

**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS PARA EL
CONTROL DE DIFERENTES TIPOS DE DESCONGELAMIENTO EN UN
SISTEMA DE REFRIGERACIÓN.**

**OSCAR JAVIER QUIJANO SANTANDER
MARCO ANDRÉS GARCÍA RANGEL**



**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO – MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA
BUCARAMANGA
2008**

**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS PARA EL
CONTROL DE DIFERENTES TIPOS DE DESCONGELAMIENTO EN UN
SISTEMA DE REFRIGERACIÓN.**

**OSCAR JAVIER QUIJANO SANTANDER
MARCO ANDRÉS GARCÍA RANGEL**

**Trabajo de Grado para optar al título de
Ingeniero Mecánico**

**Director
OMAR ARMANDO GELVEZ AROCHA
Ingeniero Mecánico**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO – MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA
BUCARAMANGA
2008**

DEDICATORIA

A Dios,

A mis padres: Hernando Quijano y Dorys Santander, por su amor y apoyo indeleble.

A mis hermanos: Patricia, Julián y Olga, quienes ayudaron a forjar mi carácter.

A mis grandes amigos, quienes dejan huella en mis afectos;

... y a todos aquellos que se interesaron en mi bienestar y desarrollo profesional

A mi madre preciosa y a mi padre que con su amor infinito le han dado sentido a mi vida.

A mis hermanitos, Carolina y Miguel, la alegría de mi espíritu.

A mis amigos Oscar y William, que ocupan un lugar muy importante en mi vida.

Por ultimo, a toda mi familia en Santander, sin ustedes hubiera sido muy difícil lograr todo esto, gracias infinitas.

OSCAR QUIJANO

MARCO GARCÍA

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Industrial de Santander por brindarnos las herramientas y recursos apropiados para nuestro crecimiento profesional.

A Omar Gélvez Arocha, ingeniero mecánico, profesor, y director del proyecto, quien nos brindó su confianza, orientación y respaldo desinteresado.

A Omar Redondo, técnico en refrigeración, y amigo, quien con su valioso aporte se hizo posible la ejecución del presente proyecto.

A nuestros padres y familiares.

A todos nuestros amigos.

Por supuesto, a mi compañero de proyecto.

GRACIAS.

CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCIÓN	
1. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	29
1.1. IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA	29
1.2. JUSTIFICACIÓN PARA SOLUCIONAR EL PROBLEMA	29
1.3. OBJETIVOS DEL TRABAJO DE GRADO	30
1.3.1. Objetivos Generales	30
1.3.2. Objetivos Específicos	31
2. ESCARCHA Y DESCONGELAMIENTO EN UN SISTEMA DE REFRIGERACION	32
2.1. FORMACIÓN DE ESCARCHA (HIELO)	32
2.2. EFECTOS DE LA ESCARCHA (HIELO)	33
2.3. MÉTODOS DE DESCONGELAMIENTO DEL EVAPORADOR	34
2.3.1. Descongelación natural	35
2.3.2. Descongelación eléctrico	35
2.3.3. Descongelación con gas caliente	37
2.3.3.1. Sistema reevaporador	38
3. DISEÑO DEL BANCO DE PRUEBAS	40
3.1. UBICACIÓN GEOGRÁFICA	40
3.2. REQUERIMIENTOS GENERALES	41
3.3. DISEÑO ESTRUCTURAL	42
3.3.1. Mueble	42
3.3.1.1. Cámara de congelación	44
3.3.1.2. Cámara de refrigeración	45

3.3.2 Puerta panorámica	46
3.4. DISEÑO TÉRMICO	47
3.4.1. Determinación de temperaturas	48
3.4.1.1. Temperatura ambiente exterior	48
3.4.1.2. Temperatura de diseño de la cámara de congelación y refrigeración	49
3.4.1.3. Temperatura de evaporación	49
3.4.1.4. Temperatura de condensación	49
3.4.2. Cálculo de carga del sistema	50
3.4.2.1. Carga por paredes	51
3.4.2.2. Carga por cambio de aire	57
3.4.2.3. Ganancias por cargas internas	60
3.4.2.4. Cargas de los productos a almacenar dentro del banco	63
3.4.3. Obtención de la carga total	65
3.4.4. Selección del equipo de refrigeración	67
3.4.4.1. Compresor	67
3.4.4.2. Condensador	70
3.4.4.3. Evaporador	77
3.4.4.4. Tubo Capilar	79
3.5. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA OPERATIVO	82
3.5.1. Sistema Operativo Básico	82
3.5.1.1. Compresor	82
3.5.1.2. Condensador	85
3.5.1.3. Evaporador	86
3.5.1.4. Dispositivo de expansión	87
3.5.2. Sistema operativo Complementario	88
3.5.2.1. Válvulas Solenoide	89
3.5.2.2. Acumulador de succión	95
3.5.2.3. Válvulas de retención (Válvulas cheque)	98

6. MANTENIMIENTO GENERAL	147
6.1. ACTIVIDADES DE CUIDADO BÁSICO	147
6.1.1. Circuito de refrigeración	147
6.1.2. Compresor Hermético	148
6.1.3. Condensador	149
6.1.4. Evaporador	150
6.1.5. Circuito Eléctrico	150
6.2. GUÍA DE PROBLEMAS Y SOLUCIONES DEL SISTEMA	151
CONCLUSIONES Y OBSERVACIONES	153
RECOMENDACIONES	154
BIBLIOGRAFIA	155
ANEXOS	156

LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. Formación de escarcha en un evaporador	32
Figura 2. Escarchado parcial en un evaporador	33
Figura 3. Evaporador equipado con calentador de resistencia eléctrica	35
Figura 4. Configuración descongelamiento eléctrico	36
Figura 5. Configuración descongelamiento por gas caliente	37
Figura 6. Dispositivo reevaporador en Baño María	39
Figura 7. Escuela de Ingeniería Mecánica de la UIS	40
Figura 8. Vista Frontal y Lateral acotada de la estructura del banco	43
Figura 9. Banco de pruebas experimental para el control de diferentes tipos de descongelamiento	44
Figura 10. Cámara de congelación del mueble	45
Figura 11. Cámara de refrigeración del mueble	46
Figura 12. Puerta panorámica	47
Figura 13. Temperatura máxima en la ciudad de Bucaramanga (IDEAM)	48
Figura 14. Superficie inferior de la cámara de refrigeración	55
Figura 15. Alumbrado de las cámaras superior e inferior	60
Figura 16. Ventilador del evaporador	62
Figura 17. Capacidad del sistema vs temperatura de evaporación	69
Figura 18. Curva para el cálculo del tubo capilar	80
Figura 19. Curva del factor de corrección longitud final del tubo capilar	81
Figura 20. Compresor hermético Embraco	83
Figura 21. Conexiones en un compresor Embraco de 5 vías.	84
Figura 22. Condensador principal	86
Figura 23. Evaporador aleteado enfriado por aire y su esquema	87
Figura 24. Ubicación de las válvulas solenoides en el sistema de refrig.	90
Figura 25. Sección de una válvula solenoide 2D y 3D	90
Figura 26. Válvulas solenoide EV210B:solenoides de líquido, gas caliente	93

Figura 27. Acumulador de tubo vertical	96
Figura 28. Botella de aspiración ubicada en la línea de succión	97
Figura 29. Acumulador de succión	98
Figura 30. Válvula de retención Danfoss NRV 6	99
Figura 31. Sección de válvulas de retención	100
Figura 32. Ubicación de la válvula de retención en el circuito de refrig.	100
Figura 33. Controlador EKC 202C	103
Figura 34. Señales de entrada y salida del controlador EKC 202	104
Figura 35. Esquema de la aplicación #1	104
Figura 36. Esquema de la aplicación #2. Descongelamiento eléctrico, Descongelamiento por gas caliente.	105
Figura 37. Esquema de la aplicación #3 Descongelamiento eléctrico, Descongelamiento por gas caliente.	106
Figura 38. Sensor EKS 211 con resistencia NTC	107
Figura 39. Ubicación del sensor S_{air} dentro del banco experimental	107
Figura 40. Ubicación del sensor S_5 dentro del banco experimental	108
Figura 41. Señales de entrada y salida activas del controlador EKC202 durante el congelamiento.	109
Figura 42. Diferencial de temperatura del controlador EKC202	110
Figura 43. Señales de entrada y salida activas del controlador EKC 202 durante el descongelamiento natural.	112
Figura 44. Sistema de refrigeración para el control de temperatura ambiente por arranque/parada de compresor y descongelamiento natural.	113
Figura 45. Estado operativo en el tiempo de los elementos principales para el deshielo natural.	114
Figura 46. Evolución de las presiones del sistema en el descongelamiento natural	115
Figura 47. Válvula solenoide de líquido cerrada durante el deshielo eléctrico	118

Figura 48. Estado operativo en el tiempo de los elementos principales para el deshielo eléctrico	119
Figura 49. Evolución de las presiones del sistema en el descongelamiento eléctrico	120
Figura 50. Control de temperatura ambiente por arranque/parada de compresor. Desescarche eléctrico controlado por tiempo	122
Figura 51. Señales de entrada y salida activas del controlador EKC202 durante el descongelamiento eléctrico controlado por tiempo	122
Figura 52. Desescarche eléctrico controlado por temperatura. Control de temperatura ambiente por arranque/parada de compresor	125
Figura 53. Señales de entrada y salida activas del controlador EKC202 durante descongelamiento eléctrico controlado por temp.	125
Figura 54. Estado operativo en el tiempo de los elementos principales para el deshielo por gas caliente	128
Figura 55. Evolución de las presiones del sistema en el descongelamiento por gas caliente	129
Figura 56. Desescarche por gas caliente controlado por tiempo. Control de temperatura ambiente por arranque/parada de compresor.	131
Figura 57. Señales de entrada y salida activas del controlador durante el descongelamiento por gas caliente controlado por tiempo	131
Figura 58. Desescarche por gas caliente controlado por temperatura. Control de temperatura ambiente por arranque/parada de compresor.	134
Figura 59. Señales de entrada y salida del controlador durante el descongelamiento por gas caliente controlado por temperatura	134
Figura 60. Convertidor de voltaje 110V-220V	136
Figura 61. Bobinas adicionales del sistema eléctrico CR1 i y CR2	136
Figura 62. Esquema eléctrico del sistema	138
Figura 63. Amortiguadores de caucho	149

LISTA DE TABLAS

	pág.
Tabla 1. Métodos de descongelamiento	34
Tabla 2. Número de cambio de aire	58
Tabla 3. Factores de cambio de aire	58
Tabla 4. Resumen de cargas del sistema	66
Tabla 5. Parámetros de desempeño sistema de refrigeración	68
Tabla 6. Coeficientes C_{ev} para evaporadores ($W/m^2\text{°C}$)	78
Tabla 7. Datos de selección de la válvula solenoide	92
Tabla 8. Datos técnicos del modelo EV210 de Danfoss	94
Tabla 9. Características técnicas de la válvula NRV 6	99
Tabla 10. Configuración de parámetros para el congelamiento	110
Tabla 11. Estado de actividad de los componentes operativos en el deshielo natural	113
Tabla 12. Configuración de parámetros generales para el descongelamiento eléctrico	117
Tabla 13. Estado de actividad de los componentes operativos en el deshielo eléctrico controlado por tiempo	123
Tabla 14. Estado de actividad de los componentes operativos en el deshielo eléctrico controlado por temperatura	126
Tabla 15. Configuración de parámetros generales para el descongelamiento por gas caliente	127
Tabla 16. Estado de actividad de los componentes operativos en el deshielo por gas caliente controlado por tiempo	132
Tabla 17. Estado de actividad de los componentes operativos en el deshielo por gas caliente controlado por temperatura	135
Tabla 18. Menú de parámetros a programar	140
Tabla 19. Problemas y soluciones de fallas de origen mecánico	151
Tabla 20. Problemas y soluciones de fallas de origen mecánico	152

LISTA DE ANEXOS

	pág.
ANEXO 1. FUNDAMENTOS DE REFRIGERACIÓN POR COMPRESION DE VAPOR	157
ANEXO 2. MANUAL CONTROLADOR DE TEMPERATURA EKC 202	168
ANEXO 3. COMPRESOR EMBRACO FF7.5 HBK	184

NOMENCLATURA

S	Área, m^2
T_{ev}	Temperatura de evaporación, $^{\circ}C$
T_{cond}	Temperatura de condensación, $^{\circ}C$
T_{camara}	Temperatura de diseño de la cámara, $^{\circ}C$
T_{amb}	Temperatura ambiente, $^{\circ}C$
K	Conductividad térmica
$K_{Poliuretano}$	Conductividad térmica del poliuretano, $W/m^2\ ^{\circ}C$
K_{Vidrio}	Conductividad térmica del vidrio, $W/m^2\ ^{\circ}C$
$Q_{pared\ cr}$	Carga por paredes cámara de refrigeración, W
Q_{vcr}	Carga a través de vidrio cámara de refrigeración, W
S_{vcr}	Área vidrio cámara de refrigeración, m^2
T_{cr}	Temperatura cámara refrigeración, $^{\circ}C$
Q_{pcr}	Carga a través del poliuretano cámara de refrigeración, W
S_{pcr}	Área poliuretano cámara de refrigeración, m^2
S_{tcr}	Área total cámara de refrigeración, m^2
$Q_{pared\ cc}$	Carga por paredes cámara de congelación, W
Q_{vcc}	Carga a través de vidrio cámara de congelación, W
S_{vcc}	Área vidrio cámara de congelación, m^2
T_{cc}	Temperatura cámara de congelación, $^{\circ}C$
S_{tcc}	Área total cámara de congelación, m^2
S_{pcc}	Área poliuretano cámara de congelación, m^2
Q_{ca}	Carga por cambio de aire, W

Q_{cacr}	Carga por cambio de aire cámara de refrigeración, W
V_{cr}	Volumen de la cámara de refrigeración, m^3
FCA	Factor de cambio de aire
Q_{cacc}	Carga por cambio de aire cámara de congelación, W
V_{cc}	Volumen de la cámara de congelación, m^3
Q_{pcr}	Carga por productos cámara de refrigeración, W
Q_{pcc}	Carga por productos cámara de congelación, W
$Q_{sobre\ cero}$	Carga sensible por encima del punto de congelación, W
Q_l	Carga latente, W
$Q_{bajo\ cero}$	Carga sensible por debajo del punto de congelación, W
$Q_{cargas\ internas}$	Rata de calor por cargas internas, W
Q_{luces}	Carga por alumbrado (Luces internas), W
$Q_{motor\ ventilador}$	Carga aportada por el ventilador del evaporador, W
W_{luces}	Potencia de las lámparas, W
FB	Factor de balastro
FCE	Factor de carga de enfriamiento
P	Peso en del producto almacenado, kg
Cp_2	Calor específico por debajo del punto de congelación, $J/kg^{\circ}C$
$T_{almacenamiento}$	Temperatura de almacenamiento del producto en la cámara
h_{if}	Calor latente de congelación, J/kg
Cp_1	Calor específico del agua sobre el punto de congelación, $J/kg^{\circ}C$
$T_{entrada}$	Temperatura de entrada del producto a la cámara, $^{\circ}C$
Q_{total}	Carga total, W

h_{int}	Coeficiente interno de transferencia por condensación, $W/m^2 \text{ } ^\circ C$
h_{ext}	Coeficiente externo por convección forzada, $W/m^2 \text{ } ^\circ C$
R_p	Resistencia de la pared del condensador (cobre) , $m^2 \text{ } ^\circ C/W$
U	Coeficiente global de transferencia de calor, $W/m^2 \text{ } ^\circ C$
A_c	Área total de transferencia de calor del condensador, m^2
T_{cond}	Temperatura de condensación, $^\circ C$
$T_{e \text{ aire}}$	Temperatura de entrada del aire al condensador, $^\circ C$
$T_{s \text{ aire}}$	Temperatura de salida del aire del condensador, $^\circ C$
COP_r	Coeficiente de operación sistema de refrigeración
Q_{cond}	Calor rechazado por el condensador, W
Q_{ev}	Calor absorbido por el evaporador, W
HRF	Factor de rechazo de calor (Heat Rejection Factor)
A_{ev}	Área total del evaporador, m^2
T_{min}	Temperatura mínima a obtener(temperatura cámara de congelación), $^\circ C$
T_{ev}	Temperatura de evaporación del refrigerante, $^\circ C$
C_{ev}	Coeficiente de transmisión del evaporador, $W/m^2 \text{ } ^\circ C$
K_a	Conductividad del aire, $W/m \text{ } ^\circ C$
D_{ext}	Diámetro exterior del tubo (condensador), m
Re	Numero Reynolds
Pr	Numero Prandtl
\vec{V}_a	Velocidad del aire, m/s
ν	Viscosidad cinemática del aire, m^2/s
Nu	Numero Nusselt

g	Aceleración gravitacional, m/s^2
ρ_l	Densidad del refrigerante en estado líquido, kg/m^3
μ_l	Viscosidad del refrigerante en estado líquido, $kg/m \cdot s$
ρ_v	Densidad del refrigerante en estado vapor, kg/m^3
k_l	Conductividad del refrigerante en estado líquido, $W/m \cdot ^\circ C$
T_{sat}	Temperatura de saturación del refrigerante, $^\circ C$
T_s	Temperatura de superficie del condensador, $^\circ C$
h_{fg}	Calor latente de vaporización del refrigerante, J/kg
C_{p_l}	Calor específico del refrigerante en estado líquido, $J/kg \cdot ^\circ C$
OD	Diámetro Exterior
DN	Diámetro Nominal
NO	Normalmente abierto
NC	Normalmente cerrado
$MOPD$	Mínima presión diferencial de apertura
SWP	Presión mínima de trabajo
LST	Bajo torque de arranque (Low starting torque)
S_5	Sensor de temperatura descongelamiento
S_{air}	Sensor de temperatura de la cámara
CAP	Capacidad del sistema de refrigeración, W
ρ_v	Densidad del refrigerante en estado vapor, kg/m^3
\dot{V}_{fis}	Flujo volumétrico del compresor, m^3/s
ϵ_t	Eficiencia global del compresor
E_R	Efecto refrigerante, kJ/kg
Rc	Relación de compresión

P_{cond}	Presion de condensación, <i>kPa</i>
P_{ev}	Presion de evaporación, <i>kPa</i>
V_{cond}	Volumen de condensación, m^3
V_{ev}	Volumen de evaporación, m^3

UNIDADES

<i>m</i>	Metro
<i>s</i>	Segundo
<i>kg</i>	Kilogramo
<i>Frigoria / hora</i>	Unidad de calor equivalente a 1.1626 <i>W</i> y 1 <i>kCal</i>
$^{\circ}C$	Grado Celsius
<i>W</i>	Watt
<i>TR</i>	Tonelada de refrigeración (12000 <i>BTU/h</i> , 3750 <i>W</i>)
<i>J</i>	Newton ($kg\ m/s^2$)
<i>Pa</i>	Pascal (N/m^2)

GLOSARIO

ACUMULADOR: Tanque de almacenamiento, el cual recibe refrigerante líquido del evaporador, evitando que fluya hacia la línea de succión antes de evaporarse.

ALETA: Superficie metálica unida a un tubo para proporcionar mayor superficie de contacto, a fin de mejorar el enfriamiento. Se usan extensivamente en condensadores enfriados por aire y evaporadores.

CALOR: Forma de energía que actúa sobre las sustancias para elevar su temperatura; energía asociada con el movimiento al azar de las moléculas.

CALOR ESPECÍFICO: Relación de la cantidad de calor requerido, para aumentar o disminuir la temperatura de una sustancia en 1°C, comparado con la que se requiere para aumentar o disminuir la temperatura de una masa igual de agua en 1°C.

CÁMARA DE REFRIGERACIÓN: Espacio refrigerado comercial, que se mantiene a temperaturas abajo de la ambiental.

CAPACIDAD: Sistema de clasificación en refrigeración. Medido generalmente en kcal/h o en watts/h, (o en btu/h).

CARGA TÉRMICA: Cantidad de calor medida en watts, kcal o btu, la cual es removida durante un período de tiempo.

COMPRESOR: Máquina en sistemas de refrigeración, hecha para succionar vapor del lado de baja presión en el ciclo de refrigeración, y comprimirlo y descargarlo hacia el lado de alta presión del ciclo.

CONDENSACIÓN: Proceso de cambiar de estado un vapor o un gas a líquido, al enfriarse por abajo de su temperatura de saturación o punto de rocío.

CONDENSADOR: Componente del mecanismo de refrigeración, el cual recibe del compresor vapor caliente a alta presión, enfriándolo y

regresándolo luego a su estado líquido. El enfriamiento puede ser con aire o con agua.

CONDUCCIÓN: Flujo de calor entre sustancias, por medio de vibración de las moléculas.

CONGELACIÓN: Cambio de estado de líquido a sólido.

CONTROL DE DESCONGELAMIENTO: Dispositivo para operar un sistema de refrigeración, de tal manera, que proporcione una forma de derretir el hielo y la escarcha formados en el evaporador. Hay tres tipos: manual, automático y semiautomático.

CONTROL DE TEMPERATURA: Dispositivo termostático operado por temperatura, que abre o cierra un circuito automáticamente.

DESCONGELAMIENTO: Proceso de remover la acumulación de hielo o escarcha de los evaporadores.

DIFERENCIAL: La diferencia de temperatura o presión, entre las temperaturas o presiones de arranque y paro, de un control.

ENTALPÍA: La cantidad de calor en un kilogramo de sustancia, calculada de una base de temperatura aceptada. La temperatura de 0 °C, es una base aceptada para los cálculos del vapor de agua. Para cálculos de refrigeración, la base aceptada es de -40°C.

EVAPORACIÓN: Término aplicado al cambio de estado de líquido a vapor. En este proceso se absorbe calor.

EVAPORADOR: Componente del mecanismo de un sistema de refrigeración, en el cual, el refrigerante se evapora y absorbe calor.

GOLPE DE LÍQUIDO: Condición que se presenta cuando en un sistema de expansión directa, el exceso de refrigerante líquido sale del evaporador y entra al compresor, dañándolo.

HUMEDAD: Vapor de agua presente en el aire atmosférico.

LINEA DE ALTA: Partes de un sistema de refrigeración, que se encuentran bajo la presión de condensación o alta presión.

LÍNEA DE BAJA: Partes de un sistema de refrigeración, que se encuentran por abajo de la presión de evaporación o baja presión.

LÍNEA DE DESCARGA: En un sistema de refrigeración, es la tubería que acarrea el gas refrigerante, desde el compresor hasta el condensador.

LÍNEA DE LÍQUIDO: Tubería que acarrea refrigerante líquido, desde el condensador o recibidor, hasta el mecanismo de control de refrigerante.

LÍNEA DE SUCCIÓN: Tubería que acarrea refrigerante gaseoso, desde el evaporador hasta el compresor.

POLIURETANO: Cualquier polímero de hule sintético, producido por la polimerización de un grupo HO y NCO, a partir de dos diferentes compuestos. En refrigeración, se utiliza como aislante y en productos moldeados.

PRESIÓN DE ALTA: Término empleado para referirse a la presión, a la cual se lleva a cabo la condensación, en un sistema de refrigeración.

PRESIÓN DE BAJA: Presión del lado de baja del ciclo de refrigeración, a la cual se lleva a cabo la evaporación.

PRESIÓN DE CONDENSACIÓN: Presión dentro de un condensador, a la cual el vapor de refrigerante, cede su calor latente de evaporación y se vuelve líquido. Esta varía con la temperatura.

PRESIÓN DE SUCCIÓN: En un sistema de refrigeración, se llama así a la presión a la entrada del compresor

REFRIGERANTE: Sustancia utilizada en los mecanismos de refrigeración. Este absorbe calor en el evaporador, cambiando de estado de líquido a vapor, liberando su calor en un condensador, al regresar de nuevo del estado gaseoso al estado líquido.

SENSOR: Material o dispositivo que sufre cambio en sus características físicas o electrónicas, al cambiar las condiciones circundantes.

TEMPERATURA DE CONDENSACIÓN: Temperatura dentro de un condensador, en el que el vapor de refrigerante, cede su calor latente de evaporación y vuelve líquido. Esta varía con la presión.

TEMPERATURA DE EVAPORACIÓN: Temperatura a la cual un líquido cambia a gas

TERMOSTATO: Dispositivo que detecta las condiciones de la temperatura ambiente, y a su vez, acciona para controlar un circuito.

TUBO CAPILAR: Tubo de diámetro interior pequeño, que se utiliza para controlar el flujo de refrigerante hacia el evaporador. Se utiliza, generalmente, en sistemas de refrigeración pequeños, tales como refrigeradores domésticos, unidades de aire acondicionado de ventana, etc.

VÁLVULA DE RETENCIÓN (Check): Válvula de globo que acciona automáticamente, y que sólo permite el flujo en un solo sentido.

VÁLVULA SOLENOIDE: Válvula diseñada para funcionar por acción magnética, a través de una bobina energizada eléctricamente. Esta bobina acciona un núcleo móvil, el cual abre o cierra la válvula.

RESUMEN

TÍTULO:
DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS PARA EL CONTROL DE DIFERENTES TIPOS DE DESCONGELAMIENTO EN UN SISTEMA DE REFRIGERACIÓN*

AUTORES:
Oscar Javier Quijano Santander.
Marco Andrés García Rangel. **

PALABRAS CLAVES:
Refrigeración, Descongelamiento, Control.

DESCRIPCIÓN:

El objetivo de este proyecto titulado “Diseño y construcción de un banco de pruebas para el control de diferentes tipos de descongelamiento en un sistema de refrigeración” es dotar al laboratorio de maquinas térmicas de la escuela de Ingeniería Mecánica de la Universidad Industrial de Santander de un banco experimental, que sirva como complemento de la asignatura electiva Refrigeración y Aire Acondicionado.

El prototipo experimental presenta el proceso de refrigeración por compresión de vapor de baja temperatura (apreciado en refrigeradores domésticos), junto con los métodos más utilizados para la eliminación de la escarcha (hielo) formada en la pared externa del evaporador.

Su diseño cuenta con el montaje de los elementos necesarios de un sistema de refrigeración, junto con otros componentes adaptados, que permiten en una única instalación el desarrollo de cualquier método de deshielo (natural, resistencia eléctrica y gas caliente), en donde los periodos de inicio y finalización de descongelamiento son controlados por temperatura o por tiempo, por medio de un dispositivo electrónico (EKC 202) el cual reúne múltiples funciones (termostato, temporizador, y una serie de relés incorporados), que le permite monitorear el comportamiento de los parámetros de operación en cada disposición

Por otro lado en el presente documento se propone una guía de ensayo, a través de la cual los estudiantes de la escuela de ingeniería mecánica puedan desarrollar de manera clara y sencilla las prácticas planteadas. Adicionalmente se plantean una serie de actividades de cuidado básico del banco experimental para garantizar su funcionalidad y disponibilidad.

* Trabajo de Grado

** Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas, Escuela de Ingeniería Mecánica, Ing. Omar Gelvez.

SUMMARY

TITLE:

DESIGN AND CONSTRUCTION OF A TEST BENCH FOR THE CONTROL OF DIFFERENT DEFROSTING TYPES IN A REFRIGERATION SYSTEM *

AUTHORS:

Oscar Javier Quijano Santander.
Marco Andrés García Rangel. **

KEY WORDS:

Refrigeration, Defrosting, Control.

DESCRIPTION:

The objective of this project titled "Design and construction of a test bench for the control of different defrosting types in a refrigeration system" is to provide to the thermal machines laboratory of Mechanical Engineering School at Universidad Industrial de Santander an experimental bench, which serves as complement to the elective subject Refrigeration and Air conditioning.

The experimental prototype presents the steam compression of low temperature refrigeration process (appreciated in domestic fridges), together with the most used methods for the elimination of the hoarfrost (ice) formed in the external wall of the evaporating one.

Its design is provided with the assembly of the main elements of a refrigeration system, jointly with other adapted components, which allow in the only installation the development of any defrosting method (natural, electrical resistance and hot gas), where the periods of beginning and end of defrosting are controlled by temperature or by time, all this, through of an electronic device (EKC 202) which assembles multiple functions (thermostat, timer, and a series of internal relays), that allows it monitoring the behavior of the operation parameters in each configuration.

On the other hand, in the present document there is proposed a test guide, through which the students of the mechanical engineering school can develop in a clear and simple way the raised practices. Additionally there appear a series of basic care activities of the experimental bench to guarantee its functionality and availability.

* Degree Work.

** Physical-Mechanical Engineering Faculty, Mechanical Engineering School, Eng. Omar Gelvez.

INTRODUCCIÓN

Muchos de los conocimientos teóricos adquiridos en la academia universitaria requieren de un apoyo adicional (experimental), que permita a los estudiantes vivenciar y comprender mejor lo planteado allí, logrando en ellos un perfil ingenieril más integral, que les brinde la capacidad de afrontar con propiedad, retos en situaciones reales y actuales del mundo industrial.

La importancia que tiene el buen aprovechamiento de la energía y su ahorro, han generado tecnologías que nos permiten beneficiarnos de sistemas de refrigeración con condiciones de operación mucho más confiables y flexibles, lo que se traduce en un mejor rendimiento a bajo costo.

En la industria frigorífica existe un fenómeno indeseable que se presenta en los evaporadores, consistente en la formación de una capa de hielo en su superficie, lo cual produce un incremento de la resistencia al flujo de calor entre el ambiente y el refrigerante, impidiendo así, que este último absorba adecuadamente la energía que necesita para su vaporización; hecho que redundará en una disminución de la capacidad de enfriamiento del sistema.

La atención se centra entonces en los métodos empleados para controlar los tiempos en los cuales la escarcha formada perdura asentada en la superficie del evaporador. Las técnicas de descongelamiento comunes utilizan el aire de manera natural o forzada, resistencias eléctricas, o incluso el flujo de gas caliente dentro de una línea cercana al evaporador para realizar el intercambio de calor. Sin embargo, el momento en el que actúan cada uno de estos métodos debe ser controlado de tal manera que se garantice el inicio exacto de deshielo, y el descongelamiento total, manteniendo un rendimiento óptimo en la unidad.

De esta manera, el propósito del presente trabajo de grado radica en integrar los conocimientos teóricos y prácticos de los estudiantes de Ingeniería Mecánica en el área de la refrigeración y aire acondicionado, realizando para ello, el diseño con su respectiva construcción, de un prototipo experimental, a través del cual se observe el proceso de refrigeración por compresión, la generación de escarcha o hielo en la pared externa del evaporador y la operación de los métodos más utilizados para la eliminación de dicha capa de hielo, con el respectivo control automático que se ejerce en cada uno de ellos.

Este documento iniciará con una descripción general de la generación de la escarcha o capa de hielo, en los alrededores del evaporador, a su vez, planteará los efectos de la misma en el sistema de refrigeración. Esta sección también incluye los procesos más usados para la eliminación de la escarcha, con algunas de sus ventajas y desventajas.

En el siguiente capítulo, presenta todo lo relacionado con el dimensionamiento y diseño estructural del banco, cálculo de cargas, la selección de los componentes principales de operación, y los dispositivos adicionales al sistema de refrigeración por compresión de vapor, que hacen posible el óptimo funcionamiento de los diferentes métodos de descongelamiento.

En el capítulo subsiguiente se plantea el sistema de control y potencia del banco experimental, dando una explicación general del alcance funcional del controlador electrónico EKC 202C y una explicación más detallada del funcionamiento particular de los tipos de deshielo con su respectivo control automático, mostrando los tiempos de intervención de cada uno de los elementos requeridos para dicho fin.

Posteriormente, se muestra el formato que se utilizará como ficha de ensayo con la metodología propuesta para ejercer las prácticas correspondientes en el banco; también se incluyen algunas recomendaciones de actividades de mantenimiento, para el cuidado básico del mismo.

Por último estarán las conclusiones de todo el proyecto, basadas en los objetivos propuestos inicialmente.

1. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.1 IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

En el Laboratorio de refrigeración y aire acondicionado de la Escuela de Ingeniería Mecánica de la Universidad Industrial de Santander, se cuenta con pocas herramientas para consolidar los conocimientos teóricos adquiridos por el estudiante en el aula de clase, limitando así, la profundización en diversos aspectos significativos de este campo.

Mediante proyectos concretos como lo son los bancos de pruebas, los mismos educandos contribuyen en el fortalecimiento del laboratorio, creando para sí y para las próximas generaciones, un mayor vínculo con las nuevas tendencias y avances en el área de la refrigeración.

Dentro de estas tendencias se encuentran los dispositivos de control utilizados en instalaciones de refrigeración que simplifican y optimizan las tareas de ajuste y programación para mantener las condiciones deseadas en estos sistemas. Ello conduce a la automatización de procesos que anteriormente requerían de la intervención humana para su desarrollo óptimo. Tal es el caso del proceso de deshielo de evaporadores en sistemas de refrigeración para conservación de alimentos, en donde la escarcha que se forma allí, debido a la humedad aportada por los productos conservados en la cámara y por la humedad del ambiente que se introduce allí; era retirada a través de métodos manuales de cuidado.

1.2 JUSTIFICACIÓN PARA SOLUCIONAR EL PROBLEMA

Con el presente trabajo se pretende realizar un aporte en el área de refrigeración y aire acondicionado, diseñando un banco de pruebas en el cual el estudiante de Ingeniería Mecánica pueda afianzar su comprensión acerca

de los componentes y practicas que influyen de manera imperante en el desarrollo de la refrigeración de recintos.

De esta manera se contribuye con el propósito de la Universidad Industrial de Santander, en la formación de personas de alta calidad ética y profesional, permitiendo así a sus estudiantes ampliar la visión acerca del control de parámetros asociados al campo de la refrigeración, de una forma sencilla y práctica que facilite su óptimo desempeño profesional.

El estudio de los métodos convencionales utilizados para el deshielo en el evaporador, representa tan sólo un enfoque en el área de refrigeración, y facilita su comprensión al estudiantado, dado que se encuentra aplicado en refrigeradores de uso masivo como son las neveras domésticas.

Por otro lado, bajo la filosofía del mejoramiento continuo, el proceso de deshielo del evaporador ha venido evolucionando, ejecutándose de manera más automática, incluyendo una serie de mecanismos que son los que intervienen directamente en el proceso tanto de congelamiento, como de descongelamiento, permitiendo por su parte aumentar la eficiencia que requiere el ciclo aprovechando el uso de la energía empleada, sin correr algún tipo de riesgo tanto para el sistema, como para el usuario.

1.3 OBJETIVOS DEL TRABAJO DE GRADO

1.3.1 Objetivo General

Contribuir con la misión de la Universidad Industrial de Santander y la Escuela de Ingeniería Mecánica de formar ingenieros de alta calidad profesional, desarrollando un prototipo experimental que aporte al fortalecimiento de competencias en el área de control de refrigeración.

1.3.2 Objetivos Especificos

- ✓ Diseñar y construir un banco experimental para el laboratorio de refrigeración y aire acondicionado que permita observar los métodos de descongelamiento en sistemas de refrigeración de baja temperatura.

El banco cumple con las siguientes características:

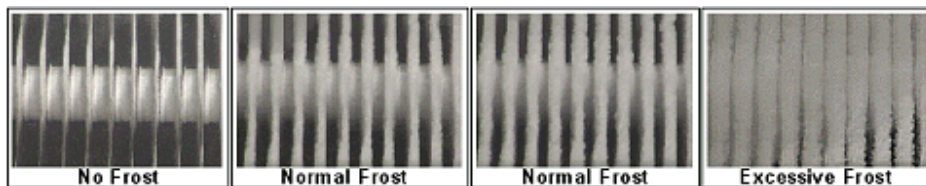
- Capacidad de 1/5 HP
 - Se acondiciona para los siguientes tipos de descongelamiento:
 - Descongelamiento natural.
 - Descongelamiento eléctrico controlado por temperatura.
 - Descongelamiento eléctrico controlado por tiempo.
 - Descongelamiento por gas caliente con dispositivo reevaporador controlado por temperatura.
 - Descongelamiento por gas caliente con dispositivo reevaporador controlado por tiempo.
-
- ✓ Desarrollar y documentar la metodología a seguir para la realización de pruebas en el banco de refrigeración, monitoreando los parámetros que influyen directamente sobre el desempeño del mismo:
 - Temperatura del refrigerante a la salida del evaporador.
 - Temperatura de la cámara de congelación.
 - Intervalos de tiempo para el descongelamiento.
 - Consumo de potencia durante los periodos de descongelamiento.
-
- ✓ Implementar un plan de mantenimiento para el cuidado básico de los componentes del sistema de refrigeración en pro de su conservación y disponibilidad.

2. ESCARCHA Y DESCONGELAMIENTO EN UN SISTEMA DE REFRIGERACION

2.1. FORMACIÓN DE ESCARCHA (HIELO)¹

El aire atmosférico es una mezcla de gases que contiene, especialmente, vapor de agua en suspensión en el aire. Este vapor de agua tiende a depositarse sobre las superficies refrigerantes (evaporador) cuya temperatura es inferior a la de la cámara y, en la mayor parte de los casos, se encuentra por debajo de cero grado Celsius (0° C). Dicho vapor de agua se deposita, entonces, en forma de escarcha.

Figura 1. Formación de escarcha en un evaporador



Fuente: www.repairclinic.com

Además de las aperturas con las consiguientes entradas de aire caliente y húmedo, los productos almacenados despiden también humedad, contribuyendo igualmente a la formación de escarcha sobre los elementos evaporadores, impidiendo así el paso del aire, ya que al convertirse en un medio menos conductor, dificulta la debida transmisión térmica.

En síntesis, la humedad atmosférica y el vapor de agua que proviene de la deshidratación de los productos (causa principal de la formación de escarcha) se condensa y se solidifica al contacto con las paredes exteriores

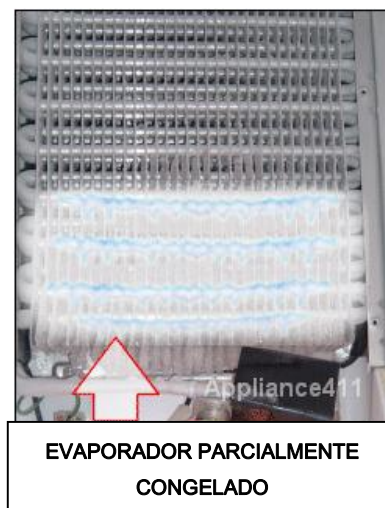
¹ Véase el tomo 2, capítulo 8, *Instalaciones Frigoríficas*- P.J. Rapin/P.Jacquard.

de los evaporadores bajo la forma de escarcha, formada por cristales de hielo entrecruzados, que aprisionan el aire y constituyen un buen aislante.

2.2 EFECTOS DE LA ESCARCHA (HIELO)

La formación de escarcha es un fenómeno que reduce el coeficiente de transferencia de calor, más debido a la menor velocidad del aire que atraviesa el evaporador que a la formación de una nueva capa de hielo que proporcione una resistencia a dicha transferencia.

Figura 2. Escarchado parcial en un evaporador



Fuente: www.repairclinic.com

Esta capa de hielo desencadena una serie de condiciones desfavorables para el buen desempeño del sistema ya que al descender la temperatura del refrigerante en ebullición en el interior del mismo, disminuye la capacidad de absorber calor, aumenta el tiempo de funcionamiento de los compresores y se eleva el grado de humedad adecuado para la buena conservación de los productos, disminuyendo la diferencia de temperatura entre la cámara

frigorífica y la capa exterior de escarcha a medida que aumenta el espesor de la misma.

Para obviar todos estos inconvenientes, es necesario obtener un desescarchado periódico de las paredes del evaporador, valiéndose de aportes de calor suplementarios para fundirlo bajo las normas y sistemas que a continuación se describen.

2.3 METODOS DE DESCONGELAMIENTO DEL EVAPORADOR

El descongelamiento del evaporador se efectúa de diferentes maneras (ver Tabla 1.), las cuales pueden clasificadas como de “descongelamiento natural” o “descongelamiento con calor suplementario” de acuerdo con la fuente de calor usado para fundir el hielo. El descongelamiento natural llamado algunas veces “Parar” o “ciclo-fuera”, utiliza el calor del aire que se tiene en el espacio refrigerado para fundir el hielo del evaporador, mientras que el deshielo con calor suplementario se obtiene con el calor suministrado de otras fuentes que no sean del espacio refrigerado. Algunas fuentes comunes de calor suplementario son el agua, la salmuera, resistencias eléctricas y gas caliente obtenido de la descarga del compresor.

Tabla 1. Métodos de descongelamiento

METODOS DE DESCONGELAMIENTO			
Fuente de calor utilizado para fundir el hielo	Método	Control	
Descongelamiento natural "Parar, ciclo-fuera"	Manual (por raspado o cepillado).	Temporizador	
	Paro de la maquina y calentamiento natural de los evaporadores		
	Paro de la maquina y circulación de aire forzado sobre el evaporador		
		Dispositivo sensor	Actuador
Con calor suplementario	Resistencia Eléctrica	Termostato y/o temporizador	Resistencia
	Gas caliente de la descarga del compresor	Termostato y/o temporizador	Válvula línea gas caliente
	Aspersión o pulverización de agua o salmuera	Termostato y/o temporizador	Válvula paso de agua (Válvula de deshielo)

2.3.1 Descongelamiento natural

Este método requiere que el sistema esté paralizado por un periodo de tiempo suficiente que le permita al evaporador elevar la temperatura hasta un nivel que sea mayor al punto de descongelación de la escarcha o hielo.

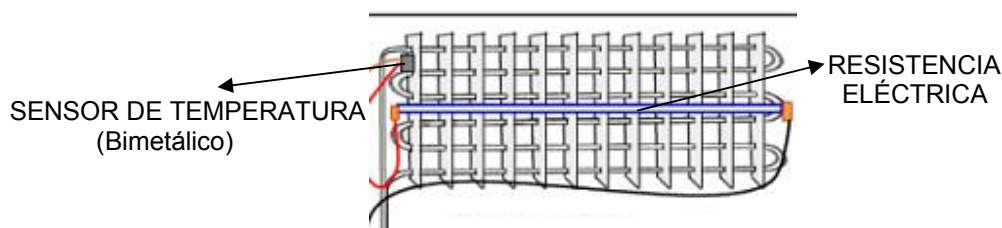
El método mas simple para descongelar es parar manualmente al sistema hasta que el evaporador se caliente lo suficiente para fundir el hielo, después de lo cual el sistema es nuevamente arrancado de forma manual. Si se desea obtener deshielo automático podrá usarse un cronometro de reloj para cerrar el sistema por un período fijo de tiempo a intervalos regulares.

2.3.2 Descongelamiento eléctrico

Con frecuencia se usan calentadores de resistencia eléctrica ubicados en las aletas del evaporador, calentándolas directamente. En el ciclo de desescarche, las aletas se calientan por la acción de las resistencias transmitiendo por conducción a los tubos del evaporador la energía calorífica cedida por aquéllas, a través de los cuellos de contacto de las aletas.

La escarcha, que se funde al contacto con las aletas y los tubos calientes se desprende en forma de placas y partículas circulares que terminan de fundirse en la bandeja de desagüe colocada en la parte inferior del evaporador, calentada igualmente por resistencias eléctricas

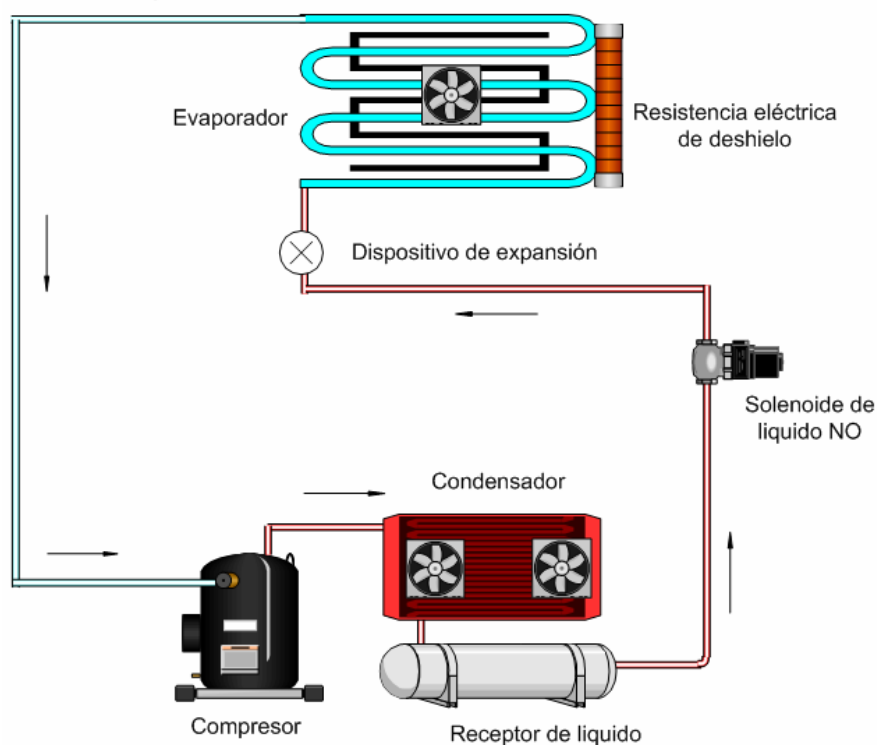
Figura 3. Evaporador equipado con calentador de resistencia eléctrica.



Fuente: www.repairclinic.com

Este ciclo puede ser arrancado y detenido manualmente o puede usarse un contador de tiempo para tener descongelación completamente automática. En cualquier caso, el procedimiento para descongelar es el mismo. El ciclo de deshielo se inicia cerrando una válvula solenoide en el tubo de líquido lo que causa que el evaporador sea evacuado, después de lo cual el ciclo de compresión se detiene en el control de baja presión. Al mismo tiempo se energizan los elementos de calentamiento del evaporador (resistencias eléctricas) y se apagan los ventiladores de manera que el calor no es sacado del espacio refrigerado. Después que se ha deshielado el evaporador, los calentadores son desenergizados y el sistema es puesto en operación abriendo el solenoide del tubo de líquido para arrancar los ventiladores del evaporador. Este método tiene un menor coste inicial pero un mayor coste de operación y se aplica en sistemas pequeños.

Figura 4. Configuración descongelamiento eléctrico.

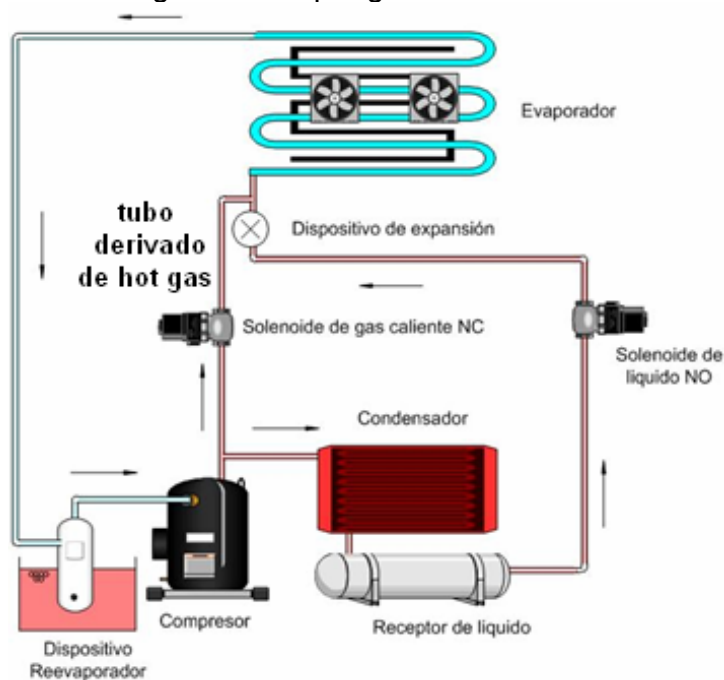


Fuente: Los Autores

2.3.3 Descongelamiento con gas caliente

Este método tiene muchas variaciones, todas las cuales en alguna forma usan como fuente de calor el gas caliente descargado del compresor para el descongelamiento del evaporador. El método mas simple para descongelar con gas caliente requiere la instalación de una válvula solenoide en un tubo de desviación (ver figura 5) instalado entre la descarga del compresor y el evaporador. Cuando la válvula solenoide está abierta, el gas caliente de la descarga del compresor viaja por el tubo de la desviación del condensador y entra al evaporador justamente delante de la válvula de control de refrigerante. El deshielo se obtiene a medida que el gas caliente cede su calor al evaporador frío hasta el punto de condensar parte de éste gas. Cierta parte de la cantidad del refrigerante líquido permanece en el evaporador mientras otra parte de condensado es arrastrado (una ínfima cantidad), por el gas hacia el compresor donde es evaporado por el calor de la compresión y desde allí recirculado al evaporador.

Figura 5. Configuración descongelamiento por gas caliente.



Fuente: Los Autores

Este método de descongelamiento con gas caliente tiene varias desventajas. Ya que parte del refrigerante se condensa y permanece en el evaporador durante el ciclo de deshielo, estará muy limitada la cantidad de refrigerante disponible en el compresor. A medida que progresa el descongelamiento, más líquido permanece en el evaporador y menos refrigerante regresa al compresor para su recirculación, con el resultado de que el sistema tiende a quedarse sin suficiente gas caliente para descongelar completamente el evaporador. Otra desventaja más sería de este método es la posibilidad de una capa pesada de refrigerante líquido regrese al compresor y cause daño en el mismo. Esto es fácil que ocurra al principio del ciclo de deshielo o inmediatamente después que el deshielo se haya terminado.

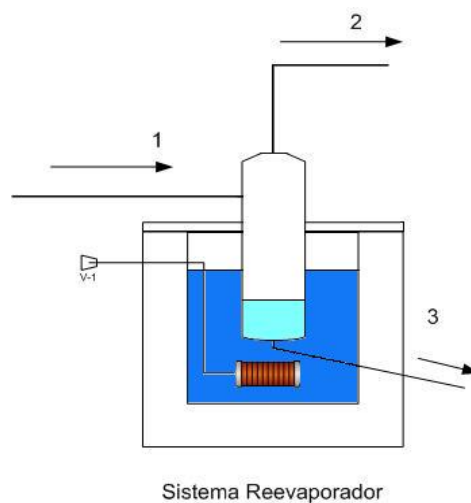
Por fortuna, estos inconvenientes pueden solventarse proporcionando algunos medios para reevaporar el líquido que se condensa en el evaporador antes de que este sea regresado al compresor. El método particularmente empleado para reevaporar el líquido es el que se describe a continuación.

2.3.3.1 Sistema reevaporador

Los dispositivos para la reevaporación del líquido condensado son numerosos y su concepción depende a menudo de la propia instalación.

Entre todos los dispositivos utilizados citaremos al que se halla constituido por un baño María², cuya temperatura se mantiene a unos + 30°C por medio de una resistencia de calentamiento controlada termostáticamente, en el que se sumerge en parte un recipiente conectado entre el evaporador y la aspiración del compresor (Figura 6.). Este recipiente sirve, bajo servicio normal, de botella de aspiración contra golpes de líquido y, en el período de desescarche de reevaporador del líquido condensado.

Figura 6. Dispositivo reevaporador en Baño María



Fuente: Los Autores

Durante el funcionamiento normal, los vapores (1) que provienen del evaporador se aspiran directamente por el compresor a través de la tubería (2); las gotas de líquido que, eventualmente, se arrastran, caen en el fondo del recipiente donde son reevaporadas por el calor que aporta el baño María. En el período de desescarche, la parte líquida de la mezcla líquido-vapor (1) que proviene del evaporador, se junta en el fondo del recipiente donde se evapora por calor; los vapores así formados son reaspirados por el compresor a través de la tubería (2).

En ambos casos de funcionamiento, el aceite decantado de los vapores (o de la mezcla Líquido-vapor) se reintegra al compresor por la tubería (3) conectada al cárter de aquél.

² Tomado del libro Instalaciones Frigoríficas Tomo 2, P.J.Rapin/P. Jacquard

3. DISEÑO DEL BANCO DE PRUEBAS

3.1 UBICACIÓN GEOGRÁFICA

Para llevar a cabo el objetivo general del presente proyecto de grado de contribuir con la misión de la Universidad Industrial de Santander y la Escuela de Ingeniería Mecánica, se hace importante que el sitio de ubicación del prototipo experimental, sea el área correspondiente al *Laboratorio de refrigeración y aire acondicionado* de la Escuela de Ingeniería Mecánica de la sede principal de la Universidad, conformando así, un escenario que aporte al fortalecimiento de competencias en el área de control de refrigeración sin ninguna clase de inconvenientes en cuanto a la disponibilidad del modelo y su libre acceso.

Figura 7. Escuela de Ingeniería Mecánica de la UIS



Fuente <http://www.uis.edu.com.co>

3.2 REQUERIMIENTOS GENERALES

Para el desarrollo del banco experimental, es necesario establecer ciertas directrices que faciliten plasmar, en la realidad, los propósitos adquiridos inicialmente; y de esta forma llevar un orden lógico para efectuar una adecuada y consecuente construcción.

Entre los requerimientos más importantes para la ejecución del banco se destacan:

En lo que atañe a la parte física, el prototipo debe gozar de una estructura apropiada, es decir:

- ✓ Debe poseer la suficiente resistencia mecánica para soportar y proteger los diferentes componentes del sistema de refrigeración por compresión de vapor;
- ✓ Debe poseer un buen aislamiento para evitar pérdidas de energía a través de sus alrededores;
- ✓ Debe ser accesible, para permitir fácilmente la ubicación y retiro de los productos o género (carga) dentro de ella;
- ✓ Debe ser didáctica, es decir, que facilite visualizar a las personas (estudiantes), el proceso de descongelamiento que ocurre dentro del recinto, concretamente en el evaporador.

En cuanto a la parte operativa:

- ✓ Debe permitir el descongelamiento a través de métodos naturales, o por métodos de calor suplementario (resistencia eléctrica y gas caliente).
- ✓ El control de los diferentes métodos de descongelamiento, debe ser centralizado mediante un único dispositivo que permita una correcta operación.

- ✓ Debe mantener temperaturas de evaporación de -15°C , o cercanas que garanticen la congelación y temperaturas de condensación de 45°C , según recomendaciones estipuladas en diferentes fuentes bibliográficas.³
- ✓ El cuerpo compresor debe ser de una aplicación de baja Presión de succión, LBP (Low Back Pressure), ya que la temperatura de evaporación de -15°C , es lo suficientemente baja, para considerarlo así. Generalmente, la capacidad nominal de los compresores de este tipo deben estar entre 1/4 o 1/5 HP.

3.3 DISEÑO ESTRUCTURAL

Teniendo en cuenta todas las anteriores especificaciones, es posible apreciar que los sistemas convencionales de conservación de alimentos de uso doméstico, como los refrigeradores o neveras, comparten suficientes características y condiciones que se pueden aprovechar para el diseño del banco; algunas de ellas son las dimensiones globales de la estructura, los elementos principales del sistema de compresión de vapor y algunos dispositivos de control entre otros.

Basado en ello, se utilizó una nevera convencional como sistema básico a través del cual, sea posible realizar las modificaciones y adaptaciones pertinentes, que conlleven al desarrollo del prototipo experimental propuesto.

3.3.1 Mueble

De esta forma, el armazón se dimensiona exteriormente de la siguiente manera (ver figura 8):

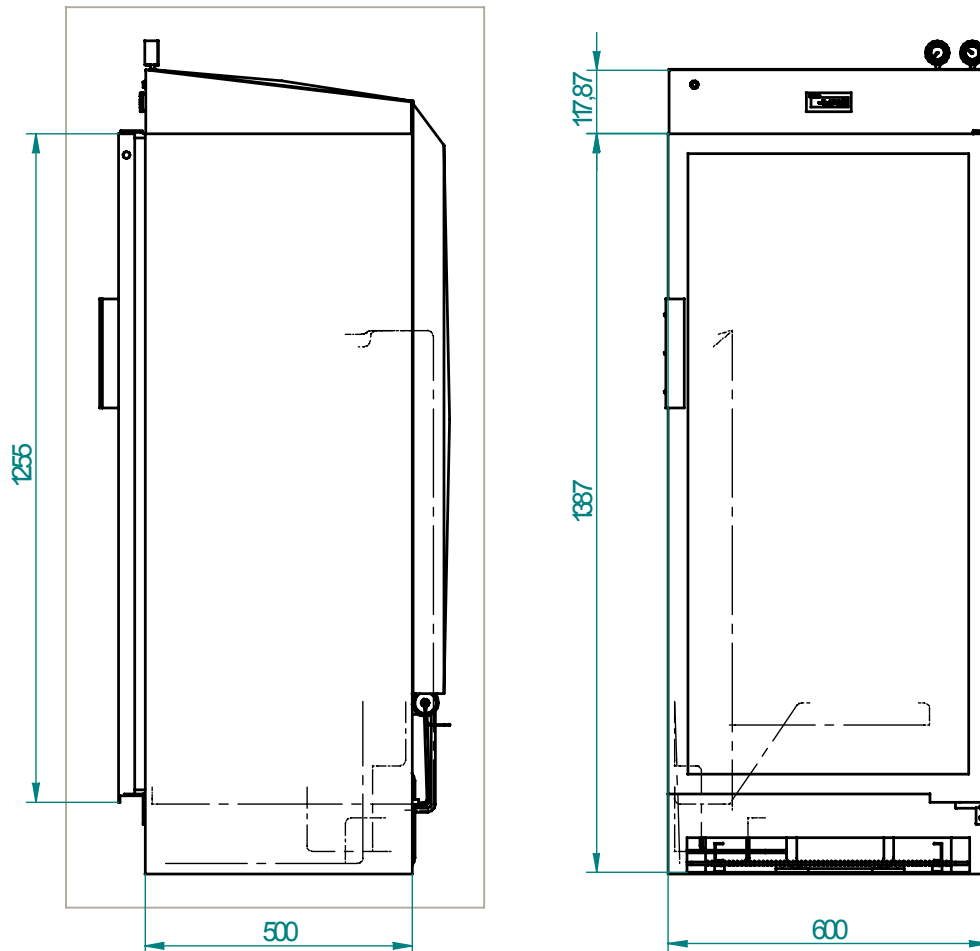
Profundidad: 50 cm

Ancho: 60 cm

Alto: 139 cm

³ Tomado de "Rapin, P.J / Jacquard, P. "Instalaciones Frigoríficas" Tomo 2.

Figura 8. Vista Frontal y Lateral acotada de la estructura del banco (cotas en mm).



Fuente: Los Autores

El mueble en su interior tiene dos zonas claramente identificadas: el área de “congelación”, y el área de “refrigeración”, sin embargo ambas cámaras se encuentran comunicadas entre sí por un pequeño espacio en la parte frontal

Figura 9. Banco de pruebas experimental para el control de diferentes tipos de descongelamiento.



Fuente: Autores

3.3.1.1 Cámara de congelación

La zona de congelación conserva menor temperatura en su interior. Este espacio es relativamente pequeño con respecto a todo el cuerpo de la estructura, y es allí en donde se ubica el evaporador, elemento encargado del intercambio de energía entre el refrigerante y la carga presente en aquel lugar. Sus dimensiones son:

Profundidad: 45 cm

Ancho: 52 cm

Alto: 28 cm

Figura 10 Cámara de congelación del mueble



Fuente: Autores

Entre la cámara de congelación y el alojamiento del evaporador se adaptó una superficie constituida por un par de vidrios templados de 5mm cada uno, separados entre sí, por una capa de aire de 1,5 cm. Esta superficie, además de servir como estante para el producto a refrigerar, permite visualizar el efecto de formación de escarcha alrededor del evaporador.

3.3.1.2 Cámara de refrigeración

La cámara de refrigeración (inferior) es el lugar apropiado para la conservación fresca de los productos sin llegar al punto de congelación de los mismos, y representa la mayor parte de la estructura. Se caracteriza por poseer una modificación en su pared inferior, la cual está formada por una doble capa de vidrio con aire intermedio para aislarla del ambiente exterior. Ello permite apreciar en parte, los mecanismos que hacen posible el funcionamiento del sistema.

Figura 11 Cámara de refrigeración del mueble



Fuente: Autores

Sus dimensiones son:

Profundidad: 46 cm

Ancho: 53cm

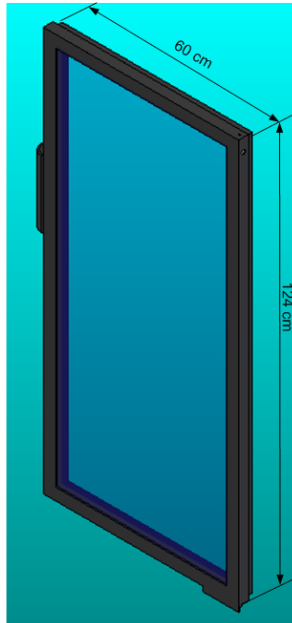
Alto: 58 cm

3.3.2 Puerta panorámica

Para el diseño de la puerta se tuvieron en cuenta las condiciones planteadas desde un inicio; buen aislamiento y acceso visual al interior de las cámaras (panorámico).

Para ello, se usaron dos cristales paralelos (separados 1,5 cm el uno del otro) con aire intermedio, limitados por rieles de aluminio rellenos de sílica gel, la cual ayuda a absorber la humedad presente entre el espaciamiento.

Figura 12. Puerta panorámica



Fuente: Los Autores

Los vidrios se soportan en un marco metálico cuya longitud es 124cm y su ancho corresponde a 60cm; entre este y los vidrios se encuentra una resistencia eléctrica (resistencia eléctrica puerta) que evita la sudoración sobre los marcos expuestos al aire exterior que lo circunda.

3.4 DISEÑO TERMICO

El diseño térmico del banco de pruebas se basa en el cálculo de la carga total a extraer por parte del sistema de refrigeración. Este cálculo es de vital importancia ya que el diseño del prototipo final tiene características particulares que difieren en gran medida de las cámaras o neveras convencionales. Previamente, se deben definir los parámetros de entrada requeridos por el sistema, los cuales son:

Temperatura ambiente exterior

Temperatura de diseño de la cámara

Temperatura de evaporación

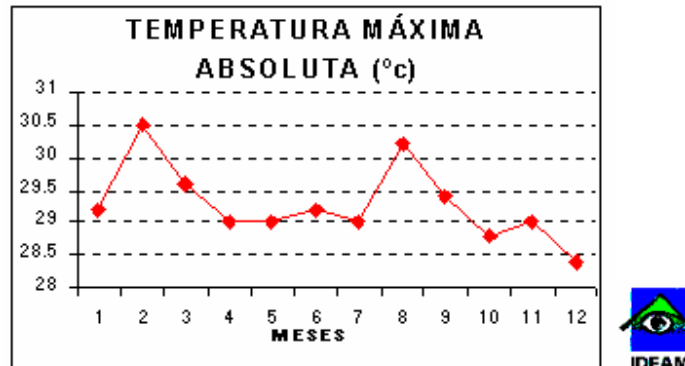
Temperatura de condensación

3.4.1 Determinación de temperaturas

3.4.1.1 Temperatura ambiente exterior

Según el INSTITUTO DE HIDROLOGIA, METEOROLOGIA Y ESTUDIOS AMBIENTALES (IDEAM) la temperatura máxima en la ciudad de Bucaramanga varía de acuerdo a la época del año como se muestra en la figura 13.

Figura 13 Temperatura máxima en la ciudad de Bucaramanga (IDEAM)



Fuente: <http://www.ideam.gov.co:8080/sectores/aero/climat/tempebucaramanga.htm>

De aquí se puede apreciar que la máxima temperatura se alcanza en el segundo mes del año y corresponde a 30.5 °C, y es ésta la temperatura ambiente usada en el diseño de la cámara para efectos de seguridad.

3.4.1.2 Temperatura de diseño de la cámara de congelación y refrigeración

La temperatura de diseño es la temperatura mínima a obtener dentro de la cámara de congelación, ésta depende de la naturaleza del producto que se debe almacenar para lo cual se toma la temperatura recomendada de conservación de hielo correspondiente a -4°C ⁴. La temperatura de diseño de la cámara de refrigeración es de 8°C ⁴, temperatura recomendada para la conservación de agua fría.

3.4.1.3 Temperatura de evaporación

Conociendo la temperatura mínima a obtener dentro de la cámara de congelación es posible estimar la temperatura de ebullición o evaporación del refrigerante. Para ello se debe identificar el tipo de evaporador utilizado que para el presente sistema corresponde a un evaporador de tubo con aletas con circulación forzada de aire. De acuerdo a esta configuración, la diferencia que existe entre la temperatura de la cámara de congelación y la temperatura de ebullición del refrigerante es de 8°C ⁵, por lo tanto:

$$T_{cc} - T_{ev} = 8^{\circ}\text{C}$$

Despejando T_{ev} y reemplazando $T_{cc} = -4^{\circ}\text{C}$, se tiene

$$T_{ev} = -12^{\circ}\text{C}$$

3.4.1.4 Temperatura de condensación

Esta temperatura va ligada a las condiciones exteriores del ambiente circundante al condensador. En la práctica se ha establecido que para

⁴ Tomado de "Alarcón Creus, José "Tratado práctico de refrigeración automática 12 Ed, cap 7, tabla 7.2 Págs 283-284

⁵ Tomado de "Alarcón Creus, José "Tratado práctico de refrigeración automática 12 Ed, cap 4, Pág 145

condensadores enfriados por aire (siendo este el caso), la temperatura de condensación está 7 a 8 °C por encima de la temperatura del aire a la salida del condensador; dado que el aire que sale del condensador ha aumentado previamente su temperatura de 5 a 6 °C desde su condición inicial en su paso por el condensador, la temperatura de condensación en un condensador enfriado por aire, se encuentra en promedio alrededor de los 15°C⁶ por encima de la temperatura del aire a la entrada del condensador la cual corresponde a la temperatura ambiente.

$$T_{cond} - T_{amb} = 15^{\circ} C$$

Despejando T_{cond} y reemplazando $T_{amb} = 30.5^{\circ} C$, se tiene

$$T_{cond} = 45.5^{\circ} C$$

3.4.2 Cálculo de carga del sistema

Las fuentes de calor que producen un aumento de la temperatura interior del banco experimental se pueden considerar que son las siguientes

- ✓ Carga por paredes
- ✓ Carga por servicio
- ✓ Cargas internas (luces y motor del ventilador del evaporador)
- ✓ Cargas de los productos a almacenar dentro del banco

Como ya se ha mencionado en secciones anteriores existen dos cámaras bien definidas en cuanto a dimensiones y temperaturas a obtener; la cámara de congelación y refrigeración (conservación). De este modo, el cálculo de cargas se debe tomar por separado para cada una de ellas.

⁶ Tomado de "Rapin, P.J / Jacquard, P. "Instalaciones Frigoríficas" Tomo 2, cap 7, Pág 174

3.4.2.1 Carga por paredes

La carga representada por la cantidad de calor a través de las paredes se calcula utilizando la siguiente ecuación:

$$Q_p = S * K * (T_{amb} - T_{cámara}) [W]^7$$

Donde,

S Área (m^2)

K Coeficiente de transmisión del aislante ($W/m^2 \text{ } ^\circ C$)

$(T_{amb} - T_{cámara})$ Diferencia de temperatura entre el ambiente y la cámara ($^\circ C$)

Para efectos de cálculo se debe tener en cuenta que existen dos diferentes tipos de materiales; por un lado poliuretano, ampliamente acogido en la industria de la refrigeración y por otro lado vidrio, utilizado en la fabricación de la puerta y en la parte inferior de la cámara permitiendo de esta manera la visualización de los elementos operativos que hacen parte de la experimentación.

Cámara de congelación

Áreas: La cámara de congelación posee las siguientes dimensiones exteriores

Altura: 0.28 m

Ancho: 0.6 m

Profundidad: 0.5 m

De acuerdo con las anteriores dimensiones el área total exterior es

$$S_{icc} = 2 * [(0.6 * 0.5) + (0.5 * 0.28) + (0.28 * 0.6)]$$
$$S_{icc} = 1.216 m^2$$

Para hallar el área aislada por el poliuretano, se debe tener en cuenta que al área total calculada se le debe restar el área debida a la porción de la puerta de vidrio la cual está en contacto con la cámara superior. Sus dimensiones son

Ancho: 0.6 m

Altura: 0.28 m

$$S_{vcc} = 0.6m * 0.28m = 0.168 m^2$$

El área inferior de la cámara de congelación se considera como una partición debido a que esta divide las dos cámaras entre si y no esta expuesta al ambiente exterior. Por esto, el área de la pared inferior se resta al igual que el área del vidrio. El área inferior es $0.6 \times 0.5 = 0.3 m^2$

La diferencia entre el área total exterior (S_{icc}) y las áreas del vidrio (S_{vcc}) y de la pared inferior corresponde al área efectiva aislada por el poliuretano (S_{pcc})

$$S_{pcc} = S_{icc} - S_{vcc} - 0.3$$
$$S_{pcc} = 1.216 - 0.168 - 0.3 = 0.748 m^2$$

⁷ Tomado de "Alarcón Creus, José "Tratado práctico de refrigeración automática 12 Ed, cap 7, Pág 281

*Coeficientes de transmisión de los aislantes*⁸: Los coeficientes de transmisión dependen del espesor, en el caso del poliuretano, y del número de cristales, en el caso del vidrio.

Poliuretano de espesor de 50 mm

$$K_{\text{Poliuretano}} = 0.58 \text{ W / m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$$

Vidrio (dos cristales con espacio de aire intermedio)

$$K_{\text{Vidrio}} = 4.3 \text{ W / m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$$

Diferencia de temperatura: Esta diferencia de temperatura es la existente entre la del ambiente exterior y la de diseño de la cámara de congelación, entonces,

$$(T_{\text{amb}} - T_{\text{cc}}) = [30.5^\circ\text{C} - (-4^\circ\text{C})] = 34.5^\circ\text{C}$$

Cálculo: La carga total por paredes es el resultado de la contribución del área aislada con poliuretano y de los cristales (vidrio)

$$Q_{\text{pared cc}} = Q_{\text{pcc}} + Q_{\text{vcc}}$$

$$Q_{\text{pcc}} = S_{\text{pcc}} * K_{\text{poliuretano}} * (T_{\text{amb}} - T_{\text{cc}}) \text{ [W]}$$

$$Q_{\text{pcc}} = (0.748 \text{ m}^2) \cdot (0.58 \text{ W / m}^2 \cdot ^\circ\text{C}) \cdot (34.5^\circ\text{C})$$

$$Q_{\text{pcc}} = 14.97 \text{ W}$$

⁸ Coeficientes tomados de "Alarcón Creus, José "Tratado práctico de refrigeración automática 12 Ed, cap 7, Tabla 7.1 Pág 282 y Tabla 7.3 Pág 285

$$Q_{vcc} = S_{vcc} * K_{vidrio} * (T_{amb} - T_{cc}) [W]$$

$$Q_{vcc} = (0.168 m^2) \cdot (4.3 W / m^2 \cdot ^\circ C) \cdot (34.5^\circ C)$$

$$Q_{vcc} = 24.92 W$$

$$Q_{pared\ cc} = 14.97 + 24.92 = 39.89 W$$

Cámara de refrigeración

Áreas: La cámara de refrigeración posee las siguientes dimensiones

Altura: 0.58 m

Ancho: 0.6 m

Profundidad: 0.5 m

De acuerdo con las anteriores dimensiones el área total exterior es

$$S_{tcr} = 2 * [(0.6 * 0.5) + (0.5 * 0.58) + (0.58 * 0.6)]$$

$$S_{tcr} = 1.876 m^2$$

Siguiendo el mismo procedimiento para determinar el área efectiva aislada por el poliuretano se deduce del área total exterior el área de la puerta de vidrio en contacto con la cámara de refrigeración (frontal), el área de partición entre las dos cámaras y el área de la superficie inferior la cual fue reemplazada por vidrio el cual permite observar los elementos operativos del sistema de refrigeración.

Área frontal cámara (puerta): 0.348 m² Ancho x alto

Área partición (superior): 0.3 m² Ancho x Profundidad

Área superficie inferior: 0.3 m² Ancho x Profundidad

$$S_{pcr} = 1.876 m^2 - 0.348 m^2 - 0.3 m^2 - 0.3 m^2$$

$$S_{pcr} = 0.928 m^2$$

Es importante aclarar que la superficie inferior de la cámara de refrigeración compuesta de vidrio tiene forma de escalón y por lo tanto el área de la puerta de vidrio es más grande que el área frontal de la cámara (ver figura14).

Figura 14. Superficie inferior de la cámara de refrigeración



Fuente: Los autores

Área puerta de vidrio (0.6m x 0.96m): 0.576 m²

Área superficie inferior de vidrio (escalón): 0.33 m²

De aquí se calcula el área total de vidrio de la cámara de refrigeración

$$S_{vcr} = 0.576 m^2 + 0.33 m^2 = 0.906 m^2$$

*Coeficientes de transmisión de los aislantes*⁹: Los coeficientes de transmisión son los mismos utilizados para la cámara de congelación.

Poliuretano de espesor de 50 mm

$$K_{\text{Poliuretano}} = 0.58 \text{ W / m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$$

Vidrio (dos cristales con espacio de aire intermedio)

$$K_{\text{vidrio}} = 4.3 \text{ W / m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$$

Diferencia de temperatura: Esta diferencia de temperatura es la existente entre la del ambiente exterior y la de diseño de la cámara de refrigeración, entonces,

$$(T_{\text{amb}} - T_{\text{cr}}) = [30.5^\circ\text{C} - 8^\circ\text{C}] = 22.5^\circ\text{C}$$

Cálculo: La carga total por paredes es el resultado de la contribución del área aislada con poliuretano y de los cristales (vidrio)

$$Q_{\text{pared cr}} = Q_{\text{pcr}} + Q_{\text{vcr}}$$

$$Q_{\text{pcr}} = S_{\text{pcr}} * K_{\text{poliuretano}} * (T_{\text{amb}} - T_{\text{cr}}) [\text{W}]$$

$$Q_{\text{pcr}} = (0.928 \text{ m}^2) \cdot (0.58 \text{ W / m}^2 \cdot ^\circ\text{C}) \cdot (22.5^\circ\text{C})$$

$$Q_{\text{pcr}} = 12.11 \text{ W}$$

$$Q_{\text{vcr}} = S_{\text{vcr}} * K_{\text{vidrio}} * (T_{\text{amb}} - T_{\text{cr}}) [\text{W}]$$

$$Q_{\text{vcr}} = (0.906 \text{ m}^2) \cdot (4.3 \text{ W / m}^2 \cdot ^\circ\text{C}) \cdot (22.5^\circ\text{C})$$

$$Q_{\text{vcr}} = 87.65 \text{ W}$$

⁹ Coeficientes tomados de "Alarcón Creus, José "Tratado práctico de refrigeración automática 12 Ed, cap 7, Tabla 7.1 Pág 282 y Tabla 7.3 Pág 285

$$Q_{pared\ cr} = 12.11 + 87.65 = 99.8\ W$$

3.4.2.2 Carga por cambio de aire¹⁰

Aquí se calcula la cantidad de calor que entra en la cámara por concepto de las entradas de aire caliente y húmedo debidas a las aperturas de la puerta principal. Esta cantidad de calor se denomina carga por cambio de aire, la cual viene dada por la siguiente expresión.

$$Q_{ca} = V_{camara} \cdot N^{\circ} \text{ cambios de aire} \cdot FCA$$

Donde,

V_{camara} = Volumen de la cámara (m³)

FCA = Factor de cambio de aire

Cámara de congelación

Las condiciones del aire ambiente en Bucaramanga son de 30°C y 70% de humedad relativa, mientras que las condiciones de temperatura dentro de la cámara de congelación son de -4°C. El volumen de la cámara es

$$V_{cc} = 0.45 \times 0.52 \times 0.28 = 0.0655\ m^3 = 2.3131\ ft^3 \quad \text{Profundidad: 45 cm}$$

Ancho: 52 cm

Alto: 28 cm

Los cambios de aire para 24h se obtienen de la tabla entrando con el valor de volumen en pie cúbico.

¹⁰ Tomado de "Stoecker, Wilbert F., Industrial Refrigeration Handbook"

Nº cambios de aire = 29.2

El factor de cambio de aire (FCA) se obtiene de la tabla siguiente para unas condiciones ambientales extremas de Bucaramanga 32°C (90°F) y una humedad relativa de 70%. La temperatura dentro de la cámara de congelación es de -4°C (25°F)

Tabla 2. Número de cambio de aire

Volumen en metro cúbico	cambio de aire por 24hr	Volumen en metro cúbico	cambio de aire por 24hr	Volumen en metro cúbico	cambio de aire por 24hr	Volumen en metro cúbico	cambio de aire por 24hr
≤250	29,2	1000	13,5	5000	5,6	25000	2,3
300	26,2	1500	11	6000	5	30000	2,1
400	22,3	2000	9,3	8000	4,3	40000	1,8
500	20	2500	8,1	10000	3,8	50000	1,6
600	18	3000	7,6	15000	3	75000	1,3
800	15,3	4000	6,3	20000	2,6	≥100000	1,1

Tabla 3. Factores de cambio de aire

Temperatura cuarto °F	Temperatura aire entrada °F									
	40		50		80		90		100	
	Humedad relativa aire entrada %									
	70	80	70	80	50	60	50	70	50	70
30	0,24	0,29	0,58	0,66	1,69	1,87	2,26	2,53	2,95	3,35
25	0,41	0,45	0,75	0,83	1,86	2,05	2,44	2,71	3,14	3,54
20	0,56	0,61	0,91	0,99	2,04	2,22	2,62	2,9	3,33	3,73
15	0,71	0,75	1,06	1,14	2,2	2,39	2,8	3,07	3,51	3,92
10	0,85	0,89	1,19	1,27	2,38	2,52	2,93	3,2	3,64	4,04
5	0,98	1,03	1,34	1,42	2,51	2,71	3,12	3,4	3,84	4,27
0	1,12	1,17	1,48	1,56	2,68	2,86	3,28	3,56	4,01	4,43
-5	1,23	1,28	1,59	1,67	2,79	2,98	3,41	3,69	4,15	4,57
-10	1,35	1,41	1,73	1,81	2,93	3,13	3,56	3,85	4,31	4,74
-15	1,5	1,53	1,85	1,93	3,05	3,25	3,67	3,96	4,42	4,86
-20	1,63	1,68	2,01	2,09	3,24	3,44	3,88	4,18	4,66	5,1
-25	1,77	1,8	2,12	2,21	3,38	3,56	4	4,3	4,78	5,21
-30	1,9	1,95	2,29	2,38	3,55	3,76	4,21	4,51	5	5,44

FCA= 2.71 BTU / ft³

De este modo el cálculo de la carga por cambio de aire en la cámara de congelación es:

$$Q_{cacc} = V_{cc} \cdot N^{\circ} \text{ cambios de aire} \cdot FCA$$
$$Q_{cacc} = (2.3131 \text{ ft}^3) \cdot \left(\frac{29.2}{24h}\right) \cdot (2.71 \text{ BTU} / \text{ft}^3)$$
$$Q_{cacc} = 7.62 \text{ BTU} / h = 2.23 \text{ W}$$

Cámara de refrigeración

Siguiendo el mismo procedimiento de cálculo se tiene:

- ✓ Condiciones aire exterior 32°C (90°F) y 70% de humedad relativa
- ✓ Temperatura dentro de la cámara de refrigeración es de 8°C (45°F)
- ✓ Volumen cámara

$$V_{cr} = 0.46 \times 0.53 \times 0.58 = 0.1414 \text{ m}^3 = 4.99 \text{ ft}^3$$

Profundidad: 46 cm

Ancho: 53 cm

Alto: 58 cm

N° cambios de aire 29.2

FCA= 1.99 BTU / ft³

$$Q_{cacr} = V_{cr} \cdot N^{\circ} \text{ cambios de aire} \cdot FCA$$
$$Q_{cacr} = (4.99 \text{ ft}^3) \cdot \left(\frac{29.2}{24h}\right) \cdot (1.99 \text{ BTU} / \text{ft}^3)$$
$$Q_{cacr} = 12.08 \text{ BTU} / h = 3.537 \text{ W}$$

3.4.2.3 Ganancias por cargas internas

Las cargas internas se deben al calor generado por el motor que acciona el ventilador del evaporador y a las luces fluorescentes instaladas en el interior de la cámara.

Calculo de carga por alumbrado¹¹

La cámara cuenta con dos lámparas fluorescentes de 14 y 6 W (Watts). El cálculo de la carga de calor se hace por medio de la siguiente expresión

$$Q_{luces} = W_{luces} \cdot FB \cdot FCE$$

Donde

W_{luces} = Capacidad de alumbrado en W

FB = Factor de balastro

1.25 alumbrado fluorescente

1.0 Alumbrado incandescente

FCE = Factor de carga de enfriamiento

Figura 15. Alumbrado de las cámaras superior (izq.) e inferior (der.)



¹¹ Fuente: **ASHRAE Handbook of Fundamentals**, American Society of Heating, Refrigeration and Air conditioning Engineers. New York, 1977.

Fuente: Autores

El factor FCE depende de las condiciones de operación del sistema de enfriamiento las cuales son

- ✓ El sistema de enfriamiento solo trabaja durante las horas de uso de la cámara
- ✓ El sistema de enfriamiento trabaja más de 16 horas.
- ✓ Se permite aumentar la temperatura del recinto durante las horas cuando no se ocupa (oscilación de temperatura).

En este caso el sistema de enfriamiento solo trabaja durante las horas de uso de la cámara las cuales corresponden al tiempo disponible en el laboratorio. Para lo cual el factor, según la ASHRAE, es de 1.0.

FCE=1.0

Entonces,

$$Q_{luc\grave{e}s} = W_{luc\grave{e}s} \cdot FB \cdot FCE$$

$$Q_{luc\grave{e}s} = (14W + 6W) \times 1.25 \times 1.0$$

$$Q_{luc\grave{e}s} = 25W$$

Cálculo de carga por motor del ventilador¹²

En el cálculo de perdidas debe tenerse en cuenta el calor que aportan los motores de acuerdo con la relación conocida por "equivalente mecánico del

¹² Tomado de "Alarcón Creus, José "Tratado práctico de refrigeración automática 12 Ed, cap 7, Pág 285

calor”¹³. Así, la carga que aporta el motor del ventilador es el producto de su capacidad en watts por el equivalente

$$1\text{kW} = 860 \text{ kcal / hora}$$

El ventilador del evaporador que insufla el aire a través de sus aletas para mejorar la rata de transferencia de calor cuya referencia es GE WR60X162, tiene las siguientes características

- ✓ 0.19 Amp
- ✓ 12 Watt
- ✓ 2850 RPM
- ✓ 110 Volt

Figura 16. Ventilador del evaporador



Fuente: Autores

$$Q_{\text{motor ventilador}} = 12 \text{ W} * \frac{860 \text{ kcal / hora}}{1000 \text{ W}}$$

$$Q_{\text{motor ventilador}} = 10.32 \text{ kcal / hora} = 11.98 \text{ W}$$

¹³ Tomado de “Alarcón Creus, José “Tratado práctico de refrigeración automática 12 Ed, cap 1, Pág 7

Finalmente, teniendo las cargas por el alumbrado y el motor del ventilador tenemos la carga interna aportada a la cámara

$$\begin{aligned} Q_{cargas\ internas} &= Q_{luces} + Q_{motor\ ventilador} \\ Q_{cargas\ internas} &= 25 + 11.98 = 36.98\ W \end{aligned}$$

3.4.2.4 Cargas de los productos a almacenar dentro del banco

Para la realización de pruebas con el banco experimental es necesario introducir una carga de referencia la cual aporte calor y humedad en pos de la formación de escarcha en el evaporador. Se decide entonces alojar 4 Kg de agua en cada cámara a una temperatura de entrada que, a las condiciones ambientales de la ciudad de Bucaramanga, se encuentra alrededor de los 20 °C. Ahora, las temperaturas de almacenamiento para las dos cámaras son las siguientes:

Temperatura cámara de congelación -4°C

Temperatura cámara de refrigeración 8°C

Tiempo mínimo de almacenamiento 8hrs (28800 s)

Punto de congelación del agua 0°C

✓ *Cámara de congelación*

Carga sensible del producto por encima del punto de congelación:

$$Q_1 = P \cdot Cp_1 \cdot (T_{entrada} - 0^\circ C)$$

Donde,

P = Peso en kg del producto almacenado (agua)

Cp₁ = Calor específico del agua sobre el punto de congelación

$T_{entrada}$ = Temperatura de entrada del producto a la cámara

$$Q_{sobre\ cero} = \left(\frac{4\text{ kg}}{28800\text{ s}} \right) \cdot (4.18\text{ kJ} / \text{kg } ^\circ\text{C}) \cdot [20^\circ\text{C} - 0^\circ\text{C}]$$

$$Q_{sobre\ cero} = 11.61\text{ W}$$

Carga latente del producto:

$$Q_l = P \cdot h_{if}$$

Donde,

P = Peso en kg del producto almacenado (agua)

h_{if} = Calor latente de congelación

$$Q_l = \left(\frac{4\text{ kg}}{28800\text{ s}} \right) \cdot 333.7\text{ kJ} / \text{kg}$$

$$Q_l = 46.35\text{ W}$$

Carga sensible del producto por debajo del punto de congelación:

$$Q_{bajo\ cero} = P \cdot Cp_2 \cdot (0^\circ\text{C} - T_{almacenamiento})$$

Donde,

P = Peso en kg del producto almacenado (agua)

Cp_2 = Calor específico del agua por debajo del punto de congelación

$T_{almacenamiento}$ = Temperatura de almacenamiento del producto en la cámara

$$Q_{\text{bajo cero}} = \left(\frac{4 \text{ kg}}{28800 \text{ s}} \right) \cdot (4.22 \text{ kJ / kg } ^\circ\text{C}) \cdot [0^\circ\text{C} - (-4^\circ\text{C})]$$

$$Q_{\text{bajo cero}} = 2.3 \text{ W}$$

Sumando las cargas sensibles más la latente obtenemos la carga total por productos de la cámara de congelación:

$$Q_{\text{pcc}} = Q_{\text{sobre cero}} + Q_l + Q_{\text{bajo cero}}$$

$$Q_{\text{pcc}} = 11.61 + 46.35 + 2.3 = 60.25 \text{ W}$$

✓ Cámara de refrigeración

Debido a que la temperatura de almacenamiento de esta cámara está por encima de los 0°C no hay presencia de calor latente de congelación y solo se calcula la carga sensible, obteniéndose de esta manera la carga por productos de la cámara de refrigeración.

$$Q_{\text{pcr}} = \left(\frac{4 \text{ kg}}{28800 \text{ s}} \right) \cdot (4.18 \text{ kJ / kg } ^\circ\text{C}) \cdot [20^\circ\text{C} - 8^\circ\text{C}]$$

$$Q_{\text{pcr}} = 6.96 \text{ W}$$

3.4.3 Obtención de la Carga total

La carga total es la suma de todas las cargas calculadas anteriormente, entonces:

La cantidad de calor a extraer en un periodo de 24 horas será:

$$E_{\text{total}} = 249.647 \text{ J / s} \times 3600 \text{ s} (24)$$

$$E_{\text{total}} = 21.5695 \times 10^6 \text{ J}$$

Tabla 4. Resumen de cargas del sistema

CARGA	CAMARA	(W)	Subtotal (W)
Paredes	Congelación	39,89	139,69
	Refrigeración	99,8	
Cambio de aire	Congelación	2,23	5,767
	Refrigeración	3,537	
Ganancias internas	Congelación	19,48	36,98
	Refrigeración	17,5	
Productos	Congelación	60,25	67,21
	Refrigeración	6,96	
TOTAL			249,65 W

Esta es la cantidad de calor que debe extraer el sistema de refrigeración durante 24 horas. Sin embargo, el rendimiento o capacidad de las unidades condensadoras se calcula generalmente a base de un trabajo máximo de 18 a 20 horas para instalaciones de baja temperatura con descongelamiento por calor suplementario y 16 horas para instalaciones que produzcan temperaturas sobre cero con descongelamiento natural, a fin de obtener un adecuado descongelamiento del evaporador. Por lo anterior se divide el calor total en 18 de horas de trabajo máximo que es un tiempo adecuado teniendo presente que el banco de pruebas agrupa tres diferentes configuraciones de descongelamiento.

$$Q_{total} = \frac{21.5695 \times 10^6 J}{3600s(18)} = 332.9 W$$

Finalmente, la carga a extraer es de 332.9 Watts y esta es la capacidad que debe poseer el compresor a la temperatura de evaporación mínima requerida.

3.4.4 Selección del equipo de refrigeración

3.4.4.1 Compresor

La selección del compresor se basa en la determinación de la capacidad (*CAP*) desarrollada por el sistema de refrigeración bajo las condiciones de operación ya establecidas. Para esto, la capacidad del sistema de refrigeración debe cubrir la carga total calculada anteriormente por pérdidas, dicho valor es de 332.9 watts.

Así pues, la capacidad se calcula de la siguiente manera:

$$CAP = \rho_v \cdot \dot{V}_{fis} \cdot \varepsilon_t \cdot E_R$$

Donde

CAP Capacidad del sistema de refrigeración (kW)

ρ_v Densidad del refrigerante (R134a) en estado vapor (kg/m³)

\dot{V}_{fis} Flujo volumétrico del compresor (m³/s)

ε_t Eficiencia global del compresor

E_R Efecto refrigerante, definido como la diferencia de entalpía del refrigerante entre la entrada y la salida del evaporador (kJ/kg)

Para el cálculo de la capacidad se deben conocer las características del compresor escogido en lo que respecta al flujo volumétrico manejado y la eficiencia global del mismo. La información utilizada corresponde al compresor Embraco FF7.5 HBK .

Parametrizando la temperatura de evaporación en la anterior ecuación es posible determinar la variación de la capacidad con la ayuda del software Engineering Equation Solver (EES). En la siguiente tabla se enlistan los datos arrojados por el software EES en donde se muestran los principales parámetros de desempeño.

Tabla 5. Parámetros de desempeño sistema de refrigeración

$$T_{cond} = 45^{\circ}\text{C}; V_{fis} = 0.0004152 \text{ m}^3/\text{s}$$

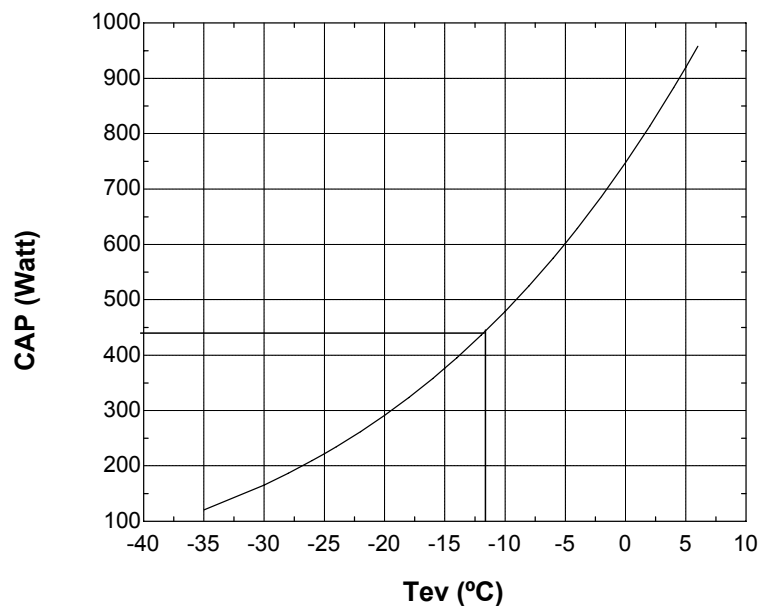
Tev (°C)	Densidad vapor (kg/m ³)	CAP (W)	Wc (W) (trabajo compresor)	COPr	T descarga compresor (°C)	ε _t
-36	3,361	112,6	61,81	1,822	59,69	0,7215
-34	3,691	128,6	67,39	1,908	58,92	0,7418
-32	4,047	146,1	73,1	1,999	58,19	0,7606
-30	4,429	165,4	78,93	2,096	57,49	0,7781
-28	4,839	186,5	84,85	2,198	56,83	0,7943
-26	5,278	209,5	90,85	2,306	56,2	0,8093
-24	5,749	234,6	96,89	2,421	55,61	0,8233
-22	6,252	261,8	103	2,543	55,05	0,8363
-20	6,789	291,4	109	2,673	54,51	0,8483
-18	7,362	323,4	115	2,811	54	0,8595
-16	7,973	358	121	2,959	53,52	0,87
-14	8,623	395,4	126,8	3,118	53,06	0,8797
-12	9,314	435,6	132,5	3,288	52,63	0,8887
-10	10,05	479	138	3,47	52,21	0,8972
-8	10,83	525,5	143,3	3,667	51,82	0,905
-6	11,65	575,5	148,3	3,879	51,45	0,9124
-4	12,53	629,1	153,1	4,11	51,1	0,9192
-2	13,46	686,4	157,4	4,36	50,76	0,9256
0	14,44	747,8	161,4	4,633	50,44	0,9315
2	15,48	813,3	164,9	4,931	50,13	0,9371
4	16,57	883,2	167,9	5,259	49,84	0,9423
6	17,73	957,8	170,4	5,621	49,57	0,9472

El parámetro COPr se denomina coeficiente de operación real el cual se define como la relación entre la capacidad del sistema y el trabajo ejercido por el compresor:

$$COP_r = \frac{CAP}{W_c}$$

El valor de flujo volumétrico manejado por el compresor (0.0004152 m³/s) fue obtenido de la información técnica del compresor Embraco FF 7.5 HBK, el cual se describirá con más detalle en la siguiente sección. Cabe resaltar que los valores de las propiedades tales como la densidad, la presión, la entalpía y el volumen del refrigerante R134a, son determinados con el software EES y varían de acuerdo con la temperatura de evaporación. En la figura 17 se puede ver gráficamente el comportamiento en términos de capacidad:

Figura 17. Capacidad del sistema Vs temperatura de evaporación



Fuente: Autores

Se puede observar de la grafica que la capacidad del sistema, a la temperatura de evaporación de -12 °C, es de 435.6 Watt, valor que cubre con holgura la carga total a extraer calculada por perdidas. Lo anterior permite constatar la selección del compresor Embraco FF 7.5 HBK para operar bajo las condiciones de diseño del banco de pruebas.

3.4.4.2 Condensador

La selección del condensador se centra en la determinación del área mínima requerida para extraer el calor latente de condensación del sistema. El condensador, ubicado en posición horizontal, transfiere calor al aire ambiente por convección forzada debido a la acción de dos ventiladores montados para el mejoramiento de dicha transferencia. Como primera medida se debe conocer el calor de condensación, el cual viene dado por la siguiente expresión:

$$Q_{cond} = HRF \times Q_{ev} \quad \text{donde,}$$

HRF = Factor de rechazo de calor (Heat Rejection Factor)

Q_{ev} = Calor absorbido por el evaporador (carga)

El factor de rechazo de calor viene dado por:

$$HRF = \left(\frac{T_{cond}}{T_{ev}} \right)^{1.7} \quad 14$$

Donde las temperaturas de condensación y evaporación vienen dadas en escala absoluta (K). Reemplazando en la ecuación se tiene:

$$HRF = \left(\frac{318.5}{261} \right)^{1.7} \quad T_{cond} = 45.5^\circ\text{C} = 318.5 \text{ K y } T_{ev} = -12^\circ\text{C} = 261 \text{ K}$$
$$HRF = 1.4$$

¹⁴ Tomado de "Stoecker, Wilbert F., Industrial Refrigeration Handbook"

Ahora, el calor absorbido por el evaporador Q_{ev} es el valor de la carga a extraer (332.9 W). Entonces el calor del condensador será:

$$Q_{cond} = HRF \times Q_{ev}$$

$$Q_{cond} = 1.4 \times 332.9 \text{ W} = 466.06 \text{ W}$$

Este calor de condensación debe ser igual a:

$$Q_{cond} = U \cdot A_c \cdot \frac{(T_{cond} - T_{e \text{ aire}}) - (T_{cond} - T_{s \text{ aire}})}{\text{Ln} \frac{(T_{cond} - T_{e \text{ aire}})}{(T_{cond} - T_{s \text{ aire}})}} \quad \text{donde,}$$

U = Coeficiente global de transferencia de calor

A_c = Área total de transferencia de calor del condensador

T_{cond} = Temperatura de condensación (45°C)

$T_{e \text{ aire}}$ = Temperatura de entrada del aire al condensador (30°C)

$T_{s \text{ aire}}$ = Temperatura de salida del aire del condensador (37°C)¹⁵

Para hallar el área requerida por el condensador se conoce el valor de la temperatura de condensación y las temperaturas de salida y entrada del aire. Por lo tanto se debe estimar el coeficiente global de transferencia (U):

$$U = \frac{1}{\frac{1}{h_{int}} + Rp + \frac{1}{h_{ext}}}$$

h_{int} = Coeficiente interno de transferencia por condensación

¹⁵ En condensadores enfriados por aire, éste último sufre un aumento de temperatura promedio de 7°C. Rapin, P.J / Jacquard, P. "Instalaciones Frigoríficas" Tomo 2, cap 7, Pág 174

h_{ext} = Coeficiente externo de transferencia por convección forzada

R_p = Resistencia de la pared del condensador (cobre)

Coeficiente interno de transferencia por condensación: El coeficiente interno por condensación se calcula con la expresión sugerida por Chato para condensación en película dentro de tubos horizontales:

$$h_{int} = 0.555 \left[\frac{g \rho_l (\rho_l - \rho_v) k_l^3}{\mu_l (T_{sat} - T_s)} \left(h_{fg} + \frac{3}{8} C_{p_l} (T_{sat} - T_s) \right) \right]^{1/4} \text{ donde,}$$

g = aceleración gravitacional, m/s²

ρ_l = Densidad del refrigerante en estado líquido, kg/m³

μ_l = Viscosidad del refrigerante en estado líquido, kg/m s

ρ_v = Densidad del refrigerante en estado vapor, kg/m³

k_l = Conductividad térmica del refrigerante en estado líquido, W/m °C

T_{sat} = Temperatura de saturación del refrigerante, °C

T_s = Temperatura de superficie del condensador, °C

h_{fg} = Calor latente de vaporización del refrigerante, J/kg

C_{p_l} = Calor específico del refrigerante en estado líquido, J/kg °C

Las propiedades del refrigerante líquido se calculan a la temperatura de película, la cual es el promedio entre la temperatura de condensación y la temperatura de superficie del condensador; esta última se puede aproximar a la temperatura del aire exterior para las condiciones iniciales del proceso. Así, la temperatura de película será:

$$\frac{(T_{sat} + T_s)}{2} = \frac{(45 + 30)}{2} = 37.5^\circ C$$

Las propiedades de calor latente de vaporización y densidad en estado vapor se calculan a la temperatura de saturación del refrigerante $T_{sat} = 45^\circ C$

Basado en las tablas de saturación para el R134a se tiene

$$g = 9.81 \text{ m/s}^2$$

$$\rho_l = 1157.5 \text{ kg/m}^3$$

$$\mu_l = 1.72 \times 10^{-4} \text{ kg/m s}$$

$$\rho_v = 57.66 \text{ kg/m}^3$$

$$k_l = 0.077 \text{ W/m }^\circ C$$

$$T_{sat} = 45^\circ C$$

$$T_s = 30^\circ C$$

$$h_{fg} = 157.6 \times 10^3 \text{ J/kg}$$

$$Cp_l = 1484 \text{ J/kg }^\circ C$$

$$h_{int} = 0.555 \left[\frac{(9.81)(1157.5)(1157.5 - 57.66)(0.077)^3}{1.72 \times 10^{-4}(45 - 30)} \left(157.6 \times 10^3 + \frac{3}{8}(1484)(45 - 30) \right) \right]^{1/4}$$

$$h_{int} = 431.8 \text{ W / m}^2 \text{ }^\circ C$$

Coefficiente externo de transferencia por convección forzada: El condensador transfiere calor al ambiente de manera forzada gracias a la acción de dos ventiladores. La temperatura superficial del condensador, después de un largo período de tiempo, se puede aproximar a la temperatura de condensación del refrigerante ($45^\circ C$) y la temperatura del aire ambiente es de $30^\circ C$. El valor del valor promedio del número Nusselt para convección forzada sobre tubos horizontales es:

$$Nu = \frac{h_{ext} \cdot D}{K_a} = 0.3 + \frac{0.62 Re^{1/2} Pr^{1/3}}{\left[1 + \left(\frac{0.4}{Pr}\right)^{2/3}\right]^{1/4}} \left[1 + \left(\frac{Re}{282000}\right)^{5/8}\right]^{4/5}$$

$$Re = \frac{\vec{V}_a \cdot D_{ext}}{\nu}$$

K_a = Conductividad del aire, W/m °C

D_{ext} = Diámetro exterior del tubo (condensador), m

Re = Numero Reynolds

Pr = Numero Prandtl

\vec{V}_a = Velocidad del aire, m/s

ν = Viscosidad cinemática del aire, m²/s

Las propiedades del aire se calculan a la temperatura de película promedio:

$$\frac{(T_{amb} + T_s)}{2} = \frac{(30 + 45)}{2} = 37.5^\circ C$$

El valor de la velocidad del aire impulsado por los ventiladores fue medida con el anemómetro del laboratorio de maquinas térmicas obteniéndose un valor promedio de 8.2 m/s.

Recopilando todos los datos y reemplazando en las ecuaciones se tiene:

$K_a = 0.02625$ W/m °C

$D = 0.00635$ m (1/4 in)

Pr = 0.7268

$\vec{V}_a = 8.2$ m/s

$\nu = 1.655 \times 10^{-5}$ m²/s

$$Re = \frac{(8.2)(0.00635)}{1.655 \times 10^{-5}} = 3146.22$$

$$Nu = \frac{h_{ext} \cdot D_{ext}}{K_a} = 0.3 + \frac{0.62 \cdot (3146.229)^{1/2} (0.7268)^{1/3} \left[1 + \left(\frac{3146.22}{282000} \right)^{5/8} \right]^{4/5}}{\left[1 + \left(\frac{0.4}{0.7268} \right)^{2/3} \right]^{1/4}}$$

$$Nu = 29.12$$

Con el valor del número Nusselt se obtiene el coeficiente de transferencia externo (h_{ext}):

$$h_{ext} = \frac{K_a}{D_{ext}} Nu$$

$$h_{ext} = \frac{0.2625}{0.00635} (29.12)$$

$$h_{ext} = 120.36 \text{ W/m}^2\text{°C}$$

Resistencia de la pared del condensador (cobre): La resistencia de la pared de cobre por unidad de área es la relación entre el espesor del tubo y la conductividad del cobre:

$$Rp = \frac{e}{K_{cu}} = \frac{0.00095 \text{ m}}{401 \text{ W/m}^{\circ}\text{C}} = 2.369 \times 10^{-6} \text{ W/m}^2\text{°C}$$

Coeficiente global de transferencia (U): Obtenidos los valores de los coeficientes interno y externo junto con la resistencia de la pared se puede evaluar el coeficiente global de transferencia (U):

$$U = \frac{1}{\frac{1}{h_{int}} + Rp + \frac{1}{h_{ext}}}$$

$$h_{int} = 431.8 \text{ W/ m}^2\text{C}$$

$$h_{ext} = 120.36 \text{ W/ m}^2\text{C}$$

$$Rp = 2.369 \times 10^{-6} \text{ W/ m}^2\text{C}$$

$$U = \frac{1}{\frac{1}{431.8} + 2.369 \times 10^{-6} + \frac{1}{120.36}}$$

$$U = 94.1 \text{ W/m}^2\text{C}$$

Calculo del área total de transferencia (A_c): Finalmente el área mínima requerida del condensador será:

$$A_c = \frac{Q_{cond}}{U \cdot \left[\frac{(T_{cond} - T_e) - (T_{cond} - T_s)}{\ln \frac{(T_{cond} - T_e)}{(T_{cond} - T_s)}} \right]} \quad \text{donde,}$$

$$Q_{cond} = 466.06 \text{ W}$$

$$U = 94.1 \text{ W/m}^2\text{C}$$

$$T_{cond} = 45^\circ\text{C}$$

$$T_{e \text{ aire}} = 30^\circ\text{C}$$

$$T_{s \text{ aire}} = 37^\circ\text{C}$$

$$A_c = \frac{466.06}{(94.1) \cdot \left[\frac{(45 - 30) - (45 - 37)}{\ln \frac{(45 - 30)}{(45 - 37)}} \right]}$$

$$A_c = 0.445 \text{ m}^2$$

3.4.4.3 Evaporador

El cálculo y selección del evaporador tiene por finalidad determinar la superficie necesaria para obtener la debida absorción de calor representado por la carga del sistema. La capacidad de un evaporador depende de los siguientes factores:

- ✓ Superficie del evaporador
- ✓ Diferencia de temperaturas entre la de evaporación del refrigerante y la que se desea obtener.
- ✓ Coeficiente que varía de acuerdo con el tipo de evaporador.

Los anteriores factores se relacionan por medio de la siguiente ecuación:

$$Q_{ev} = A_{ev}(T_{min} - T_{ev}) \cdot C_{ev} \text{ donde,}$$

Q_{ev} = Calor absorbido por el evaporador, W

A_{ev} = Área total del evaporador, m²

T_{min} = Temperatura mínima a obtener(temperatura cámara de congelación), °C

T_{ev} = temperatura de evaporación del refrigerante, °C

C_{ev} = Coeficiente de transmisión del evaporador, W/m²°C

Cuando se trata de evaporadores formados por un serpentín de tubo solamente, la superficie A_{ev} se toma de la correspondiente al diámetro exterior del tubo empleado; cuando el evaporador está construido con tubo y aletas, la superficie A_{ev} es la del tubo en su diámetro exterior, mas la de las aletas, en sus dos caras.

El valor del coeficiente C_{ev} puede establecerse de acuerdo con los datos facilitados en la tabla 6

Tabla 6. Coeficientes C_{ev} para evaporadores ($W/m^2\text{°C}$)

	Tubo liso		Tubo con aletas		Circulación con salmuera	
	Inundado	Seco	Inundado	Seco	tubo solo	Tubo con aletas
SISTEMA DE EXPANSION DIRECTA						
<i>Circulación por gravedad</i>						
Sobre 0°C	19,7642	13,9512	10,4634	6,9756	18,6016	9,3008
Bajo 0°C	16,2764	11,626	9,3008	4,6504	15,1138	6,9756
<i>Circulación forzada del aire</i>						
Velocidad del aire:						
1 m/s	18,6016	12,7886	9,3008	6,9756	16,2764	8,1382
1,5 m/s	25,5772	18,6016	13,9512	12,7886	22,0894	10,4634
2 m/s	31,3902	23,252	16,2764	17,439	27,9024	13,9512
2,5 m/s	37,2032	27,9024	18,6016	22,0894	33,7154	17,439
3 m/s	43,0162	32,5528	20,9268	26,7398	38,3658	18,6016
3,5 m/s	48,8292	37,2032	24,4146	31,3902	43,0162	20,9268
4 m/s	54,6422	39,5284	27,9024	33,7154	48,8292	24,4146
SISTEMA DE INMERSION PARA BAÑOS						
<i>En líquido quieto:</i>						
Formando ligera capa de hielo en la pared del serpentín						
	58,13	46,504	-	-	52,317	-
No formando capa de hielo						
	87,195	69,756	-	-	75,569	-
<i>En líquido agitado:</i>						
Velocidad del líquido						
6,5 m/minuto	102,3088	76,7316	-	-	89,5202	-
7,5 m/minuto	113,9348	84,8698	-	-	98,821	-
9 m/minuto	124,3982	93,008	-	-	108,1218	-
10,5 m/minuto	134,8616	101,1462	-	-	117,4226	-
12,5 m/minuto	144,1624	108,1218	-	-	126,7234	-

Fuente: Alarcón Creus, José "Tratado práctico de refrigeración automática 12 Ed, cap 4, Pág 146

Para la selección del evaporador se cuenta con los siguientes datos de

entrada:

$$Q_{ev} = 332.9 \text{ W, calor absorbido por el evaporador (carga del sistema)}$$

$$T_{min} = -4\text{°C, temperatura mínima a obtener dentro del banco de pruebas}$$

$$T_{ev} = -12 \text{ °C, temperatura de evaporación del refrigerante,}$$

$$C_{ev} = 33.7154 \text{ W/m}^2\text{°C, coeficiente de transmisión del evaporador.}$$

El coeficiente de transmisión corresponde a un evaporador de un sistema de expansión directa de tubo con aletas tipo seco con circulación forzada de aire a una velocidad de 4 m/s; la velocidad promedio del ventilador del evaporador medido con el anemómetro del laboratorio de maquinas térmicas fue de 4.2 m/s.

Reemplazando los anteriores valores y despejando el área del evaporador se tiene:

$$A_{ev} = \frac{Q_{ev}}{(T_{min} - T_{ev}) \cdot C_{ev}}$$

$$A_{ev} = \frac{332.9}{(-4 - (-12)) \cdot 33.7154}$$

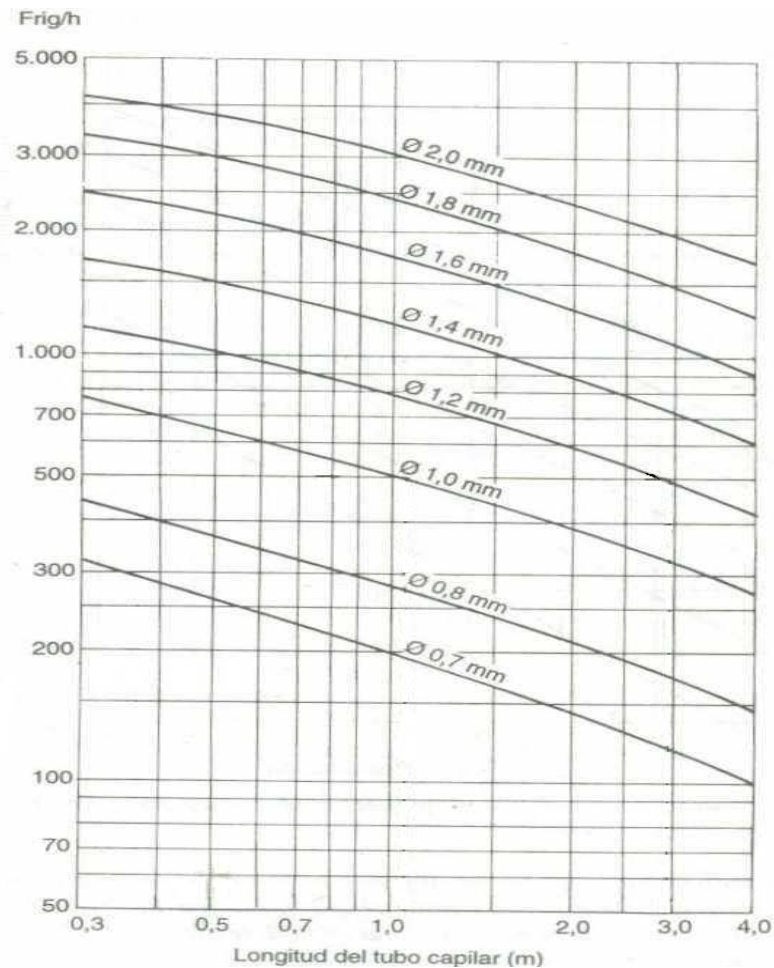
$$A_{ev} = 1.23 m^2$$

3.4.4.4 Tubo Capilar

Dado que no existen fórmulas matemáticas que nos indiquen la dimensión exacta del capilar en determinada aplicación, se hace uso de las curvas para el cálculo del tubo capilar¹⁶ aplicado al R-12, y luego se aplica un factor de corrección para el R-134^a, así:

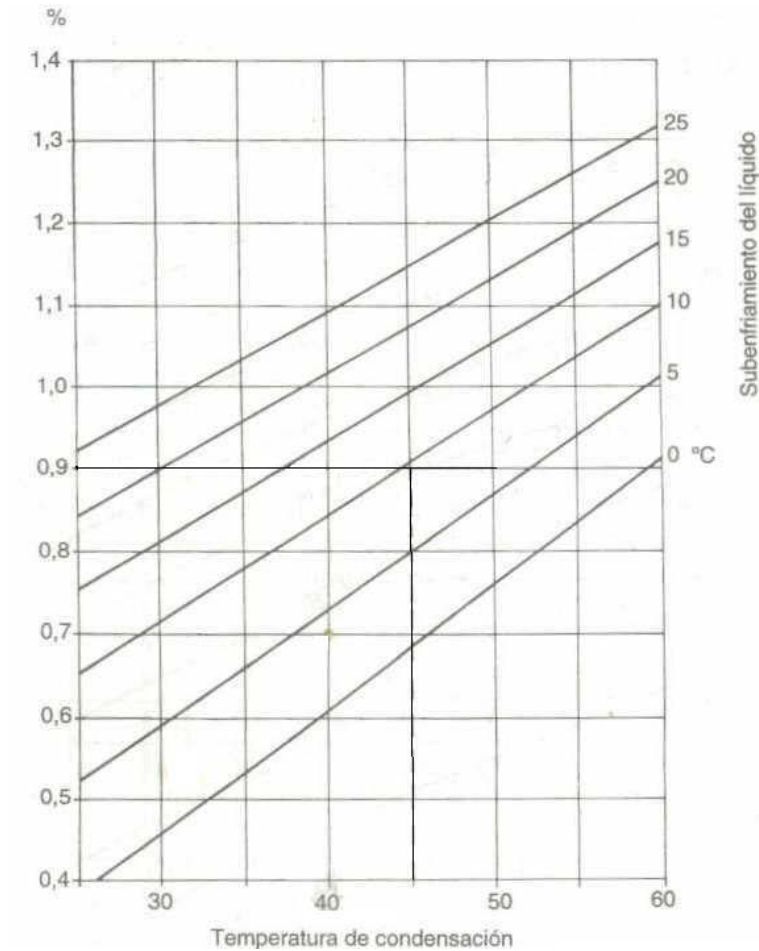
En la columna vertical de la izquierda aparece la capacidad en frigorías/hora, y en la parte inferior las longitudes en metros del tubo necesario en principio. Para el dimensionamiento del tubo capilar, basta con ingresa el valor de la capacidad del sistema en frigorías/hora en la columna de la izquierda y cruzar con la curva correspondiente al diámetro interno escogido.

Figura18. Curva para el cálculo del tubo capilar



La capacidad del presente sistema es de 286.3 frigorías/hora (332.9 Watt), la cual corresponde a la carga calculada anteriormente en el diseño térmico y el diámetro interno del capilar escogido es de 0.031", equivalente a 0,8 mm. Con esto se obtiene una longitud del tubo capilar de 1 metro.

Figura 19. Curva del factor de corrección para determinar la longitud final del tubo capilar



Sin embargo debe existir un factor de corrección de acuerdo a la temperatura de condensación y al subenfriamiento del líquido, que corresponden a 45°C y 5°C respectivamente.

El valor del factor de corrección es de 1, con lo cual la longitud del tubo capilar queda igual al valor encontrado en la figura 18

Longitud final del tubo capilar=Factor de corrección*longitud del tubo

Longitud final del tubo capilar=1*1.

Como se mencionó anteriormente, estos valores corresponden al refrigerante R12, por lo cual para sustituirlo por R-134^a se requiere un incremento de un 40% de la longitud del tubo capilar, quedando de 1,40 m

En esta sección se determinaron los parámetros de selección de los elementos principales del sistema de refrigeración. A continuación se describirán dichos elementos y se corroborará que cumplan con los requerimientos de diseño aquí calculados.

3.5 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA OPERATIVO

3.5.1 Sistema Operativo Básico¹⁷

Los elementos principales del sistema de refrigeración proceden de una cámara de refrigeración de uso domestico, la cual se adapta apropiadamente a los requerimientos ya mencionados. De ellos se destaca lo siguiente:

El compresor esta diseñado de tal forma que puede operar en aplicaciones de baja Presión de retorno, LBP (Low Back Pressure), y posee una capacidad nominal de 1/5 de HP. Estos parámetros, junto con la disposición del evaporador y el aislamiento, permiten la obtención de temperaturas lo suficientemente bajas para la condensación y posterior congelamiento de la humedad presente en las cercanías del evaporador. A continuación se describen los elementos principales del sistema de refrigeración.

3.5.1.1 Compresor

¹⁷ Se refiere a los elementos básicos del sistema de refrigeración: Evaporador, condensador, compresor y dispositivo de expansión.

El compresor pertenece a la casa fabricante Embraco y posee las siguientes características generales:

Modelo: FF 7,5HBKW

Refrigerante utilizado: R134a

Voltaje / frecuencia: 115V 60Hz

Aplicación: L/M/HBP

Desplazamiento: 6,92 cm³

Figura 20. Compresor hermético Embraco



Fuente: www.embraco.com

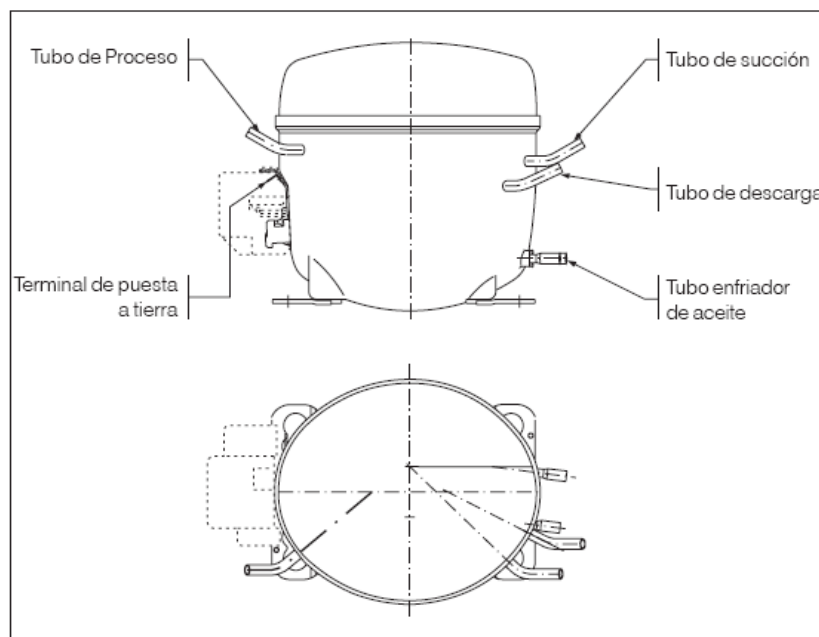
El anterior modelo tiene una gran flexibilidad en cuanto a sus aplicaciones; pudiéndose utilizar en aplicaciones de baja (LBP), media (MBP) y alta temperatura (HBP). Esta versatilidad es ideal para los fines didácticos propuestos.

Otra característica importante del compresor es que es un compresor de 5 vías (un compresor tradicional posee 3 vías), cuyo servicio esta distribuido de la siguiente manera:

- ✓ Succión
- ✓ Descarga

- ✓ Servicio o tubo de proceso (conexión utilizada para la carga de refrigerante en el sistema).
- ✓ Dos vías adicionales para la entrada y salida de un tubo de enfriamiento.

Figura 21. Conexiones en un compresor Embraco de 5 vías.



Fuente: Manual de Aplicación de Compresores. EMBRACO. 2006

Estas dos últimas conexiones permiten la entrada y la salida de un tubo que sirve como sistema enfriador del aceite de lubricación del compresor (éster ISO 22). En esta disposición, el refrigerante fluye dentro del tubo extrayendo la energía del aceite sobrecalentado por la operación del compresor, sin mezclarse con él.

Los parámetros de selección del refrigerante van íntimamente ligados a la aplicación del sistema de refrigeración y por ende a las características del compresor utilizado para tal fin. Debido a lo anterior, y a la imperante

necesidad de proteger la capa de ozono, es indiscutible la utilización de un tipo de refrigerante HFC (Hidrofluorocarbonado), específicamente el R134a, el cual presenta varias ventajas sobre los otros refrigerantes.

3.5.1.2 Condensador

El condensador está formado por un tubo de cobre en forma de serpentín de $\frac{1}{4}$ " de diámetro exterior y longitud total de 13.16m, distribuidos en 2 etapas: la que se encuentra visible en la parte inferior del mueble (1era o principal), y la que se oculta entre las paredes laterales del mueble (2da); ésta última, es la razón por la cual encontramos cálida la zona lateral de la estructura.

A su vez la etapa visible del condensador se encuentra soldado sobre un entramado doble de 58 hilos metálicos de 33 cm de longitud y 2 mm de diámetro cada uno. Estos hilos ayudan a disipar el calor, favoreciendo la condensación del refrigerante.

El valor de las áreas de cada una de las partes del condensador es:

Area aleteada (hilos metálicos): 0.24 m^2

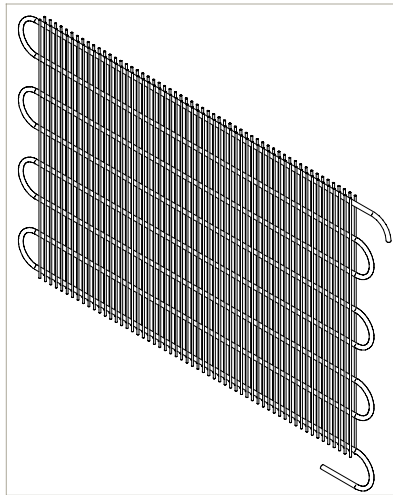
Area del serpentín: 0.263 m^2

El área total del condensador queda entonces de 0.503 m^2 , el cual es un valor aceptable, teniendo en cuenta que el área mínima de transferencia que debe poseer el condensador corresponde a 0.445 m^2 , valor obtenido en los cálculos de selección del mismo en secciones anteriores.

Por otro lado, previendo que la etapa principal del condensador se encuentra ubicada en la parte inferior del mueble (en donde la velocidad del aire suele ser muy débil), se han instalado dos ventiladores de 110V y 2800 rpm, que

impulsan un flujo de aire a una velocidad de 8.2 m/seg, favoreciendo el coeficiente de transferencia del condensador al ambiente.

Figura 22. Condensador principal



Fuente: Los Autores

3.5.1.3 Evaporador

El evaporador presente en el sistema de refrigeración utiliza la circulación forzada de aire como medio eficaz de transferencia de energía; este flujo de aire es inducido a través de un ventilador ubicado próximo al elemento de evaporación y cuyo funcionamiento depende de la operación del sistema (enfriamiento, descongelamiento).

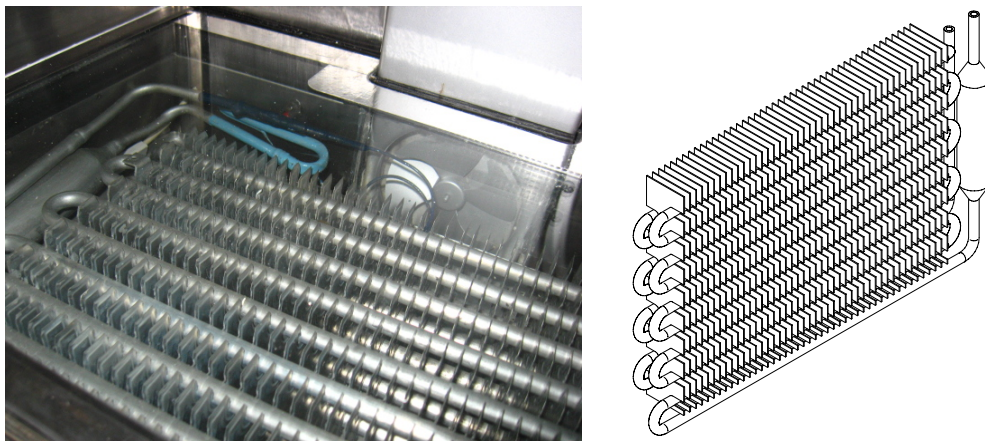
El evaporador está constituido por dos hileras de tubos en fondo (una de 10 y la otra de 8), de longitud total 7.69 m; el material de cada uno de ellos es de aluminio de 3/8"OD (Diámetro exterior), con 45 aletas planas de aluminio de 0.01275m^2 de sección transversal. La separación entre ellas es de $4_{\text{aletas/pulgada}}$; distancia óptima teniendo en cuenta la formación de hielo entre ellas y a la circulación forzada del aire.

Área del serpentín: 0.23m^2

Área aleteada: 1.147 m^2

El área total del evaporador queda entonces de: 1.377m^2 , cubriendo el área mínima determinada en el cálculo para la adecuada selección del evaporador

Figura 23. Evaporador aleteado enfriado por aire y su esquema.



Fuente: Los Autores

3.5.1.4 Dispositivo de expansión

Todo sistema de refrigeración necesita de un elemento de control de flujo de refrigerante que puede ser una válvula de expansión o un tubo capilar.

El tubo capilar además de unir el condensador con el evaporador, permite la caída de presión del fluido frigorígeno causada por el drástico cambio de sección en él, lo cual, permite la alimentación del evaporador con refrigerante expansionado, sin embargo, no logra un ajuste automático de fluido hacia el evaporador en función de la carga del mismo, como si lo pueden hacer otros dispositivos tal como la válvula de expansión.

A pesar de la anterior desventaja que presenta el tubo capilar, es precisamente éste el elemento de control empleado para el banco de pruebas. La razón primordial se expone a continuación:

En circuitos dotados de tubo capilar, las presiones en los lados de succión y descarga se igualan durante la parada del compresor, lo que facilita posteriormente su puesta en marcha y permite la utilización de un motor de bajo par de arranque.

Ya en un circuito con válvula de expansión, solamente hay flujo de refrigerante por la válvula mientras el compresor se encuentre conectado. Por lo tanto, las presiones entre la succión y la descarga no se igualarán durante la parada del compresor, requiriendo un motor con alto torque de arranque.

Dado que las características del compresor EMBRACO FF 7,5HBKW que se ha utilizado, lo catalogan como un compresor LST (*Low Starting Torque*), es decir, de bajo torque de arranque, se hace incuestionable que el elemento de control idóneo a ésta aplicación es el tubo capilar.

3.5.2 Sistema operativo Complementario

A partir de los elementos principales y dependiendo de los requerimientos establecidos, es esencial realizar ciertos ajustes que permitan obtener en una única instalación las tres configuraciones de descongelamiento propuestas:

- ✓ Descongelamiento natural
- ✓ Descongelamiento por resistencia eléctrica

- ✓ Descongelamiento por gas natural

3.5.2.1 Válvulas Solenoide

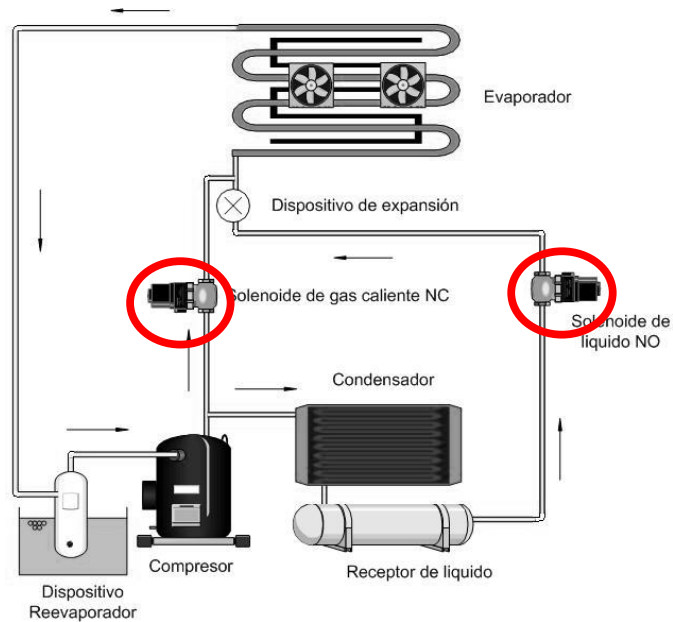
Las válvulas solenoide, hacen parte del grupo de elementos adicionales que se han de incorporar en el sistema de refrigeración básico, para contribuir a la automatización de los diferentes tipos de descongelamiento.

Se utilizan cuando se hace necesario abrir o detener el flujo, (en posición completamente abierta o completamente cerrada, es decir, “todo o nada”), en un circuito de refrigerante, para poder controlar automáticamente el flujo de fluidos en el sistema. Para este propósito, generalmente se utiliza una válvula de solenoide operada eléctricamente. Su función básica es la misma que una válvula de paso operada manualmente; pero, siendo accionada eléctricamente, se puede instalar en lugares remotos y puede ser controlada convenientemente por interruptores eléctricos simples.

En el presente proyecto, se hace necesario el uso de 2 válvulas solenoides, las cuales se ubican una en la línea de líquido y la otra en la línea de gas caliente (ver figura 24).

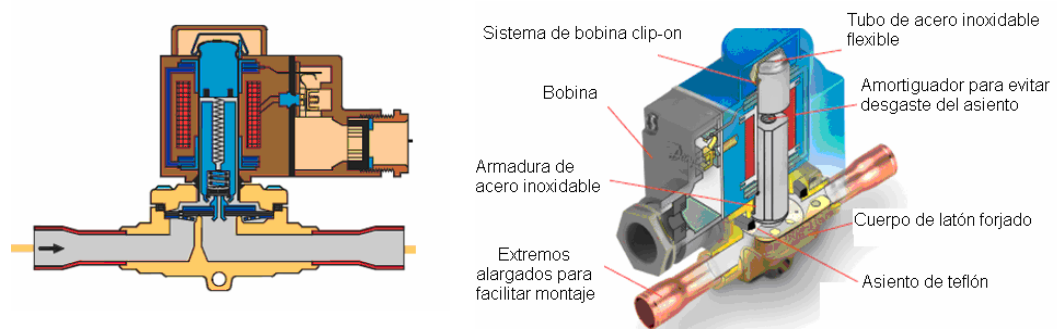
La primera de ellas, debido a su ubicación en una de las líneas principales (líquido) debe ser normalmente abierta (NO), para que en los instantes de refrigeración u operación normal del sistema, permita el flujo de refrigerante que proviene del condensador hacia el evaporador, y sólo impida su paso al ser energizada en los tiempos de descongelamiento por resistencia eléctrica o por gas caliente.

Figura 24. Ubicación de las válvulas solenoides en el sistema de refrigeración



Fuente: Los Autores

Figura 25. Sección de una válvula solenoide 2D y 3D



Fuente: Catálogo válvulas solenoide EVR – Danfoss

No obstante, es necesario que se cierre, durante los periodos de desescarche para evitar inundar el evaporador de líquido proveniente del condensador; además permite evacuar los residuos de refrigerante en fase gaseosa que permanecen en el serpentín evaporador mientras el compresor

los succiona, en un periodo de operación posterior (retardo) al cierre de la válvula solenoide. Esto favorece el descongelamiento por aporte de energía calorífica proveniente desde la resistencia eléctrica, o incluso por el calor aportado por el gas caliente que se introduce en el evaporador desde la línea derivada de la salida del compresor.

Por otro lado, la segunda válvula solenoide al encontrarse en una línea de derivación debe ser del tipo normalmente cerrada (NC), de lo contrario el refrigerante tendería a fugarse por allí interfiriendo dramáticamente en el proceso de refrigeración normal.

Su apertura sólo y únicamente sería posible en el período de descongelamiento por gas caliente, debido a que permitiría el flujo de gas de alta temperatura proveniente de la salida del compresor hacia la entrada del evaporador, cediendo así, toda su energía posible al mismo.

Selección¹⁸

La selección de una válvula de solenoide para una aplicación de control en particular, requiere la siguiente información:

1. Fluido a controlar (refrigerante).
2. Servicio (líquido, gas de descarga o gas de succión).
3. Capacidad del equipo (en T.R.).
4. Caída de presión permisible. Esto se refiere a que la caída de presión a través de la válvula, esté dentro del rango del MOPD al cual se requiere que abra (las normalmente cerradas) o cierre (las normalmente abiertas).
5. Temperatura del evaporador.
6. Conexión (tamaño y estilo).
7. Características eléctricas (voltaje y hertz).

¹⁸ Tomado del Manual Técnico Valycontrol

8. Opciones (presión segura de trabajo SWP, angular o recta, normalmente cerrada o abierta, con o sin vástago manual, etc.).

Según el caso, los datos obtenidos son:

Tabla 7. Datos de selección de la válvula solenoide

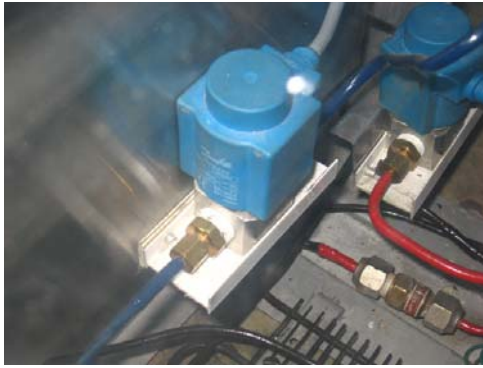
Ítem	Solenoide en la línea de líquido	Solenoide en la línea de descarga
Fluido	R-134a	R-134a
Servicio	línea de líquido	línea de descarga
$\Delta P_{\text{máx}}$	30 bar	30bar
Tev	-12 °C	-12 °C
Conexión	1/4" soldada	1/4" soldada
Voltaje/Frec	110V y 60Hz	110V y 60Hz
Opciones	Recta, NO (Normally Open)	Recta, NC (Normally Closed)

Fuente: Autores

Basados en los datos anteriores, se seleccionaron válvulas de tipo EV, las cuales satisfacen con holgura los requerimientos dados por el sistema.

Cabe aclarar que las 2 válvulas solenoides empleadas son del tipo normalmente cerradas, debido a la poca disponibilidad en el mercado local de válvulas solenoide de tipo normalmente abierto. No obstante, para invertir el servicio, de la NC en vez de la NO, la válvula que se encuentra en la línea de líquido, se deberá mantener energizada (abierta) en régimen de refrigeración, y desenergizada en el ciclo de deshielo, a través de un relé adicional

Figura 26. Válvulas solenoide EV210B: solenoide de líquido (izquierda), solenoide de gas caliente (derecha)



Fuente: Autores

La EV210B (válvula empleada en el sistema) abarca una gran variedad de válvulas de solenoide de 2/2 vías y activación directa de uso universal. La EV210B es una gama de válvulas verdaderamente robustas y de alto rendimiento que puede utilizarse en todo tipo de condiciones de trabajo.

- ✓ 2/2 vías
- ✓ Serie de alto rendimiento
- ✓ Accionamiento directo
- ✓ DN 1,5 - DN 25
- ✓ Cuerpo de la válvula de latón o acero inoxidable
- ✓ Versiones NC (normalmente cerrado) y NO (normalmente abierto)
- ✓ ISO 228/1 G 1/8 a G 1 pulgadas
- ✓ Versión autorizada por UL con conexiones NPT para Norteamérica (EVI).

Tabla 8. Datos técnicos del modelo EV210 de Danfoss

Características	Valor
Modelo	EV210B
Peso	0.319 Kg
Actuator system [mm]	13,5 mm
Material del cuerpo	Acero inoxidable
Conexión	G 3/8
Presión diferencial[bar]	0 - 10 bar
Función	NC
Kv [m³/h]	0,300
Max. ambient temperature	80 °C
Presión de trabajo máx. [bar]	35,0 bar
Temperatura del medio [°C]	-10 - 80 °C
Number of ways	2/2
Operación	Directo
Tamaño del orificio	3 mm
Formato del embalaje	Multi pack
Cantidad en cada embalaje	20 pc
Material de la junta	NBR

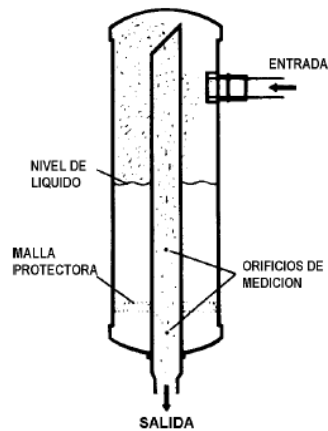
Fuente: www.Danfoss.com

3.5.2.2 Acumulador de succión

El acumulador de succión o botella de aspiración tiene por objeto, evitar la aspiración accidental de fluido frigorígeno no evaporado en el compresor, ya que los compresores son extremadamente susceptibles a daños por refrigerante en estado líquido. Un excesivo retorno de líquido al compresor puede no sólo provocar una dilución del aceite (pérdida de lubricación), sino que la pérdida completa de la carga de aceite. Además el líquido en el compresor provoca deterioro debido al golpeteo de los pistones al tratar de comprimir el refrigerante líquido (golpe de líquido) y un gasto prematuro de los cojinetes.

Por otro lado, para un sistema de refrigeración convencional de baja capacidad en su ciclo normal de funcionamiento, este dispositivo no se hace primordial, debido a que el flujo de líquido es muy pequeño o no muy frecuente, por lo cual el compresor puede tolerarlo; sin embargo, al adaptarse el ciclo de deshielo por gas caliente, el acumulador de succión cumple una importante labor. Como se ha mencionado anteriormente, una de las desventajas mas serias de aquel método es la posibilidad que una capa pesada de refrigerante líquido regrese al compresor y cause daño en el mismo. He aquí la importancia del uso de la botella de aspiración en el sistema, ahora bien, la atención se centra en los medios empleados para evaporar el refrigerante líquido contenido en el acumulador, pues al quedarse allí atrapado se estaría disminuyendo la carga de refrigerante en el sistema, causando un funcionamiento irregular en el mismo.

Figura 27. Acumulador de tubo vertical



Fuente: Manual técnico Valycontrol

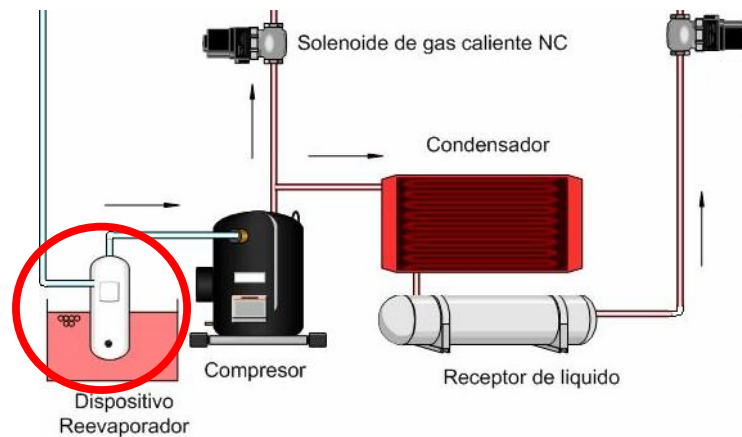
Es necesario que cuando se aplique un acumulador con algún tipo de calentamiento, ya sea eléctrico o con intercambiador en la línea de líquido, se tenga presente la siguiente consideración, sobre todo cuando se emplean en sistemas con compresores herméticos o semiherméticos, ya que como sabemos, el motor de estos compresores usa el gas de la succión para su enfriamiento. Al calentar el refrigerante líquido acumulado, el vapor que se desprende está saturado; es decir, no tiene sobrecalentamiento y el compresor recibe su enfriamiento normal. Pero cuando no haya líquido en el acumulador, la aplicación de calor sobrecalentará el gas de la succión y el motor se sobrecalentará.

Para evitar lo anterior, el acumulador es ubicado cerca del compresor, dentro de un recipiente que recoge escarcha derretida del evaporador en los ciclos de deshielo (baño María); sin embargo, éste líquido que se encuentra a muy baja temperatura (temperatura de deshielo), requiere de una fuente de calor suplementario para calentar ligeramente el acumulador y éste evapore el refrigerante líquido que contiene. Éste calor adicional, proviene de dos fuentes por conducción: del condensador, y de una resistencia eléctrica que se ha enrollado al recipiente que almacena la escarcha fundida. La resistencia eléctrica sólo se activa en el ciclo de deshielo por gas caliente,

teniendo en cuenta las consideraciones antes mencionadas de refrigeración del compresor.

Adicionalmente, sabiendo que la inundación del acumulador no ocurre todo el tiempo, tarde o temprano, el sistema de tubo capilar, retoma el control del flujo de líquido, y el gas sobrecalentado entra al acumulador calentando el líquido almacenado. Probablemente, la mayor parte del líquido se evapora por el gas sobrecalentado, regresando de esa manera al compresor.

Figura 28. Botella de aspiración ubicada en la línea de succión



Fuente: Autores

*Selección:*¹⁹

Para que sea eficaz, el acumulador deberá tener una capacidad de retención adecuada, de al menos el 50% del refrigerante cargado en el sistema.

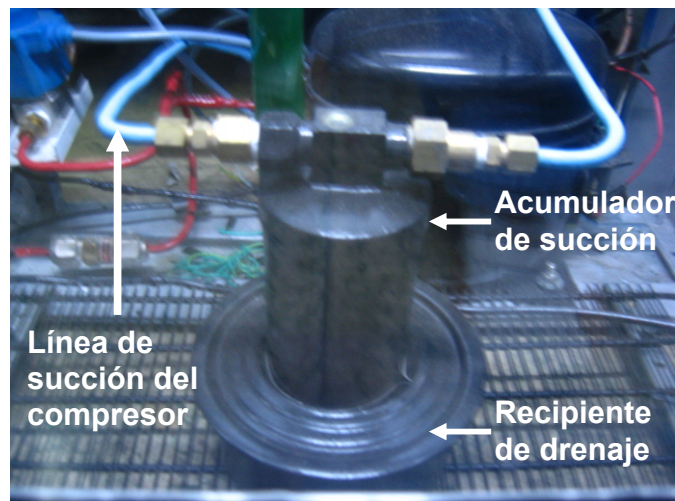
Otra consideración que se requiere tomar en cuenta, es la capacidad del acumulador para funcionar sin provocar una excesiva caída de presión en el sistema.

Finalmente, un acumulador debe ser capaz de regresar líquido a una proporción adecuada bajo diferentes condiciones de carga.

En nuestro caso, es conveniente seleccionar el acumulador basados en el criterio de capacidad de retención (un poco más de la mitad del refrigerante presente en el sistema), que es aproximadamente de 200 g de R-134^a.

Dado que las botellas de aspiración encontradas en el mercado son excesivamente superiores a aquel criterio de selección, se decidió usar un acumulador con el tamaño más pequeño posible, con las siguientes dimensiones: 6.5 cm de diámetro, 16 cm de alto, y 2 cm de separación entre boquillas

Figura 29. Acumulador de succión



Fuente: Autores

3.5.2.3 Válvulas de retención (Válvulas cheque)

La válvula de retención o válvula antiretorno, asegura la dirección en un solo sentido del fluido que pasa por aquella, y es posible emplearse en instalaciones de refrigeración y aire acondicionado, en tuberías de líquido, de aspiración y de gas caliente.

¹⁹ Tomado del Manual Técnico Valycontrol

En la presente instalación, su servicio se hace necesario en la línea de alta, entre el compresor y el condensador (justo antes del condensador), esto con el fin de evitar toda alimentación imprevista de líquido al compresor por vaciado del condensador durante el desescarche.

En la presente instalación se utilizó la válvula de retención Danfoss NRV 6 la cual presenta las características mostradas en la tabla 9

Tabla 9. Características técnicas de la válvula NRV 6

NRV 6 TIPO: PASO RECTO ABOCARDADA N° 020-1040	
Conexión	¼ de pulgada
Perdida de carga en la válvula	0.07 bar
Presión de trabajo máxima	28 bar
Presión de prueba máxima	36,4 bar
Temperatura del medio	-50 +140°C

Fuente: www.Danfoss.com

Figura 30. Válvula de retención Danfoss NRV 6



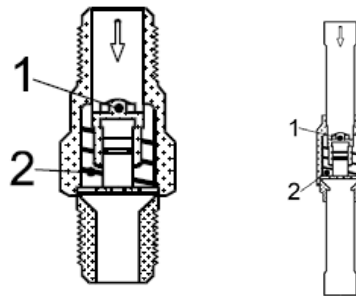
Fuente: www.danfoss.com

Funcionamiento NRV (versión de paso recto)

El funcionamiento de la válvula se controla sólo por medio de la pérdida de carga a través de ella. La placa de válvula está montada en un pistón de

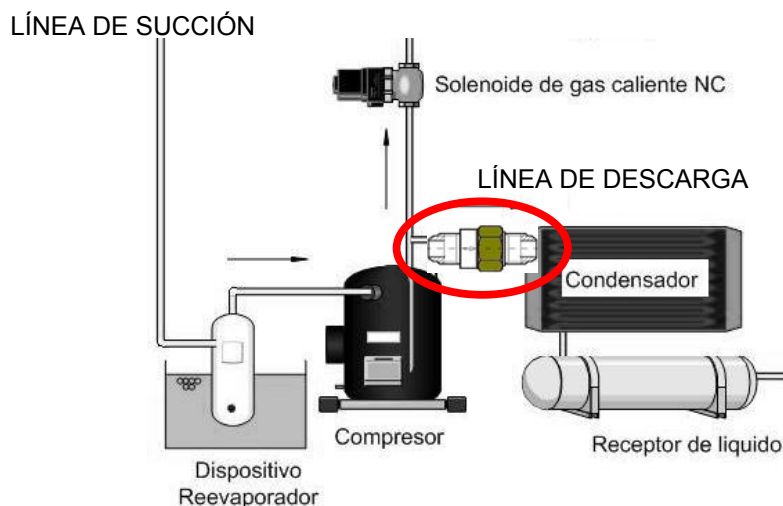
freno (1) que está mantenido contra el asiento de la válvula por un muelle de fuerza reducida (2).

Figura 31. Sección de válvulas de retención



Fuente: Manual de Automatización de instalaciones de refrigeración comerciales-Danfoss
 Cuando la válvula se abre, el volumen detrás del pistón de freno disminuye. Un agujero de igualación (ranura) permite que el refrigerante se escape lentamente hacia el lado de salida de la válvula. De esta manera, el movimiento del pistón está frenado; este dispositivo hace que la válvula sea perfectamente apropiada para ser utilizada en tuberías en las cuales pueden producirse pulsaciones de presión.²⁰

Figura 32. Ubicación de la válvula de retención en el circuito de refrigeración



Fuente: Autores

²⁰ Tomado del Manual de Automatización de Instalaciones de Refrigeración Comerciales Danfoss.2006

4. SISTEMA DE CONTROL Y POTENCIA

En el capítulo anterior se ha dado una descripción de los diferentes elementos que constituyen los subsistemas de refrigeración como de deshielo. Ahora bien, teniendo mayor familiaridad con ellos, es preciso profundizar acerca de su funcionamiento activo o pasivo dentro de las distintas distribuciones, así como también de sus periodos de operación, de retardo, de control, y sus señales de mando, entre otros.

La coexistencia de las diferentes configuraciones referentes al descongelamiento del evaporador (deshielo natural, deshielo eléctrico, deshielo por gas caliente), en un mismo sistema de refrigeración, suscita la necesidad de un dispositivo de control que sea apto para la regulación de las mismas. Por esta razón se hace conveniente describir primero el tipo de mando de control que se va usar; detrás del cual se detallará cada uno de los arreglos dispuestos para el descongelamiento.

El uso del dispositivo de control queda definido por:

- ✓ La programación de los parámetros pertinentes a cada configuración.
 - Temperatura de referencia de la cámara
 - Temperatura de fin de desescarche
 - Tiempos de descongelamiento
 - Tiempos de funcionamiento del compresor
 - Señales de alarma, etc.

- ✓ La captación de las señales provenientes de los sensores de temperatura.

- ✓ La activación o desactivación temporal de los diferentes elementos que intervienen en el sistema.
 - Válvulas solenoide
 - Compresor Hermético
 - Ventilador
 - Resistencia eléctrica

El controlador electrónico EKC-202 de Danfoss se ajusta adecuadamente a los requerimientos de funcionamiento ya señalados.

4.1 CONTROLADOR ELECTRÓNICO (EKC-202)

El controlador electrónico EKC-202 de Danfoss es un dispositivo flexible, con el cual el control de cada una de las aplicaciones de deshielo puede llevarse a cabo. En términos generales es un termostato electrónico en el que se han integrado algunas funciones técnicas de refrigeración de forma que puede sustituir a un conjunto de termostatos y programadores tradicionales.

El controlador cuenta con dos sensores de temperatura, que captan las temperaturas de la cámara de refrigeración y la temperatura del refrigerante a la salida del evaporador; una entrada digital (DI), y una serie de funciones de control de tiempo, a través del cual es posible programar los intervalos de funcionamiento y parada del compresor, intervalo entre desescarches, como también una serie de periodos de retardo del ventilador y alarmas.

El procesamiento interno por parte del controlador de estas señales captadas (temperatura) o programadas (intervalos de tiempo y límites de temperatura), son las que hacen posible el comando de los cuatro relés de salida que posee (relé de refrigeración, relé de desescarcho, relé de ventiladores y relé de alarmas o luces); con lo cual se da lugar al apropiado control de temperatura on/off en el compresor o solenoide, control de desescarcho

eléctrico o desescarche por “gas caliente”, control del ventilador del evaporador y control de las señales para alarma o luces.

Figura 33. Controlador EKC 202C



Fuente: www.danfoss.com

4.1.1 Principio de funcionamiento

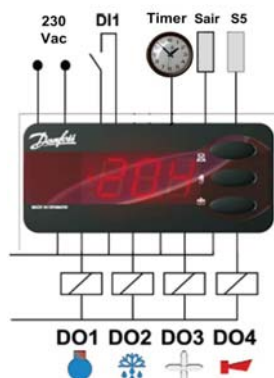
El control de temperatura se realiza a través de una sonda o sensor, el cual normalmente se colocará en la corriente de aire a la entrada, o salida del evaporador.

El regulador permite controlar desescarches eléctricos, por gas caliente o naturales. Dichos desescarches pueden terminar por tiempo o por temperatura. Se puede medir la temperatura de fin de desescarche directamente a través de una sonda específica.

Se dispone de dos a cuatro relés de salida cuya función depende de la aplicación seleccionada (ver figura 34):

- Relé de refrigeración DO1 (activación del compresor)
- Relé de desescarche DO2 (activación de la resistencia eléctrica o válvula solenoide para el gas caliente)
- Relé de ventilador DO3
- Relé de alarma o luces DO4

Figura 34. Señales de entrada y salida del controlador EKC 202



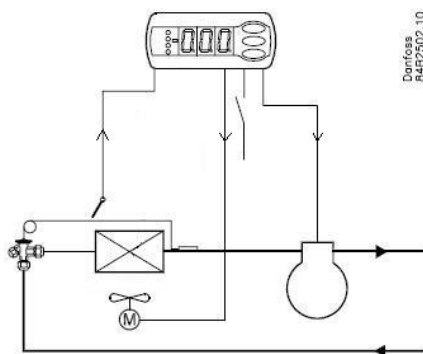
Fuente: Manual EKC 202 Refrigeration Controller series

El controlador está diseñado para control de temperatura ambiente por arranque/parada de compresor o válvula solenoide y se han agrupado en tres aplicaciones principales, dependiendo del tipo de descongelamiento y su control:

Aplicación #1:

Efectúa un descongelamiento natural, permitiendo el control de la temperatura ambiente por arranque/parada de compresor y control de ventiladores (ver figura 35).

Figura 35. Esquema de la aplicación #1

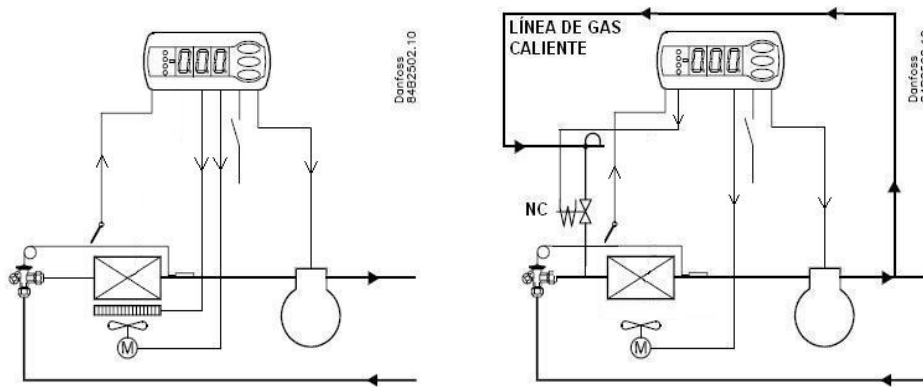


Fuente: Manual de instrucciones EKC 202 A, B, C. Danfoss. 2006

Aplicación #2:

Efectúa un descongelamiento eléctrico o por gas caliente controlado por tiempo, y a su vez controla la temperatura ambiente, bien sea, por solenoide o por arranque/parada de compresor. Adicionalmente ejerce el control de ventiladores (ver figura 36).

Figura 36. Esquema de la aplicación #2. Descongelamiento eléctrico (izquierda), Descongelamiento por gas caliente (derecha).

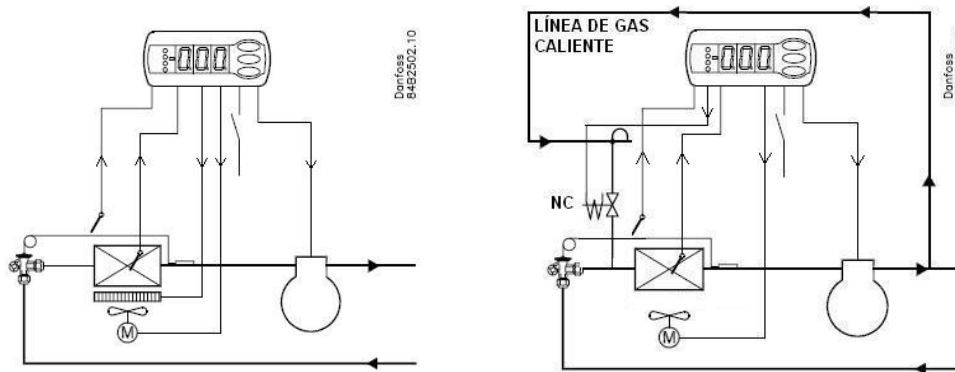


Fuente: Modificado de “Manual de instrucciones EKC 202 A, B, C. Danfoss. 2006”

Aplicación #3:

Ejerce un descongelamiento eléctrico o por gas caliente controlado por temperatura, y a su vez controla la temperatura ambiente, bien sea, por solenoide o por arranque/parada de compresor y además ejerce control en los ventiladores.

Figura 37. Esquema de la aplicación #3 Descongelamiento eléctrico (izquierda), Descongelamiento por gas caliente (derecha).



Fuente: Modificado de “Manual de instrucciones EKC 202 A, B, C. Danfoss. 2006”

4.1.2 Accesorios del controlador²¹

Además del modulo del controlador existen otros elementos opcionales que, dependiendo de la aplicación, pueden acoplarse sin dificultad; estos son:

4.1.2.1 Sensores de temperatura EKS 211 con elemento NTC

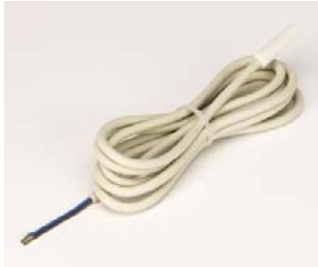
El sensor EKS 211 es un sensor de temperatura por resistencia de tipo NTC para mediciones de temperatura en las áreas de refrigeración, aire acondicionado y calefacción.

Resistencia Nominal: 5000 ohm a 25°C.

Rango de temperatura: -40 a 80°C

²¹ Para más información ver catálogo del controlador EKC 202C-Danfoss

Figura 38. Sensor EKS 211 con resistencia NTC



Fuente: www.danfoss.com/Spain

La sonda cumple la función de captar las señales de temperatura para la seguridad y monitoreo del sistema de control, en donde, dependiendo de la ubicación, puede usarse como sonda termostática de refrigeración, para terminar el desescarche por temperatura, como sonda de producto o para alarma de temperatura del condensador.

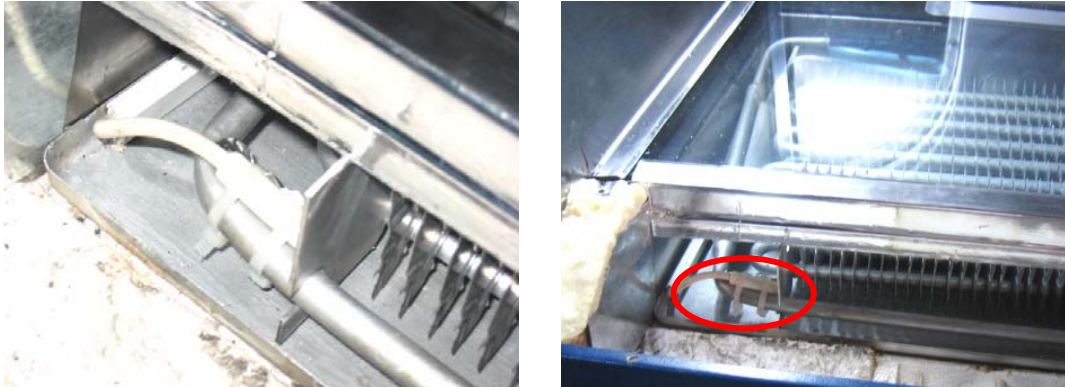
En el banco experimental, son necesarios dos sensores, en donde el primero, denominado como S_{air} , se utiliza para medir la temperatura del recinto a refrigerar, ubicándose bien sea a la entrada o a la salida de la corriente de aire del evaporador; y el segundo, llamado S_5 , se utiliza para determinar la temperatura de descongelamiento, para lo cual debe mantenerse en contacto con el serpentín evaporador.

Figura 39. Ubicación del sensor S_{air} dentro del banco experimental



Fuente: Autores

Figura 40. Ubicación del sensor S_5 dentro del banco experimental



Fuente: Autores

4.1.2.2 Reloj de tiempo real

Si en lugar de programar desescarches por intervalos de tiempo definidos (por ejemplo, cada 2 horas o cada 5 horas), se desea fijar el deshielo a una hora específica del día (por ejemplo a las 3:00 pm), el equipo cuenta con un reloj de tiempo real, el cual debe ajustarse con la fecha, hora y minutos actuales, para permitir realizar el desescarche en el momento preciso.

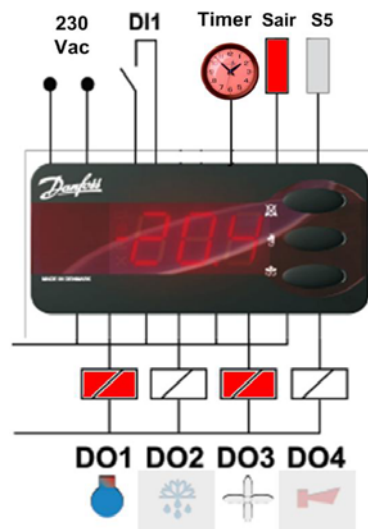
Es posible fijar hasta 6 horas concretas de desescarche al día (por ejemplo, a las 7,9 y 11 de la mañana, y a las 1, 3 y 5 de la tarde). Sin embargo, el reloj de tiempo real se desajusta cuando el controlador permanece sin tensión por más de 4 horas. Para evitar éste desajuste es necesario insertar en el equipo un módulo de pila para el reloj, con el cual el reloj mantendrá la hora ajustada inicialmente.

4.2 CONTROL EN EL CONGELAMIENTO

Durante el congelamiento el control del sistema se enfoca en la conservación de la temperatura de la cámara de congelación, arrancando o parando el compresor a través del relé D01 que trabaja en función del termostato.

Además del relé D01, se mantiene activo el relé D03 el cual permite el funcionamiento del ventilador del evaporador garantizando la distribución del aire frío dentro de las cámaras. En la siguiente figura se resaltan las señales manejadas por el controlador durante el congelamiento.

Figura 41. Señales de entrada y salida activas del controlador EKC 202 durante el congelamiento.



Fuente: Los autores

El relé D01 sólo se activa cuando el termostato demanda refrigeración, condición que se cumple cuando la temperatura dentro de la cámara de congelación, captada por el sensor S_{air}, supera el valor de referencia más el

diferencial (r01)²². El relé de nuevo se desactivará cuando la temperatura baje al punto de consigna (Temperatura de corte).

Figura 42. Diferencial de temperatura del controlador EKC202.



Fuente: Folleto técnico “Controladores electrónicos EKC 201 y EKC 301”. Danfoss. 2006

No obstante, para evitar funcionamientos irregulares, se pueden ajustar valores para controlar los tiempos de funcionamiento (c01) y parada del compresor (c02) mediante el temporizador incorporado en el controlador. Adicionalmente a los parámetros ya mencionados se deben fijar en el controlador los ajustes pertinentes al periodo de congelamiento los cuales se estipulan en la siguiente tabla.

Tabla 10. Configuración de parámetros para el congelamiento.

Función	Código	Ajuste
<i>Temperatura de corte</i>	---	-4 °C
<i>Diferencial del termostato</i>	r01	4 K
<i>Limite máximo al ajustar la temperatura de corte</i>	r02	10 °C
<i>Limite mínimo al ajustar la temperatura de corte</i>	r03	-10 °C
<i>Mínimo tiempo de compresor en marcha</i>	c01	15 min
<i>Mínimo tiempo entre dos arranques consecutivos</i>	c02	15 min
<i>Parar ventilador al parar compresor</i>	F01	NO

²² En adelante se mostrarán algunos códigos correspondientes a la programación interna del controlador, para mayor información ver el Catálogo del Controlador electrónico EKC 202, en el anexo 2

4.3 CONTROL EN EL DESCONGELAMIENTO

El control en el periodo de descongelamiento se hace esencial en sus puntos de quiebre, es decir, en el inicio y finalización del mismo, siendo necesario explicarlos en cada uno de los tipos de descongelamiento incluidos en el equipo.

4.3.1 Control en el descongelamiento natural

En este tipo de descongelamiento se interrumpe el funcionamiento habitual del sistema apagando el compresor durante un periodo de tiempo suficiente, para permitir al evaporador elevar su temperatura hasta un nivel que sea mayor al punto de congelación de la escarcha formada, y así derretirla naturalmente.

Para la configuración del descongelamiento natural basta con ajustar el parámetro d01= OFF, para evitar el inicio de cualquiera de los otros tipos de deshielo (eléctrico o gas caliente). Consecuentemente, las funciones asociadas al desescarche a través de ése relé quedan anuladas, entre ellas los inicios de desescarche por tiempo o por temperatura.

4.3.1.1 Inicio de descongelamiento natural

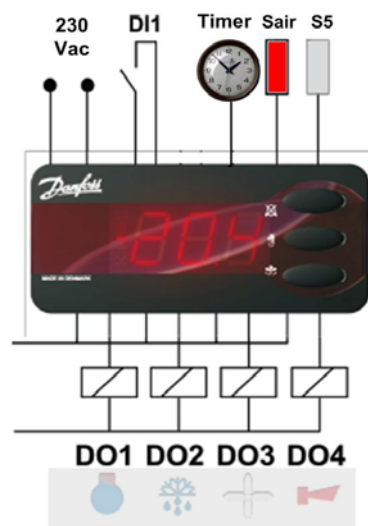
El inicio de este tipo de deshielo queda comandado bajo demanda del usuario, es decir, el usuario es quien desactiva el compresor de manera “manual” ajustando el parámetro r12=0²³ de acuerdo a la formación de escarcha apreciada en el evaporador o al seguimiento de la temperatura de la cámara.

²³ Ver código en el Catálogo del Controlador Electrónico EKC 202, en el anexo 2

4.3.1.2 Funcionamiento de los componentes del sistema en el deshielo natural

Como consecuencia del ajuste del parámetro r12, los relés del controlador EKC 202 quedan inactivos desenergizando los elementos asociados a aquellos (ver figura 43). Sin embargo el controlador seguirá mostrando la temperatura de la cámara mediante el sensor S_{air} .

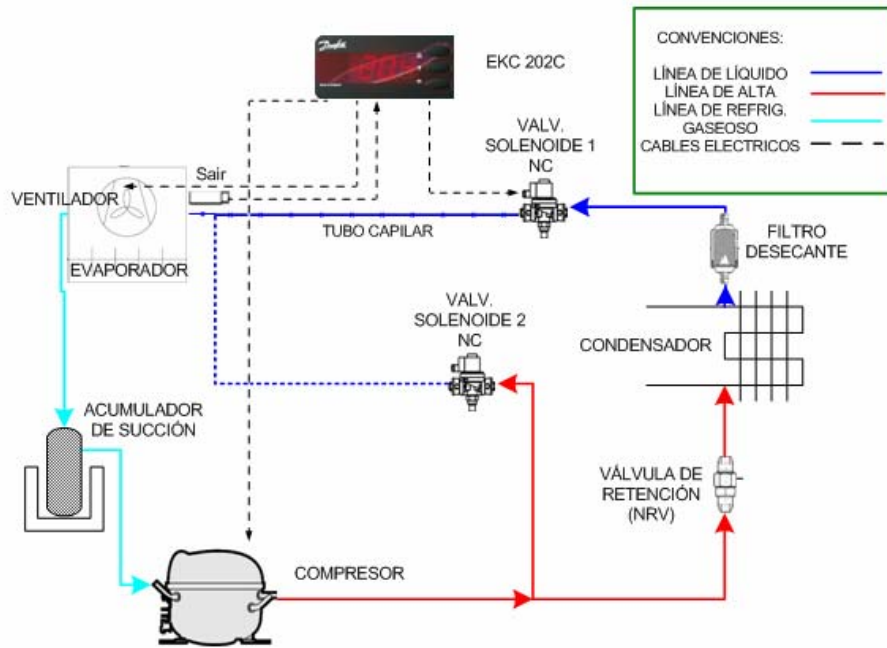
Figura 43. Señales de entrada y salida activas del controlador EKC 202 durante el descongelamiento natural.



Fuente: Los Autores

Durante el ciclo de deshielo natural se destaca la constante actividad de la válvula solenoide 1 (ver figura 44), la cual debe permanecer abierta para permitir la ecualización de las presiones dentro del sistema, en las líneas de alta y de baja.

Figura 44. Sistema de refrigeración para el control de temperatura ambiente por arranque/parada de compresor y descongelamiento natural.



Fuente: Autores

En la Tabla 11 se detalla la fase en la que se encuentran cada uno de los componentes del sistema durante el ciclo de deshielo.

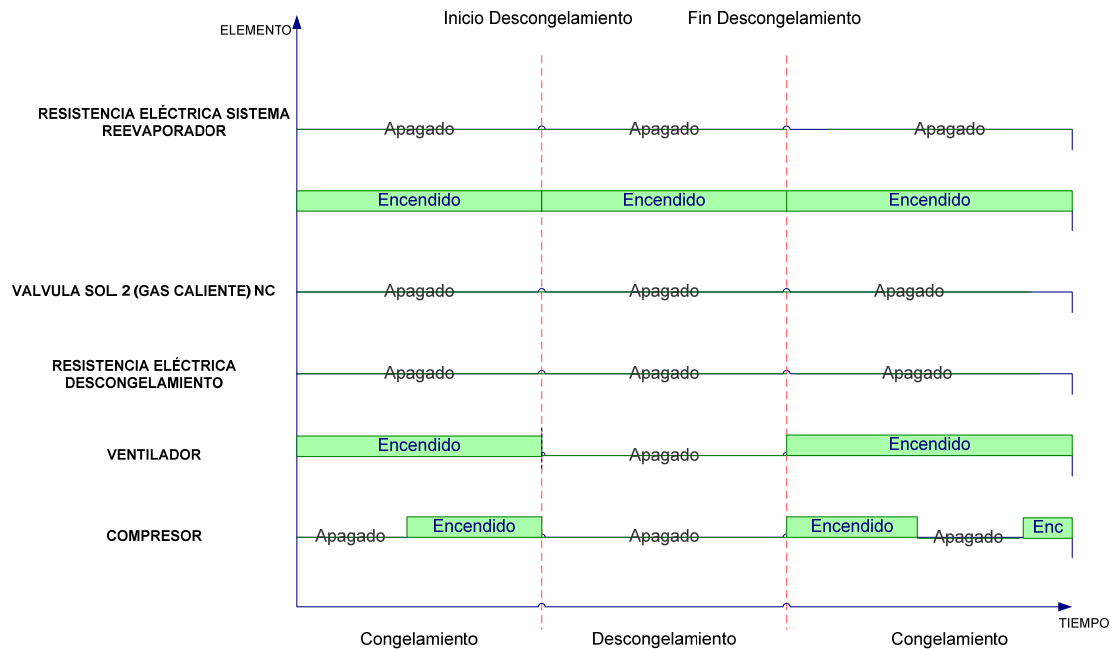
Tabla 11. Estado de actividad de los actuadores en el deshielo natural

ELEMENTOS	ESTADO
VALVULA SOL. 1 NC (LINEA DE LIQUIDO)	ACTIVO
VALVULA SOL. 2 NC (LINEA GAS CALIENTE)	INACTIVO
VALVULA DE RETENCIÓN	NO REQUERIDO
ACUMULADOR DE SUCCIÓN	NO REQUERIDO
SENSOR TEMPERATURA CAMARA (Sair)	ACTIVO
SENSOR DE DESCONGELAMIENTO (S5)	NO REQUERIDO
RESISTENCIA DESCONGELAMIENTO	INACTIVO
RESISTENCIA PUERTA	ACTIVO
COMPRESOR	INACTIVO
VENTILADOR	INACTIVO

Por su condición de deshielo natural, el relé de desescarche se encuentra desactivado o en la opción OFF, razón por la cual la válvula solenoide de gas caliente y la resistencia eléctrica de descongelamiento permanecerán inactivas. Por otro lado, la resistencia eléctrica ubicada en el marco de la puerta panorámica²⁴, se debe mantener activa en todo momento y en cualquier configuración de deshielo para evitar la condensación de la humedad presente en el aire exterior a la puerta, y de esta forma apaciguar el efecto de “sudoración” que se produce en la zona exterior de aquella.

La operación análoga de los componentes principales que intervienen en el proceso de refrigeración, y sus cambios de estado a través del tiempo se muestran en la figura 45.

Figura 45. Estado operativo en el tiempo de los elementos principales para el deshielo natural.



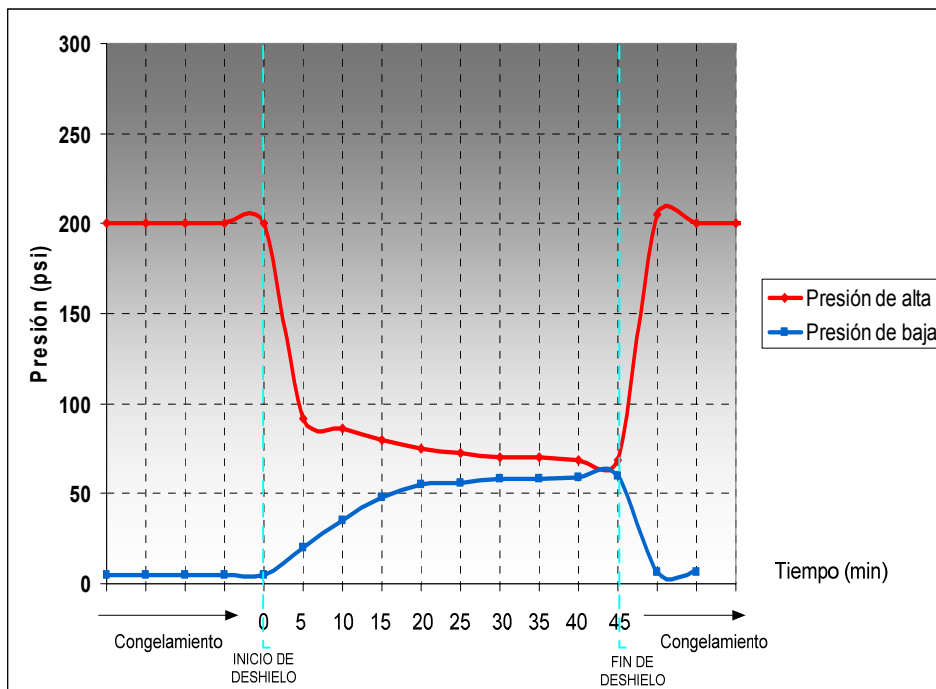
Fuente: Autores

²⁴ No se muestra en el diagrama de control por que no interviene con el controlador electrónico, ver diagrama eléctrico (sección 4.4).

En la figura anterior es posible apreciar cierta variación del compresor en los periodos de congelamiento (estado apagado) correspondientes a la regulación de la temperatura de corte del termostato; además se identifica por medio de las líneas discontinuas de color rojo, el inicio y finalización del periodo de descongelamiento, y el estado inactivo de la mayoría de los mecanismos en aquel intervalo.

Una manera de apreciar el comportamiento del sistema durante los tipos de descongelamiento, se hace a través del seguimiento de las presiones en las líneas de alta y baja, en donde, una vez se inicia el deshielo se aprecia una notable disminución de la presión de descarga del compresor, como resultado de su detenimiento en ése preciso instante. A su vez, la presión de baja se incrementa lentamente hasta aproximarse a la presión de alta, ya

Figura 46. Evolución de las presiones del sistema en el descongelamiento natural.



Fuente: Autores

que no existe ningún bloqueo por parte de alguna válvula o accesorio que impida la ecualización de presiones dentro del sistema.

Cabe anotar que el tiempo empleado durante el descongelamiento es considerablemente largo ya que no existe una fuente de calor externa que acelere el proceso.

Ya al final del periodo de deshielo, el compresor vuelve a su funcionamiento normal, por tanto se aumenta la presión de descarga y la presión de succión decae a su presión de operación.

4.3.1.3 Fin de descongelamiento natural.

Al igual a como se hace el inicio de deshielo natural, el fin del mismo se hace bajo demanda, es decir el usuario es quien activa el compresor, bajo el parámetro $r_{12} = 1$. Por lo anterior este método no se considera tan autónomo pues no hay un indicador de fin de deshielo, sólo se hace bajo criterio de ausencia de escarcha en el evaporador observado por el usuario.

4.3.2 Control en el descongelamiento eléctrico

En este tipo de deshielo se usa una resistencia eléctrica ubicada cerca al serpentín evaporador, la cual eleva su temperatura hasta fundir el hielo formado en la superficie del mismo. A manera general el ciclo de descongelamiento eléctrico se inicia con la detención del compresor por el controlador electrónico EKC-202. Inmediatamente, se energiza el elemento de calentamiento del evaporador, en este caso la resistencia eléctrica, y se apaga el ventilador de manera que el calor no es sacado del espacio refrigerado. Después que se ha descongelado el evaporador, la resistencia eléctrica es desenergizada por el relé de desescarche, activándose simultáneamente tanto la válvula solenoide de la línea de líquido y el compresor, permitiendo la operación normal del sistema.

Para efectuar la apropiada sincronización, anteriormente descrita, de los elementos que actúan en el proceso de deshielo eléctrico, es necesario realizar en el controlador una serie de ajustes en los parámetros de funcionamiento del mismo; algunos de ellos dependen del tipo de control empleado (tiempo, temperatura) y se presentan a continuación:

Tabla 12. Configuración de parámetros generales para el descongelamiento eléctrico²⁵

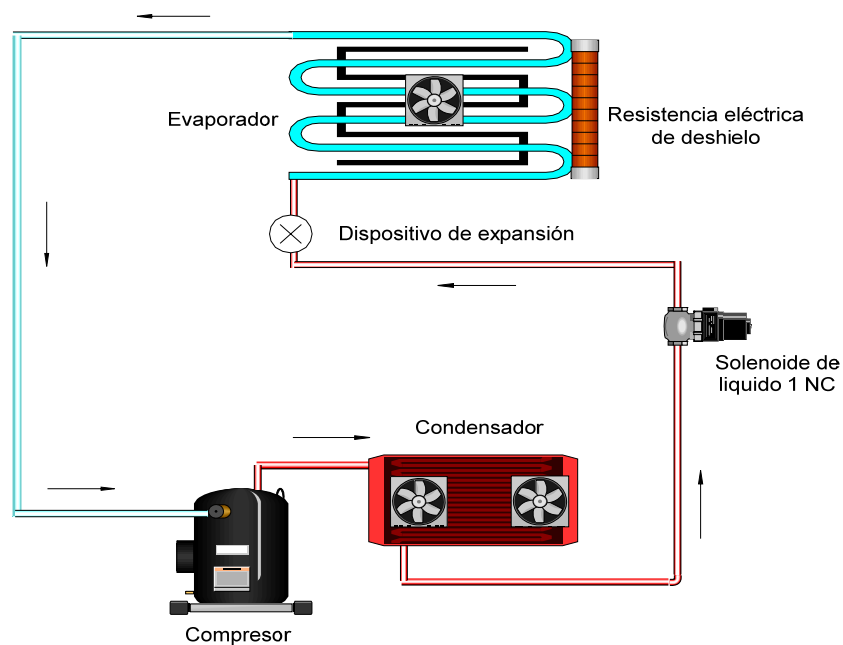
DESCONGELAMIENTO ELÉCTRICO		TIPO DE CONTROL	
		TIEMPO	TEMPERATURA
Función	Código	Ajuste	Ajuste
<i>Tipo de desescarche</i>	d01	EL	EL
<i>Temperatura de fin de desescarche</i>	d02	-----	3°C
<i>Intervalo de tiempo entre desescarches</i>	d03	1 hora	-----
<i>Duración máxima de desescarche</i>	d04	10 minutos	-----
<i>Desplazamiento del 1er deshielo</i>	d05	60 minutos	-----
<i>Tiempo de goteo</i>	d06	3 minutos	3 minutos
<i>Retardo del ventilador tras desescarche</i>	d07	1 minuto	1 minuto
<i>Ventilador en marcha durante desescarche</i>	d09	no	no
<i>Sonda de fin de desescarche</i>	d10	0=no	1=S5
<i>Desescarche bajo demanda(temp)</i>	d19	-----	8°K

A través del parámetro d01 se selecciona el descongelamiento eléctrico (EL) mediante el cual el relé de desescarche D02 funcione de acuerdo a esta configuración. Este ajuste influye en el funcionamiento del relé del compresor (D01) desactivándolo durante el desescarche.

²⁵ Ver Menú de parámetros en el Manual del Controlador EKC 202, anexo 2

En procura de efectuar un proceso eficiente de deshielo, y evitar que el calor aportado por la resistencia eléctrica al serpentín evaporador sea absorbido por todo el refrigerante, la válvula solenoide de la línea de líquido (ver figura 47) se cierra impidiendo la inundación del evaporador por parte del refrigerante procedente de la línea de alta.

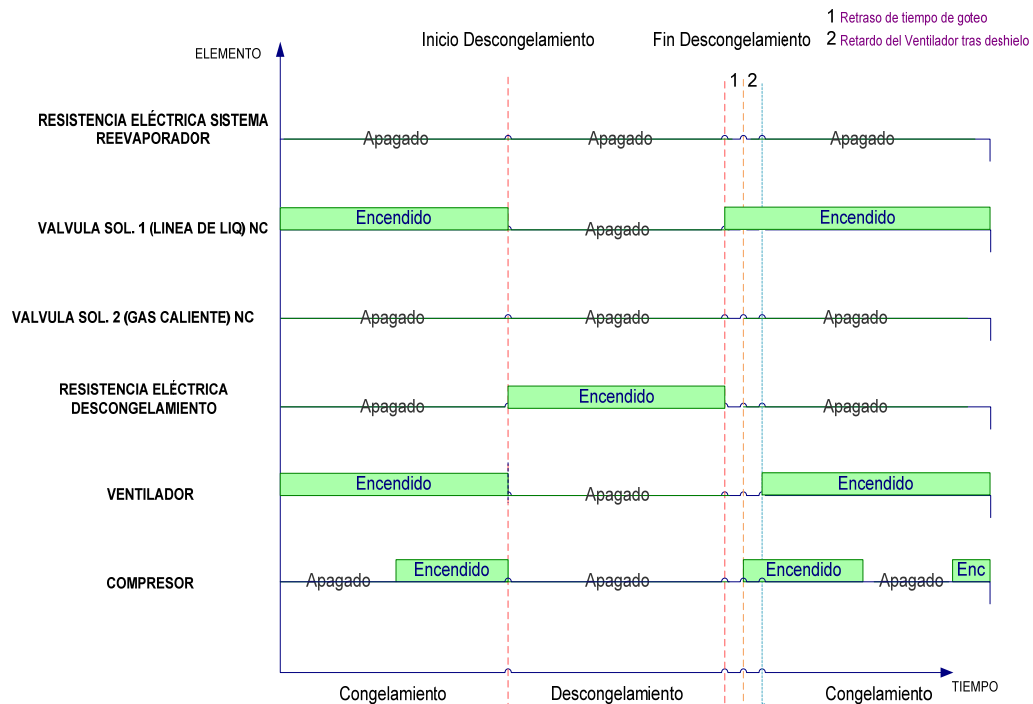
Figura 47. Válvula solenoide de líquido cerrada durante el deshielo eléctrico.



Fuente: Autores

En la figura 48, se aprecian algunos retardos de encendido tanto del compresor como del ventilador del evaporador establecidos en los parámetros d06 (Tiempo de goteo) y d07 (Retraso del ventilador después del desescarcho) respectivamente. Por su lado, el ventilador se mantiene apagado durante el periodo de descongelamiento, para evitar la extracción del calor generado por la resistencia eléctrica.

Figura 48. Estado operativo en el tiempo de los elementos principales para el deshielo eléctrico

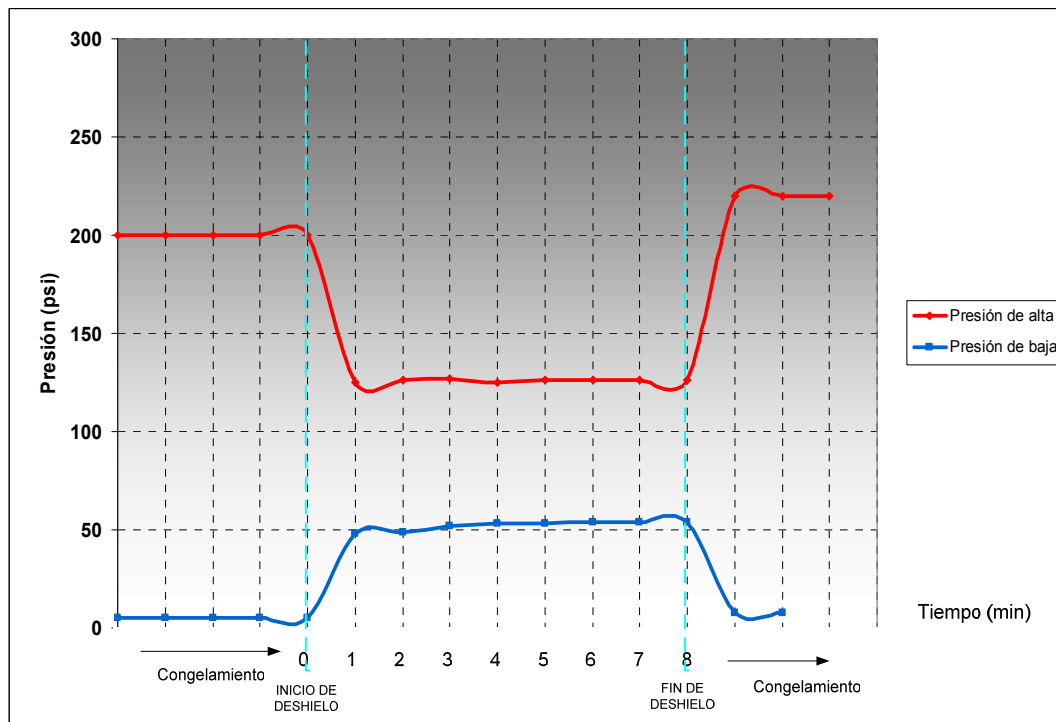


Fuente: Autores

El comportamiento de las presiones en el descongelamiento eléctrico se puede apreciar en la figura 49. Una vez se inicia el deshielo el compresor se detiene con la consecuente disminución de la presión de descarga del compresor, mientras que la presión de succión se incrementa, debido al aporte de calor por parte de la resistencia de deshielo. No obstante estas dos presiones no se igualan durante el tiempo de deshielo eléctrico, debido a la obstrucción que ejerce la válvula de líquido al cerrarse.

En el fin del periodo de deshielo eléctrico, la válvula de líquido se abre, se desactiva la resistencia eléctrica y el compresor vuelve a su funcionamiento normal, por tanto se aumenta la presión de descarga y la presión de succión decae a su presión de operación.

Figura 49. Evolución de las presiones del sistema en el descongelamiento eléctrico



Fuente: Autores

El inicio y fin del deshielo eléctrico queda asociado al tipo de control ejercido durante el mismo (tiempo o temperatura), por ello se hace conveniente describirlos de la siguiente forma:

4.3.2.1 Desescarche eléctrico controlado por tiempo.

- Inicio de descongelamiento eléctrico por tiempo

A través de la función d05 (desplazamiento del 1er deshielo tras dar tensión al equipo) se programa el intervalo de tiempo para el cual el controlador realiza el primer desescarche después de que se conecta el EKC 202.

Complementario a esto se debe ajustar el parámetro correspondiente al intervalo de tiempo entre desescarches (d03), fijando así los deshielos periódicos, que se realizarán después de haberse realizado el primero en d05.

Otra forma de iniciar el deshielo eléctrico por tiempo, se realiza usando el reloj de tiempo real, a través del cual se podrían fijar hasta 6 horas concretas de deshielo durante el día en los comandos (t01-106) y los minutos correspondientes de cada una de las 6 horas (t11-t16)²⁶. Sin embargo, se debe ajustar primero el reloj de tiempo real con la hora exacta en los parámetros correspondientes (t07, t08, t45, t46, t47) y evitar desconectar el controlador por un periodo superior a 4 horas, tiempo después del cual los ajustes en el reloj de tiempo real se pierden.

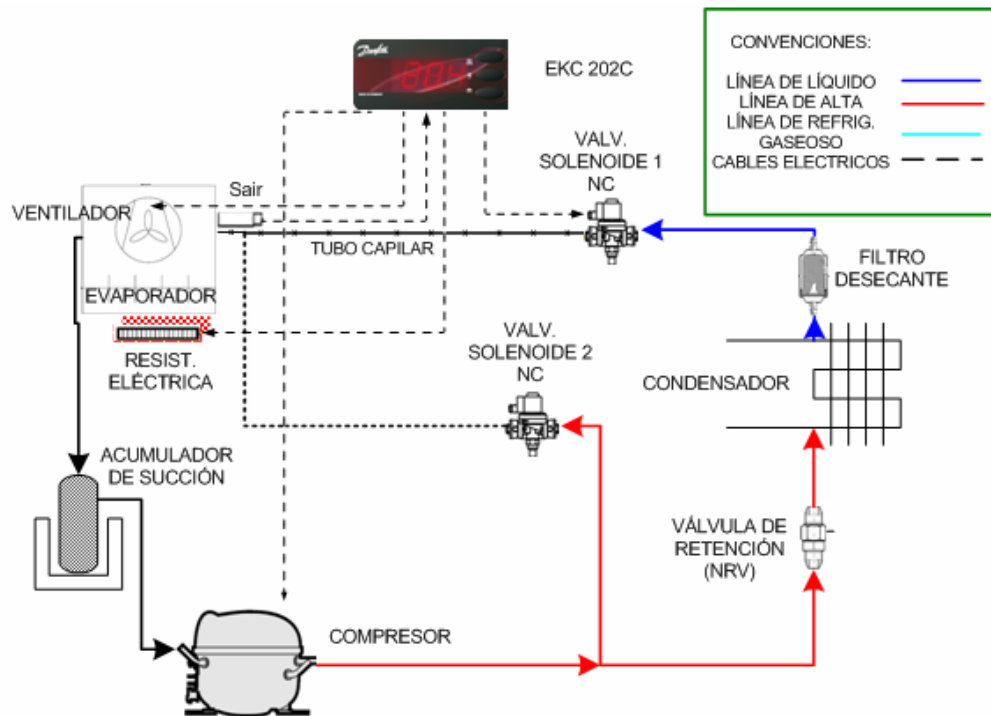
- Funcionamiento de los componentes del sistema en el deshielo eléctrico controlado por tiempo

En el presente tipo de deshielo los elementos del sistema conservan el siguiente estado:

El compresor debe permanecer apagado durante el periodo de descongelamiento, para evitar daños en el sistema debidos al exceso de presión en la línea de alta que se encontrará bloqueada tanto por la válvula solenoide de líquido como por la de gas caliente. El relé del compresor D01 se apaga automáticamente cuando el relé de desescarcho D02 se activa, deteniendo el funcionamiento del compresor.

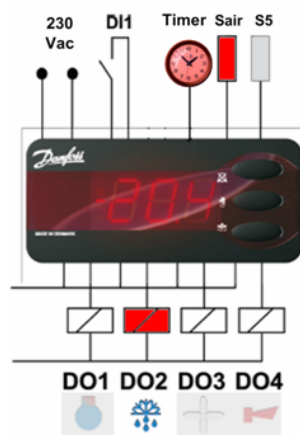
Una vez activado el relé D02 se activa la resistencia eléctrica de descongelamiento e inactiva la válvula solenoide de líquido (que impide la inundación de refrigerante al evaporador).

Figura 50. Control de temperatura ambiente por arranque/parada de compresor. Desescarche eléctrico controlado por tiempo



Fuente: Autores

Figura 51. Señales de entrada y salida activas del controlador EKC 202 durante el descongelamiento eléctrico controlado por tiempo



Fuente: Autores

²⁶ Ver menú de parámetros del anexo 2

Dado que es un proceso controlado por tiempo el sensor de temperatura S_5 no se hace necesario y debe permanecer inactivo por medio de la función $d10=0$, en caso contrario el control se ejercería por temperatura.

Tabla 13. Estado de actividad de los componentes operativos en el deshielo eléctrico controlado por tiempo

ELEMENTOS	ESTADO
VALVULA SOL. 1 NC (LINEA DE LIQUIDO)	INACTIVO
VALVULA SOL. 2 NC (LINEA GAS CALIENTE)	INACTIVO
VALVULA DE RETENCIÓN	NO REQUERIDO
ACUMULADOR DE SUCCIÓN	NO REQUERIDO
SENSOR TEMPERATURA CAMARA S_{air}	ACTIVO
SENSOR DE DESCONGELAMIENTO S_5	NO REQUERIDO
RESISTENCIA DESCONGELAMIENTO	ACTIVO
RESISTENCIA PUERTA	ACTIVO
COMPRESOR	INACTIVO
VENTILADOR	INACTIVO

Fuente: Autores

- Fin de descongelamiento eléctrico controlado por tiempo

Para terminar los desescarches en el tiempo deseado se debe programar siempre un valor de duración máxima del desescarche, a través del parámetro codificado en $d04$

4.3.2.2 Desescarche eléctrico controlado por temperatura

- Inicio de descongelamiento eléctrico controlado por temperatura

Cuando se monta un sensor de desescarche en el evaporador (S_5 , ver figura 52), el desescarche podrá iniciarse en un valor de temperatura fijo.

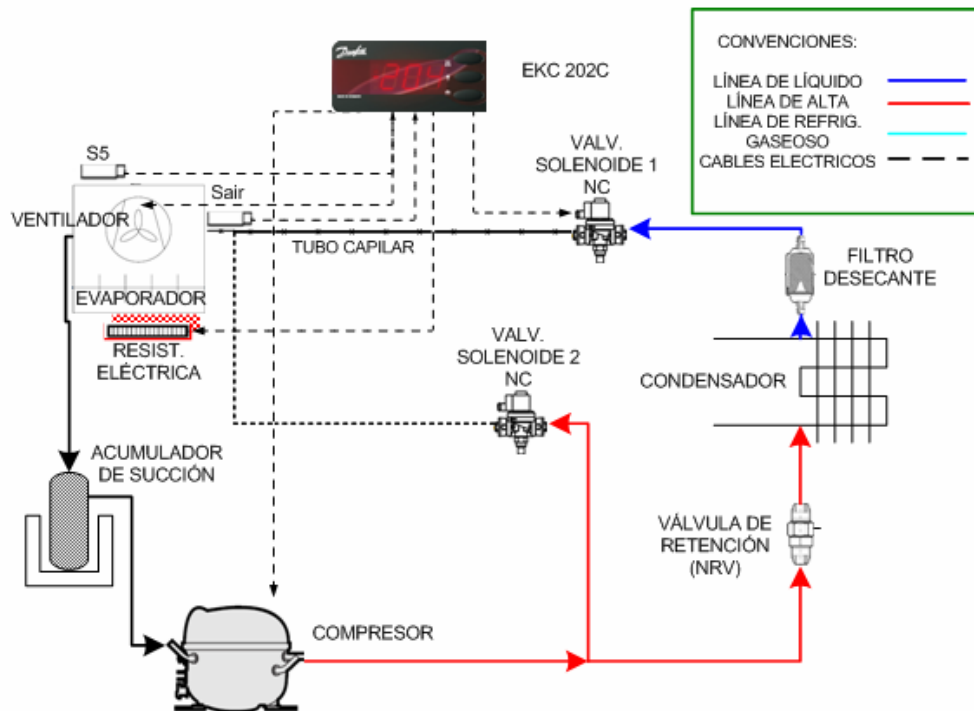
El equipo estudia continuamente la temperatura del sensor S_5 y, con base en la experiencia acumulada, establece un valor estable de referencia interno para él. Con el comando d19 simplemente se ajusta un decremento máximo permitido para la sonda. Si S_5 cae por debajo de esa variación, se iniciará un desescarche. Por ejemplo, si la temperatura de evaporación promedio medida por el controlador es de $-12\text{ }^\circ\text{C}$, y la variación del rango se ajusta a 10°K , se iniciará el deshielo a $-22\text{ }^\circ\text{C}$. Si "d19 = 20" se cancela ésta función.

- Funcionamiento de los componentes del sistema en el deshielo eléctrico controlado por temperatura

Los componentes que actúan en el presente tipo de deshielo conservan el mismo estado planteado en el deshielo eléctrico por tiempo. Es decir, el compresor debe permanecer apagado, al igual que las válvulas solenoides deben estar cerradas; no obstante su gran diferencia radica en la activación del sensor de desescarche.

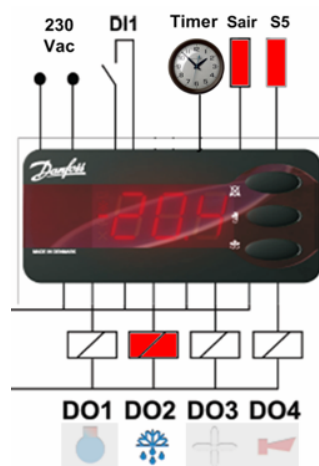
El sensor de desescarche (S_5) debe estar montado y definido en el parámetro d10=1, ya que en caso de omisión el deshielo se detendría por tiempo.

Figura 52. Desescarche eléctrico controlado por temperatura. Control de temperatura ambiente por arranque/parada de compresor



Fuente: Autores

Figura 53. Señales de entrada y salida activas del controlador EKC 202 durante el descongelamiento eléctrico controlado por temperatura



Fuente: Autores

Tabla 14. Estado de actividad de los componentes operativos en el deshielo eléctrico controlado por temperatura

ELEMENTOS	ESTADO
VALVULA SOL. 1 NC (LINEA DE LIQUIDO)	INACTIVO
VALVULA SOL. 2 NC (LINEA GAS CALIENTE)	INACTIVO
VALVULA DE RETENCIÓN	NO REQUERIDO
ACUMULADOR DE SUCCIÓN	NO REQUERIDO
SENSOR TEMPERATURA CAMARA S_{air}	ACTIVO
SENSOR DE DESCONGELAMIENTO S_5	ACTIVO
RESISTENCIA DESCONGELAMIENTO	ACTIVO
RESISTENCIA MEDIO	ACTIVO
RESISTENCIA PUERTA	ACTIVO
COMPRESOR	INACTIVO
VENTILADOR	INACTIVO

Fuente: Autores

- Fin de descongelamiento eléctrico controlado por temperatura

El desescarhe se parará cuando la sonda definida S_5 alcance la temperatura programada de fin de desescarhe (d02).

4.3.3 Control en el descongelamiento por gas caliente

El método de descongelamiento por gas caliente utiliza para lograr el deshielo, una derivación de gas caliente (controlado por la válvula solenoide 2) directamente de la descarga del compresor hacia el evaporador, logrando conceder a éste último la suficiente energía térmica para fundir el hielo formado allí. Dado que el flujo de calor va desde el interior del evaporador hacia su superficie, es considerado como un método de descongelamiento interno.

Previo a la descripción detallada del comportamiento del sistema bajo la configuración de deshielo por gas caliente, es necesario realizar en el

controlador una serie de ajustes en los parámetros de funcionamiento del mismo; algunos de ellos dependen del tipo de control empleado (tiempo, temperatura) y se presentan a continuación:

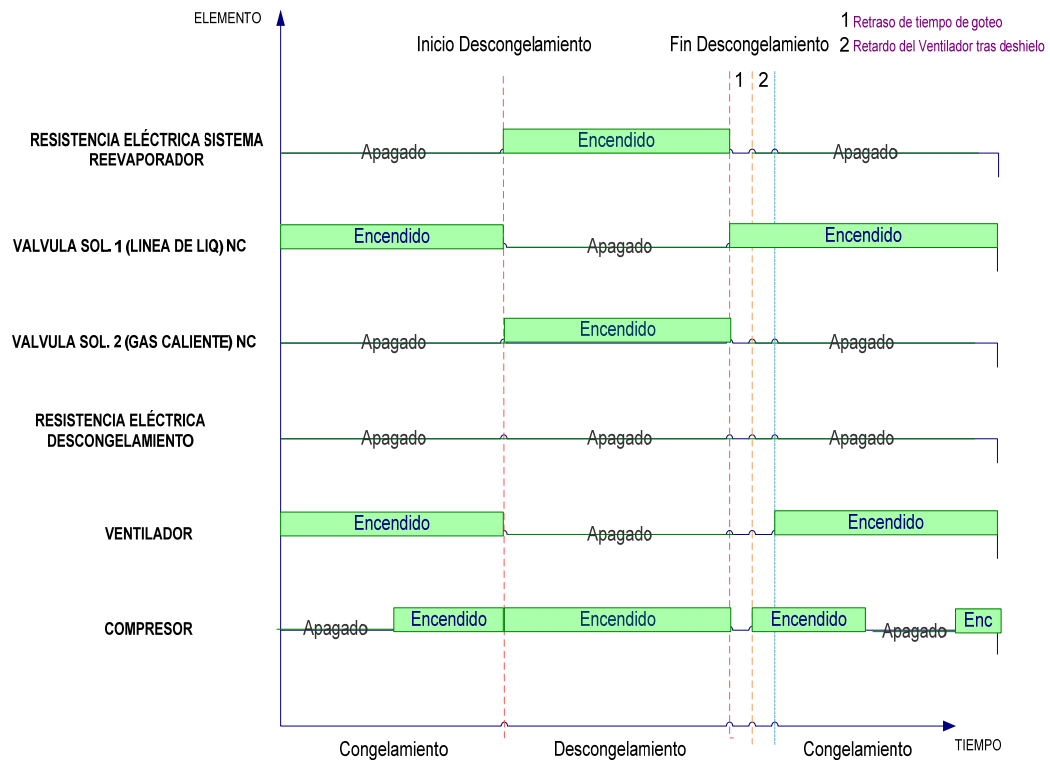
Tabla 15. Configuración de parámetros generales para el descongelamiento por gas caliente²⁷

DESCONGELAMIENTO POR GAS CALIENTE		TIPO DE CONTROL	
		TIEMPO	TEMPERATURA
Función	Código	Ajuste	Ajuste
<i>Tipo de desescarche</i>	d01	GAS	GAS
<i>Temperatura de fin de desescarche</i>	d02	-----	3°C
<i>Intervalo de tiempo entre desescarches</i>	d03	1 hora	-----
<i>Duración máxima de desescarche</i>	d04	10 minutos	-----
<i>Desplazamiento del 1er deshielo</i>	d05	60 minutos	-----
<i>Tiempo de goteo</i>	d06	3 minutos	3 minutos
<i>Retardo del ventilador tras desescarche</i>	d07	1 minuto	1 minuto
<i>Ventilador en marcha durante desescarche</i>	d09	no	no
<i>Sonda de fin de desescarche</i>	d10	no	1=S5
<i>Desescarche bajo demanda(temp)</i>	d19	-----	8°K

El relé de desescarche, ajustado en el tipo de descongelamiento por gas caliente d01=GAS, influye directamente en el funcionamiento del relé del compresor, pues en los tiempos de deshielo, lo activa para permitir el funcionamiento normal del compresor, que suministra el flujo de gas necesario para el deshielo del evaporador.

²⁷ Ver Menú de parámetros en el Manual del Controlador EKC 202, anexo 2

Figura 54. Estado operativo en el tiempo de los elementos principales para el deshielo por gas caliente



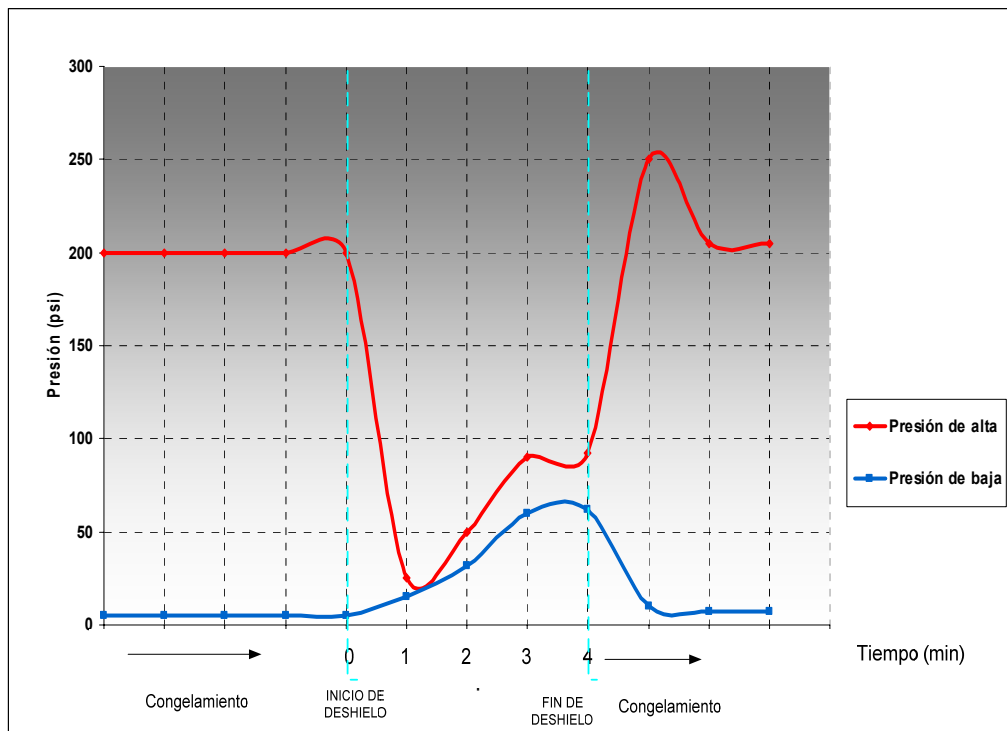
Fuente: Autores

El comportamiento de las presiones en el descongelamiento por gas caliente se puede apreciar en la Figura 55. Una vez se inicia el deshielo, se abre la válvula solenoide que permite el paso del gas caliente proveniente del compresor, esto afecta directamente la presión de descarga, la cual disminuye considerablemente debido a la baja presión que existe en el evaporador.

En el transcurso del deshielo las presiones tanto de descarga como de succión se van acercando entre sí a medida que el evaporador aumenta su temperatura. Esta igualación de presiones se debe a que el compresor recircula el gas caliente de la descarga a la succión, haciéndolo pasar por el evaporador sin ningún tipo de restricción.

En el fin del periodo de deshielo por gas caliente, la válvula de líquido se abre y la válvula de gas caliente se cierra, por tanto la presión en la descarga se eleva a la presión normal de condensación y la presión de succión decae a su presión de operación.

Figura 55. Evolución de las presiones del sistema en el descongelamiento por gas caliente



Fuente: Autores

El inicio y finalización del periodo de deshielo por gas caliente, depende del tipo de control que se desea ejercer, bien sea por tiempo, o por temperatura, como se explica a continuación:

4.3.3.1. Desescarche por gas caliente controlado por tiempo

- Inicio de descongelamiento por gas caliente controlado por tiempo

El inicio del primer desescarche después de conectar el EKC, es programado en el código d05, y en caso tal que la tensión se corte, el valor del contador queda guardado, mientras vuelve la tensión al equipo, continuando donde se había quedado antes del corte.

Complementario a esto se debe ajustar el parámetro correspondiente al intervalo de tiempo entre desescarches (d03), fijando así los deshielos periódicos, por ejemplo, cada ocho horas.

Otra forma de iniciar el deshielo por gas caliente controlado por tiempo, se realiza usando el reloj de tiempo real, tal como se mencionó en la sección correspondiente al inicio de descongelamiento eléctrico controlado por tiempo.

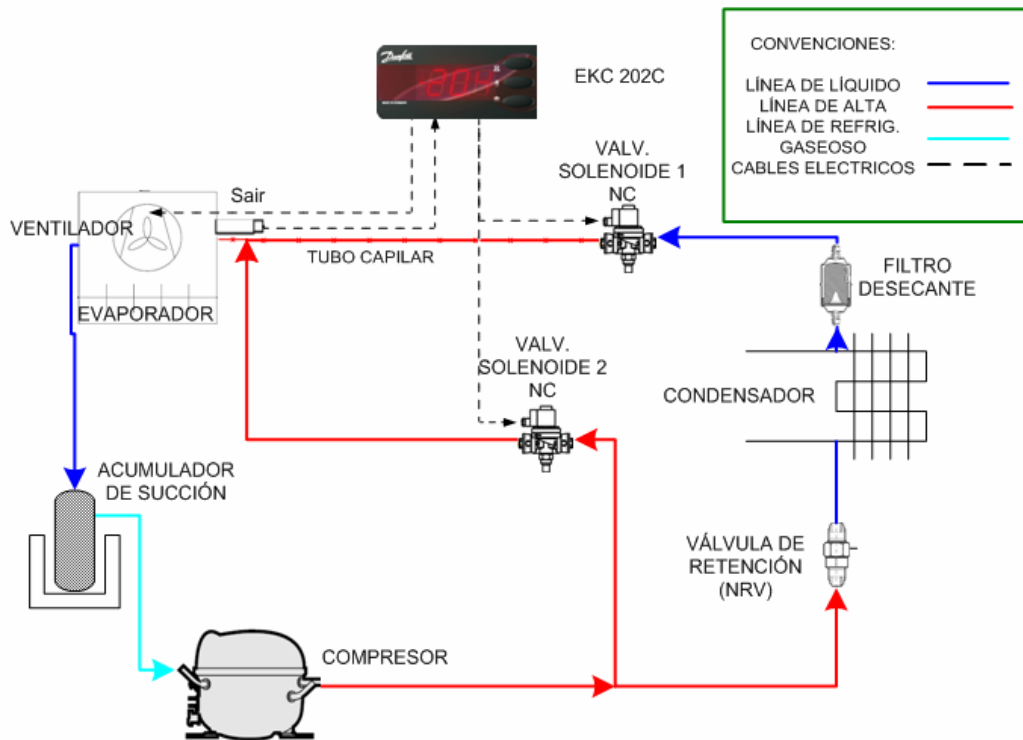
- Funcionamiento de los componentes del sistema en el deshielo por gas caliente controlado por tiempo

En el presente tipo de deshielo los elementos del sistema conservan el siguiente estado:

La activación del relé de desescarche D02 aparte de permitir la apertura de la válvula solenoide 2, que desbloquea la línea en derivación, permite mantener el relé D01 activo, por lo cual el compresor se mantiene en su régimen de operación descargando hacia el evaporador el gas caliente por la línea de derivación.

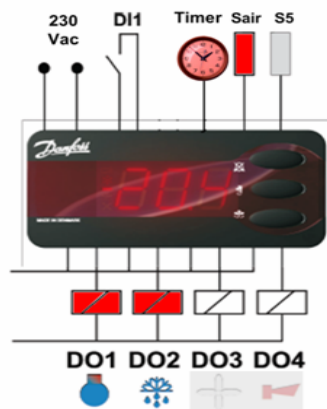
La válvula solenoide 1, debe conservar su estado normalmente cerrado para evitar una alimentación imprevista de gas caliente hacia el condensador, como se muestra en la siguiente figura:

Figura 56. Desescarche por gas caliente controlado por tiempo. Control de temperatura ambiente por arranque/parada de compresor.



Fuente: Autores

Figura 57. Señales de entrada y salida activas del controlador EKC 202 durante el descongelamiento por gas caliente controlado por tiempo



Fuente: Autores

Al ser una aplicación controlada por tiempo, el sensor de temperatura S5, se debe desactivar en el comando d10=0, de no ser así el control se ejercería por temperatura.

Tabla 16. Estado de actividad de los componentes operativos en el deshielo por gas caliente controlado por tiempo

ELEMENTOS	ESTADO
VALVULA SOL. 1 NC (LINEA DE LIQUIDO)	INACTIVO
VALVULA SOL. 2 NC (LINEA GAS CALIENTE)	ACTIVO
VALVULA DE RETENCIÓN	REQUERIDO
ACUMULADOR DE SUCCIÓN	REQUERIDO
SENSOR TEMPERATURA CAMARA S_{air}	ACTIVO
SENSOR DE DESCONGELAMIENTO S₅	NO REQUERIDO
RESISTENCIA DESCONGELAMIENTO	INACTIVO
RESISTENCIA PUERTA	ACTIVO
RESISTENCIA ACUMULADOR	ACTIVO
COMPRESOR	ACTIVO
VENTILADOR	ACTIVO

Fuente: Autores

Por otra parte, el servicio de la válvula de retención y del acumulador con su resistencia eléctrica se hace indispensable en esta configuración. La primera para evitar el retorno de líquido al compresor por la línea de alta y el segundo para evitar el paso de posible refrigerante condensado en la succión del compresor.

- Finalización de descongelamiento por gas caliente controlado por tiempo

Para terminar los desescarches en el tiempo deseado se debe programar siempre un valor de duración máxima del desescarcho, a través del ajuste del parámetro d04

4.3.3.2. Desescarche por gas caliente controlado por temperatura

- Inicio de descongelamiento por gas caliente controlado por temperatura

Primero que todo se debe activar el sensor de desescarche en el evaporador (S_5), en el parámetro d10=1, y así posibilitar el inicio del desescarche en un valor de temperatura fijo.

El equipo estudia continuamente la temperatura del sensor S_5 y, con base en la experiencia acumulada, establece un valor estable de referencia interno para él. Con el comando d19 simplemente se ajusta un decremento máximo permitido para la sonda. Si S_5 cae por debajo de esa variación, se iniciará un desescarche.²⁸

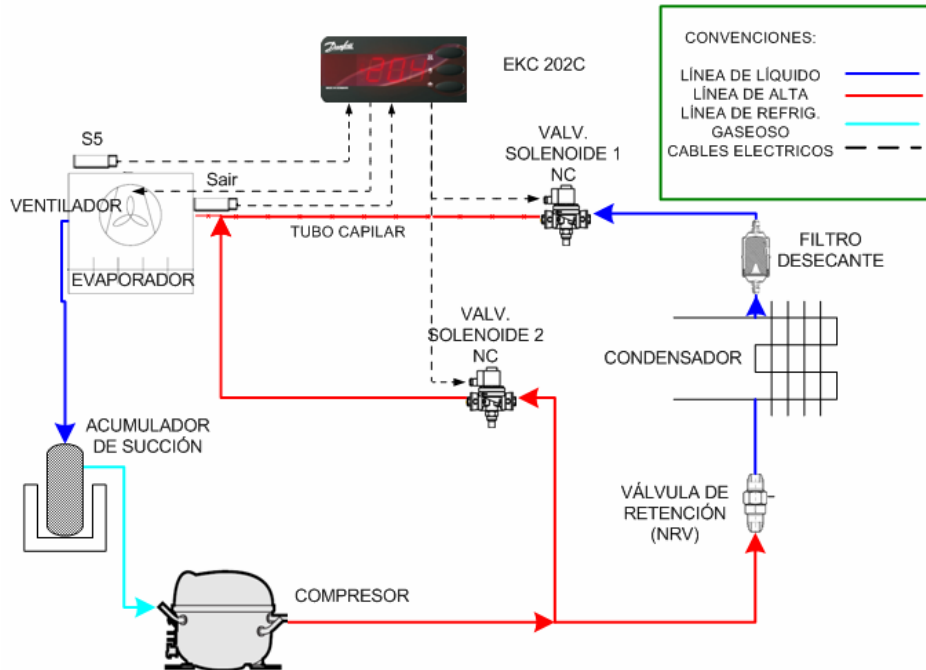
- Funcionamiento de los componentes del sistema en el deshielo por gas caliente controlado por tiempo

Los componentes que actúan en el presente tipo de deshielo conservan el mismo estado planteado en el deshielo por gas caliente controlado por tiempo. Es decir, el compresor debe permanecer encendido, la válvula solenoide 2 debe estar abierta y la válvula solenoide 1, debe conservar su estado normalmente cerrado, tal como se muestra en la figura 58

El sensor de desescarche (S_5) debe estar montado y definido en el parámetro d10=1, ya que en caso de omisión, el deshielo se detendría por tiempo.

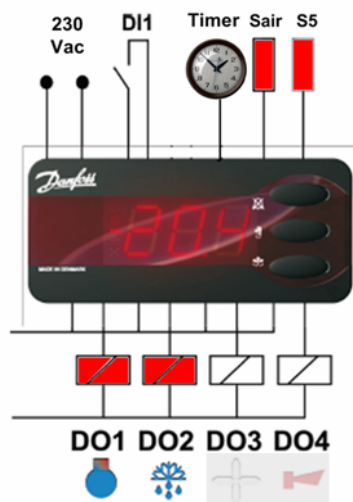
²⁸ Ver Manual del controlador electrónico EKC 202 en el anexo 2.

Figura 58. Desescarche por gas caliente controlado por temperatura. Control de temperatura ambiente por arranque/parada de compresor.



Fuente: Autores

Figura 59. Señales de entrada y salida activas del controlador EKC 202 durante el descongelamiento por gas caliente controlado por temperatura



Fuente: Autores

Tabla 17. Estado de actividad de los componentes operativos en el deshielo por gas caliente controlado por temperatura

ELEMENTOS	ESTADO
VALVULA SOL. 1 NC (LINEA DE LIQUIDO)	INACTIVO
VALVULA SOL. 2 NC (LINEA GAS CALIENTE)	ACTIVO
VALVULA DE RETENCIÓN	REQUERIDO
ACUMULADOR DE SUCCIÓN	REQUERIDO
SENSOR TEMPERATURA CAMARA S _{air}	ACTIVO
SENSOR DE DESCONGELAMIENTO S ₅	ACTIVO
RESISTENCIA DESCONGELAMIENTO	INACTIVO
RESISTENCIA PUERTA	ACTIVO
RESISTENCIA ACUMULADOR	ACTIVO
COMPRESOR	ACTIVO
VENTILADOR	ACTIVO

- Fin de descongelamiento por gas caliente controlado por temperatura

El desescarche se detendrá cuando el sensor S₅ alcance la temperatura programada de fin de desescarche (d02).

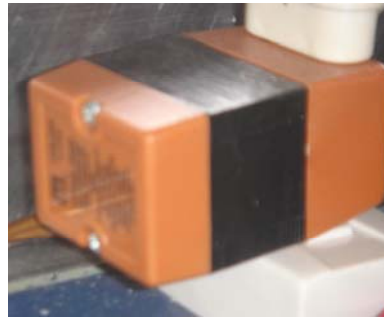
De las figuras 51 y 52, se aprecia que durante el deshielo por gas caliente el circuito activo de refrigeración se reduce al compresor, válvula solenoide 2, evaporador, y acumulador de succión; considerando que la válvula solenoide 1 y la válvula de retención sirven de bloqueo para el paso de refrigerante en fase líquido al evaporador.

4.4 DIAGRAMA ELÉCTRICO DEL BANCO EXPERIMENTAL

El sistema de potencia eléctrico del banco experimental requiere una fuente de tensión de 110V, dado que la mayoría de los elementos que hacen parte del mismo así lo demandan; sin embargo, el controlador electrónico EKC 202 es el único dispositivo que necesita para su funcionamiento una fuente de

tensión de 220V, para lo cual es empleado un convertidor de voltaje 110V a 220V para mecanismos de hasta 50 Watt.

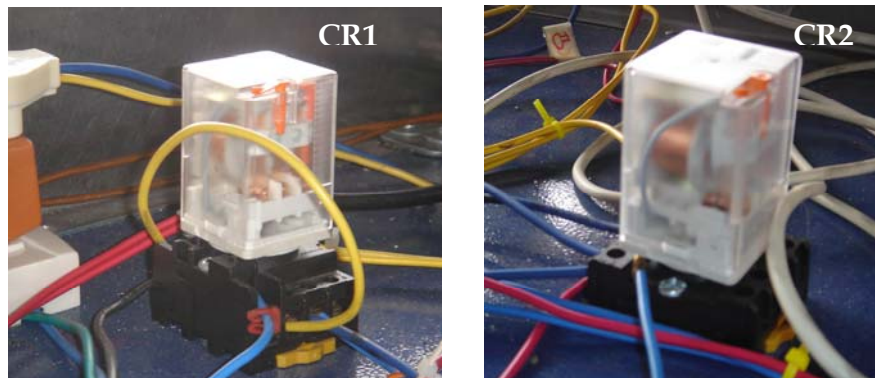
Figura 60. Convertidor de voltaje 110V-220V



Fuente: Autores

En el diagrama de cableado, se encuentran elementos adicionales que cumplen una función relevante en el control de los actuadores principales. Las bobinas denominadas CR1 y CR2, activan sus correspondientes relés para permitir o interrumpir el flujo de corriente hacia los elementos que requieren de energía durante ciertos momentos específicos.

Figura 61. Bobinas adicionales del sistema eléctrico (CR1 izquierda y CR2 derecha)



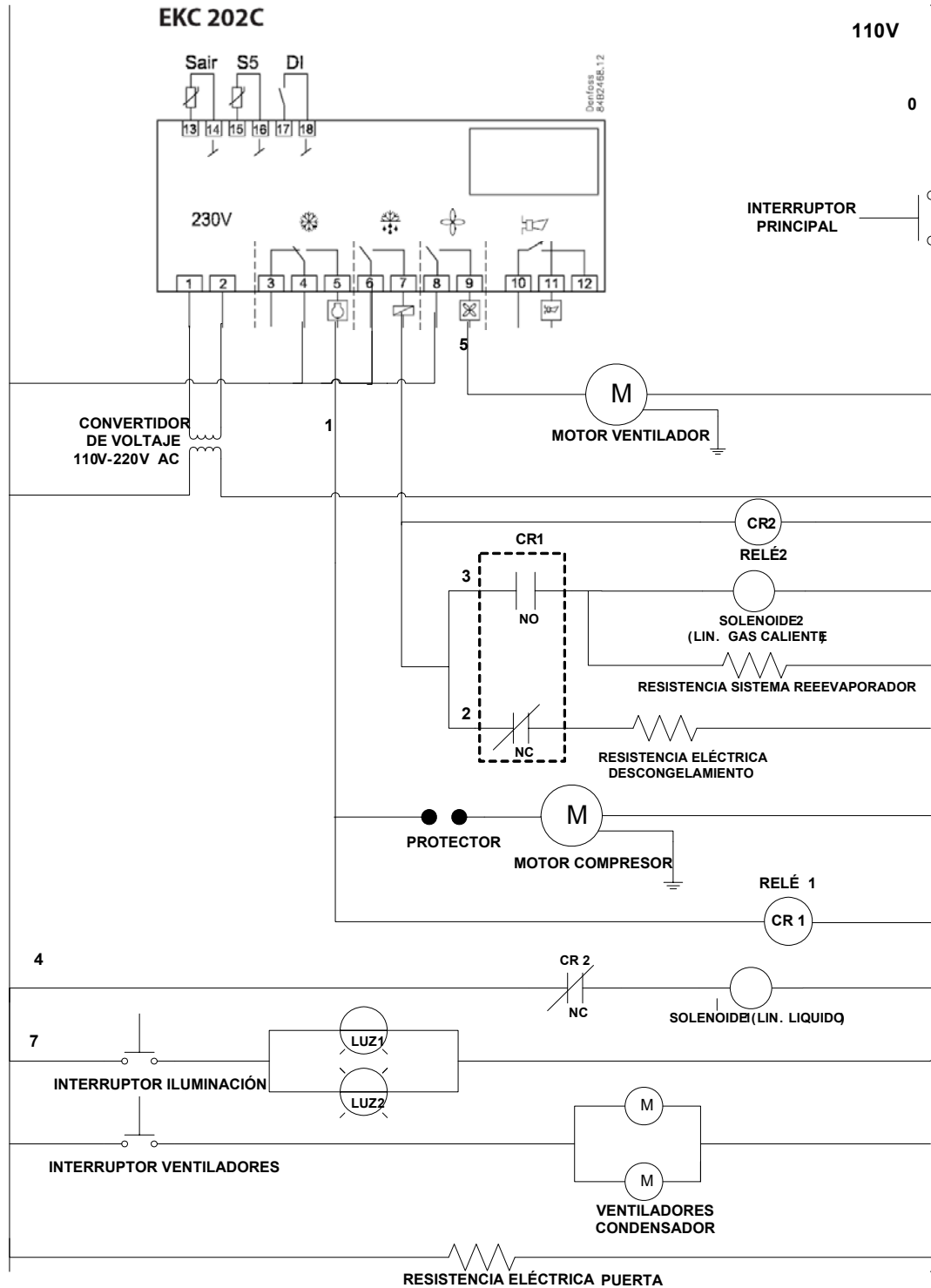
Fuente; Autores

La bobina CR2, interrumpe la fuente energía para la válvula solenoide 1, siempre y cuando, el periodo de deshielo se halla iniciado; mientras que la

bobina CR1, sirve como distribuidor de corriente para los elementos propios al deshielo por calor suplementario, dependiendo del funcionamiento del compresor.

Dado que el deshielo eléctrico y el de gas caliente comparten el relé de desescarche del controlador, con la bobina CR1 se hace posible discriminar el tipo de deshielo a emplear, según sea el estado de operación del compresor (apagado para eléctrico o encendido para gas caliente). Es decir cuando el relé del compresor esté energizado, se activa la bobina CR1, permitiendo el paso de corriente desde el relé de desescarche hacia la válvula solenoide de gas caliente; caso contrario, cuando el relé del compresor esté apagado, la bobina CR1 se desactiva, y permite el paso de energía desde el relé de desescarche hacia la resistencia eléctrica.

Figura 62. Esquema eléctrico del sistema



Fuente: Autores

5 METODOLOGÍA DE EXPERIMENTACIÓN DEL BANCO DE PRUEBAS.

Previo al desarrollo de la práctica, es necesario que tanto el auxiliar del laboratorio como el practicante posean ciertos conocimientos básicos del modo de operación del controlador electrónico EKC 202.

Para una mayor comprensión por parte del usuario acerca del manejo del controlador, del estado actual del sistema, sus parámetros, sus alarmas, y sus posibles fallos, el controlador muestra diferentes códigos en el display que indican el origen de los mismos, sin embargo, el usuario sólo podrá reconocer los códigos teniendo en cuenta el menú de parámetros que se muestra en el manual del controlador electrónico EKC 202, que se encuentra al final del presente documento como anexo

5.1 PROGRAMACIÓN DEL MENÚ DE PARÁMETROS PARA EL ENSAYO

Como se puede apreciar del manual del controlador EKC 202, el menú de parámetros que posee para su programación es demasiado extenso y su ajuste puede tornarse algo tedioso para el operador. Teniendo en cuenta lo anterior y que muchos de los valores no requieren de modificación para las pruebas experimentales a realizar, se plantea una tabla en cuyo contenido se muestran los parámetros determinantes, sus respectivos códigos y valores de ajuste apropiados para ejercer un correcto control del sistema.

Tabla 18. Menú de parámetros a programar

Función	Código	Ajuste
<i>Temperatura de corte</i>	---	-4 °C
<i>Diferencial del termostato</i>	r01	5 K
<i>Marcho/paro interno</i>	r12	1
<i>Retardo de alarma de temperatura (estándar)</i>	A03	5 minutos
<i>Retardo de alarma de temp (después de desescarche)</i>	A12	20 minutos
<i>Tipo de desescarche</i>	d01	no (natural) / gas (gas caliente) / EL (eléctrico) ²⁹
<i>Temperatura de fin de desescarche</i>	d02	3°C
<i>Intervalo de tiempo entre desescarches</i>	d03	1 hora
<i>Duración máxima de desescarche</i>	d04	10 minutos
<i>Desplazamiento del 1er deshielo</i>	d05	60 minutos
<i>Tiempo de goteo</i>	d06	3 minutos
<i>Retardo del ventilador tras desescarche</i>	d07	1 minuto
<i>Ventilador en marcha durante desescarche</i>	d09	no
<i>Sonda de fin de desescarche</i>	d10	0=no (tiempo); 1=S ₅ ; 2=S _{air} ³⁰
<i>Desescarche bajo demanda(temp)</i>	d19	8°K
<i>Parar ventilador al parar compresor</i>	F01	NO
<i>Retardo de parada del ventilador tras parada del compresor</i>	F02	1 minuto



²⁹ Se selecciona dependiendo del tipo de descongelamiento que se va a practicar

³⁰ Cuando el descongelamiento es por tiempo se escoge la opción "no", y si es por temperatura se escoge la opción "S₅"

5.2 FICHAS DEL LABORATORIO

Los formatos para la realización de pruebas, pretenden ser una guía de procedimiento para el estudiante, la cual le permita operar eficazmente el banco experimental, y de esta manera, facilitar la comprensión de los conceptos fundamentales de cada tipo de deshielo.

Las fichas inician con el planteamiento de objetivos, seguido de un breve marco teórico con los conceptos básicos concernientes a la experiencia. Posteriormente se detalla paso a paso las actividades que el estudiante debe seguir para realizar el ensayo. Los formatos son:

 	LABORATORIO DE REFRIGERACIÓN Y AIRE ACONDICIONADO	ESCUELA INGENIERÍA MECÁNICA
	DESCONGELAMIENTO EN SISTEMAS DE REFRIGERACIÓN	AUTORES: OSCAR J. QUIJANO MARCO A. GARCÍA

MÉTODOS DE DESCONGELAMIENTO EN SISTEMAS DE REFRIGERACIÓN POR COMPRESIÓN DE VAPOR

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

- Identificar y analizar los principales métodos de descongelamiento y la participación de cada uno de los elementos empleados en el sistema de refrigeración.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar la energía consumida para cada método de descongelamiento.
- Graficar la variación de la temperatura dentro de la cámara con respecto al tiempo.
- Graficar la variación de la temperatura del refrigerante a la salida del evaporador con respecto al tiempo.
- Observar y explicar el comportamiento de las presiones de alta y baja del sistema, en los tiempos de congelamiento y descongelamiento.

MARCO TEÓRICO

Escarcha

Es el hielo que se forma en la pared exterior del evaporador, debido a la condensación y posterior solidificación, de la humedad presente en el aire que lo circunda. Dicha escarcha se constituye como una especie de barrera que dificulta la transferencia de calor, por lo cual es necesario su descongelamiento.

Métodos principales de deshielo

Descongelamiento natural

Este método requiere que el sistema de refrigeración esté paralizado por un periodo de tiempo (mediante el paro del compresor), que le permita al evaporador elevar la temperatura hasta un nivel que sea mayor al punto de descongelación de la escarcha o hielo.

Descongelamiento eléctrico

Para este tipo de deshielo se usan calentadores de resistencia eléctrica ubicados en las aletas del evaporador, que transmiten por conducción la energía calorífica suficiente para fundir el hielo

Descongelamiento con gas caliente

Este método usa como fuente de calor el gas caliente descargado del compresor para el descongelamiento del evaporador.

METODOLOGÍA DE EXPERIMENTACIÓN

ELEMENTOS NECESARIOS PARA LA PRUEBA

- Recipiente con 4 litros de agua
- Cronómetro

PROCEDIMIENTO EN SITIO

1. Conecte el banco experimental a una fuente de 110V ac
2. Ajuste los parámetros de referencia en el controlador electrónico de acuerdo a la programación definida (en el capítulo 5 del presente documento) y seleccione como tipo de descongelamiento el eléctrico.

Deshielo eléctrico por temperatura/por tiempo

3. Espere hasta que la temperatura dentro de la cámara se estabilice y apúntela (ésta temperatura es la mostrada en el display del controlador)
4. Introduzca en el área de congelación del banco el recipiente con el contenido de agua (4 litros).
5. Inmediatamente contabilice el tiempo con el cronómetro hasta que el refrigerador demande deshielo.
6. Registre la temperatura de la cámara, del refrigerante, y las presiones de alta y baja cada 2 minutos hasta que se cumpla la referencia de temperatura programada (d19) /el tiempo programado en el código d03

NOTA: Si el tiempo programado es muy largo y el sistema no ha iniciado el deshielo por temperatura, inicie usted mismo el deshielo de manera manual (pulsando y manteniendo el botón inferior durante 4 segundos).

7. Registre el valor del tiempo que muestra el cronómetro apenas inicia el deshielo, y reinicie el contador del mismo (ahora para tomar el tiempo de deshielo)

8. Registre la temperatura de la cámara, del refrigerante, y las presiones de alta y baja cada 2 minutos hasta que se cumpla la referencia de temperatura programada (d02)/el tiempo programado en el código d04.
9. Una vez finalizado el deshielo, pare el cronómetro y registre el tiempo con sus respectivos datos.

Deshielo por gas caliente por temperatura/por tiempo

10. Ajuste en el controlador el siguiente tipo de descongelamiento (gas caliente) en el código d01
11. Espere hasta que la temperatura del sistema se estabilice (entre más cercana a la temperatura tomada en el paso #3 mejor)
12. Repita los pasos 4 hasta el 9

Deshielo natural

13. Ajuste ahora en el controlador el siguiente tipo de descongelamiento (OFF) en el código d01
14. Repita la toma de datos anterior, no obstante en los pasos 6 y 8, active o detenga el compresor con el código r12 (1 o 0 respectivamente)

DESARROLLO

- Con los valores de temperatura y los tiempos registrados en los periodos de congelamiento elabore una curva Temperatura vs tiempo.
- Con los valores de temperatura y los tiempos registrados en los periodos de deshielo elabore una curva Temperatura vs tiempo.
- Explique los cambios de presión en los periodos de congelamiento y deshielo.

LABORATORIO TIPOS DE DESHIELO				
Valor temperatura ajuste termostato (°C)			Valor tiempo congelamiento (min)	
TIPO DE DESCONGELAMIENTO		x	TIPO DE CONTROL	
Deshielo Natural			Tiempo	
Deshielo Eléctrico			Temperatura	
Deshielo por Gas caliente				
CONTROL POR TEMPERATURA				
Condiciones de inicio de deshielo			Condiciones de fin de deshielo	
DATOS DE ENTRADA	Temperatura (°C)		Temperatura (°C)	
DATOS DE SALIDA	Intervalo refrigerando(min.)		Intervalo descongelando (min)	
CONTROL POR TIEMPO				
Condiciones de inicio de deshielo			Condiciones de fin de deshielo	
DATOS DE ENTRADA	Intervalo (min)		Intervalo (min)	
DATOS DE SALIDA	Temperatura (°C)		Temperatura (°C)	
DATOS				
$\Delta t = 2 \text{ min}$	Temperatura cámara (Sair) (°C)	Presión alta (psi)	Temperatura refrigerante a la salida del evaporador (S5) (°C)	Presión baja (psi)
CONGELANDO				
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
DESCONGELANDO				
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				

6. MANTENIMIENTO GENERAL

Es importante para cualquier equipo mecánico desarrollar actividades que prolonguen la vida operativa de sus componentes y a su vez la de todo el sistema. Teniendo en cuenta la necesidad de un programa de mantenimiento se plantean a continuación una serie de actividades de cuidado básico de los elementos que forman parte de la unidad refrigeradora con el fin de detectar pequeños daños o averías que puedan convertirse en problemas más serios.

6.1 ACTIVIDADES DE CUIDADO BÁSICO

Para el cumplimiento de las actividades de cuidado básico, recomendamos tener en cuenta lo siguiente:

- ✓ Contar con la base teórica en principios de refrigeración.
- ✓ Dominar el uso de instrumentos tales como el amperímetro, voltímetro, manómetros, probadores de fuga, termómetros y otros similares.
- ✓ Conocer los procedimientos de prueba de continuidad en contactores.
- ✓ Conocer el modo de operación del controlador Danfoss EKC 202

6.1.1 Circuito de refrigeración

- ✓ Verificación del sistema y su carga refrigerante.

Verifique si los manómetros de alta y baja registran algún valor de presión, de no ser así, seguramente el sistema se encuentra sin refrigerante. Si el banco se desenergiza por un largo tiempo las presiones de alta y baja corresponderán presión del R134a a la temperatura ambiente.

- ✓ Inspección de fugas de refrigerante en las líneas de alta y baja revisando válvulas solenoides, accesorios, etc.

Uno de los métodos más prácticos, consiste en aplicar una mezcla de agua jabonosa en la tubería o terminales, en donde se sospecha pueda existir el escape de gas, determinándose la existencia de ella o no percibiendo actividad en la mezcla (burbujeo).

Sin embargo, se recomienda el uso de equipos con detectores a base de helio, para rastrear fugas en las líneas de montaje de sistemas con R 134a. Hay detectores electrónicos de fugas compactos disponibles en el mercado, compatibles con este gas refrigerante.

- ✓ Inspección de controles, calibración y regulación si es necesario (EKC 202 , manómetros, sensores)

Cheque las conexiones de los manómetros y verifique que no exista ninguna fuga. Además asegúrese que los sensores de temperatura estén debidamente conectados al controlador EKC 202 y que este último se encuentre alimentado.

6.1.2 Compresor Hermético

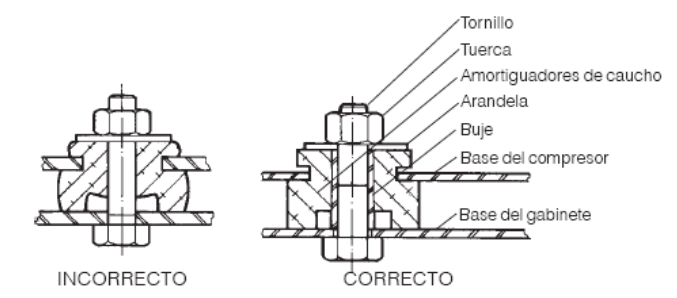
- ✓ Limpieza exterior del compresor.

Para evitar la contaminación con humedad en el compresor, los tubos deben ser mantenidos tapados. Los tapones de solo deberán ser removidos en el momento de la soldadura de los tubos al sistema (el tiempo máximo permitido es de 15 minutos).

- ✓ Inspección de ruidos y vibraciones.

Verifique los pernos de anclaje, y realice el ajuste necesario. Si los amortiguadores de caucho están muy apretados, aflójelos, pues de lo contrario la amortiguación de las vibraciones será perjudicada.

Figura 63.Amortiguadores de caucho



Fuente: Manual de Aplicaciones de compresores- Embraco

6.1.3 Condensador

- ✓ Inspección del serpentín y limpieza, para evitar la barrera que ofrece el polvo al intercambio de calor con el ambiente exterior.
- ✓ Inspección de fuga. (Ver ítem 6.1.1)
- ✓ Inspección de pernos de anclaje, ajuste si es necesario.
- ✓ Verificar el flujo de aire.

Dado que el flujo de aire para enfriar el condensador proviene de los alrededores de la parte posterior del banco, se recomienda ubicarlo de tal forma que no se encuentre cercano a fuentes de calor intensas o medios que impidan una buena circulación de aire, para mejorar la transferencia de calor.

6.1.4 Evaporador

- ✓ Verificación del ciclo de descongelamiento (por gas caliente y por resistencia eléctrica)

Verifique que en los tiempos de descongelamiento la escarcha acumulada en el evaporador se derrita. De no ser así, revise la instalación eléctrica.

- ✓ Inspección visual del serpentín.
- ✓ Inspección del ventilador.

Observe que el ventilador se encuentre en funcionamiento y libre de ruidos extraños durante los periodos de congelamiento.

6.1.5 Circuito Eléctrico

- ✓ Revisión de circuito Integral, cables, contactos, relés, controlador, válvulas solenoides, resistencias eléctricas, transformador auxiliar y sensores.

Verifique el enchufe y cerciórese de conectarlo en una fuente de alimentación de 110V. Con un multímetro, verifique si el cable de potencia del circuito no está interrumpido.

Verifique las conexiones con auxilio del esquema eléctrico del sistema.

Verifique si existe falla en el aislamiento de un componente eléctrico que esté en contacto con partes metálicas. En caso de ser necesario el cambio de cintas aislantes y empalmes desconecte la fuente de alimentación del sistema como primera medida.

En caso de que las lámparas internas no funcionen, verifique si el interruptor de la lámpara o el cable de conexión al balastro electrónico presentan algún problema como mal contacto, colocación incorrecta etc.

6.2 GUÍA DE PROBLEMAS Y SOLUCIONES DEL SISTEMA

Como soporte adicional se muestra una tabla que sirva como guía para solucionar las fallas más frecuentes que se puedan presentar en el sistema de refrigeración.

Tabla 19. Problemas y soluciones de fallas de origen mecánico

REFRIGERA MUCHO						
REFRIGERA POCO						
CHOQUE ELÉCTRICO						
RUIDOS						
SUDOR EXTERNO EN EL GABINETE						
SUDOR INTERNO EN EL GABINETE						
ALTO CONSUMO DE ENERGÍA						
NO FUNCIONA. COMPRESOR NO ARRANCA/PROTECTOR TÉRMICO NO ACTÚA						
NO FUNCIONA. COMPRESOR NO ARRANCA/PROTECTOR TÉRMICO ACTÚA						
NO FUNCIONA. COMPRESOR ARRANCA/PROTECTOR TÉRMICO ACTÚA						
POSIBLES CAUSAS - ORIGEN MECÁNICO						
						Condensador mal instalado - tubos metálicos en contacto
						Obstrucción parcial de la tubería
						Obstrucción del tubo capilar por humedad
						Condensador sucio/cubierto o con falta de circulación de aire
						Nivelación incorrecta del refrigerador o de la base del compresor
						Ruidos provocados por otros componentes
						Compresor en contacto con la pared o el gabinete
						Hermeticidad inadecuada de la puerta
						Localización inadecuada del refrigerador
						Humedad relativa del aire muy elevada (superior al 85%)
						Refrigerador utilizado en exceso
						Refrigerador utilizado incorrectamente
						Deterioración o falta de aislamiento térmico
						Expansión de fluido refrigerante en el evaporador
						Exceso de carga de fluido refrigerante en el refrigerador
						Falta de fluido refrigerante
						Fuga de fluido refrigerante
						Colocación inadecuada del compresor
						Compresor inadecuado al sistema
						Compresor con baja capacidad
						Compresor con ruido interno
						Compresor trancado (agarrado)

Fuente: Modificado de Manual de Aplicación de compresores-Embraco

Tabla 20. Problemas y soluciones de fallas de origen eléctrico

REFRIGERA MUCHO										
REFRIGERA POCO										
CHOQUE ELÉCTRICO										
RUIDOS										
SUDOR EXTERNO EN EL GABINETE										
SUDOR INTERNO EN EL GABINETE										
ALTO CONSUMO DE ENERGÍA										
NO FUNCIONA. COMPRESOR NO ARRANCA/PROTECTOR TÉRMICO NO ACTÚA										
NO FUNCIONA. COMPRESOR NO ARRANCA/PROTECTOR TÉRMICO ACTÚA										
NO FUNCIONA. COMPRESOR ARRANCA/PROTECTOR TÉRMICO ACTÚA										
POSIBLES CAUSAS - ORIGEN ELÉCTRICA										
										Falta de voltaje en el tomacorriente
										Voltaje muy baja
										Voltaje muy alta
										Cable de fuerza o cableado interrumpido
										Conexión errada en la caja de conexiones
										Cableado o componentes eléctricos en contacto con partes metálicas
										Componentes eléctricos que no permiten el paso de corriente al compresor
										Lámpara interna no apaga
										Transformador inadecuado
										Falta de puesta a tierra o puesta a tierra inadecuada
										Controlador desconectado
										Controlador sin pasaje de corriente por los contactos
										Controlador no desconecta
										Controlador regulado en la posición máxima (más fría)
										Controlador regulado en la posición mínima (menos fría)
										Controlador generando ruido
										Controlador con actuación irregular o con defecto
										Protector térmico incorrecto
										Protector térmico defectuoso
										Relé de arranque
										Capacitor de arranque incorrecto
										Capacitor de arranque defectuoso
										Compresor conectado a un voltaje diferente a la especificada
										Bobinas del motor del compresor interrumpido o quemado
										Compresor con pasaje de corriente para la carcasa
										Compresor con alto amperaje (corriente elevada)

Fuente: Modificado de Manual de Aplicación de compresores-Embraco

CONCLUSIONES Y OBSERVACIONES

Se consiguió dotar al laboratorio de maquinas térmicas de la escuela de ingeniería mecánica de la Universidad industrial de Santander de un banco experimental a través del cual se pueden observar los métodos de descongelamiento en sistemas de refrigeración de baja temperatura controlados mediante el dispositivo electrónico EKC 202.

Se logró documentar satisfactoriamente la metodología para la realización de pruebas que permiten la comprensión del funcionamiento del banco mediante el registro de los principales parámetros de desempeño y su influencia en cada una de las configuraciones instaladas para el descongelamiento.

Se planteó un programa de mantenimiento para el cuidado básico del banco de pruebas el cual se recomienda llevar a cabo para aumentar la disponibilidad del equipo.

Se observó que el menor tiempo de descongelamiento se logró en la configuración por gas caliente y el mayor en el deshielo natural.

También se apreció que el mayor consumo de potencia se alcanzó en el deshielo por gas caliente, y el menor en el deshielo natural.

RECOMENDACIONES

Se recomienda, antes de energizar el banco, estudiar al detalle el manejo operativo del controlador electrónico según las instrucciones dadas en el capítulo 5 y en el Manual EKC 202 (Anexo 2.), para evitar incurrir en errores de funcionamiento.

Se recomienda seguir las actividades de cuidado básico propuestas para el equipo, con el fin de asegurar su disponibilidad.

Para un mejor seguimiento del proceso, se recomienda adaptar un dispositivo medidor de energía que indique el consumo de potencia durante los ciclos de operación.

BIBLIOGRAFIA

ALARCÓN CREUS, José. Tratado práctico de refrigeración automática. Ed. 12, Marcombo. 1985.

DOSSAT, Roy J. Principios de refrigeración. México: Continental S.A. 1980.

ASHRAE Handbook of Fundamentals, American Society of Heating, Refrigeration and Air conditioning Engineers. New York, 1977.

RAPIN, P.J / **JACQUARD**, P. Instalaciones Frigoríficas. Tomo 2, Alfaomega Marcombo. 1999.

VALYCONTROL. Manual técnico Valycontrol

DANFOSS. Manual Automatización de instalaciones de refrigeración comerciales. 2004

DANFOSS. Application handbook. Automatic Controls for Industrial Refrigeration Systems. 2007

ANEXOS

**ANEXO 1. FUNDAMENTOS DE REFRIGERACIÓN POR COMPRESION DE
VAPOR**

FUNDAMENTOS DE REFRIGERACIÓN POR COMPRESION DE VAPOR.

CICLO DE REFRIGERACIÓN

Se basa en las tres leyes siguientes que gobiernan la producción de refrigeración. Estas tres leyes básicas son, en realidad, muy simples y pueden ser fácilmente comprendidas:

1. *Todos los líquidos al evaporarse absorben calor de cuanto les rodea.*

Esta ley hace posible la producción de frío tal como se efectúa hoy día. Para enfriar un cuerpo se aplica esta ley, haciendo evaporar un determinado líquido en un aparato adecuado, a fin de que el calor latente necesario para la evaporación se extraiga de las sustancias que deseamos enfriar.

2. *La temperatura a que hierve o se evapora un líquido depende de la presión que se ejerce sobre dicho líquido.*

La importancia de esta ley reside en que si podemos disponer de una presión distinta sobre el líquido que está evaporando y produciendo frío, se alterará la temperatura a que se evapora y, por consiguiente, podrá variarse también el grado de frío producido

3. *Todo vapor puede volver a condensarse, convirtiéndose en líquido, si se comprime y enfría debidamente.*

Esta ley permite recoger el vapor formado por la evaporación del líquido, comprimirlo en un compresor adecuado, enfriarlo en un condensador y

convertirlo nuevamente en líquido, que puede evaporarse otra vez y producir más frío.

COMPONENTES DE UNA INSTALACIÓN FRIGORÍFICA

Toda instalación frigorífica consta de tres unidades principales, a saber:

Refrigerador. Se trata simplemente del armario, cámara o depósito debidamente aislado, en cuyo interior se desea una mantener una temperatura inferior a la del ambiente exterior.



Evaporador. Recipiente que va colocado en el interior del refrigerador donde se evapora el refrigerante líquido. Va conectado a la unidad condensadora por medio de tuberías, una para el suministro de líquido refrigerante (línea de líquido), y otra para el retorno (línea de aspiración) del refrigerante evaporado a la citada unidad.



Unidad Condensadora: Es le conjunto formado por el compresor y condensador que comprime los vapores refrigerantes que vienen del evaporador expulsando su calor latente, y los retorna al estado liquido.



FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA DE COMPRESIÓN MECÁNICA.

Los equipos frigoríficos a base de compresor son los que se emplean de modo casi general para la producción de frío artificial.

El ciclo de funcionamiento de un sistema de refrigeración a base de compresor es el siguiente:

Evaporación.

El calor entra en el refrigerador, como ya se ha dicho antes:

- Por radiación sobre las paredes del refrigerador;
- Por conducción, a través del aislamiento;
- Por convección, dentro del circuito de aire en el interior del refrigerador, por las entradas de género a temperaturas altas y por la abertura de puertas.

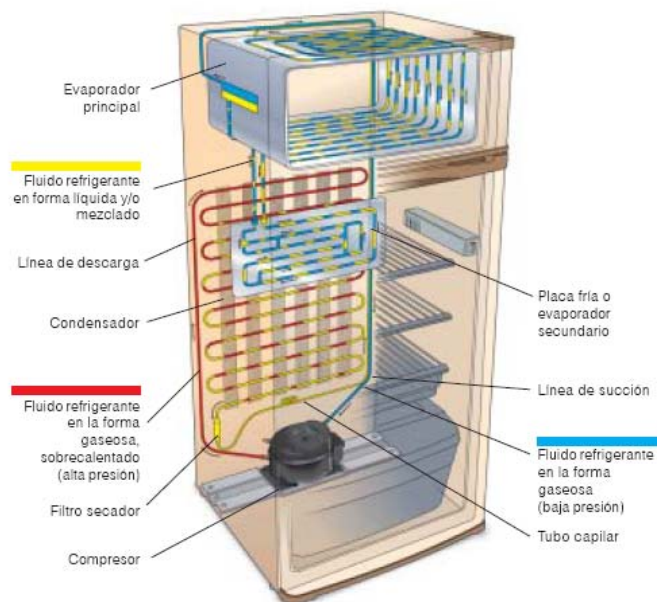


Figura 1 - Funcionamiento de un sistema básico de refrigeración

Este calor sensible se dirige hacia las paredes del evaporador, provocando la ebullición del refrigerante líquido, convirtiéndose en calor latente de evaporación.

Compresión.

Dicho refrigerante evaporado es aspirado por el compresor, en el que al ser comprimido en un espacio reducido aumenta de temperatura y, por consiguiente, de presión, pasando al condensador.



Condensación.

La temperatura del refrigerante, en estado de vapor y comprimido, es superior a la del medio de enfriamiento (aire o agua), absorbiendo éste el calor latente y dando lugar a la condensación del refrigerante que afluye entonces a presión y en estado líquido al depósito, de donde se dirige nuevamente al evaporador para la repetición del ciclo.



La automatización del sistema se consigue por medio de una válvula de expansión, colocada a la entrada del evaporador, que regula el paso de refrigerante líquido al mismo, y de un control de tipo presostático o termostático que efectúa la parada y puesta en marcha del compresor a fin de mantener la temperatura deseada en el interior del refrigerador.

Presiones y temperaturas.

Todo aumento de temperatura da por resultado un aumento de presión en el refrigerante y viceversa, el descenso de temperatura da lugar también a un descenso de presión. A la inversa, el cambio de presión motiva a su vez un cambio de temperatura en igual relación de más o menos.



De ello se deduce también que, cuanto más alta sea la temperatura del medio refrigerador en el condensador (aire o agua), mayor deberá ser la presión del gas comprimido.

Sobre el nivel del mar cada centímetro cuadrado de superficie está sujeto a la presión de aire de un kilo, cuya unidad llamada presión atmosférica se representa por una atmósfera o 1 kg/cm^2 .

En los trabajos de refrigeración automática se ha generalizado el empleo de una unidad de medida angloamericana: la libra por pulgada cuadrada (psi). Una atmósfera (1 kg/cm^2) equivale a $14,7 \text{ lb/pulg}^2$ ($14,7 \text{ psi}$). Actualmente se está empleando como unidad de presión la baria (generalmente llamada «bar») que equivale a $1,02 \text{ Kg/cm}^2$, o bien $14,503 \text{ lb/pulg}^2$. 1 lb/pulg^2 es igual a $0,068 \text{ bar}$

Cuando se mide la presión desde el cero absoluto, o sea, desde un vacío perfecto, se llama *presión absoluta*. Cuando se mide desde la presión atmosférica, o sea, desde cero, se llama *presión manométrica*, que es la lectura tomada a través de los manómetros.

Para las presiones por debajo de la atmosférica, la escala de presión absoluta disminuye hasta alcanzar el cero para el vacío perfecto. Éste no es el caso de la escala manométrica. Como que ésta ya alcanzó el cero a la presión atmosférica, adopta un nuevo valor de «pulgadas de vacío», que van progresivamente en aumento para señalar presiones más bajas. En esta escala el vacío perfecto se alcanza a las $29,92$ pulgadas de vacío por debajo de la presión atmosférica. Como se verá en la mencionada escala, por cada libra por debajo de la presión atmosférica, en la escala absoluta, hay dos pulgadas llamadas de vacío, o sea, pulgadas de columna de mercurio a 4°C ($39,2^\circ\text{F}$), en la escala manométrica.

Como ya se ha indicado antes, estas presiones se miden por medio de manómetros, el de alta presión calibrado desde 0 a 300 libras y el de baja presión llamado también vacuomanómetro. Con escala desde 30 pulg (inch) de vacío hasta 60 libras.

La presión tiene la misma propiedad del calor, tendiendo a equilibrarse entre los dos lados del sistema, a menos que, por algún medio mecánico, se evite esta igualdad.

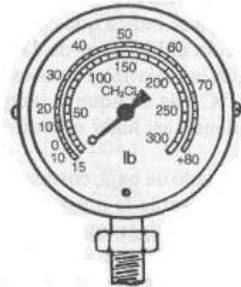


Fig. 1.15 Manómetro de alta presión.

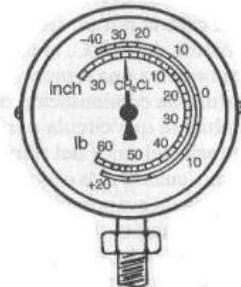


Fig. 1.16 Manómetro de baja presión o vacuomanómetro.

Manómetro de alta presión y manómetro de baja presión o vacuomanómetro.

Presiones y temperaturas de evaporación.

Las temperaturas de ebullición de cada refrigerante, varían de acuerdo con la presión atmosférica que se ejerce sobre el mismo, subiendo o bajando dicho punto en consonancia con el aumento o descenso de presión. De lo expuesto se deduce que, controlando la presión ejercida sobre el refrigerante en el evaporador, se obtendrán temperaturas más bajas o más altas que las de su correspondiente punto de ebullición.

Presiones y temperaturas de condensación.

La temperatura del ambiente circundante en los condensadores enfriados por aire, o bien la del agua en los que emplean este medio de enfriamiento, deberá ser siempre menor que la existente dentro del condensador a fin de que pueda efectuarse la transferencia del calor latente absorbido por el refrigerante en el proceso de evaporación.

Así, pues, las presiones de condensación serán siempre mayores que las correspondientes a la temperatura del aire ambiente o del agua. Por consiguiente, la temperatura de condensación manométrica es generalmente unos 11°C más alta que la temperatura del aire ambiente que circula por el condensador, dando así lugar esta diferencia a la transferencia del calor del refrigerante al aire.

Asimismo, cuanto más elevada sea la presión en el lado de baja, correspondiendo a temperaturas de evaporación más elevadas, más altas serán la presión y temperatura de condensación, debido a la mayor densidad de refrigerante existente en el lado de baja que obliga a bombear mayor cantidad del mismo al condensador por cada carrera del compresor, con su consiguiente aumento de calor.

Humedad

La presencia de vapor de agua en la atmósfera queda demostrada por la condensación de dicho vapor que se observa, por ejemplo, sobre la superficie de una botella de agua fría. Cuanto más elevada es la temperatura del aire, mayor la cantidad de vapor de agua que el aire puede contener. Por ejemplo, un objeto húmedo se seca con mayor rapidez en aire seco y caliente que en aire húmedo y frío.

Entre la temperatura del aire y la máxima cantidad de vapor de agua que el aire puede contener existe una relación fija. Téngase en cuenta que el llamado *aire saturado* es el que contiene la cantidad máxima de vapor de agua que por su temperatura le corresponde.

Humedad absoluta es la cantidad de vapor de agua que contiene el aire no saturado, a una temperatura cualquiera y *humedad relativa* o grado higrométrico es la relación entre la cantidad de vapor de agua que contiene el

aire y la máxima que pueda contener, expresándose esta última en tanto por ciento.

ANEXO 2. MANUAL CONTROLADOR DE TEMPERATURA EKC 202

Danfoss



Controlador de temperatura - EKC 202

REFRIGERATION AND
AIR CONDITIONING

Manual

Introducción

Aplicación

- El regulador se usa para control de refrigeración en la industria alimentaria.
- Control de desescarche, ventiladores, alarma y luces.
- Montaje en panel

Principio

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

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

Se dispone de dos a cuatro relés de salida cuya función depende de la aplicación seleccionada:

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

Las diferentes aplicaciones se describen en la página siguiente.

Ventajas

El regulador integra diversas funciones técnicas de refrigeración que sustituyen grupos de termostatos y programadores.

- Desescarche bajo demanda en sistemas 1:1.
- Botones encastrados en el panel frontal
- Protección IP65 en el panel frontal
- Entrada digital programable:
 - Función de puerta con alarma
 - Inicio de desescarche
 - Marcha/paro del equipo
 - Operación nocturna
 - Dos temperaturas de corte
 - Función de limpieza del mueble
- Programación rápida vía "copy-key"

HACCP

La calibración de fábrica garantiza una precisión mejor que la requerida por la norma EN 441-13 sin necesidad de calibrado posterior (con sonda Pt 1000).

Módulos adicionales

- Se pueden insertar dentro del equipo módulos adicionales, si lo requiere la aplicación.

El equipo dispone de una ranura para introducir dichos módulos.

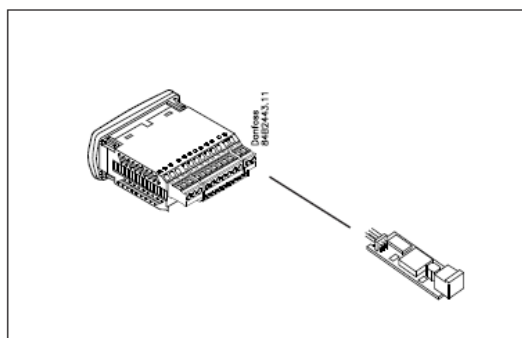
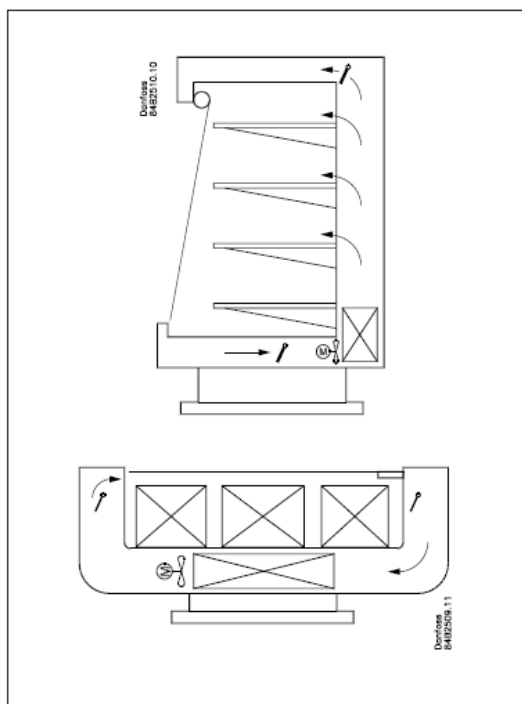
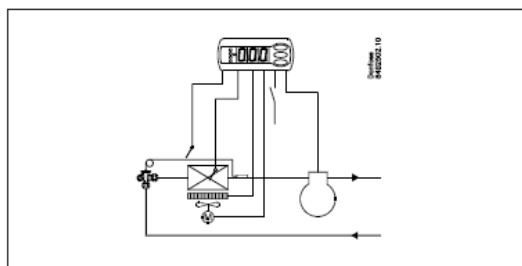
- Pila y buzzer

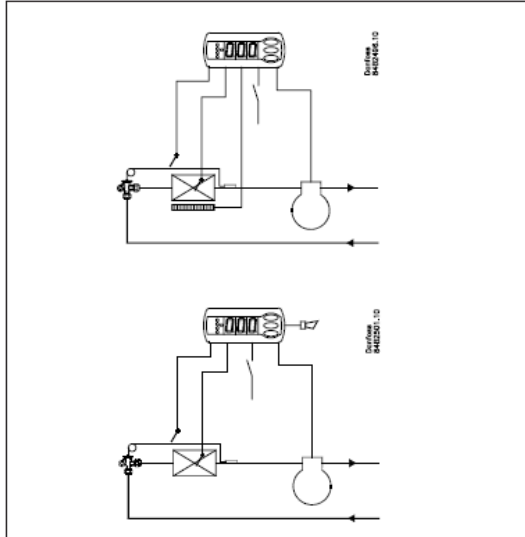
El módulo garantiza el funcionamiento del reloj si el equipo pierde la tensión durante más de 4 horas.

- Tarjeta de comunicación

Si desea conectar el equipo a un PC, debe instalarse en él una tarjeta de comunicaciones.

- Desescarche coordinado vía bus de comunicaciones





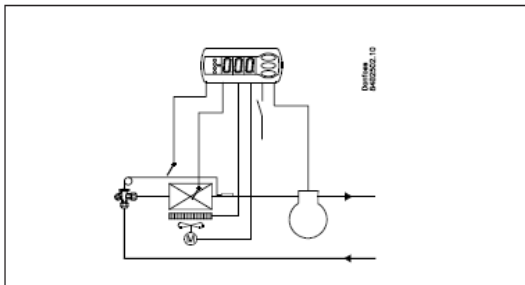
EKC 202A

Controlador con dos relés, dos sondas de temperatura y una entrada digital.

Control de temperatura on/off compresor o solenoide
Sonda de desescarche
Desescarche eléctrico / desescarche por "gas caliente"

Función de alarma

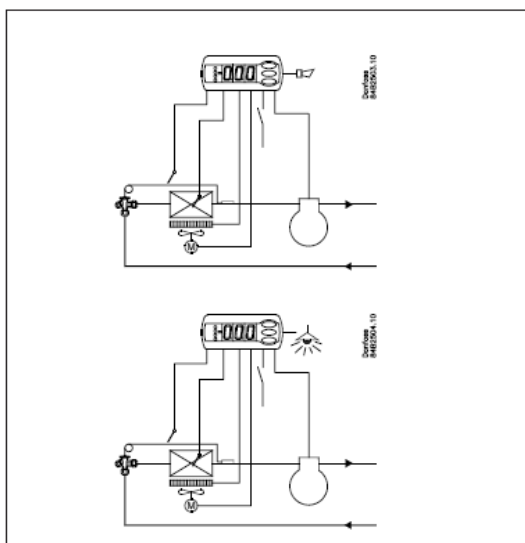
El relé 2 puede usarse para alarma si es necesario.
En ese caso, el desescarche se realizará por aire mientras los ventiladores están continuamente funcionando.



EKC 202B

Controlador con tres relés, dos sondas de temperatura y una entrada digital.

Control de temperatura on/off compresor o solenoide
Sonda de desescarche
Desescarche eléctrico / desescarche por "gas caliente"
Relé 3 para control del ventilador.



EKC 202C

Controlador con cuatro relés, dos sondas de temperatura y una entrada digital.

Control de temperatura on/off compresor o solenoide
Sonda de desescarche
Desescarche eléctrico / desescarche por "gas caliente"
Control del ventilador

Relé 4 puede usarse para alarma o luces.

Inicio de desescarche

Un desescarche puede iniciarse de distintas formas

Intervalo: El desescarche se inicia a intervalos de tiempo fijos, i.e. cada 8 horas.

Tiempo refrigerando: Desescarche bajo demanda basado en el tiempo de refrigeración.

Contacto: El desescarche se inicia a través de la entrada digital.

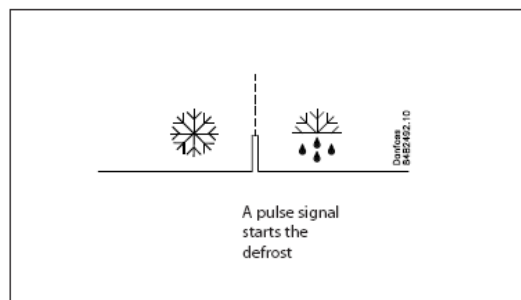
Manual: El desescarche se inicia pulsando el botón inferior del controlador.

S5-temp. Desescarche bajo demanda basado en temperatura.

Horario: El desescarche se inicia en horas concretas. Como máximo 6 desescarches.

Red datos: El desescarche lo inicia una gateway a través del bus de comunicaciones.

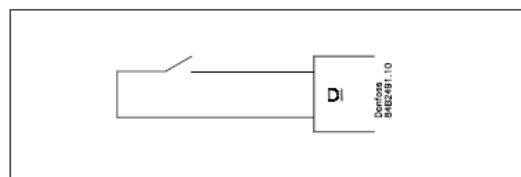
Todos los métodos pueden utilizarse al azar - con uno cualquiera que se active se iniciará un desescarche.



Entrada digital

La entrada digital se puede usar para:

- Puerta abierta con alarma
- Inicio de desescarche
- Marcha/paro del equipo
- Activación de la operación nocturna
- Limpieza del mueble
- Desplazar temperatura de corte
- Alarma (NC/NO)
- inject on/off



Función de limpieza del mueble

Esta función simplifica el proceso de refrigeración durante la fase de limpieza. Apretando tres veces un pulsador se pasa de una fase a otra.

El primer pulso corta la refrigeración (no los ventiladores).

El segundo detiene los ventiladores.

El tercer pulso restaura la situación inicial.

Cada fase puede seguirse en el display.

Esta función emite una alarma de limpieza al bus de datos y se puede almacenar como prueba del proceso realizado.

-	+	+	°C
1	÷	+	Fan
2	÷	÷	Off
3	+	+	°C

Desescarche bajo demanda

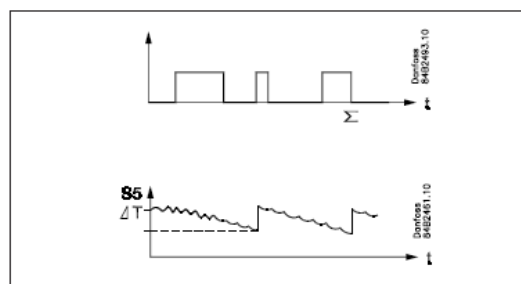
1 Basado en el tiempo de refrigeración

Cuando el tiempo acumulado refrigerando supera la cantidad programada, se inicia un desescarche.

2 Basado en temperatura

El equipo vigila continuamente la temperatura S5. Desde que termina un desescarche, cuanto menor es S5 más escarcha acumula el evaporador. Si la S5 cae por debajo de un diferencial programado se inicia un desescarche.

Sólo se puede usar en sistemas 1:1



Operación

Display

El display dispone de 3 dígitos. Se puede programar un parámetro para ver los valores en °C ó °F.



LED's en el display

Hay tres LED's que se iluminan según el relé de salida que esté activo.

- = Refrigeración
- = Desescarche
- = Ventiladores

Los tres LED's parpadean cuando hay una alarma. En ese caso, se puede leer el código identificativo de la alarma y rearmar el relé de alarma pulsando brevemente el botón superior del display.

Descongelación

Durante la descongelación aparece una 'd' en la pantalla. Se verá durante hasta 15 minutos después de reiniciarse la congelación.

No obstante, la 'd' marcada desaparece en caso de:

- Regular la temperatura dentro de un plazo de 15 minutos
- Parar la regulación mediante "Main Switch"
- La aparición de una alarma de alta temperatura

Los botones

Se dispone de tres botones para programar y activar ciertas funciones. Para entrar en el menú de parámetros de programación se pulsa, y se sostiene durante 2s, el botón superior hasta que aparece el parámetro r01 (si hay código de acceso se leerá PS). Después usaremos los botones alto y bajo para llegar al parámetro deseado. Una vez a ahí, pulsamos el botón central para acceder a su valor actual, lo modificamos usando los botones alto y bajo y volvemos a pulsar el botón central para confirmar la operación.

Ejemplos

Ajustar parámetros

1. Pulsar el botón superior hasta que aparece el parámetro r01.
2. Pulsar los botones alto y bajo hasta encontrar el parámetro deseado.
3. Pulsar el botón central para ver el valor actual.
4. Pulsar los botones alto y bajo para modificar el valor.
5. Pulsar el botón central para confirmar el nuevo valor.

Rearmar el relé de alarma / ver el código de alarma

- Pulsar y soltar el botón alto
- Si hay varios códigos de alarmas activos, se verán cíclicamente pulsando sucesivamente el botón alto o bajo.

Ajustar la temperatura de corte

1. Pulsar el botón central para ver el valor actual.
2. Pulsar los botones alto y bajo para modificar el valor.
3. Pulsar el botón central para confirmar el nuevo valor.

Iniciar/parar un desescarche manualmente

- Pulsar y mantener el botón bajo durante 4s.

Leer la temperatura de la sonda de desescarche

- Pulsar y soltar el botón bajo
- Si no se ha instalado la sonda, se leerá "non".



100% estanco

Los botones están encastrados en el frontal.

Una técnica especial de moldeo integra el plástico rígido frontal, los botones y las juntas, de forma que se convierten en parte integral del panel frontal. No hay aberturas que permitan la entrada de humedad o suciedad.

Menú de parámetros

SW = 1.2x

Función	Parámetros	Controlador			Valor - mín.	Valor - máx.	Ajuste fábrica	Ajuste actual
		Código	EKC 202A	EKC 202B				
Funcionamiento normal								
Temperatura de corte (set point)		—			-50°C	50°C	2°C	
Termostato								
Diferencial del termostato	r01				0,1 K	20 K	2 K	
Límite máximo al ajustar la temperatura de corte	r02				-49°C	50°C	50°C	
Límite mínimo al ajustar la temperatura de corte	r03				-50°C	49°C	-50°C	
Corrección de la temperatura en el display	r04				-20 K	20 K	0,0 K	
Unidades de temperatura (°C/°F)	r05				°C	°F	°C	
Calibración de la sonda Saire	r09				-10 K	10 K	0 K	
Marcha/paro interno: -1: modo manual, 0: EKC parado, 1: en marcha	r12				-1	1	1	
Desplazamiento de la temp. de corte durante la noche	r13				-10 K	10 K	0 K	
Activar el incremento de la temperatura de corte	r39				OFF	on	OFF	
Incremento de la temperatura de corte (grados) (activación por r39 o DI)	r40				-50 K	50 K	0 K	
Alarma								
Retardo de alarma de temperatura (estándar)	A03				0 min	240 min	30 min	
Retardo de alarma de puerta	A04				0 min	240 min	60 min	
Retardo de alarma de temperatura (después de desescarche)	A12				0 min	240 min	90 min	
Límite de alarma por alta temperatura	A13				-50°C	50°C	8°C	
Límite de alarma por baja temperatura	A14				-50°C	50°C	-30°C	
Retardo de la alarma asociada a DI	A27				0 min	240 min	30 min	
Límite de alarma por alta temperatura del condensador (con S5 y o70 = 2)	A37				0°C	99°C	50°C	
Compresor								
Mínimo tiempo de compresor en marcha (minutos)	c01				0 min	30 min	0 min	
Mínimo tiempo de entre dos arranques consecutivos (minutos)	c02				0 min	30 min	0 min	
Invertir el funcionamiento de la salida DO1 (compresor)	c30				0 / OFF	1 / on	0 / OFF	
Desescarche								
Tipo de desescarche (OFF/EL/gas)	d01				no	gas	EL	
Temperatura fin de desescarche	d02				0°C	25°C	6°C	
Intervalo de tiempo entre desescarches	d03				0 horas	48 horas	8 horas	
Duración máxima del desescarche	d04				0 min	180 min	45 min	
Desplazamiento del 1er desescarche tras dar tensión al equipo	d05				0 min	240 min	0 min	
Tiempo de goteo	d06				0 min	60 min	0 min	
Retardo del ventilador tras el desescarche	d07				0 min	60 min	0 min	
Temperatura arranque del ventilador	d08				-15°C	0°C	-5°C	
Ventilador en marcha durante desescarche (no/yes)	d09				no	yes	yes	
Sonda de fin de desescarche (0=no tiempo), 1=S5, 2=Saire	d10				0	2	0	
Desescarche bajo demanda: tiempo acumulado refrigerando (0=Función cancelada)	d18				0 horas	48 horas	0 horas	
Desescarche bajo demanda: variación permitida a S5 (20 = Función cancelada)	d19				0 K	20 K	20 K	
Ventiladores								
Parar ventilador al parar compresor (yes/no)	F01				no	yes	no	
Retardo de parada del ventilador	F02				0 min	30 min	0 min	
Temperatura de paro del ventilador (medida con S5)	F04				-50°C	50°C	50°C	
Reloj de tiempo real								
Hasta seis horas (hh) de inicio de desescarche. 0=OFF	t01-t06				0 horas	23 horas	0 horas	
Los minutos (mm) de cada una de las 6 horas. 0=OFF	t11-t16				0 min	59 min	0 min	
Ajuste del reloj - hora	t07				0 horas	23 horas	0 horas	
Ajuste del reloj - minutos	t08				0 min	59 min	0 min	
Ajuste del reloj - día	t45				1	31	1	
Ajuste del reloj - mes	t46				1	12	1	
Ajuste del reloj - año	t47				0	99	0	
Varios								
Retardo de activación de salidas al dar tensión al equipo	o01				0 s	600 s	5 s	
Función de la entrada digital DI1: 0=no utilizada, 1=comunica el estado de DI1, 2=puerta abierta y alarma, 3=sólo la alarma de puerta, 4=pulso para iniciar un desescarche, 5=interruptor principal, 6=operación nocturna 7=desplazamiento temperatura de corte (activación r40), 8=alarma al cerrar el contacto, 9=alarma al abrir el contacto, 10=limpieza del mueble (pulso), 11= Inyect al abrir el contacto.	o02				0	11	0	
Dirección del EKC	o03				0	240	0	
Enviar la dirección del EKC a la gateway	o04				OFF	ON	OFF	
Código 1 de acceso a todos los parámetros (0= código desactivado)	o05				0	100	0	
Tipo de las sondas utilizadas (Pt /PTC/NTC)	o06				Pt	ntc	Pt	
Precisión del valor del display: yes = 0.5, no = 0.1	o15				no	yes	no	
Máximo tiempo de espera tras un desescarche coordinado (sólo vía gateway)	o16				0 min	60 min	20	
Función de luz (relé 4; ver parámetro o72) 1=ON durante operación nocturna, 2=ON / OFF vía bus de comunicaciones, 3=ON a la vez que la DI cuando esa DI es para la función de puerta o alarma de puerta.	o38				1	3	1	
Activación del relé de luz vía bus de comunicaciones (sólo si o38=2)	o39				OFF	ON	OFF	
Limpieza del mueble, 0=no activo, 1=Sólo ventilador en ON, 2= Todas las salidas en OFF.	o46				0	2	0	
Código 2 de acceso a parte de los parámetros (0=desactivar código)	o64				0	100	0	
Guardar la programación de un EKC en una 'copy-key'.	o65				0	25	0	
Volcar la programación desde una 'copy-key' a un EKC (sólo si r12=0)	o66				0	25	0	
Sustituir los 'ajustes de fábrica' por la programación actual	o67				OFF	On	OFF	
Función de la sonda S5: 0 = desescarche, 1 = producto, 2 = alarma temp. condensador	o70				0	2	0	
Función del relé 4: 1=desescarche (EKC 202A) o luz (EKC 202C), 2= alarma	o72	Desesc./ Alarma		Luz/ Alarma	1	2	2	

Parámetros informativos (servicio).	
Temperatura medida con la sonda S5	u09
Estado de la entrada DI. (OFF = contacto abierto / ON = contacto cerrado)	u10
Estado de la operación nocturna (OFF = no activa / ON = activa)	u13
Temperatura de corte (set-point)	u28
Estado del relé de frío (0/off = desactivado, 1/on = activado)*	u58
Estado del relé del ventilador (0/off = desactivado, 1/on = activado)*	u59
Estado del relé de desescarche (0/off = desactivado, 1/on = activado)*	u60
Temperatura medida con la sonda Saire	u69
Estado del relé 4 (0/off = desactivado, 1/on = activado)*	u71

*) Pueden operarse manualmente si r12= -1

Ajustes de fábrica

Si se necesita volver a la programación de fábrica, se procederá así:

- Se corta la alimentación eléctrica al EKC
- Se restablece la alimentación eléctrica mientras se mantienen pulsados los botones alto y bajo durante unos segundos.

Código de fallos		Códigos de alarma		Códigos de estado	
E1	Fallo del controlador	A 1	Alarma por alta temperatura de aire	S0	Enfriando
E6	Fallo reloj (comprobar pila y "resetear" reloj)	A 2	Alarma por baja temperatura de aire	S1	Esperando final de desescarche coordinado.
E 27	Error en la sonda S5	A 4	Alarma de puerta	S2	Compresor dentro del mín. tiempo en marcha.
E 29	Error en la sonda Saire	A 5	Expirada la espera tras desescarche coordinado	S3	Compresor mín. tiempo entre arranques consecutivos.
		A 15	Alarma asociada a DI	S4	Tiempo de goteo en curso.
		A 45	EKC parado (ya sea por r12 ó por la DI)	S10	Equipo parado (desde r12 ó desde DI)
		A 59	Limpeza del mueble	S11	Refrigeración parada. (Se ha alcanzado la temperatura de corte).
		A 61	Alarma de temperatura del condensador	S14	Desescarchando
				S15	Retraso del ventilador tras desescarche.
				S16	Refrigeración parada. (entrada DI abierto)
				S17	Puerta abierta
				S20	Refrigeración en emergencia.
				S25	Control manual, forzado, activo.
				S29	Limpeza del mueble
				S32	Retraso inicial al dar tensión al equipo.
				non	No se puede mostrar la temperatura de desescarche. No hay sonda.
				-d-	Se está realizando un desescarche.
				P5	PS: introduzca contraseña (Código de acceso)

Arranque:

La refrigeración comienza al dar tensión.

- 1 Revisar la programación por defecto (ver Menú de Parámetros) y ajustar los parámetros oportunos.
- 2 Si el equipo está conectado a un bus de comunicaciones, ajustar la dirección en o03 y enviar la dirección a la Gateway con o04.

Funciones

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

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

Alarma	Ajustes de alarma	
Hay distintas situaciones que provocan alarma. Cada vez que se produce una alarma los tres LED's del display parpadean y el relé de alarma se activa.		Con comunicación de datos se puede definir la importancia de cada alarma. Se configura en el menú "Destinos de alarma"
Retardo de alarma de temperatura (estándar). Si uno de los límites de alarma (alto / bajo) se excede, no se emitirá alarma hasta que haya transcurrido el tiempo programado aquí (minutos).	A03	Alarm delay
Retardo de alarma de puerta El parámetro o02 permite asociar el estado de puerta con la entrada DI. Cuando la puerta se abre, no se emitirá ninguna alarma hasta que haya transcurrido el tiempo programado aquí. (en minutos).	A04	DoorOpen del
Retardo de alarma de temperatura (especial) El retardo programado aquí sustituye al "A03" cuando se acaba de dar tensión al equipo, durante el desescarche y después del desescarche. (en minutos).	A12	Pulldown del
Límite de alarma por alta temperatura Se programa el límite en valor absoluto. Este límite se incrementará durante el periodo de operación nocturna en la misma cantidad que la temperatura de corte (sólo si el incremento es positivo). También se modifica paralelamente a "r39" y "r40".	A13	HighLim Air
Límite de alarma por baja temperatura Se programa el límite en valor absoluto. Se modifica paralelamente a "r39" y "r40".	A14	LowLim Air
Retardo de la alarma asociada a DI Si DI se abre o cierra (ver o02) se emitirá una alarma transcurrido el retardo "A27".	A27	AI.Delay DI
Límite de alarma por alta temperatura del condensador Si se usa la sonda S5 para vigilar la temperatura del condensador (ver parámetro o70), aquí se programa el límite de alarma por alta en valor absoluto. La alarma desaparece cuando la temperatura cae 10K por debajo del límite ajustado.	A37	Condtemp Al.
		Reset alarm
Compresor	Control de compresores	
El relé del compresor se gobierna por el termostato interno. Mientras el termostato pide frío el relé permanece activo.		
Tiempos de funcionamiento Para preservar los compresores, se pueden programar tiempos de marcha y paro. Estos tiempos no se tienen en cuenta cuando hay que iniciar un desescarche.		
Mínimo tiempo de compresor en marcha (minutos)	c01	Min. On time
Mínimo tiempo entre dos arranques consecutivos (minutos)	c02	Min. Off time
Invertir el funcionamiento del relé del compresor 0: contacto entre terminales 4 - 5 cierra para arrancar compresor 1: contacto entre terminales 4 - 5 abre para arrancar compresor.	c30	Cmp relay NC
Desescarche	Control de desescarche	
El equipo incluye un contador de tiempo que se pone a cero cada vez que se inicia un desescarche. Cuando el contador supera el intervalo programado, se inicia un desescarche. El contador empieza a funcionar transcurrido el retraso "d05" desde que se da tensión al equipo. Si se va la tensión, el valor del contador queda guardado y cuando vuelve la tensión el contador sigue desde donde se había quedado. Este contador de tiempo se puede usar como sistema sencillo para iniciar desescarches. El equipo también incluye un reloj de tiempo real que permite programar desescarches a horas concretas. Si el equipo pierde tensión durante más de 4 horas se desprograma Fecha y Hora. (Para estos casos se aconseja acoplar el módulo de pila). También se pueden iniciar desescarches vía el bus de datos, entrada digital o de forma manual.		
Todos los métodos de inicio descritos son compatibles entre sí, por tanto se debe tener cuidado para no provocar varios desescarches uno tras otro. El desescarche puede ser eléctrico, gas o natural (aire). El desescarche en curso puede pararse por tiempo o por temperatura.		
Tipo de desescarche Tipos posibles: OFF = no se iniciarán desescarches; EL = eléctrico. Durante el desescarche por "gas caliente", el relé de compresor permanecerá activado.	d01	Def. method
Temperatura fin de desescarche El desescarche se parará cuando la sonda definida en "d10" alcance la temperatura programada aquí.	d02	Def. Stop Temp

<p>Intervalo de tiempo entre desescarches El equipo tiene un contador de tiempo que se pone a cero cada vez que se inicia un desescarche. Cada vez que el contador supera el intervalo programado, se inicia un desescarche. Si los desescarches se inician por reloj, por DI o vía bus de datos, se puede programar un intervalo como seguridad (si, por algún fallo, no se produce ningún desescarche dentro del intervalo, al finalizar éste se iniciará un desescarche). El contador se desactiva programando "d03=0" (no se arrancará nunca un desescarche por intervalo de tiempo, tendrá que hacerse por otro método). Si hay un fallo de alimentación eléctrica, el contador de tiempo queda guardado y cuando vuelve la tensión sigue contando desde donde se había quedado.</p>	d03	Def Intervalo (0=off)
<p>Duración máxima del desescarche Se debe programar siempre un valor aquí, bien para terminar los desescarches en el tiempo deseado (si d10=0), o bien como tiempo máximo de seguridad si el desescarche no finaliza por temperatura (d10 = 1 ó 2).</p>	d04	Max Def. time
<p>Desplazamiento del 1er desescarche tras dar tensión al equipo Esta función es útil cuando se han programado desescarches por intervalo de tiempo y coincide el desescarche de muchos equipos a la vez. Este parámetro permite desplazar el inicio del primer desescarche con respecto al momento en el que se da tensión al equipo (minutos). Este desplazamiento sucederá cada vez que se de tensión al equipo.</p>	d05	Time Stag.
<p>Tiempo de goteo Permite programar un retraso desde el final del desescarche hasta que se inicia la refrigeración. (Goteo de agua del evaporador).</p>	d06	DripOff time
<p>Retraso del ventilador después del desescarche Permite programar un retraso desde que se inicia la refrigeración hasta que se pone en marcha el ventilador (para no dispersar las gotitas remanentes).</p>	d07	FanStartDel
<p>Temperatura arranque ventilador El ventilador puede ponerse en marcha un poco antes de que transcurra el retraso "d07" si la sonda S5 lee una temperatura inferior a la ajustada aquí.</p>	d08	FanStartTemp
<p>Funcionamiento del ventilador durante el desescarche Permite seleccionar si el ventilador estará en marcha durante el desescarche.</p>	d09	FanDuringDef
<p>Sonda de fin de desescarche Para definir la sonda con la que queremos terminar el desescarche. 0: no se usará ninguna sonda; el desescarche acabará por tiempo. 1: la sonda de fin de desescarche será S5 2: la sonda de fin de desescarche será Saire</p>	d10	DefStopSens.
<p>Desescarche bajo demanda: tiempo acumulado refrigerando Aquí se ajusta el tiempo máximo acumulado que permitimos que el equipo esté dando frío sin hacer ningún desescarche. Si "d18 = 0", se cancela ésta función.</p>	d18	MaxTherRunT
<p>Desescarche bajo demanda: variación permitida a S5 El equipo estudia continuamente la temperatura S5 y, en base a la experiencia acumulada, establece un valor estable de referencia interno para S5. Aquí programamos un decremento máximo permitido para S5. Si S5 cae por debajo de esa variación, se iniciará un desescarche. La función es sólo para sistemas 1:1. No debe utilizarse para sistemas centralizados. Si "d19 = 20" se cancela ésta función</p>	d19	CutoutS5Dif.
<p>Si se desea saber la lectura de la sonda S5, basta pulsar y soltar el botón inferior del display.</p>		Defrost temp.
<p>Si se desea provocar un desescarche, basta pulsar y sostener durante 4s el botón inferior del display. Si se desea parar un desescarche en curso, se procederá del mismo modo.</p>		Def Start Here you can start a manual defrost.
		Hold After Def Shows ON when the controller is operating with coordinated defrost.
Ventiladores		Control de ventiladores
<p>Parar el ventilador cuando para el compresor NO = El ventilador no se parará cuando pare el compresor. YES = El ventilador se parará cuando pare el compresor.</p>	F01	Fan stop CO (Yes = Fan stopped)
<p>Retardo de parada del ventilador Si se ha elegido que el ventilador se para cuando se pare el compresor, aquí podemos establecer un retraso desde que para el compresor hasta que para el ventilador (min.).</p>	F02	Fan del. CO
<p>Temperatura de paro del ventilador Esta función sirve para evitar que, por algún fallo, se impulse aire caliente al producto. Si la sonda de desescarche supera la temperatura programada aquí, el ventilador para. El ventilador volverá a arrancar cuando la temperatura sea 2 K inferior a la programada. Esta función queda inactiva durante el desescarche. Si "F04" = +50°C, se cancela ésta función.</p>	F04	FanStopTemp.

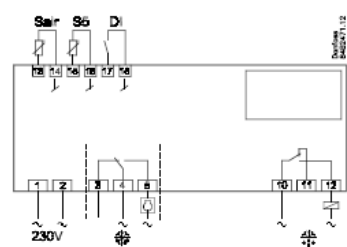
Reloj de tiempo real		
El equipo dispone de reloj de tiempo real. Si se prevén cortes de tensión superiores a 4h, es necesario insertar en el equipo un módulo de pila para el reloj.		(Con comunicación de datos, no se puede ajustar tiempos. Ajustes sólo relevantes cuando no hay comunicación de datos).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

Función de luz (Sólo en EKC 202C y si o72 = 1) 1) el relé se activa (cambia de posición) durante el funcionamiento nocturno 2) el relé se gobierna a través del bus de comunicaciones 3) el relé se activa (cambia de posición) cuando se detecta que se abre la puerta (ver "o02", ajustes 2 y 3). Cuando se cierra la puerta, el relé volverá a la posición inicial transcurridos 2 minutos.	o38	Light config
Activación del relé de luz vía bus de comunicaciones Si se ajustó "038=2", éste es el parámetro que permite activar/desactivar el relé de luz.	o39	Light remote
Limpieza del mueble Si la limpieza se controla vía DI, aquí se verá el grado de avance de la operación. También se puede pasar por las 3 etapas posibles ajustando el parámetro así: 0 = Funcionamiento normal (no se está haciendo, o se ha terminado la limpieza) 1 = Ventiladores en marcha (resto de relés desactivados). 2 = Todos los relés desactivados (refrigeración y ventiladores parados).	o46	Case clean
Código 2 de acceso a parte de los parámetros (0 = cancelar la función) Para proteger sólo parte de los parámetros de configuración se puede programar un 2º código de acceso (de 0 a 100). Para utilizar este 2º código es imprescindible haber programado también el 1º (ver "o05").	o64	-
Guardar la programación de un EKC en una "copy-key" En una copy-key se pueden almacenar hasta 25 programas distintos. Se guardan todos los parámetros, excepto "Dirección (o03)". Una vez conectada la copy-key, se selecciona aquí el programa en el que vamos a almacenar la información. Cuando empieza la copia, el display vuelve a mostrar "o65" y, pasados 2s, podemos entrar nuevamente en "o65" para leer distintos valores que nos indican cómo evoluciona la copia. (Ver la sección "Códigos para informar de Alarmas y Fallos").	o65	-
Volcar la programación desde una "copy-key" Se vuelcan todos los parámetros excepto "Dirección (o03)". Una vez conectada la copy key, se selecciona aquí el programa que vamos a volcar en el EKC. Cuando empieza la copia el display vuelve a mostrar "o66" y, pasados 2s, entraremos nuevamente en "o66" para leer distintos valores que nos indican cómo evoluciona la copia. (Ver la sección "Códigos para informar de Alarmas y Fallos").	o66	-
Sustituir los "ajustes de fábrica" por la programación actual Este parámetro permite grabar la programación actual como "programación de fábrica" de hoy en adelante. <i>(Atención: La programación de fábrica anterior se pierde para siempre).</i>	o67	-
Función de la sonda S5 0: Sonda de fin de desescarche 1: Sonda de producto 2: Sonda para alarma de temperatura del condensador	o70	S5 Config
Función del relé 4 1: Desescarche (EKC 202A) o luz (EKC 202C) 2: Alarma	o72	DO4 Config
		- - - Night Setback 0=Día 1=Noche
Parámetros informativos (servicio)		Servicio
Temperatura medida con la sonda S5	u09	S5 temp.
Estado de la entrada DI (0/off = contacto abierto; 1/on = contacto cerrado)	u10	DI1 status
Estado de la operación nocturna (0/off = no activa; 1/on =activa)	u13	Night Cond.
Temperatura de corte (set point)	u28	Temp. ref.
* Estado del relé de frío (0/off = desactivado; 1/on = activado)	u58	Comp1/LLSV
* Estado del relé del ventilador (0/off = desactivado; 1/on = activado)	u59	Fan relay
* Estado del relé de desescarche (0/off = desactivado; 1/on = activado)	u60	Def. relay
Temperatura medida con la sonda Saire	u69	Sair temp
* Estado del relé 4 (0/off = desactivado; 1/on = activado)	u71	DO4 status
*) Sólo estarán disponibles los correspondientes a la aplicación programada.		

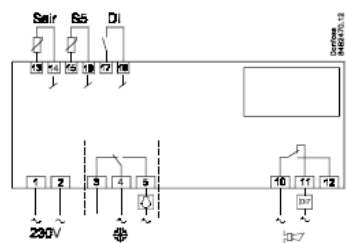
Códigos para informar de Alarma y Fallos	Alarmas
<p>Cuando se produce una alarma o un fallo, todos los LED's del display parpadean y se activa el relé de alarma. Si, en ese momento, se pulsa el botón superior del display, se leerá el código que identifica la alarma o fallo. Llamamos "alarmas" (A) a las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

Conexiones

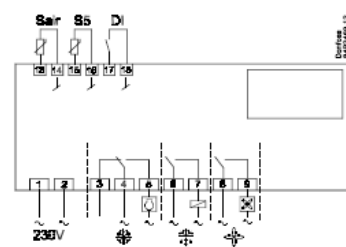
EKC 202A



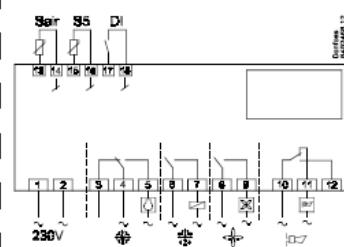
ó



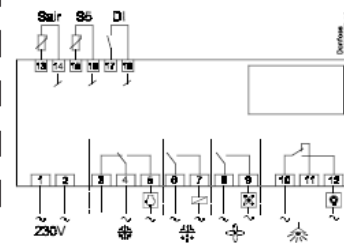
EKC 202B



EKC 202C



ó



Alimentación

230 V c.a.

Sondas

Sa1r es la sonda termostática de refrigeración. (También, a la vez, puede usarse para terminar el desescarche)
S5 puede utilizarse para terminar el desescarche por temperatura, como sonda de producto o para alarma de condensador.

Entrada digital

Si se cortocircuita la entrada se activa la función asociada a ella. Las posibles funciones se describen en el parámetro o02.

Relés

Las conexiones generales son:

Refrigeración. El relé cierra cuando el EKC quiere dar frío (refrigerar)

Desescarche.

Ventilador.

Alarma. El contacto mantiene una posición durante el funcionamiento normal, y cambia de posición en caso de alarma o falta de alimentación eléctrica.

Luces. El relé se activa para encender las luces.

Ruido eléctrico

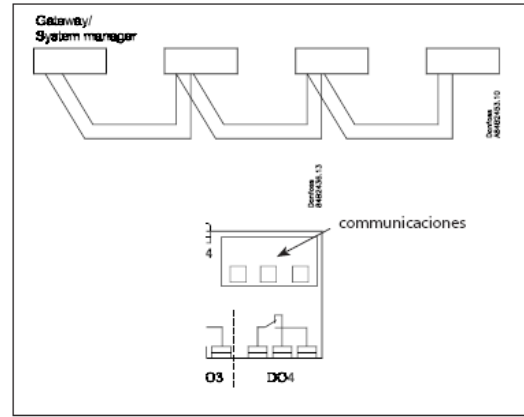
Los cables de las sondas, la entrada DI y el bus de comunicaciones deben estar separados del resto de cables eléctricos:

- Usar bandejas separadas
- Mantener una separación de 10 cm como mínimo.
- Los cables de conexión a la DI deberán ser lo más cortos posibles (máx. 15 m) o se utilizarán relés auxiliares.

Conexión a bus de comunicaciones

Si se va a conectar el equipo a un bus de comunicaciones, es importante que se instale correctamente dicho bus. Véase el manual nº. RC8AC..

El controlador EKC 202 no se puede conectar a un m2.



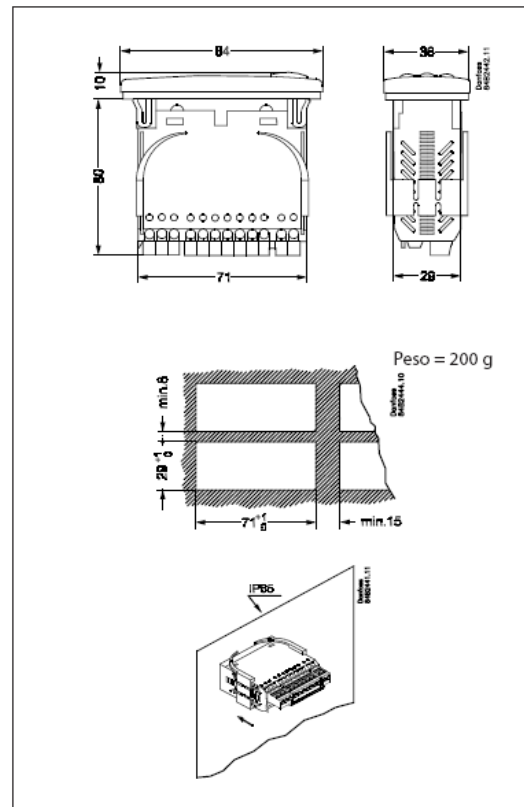
Datos

Alimentación	230 V c.a. +10/-15 %, 1,5 VA		
Sondas	Pt 1000 ó PTC (1000 ohm / 25°C) ó NTC-M2020 (5000 ohm / 25°C)		
Precisión	Rango	-60 a +99°C	
	Controlador	±1 K por debajo de -35°C ±0,5 K desde -35 a +25°C ±1 K por encima de +25°C	
	Sonda Pt 1000	±0,3 K a 0°C ±0,005 K por cada grado	
Pantalla	LED, 3 dígitos		
Entradas digitales	Contactos libres de tensión. Requisitos de los contactos: Contactos dorados La longitud de cable deberá ser máx. 15 m Utilizar relés auxiliares si el cable es más largo		
Cableado eléctrico	Cable de varios hilos máx. 1,5 mm ² para alimentación y relés. Los terminales de alimentación se montan en la tarjeta de circuito. Máx. 1 mm ² para sondas y entradas digitales. Los terminales de baja intensidad son extraíbles.		
Relés*		CE (250 V c.a.)	UL *** (240 V c.a.)
	DO1.Frío	10 (6) A	10 A Resistive 5FLA, 30LRA
	DO2. Desecarche	10 (6) A	10 A Resistive 5FLA, 30LRA
	DO3. Ventilador	6 (3) A	6 A Resistive 3FLA, 18LRA 131 VA Pilot duty
	DO4. Alarma	4 (1) A Min. 100 mA**	4 A Resistive 131 VA Pilot duty
Ambiente	0 a +55°C, Durante funcionamiento -40 a +70°C, Durante transporte 20 - 80% Rh, sin condensados No golpear / ni exponer a vibraciones		
Protección	IP 65 desde el frontal. Botones encastrados en el frontal.		
Autonomía del reloj	4 horas		
Homologaciones	Cumple con las directivas U.E. de baja tensión LVD y estipulaciones EMC para marcado CE Pruebas LVD, según EN 60730-1 y EN 60730-2-9, A1, A2 Pruebas EMC, según EN50082-1 y EN 60730-2-9, A2		

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

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

*** Homologación UL basado en 30000 etapas.



Pedidos

Tipo		Función	Código
EKC 202A		Controlador con 2 relés	084B8521
EKC 202B		Controlador con 3 relés	084B8522
EKC 202C		Controlador con 4 relés	084B8523
EKA 179A		Tarjeta de comunicación RS 485	084B8565
EKA 181A		Módulo de pila y buzzer para mejorar la autonomía del reloj	084B8566
EKA 181C		Módulo de pila para mejorar la autonomía del reloj	084B8577
EKA 182A		"Copy key"	084B8567

ANEXO 3. COMPRESOR EMBRACO FF7.5 HBK

SOLUCIONES DE REFRIGERACION

R 600a
R 134a
R 12 (Mezclas)
R 290

Linea de Productos

EM
F
EG

R 600a - R 134a - R 12 (Mezclas) - R 290

1) - TIPO DE ENFRIAMIENTO DEL COMPRESOR

1.1) - Enfriamiento Estático (S)

El compresor no requiere enfriamiento por aire forzado / debe ser instalado de manera a permitir el enfriamiento por medio de la temperatura ambiente previniendo el sobre calentamiento.

1.2) - Enfriamiento Forzado (F)

El compresor requiere un flujo de aire de por lo menos 3 m/s para su enfriamiento. Flujos de aire mas bajos deberan ser evaluados através de pruebas de laboratorio.

1.3) - Enfriamiento por el Aceite (OC)

El compresor usa un serpentín interno, inmerso en el aceite y conectado al sistema hermético, para ayudar el enfriamiento del compresor. La aplicación de compresores mas eficientes puede eliminar la necesidad del enfriador de aceite.

2) - CONDICIONES DE OPERACION

2.1) - Voltaje de Arranque y de Operación

Los compresores arrancan al 90% del voltaje nominal

- Presiones ecualizadas de hasta 4.0 kgf/cm² manométrica (58 psig) (R 600a).
- Presiones ecualizadas de hasta 5.0 kgf/cm² manométrica (71 psig) (R 12 / Mezclas).
- Presiones ecualizadas de hasta 6.0 kgf/cm² manométrica (85 psig) (R 134a).
- Presiones ecualizadas de hasta 9.0 kgf/cm² manométrica (128 psig) (R 290).

Dependiendo de las condiciones de aplicación y de las características del sistema, el compresor puede operar en voltajes tan bajos como los mostrados en la tabla de desempeño.

2.2) - Temperatura de la Bobina

La temperatura de la bobina debe ser inferior a 130°C (266°F), durante operación continua. Para evaluar la temperatura de la bobina, recomendamos el "Método de Medición de Resistencia Óhmica". (Conforme Manual de Aplicación Embraco).

2.3) - Límite de Presión de Condensación

Los compresores deben operar conforme descrito abajo:

R 600a

Cuando esté operando bajo condiciones de máxima temperatura ambiente (43°C/110°F), la presión de condensación, en operación continua, debe ser inferior a 7.7 kgf/cm² (113 psig) y la máxima presión de condensación debe ser inferior a 9.8 kgf/cm² gauge (145 psig).

R 12 (Mezclas)

Cuando esté operando bajo condiciones de máxima temperatura ambiente (43°C), la presión de condensación, en operación continua, debe ser inferior a 14.5 kgf/cm² (206 psig) y la máxima presión de condensación debe ser inferior a 18.2 kgf/cm² gauge (259 psig).

R 134a

Cuando esté operando bajo condiciones de máxima temperatura ambiente (43°C), la presión de condensación, en operación continua, debe ser inferior a 21.12 kgf/cm² (300 psig) y la máxima presión de condensación debe ser inferior a 25.86 kgf/cm² gauge (367 psig).

2.4) - Rango de Temperatura de Evaporación

APLICACION	RANGO DE TEMPERATURA
LBP	-35°C hasta -10°C (-31°F hasta +14°F)
L / MBP	-35°C hasta -5°C (-31°F hasta +23°F)
M/HBP	-10°C hasta +15°C (-14°F hasta +5°F)
HBP	-5°C hasta +15°C (-23°F hasta +59°F)
L/M/HBP	-35°C hasta +15°C (-31°F hasta +59°F)

3) - MOTOR

Los compresores Embraco de la tabla de desempeño son equipados con motores monofásicos, de inducción.

3.1) - Torque del Motor

Los motores de los compresores són denominados:

LST - Low Starting Torque - Bajo Par de Arranque, aplicados en sistemas con tubo capilar

HST - High Starting Torque - Alto Par de Arranque, aplicados en sistemas con válvulas de expansión o con tubo capilar

3.2) - Tipos de Motores Eléctricos

RSIR (PTCSIR) - Resistive Start - Inductive Run
No aplica capacitores

CSIR - Capacitive Start - Inductive Run
Aplica capacitor electrolítico (arranque)

RSCR (PTCSCR) - Resistive Start - Capacitive Run
Aplica capacitor de marcha

CSR (CSCR) - Capacitive Start & Run
Aplica capacitores electrolítico (arranque) y de marcha al mismo tiempo - usado con PTC de 4 terminales

4) - ADVERTENCIAS

Los compresores no deben ser cargados con agentes anti-congelantes, ya que estos podrán dañar varios materiales utilizados (el uso de agentes anticongelantes anula la garantía del compresor).

El empleo de cualquier otro capacitor de arranque diferente del que está indicado en las tablas de este catálogo o en la Tabla de Aplicación, resultará en un funcionamiento defectuoso del relay de arranque y del protector térmico, y posiblemente al motor del compresor.

Se recomienda que los fabricantes de sistemas de refrigeración que utilizan refrigerantes inflamables, tales como el R 600a y R 290, desarrollen métodos precisos de carga, prueba de fuga, y prueba de sistema para garantizar que todos los procedimientos de seguridad necesarios hayan sido realizados.

Utilizar el R 134a como agente de limpieza para el sistema.

El sistema al cual el compresor será montado debe ser desarrollado y preparado adecuadamente para el uso con HFC 134a y aceite éster; es decir, sin residuos alcalinos, clorados, o índices bajos de humedad.

Los compresores no deben ser probados a menos que sean conectados al sistema de refrigeración.

El compresor no debe ser sometido a pruebas de arranque ni de alto voltaje mientras esté bajo vacío. Todos los compresores Embraco ya han sido sometidos a una prueba de alto voltaje de 1650V por un segundo.

Los equipos de carga y evacuación deben ser usados exclusivamente con el R 134a, para evitar la contaminación por residuos clorados.

Los detectores de fuga a base de halógenos actualmente usados en sistemas con CFC 12 no son eficientes con el HFC 134a. Este tipo de detector de fuga reacciona con el cloro, halógeno que no se encuentra en el R 134a. Por eso, se recomienda el uso de equipos con detectores a base de helio, para rastrear fugas en las líneas de montaje de sistemas con R 134a. Hay detectores electrónicos de fugas compactos disponibles en el mercado, compatibles con este gas refrigerante.

Para mantener el desempeño presentado en la tabla de performance, la línea de retorno (succión) debe ser obligatoriamente soldada al tubo de succión.

Para cada tipo de fluido refrigerante existen filtros secadores apropiados. (Conforme Manual de Aplicación Embraco).

Para evitar la entrada excesiva de humedad en el compresor, los tubos deben ser mantenidos tapados. Los tapones de goma solo deberán ser removidos en el momento de la soldadura de los tubos al sistema (el tiempo máximo permitido es de 15 minutos).

Cuando retirados de un sistema de refrigeración, el compresor y sus accesorios no deben ser tirados al medio ambiente. Los componentes deben ser reciclados conforme la clasificación de los materiales utilizados (ferrosos, no ferrosos, plásticos, aceites...).

5) - TIPO Y ESPECIFICACION DEL ACEITE

Los compresores reciben en la fábrica una carga de aceite especial, totalmente desgasificado y exento de humedad en cantidad y calidad especificadas:

R 600a

- Mineral Nafénico (ISO 32 / ISO 10).
- Alquibenceno (ISO 32).

R 12 (Mezclas)

- Mineral Nafénico (ISO 32).
- Alquibenceno (ISO 32).

Nota: Las mezclas R 401a y R 401b pueden ser aplicados solamente con aceite alquibenceno aditivado.

Los compresores suministrados con aceite Alquibenceno aditivado, reciben la tarjeta abajo.

REFRIGERANTES	
ASHRAE	Nombre Comercial
R 401a	SUVA MP39
R 401b	SUVA MP66
R 402a	FORANE FX56
R 413a	ISCEON 49

R 134a

- Aceite éster (ISO 22).
- Aceite éster (ISO 10).
- Aceite éster (ISO 7).

La carga de aceite no puede ser removida o mezclada.

R 290

- Alquibenceno (ISO 32).

6) - CONDICIONES DE PRUEBA

TEMPERATURA	CHECK POINT HBP (ASHRAE)		CHECK POINT LBP (ASHRAE)		CHECK POINT (CECINAF)	
	°C	°F	°C	°F	°C	°F
TEMPERATURA DE EVAPORACION	7,2	45	-23,3	-10	-25	-13
TEMPERATURA DE CONDENSACION	54,4	130	54,4	130	55	131

7) - CONVERSIONES

- 1 Watt = 3,41 Btu/h
- 1 Watt = 0,86 kcal/h
- 1 kcal/h = 3,97 Btu/h
- 1 cu.ft. = 28,32 litros

8) - TOLERANCIAS

- Capacidad = ±5%
- Consumo de Potencia = ±5%
- Consumo de Corriente = ±5%
- Eficiencia = ±7%

9) - TABLAS DE DESEMPEÑO

R 134a - L/MBP - 60Hz

MODELO	VOLTAJE / FRECUENCIA	APLICACION	DESPLAZAMIENTO cm ³	RANGO DEL VOLTAJE DE OPERACION V	TIPO DEL ENFRIA- MIENTO*	VISCOSIDAD DEL ACEITE	CECOMAF CHECK POINT (CALCULADO)	
							CAPACI- DAD W	COP W/W
EM 20HR	115-127V 60Hz	L/M/HBP	2,27	98 - 140	S/F	ISO22	221	2,00
EM 20HR	220-240V 50-60Hz	L/M/HBP	2,27	187 - 242	S/F	ISO22	216	1,96
EMI 28HER	115-127V 60Hz	LBP	3,00	98 - 140	S	ISO10	61	0,92
EMI 28HER	220-240V 50-60Hz	LBP	3,00	198 - 242	S	ISO10	61	0,92
EMI 30HER	115-127V 60Hz	LBP	3,00	98 - 140	S	ISO10	66	0,95
EMI 30HER	220-240V 50-60Hz	LBP	3,00	98 - 140	S	ISO10	66	0,95
EM 30HR	115V 60Hz	L/M/HBP	3,00	97 - 135	S/F	ISO22	301	1,98
EM 30HR	220-240V 50-60Hz	L/M/HBP	3,00	187 - 242	S/F	ISO22	299	2,00
EMT 30HSC	115V 60Hz	LBP	3,00	103 - 135	S	ISO10	67	1,00
EMU 30HSC	115V 60Hz	LBP	3,00	103 - 135	S	ISO10	71	1,08
EMU 30HER	115-127V 60Hz	LBP	3,00	98 - 140	S	ISO10	75	1,06
EMU 30HER	220-240V 50-60Hz	LBP	3,00	187 - 242	S	ISO10	75	1,06
EMI 40HNR	115-127V 60Hz	LBP	3,77	98 - 140	S	ISO10	81	0,96
EMI 40HNR	220V 50-60Hz	LBP	3,77	187 - 242	S	ISO10	81	0,96
EM 45HR	115-127V 60Hz	L/M/HBP	3,77	98 - 140	S/F	ISO22	299	2,00
EM 45HNR	220V 50-60Hz	LBP	3,77	98 - 140	S	ISO10	91	0,93
EMI 45HER	220-240V 50-60Hz	LBP	3,77	191 - 242	S	ISO10	91	1,04
EMI 45HER	115-127V 60Hz	LBP	4,08	103 - 135	S	ISO10	94	1,00
EMU 45HEP	100V 50-60Hz	LBP	3,77	85 - 110	S	ISO10	95	1,04
EMU 45HSC	220-240V 50-60Hz	LBP	3,77	187 - 242	S	ISO10	97	1,14
EMU 45HER	115-127V 60Hz	LBP	3,77	98 - 140	S	ISO10	98	1,07
EMU 45HER	220-240V 50-60Hz	LBP	3,77	191 - 242	S	ISO10	98	1,08
EMU 45HSC	115-127V 60Hz	LBP	3,77	98 - 140	S	ISO10	98	1,15
EMY 45HER	115-127V 60Hz	LBP	3,77	103 - 140	S	ISO10	98	1,12
EMY 45HSC	115-127V 60Hz	LBP	3,77	103 - 140	S	ISO10	98	1,22
EM 55HNR	115-127V 60Hz	LBP	4,60	103 - 135	S	ISO22	110	0,94
EM 55HNR	220V 50-60Hz	LBP	4,60	103 - 135	S/F	ISO22	110	0,94
EMI 55HER	115-127V 60Hz	LBP	4,60	98 - 140	S/F	ISO22	110	1,03
EMI 55HER	220V 50-60Hz	LBP	4,60	198 - 242	S/F	ISO22	110	1,03
EMI 60HER	115-127V 60Hz	LBP	4,99	98 - 135	S	ISO10	124	0,99
EMI 60HER	220V 50-60Hz	LBP	4,99	98 - 135	S	ISO10	124	0,99
EMU 60HEP	100V 50-60Hz	LBP	4,99	85 - 110	S	ISO10	128	1,09
EMU 60HSC	115-127V 60Hz	LBP	4,99	103 - 140	S	ISO10	128	1,15
EMY 60HER	115-127V 60Hz	LBP	4,99	103 - 140	S	ISO10	132	1,17
EMY 60HSC	115-127V 60Hz	LBP	4,99	103 - 140	S	ISO10	132	1,23
EMZ 60HSC	115-127V 60Hz	LBP	4,99	98 - 140	S	ISO10	132	1,30
EGYS 60HLP	115-127V 60Hz	LBP	5,09	98 - 140	S	ISO10	132	1,28
EGZS 60HLP	115-127V 60Hz	LBP	5,09	98 - 140	S	ISO10	132	1,39
EGX 60HLC	115-127V 60Hz	LBP	5,09	98 - 140	S	ISO10	132	1,41
EM 65HHC	115V 60Hz	L/M/HBP	5,54	103 - 135	S/F	ISO22	564	2,18
EM 65HNR	115-127V 60Hz	L/MBP	5,54	103 - 140	F	ISO10	141	0,91
FFI 6HAK	220V 50-60Hz	L/MBP	6,23	98 - 135	S	ISO22	147	0,99
FFV 6HAK	115-127V 60Hz	LBP	6,23	98 - 140	S	ISO10	147	1,12
FFV 6HAK	220V 50-60Hz	LBP	6,23	187 - 242	S	ISO10	147	1,12
EMY 70HER	115-127V 60Hz	LBP	5,72	98 - 140	S	ISO10	147	1,11
EMY 70HER	220V 60Hz	LBP	5,72	187 - 242	S	ISO10	147	1,11
EMY 70HSC	115-127V 60Hz	LBP	5,72	103 - 140	S	ISO10	147	1,22
FFI 6HAK	115-127V 60Hz	L/MBP	6,23	98 - 135	S	ISO22	147	0,99
EMY 70HSC	115-127V 60Hz	LBP	5,96	98 - 140	S	ISO10	150	1,33
FF 7,5HBK	115V 60Hz	L/M/HBP	6,92	103 - 135	S	ISO22	547	1,84

Nota: Temperatura de Condensación 54,4°C (129,92°F)

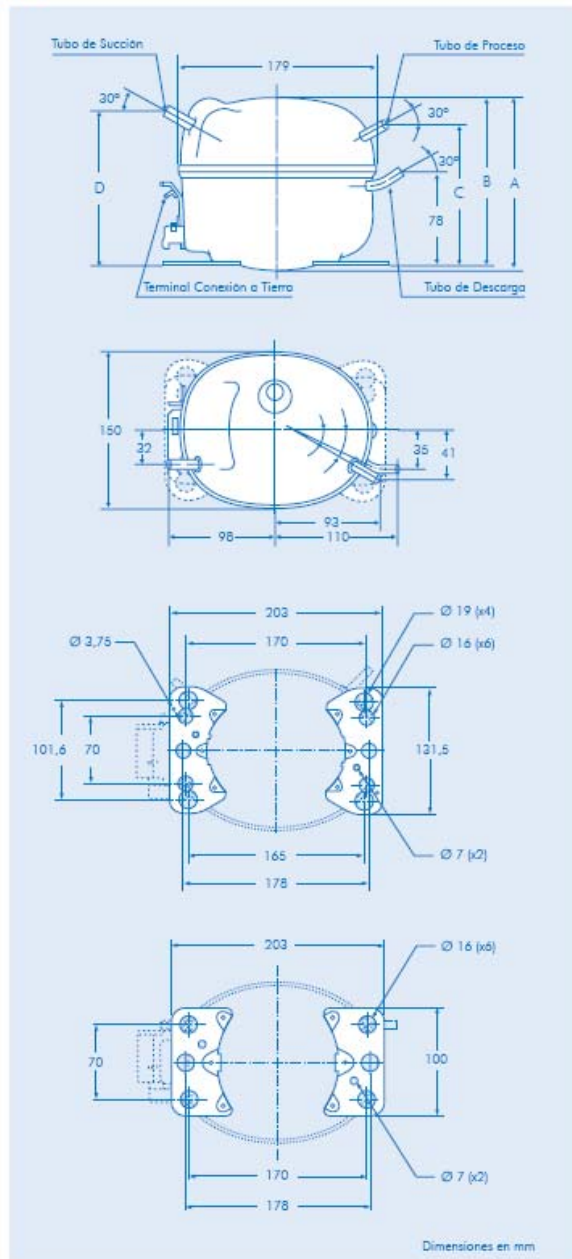
* Enfriamiento Estático (S) / Enfriamiento Forzado (F)

DESEMPEÑO / TEMPERATURA DE EVAPORACIÓN °C - ASHRAE																TIPO DEL MOTOR	DISPOSITIVO DE ARRANQUE	PROTECTOR TERMICO	CAPACITOR DE MARCHA µF	CAPACITOR DE ARRANQUE µF
-35		-25		DATOS CHECK POINT -23,3				-15		-5										
Btu/h	W	Btu/h	W	CAPACIDAD	CONSUMO DE POTENCIA W	CONSUMO DE CORRIENTE A	EFICIENCIA		Btu/h	W	Btu/h	W								
							Btu/Wh	W/W												
75	22	174	51	200	59	66	0,91	3,03	0,89	339	99	585	172	LST / RSIR-CSIR	213514024	4TM730KFBYY-53	-	124-149		
75	22	181	53	200	59	66	0,65	3,03	0,89	335	98	550	161	LST / RSIR-CSIR	213514032	4TM189NFBYY-53	-	70-84		
99	29	247	72	280	82	71	0,96	3,95	1,16	472	138	-	-	LST / RSIR-CSIR	213514075	4TM734LFBYY-53	-	64-77		
99	29	247	72	280	82	71	0,51	3,95	1,16	472	138	-	-	LST / RSIR-CSIR	213514032	4TM189NFBYY-53	-	72-88		
102	30	275	81	305	89	74	0,99	4,10	1,20	482	141	-	-	LST / RSIR-CSIR	213514008	4TM734LFBYY-53	-	64-77		
111	32	271	79	305	89	74	0,52	4,10	1,20	522	153	-	-	LST / RSIR-CSIR	213514032	4TM189NFBYY-53	-	72-88		
121	36	292	86	310	91	97	1,70	3,20	0,94	527	154	853	250	LST / RSIR-CSIR	213514105	4TM757MFBYY-53	-	100-120		
110	36	293	86	310	91	90	0,70	3,44	1,01	524	154	843	247	LST / RSIR-CSIR	213514059	4TM189RFBYY-53	-	30-50		
110	32	292	86	310	91	72	0,65	4,30	1,26	505	148	-	-	LST / RSCR	4900314R7	4TM189RFBYY-53	12	-		
139	41	308	90	328	96	70	0,65	4,67	1,37	553	162	-	-	LST / RSCR	4900314R7	4TM197NFBYY-53	12	-		
144	42	311	91	345	101	76	0,94	4,57	1,34	540	158	-	-	LST / RSIR	213514075	4TM283NFBYY-53	-	-		
144	42	311	91	345	101	76	0,52	4,54	1,33	540	158	-	-	LST / RSIR-CSIR	213514016	4TM718KFBYY-53	-	-		
132	39	322	94	375	110	90	1,21	4,17	1,22	616	181	-	-	LST / RSIR-CSIR	213514075	4TM283RFBYY-53	-	88-108		
143	42	358	105	375	110	90	0,65	4,14	1,21	630	185	-	-	LST / RSIR-CSIR	213514164	4TM718KFBYY-53	-	53-64		
164	48	388	114	420	123	107	1,46	3,93	1,15	622	197	1057	310	LST / RSIR-CSIR	213514105	4TM757MFBYY-53	-	150-180		
176	51	376	110	420	123	104	0,78	4,04	1,18	676	198	-	-	LST / RSIR-CSIR	213514130	4TM718MFBYY-53	-	38-46		
160	47	376	110	420	123	93	0,68	4,50	1,32	674	197	-	-	LST / RSIR-CSIR	213514016	4TM718KFBYY-53	-	50-60		
106	31	384	112	435	127	100	1,24	4,35	1,27	700	205	-	-	LST / RSIR	213514091	4TM743KFBYY-53	-	-		
219	64	400	117	436	128	97	1,41	4,51	1,32	656	192	-	-	LST / RSIR	7M4R7MC1	4TM427NFBYY-53	-	-		
184	54	398	117	448	131	91	0,44	4,93	1,44	663	194	-	-	LST / RSCR	7M220MD3	4TM189NFBYY-53	5	-		
189	55	414	121	450	132	97	1,25	4,65	1,36	656	192	-	-	LST / RSIR	213514040	4TM757KFBYY-53	-	-		
189	55	414	121	450	132	96	0,68	4,66	1,37	656	192	-	-	LST / RSIR-CSIR	213514016	4TM718KFBYY-53	-	50-60		
199	58	412	121	450	132	90	0,81	4,97	1,46	709	208	-	-	LST / RSCR	4900314R7	4TM283NFBYY-53	12	-		
211	62	419	123	455	133	94	1,22	4,83	1,42	683	200	-	-	LST / RSIR	213514199	4TM757KFBYY-53	-	-		
211	62	419	123	455	133	88	0,80	5,14	1,51	683	200	-	-	LST / RSCR	8EA3B3	4TM283NFBYY-53	12	-		
216	63	438	128	510	149	126	1,69	4,05	1,19	777	228	-	-	LST / RSIR-CSIR	213514067	4TM762KFBYY-53	-	170-200		
173	51	436	128	510	149	126	0,86	4,05	1,19	802	235	-	-	LST / RSIR-CSIR	213514130	4TM718RFBYY-53	-	50-60		
228	67	459	134	510	149	115	1,54	4,45	1,30	807	236	-	-	LST / RSIR-CSIR	213514105	4TM757KDBYY-53	-	233-280		
228	67	458	134	510	149	115	0,75	4,45	1,30	806	236	-	-	LST / RSIR-CSIR	213514059	4TM 718NFBYY-53	-	108-130		
241	71	511	150	570	167	134	1,92	4,25	1,25	907	266	-	-	LST / RSIR-CSIR	213514083	4TM762KFBYY-53	-	158-190		
241	71	511	150	570	167	133	0,93	4,28	1,25	907	266	-	-	LST / RSIR-CSIR	213514130	4TM718RFBYY-53	-	70-84		
270	79	545	160	590	173	126	1,86	4,70	1,38	914	268	-	-	LST / RSIR	4900314R7	4TM427NFBYY-53	-	-		
271	80	531	156	590	173	118	1,14	4,98	1,46	916	269	-	-	LST / RSCR	8EA3B3	4TM319NFBYY-53	12	-		
291	85	558	164	610	179	121	1,62	5,04	1,48	912	267	-	-	LST / RSIR	213514105	4TM757NFBYY-53	-	-		
291	85	558	164	610	179	115	1,02	5,31	1,56	912	267	-	-	LST / RSCR	8EA1B3	4TM319NFBYY-53	12	-		
278	82	539	158	610	179	109	0,96	5,58	1,64	938	275	-	-	LST / RSCR	TSD-115V	4TM319NFBYY-53	12	-		
254	74	537	157	610	179	110	1,32	5,54	1,62	1037	304	-	-	LST / RSIR	7M4R7MC1	4TM427KFBYY-53	-	-		
254	74	537	157	610	179	102	0,92	5,99	1,76	1037	304	-	-	LST / RSCR	TSD-115V	4TM427KFBYY-53	12	-		
253	74	537	158	610	179	100	0,88	6,08	1,78	1038	304	-	-	LST / RSCR	TSD-115V	4TM319NFBYY-53	12	-		
307	90	557	163	645	189	145	1,36	4,45	1,30	988	290	1606	471	LST / RSCR	8EA1B3	4TM427NFBYY-53	20	-		
484	142	635	186	650	190	166	2,65	3,93	1,15	1006	295	1555	456	LST / RSIR-CSIR	213514121	4TM762NFBZZ-53	-	175-228		
258	76	608	178	675	198	158	1,17	4,27	1,25	1080	317	1815	532	LST / RSIR-CSIR	213516159	4TM743KDBYY-53	-	64-77		
285	84	607	178	675	198	139	1,86	4,86	1,42	1079	316	-	-	LST / RSIR-CSIR	213516507	4TM762MFBZZ-53	-	158-190		
285	84	607	178	675	198	139	0,99	4,86	1,42	1079	316	-	-	LST / RSIR-CSIR	213516159	4TM302KFBYY-53	-	64-77		
321	94	614	180	680	199	142	1,94	4,80	1,41	1067	313	-	-	LST / RSIR-CSIR	213514083	4TM762MFBZZ-53	-	270-324		
321	94	614	180	680	199	142	1,03	4,80	1,41	1067	313	-	-	LST / RSIR-CSIR	213514148	4TM743KDBYY-53	-	88-108		
321	94	614	180	680	199	129	1,20	5,28	1,55	1067	313	-	-	LST / RSCR	8EA1B3	4TM319NFBYY-53	12	-		
301	88	619	181	680	199	160	2,32	4,25	1,25	1046	306	1798	527	LST / RSIR-CSIR	213516272	4TM762NFBZZ-53	-	158-190		
252	102	627	184	684	202	121	1,15	5,72	1,68	1057	310	-	-	LST / RSCR	TSD-115V	4TM427KFBYY-53	12	-		
272	80	618	181	695	204	178	2,44	3,90	1,14	1091	320	1749	513	LST / RSIR-CSIR	213516060	MRT30AH-5590	-	189-227		

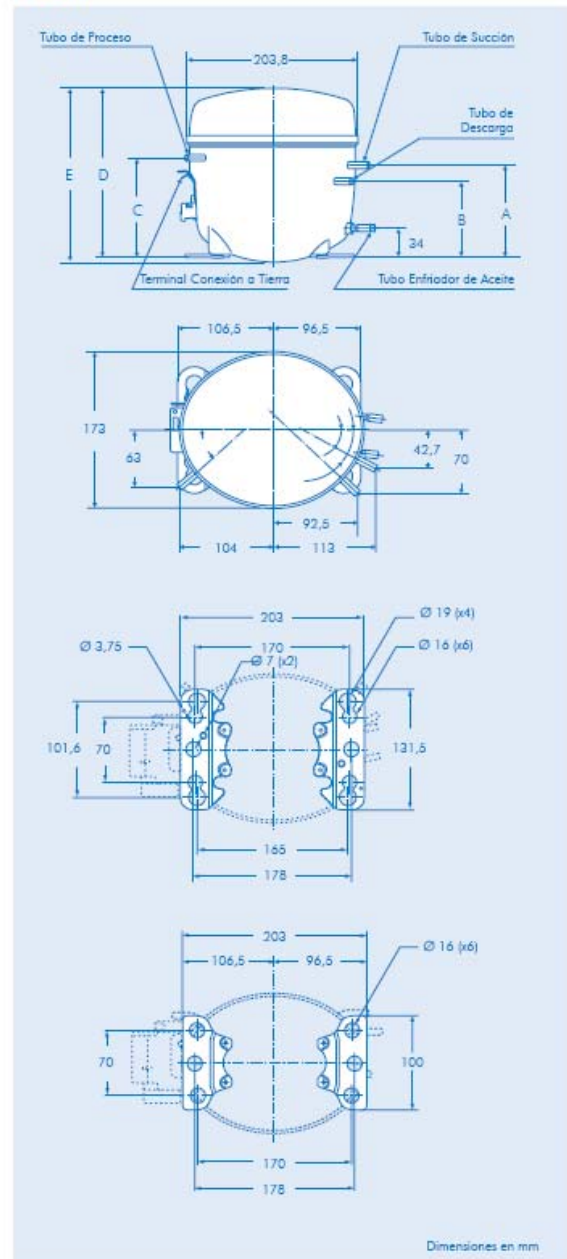
R 600a - R 134a - R 12 (Mezclas) - R 290

10) - CARCASA DEL COMPRESOR

EM



EG / F

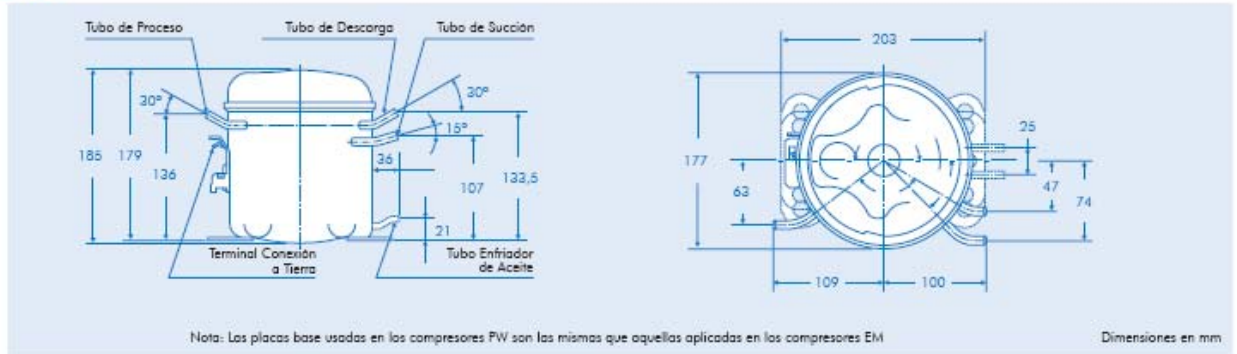


COMPRESORES	A	B	C	D
EM (alto)	168	166	150	155
EM (bajo)	157	155	139	144

COMPRESORES	A	B	C	D	E
EG / F (alto)	109	90	118	201	207
EG / F (bajo)	103	84	112	195	201

Los compresores pueden ser suplidos con cualquier placa base de las indicadas arriba. Por favor, asegúrese de indicar qué base desea.

PW



DIAMETROS INTERNOS DE LOS TUBOS - mm														
COMPRESORES TUBOS	EM								PW					
	COBRE				ACERO COBRIZADO				COBRE			ACERO COBRIZADO		
SUCCION	6,50	6,50	8,20	8,20	6,50	6,10	6,50	6,50	6,50	8,20	8,20	6,50	8,20	6,10
DESCARGA	4,94	6,50	4,94	6,50	5,10	5,00	5,00	6,50	4,94	6,50	6,50	5,00	6,50	5,00
PROCESO	6,50	6,50	6,50	6,50	6,50	6,10	6,50	6,50	6,50	8,20	6,50	6,50	6,50	6,10
ENFRIADOR DE ACEITE	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4,77	-	-

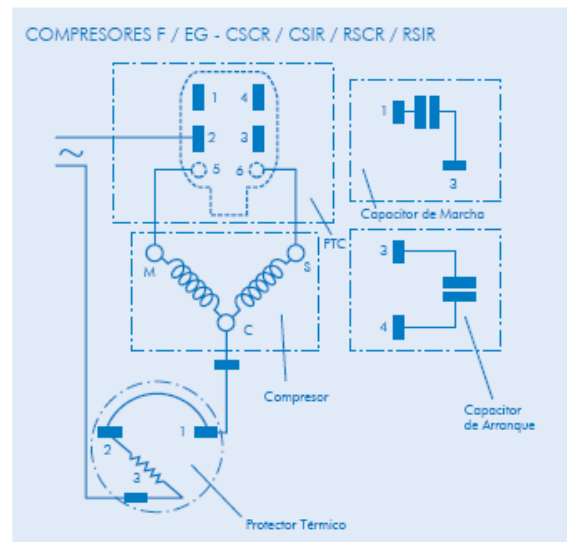
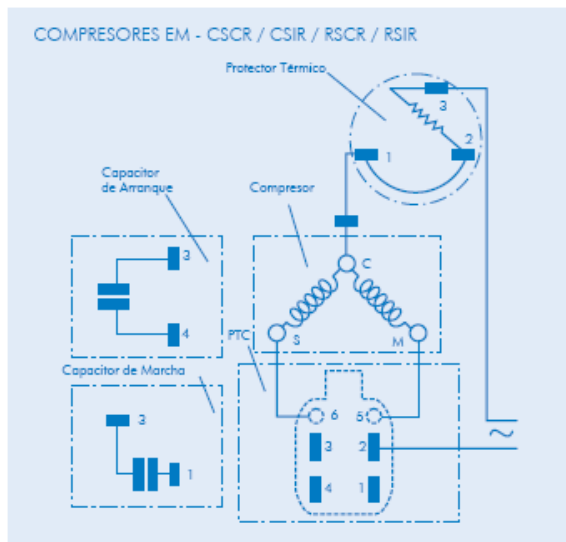
DIAMETROS INTERNOS DE LOS TUBOS - mm																
COMPRESORES TUBOS	F / EG															
	COBRE						ACERO COBRIZADO									
SUCCION	6,50	6,50	6,50	6,50	8,20	8,20	6,10	6,50	6,50	6,50	6,50	6,50	8,20	8,20	6,50	6,50
DESCARGA	4,94	4,94	6,50	6,50	6,50	4,94	5,00	5,00	5,00	5,00	6,50	6,50	5,00	6,50	6,50	6,50
PROCESO	6,50	6,50	6,50	6,50	6,50	6,50	6,10	6,50	6,50	6,50	6,50	6,50	6,50	6,50	6,50	6,50
ENFRIADOR DE ACEITE	4,90	5,10	4,90	6,50	6,50	-	-	4,90	5,10	6,50	6,50	5,10	5,10	6,50	4,77	4,90

Para otros diámetros internos, por favor consulte nuestro departamento de ventas.

TOLERANCIAS								
MATERIAL	COBRE				ACERO COBRIZADO			
TUBOS	4,94 +0,08 -0,08	5,10 +0,10 -0,00	6,50 +0,12 -0,08	8,20 +0,12 -0,08	5,00 +0,18 +0,06	6,10 +0,10 -0,00	6,50 +0,12 -0,08	8,20 +0,12 -0,08
ENFRIADOR DE ACEITE	4,77 +0,17 -0,17	4,90 +0,02 -0,05	5,10 +0,10 -0,00	6,50 +0,09 +0,09				

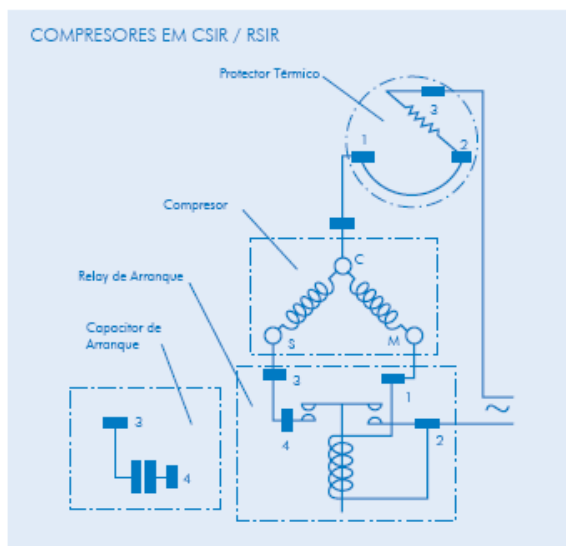
R 600a - R 134a - R 12 (Mezclas) - R 290

11) - DIAGRAMAS ELECTRICOS

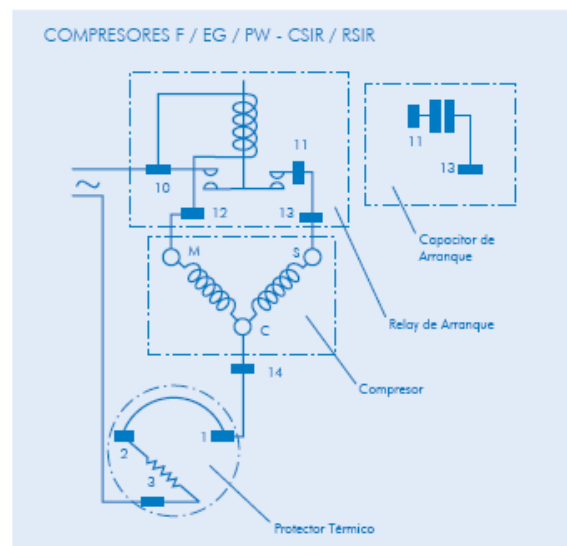


Compresores aplicados con capacitor de marcha deben obligatoriamente usar PTC con 3 terminales.

Compresores aplicados sin capacitor de marcha usan PTC con 1 terminal.

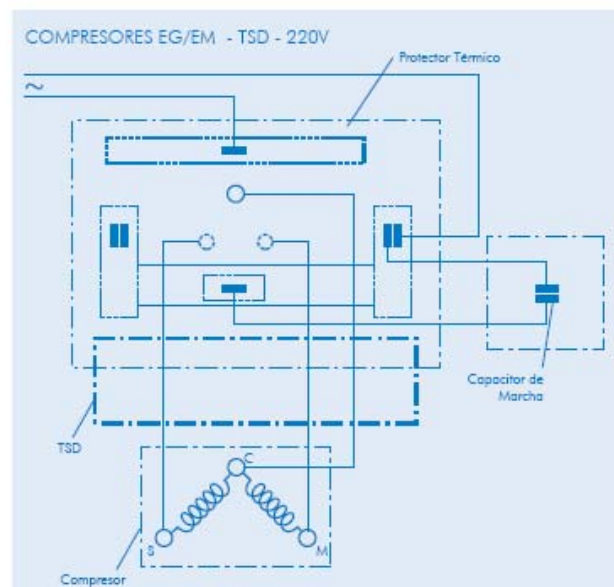
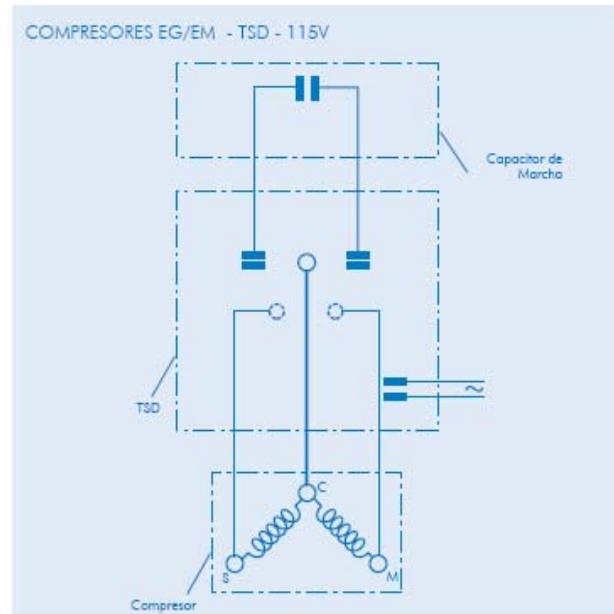
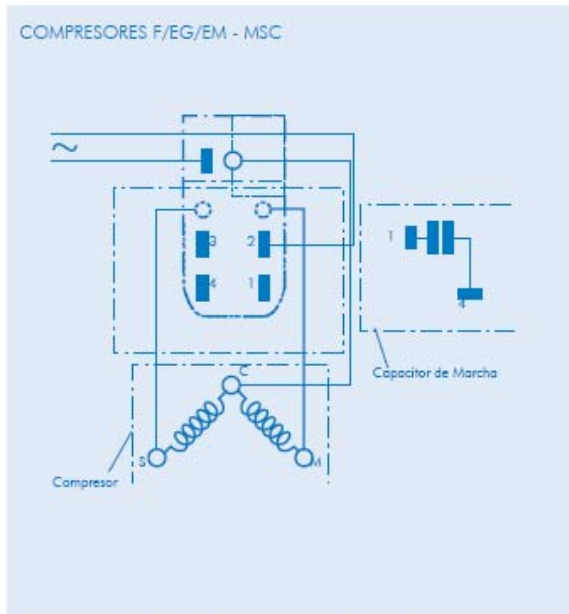


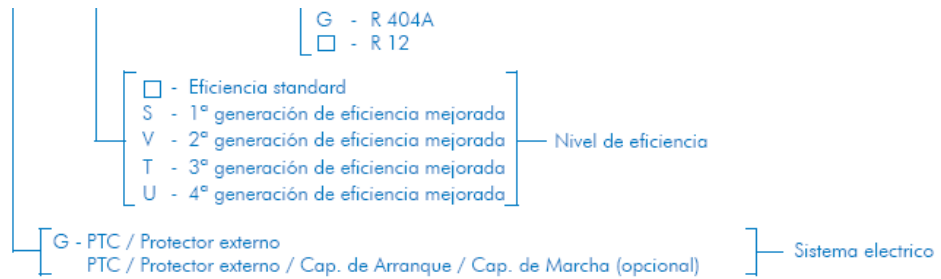
En caso que sea necesario, la aplicación de un capacitor de arranque puede ser hecha entre los terminales 3 y 4, bastando para eso, romper este puente.



En caso que sea necesario, la aplicación de un capacitor de arranque puede ser hecha entre los terminales 11 y 13. Un relay específico también puede ser suplido con terminales "Fast-On" para mejor instalación del capacitor de arranque.

11) - DIAGRAMAS ELECTRICOS





12) - DE

