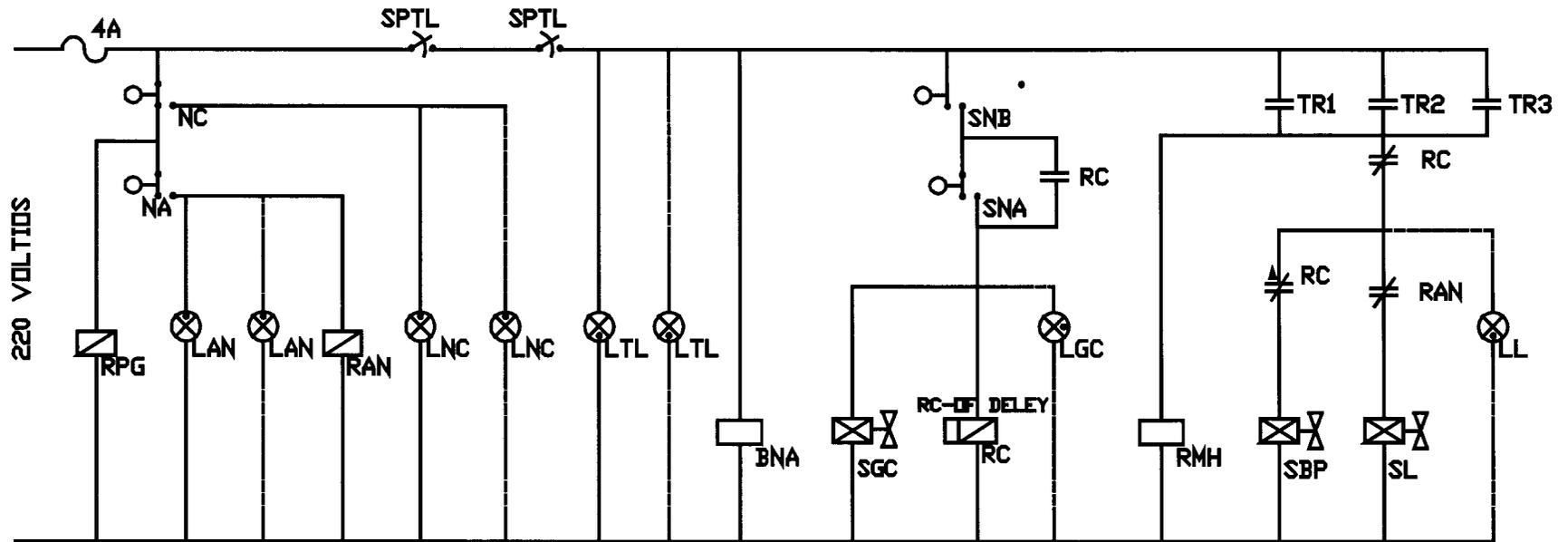


Figura 4.54 DISEÑO DE CONTROL DE TRAMPA DE LÍQUIDO DE MÁQUINAS DE HIELO

SP#	SELECTOR PRINCIPAL DE MAQUINA DE HIELO #
ESS#	PARADA DE EMERGENCIA MAQUINA DE HIELO #
LL#	INTERRUPTOR DE TRAVAMIENTOS MECANICOS
ACSS#	INTERRUPTOR DE PUERTA DE ACSES0
IM#	ARRANQUE MOTOR DE RASPADOR
P#	ARRANQUE DE MOTOR DE BOMBA DE AGUA
TR#	TEMPORIZADOR DE PARADA
PSS#	SELECTOR PARADA DE BOMBA DE AGUA
TDS#	SISTEMA DE CONTROL DE NIVEL DE LIQUIDO
SV#	ELECTROVALVULA DE ENTRADA DE LIQUIDO
SN#	FLOTADOR DE SOBRENIVEL
JOG#	ARRANQUE MOMENTANEO DE RASPADOR
LOLP#	LUZ PILOTO DE SOBRECARGA DE BOMBA DE AGUA
LOLM#	LUZ PILOTO DE SOBRECARGA DEL RASPADOR
LIM#	LUZ PILOTO DE FUNCIONAMIENTO DEL RASPADOR
LP#	LUZ PILOTO DE FUNCIONAMIENTO DE BOMBA DE AGUA
LSV#	LUZ PILOTO DE ENTRADA DE LIQUIDO
LAN#	LUZ PILOTO DE SOBRENIVEL
RPG	RELE DE PARADA GENERAL DE COMPRESORES
NA	NIVEL DE ALARMA
NC	NIVEL CRITICO
SPTL	SELECTOR PRINCIPAL DE TRAMPA DE LIQUIDO
RAN	RELE DE ALARMA
BNA	RELE QUE PERMITE ARRANQUE DE COMPRESORES
SGC	ELECTROVALVULA DE GAS CALIENTE
RC	TEMPORIZADOR DE CONTROL
SBP	ELECTROVALVULA DE BAYPASS
SL	ELECTROVALVULA PRINCIPAL DE LIQUIDO
LAN	LUZ PILOTO DE NIVEL DE ALARMA
LNC	LUZ PILOTO DE NIVEL CRITICO
LTL	LUZ PILOTO DE FUNCIONAMIENTO DE TRAMPA DE LIQUIDO
LGC	LUZ PILOTO DE GAS CALIENTE
LL	LUZ PILOTO DE LIQUIDO PRINCIPAL
SNB	CONTROL DE NIVEL BAJO DE OPERACION
SNA	CONTROL DE NIVEL ALTO DE OPERACION

Figura 4.55 NOMENCLATURA DE DIAGRAMAS DE CONTROL MÁQUINAS DE HIELO Y TRAMPA DE LÍQUIDO

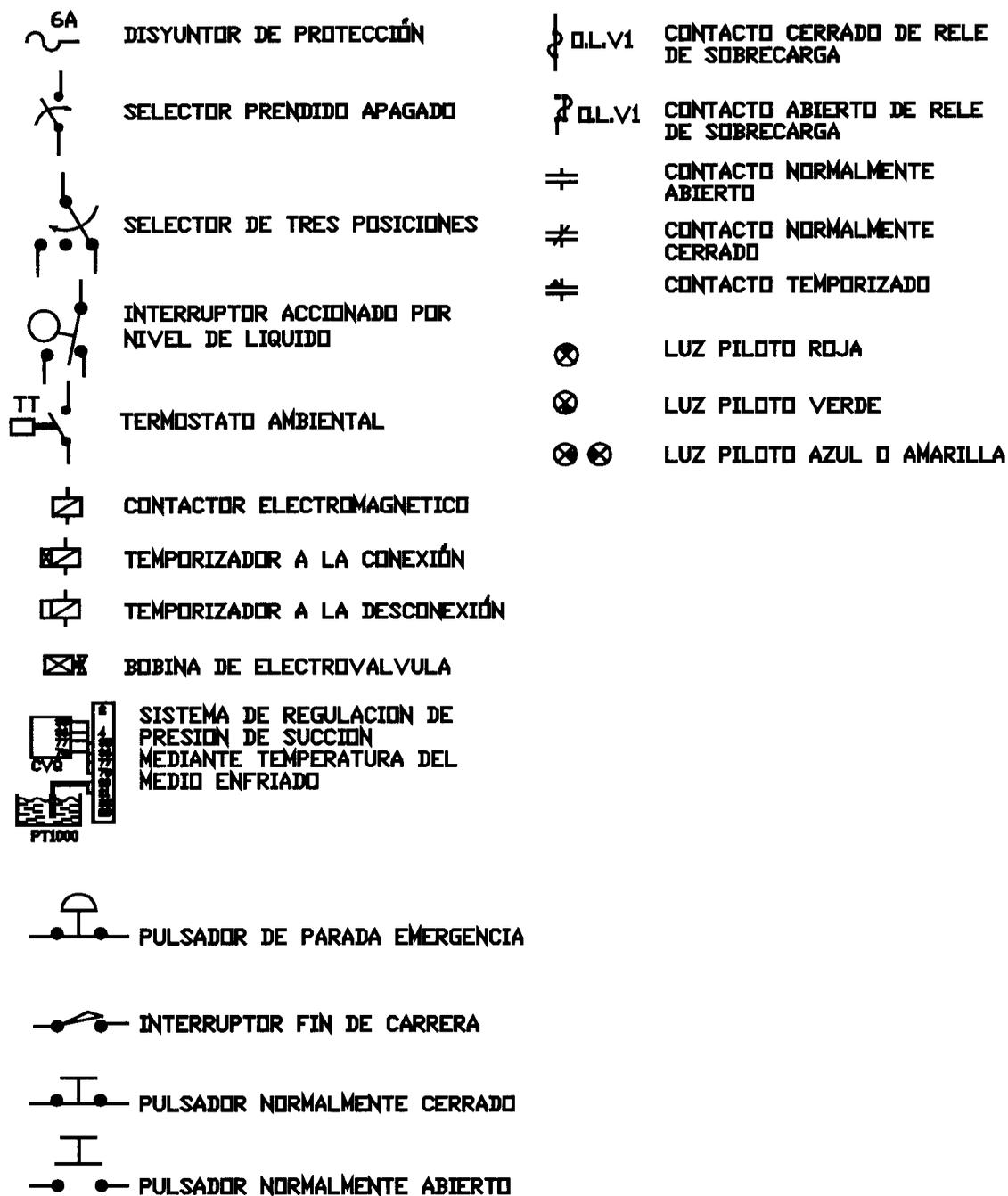


Figura 4.56 SIMBOLOGIA UTILIZADA EN LOS DISEÑOS DE CONTROL

la marca Omega denominado OMB-Tempscan-1100.

La función primaria de este sistema es explorar y digitalizar señales de transductores, típicamente de termocuplas y presentarlas a través de un ordenador mediante una interface RS-232/422 o IEEE-488, los valores censados son presentados en pantalla en tres formatos, digital, analógico y barras y tiene la capacidad para entregar la información leída a una hoja de cálculo electrónica que en este caso particular se utilizó Excel a intervalos de tiempos elegidos.

Las especificaciones del OMB-Tempscan-1100 son las siguientes:

Ranura de entrada: una

Número de canales: 32 para termocuplas o 16 para sensores tipo RTD o 32 señales en milivoltios.

Secuencia de exploración: Cualquier combinación temperatura y voltaje, explorando en secuencia numérica.

Máximo de canales: 960 canales de termocuplas

Velocidad: 960 canales/segundo.

Capacidad de almacenamiento: 128 K para lectura y 256 Kbyte de memoria, con opción a incrementar a 4 M de lectura y 8 Mbyte de almacenamiento.

Comunicación: Puerto serial RS-232/RS-422 o puerto IEEE 488.

Las termocuplas utilizadas fueron del tipo T (Cobre-Constantan) que permiten censar temperaturas desde -100°C a $+400^{\circ}\text{C}$, resolución de

0.1°C con un error de $\mp 1.0^\circ\text{C}$ o 1.5%. El conductor de comunicación entre la termocupla y el explorador tiene las siguientes características:

Calibre: 20 AWG

Número de conductores: 2

Material de los conductores: Positivo(+) Cobre

Negativo (-) Constantan (Cobre-Nickel)

Código de colores: De acuerdo a normas internacionales para conductores tipo T (+) azul, (-) rojo, cubierta color café.

Aislamiento: Teflon.

En la figura 4.57 se presenta el diagrama de conexiones para este sistema de monitoreo de temperaturas y en las figuras 4.58 a la 4.63 un ejemplo de las gráficas de temperaturas obtenidas de este sistema.

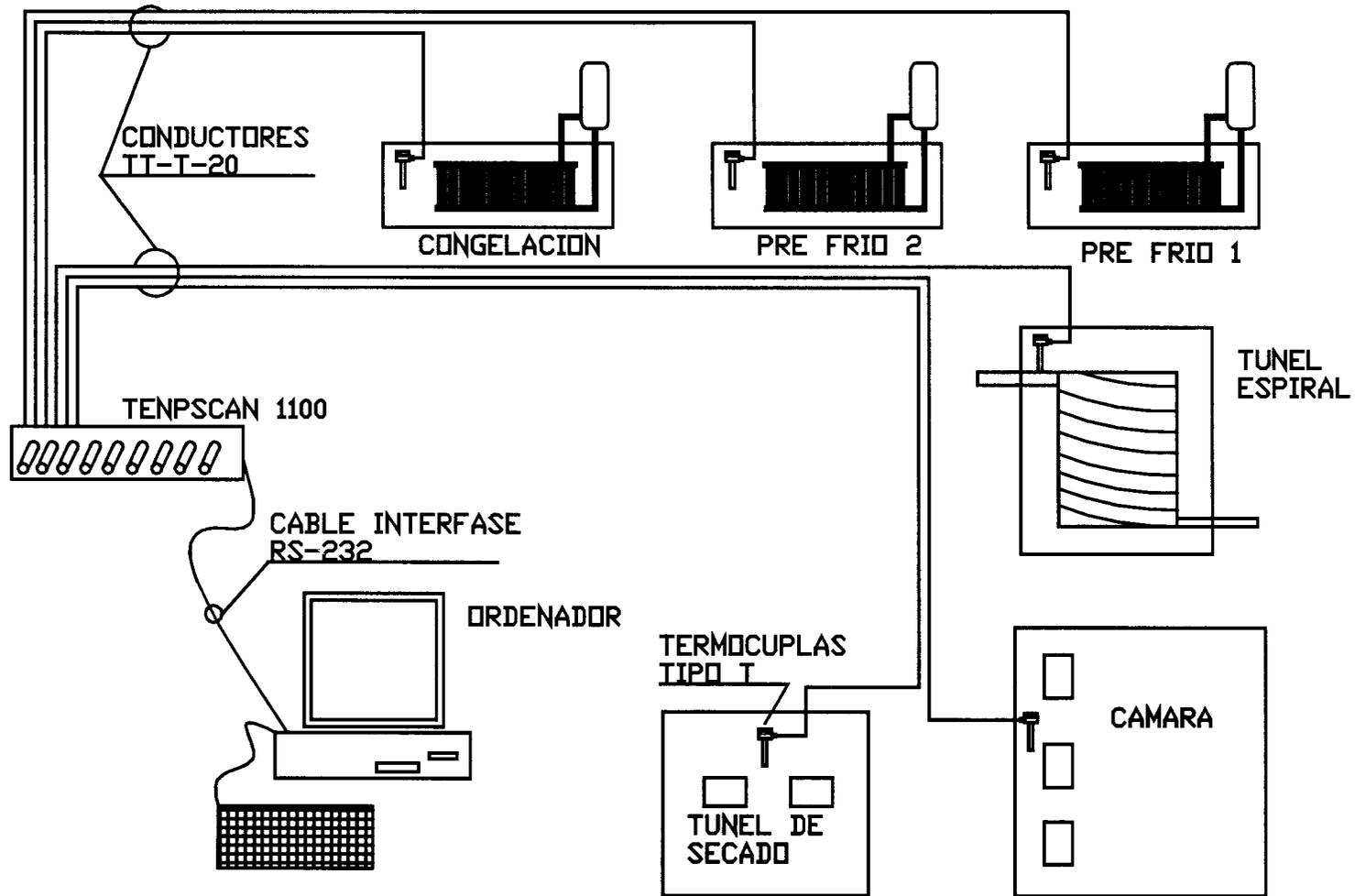


Figura 4.57 DISEÑO DE MONITOREO DE TEMPERATURA PARA LOS PROYECTOS, I, II, III

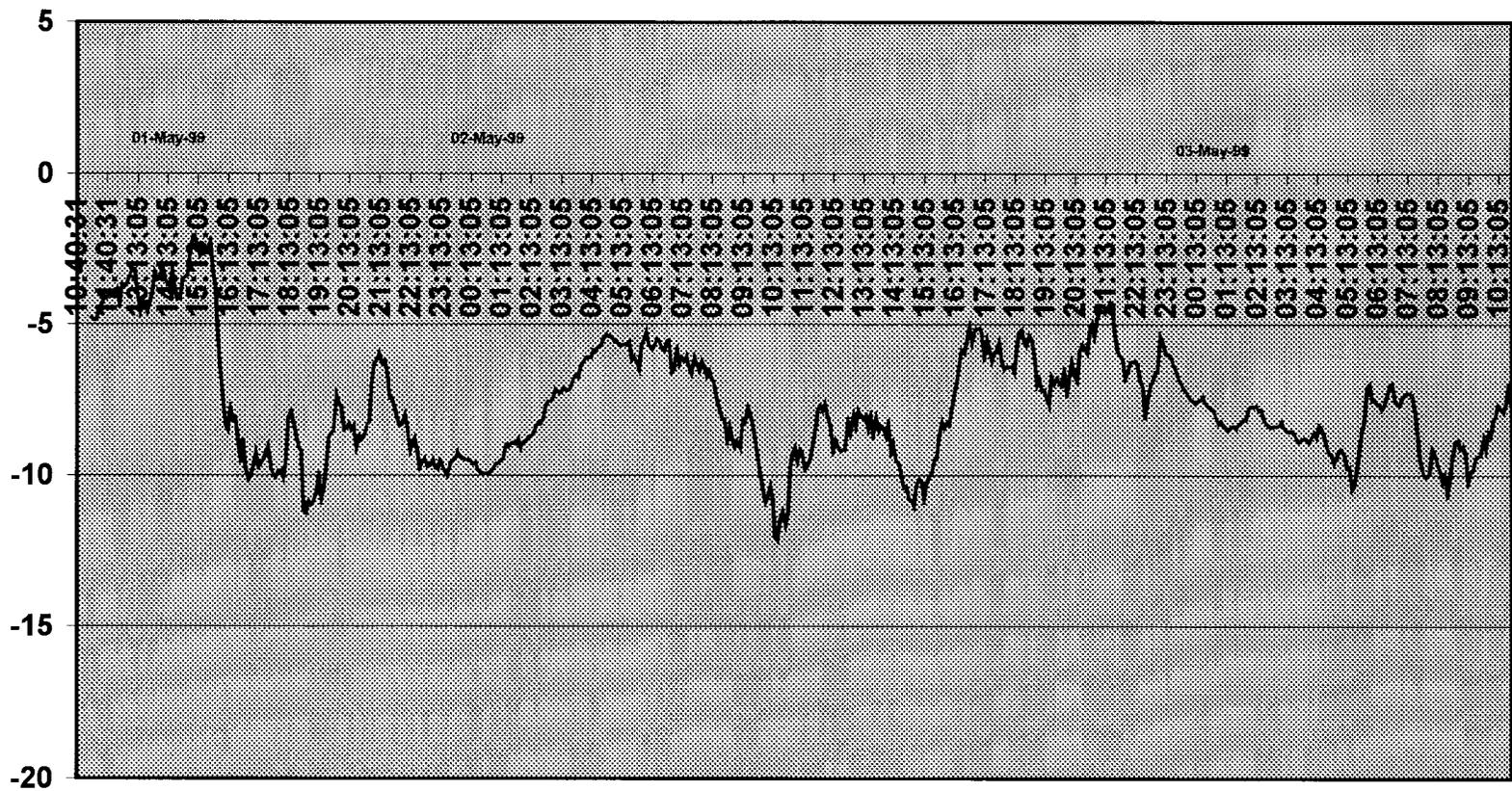


Figura 4.58 GRAFICO TIPICO DE REGISTRO DE TEMPERATURA PF2

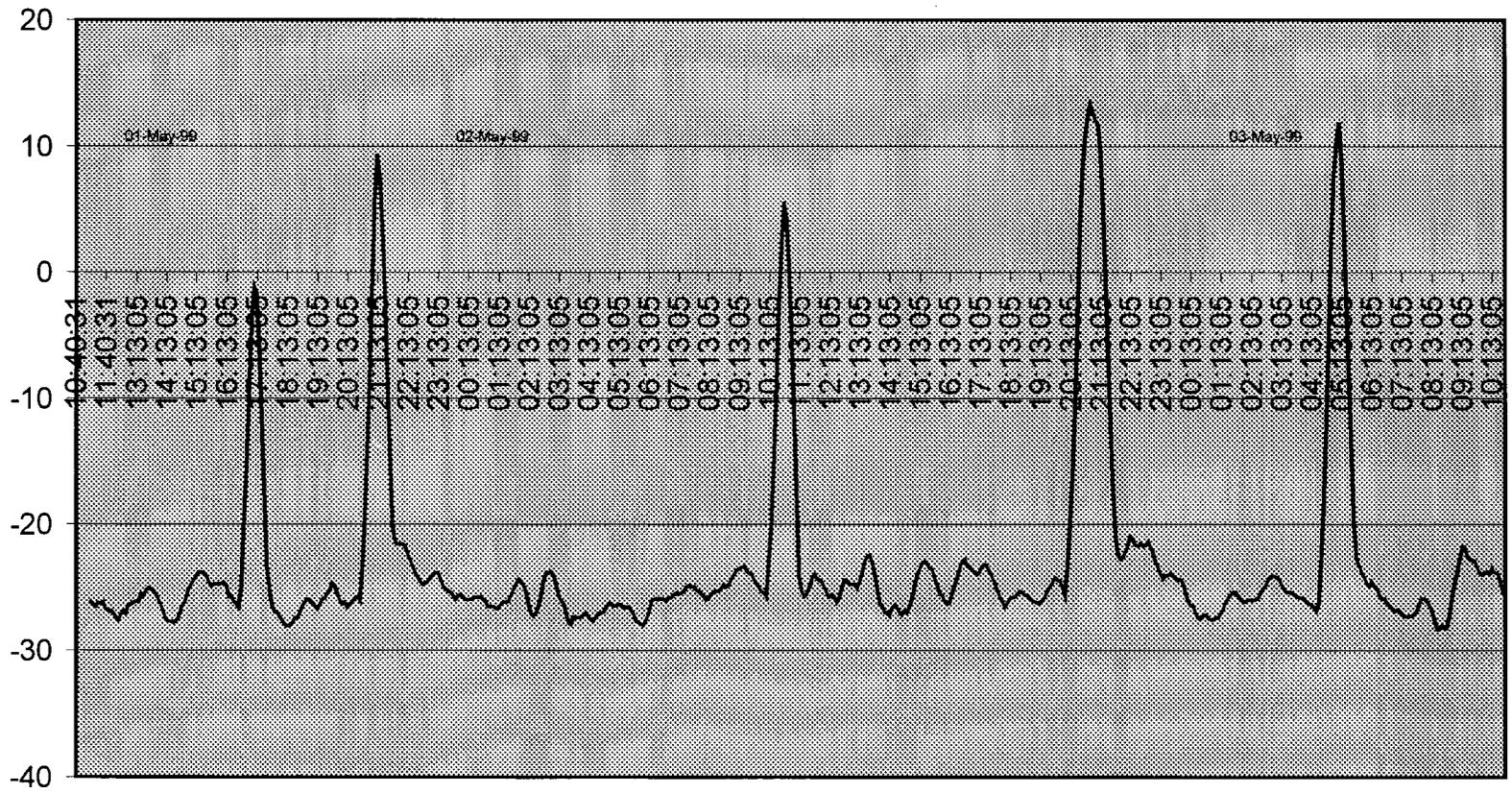


Figura 4.59 GRAFICO TIPICO DE REGISTRO DE TEMPERATURA TUNEL ESPIRAL

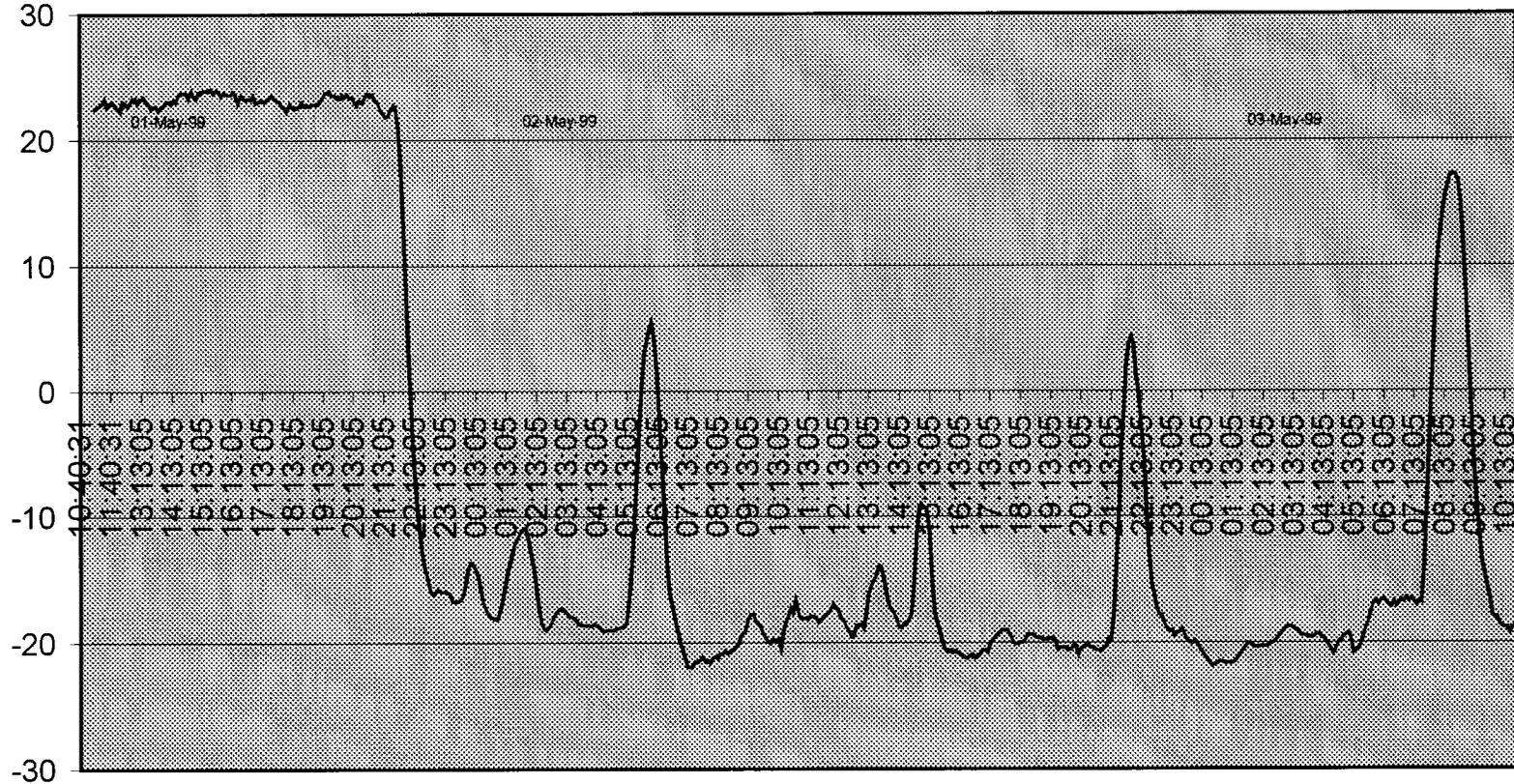


Figura 4.60 GRAFICO TIPICO DE REGISTRO DE TEMPERATURA TUNEL DE SECADO

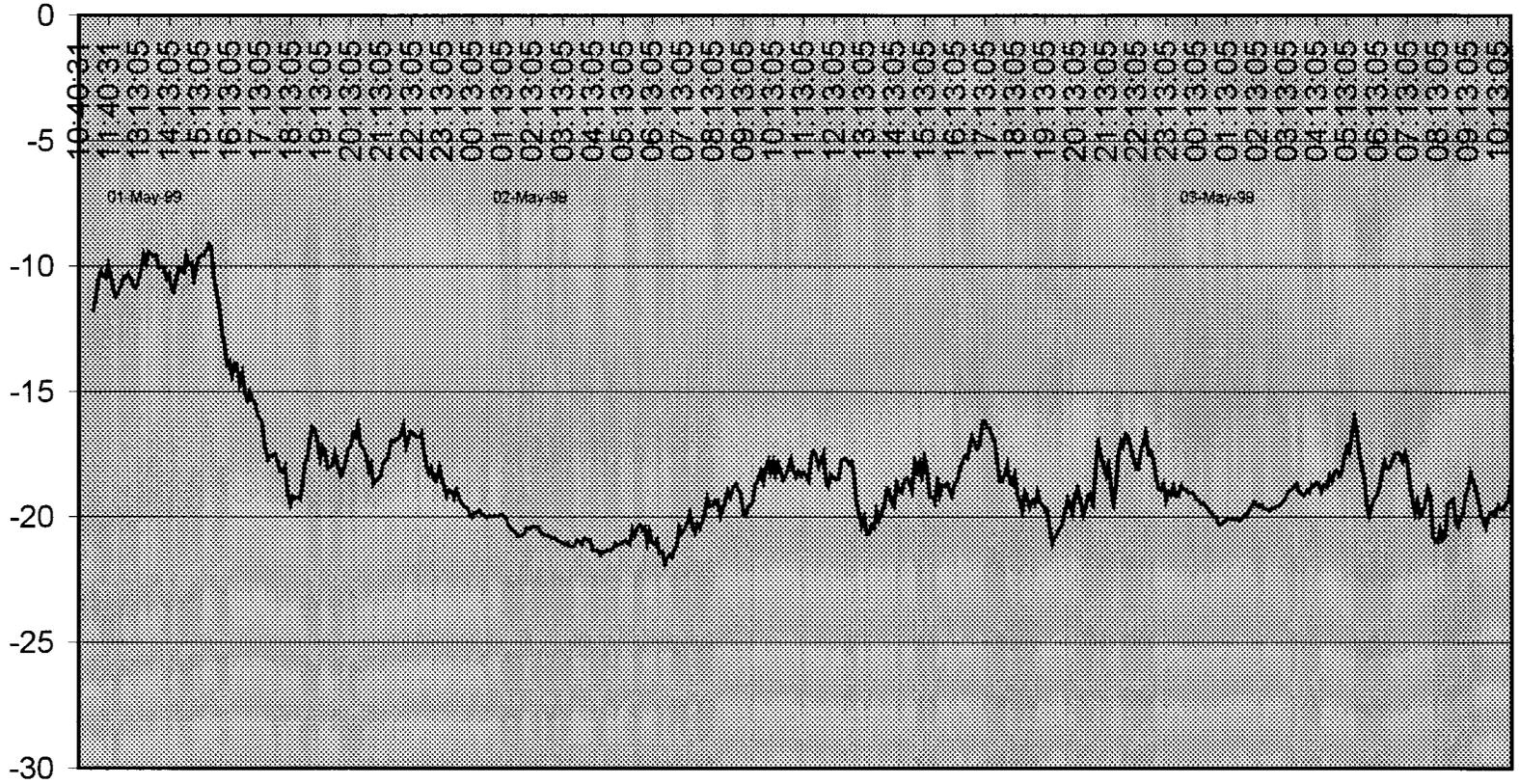


Figura 4.61 GRAFICO TIPICO DE REGISTRO DE TEMPERATURA CONGELACION

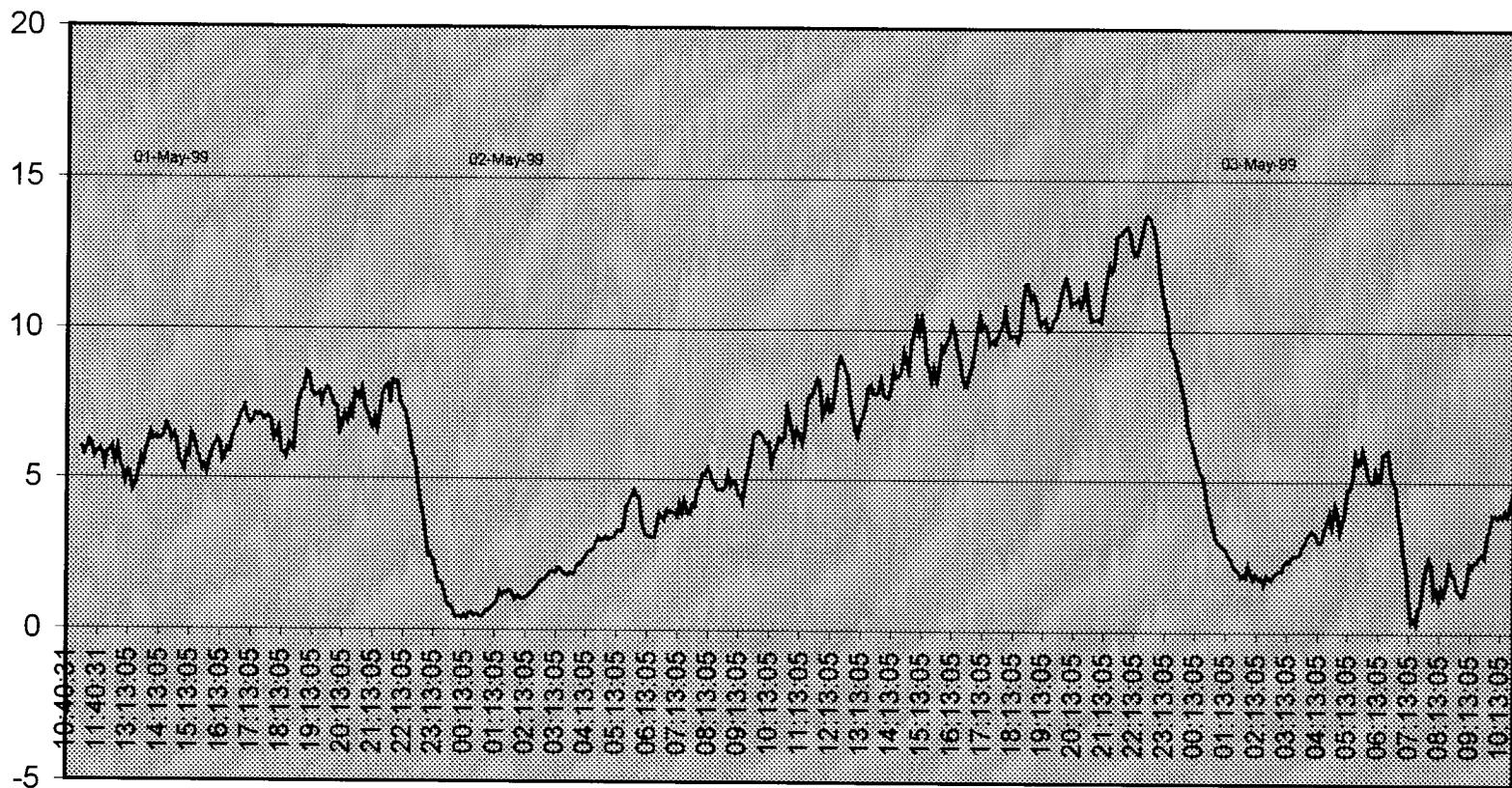


Figura 4.62 GRAFICO TIPICO DE REGISTRO DE TEMPERATURA PF1

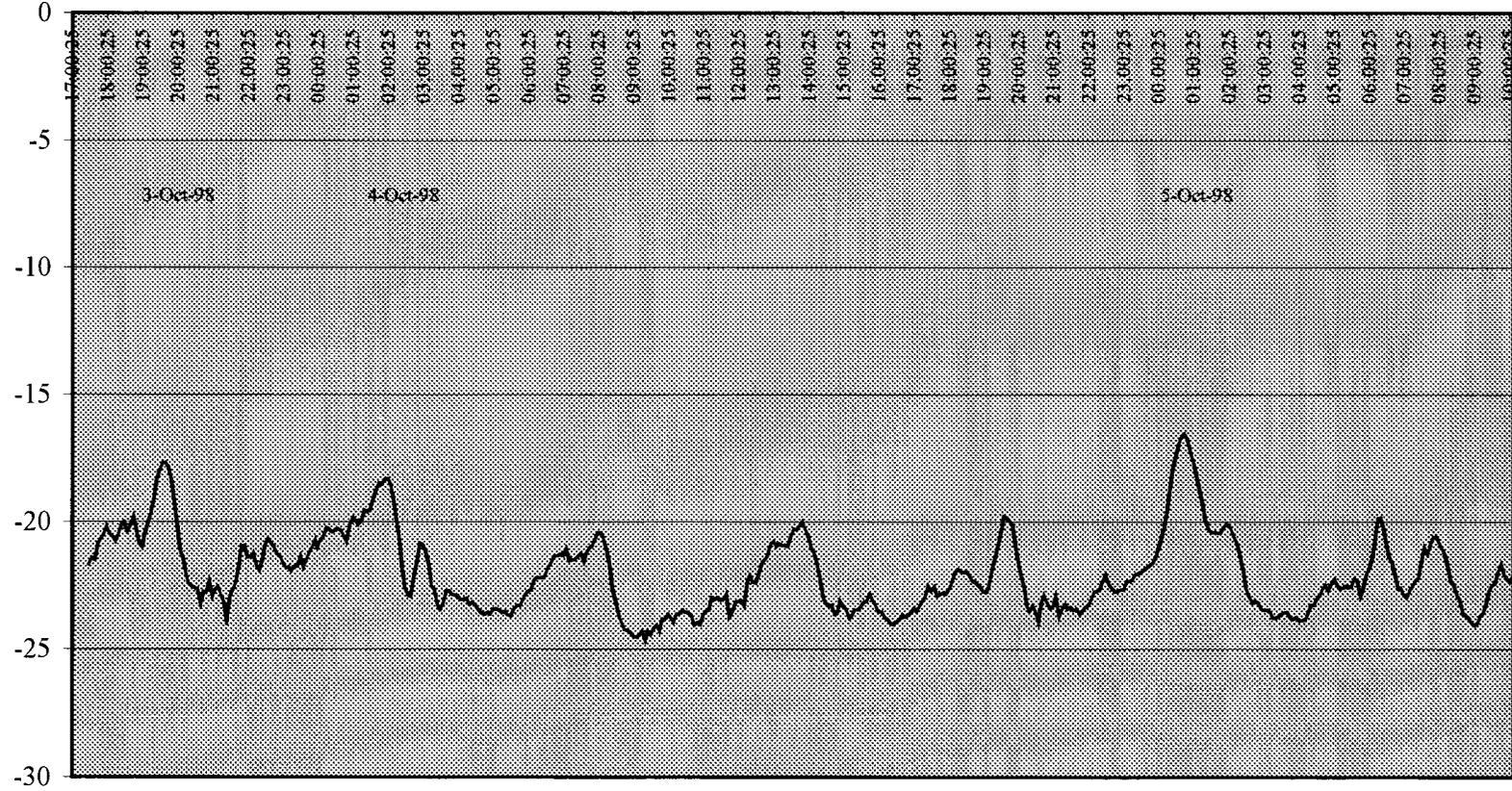


Figura 4.63 GRAFICO TIPICO DE REGISTRO DE TEMPERATURA CAMARA 4

CAPÍTULO 5

5. CORRECCIÓN DE FACTOR DE POTENCIA

No se puede tratar una instalación eléctrica Industrial sin tomar en cuenta la corrección del factor de potencia, está por demás indicar que por motivos de eficiencia más que por motivos de penalizaciones económicas, el Ingeniero Eléctrico debe siempre prever una corrección efectiva y confiable del factor de potencia, el valor que en los actuales momentos exigen las Empresas Eléctricas que suministran Energía es de 0.92.

5.1 Análisis de Capacidades de los Capacitores

Existen muchos métodos para la corrección del factor de potencia y la manera de cómo conectarlos, cada uno de ellos tienen sus pro y sus contra, es deber del Ingeniero Eléctrico analizarlos y escoger el que más le convenga a la Industria, de todos los métodos se pueden nombrar dos principales, el que utiliza un relé electrónico que censa el factor de

potencia de la planta en todo momento y lo corrige conectando o desconectando grupos de capacitores a través de contactores, existen en el mercado relés de 6, 10, 12 pasos, dependiendo de las necesidades del diseño. El otro método es el que corrige independientemente cada motor o grupos de motores y cargas significativas, de esta manera no se requiere de un relé que controle la conexión o desconexión de los distintos grupos de capacitores, sino que se lo realiza con el arranque de cada uno de los motores o equipos, en este método el capacitor va conectado en los mismos conductores del motor y utiliza el mismo contactor existente del arranque del motor.

A continuación analizaremos los beneficios y las desventajas de cada uno de los sistemas y posteriormente se explicará el utilizado.

Beneficios por el método de relé:

- 1.- Control más efectivo de la corrección.
- 2.- Los capacitores grandes cuestan menos por KVAR, por ende mientras mas grande es el paso mas ahorro económico.
- 3.- Es más económica su instalación en lo que a conductores se refiere, porque todo va centralizado.

Desventajas por el método de relé:

- 1.- El relé electrónico a la larga se daña y su reposición es bastante costosa y mientras se lo repone no existe corrección a menos que se lo realice manualmente.

2.- Un mal funcionamiento del relé afecta al factor de potencia de toda la planta.

3.- Imposibilidad de regular el factor de potencia con cargas pequeñas. Sábados, Domingos o días que la Industria no trabaja, los pasos son muy grandes y no tiene posibilidad de regular.

4.- Normalmente estos bancos van conectados a las barras principales de distribución, mejorando el factor de las barras hacia la acometida, mas no mejora el factor en las alimentadoras secundarias.

5.- La fuente de energía de todos los arranques de los capacitores es una sola y si esta falla, se desconectan todos los bancos.

6.- Cuando todos los pasos ya están ocupados dificulta aumentar carga.

7.- En la mayoría de los relés de control de factor de potencia, la calibración de cada paso es una sola, esto implica que todos los bancos de capacitores tienen que ser iguales.

Ventajas del método motor por motor:

1.- Disminuye el amperaje en los conductores disminuyendo las perdidas y caída de voltaje, desde la carga.

2.- No requieren de ningún relé de regulación, el factor se regula solo, con la prendida y apagada de cada carga.

3.- Altamente económica en su sistema de control, no requiere de contactores para la conexión de cada capacitor.

4.- Un daño en uno de los bancos afecta en forma mínima al factor de

potencia total de la planta.

5.- Cuando la carga de la planta es mínima, se mantiene regulado el factor de potencia.

6.- Disponibilidad de aumentar carga al sistema, carga nueva, capacitor nuevo.

Desventajas del método motor por motor:

1.- Se requiere para motores o cargas pequeñas capacitores pequeños y estos cuestan más por KVAR.

2.- Un daño en un banco afecta directamente al arranque y protecciones del motor ya que utiliza el mismo disyuntor, contactor y relé de sobrecarga.

3.- Los relés de sobrecarga de los motores no deben ser regulados para el amperaje de placa, se debe tomar en cuenta la disminución de amperaje en las líneas por efecto del mejoramiento del factor de potencia, esto implica que si por alguna razón el banco de ese motor se desconecta, el amperaje sube y hace disparar la protección del motor innecesariamente.

4.- Dificultad en controlar todos los capacitores que no están operativos ya que estos se encuentran regados por toda la Industria.

5.- Todos los capacitores deben estar provistos de resistencias de descarga, pero si estas resistencias fallan el capacitor queda cargado y al entrar de nuevo en funcionamiento se crea un cortocircuito

momentáneo en los contactos del contactor disminuyendo su vida útil, esto ocurre mayormente en los arranques Y - Delta.

Analizados todas las conveniencias y desventajas de estos dos métodos me incliné por realizar una combinación de ambos, tratando de disminuir las desventajas y aumentando las ventajas técnicas.

El método que se utilizó realmente fue el de motor por motor pero con algunas variantes, las cuales indico a continuación:

- 1.- Los capacitores no fueron conectados en los terminales de los motores sino a la salida de cada disyuntor de los motores grandes y de las barras de distribución principal para grupos de motores pequeños y fijos.
- 2.- No se corrigió motor por motor en el caso de motores menores de 15 HP, sino que se agruparon varios en un solo banco.
- 3.- Cada banco de capacitores tienen sus fusibles y contactores independientes y con fusibles más rápidos que los disyuntores, para que de esta manera al haber un corto circuito el fusible no deje operar el disyuntor del motor y por consiguiente el motor sigue funcionando.
Cualquier falla en un banco de capacitores no afecta a los elementos de arranque y protección del motor.
- 4.- La señal de control para el arranque del contactor del capacitor es el mismo del arranque del motor.
- 5.- El capacitor entra a funcionar después que el motor terminó su ciclo

de arranque, esto es para motores de arranque y delta, el contactor del capacitor está conectado con el contactor de la delta y para arranques de estado sólido el contactor se lo energiza mediante una señal proporcionada por el sistema de arranque que se cierra en el momento que el motor terminó su ciclo, normalmente se lo denomina con la palabra en Inglés “ Run ”, o en su efecto para nuestro caso en contacto “Run” energiza un contactor de fuerza que realiza un puente entre los terminales de entrada y salida del arranque de estado sólido, se utilizó un contacto auxiliar de este contactor para conectar el contactor del banco de capacitores.

Se puede observar en la figura 5.1 la manera como se instalaron los bancos de capacitores en las tres alternativas posibles, para conexión de un motor, para varios motores y para bancos fijos.

Una vez definido el sistema a utilizar pasamos ahora a la determinación de las capacidades de los capacitores para mejorar el factor de potencia a 0.93, para eso nos basaremos en dos maneras. La primera es utilizando la siguiente ecuación:

$$F = (\sqrt{1-fp_1^2}/fp_1) - (\sqrt{1-fp_2^2}/fp_2)$$

Donde:

fp_1 = Factor de potencia inicial

fp_2 = factor de potencia final (0.93)

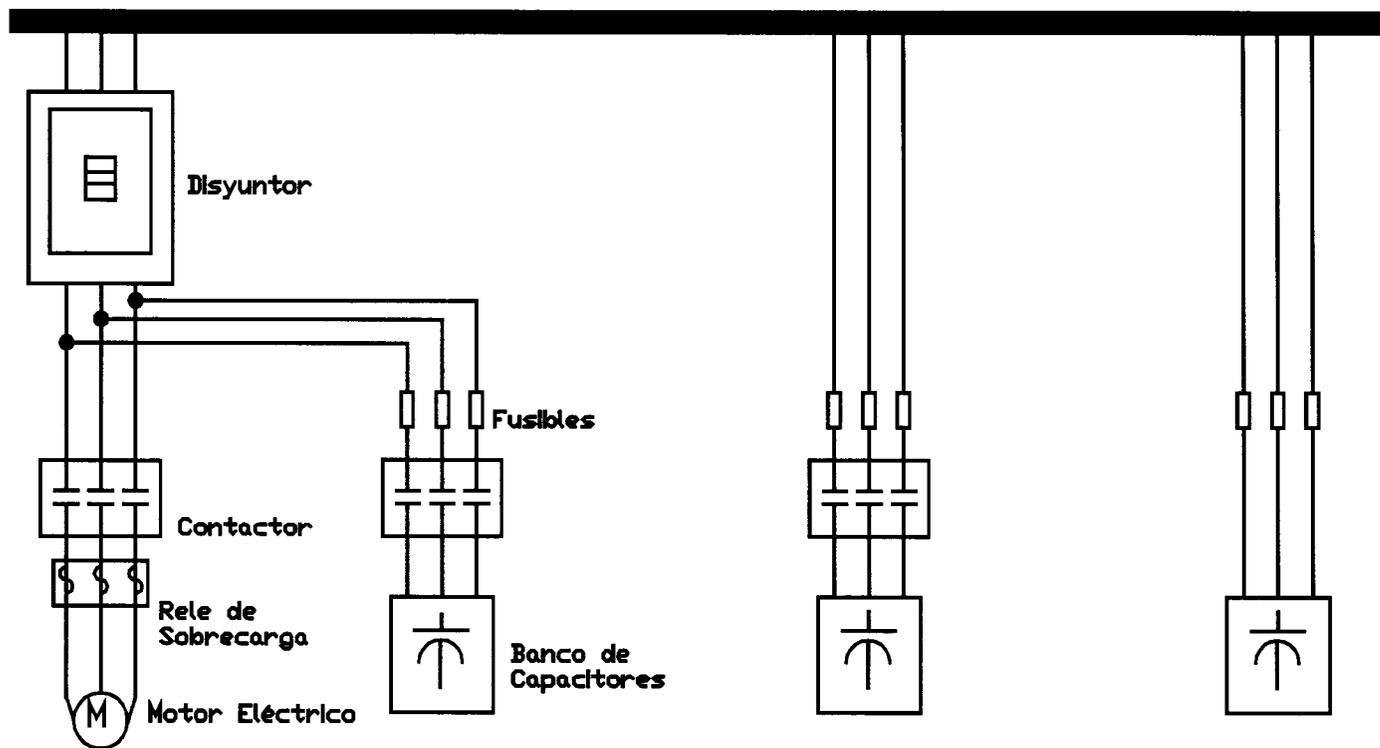
F = Factor que multiplicado por los KW a un factor de potencia fp_1 da como resultado los KVAR requeridos para corregir el factor de potencia a un valor de fp_2 .

Esta ecuación sirve para calcular tanto los KVAR que requiere toda la instalación como los KVAR que se requiere para cada carga y cada motor, pero para calcular para cada carga es importante saber el factor de potencia, principalmente de cada motor, para esto los fabricantes de capacitores así como los fabricantes de motores proporcionan tablas con capacidades recomendadas de capacitores para cada potencia y velocidad de los motores ver Tabla X, tabla que fue utilizada para la aplicación de estos proyectos. Debemos recordar que el proyecto total fue realizado en tres etapas y la manera de corrección del factor de potencia fue corregir motor por motor para mayores de 15 HP y grupos de motores desde 5 a 10 HP, en cada una de las etapas.

Se puede ver en la Tabla XI las capacidades asignadas a cada uno de los motores y grupos de motores así como las capacidades de la carga existente y el asignado como fijo al transformador de 1000 KVA, que realmente por experiencia se asigna el 5% del valor del transformador.

En lo referente a la Tabla X debemos recalcar que indica la capacidad máxima de capacitores conectados directamente al motor, cosa que no

BARRAS PRINCIPALES DE DISTRIBUCIÓN



Conexión de Capacitores
Directamente a un Motor

Conexión de Capacitores
Accionado por Varios Motores

Conexión de Capacitores
Fijos

Figura 5.1 DIFERENTES MANERAS DE CONEXIÓN DE CAPACITORES

TABLA X

KVAR DE CAPACITORES ASOCIADO CON MOTORES

HP	VELOCIDAD NOMINAL DEL MOTOR											
	3600		1800		1200		900		720		600	
	KVAR	%	KVAR	%	KVAR	%	KVAR	%	KVAR	%	KVAR	%
3	1.5	14	1.5	15	1.5	20	2	27	2.5	35	3.5	41
5	2	12	2	13	2	17	3	25	4	32	4.5	37
7.5	2.5	11	2.5	12	3	15	4	22	5.5	30	6	34
10	3	10	3	11	3.5	14	5	21	6.5	27	7.5	31
15	4	9	4	10	5	13	6.5	18	8	23	9.5	27
20	5	9	5	10	6.5	12	7.5	16	9	21	12	25
25	6	9	6	10	7.5	11	9	15	11	20	14	23
30	7	8	7	9	9	11	10	14	12	18	16	22
40	9	8	9	9	11	10	12	13	15	16	20	20
50	12	8	11	9	13	10	15	12	19	15	24	19
60	14	8	14	8	15	10	18	11	22	15	27	19
75	17	8	16	8	18	10	21	10	26	14	32.5	18
100	22	8	21	8	25	9	27	10	32.5	13	40	17
125	27	8	26	8	30	9	32.5	10	40	13	47.5	16
150	32.5	8	30	8	35	9	37.5	10	47.5	12	52.5	15
200	40	8	37.5	8	42.5	9	47.5	10	60	12	65	14
250	50	8	45	7	52.5	8	57.5	9	70	11	77.5	13
300	57.5	8	52.5	7	60	8	65	9	80	11	87.5	12
350	65	8	60	7	67.5	8	75	9	87.5	10	95	11
400	70	8	65	6	75	8	85	9	95	10	105	11
450	75	8	67.5	6	80	8	92.5	9	100	9	110	11
500	77.5	8	72.5	6	82.5	8	97.5	9	107.5	9	115	10

TABLA XI

ANALISIS DE CAPACIDADES DE CAPACITORES

NOMENC.	DESCIPCION DEL EQUIPO	MOTORES NOMENC.	CAPC. HP	KVAR
COP1	COMPRESOR RWB-II 76 E			
	MOTOR DEL COMPRESOR	COP1	150	35
	BOMBA DE ACEITE	BCOP1	1	
COP2	COMPRESOR RXF-39	COP2	100	25
CON1	CONDENSADOR XLC-185			
	BOMBA DE AGUA	BACON1	1	
	VENTILADOR	VECON1	15	5
SR1	SISTEMA DE RECIRCULACION			
CA1	CAMARA			
EV1	VENTILADOR EVAPORADOR # 1	VEV1	5	
EV2	VENTILADOR EVAPORADOR # 2	VEV2	5	
EV3	VENTILADOR EVAPORADOR # 3	VEV3	5	5
TE1	TUNEL ESPIRAL			
	VENTILADOR # 1	V1TE1	10	
	VENTILADOR # 2	V2TE1	10	5
COP3	COMPRESOR 160VL-Y			
	MOTOR DEL COMPRESOR	COP3	200	40
	BOMBA DE ACEITE	BCOP3	1.5	
COP4	COMPRESOR 6K	COP4	30	7
COP5	COMPRESOR 8K	COP5	60	14
CON2	CONDENSADOR VC1-150R			
	BOMBA DE AGUA	BACON2	1.5	
	VENTILADOR	VECON2	10	
CON3	CONDENSADOR VC1-150R			
	BOMBA DE AGUA	BACON3	1.5	
	VENTILADOR	VECON3	10	5
COP6	COMPRESOR 160VL-TE			
	MOTOR DEL COMPRESOR	COP6	200	40
	BOMBA DE ACEITE	BCOP6	3	
COP7	COMPRESOR 160VL-TE			
	MOTOR DEL COMPRESOR	COP7	200	40
	BOMBA DE ACEITE	BCOP7	3	
CON4	CONDENSADOR ATC-370			
	BOMBA DE AGUA	BACON4	5	
	VENTILADOR # 1	VE1CON4	10	
	VENTILADOR # 2	VE2CON4	10	5
	CARGAS EXISTENTES		140KVA	40
TA2	TRANSFORMADOR 1000 KVA			40
TOTALES	KW Y KVAR RESPECTIVAMENTE		890.19	306

es el caso de este sistema ya que como el capacitor tiene su propio contactor de arranque y sus propios fusibles, en caso requerido se puede aumentar este valor de KVAR conectados sin afectar el funcionamiento del motor y lo que es más no tenemos la necesidad de regular el relé de sobrecarga para valores diferentes del amperaje nominal de placa. Sin embargo la Tabla XI es una guía para la designación de las capacidades de los capacitores en cada caso. La capacidad total designada para estos tres proyectos fue de 306 KVAR para un total estimado de 900KW de carga instalada, aplicando la ecuación arriba indicada se está mejorando el factor de potencia de 0.8 a 0.93.

5.2 Diseño del Sistema de Corrección

Una vez designadas las capacidades de cada banco de capacitores se procede a determinar tamaño de fusibles, contactores y conductores para su instalación, para eso se debe tomar en cuenta las siguientes consideraciones:

1.- Se debe tomar en cuenta que la capacidad de un capacitor está diseñado para un voltaje determinado pero si este voltaje es superior, los KVAR son mayores por ende mayor es la corriente y aumenta la corrección. Por ejemplo un mismo capacitor puede tener las siguientes características:

Capacidad: 5 KVAR a 440 Voltios con 6.6 Amperios

6 KVAR a 480 Voltios con 7.2 Amperios

8.4 KVAR a 570 Voltios con 8.5 Amperios

El voltaje de la zona en la que está ubicada esta Industria tiene bastante variación desde 425 a 490 Voltios, esta consideración se la debe tomar en cuenta.

2.- Los fusibles deben tener una capacidad nominal no menor que el 165% y no mayor que el 250%, del amperaje de consumo de los capacitores, tomando en consideración que la respuesta al cortocircuito sea más rápida que la del disyuntor al que está conectado en el caso de los motores.

3.- Los conductores a emplearse deberán tener como mínimo una capacidad nominal de corriente igual a un 135% de la corriente nominal del capacitor o banco de capacitores.

4.- Los contactores de mando deben poder soportar una corriente permanente del 143% de la corriente nominal del banco.

Con todas estas especificaciones procedemos al diseño del sistema de corrección, diseño que está indicado en la Tabla XII, y en las figuras 5.2, 5.3, 5.4 y 5.5, correspondientes a corrección por el transformador, proyecto I, proyecto II, proyecto III, respectivamente.

5.3 Resultados Obtenidos

En la tabla XIII se puede observar como fue variando el factor de potencia de toda la planta, esto es considerando la carga ya instalada y funcionando antes de realizar los tres proyectos en mención, y además la

TABLA XII

DISEÑO DE CORRECCION DE FACTOR DE POTENCIA

NOMENC.	DESCRIPCION DEL EQUIPO	MOTORES NOMENC.	CAPC. HP	KVAR	AMPER. NOMIN.	CONTAC- TOR AMP.	FUSH- BLE	CONDUCC- TOR AWG
COP1	COMPRESOR RWB-II 76 E							
	MOTOR DEL COMPRESOR	COP1	150	35	45.93	65	80	2
	BOMBA DE ACEITE	BCOP1	1					
COP2	COMPRESOR RXF-39	COP2	100	25	32.80	65	63	4
CON1	CONDENSADOR XLC-185							
	BOMBA DE AGUA	BACON1	1					
	VENTILADOR	VECON1	15	5	6.56	12	10	12
CA1	CAMARA							
EV1	VENTILADOR EVAPORADOR # 1	VEV1	5					
EV2	VENTILADOR EVAPORADOR # 2	VEV2	5					
EV3	VENTILADOR EVAPORADOR # 3	VEV3	5	5	6.56	12	10	12
TE1	TUNEL ESPIRAL							
	VENTILADOR # 1	V1TE1	10					
	VENTILADOR # 2	V2TE1	10	5	6.56	12	10	12
COP3	COMPRESOR 160VL-Y							
	MOTOR DEL COMPRESOR	COP3	200	40	52.49	80	100	2
	BOMBA DE ACEITE	BCOP3	1.5					
COP4	COMPRESOR 6K	COP4	30	7	9.19	18	16	12
COP5	COMPRESOR 8K	COP5	60	14	18.37	25	32	10
CON2	CONDENSADOR VC1-150R							
	BOMBA DE AGUA	BACON2	1.5					
	VENTILADOR	VECON2	10					
CON3	CONDENSADOR VC1-150R							
	BOMBA DE AGUA	BACON3	1.5					
	VENTILADOR	VECON3	10	5	6.56	12	10	12
COP6	COMPRESOR 160VL-TE							
	MOTOR DEL COMPRESOR	COP6	200	40	52.49	80	100	2
	BOMBA DE ACEITE	BCOP6	3					
COP7	COMPRESOR 160VL-TE							
	MOTOR DEL COMPRESOR	COP7	200	40	52.49	80	100	2
	BOMBA DE ACEITE	BCOP7	3					
CON4	CONDENSADOR ATC-370							
	BOMBA DE AGUA	BACON4	5					
	VENTILADOR # 1	VE1CON4	10					
	VENTILADOR # 2	VE2CON4	10	5	6.56	12	10	12
	CARGAS EXISTENTES		140KVA	40	52.49		100	2
TA2	TRANSFORMADOR 1000 KVA			40	52.49		100	2
TOTALES	KW Y KVAR RESPECTIVAMENTE		890.19	306				

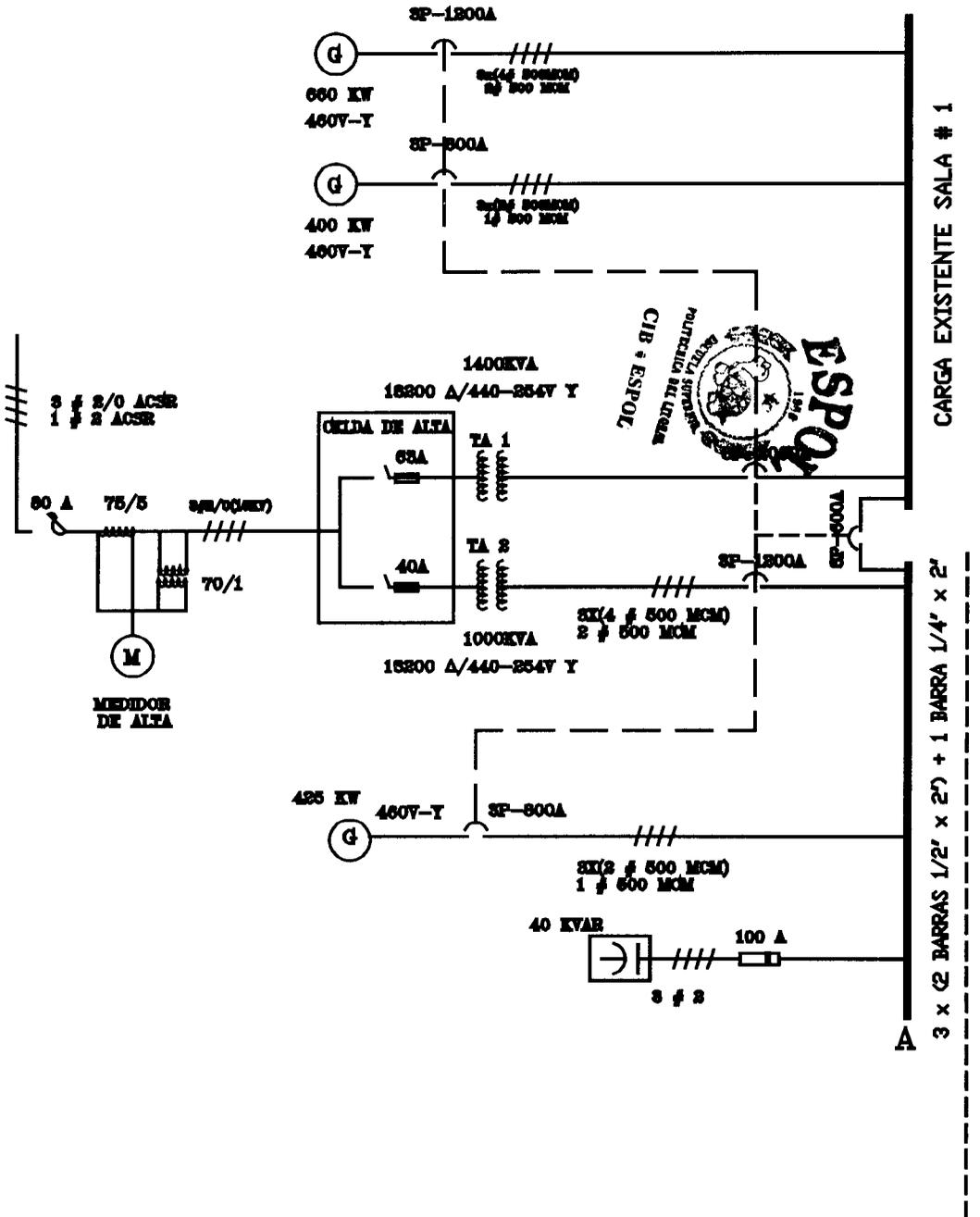


Figura 5.2 CORRECCIÓN FACTOR DE POTENCIA TRANSFORMADOR

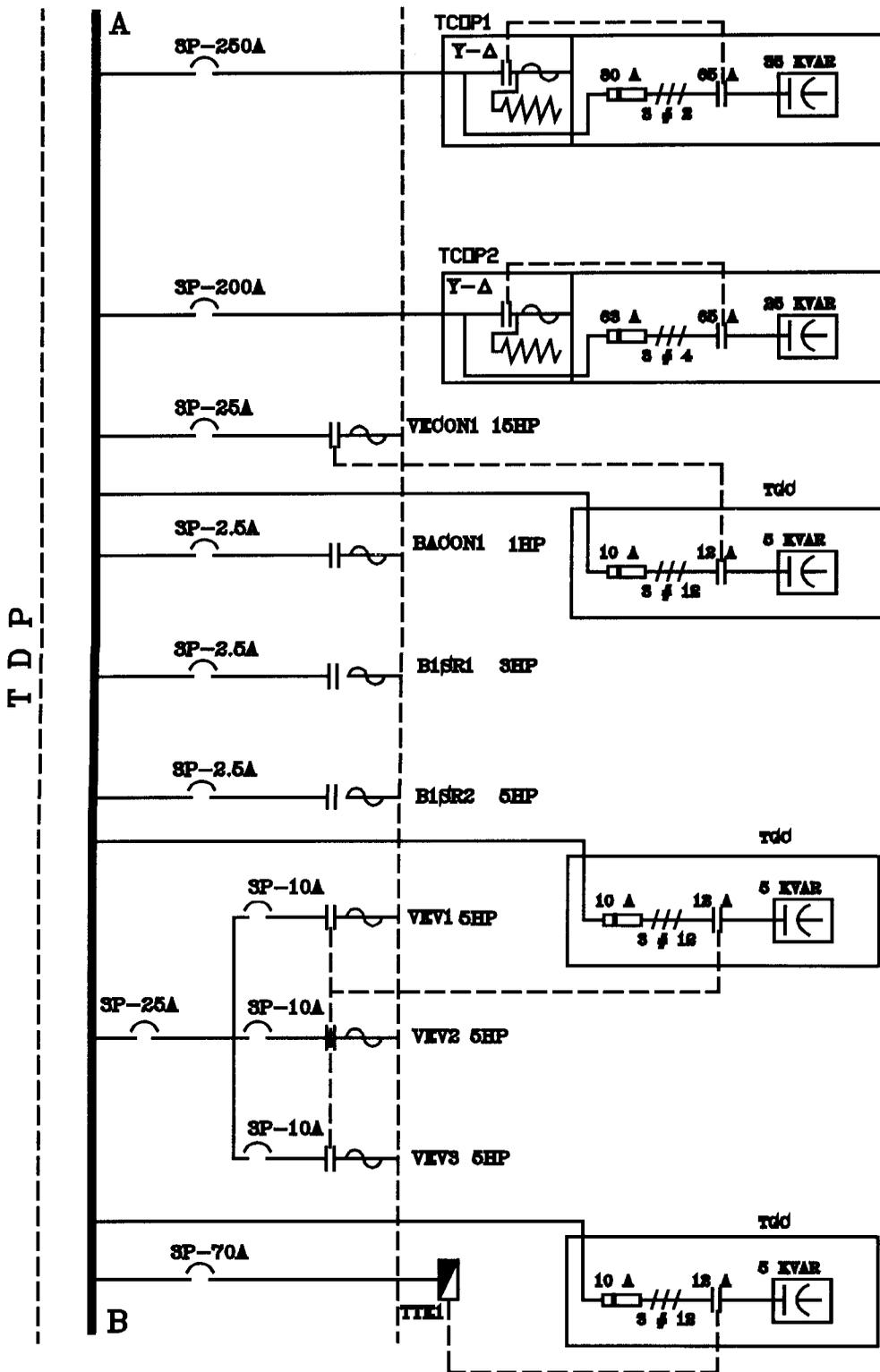


Figura 5.3 CORRECCIÓN FACTOR DE POTENCIA PROYECTO I

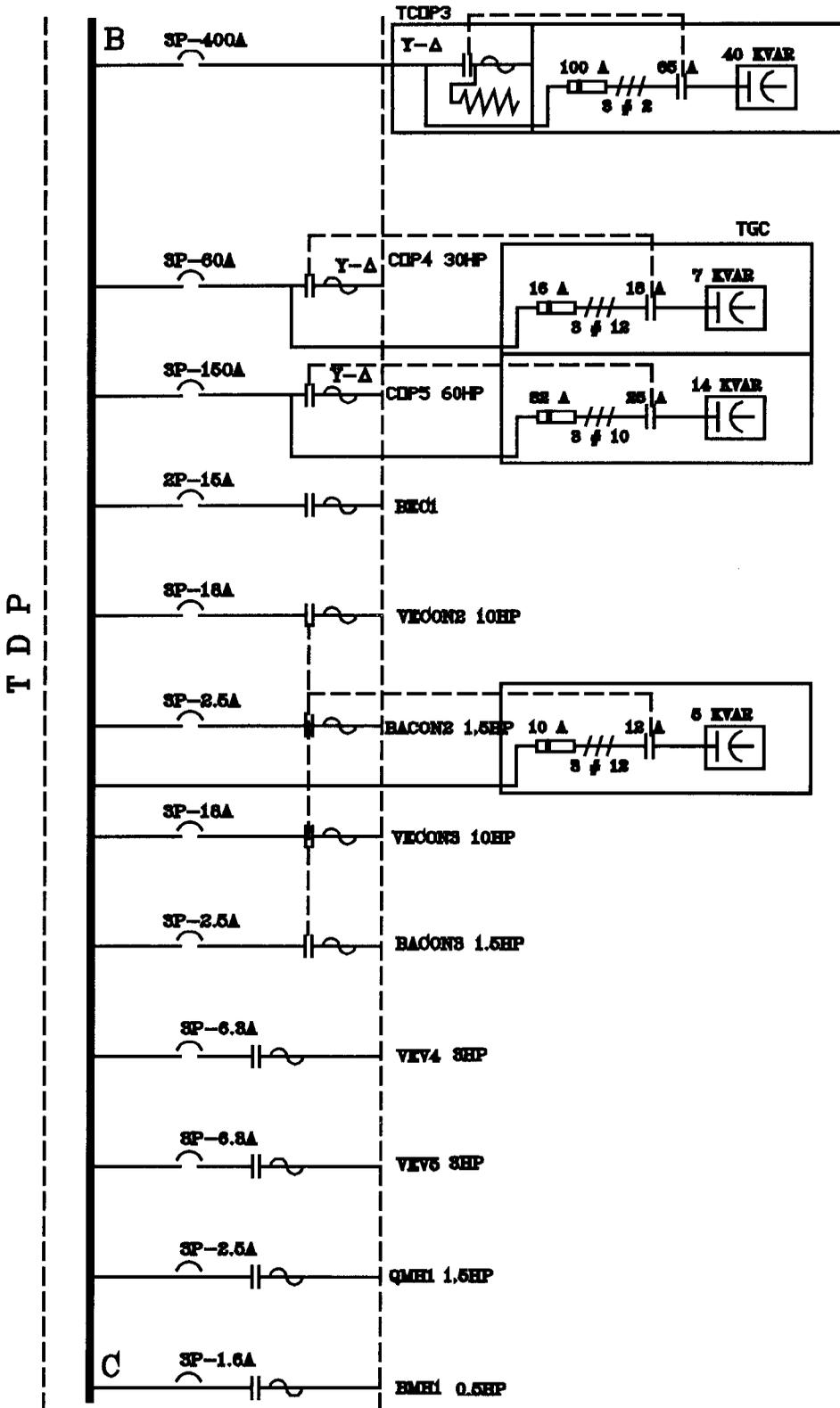


Figura 5.4 CORRECIÓN FACTOR DE POTENCIA PROYECTO II

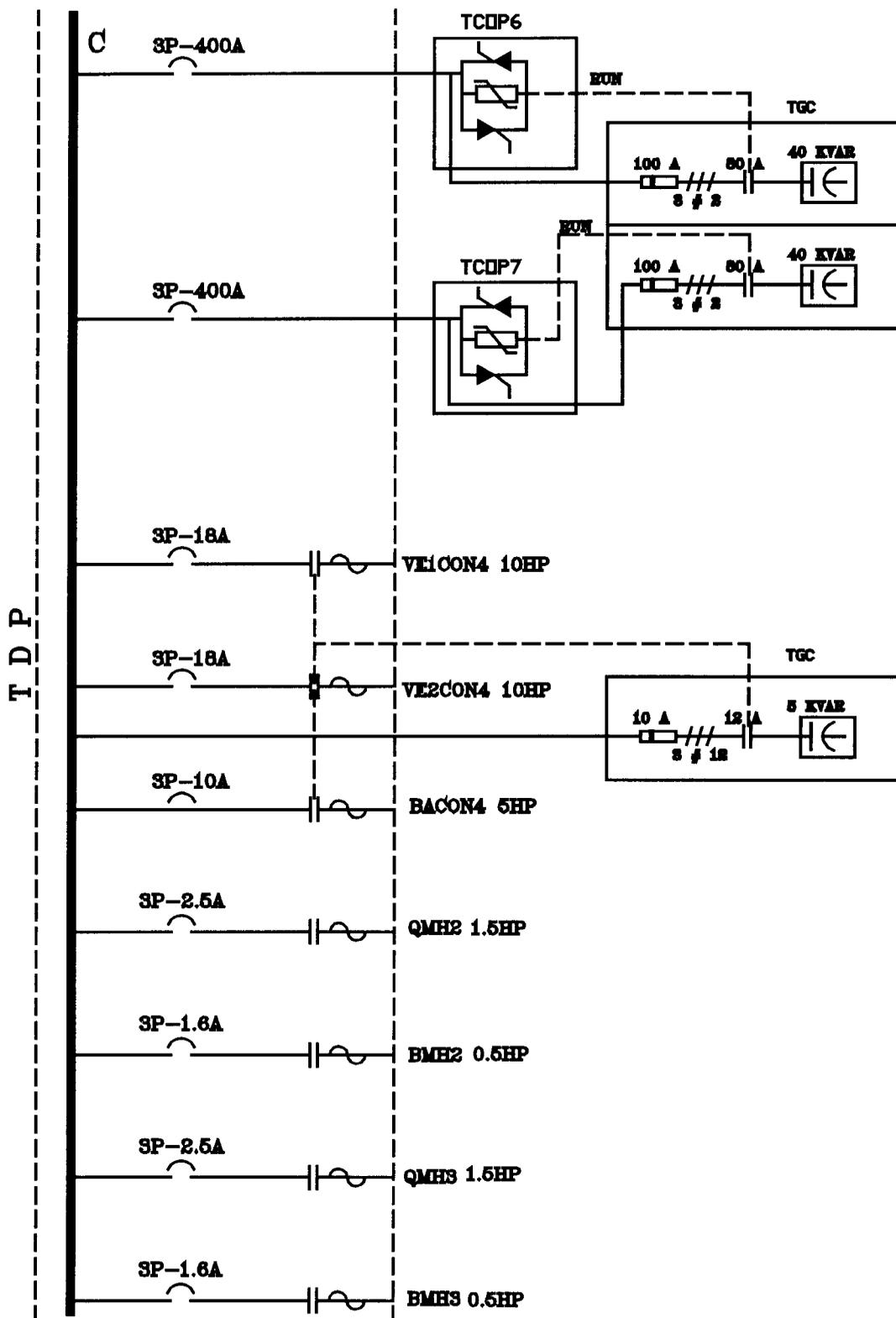


Figura 5.5 CORRECCIÓN FACTOR DE POTENCIA PROYECTO III

variación del factor de potencia solo de la sala de máquinas # 2 que es la que en realidad agrupa los equipos analizados en este informe técnico.

Cabe notar que en Diciembre de 1998 el factor de potencia general de la planta mejoró sin contar con un aporte significativo de la sala # 2, esto se debe que comenzamos a realizar ciertos ajustes en la corrección de factor de potencia en la sala # 1 debido a que las nuevas exigencias de factor de potencia subía de 0.9 a 0.92 a nivel Nacional.

Los datos obtenidos en la Tabla XIII es tomando en consideración a plena carga, los valores de factor de potencia es superior llegando hasta 0.945 en cargas bajas.

TABLA XIII

RESULTADOS OBTENIDOS DE FACTOR DE POTENCIA

FECHA	PROYECTO	FP GENERAL	FP SALA 2
Nov-96	X	0.9-0.91	X
Nov-97	I	0.91-0.92	0.92
Dec-98	II	0.917-0.922	0.915
Jul-99	III	0.922-0.93	0.93

CAPÍTULO 6

6. PUESTA EN MARCHA DEL SISTEMA

Una vez terminada la instalación tanto mecánica como eléctrica de los equipos se procede a las pruebas de arranque y puesta en marcha del sistema instalado. Para la ejecución de este proceso el Ingeniero Eléctrico tiene un papel fundamental en el éxito de este paso culminante del proyecto, pero para tener éxito debe haber seguido ciertas normas y pasos en el transcurso de las instalaciones, pasos que se detallan a continuación.

6.1 Normas a Seguir en la Ejecución de una Instalación Eléctrica

- 1.- El Ingeniero Eléctrico debe reunir a todo su equipo de trabajo e indicarles todas las normas de instalación y explicarles todo el proyecto.
- 2.- Durante la ejecución de la instalación se debe llevar un control sobre los operarios que realizan las instalaciones, verificando que están cumpliendo las normas establecidas en el diseño y las normas

establecidas para el tipo de instalación que están realizando, es común encontrar principalmente cuando se trata de personal inexperto y sin asesoramiento continuo, que cambian los calibres de los conductores o utilizan otro tipo de recorrido que no fue el diseñado esto afectará al buen funcionamiento de todo el sistema, verificar cantidad y calidad de conductores así como sus interconexiones, verificar estanqueidad en las cajas de conexiones, verificar que no existan empalmes en la mitad del recorrido del conductor y peor aún si este empalme se encuentra en el interior de un tubo.

3.- En la adquisición de los materiales es imperativo que al ordenar la compra se la realice indicando todas las especificaciones técnicas y preferentemente indicar al proveedor el número de catálogo de cada elemento. Es muy común encontrar materiales que no cumplen con los requisitos de diseño porque fueron mal solicitado, por ejemplo, no basta con pedir un contactor trifásico para 25 Amperios, esto puede ser mal interpretado, le pueden vender un contactor para 25 Amperios resistivos, la bobina de accionamiento puede ser de un voltaje diferente al diseñado. En los conductores pasa algo parecido, si se estableció el uso de conductores de múltiples hilos o tipo flexibles, le pueden entregar un conductor tipo alambre o rígido y si el operario no está también enterado lo instalará. Con los disyuntores es más importante todavía verificar si lo adquirido cumple con las especificaciones técnicas, el revisar el nivel de

voltaje de trabajo y la corriente de corto circuito del disyuntor es muy importante. Referente a los mecanismos de protección como relés de sobrecarga, deben cumplir los requerimientos tanto de rango de amperajes como también la condición de diferenciales. En definitiva el Ingeniero Eléctrico debe aprobar todos los materiales que se utilizarán en el proyecto.

4.- Es imperativo entregar los diseños tanto de control como de fuerza bien detallados y con la mayor información posible, uno de los mayores errores encontrados en arrancar o probar un sistema es la mala interpretación de planos y diseños. Tal vez en la actualidad con la ayuda de los programas de computadora el Ingeniero Eléctrico realice los diseños él mismo como fue en este caso, pero sin embargo en la mayoría de los casos los diseños son pasados a limpio por un dibujante que no tienen nociones de electricidad y por lo tanto un error de dibujo puede ser la diferencia entre el buen o mal funcionamiento de un sistema, el Ingeniero Eléctrico debe aprobar los planos antes de ser entregados a los operarios que realizan la instalación.

5.- Trabajar en base a un organigrama establecido y no permitir que un evento sea realizado por personas distintas en diferentes días, esto es, supongamos que se asigna al operario A que realice las instalaciones de control de las máquinas de hielo desde el tablero de distribución principal a los equipos y esta persona comienza a trabajar y en la mitad de su

trabajo falta y se designa otra persona B que se encontraba realizando otro evento, es muy probable que ocurra un error en la conexión si la persona B interpreta y se rige por las marcaciones en los conductores que realizó la persona A, para que la persona B pueda realizar correctamente el trabajo debe revisar primero lo que realizó la persona A para luego seguir con la instalación. En estos casos es preferible esperar al otro día que regrese la persona A y termine el trabajo.

6.- Antes de energizar cualquier sistema el Ingeniero Eléctrico responsable de las instalaciones debe revisar visualmente e instrumentalmente (continuidad) todas las instalaciones tanto de fuerza como de control para esto los conductores tanto de fuerza como de control no deben estar conectados a ninguna carga ya que la continuidad que presentarán las cargas darán errores en las lecturas, una vez comprobado se puede conectar a las cargas.

7.- Psicológicamente el Ingeniero Eléctrico no debe dejarse ganar por la presión del trabajo y dejar pasar estos aspectos por la premura de terminar las instalaciones, los errores cometidos por el apuro no conllevan a nada y está en juego su prestigio de un trabajo bien realizado y dentro de todas las normas técnicas y de seguridad.

6.2 Pasos para las Pruebas de una Instalación Eléctrica

Una vez que las instalaciones están comprobadas de acuerdo al numeral 6 indicado anteriormente se procede a comprobar el funcionamiento de

las instalaciones para eso se debe realizar lo siguiente:

1.- Se divide las instalaciones en sectores bien definidos y se energiza el sistema de control solo del sector que se va a probar, no energizar fuerza, para esto se ha comprobado con anterioridad que todos los conductores están debidamente conectados a sus elementos y en este caso muy particular verificar que todas la bobinas de las electroválvulas estén colocadas en su sitio ya que si energizamos las bobinas sin el núcleo de hierro en el campo magnético, esta se funde.

2.- Se comprueban todas las funciones de control y se determina si su funcionamiento es el esperado. Para este paso es importante simular muchos eventos, recomiendo no realizar puentes eléctricos simulando un evento en un determinado elemento de control, muchas veces la instalación eléctrica está bien realizada pero el instrumento no está en optimas condiciones por ende se debe pedir asistencia de la persona responsable de la parte mecánica para que conjuntamente realicen las pruebas de control, por ejemplo, si se debe simular un alto nivel de amoniaco en un tanque y este tiene un interruptor magnético actuado por un vástago acoplado en una boya, para simular este elemento se retira la parte superior del mecanismo y se introduce un hierro para hacer accionar el interruptor, con esto al mismo tiempo que estamos probando el sistema de control, estamos confirmando que el mecanismo del interruptor no está trabado y funciona correctamente. Casi todos los

elementos de control como presostatos, termostatos, detectores de nivel, proximidad, etc. tienen una manera de verificar su funcionamiento, no realizar puentes eléctricos, referirse a los catálogos o información técnicas de los elementos y comprobar sus instalaciones realizando la simulación de acuerdo a lo que indica cada fabricante.

3.- Previo a la energización de sistemas adquiridos en el exterior a través de un representante local (caso de los microprocesadores de los compresores de tornillo) es importante solicitar la presencia de este representante para que corrobore la secuencia de pruebas. Esto mas que una asistencia es una obligación por efectos de garantías Internacionales ya que todos los proveedores están en la obligación de dar.

4.- Una vez realizadas todas las pruebas de control y haber simulado todos los eventos posibles el siguiente paso es calibrar todos los elementos que así lo requiera, relés de sobrecarga, relés de protección integral de motores tipo KL1, ingreso de parámetros en los microprocesadores de los compresores, presostátos, termostátos, equipos de protección de fallas trifásicas, etc. Es muy importante realizar un protocolo de regulación e ingreso de parámetros en los distintos sistemas, debe dejarse bien asentados todos los valores ingresados o regulados con firma de responsabilidad.

5.- Con la prueba del sistema de control también se han probado los

distintos arranques de los motores pero sin fuerza, a excepción de los arranques de estado sólido, si hemos cumplido con todos los pasos anteriores ya podemos conectar los disyuntores de fuerza, pero motor por motor y en lo posible principalmente en los motores de los compresores, deben estar desconectados de sus cargas, solo se probarán estos motores en vacío.

Al arrancar motor por motor se debe primero comprobar su sentido de giro y luego que el giro es el correcto se debe medir el amperaje de consumo de cada uno de ellos para comprobar su buen funcionamiento y estado.

Es muy importante en este paso tener la colaboración del responsable de los elementos mecánicos para comprobar su estado, por ejemplo en el caso de un reductor comprobar que este tenga aceite, en el caso de un ventilador, comprobar que esté debidamente asegurado a su base de fijación, recordar que en todo lado hay personas y como personas son susceptibles de equivocaciones, no subestimar a un equipo porque fue construido en el exterior y por tanto no puede tener errores en su fabricación o montaje, verificar siempre.

Si el Ingeniero Eléctrico ha realizado todos estos pasos a consciencia debe estar seguro que en la puesta en marcha no tendrá ningún problema, pero siempre en una puesta en marcha habrá alguno, no necesariamente debido a una mala instalación o diseño sino debido a

otros factores, pero si el Ingeniero Eléctrico conoce el sistema, él lo diseñó y lo instaló, ha estudiado y participado del proyecto desde su inicio estará debidamente capacitado para resolver cualquier eventualidad que se presente tanto en la puesta en marcha como en el normal funcionamiento de los equipos.

6.3 Problemas Encontrados y Problemas Solucionados

En la puesta en marcha y en el funcionamiento de los sistemas y equipos explicados en los capítulos anteriores, nos encontramos con los siguientes problemas:

1.- Una vez que arrancamos el compresor COP1, este funcionó sin ningún problema, pero pasado unos días este compresor se paró intempestivamente, se revisó en la pantalla del microprocesador y este indicaba “ Comp. Auxiliary”, esto indicaba que el microprocesador detectó que el contacto entre los terminales 5 y 20 se abrió, mientras el compresor estaba funcionando, sabemos que este contacto proviene del contactor de arranque del motor, esto indicaba que el motor se desconectó en pleno funcionamiento. Para continuar con el funcionamiento del compresor se conectó a la alternativa de arranque eliminando el sistema KL1, el compresor arrancó normalmente comprobando que el mal funcionamiento era el sistema KL1. Se procedió a desarmar el microprocesador y detectamos que el problema se suscitó por el daño en la pila que retiene la programación del KL1, se reparó el

daño, se colocó una pila nueva y el sistema funcionó sin ningún problema.

2.- En el mismo compresor COP1 se presenta un problema que no regulaba su capacidad, ni en forma manual ni en automático, chequeamos las señales de voltaje que enviaba el microprocesador hacia las bobinas de control de capacidad y estas estaban correctas, procedimos entonces a revisar las bobinas, encontrando una de ellas sin continuidad, o sea el embobinado se había abierto en algún sitio, procedimos a reemplazarla pero nos encontramos con la novedad que no existía la bobina con el voltaje de 220 voltios sino de 110 voltios, se procedió entonces a adquirir un transformador monofásico de 0.5 KVA con relación de transformación 220/110 voltios y un contactor de control con bobina de 220 voltios, de esta manera se energizó en transformador con 220 voltios y la salida de 110 voltios la pasamos por los contactos del contactor y alimentamos la bobina de 110 voltios, la señal que envía el microprocesador a través de los terminales 15 y 2 es conectada a la bobina del contactor y este conecta los 110 voltios a la bobina en el momento que el microprocesador da la orden de variar la capacidad del compresor.

3.- En el momento de arrancar el túnel espiral, este presentó un fallo en la pantalla que indicaba “ Main Power Supply Faulty “, esto quiere decir, falla de la fuente de poder de 24 voltios. Procedimos a verificar el

funcionamiento de la fuente de poder y esta se encontraba funcionando perfectamente a lo que voltaje se refiere, revisamos la alimentación de 24 voltios al autómatas o PLC del sistema y también el voltaje estaba correcto, procedimos a analizar los diagramas del equipo y nos dimos cuenta que existe en las señales digitales de entrada, específicamente en el puerto 0.18 una señal que proviene de la fuente de poder, señal que estaba inhabilitada, en este caso no pudimos reparar la tarjeta que envía dicha señal por consiguiente hubo que desconectarla, previo a la verificación de que la fuente de poder estaba trabajando correctamente.

4.- En el mismo sistema del túnel espiral, pero después de algunos años de funcionamiento normal y posterior a un corte de energía eléctrica por parte de Emelgur, al tratar de restablecer el sistema nos encontramos con la novedad de que en la pantalla anunciaba “ Communication Loss “. Habíamos perdido la información tanto de la pantalla como del autómatas y al mismo tiempo la fuente de poder se había dañado, procedimos a llamar a los representantes locales y ellos nos contactaron con la oficina técnica de York International en México, explicado el problema ellos nos enviaron vía internet el programa de la pantalla y por correo el cable de conexión requerido para poder cargar el programa desde una computadora hacia la pantalla, resolvimos el problema de la memoria en la pantalla cargando nuevamente el programa y referente al autómatas un representante del Grupo Schneider nos asistió en reactivar el mismo, ya

que estos autómatas contienen dos memorias tipo Epron y a través de una computadora se puede reactivar el programa de respaldo. De esta manera y después de cambiar la fuente de poder con otra adquirida localmente se solucionó el problema y el equipo está funcionando sin ninguna novedad.

5.- En el compresor COP2 se presentó un mal funcionamiento debido a que el teclado no respondía a los comandos, procedimos a retirar el teclado y comprobamos que este no obedecía a los pulsos realizados, después de abrirlo completamente, estudiamos su funcionamiento y lo reemplazamos por uno de otro equipo completamente diferente, pero realizando las adaptaciones requeridas pudimos poner en funcionamiento el equipo hasta adquirir el teclado original.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1. Se demuestra en este Informe Técnico que la presencia y participación del Ing. Eléctrico desde el inicio de un proyecto es fundamental para que la concepción de la idea culmine con éxito en todos los aspectos.
2. Se denota la importancia de que el Ing. Eléctrico conozca los principios básicos de funcionamiento de los equipos que conforman el proyecto y las condiciones para los cuales fueron diseñados, para que de esa manera aporte con soluciones prácticas y técnicas adecuadas.
3. El conocimiento del área en la que se está trabajando implica la investigación de la existencia de elementos diseñados para muchos propósitos, elementos cuya utilización deben ser considerados en el diseño eléctrico.
4. Muchas veces no basta con indicar al proveedor las especificaciones eléctricas que requiere de los equipos, un seguimiento es requerido.

Tenemos el caso del arranque solicitado para el compresor COP3, que se lo especificó Y-D transición cerrada y lo enviaron en transición abierta, del mismo modo el voltaje de control fue de 110 V en algunos de los compresores, esto es debido a que en muchos Estados de U.S.A. el estándar es ese y a los fabricantes se les dificulta desviar su línea de producción, pero si realizamos un seguimiento durante la fabricación y exigimos que se cumplan nuestras normas ellos las tendrán que cumplir, es muy difícil rechazar un tablero en medio de una instalación porque esto atrasa considerablemente el proyecto, en estos casos se realizó un análisis técnico del problema y se consideró que el cambio de voltaje de control y la transición abierta no afectaban al normal funcionamiento de los equipos.

5. Es muy importante una buena administración del proyecto y seguir los pasos de control y pruebas de una instalación eléctrica, de esta manera se reducirán al mínimo los problemas de arranque y puesta en marcha.
6. El Ing. Eléctrico debe considerar la utilización de información ya existente y de programas desarrollados para muchos cálculos y propósitos eléctricos, de esta manera el uso de estas herramientas facilitan su labor.

APÉNDICES

APÉNDICE A

TABLA DE CONVERSIÓN PARA GRADOS CENTIGRADOS Y FAHRENHEIT

Cent.	Temp.	Fahr.	Cent.	Temp.	Fahr.	Cent.	Temp.	Fahr.	Cent.	Temp.	Fahr.	Cent.	Temp.	Fahr.
-73.2	-100	-148.0	-29.3	-21	-5.8	-4.44	24	75.2	20.0	68	154.4	44.5	112	233.6
-67.6	-90	-130.0	-28.8	-20	-4.0	-3.89	25	77.0	20.6	69	156.2	45.1	113	235.4
-62.1	-80	-112.0	-28.2	-19	-2.2	-3.33	26	78.8	21.1	70	158.0	45.6	114	237.2
-59.3	-75	-103.0	-27.7	-18	-0.4	-2.78	27	80.6	21.7	71	159.8	46.2	115	239.0
-56.5	-70	-94.0	-27.1	-17	1.4	-2.22	28	82.4	22.2	72	161.6	46.7	116	240.8
-53.7	-65	-85.0	-26.5	-16	3.2	-1.67	29	84.2	22.8	73	163.4	47.3	117	242.6
-51.0	-60	-76.0	-26.0	-15	5.0	-1.11	30	86.0	23.3	74	165.2	47.8	118	244.4
-50.4	-59	-74.2	-25.4	-14	6.8	-0.56	31	87.8	23.9	75	167.0	48.4	119	246.2
-49.9	-58	-72.4	-24.9	-13	8.6	0	32	89.6	24.4	76	168.8	48.9	120	248.0
-49.3	-57	-70.6	-24.3	-12	10.4	0.56	33	91.4	25.0	77	170.6	49.5	121	249.8
-48.7	-56	-68.8	-23.8	-11	12.2	1.11	34	93.2	25.6	78	172.4	50.1	122	251.6
-48.2	-55	-67.0	-23.2	-10	14.0	1.67	35	95.0	26.1	79	174.2	50.6	123	253.4
-47.6	-54	-65.2	-22.7	-9	15.8	2.22	36	96.8	26.7	80	176.0	51.2	124	255.2
-47.1	-53	-63.4	-22.1	-8	17.6	2.78	37	98.6	27.2	81	177.8	51.7	125	257.0
-46.5	-52	-61.6	-21.5	-7	19.4	3.33	38	100.4	27.8	82	179.6	52.3	126	258.8
-46.0	-51	-59.8	-21.0	-6	21.2	3.89	39	102.2	28.3	83	181.4	52.8	127	260.6
-45.4	-50	-58.0	-20.4	-5	23.0	4.44	40	104.0	28.9	84	183.2	53.4	128	262.4
-44.9	-49	-56.2	-19.9	-4	24.8	5.00	41	105.8	29.4	85	185.0	53.9	129	264.2
-44.3	-48	-54.4	-19.3	-3	26.6	5.56	42	107.6	30.0	86	186.8	54.0	130	266.0
-43.7	-47	-52.6	-18.8	-2	28.4	6.11	43	109.4	30.6	87	188.6	57.3	135	275.0
-43.2	-46	-50.8	-18.3	-1	30.2	6.67	44	111.2	31.1	88	190.4	60.0	140	284.0
-42.6	-45	-49.0	-17.8	0	32.0	7.22	45	113.0	31.7	89	192.2	62.8	145	293.0
-42.1	-44	-47.2	-17.2	1	33.8	7.78	46	114.8	32.2	90	194.0	66.0	150	302.0
-41.5	-43	-45.4	-16.7	2	35.6	8.33	47	116.6	32.8	91	195.8	68.4	155	311.0
-41.0	-42	-43.6	-16.1	3	37.4	8.89	48	118.4	33.3	92	197.6	71.0	160	320.0
-40.4	-41	-41.8	-15.6	4	39.2	9.44	49	120.2	33.9	93	199.4	73.9	165	329.0
-40.0	-40	-40.0	-15.0	5	41.0	10.0	50	122.0	34.4	94	201.2	77.0	170	338.0
-39.3	-39	-38.2	-14.4	6	42.8	10.6	51	123.8	35.0	95	203.0	79.5	175	347.0
-38.8	-38	-36.4	-13.9	7	44.6	11.1	52	125.6	35.6	96	204.8	82.0	180	356.0
-38.2	-37	-34.6	-13.3	8	46.4	11.7	53	127.4	36.1	97	206.6	85.0	185	365.0
-37.6	-36	-32.8	-12.8	9	48.2	12.2	54	129.2	36.7	98	208.4	88.0	190	374.0
-37.1	-35	-31.0	-12.2	10	50.0	12.8	55	131.0	37.2	99	210.2	90.6	195	383.0
-36.5	-34	-29.2	-11.7	11	51.8	13.3	56	132.8	37.8	100	212.0	93.0	200	392.0
-36.0	-33	-27.4	-11.1	12	53.6	13.9	57	134.6	38.4	101	213.8	99.0	210	410.0
-35.4	-32	-25.6	-10.6	13	55.4	14.4	58	136.4	39.0	102	215.6	100.0	212	413.0
-34.9	-31	-23.8	-10.0	14	57.2	15.0	59	138.2	39.5	103	217.4	104.0	220	428.0
-34.3	-30	-22.0	-9.44	15	59.0	15.6	60	140.0	40.1	104	219.2	110.0	230	446.0
-33.8	-29	-20.2	-8.89	16	60.8	16.1	61	141.8	40.6	105	221.0	116.0	240	464.0
-33.2	-28	-18.4	-8.33	17	62.6	16.7	62	143.6	41.2	106	222.8	121.0	250	482.0
-32.6	-27	-16.6	-7.78	18	64.4	17.2	63	145.4	41.7	107	224.6	127.0	260	500.0
-32.1	-26	-14.8	-7.22	19	66.2	17.8	64	147.2	42.3	108	226.4	132.0	270	518.0
-31.5	-25	-13.0	-6.67	20	68.0	18.3	65	149.0	42.8	109	228.2	138.0	280	536.0
-31.0	-24	-11.2	-6.11	21	69.8	18.9	66	150.8	43.4	110	230.0	143.0	290	554.0
-30.4	-23	-9.4	-5.56	22	71.6	19.4	67	152.6	43.9	111	231.8	149.0	300	572.0
-29.9	-22	-7.6	-5.00	23	73.4									

APÉNDICE B

PROPIEDADES TERMODINÁMICAS DEL AMONIACO (De -60°F a -1°F)

Temp. - °F	Pressure - Lb. per Sq. In.		Volume - Cu. Ft. per Lb.		Density - Lb. per Cu. Ft.		Enthalpy - Btu per Lb.			Entropy - Btu per (Lb.) (°R)		Temp. - °F
	t	Absolute P	Gage P	Liquid v _f	Vapor v _g	Liquid 1/v _f	Vapor 1/v _g	Liquid h _f	Latent h _{fg}	Vapor h _g	Liquid s _f	
-60	5.55	18.6*	0.02278	44.73	43.91	0.02235	-21.2	610.8	589.6	-0.0517	1.4769	-60
-59	5.74	18.2*		43.37		.02306	-20.1	610.1	590.0	-.0490	1.4741	-59
-58	5.93	17.8*		42.05		.02378	-19.1	609.5	590.4	-.0464	1.4713	-58
-57	6.13	17.4*		40.79		.02452	-18.0	608.8	590.8	-.0438	1.4686	-57
-56	6.33	17.0*		39.56		.02528	-17.0	608.2	591.2	-.0412	1.4658	-56
-55	6.54	16.6*	0.02288	38.38	43.70	0.02605	-15.9	607.5	591.6	-0.0386	1.4631	-55
-54	6.75	16.2*		37.24		.02685	-14.8	606.9	592.1	-.0360	1.4604	-54
-53	6.97	15.7*		36.15		.02766	-13.8	606.2	592.4	-.0334	1.4577	-53
-52	7.20	15.3*		35.09		.02850	-12.7	605.6	592.9	-.0307	1.4551	-52
-51	7.43	14.8*		34.06		.02936	-11.7	604.9	593.2	-.0281	1.4524	-51
-50	7.67	14.3*	0.02299	33.08	43.49	0.03023	-10.6	604.3	593.7	-0.0256	1.4497	-50
-49	7.91	13.8*		32.12		.03113	-9.6	603.6	594.0	-.0230	1.4471	-49
-48	8.16	13.3*		31.20		.03205	-8.5	602.9	594.4	-.0204	1.4445	-48
-47	8.42	12.8*		30.31		.03299	-7.4	602.3	594.9	-.0179	1.4419	-47
-46	8.68	12.2*		29.45		.03395	-6.4	601.6	595.2	-0.0153	1.4393	-46
-45	8.95	11.7*	0.02310	28.62	43.28	0.03494	-5.3	600.9	595.6	-0.0127	1.4368	-45
-44	9.23	11.1*		27.82		.03595	-4.3	600.3	596.0	-.0102	1.4342	-44
-43	9.51	10.6*		27.04		.03698	-3.2	599.6	596.4	-.0076	1.4317	-43
-42	9.81	10.0*		26.29		.03804	-2.1	598.9	596.8	-.0051	1.4292	-42
-41	10.10	9.3*		25.56		.03912	-1.1	598.3	597.2	-.0025	1.4267	-41
-40	10.41	8.7*	0.02322	24.86	43.07	0.04022	0.0	597.6	597.6	0.0000	1.4242	-40
-39	10.72	8.1*		24.18		.04135	1.1	596.9	598.0	.0025	1.4217	-39
-38	11.04	7.4*		23.53		.04251	2.1	596.2	598.3	.0051	1.4193	-38
-37	11.37	6.8*		22.89		.04369	3.2	595.5	598.7	.0076	1.4169	-37
-36	11.71	6.1*		22.27		.04489	4.3	594.8	599.1	.0101	1.4144	-36
-35	12.05	5.4*	0.02333	21.68	42.86	0.04613	5.3	594.2	599.5	0.0126	1.4120	-35
-34	12.41	4.7*		21.10		.04739	6.4	593.5	599.9	.0151	1.4096	-34
-33	12.77	3.9*		20.54		.04868	7.4	592.8	600.2	.0176	1.4072	-33
-32	13.14	3.2*		20.00		.04999	8.5	592.1	600.6	.0201	1.4048	-32
-31	13.52	2.4*		19.48		.05134	9.6	591.4	601.0	.0226	1.4025	-31
-30	13.90	1.6*	0.02345	18.97	42.65	0.05271	10.7	590.7	601.4	0.0250	1.4001	-30
-29	14.30	0.8*		18.48		.05411	11.7	590.0	601.7	.0275	1.3978	-29
-28	14.71	0.0		18.00		.05555	12.8	589.3	602.1	.0300	1.3955	-28
-27	15.12	0.4		17.54		.05701	13.9	588.6	602.5	.0325	1.3932	-27
-26	15.55	0.8		17.09		.05850	14.9	587.9	602.8	.0350	1.3909	-26
-25	15.98	1.3	0.02357	16.66	42.44	0.06003	16.0	587.2	603.2	0.0374	1.3886	-25
-24	16.42	1.7		16.24		.06158	17.1	586.5	603.6	.0399	1.3863	-24
-23	16.88	2.2		15.83		.06317	18.1	585.8	603.9	.0423	1.3840	-23
-22	17.34	2.6		15.43		.06479	19.2	585.1	604.3	.0448	1.3818	-22
-21	17.81	3.1		15.05		.06644	20.3	584.3	604.6	.0472	1.3796	-21
-20	18.30	3.6	0.02369	14.68	42.22	0.06813	21.4	583.6	605.0	0.0497	1.3774	-20
-19	18.79	4.1		14.32		.06985	22.4	582.9	605.3	.0521	1.3752	-19
-18	19.30	4.6		13.97		.07161	23.5	582.2	605.7	.0545	1.3729	-18
-17	19.81	5.1		13.62		.07340	24.6	581.5	606.1	.0570	1.3708	-17
-16	20.34	5.6		13.29		.07522	25.6	580.8	606.4	.0594	1.3686	-16
-15	20.88	6.2	0.02381	12.97	42.00	0.07709	26.7	580.0	606.7	0.0618	1.3664	-15
-14	21.43	6.7		12.66		.07898	27.8	579.3	607.1	.0642	1.3643	-14
-13	21.99	7.3		12.36		.08092	28.9	578.6	607.5	.0666	1.3621	-13
-12	22.56	7.9		12.06		.08289	30.0	577.8	607.8	.0690	1.3600	-12
-11	23.15	8.5		11.78		.08490	31.0	577.1	608.1	.0714	1.3579	-11
-10	23.74	9.0	0.02393	11.50	41.78	0.08695	32.1	576.4	608.5	0.0738	1.3558	-10
-9	24.35	9.7		11.23		.08904	33.2	575.6	608.8	.0762	1.3537	-9
-8	24.97	10.3		10.97		.09117	34.3	574.9	609.2	.0786	1.3516	-8
-7	25.61	10.9		10.71		.09334	35.4	574.1	609.5	.0809	1.3495	-7
-6	26.26	11.6		10.47		.09555	36.4	573.4	609.8	.0833	1.3474	-6
-5	26.92	12.2	0.02406	10.23	41.56	0.09780	37.5	572.6	610.1	0.0857	1.3454	-5
-4	27.59	12.9		9.991		.1001	38.6	571.9	610.5	.0880	1.3433	-4
-3	28.28	13.6		9.763		.1024	39.7	571.1	610.8	.0904	1.3413	-3
-2	28.98	14.3		9.541		.1048	40.7	570.4	611.1	.0928	1.3393	-2
-1	29.69	15.0		9.326		.1072	41.8	569.6	611.4	.0951	1.3372	-1

* Inches of mercury below one atmosphere

APÉNDICE C

PROPIEDADES TERMODINÁMICAS DEL AMONIACO
(De 0°F a 59°F)

Temp. - ° F t	Pressure - Lb. per Sq. In.		Volume - Cu. Ft. per Lb.		Density - Lb. per Cu. Ft.		Enthalpy - Btu per Lb.			Entropy - Btu per (Lb.) (° R)		Temp. - ° F t
	Absolute P	Gage p	Liquid v _f	Vapor v _g	Liquid 1/v _f	Vapor 1/v _g	Liquid h _f	Latent h _{fg}	Vapor h _g	Liquid s _f	Vapor s _g	
0	30.42	15.7	0.02419	9.116	41.34	0.1097	42.9	568.9	611.8	0.0975	1.3352	0
1	31.16	16.5		8.912		.1122	44.0	568.1	612.1	.0998	1.3332	1
2	31.92	17.2		8.714		.1148	45.1	567.3	612.4	.1022	1.3312	2
3	32.69	18.0		8.521		.1174	46.2	566.5	612.7	.1045	1.3292	3
4	33.47	18.8		8.333		.1200	47.2	565.8	613.0	.1069	1.3273	4
5	34.27	19.6	0.02432	8.150	41.11	0.1227	48.3	565.0	613.3	0.1092	1.3253	5
6	35.09	20.4		7.971		.1254	49.4	564.2	613.6	.1115	1.3234	6
7	35.92	21.2		7.798		.1282	50.5	563.4	613.9	.1138	1.3214	7
8	36.77	22.1		7.629		.1311	51.6	562.7	614.3	.1162	1.3195	8
9	37.63	22.9		7.464		.1340	52.7	561.9	614.6	.1185	1.3176	9
10	38.51	23.8	0.02446	7.304	40.89	0.1369	53.8	561.1	614.9	0.1208	1.3157	10
11	39.40	24.7		7.148		.1399	54.9	560.3	615.2	.1231	1.3137	11
12	40.31	25.6		6.996		.1429	56.0	559.5	615.5	.1254	1.3118	12
13	41.24	26.5		6.847		.1460	57.1	558.7	615.8	.1277	1.3099	13
14	42.18	27.5		6.703		.1492	58.2	557.9	616.1	.1300	1.3081	14
15	43.14	28.4	0.02460	6.562	40.66	0.1524	59.2	557.1	616.3	0.1323	1.3062	15
16	44.12	29.4		6.425		.1556	60.3	556.3	616.6	.1346	1.3043	16
17	45.12	30.4		6.291		.1590	61.4	555.5	616.9	.1369	1.3025	17
18	46.13	31.4		6.161		.1623	62.5	554.7	617.2	.1392	1.3006	18
19	47.16	32.5		6.034		.1657	63.6	553.9	617.5	0.1415	1.2988	19
20	48.21	33.5	0.02474	5.910	40.43	0.1692	64.7	553.1	617.8	0.1437	1.2969	20
21	49.28	34.6		5.789		.1728	65.8	552.2	618.0	.1460	1.2951	21
22	50.36	35.7		5.671		.1763	66.9	551.4	618.3	.1483	1.2933	22
23	51.47	36.8		5.556		.1800	68.0	550.6	618.6	.1505	1.2915	23
24	52.59	37.9		5.443		.1837	69.1	549.8	618.9	.1528	1.2897	24
25	53.73	39.0	0.02488	5.334	40.20	0.1875	70.2	548.9	619.1	0.1551	1.2879	25
26	54.90	40.2		5.227		.1913	71.3	548.1	619.4	.1573	1.2861	26
27	56.08	41.4		5.123		.1952	72.4	547.3	619.7	.1596	1.2843	27
28	57.28	42.6		5.021		.1992	73.5	546.4	619.9	.1618	1.2825	28
29	58.50	43.8		4.922		.2032	74.6	545.6	620.2	.1641	1.2808	29
30	59.74	45.0	0.02503	4.825	39.96	0.2073	75.7	544.8	620.5	0.1663	1.2790	30
31	61.00	46.3		4.730		.2114	76.8	543.9	620.7	.1686	1.2773	31
32	62.29	47.6		4.637		.2156	77.9	543.1	621.0	.1708	1.2755	32
33	63.59	48.9		4.547		.2199	79.0	542.2	621.2	.1730	1.2738	33
34	64.91	50.2		4.459		.2243	80.1	541.4	621.5	.1753	1.2721	34
35	66.26	51.6	0.02518	4.373	39.72	0.2287	81.2	540.5	621.7	0.1775	1.2704	35
36	67.63	52.9		4.289		.2332	82.3	539.7	622.0	.1797	1.2686	36
37	69.02	54.3		4.207		.2377	83.4	538.8	622.2	.1819	1.2669	37
38	70.43	55.7		4.126		.2423	84.6	537.9	622.5	.1841	1.2652	38
39	71.87	57.2		4.048		.2470	85.7	537.0	622.7	.1863	1.2635	39
40	73.32	58.6	0.02533	3.971	39.49	0.2518	86.8	536.2	623.0	0.1885	1.2618	40
41	74.80	60.1		3.897		.2566	87.9	535.3	623.2	.1908	1.2602	41
42	76.31	61.6		3.823		.2616	89.0	534.4	623.4	.1930	1.2585	42
43	77.83	63.1		3.752		.2665	90.1	533.6	623.7	.1952	1.2568	43
44	79.38	64.7		3.682		.2716	91.2	532.7	623.9	.1974	1.2552	44
45	80.96	66.3	0.02548	3.614	39.24	0.2767	92.3	531.8	624.1	0.1996	1.2535	45
46	82.55	67.9		3.547		.2819	93.5	530.9	624.4	.2018	1.2519	46
47	84.18	69.5		3.481		.2872	94.6	530.0	624.6	.2040	1.2502	47
48	85.82	71.1		3.418		.2926	95.7	529.1	624.8	.2062	1.2486	48
49	87.49	72.8		3.355		.2981	96.8	528.2	625.0	.2083	1.2469	49
50	89.19	74.5	0.02564	3.294	39.00	0.3036	97.9	527.3	625.2	0.2105	1.2453	50
51	90.91	76.2		3.234		.3092	99.1	526.4	625.5	.2127	1.2437	51
52	92.66	78.0		3.176		.3149	100.2	525.5	625.7	.2149	1.2421	52
53	94.43	79.7		3.119		.3207	101.3	524.6	625.9	.2171	1.2405	53
54	96.23	81.5		3.063		.3265	102.4	523.7	626.1	.2192	1.2389	54
55	98.06	83.4	0.02581	3.008	38.75	0.3325	103.5	522.8	626.3	0.2214	1.2373	55
56	99.91	85.2		2.954		.3385	104.7	521.8	626.5	.2236	1.2357	56
57	101.8	87.1		2.902		.3446	105.8	520.9	626.7	.2257	1.2341	57
58	103.7	89.0		2.851		.3508	106.9	520.0	626.9	.2279	1.2325	58
59	105.6	90.9		2.800		.3571	108.1	519.0	627.1	.2301	1.2310	59

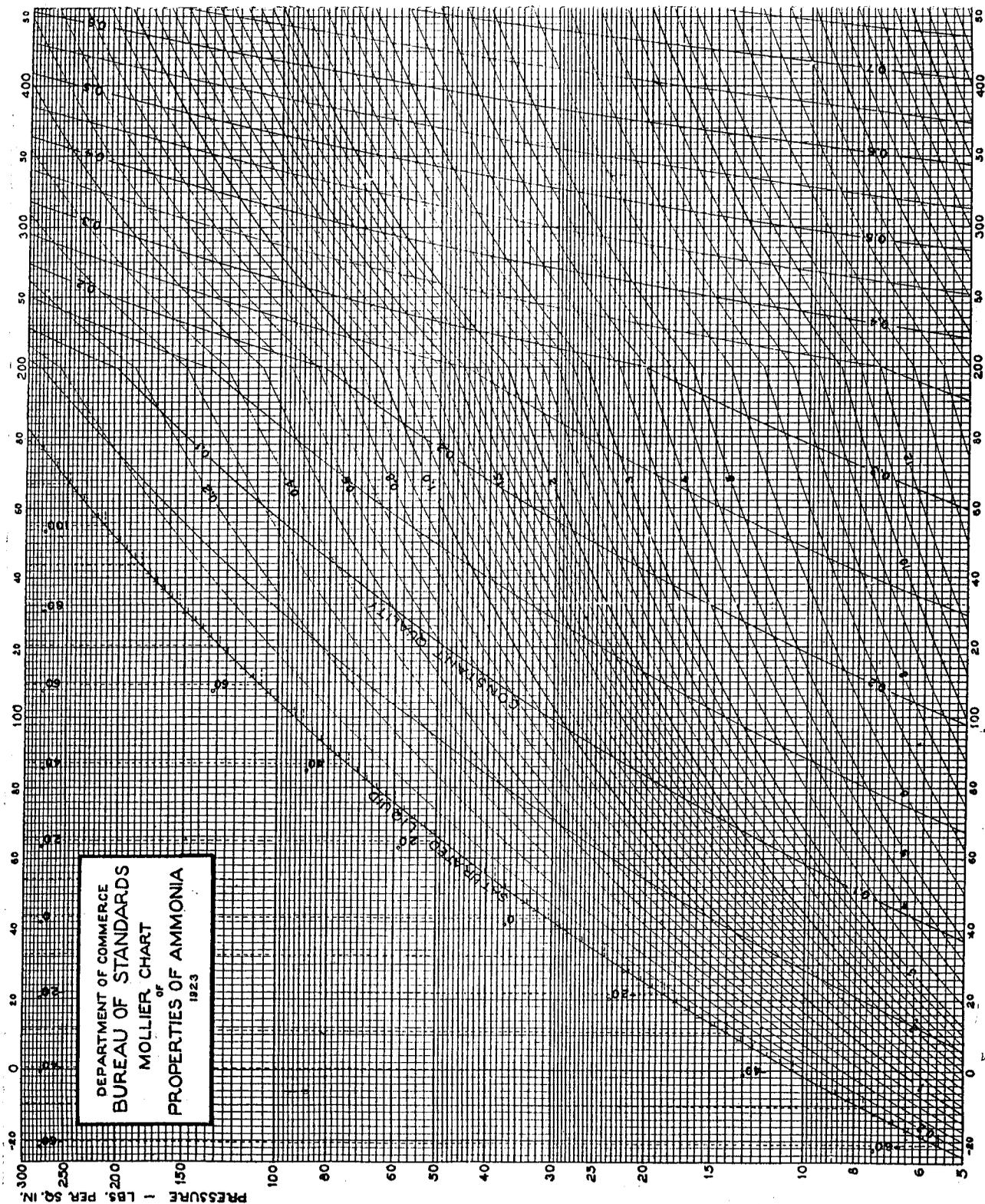
APÉNDICE D

PROPIEDADES TERMODINÁMICAS DEL AMONIACO
(De 60°F a 120°F)

Temp. — ° F	Pressure — Lb. per Sq. In.		Volume — Cu. Ft. per Lb.		Density — Lb. per Cu. Ft.		Enthalpy — Btu per Lb.			Entropy — Btu per (Lb.) (° R)		Temp. — ° F
	t	Absolute P	Gage p	Liquid v_f	Vapor v_g	Liquid $1/v_f$	Vapor $1/v_g$	Liquid h_f	Latent h_{fg}	Vapor h_g	Liquid s_f	
60	107.6	92.9	0.02597	2.751	38.50	0.3635	109.2	518.1	627.3	0.2322	1.2294	60
61	109.6	94.9		2.703		.3700	110.3	517.2	627.5	.2344	1.2278	61
62	111.6	96.9		2.656		.3765	111.5	516.2	627.7	.2365	1.2262	62
63	113.6	98.9		2.610		.3832	112.6	515.3	627.9	.2387	1.2247	63
64	115.7	101.0		2.565		.3899	113.7	514.3	628.0	.2408	1.2231	64
65	117.8	103.1	0.02614	2.520	38.25	0.3968	114.8	513.4	628.2	0.2430	1.2216	65
66	120.0	105.3		2.477		.4037	116.0	512.4	628.4	.2451	1.2201	66
67	122.1	107.4		2.435		.4108	117.1	511.5	628.6	.2473	1.2186	67
68	124.3	109.6		2.393		.4179	118.3	510.5	628.8	.2494	1.2170	68
69	126.5	111.8		2.352		.4251	119.4	509.5	628.9	.2515	1.2155	69
70	128.8	114.1	0.02632	2.312	38.00	0.4325	120.5	508.6	629.1	0.2537	1.2140	70
71	131.1	116.4		2.273		.4399	121.7	507.6	629.3	.2558	1.2125	71
72	133.4	118.7		2.235		.4474	122.8	506.6	629.4	.2579	1.2110	72
73	135.7	121.0		2.197		.4551	124.0	505.6	629.6	.2601	1.2095	73
74	138.1	123.4		2.161		.4628	125.1	504.7	629.8	.2622	1.2080	74
75	140.5	125.8	0.02650	2.125	37.74	0.4707	126.2	503.7	629.9	0.2643	1.2065	75
76	143.0	128.3		2.089		.4786	127.4	502.7	630.1	.2664	1.2050	76
77	145.4	130.7		2.055		.4867	128.5	501.7	630.2	.2685	1.2035	77
78	147.9	133.2		2.021		.4949	129.7	500.7	630.4	.2706	1.2020	78
79	150.5	135.8		1.988		.5031	130.8	499.7	630.5	.2728	1.2006	79
80	153.0	138.3	0.02668	1.955	37.48	0.5115	132.0	498.7	630.7	0.2749	1.1991	80
81	155.6	140.9		1.923		.5200	133.1	497.7	630.8	.2769	1.1976	81
82	158.3	143.6		1.892		.5287	134.3	496.7	631.0	.2791	1.1962	82
83	161.0	146.3		1.861		.5374	135.4	495.7	631.1	.2812	1.1947	83
84	163.7	149.0		1.831		.5462	136.6	494.7	631.3	.2833	1.1933	84
85	166.4	151.7	0.02687	1.801	37.21	0.5552	137.8	493.6	631.4	0.2854	1.1918	85
86	169.2	154.5		1.772		.5643	138.9	492.6	631.5	.2875	1.1904	86
87	172.0	157.3		1.744		.5735	140.1	491.6	631.7	.2895	1.1889	87
88	174.8	160.1		1.716		.5828	141.2	490.6	631.8	.2917	1.1875	88
89	177.7	163.0		1.688		.5923	142.4	489.5	631.9	.2937	1.1860	89
90	180.6	165.9	0.02707	1.661	36.94	0.6019	143.5	488.5	632.0	0.2958	1.1846	90
91	183.6	168.9		1.635		.6116	144.7	487.4	632.1	.2979	1.1832	91
92	186.6	171.9		1.609		.6214	145.8	486.4	632.2	.3000	1.1818	92
93	189.6	174.9		1.584		.6314	147.0	485.3	632.3	.3021	1.1804	93
94	192.7	178.0		1.559		.6415	148.2	484.3	632.5	.3041	1.1789	94
95	195.8	181.1	0.02727	1.534	36.67	0.6517	149.4	483.2	632.6	0.3062	1.1775	95
96	198.9	184.2		1.510		.6620	150.5	482.1	632.6	.3083	1.1761	96
97	202.1	187.4		1.487		.6725	151.7	481.1	632.8	.3104	1.1747	97
98	205.3	190.6		1.464		.6832	152.9	480.0	632.9	.3125	1.1733	98
99	208.6	193.9		1.441		.6939	154.0	478.9	632.9	.3145	1.1719	99
100	211.9	197.2	0.02748	1.419	36.40	0.7048	155.2	477.8	633.0	0.3166	1.1705	100
101	215.2	200.5		1.397		.7159	156.4	476.7	633.1	.3187	1.1691	101
102	218.6	203.9		1.375		.7270	157.6	475.6	633.2	.3207	1.1677	102
103	222.0	207.3		1.354		.7384	158.7	474.6	633.3	.3228	1.1663	103
104	225.4	210.7		1.334		.7498	159.9	473.5	633.4	.3248	1.1649	104
105	228.9	214.2	0.02769	1.313	36.12	0.7615	161.1	472.3	633.4	0.3269	1.1635	105
106	232.5	217.8		1.293		.7732	162.3	471.2	633.5	.3289	1.1621	106
107	236.0	221.3		1.274		.7852	163.5	470.1	633.6	.3310	1.1607	107
108	239.7	225.0		1.254		.7972	164.6	469.0	633.6	.3330	1.1593	108
109	243.3	228.6		1.235		.8095	165.8	467.9	633.7	.3351	1.1580	109
110	247.0	232.3	0.02790	1.217	35.84	0.8219	167.0	466.7	633.7	0.3372	1.1566	110
111	250.8	236.1		1.198		.8344	168.2	465.6	633.8	.3392	1.1552	111
112	254.5	239.8		1.180		.8471	169.4	464.4	633.8	.3413	1.1538	112
113	258.4	243.7		1.163		.8600	170.6	463.3	633.9	.3433	1.1524	113
114	262.2	247.5		1.145		.8730	171.8	462.1	633.9	.3453	1.1510	114
115	266.2	251.5	0.02813	1.128	35.55	0.8862	173.0	460.9	633.9	0.3474	1.1497	115
116	270.1	255.4		1.112		.8996	174.2	459.8	634.0	.3495	1.1483	116
117	274.1	259.4		1.095		.9132	175.4	458.6	634.0	.3515	1.1469	117
118	278.2	263.5		1.079		.9269	176.6	457.4	634.0	.3535	1.1455	118
119	282.3	267.6		1.063		.9408	177.8	456.2	634.0	.3556	1.1441	119
120	286.4	271.7	0.02836	1.047	35.26	0.9549	179.0	455.0	634.0	0.3576	1.1427	120

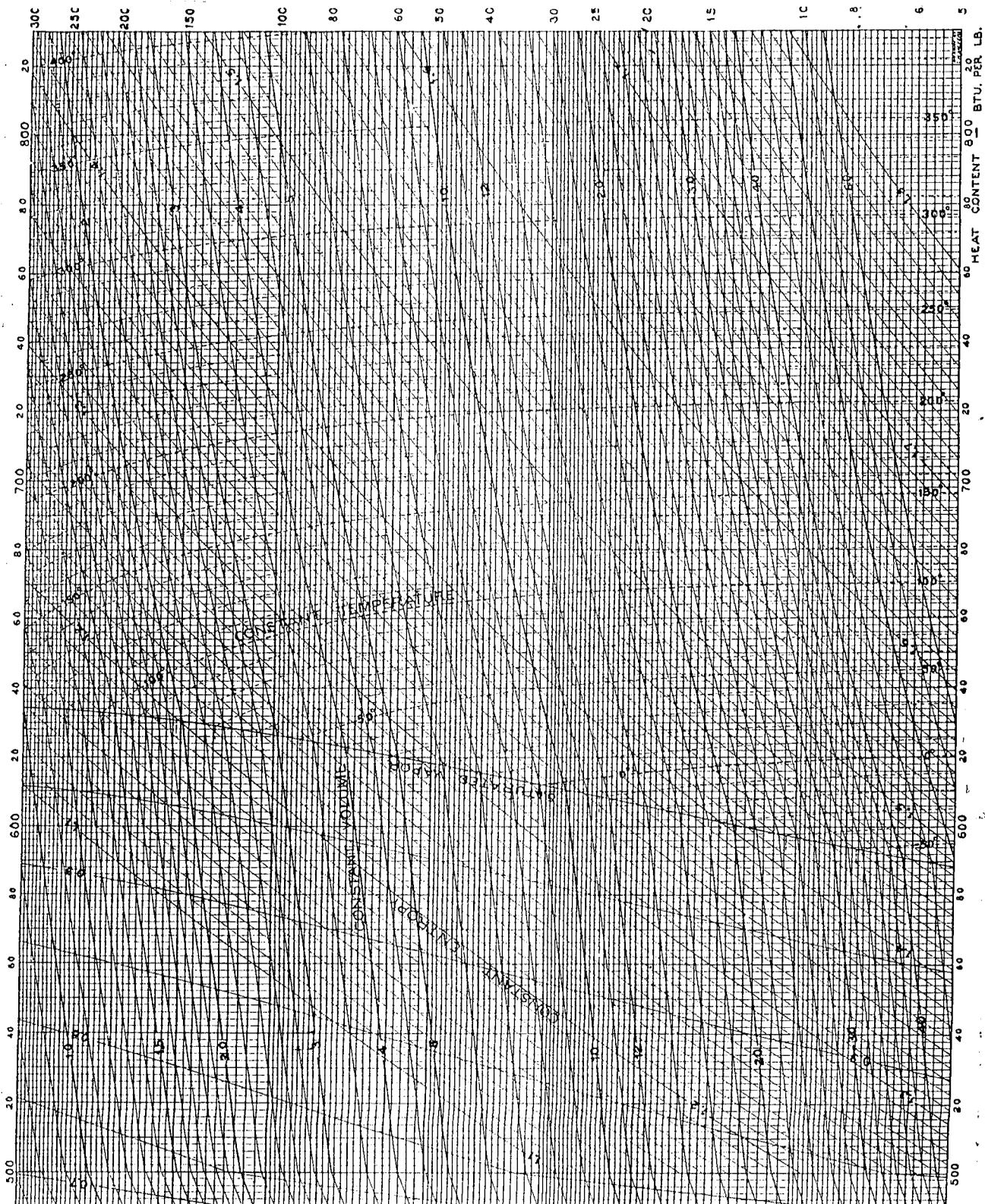
APÉNDICE E

DIAGRAMA PRESIÓN - ENTALPÍA PARA EL AMONIACO



APÉNDICE F

DIAGRAMA PRESIÓN – ENTALPÍA PARA EL AMONIACO (Continuación)



APÉNDICE J

TABLA DE PROPIEDADES DE SAL MUERA

(1) Salometer Degrees	(2) Freezing Point Deg. F. ^a	(3) Percent Sodium Chloride By Wt.	(4) Pounds Salt Per Gallon Of Water	(5) Pounds Per Gallon of Brine	(6) Gallon Water Per Gal. Of Brine	
				NaCl	Water	
0	+32.0	.000	.000	.000	8.328	1.000
2	+31.5	.528	.044	.044	8.318	.999
4	+31.1	1.056	.089	.089	8.297	.996
6	+30.5	1.586	.134	.133	8.287	.995
8	+30.0	2.112	.179	.178	8.275	.993
10	+29.3	2.640	.226	.224	8.262	.992
12	+28.8	3.167	.273	.270	8.250	.990
14	+28.2	3.695	.320	.316	8.229	.988
16	+27.6	4.223	.367	.362	8.216	.987
18	+27.0	4.751	.415	.409	8.202	.985
20	+26.4	5.279	.464	.456	8.188	.983
22	+25.7	5.807	.512	.503	8.175	.982
24	+25.1	6.335	.563	.552	8.159	.980
26	+24.4	6.863	.614	.600	8.144	.978
28	+23.7	7.391	.665	.649	8.129	.976
30	+23.0	7.919	.716	.698	8.113	.974
32	+22.3	8.446	.768	.747	8.097	.972
34	+21.6	8.974	.821	.797	8.081	.970
36	+20.9	9.502	.875	.847	8.064	.968
38	+20.2	10.030	.928	.897	8.047	.966
40	+19.4	10.558	.983	.948	8.030	.964
42	+18.7	11.086	1.039	.999	8.012	.962
44	+17.9	11.614	1.094	1.050	7.994	.960
46	+17.1	12.142	1.151	1.102	7.975	.958
48	+16.2	12.670	1.208	1.154	7.957	.955
50	+15.4	13.198	1.266	1.207	7.937	.953
52	+14.5	13.725	1.325	1.260	7.918	.951
54	+13.7	14.253	1.385	1.313	7.898	.948
56	+12.8	14.781	1.444	1.366	7.878	.946
58	+11.8	15.309	1.505	1.420	7.858	.943
60	+10.9	15.837	1.568	1.475	7.836	.941
62	+9.9	16.365	1.629	1.529	7.815	.938
64	+8.9	16.893	1.692	1.584	7.794	.936
66	+7.9	17.421	1.756	1.639	7.772	.933
68	+6.8	17.949	1.822	1.697	7.755	.931
70	+5.7	18.477	1.888	1.753	7.733	.929
72	+4.6	19.004	1.954	1.809	7.710	.926
74	+3.4	19.532	2.022	1.866	7.686	.923
76	+2.2	20.060	2.091	1.925	7.669	.921
78	+1.0	20.588	2.159	1.982	7.645	.918
80	-.4	21.116	2.229	2.040	7.620	.915
82	-1.6	21.644	2.300	2.098	7.596	.912
84	-3.0	22.172	2.372	2.158	7.577	.910
86	-4.4	22.700	2.446	2.218	7.551	.907
88	-5.8	23.338	2.520	2.279	7.531	.904
88.3 ^b	-6.0 ^b	23.310	2.531	2.288	7.528	.904
90	-1.1	23.755	2.594	2.338	7.506	.901
92	+4.8	24.283	2.670	2.398	7.479	.898
94	+11.1	24.811	2.745	2.459	7.460	.896
95	+14.4	25.075	2.787	2.491	7.444	.894
96	+18.0	25.339	2.827	2.522	7.430	.892
97	+21.6	25.603	2.865	2.552	7.417	.891
98	+25.5	25.867	2.906	2.585	7.409	.890
99	+29.8	26.131	2.947	2.616	7.394	.888
99.6	+32.3	26.285	2.970	2.634	7.386	.887
100°	+60.0°	26.395°	2.987	2.647	7.380	.886

BIBLIOGRAFÍA

1. ASHRAE HANDBOOK. Refrigeration Systems and Applications, 1994
2. DANFOSS. Collection of Instructions, Nordborg, Denmark, 1983
3. FRICK. Installation – Operation – Maintenance RWB II Plus, Rotary Screw Compressor Units with Microprocessor Control, Pennsylvania, U.S.A.
4. FRICK. Installation – Operation – Maintenance RXF, Rotary Screw Compressor Units with Microprocessor Control, Pennsylvania, U.S.A.
5. GROUP SCHNEIDER. Telemecanique Catalog, 1997
6. HANSEN TECHNOLOGIES CORPORATION. Refrigeration Components for Amonia, R22 & Other Refrigerants, Illinois, U.S.A., 1996

7. MAYEKAWA MFG. CO. LTD. K Series Instrucction Manual Reciprocating Compressor, Tokyo, Japan.
8. MYCOM MANUFACTURING INC. Microcold Screw Compressor Package, Texas, U.S.A.
9. NFPA. Handbook of the National Electrical Code, 1978
10. NORT STAR ICE EQUIPMENT CORPORATION, Model 90 Service Manual, Washington, U.S.A. 1997
11. RAPIN P. J. Instalaciones Frigoríficas, Tomo 2, Marcombo, 1986
12. SPRAGUE ELÉCTRIC COMPANY, Guía para Corrección del Factor de Potencia para el Ingeniero de Planta, Massachusetts.
13. STOECKER W. Refrigeration and Air Conditioning, Mc. Graw Hill, 1958
14. YORK FOOD SYSTEMS. Operating and maintenance Instructions, Series S – Line Packaged Spiral Freezer Model S-1615P-SIA, New Zealand, 1996