



T
621.567
I 20
f. 2

ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción

**"Sistema de Enfriamiento de Agua (Agua Helada)
Usado Pedagógicamente para el Dictado y Comprensión
del Curso de Aire Acondicionado de la ESPOL"**

TESIS DE GRADO

Previa la obtención del Título de:

INGENIERA MECÁNICA

Presentada por:

Vivian Antonieta Izurieta Tubón

GUAYAQUIL – ECUADOR

Año: 2002



AGRADECIMIENTO

A todas las personas que me apoyaron a través de su participación en la instalación de los equipos, entre ellos al personal de la FIMCP y de Mantenimiento de la ESPOL. De igual manera, agradezco al Ing. Eduardo Donoso por toda la ayuda prestada.



DEDICATORIA



A MIS PADRES

A MIS TÍAS: IRMA, NELLY Y GRACIELA

A MI TÍO ÁNGEL Y FAMILIA

A MI ABUELITA

A MIS PRIMOS: ANGELITO, TANIA Y

CAROLINA

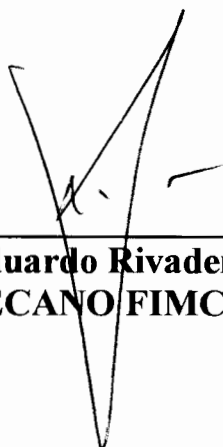
DECLARACIÓN EXPRESA

“La responsabilidad del contenido de esta Tesis de Grado, me corresponden exclusivamente; y el patrimonio intelectual de la misma a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL”

(Reglamento de Graduación de la ESPOL).

Vivian Antonieta Izurieta Tubón


TRIBUNAL DE GRADUACION



Ing. Eduardo Rivadeneira P.
DECANO FIMCP



Ing. Eduardo Donoso P.
Director de Tesis



Ing. Jorge Duque R.
VOCAL



RESUMEN

El presente trabajo consiste en poner en funcionamiento el equipo de enfriamiento de agua (chiller) existente en el Laboratorio de Fluidos a través del PROGRAMA DE REHABILITACIÓN/CONSTRUCCIÓN DE EQUIPO de manera que pueda ser utilizado pedagógicamente para el dictado del curso de Aire Acondicionado de la FIMCP.

Este chiller pertenece a la marca Edwards Engineering Corp., modelo CD-5-A, de 62.500 Btu/h @ 45 °F y es del tipo enfriado por aire. Se ha empelado mediante tubería de hierro negro debidamente aislada, con dos unidades de tipo ventilador-serpentín (fan-coil) de gabinete que se han instalado directamente en el área que se necesitaba acondicionar (Laboratorio de Aire Acondicionado).

Se realizaron las debidas reparaciones tanto del chiller como de los fan-coils de gabinete y se detalló un programa de mantenimiento para los equipos. Al mismo tiempo se suministraron los materiales y accesorios necesarios para la puesta en funcionamiento.

Además se describen los sistemas de climatización que utilizan agua y se diseñaron prácticas de laboratorio para que los estudiantes del curso de Aire Acondicionado de la FIMCP pudieran tener una mejor comprensión y trabajar directamente con este tipo de sistemas.

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
RESUMEN	II
INDICE GENERAL.....	III
ABREVIATURAS.....	IV
SIMBOLOGÍA.....	V
ÍNDICE DE FIGURAS.....	VI
ÍNDICE DE TABLAS.....	VII
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPITULO 1	
1. SISTEMAS DE ACONDICIONAMIENTO CON CIRCULACIÓN DE	
AGUA	
1.1. Generalidades.....	2
1.2. Tipos de sistemas de agua según su uso.....	4
1.2.1. Sistemas de agua helada.....	4
1.2.2. Sistemas de agua enfriada por evaporación.....	9
1.2.3. Sistemas de agua caliente.....	22
1.2.4. Sistemas de agua con temperatura dual.....	25
1.2.5. Sistemas de agua fría.....	28

1.3. Tipos de sistemas de agua según sus características

operativas.....	38
1.3.1. Sistemas cerrados.....	38
1.3.2. Sistemas abiertos.....	40
1.3.3. Sistemas de un solo paso.....	41

CAPITULO 2

2. ELEMENTOS DEL SISTEMA

INSTALADO.....	44
2.1. Chiller enfriado por aire.....	44
2.1.1. Componentes del chiller.....	61
2.1.1.1. Compresor.....	65
2.1.1.2. Evaporador.....	74
2.1.1.3. Condensador.....	81
2.1.1.4. Bombas.....	87
2.1.1.5. Manómetros y termómetros.....	89
2.2. Fan Coils.....	92
2.2.1. Ventilador.....	97
2.2.2. Serpentin.....	99
2.3. Tubería de hierro negro.....	99
2.4. Aislamiento.....	102
2.5. Accesorios.....	104
2.5.1. Válvulas.....	104



POLITECNICO DEL LITORAL
CIB - ESPOL

ABREVIATURAS

Amp	Amperio
Atm	Atmósfera
CFM	Cubic feet per minute (Pies cúbicos por minuto)
COP	Coefficient of performance (CDR – Coeficiente de rendimiento)
ECC	Enfriador de Circuito Cerrado
EER	Efficiency energy relation (REE - Relación de eficiencia de la energía)
FC	Fan-coil (Unidad Ventilador-serpentín)
GPM	Galones por minuto
h	Entalpía
Hz	Hertz
m	Flujo másico
psi	Pound per square inch (Libras por pulgada cuadrada)
UMA	Unidad Manejadora de Aire
UPEA	Unidad Paquete Enfriada por Agua

SIMBOLOGÍA

Δ Cambio, variación

ϕ Diámetro

ÍNDICE DE FIGURAS

1.1. Diagrama esquemático: Sistema de agua helada.....	9
1.2. Cambios termodinámicos entre el aire y el agua.....	10
1.3. Enfriadores de aire con un medio húmedo (Wetted media air coolers).....	12
1.4. Enfriadores de aire con un medio rígido (Rigid-media air coolers).....	13
1.5. Paquetes enfriadores de aire con rociador centrífugo (Slinger packaged air coolers).....	14
1.6. Paquetes enfriadores de aire rotatorios (Packaged rotary air coolers).....	15
1.7. Enfriador Evaporativo Indirecto.....	18
1.8. Lavador de aire tipo spray (Spray type air washer).....	19
1.9. Lavador de aire de alta velocidad tipo spray (High velocity spray-type air washer).....	20
1.10. Lavador de aire con celdas (Cell air washer).....	22
1.11. Diagrama esquemático de un sistema de agua con temperatura dual.....	28
1.12. UPEA de tipo vertical.....	29
1.13. Torre de enfriamiento de aspersion atmosférica.....	31
1.14. Torre eyectora de enfriamiento.....	32

1.15. Torres de enfriamiento de tiro inducido y forzado.....	34
1.16. Diagrama esquemático: Sistema de agua fría con torre de enfriamiento.....	36
1.17. Diagrama esquemático: Sistema de circulación de agua cerrado.....	40
1.18. Sistema de agua de un solo paso.....	43
2.1. Diagrama presión vs. Entalpía del ciclo ideal de refrigeración del chiller.....	48
2.2. Diagrama presión vs. Entalpía del ciclo real de refrigeración del chiller.....	59
2.3. Sección esquemática de una válvula de expansión termostática.....	63
2.4. Tubos de evaporadores con aletas.....	76
2.5. Evaporador de un circuito y circuitos múltiples.....	78
2.6. Distribuidor del evaporador del chiller.....	79
2.7. Condensador evaporativo.....	84
2.8. Panel de control del chiller.....	92
2.9. Fan coils tipo roof top y ceiling unit.....	93
2.10. Motor y ventiladores de los Fan-coils.....	98
2.11. Ventiladores de los fan coils.....	98
2.12. Vista lateral del serpentín.....	99
2.13. Válvula de tres vías.....	106

3.1.	Chiller instalado en sitio.....	114
3.2.	Varillas de anclaje de los fan-coils	115
3.3.	Tubería de cobre aislada dentro del FC.....	116
3.4.	Fan coils instalados en sitio.....	116
3.5.	Válvulas de 3 vías instaladas en sitio.....	117
3.6.	Tubería aislada.....	120
3.7.	Manómetros del agua del chiller.....	121
4.1.	Diagrama presión-entalpía (regiones de líquido y vapor).....	125

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1. Materiales de tubería y sus aplicaciones.....	101
TABLA 2. Medidas a establecer en los controles de presión y temperatura del chiller	112

INTRODUCCIÓN

La presente tesis consiste en realizar la instalación del Equipo de Enfriamiento de Agua (chiller) con el que cuenta la Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción de manera que pueda ser utilizado pedagógicamente para el dictado del curso de Aire Acondicionado de la Facultad. Se han instalado las respectivas tuberías de conexión entre el chiller y las dos Unidades Terminales tipo Ventilador-Serpentín (Fan-coil) para acondicionar el Laboratorio de Procesos, que fue el lugar en el que finalmente se decidió colocarlas, puesto que el sitio establecido previamente (Laboratorio de Aire Acondicionado) fue ocupado por otros equipos.

Este equipo fue adquirido en el año 1989 y su instalación no había sido posible dentro de la Facultad hasta que fue tomado como parte del Programa de Rehabilitación/Construcción de Equipo.

Para que los estudiantes puedan tener una mejor comprensión de su funcionamiento, se describen todos los tipos de sistemas de agua que en la actualidad se utilizan para producir refrigeración, calentamiento y aire acondicionado, los equipos que utilizan, sus aplicaciones típicas y los procesos que tienen lugar dentro cada uno de ellos.



CAPÍTULO 1

1. SISTEMAS DE ACONDICIONAMIENTO CON CIRCULACION DE AGUA.

1.1. Generalidades

Los sistemas de enfriamiento o calentamiento con circulación de agua pueden utilizarse para una amplia variedad de aplicaciones: para mantener el confort dentro de edificios, calentar agua para el uso doméstico, necesidad de enfriar o calentar diferentes sustancias en procesos industriales, para producir vapor para la generación de poder mediante un generador eléctrico o para muchos otros procesos.

Las temperaturas que se quieren alcanzar son decisivas en el momento de determinar qué tipo de sistema de agua se escogerá. Para aplicaciones de confort, el tipo de sistema que se utilice y su

rango de temperaturas se podrá determinar basándose en factores económicos. Cuando la temperatura o presión a alcanzar son factores determinantes, por ejemplo, para producir vapor para un proceso específico, el sistema de agua que se escoja deberá cumplir estrictamente con estos requerimientos.

Los sistemas de acondicionamiento con circulación de agua, ya sea para enfriamiento o calentamiento, logran su finalidad mediante la transferencia de calor directa entre el agua y el aire circulante. El agua fluye a través de tuberías que conectan a la unidad principal de enfriamiento o calentamiento con las unidades terminales de transferencia de calor localizadas en el espacio que se quiere acondicionar.

Para aumentar la temperatura de algún ambiente estos sistemas lo hacen a través de agua que está más caliente que el aire en contacto con la superficie de transferencia de calor. Estos sistemas sufren grandes pérdidas de calor debido a la radiación de calor hacia las superficies más frías. Ocurre a la inversa cuando lo que se pretende es enfriar el ambiente, es decir, el agua debe estar más fría que el aire circulante.

Los sistemas de agua pueden clasificarse según su uso y según sus características operativas, tal como se describe a continuación. También existen los sistemas de convección por gravedad que utilizan la diferencia de densidades entre las columnas de agua de suministro y de retorno para circular el agua del sistema, pero son poco utilizados y no se describirán en este proyecto.

1.2. Tipos de sistemas de agua según su uso

Según su uso los sistemas de agua pueden clasificarse en :

- Sistemas de agua helada
- Sistemas de agua enfriada por evaporación
- Sistemas de agua caliente
- Sistemas de agua con temperatura dual
- Sistemas de agua fría

1.2.1. Sistemas de agua helada

Se utilizan sistemas de agua helada cuando se necesita que el agua alcance temperaturas entre 4°C (39°F) y 13°C (55°F) ya sea para acondicionamiento de un área o para un determinado proceso de enfriamiento.

Para que el agua pueda alcanzar este rango de temperaturas se utilizan equipos llamados chillers o enfriadores integrales de líquidos. Estos equipos están compuestos por un evaporador, un compresor, un condensador y los respectivos controles. Presentan la ventaja de que todos los componentes han sido montados y probados en fábrica para funcionar a una determinada capacidad de enfriamiento.

Como en cualquier sistema de refrigeración, las bajas temperaturas del refrigerante se alcanzan al pasar por la válvula de expansión. Una vez que el refrigerante se ha enfriado, atravesará el evaporador de casco y tubos. Estos evaporadores pueden ser de expansión directa o inundados. En el primer caso, el refrigerante fluye por dentro de los tubos y el líquido que se desea enfriar está dentro del casco; en el segundo caso, es el refrigerante el que se encuentra en el casco y el líquido que se desea enfriar fluye dentro de los tubos. De esta manera, el refrigerante toma calor del medio a través de los tubos de la superficie de transferencia de calor. El agua, que es el medio a enfriar, una vez que ha perdido calor, será bombeado al área en la que se encuentran las Unidades Manejadoras de Aire o los Fan-Coils (unidades

terminales) para actuar como refrigerante secundario mientras atraviesa sus serpentines. De esta manera, el aire a su alrededor será enfriado y deshumidificado. Después de haber atravesado los serpentines del evaporador, el refrigerante habrá incrementado su entalpía (tomando el calor del agua) y entonces irá al compresor, que puede ser de tornillo, recíprocante o centrífugo. En el compresor aumentará su presión y su temperatura de modo que el calor pueda ser rechazado al ambiente mediante el condensador que puede ser del tipo evaporativo, enfriado por aire o enfriado por agua. Si es enfriado por aire, contará con un ventilador que favorezca la convección entre el ambiente y el condensador del chiller. En caso de ser enfriado por agua, se requerirá adicionalmente de otro equipo que permita que esta agua, a su vez, rechace el calor al ambiente. Este equipo puede ser una torre de enfriamiento o un enfriador de circuito cerrado.

Los sistemas de agua helada se utilizan ampliamente como medio de enfriamiento para diferentes sustancias en la industria o en sistemas de aire acondicionado, como en el caso que se desarrollará en esta tesis.

Todos los sistemas de agua requieren precauciones para prevenir el congelamiento, por ejemplo en aplicaciones en las que se requiere que haya reposición de aire exterior, los serpentines de las unidades terminales pueden estar expuestos a bajas temperaturas. Lo mismo puede ocurrir con las tuberías que conectan el chiller con las unidades terminales. En estos casos o cuando se necesita que la temperatura de operación esté por debajo de los 4°C, al agua helada se le pueden añadir anticongelantes tales como glicol etileno o glicol propileno, de manera que descienda su punto de congelación. Usar estos anticongelantes es relativamente caro y se pueden presentar problemas de corrosión si no se usan inhibidores. También suelen usarse soluciones de glicol trietileno como anticongelantes. No se recomienda usar anticongelantes para vehículos en sistemas de refrigeración, ya que el inhibidor de silicatos que este contiene puede causar deterioro de los sellos de la bomba y reducir la transferencia de calor. Es posible aislar el área que requiere la protección anticongelante y colocar sólo en esa zona un intercambiador de calor para mantener la temperatura encima del punto de congelación.

Estos sistemas presentan la ventaja de que requieren menos espacio si se compara el espacio que ocupan las tuberías que unen el chiller con las unidades terminales con el de los ductos de suministro un gran sistema de aire central. Además, se pueden apagar las unidades terminales en las áreas que no se estén usando.

Su principal desventaja es el mantenimiento que debe darse, tanto al chiller como a las unidades terminales y, en el caso de éstas, el mantenimiento se realiza directamente en las áreas ocupadas, adicionalmente, requieren un sistema de drenaje de condensado que debe ser limpiado periódicamente. El drenaje del condensado puede convertirse en un problema costoso. En el verano los niveles de humedad pueden ser relativamente altos debido al condensado. Los filtros de aire de las unidades terminales suelen ser pequeños, de baja eficiencia y deben ser cambiados frecuentemente para mantener el volumen del aire. En la figura 1.1 se muestra un diagrama esquemático de un sistema de agua helada típico.

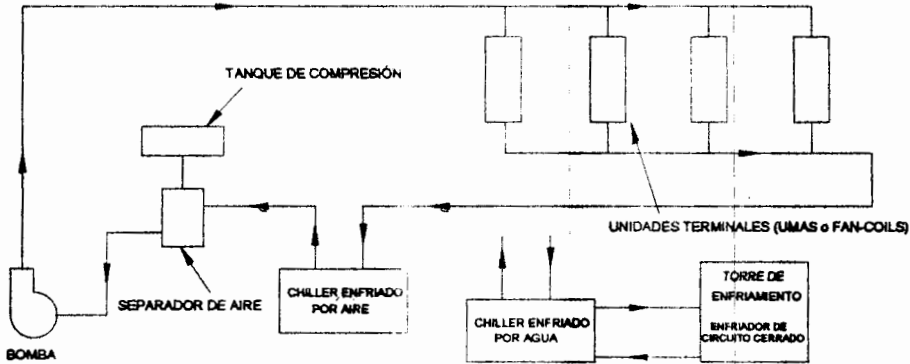


FIGURA 1.1. DIAGRAMA ESQUEMÁTICO: SISTEMA DE AGUA HELADA

1.2.2. Sistemas de agua enfriada por evaporación

Este tipo de sistemas utilizan enfriadores evaporativos (evaporative coolers) o equipos lavadores de aire (air washers) para enfriar, humidificar, deshumidificar o limpiar el aire. Al igual que en las torres de enfriamiento y los condensadores evaporativos, el calor sensible se convierte en calor latente necesario para evaporar el agua.

Los enfriadores evaporativos de aire evaporan el agua en una corriente de aire. En la figura 1.2 se muestran los cambios termodinámicos que ocurren entre el aire y el agua que están en contacto en una corriente de aire en movimiento. El agua que es continuamente recirculada alcanza una temperatura de

equilibrio igual a la temperatura de bulbo húmedo del aire que ingresa. La transferencia de calor y masa entre el aire y el agua hace que disminuya la temperatura de bulbo seco del aire e incrementa la humedad a una temperatura de bulbo húmedo constante.

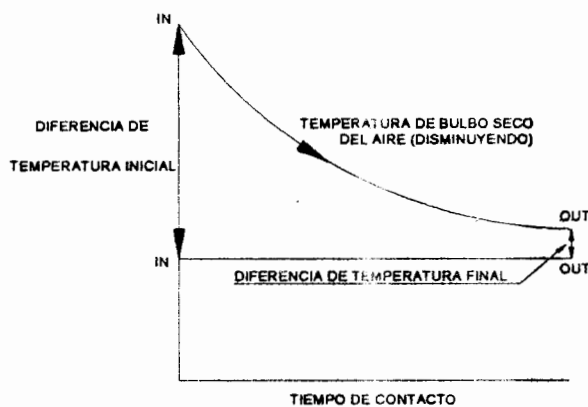


FIGURA 1.2. CAMBIOS TERMODINÁMICOS ENTRE EL AIRE Y EL AGUA

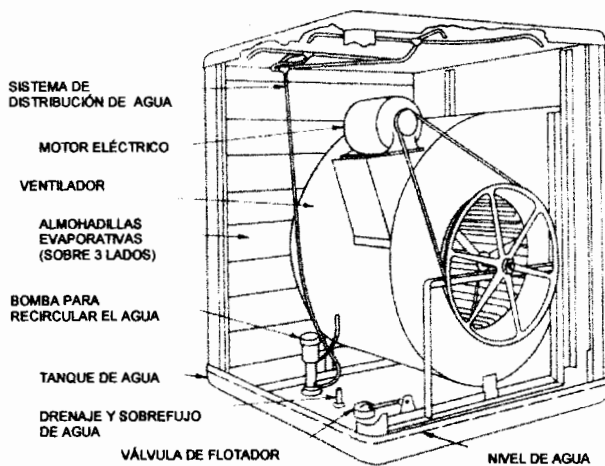
El aire puede ser calentado y humidificado o enfriado y deshumidificado, dependiendo si se utiliza agua caliente o fría.

Los enfriadores evaporativos pueden ser clasificados como directos o indirectos. Los enfriadores directos enfrían el agua mediante el contacto directo con el agua ya sea utilizando un material con una superficie humedecida (como en los packaged air coolers) o con una serie de inyectores o atomizadores de agua (como en los air washers). Los

enfriadores indirectos enfrían el aire en un intercambiador de calor que transfiere el calor ya sea a otra corriente de aire que ha sido previamente enfriada o a agua que ha sido enfriada evaporativamente a través de una torre de enfriamiento. Hay sistemas que combinan ambos principios así como intercambiadores de calor y serpentines de enfriamiento. En ellos el aire puede salir a una temperatura de bulbo húmedo por debajo de la inicial. A pesar de ser sistemas complejos, su utilización se justifica en ciertas áreas geográficas debido al alto costo de la energía.

Enfriadores evaporativos directos. Los hay de varios tipos, tales como los enfriadores en los que el aire atraviesa una superficie húmeda (**Wetted-media air coolers**). En estos equipos el agua (que se encuentra en el fondo) es enviada mediante una bomba a través de un sistema de distribución en la parte superior. A partir de ahí es descargada a las paredes del equipo que están cubiertas con almohadillas evaporadoras que son humedecidas por el agua. Dentro del equipo se encuentra un ventilador centrífugo, generalmente de álabes curvados hacia delante, que impulsa al aire a entrar atravesando las almohadillas y luego lo envía al área a

acondicionar. En algunas unidades se pueden colocar filtros adicionales delante o detrás de las almohadillas para evitar la entrada de partículas contaminantes al equipo, especialmente cuando no hay agua circulando en el sistema y se está utilizando sólo el ventilador. Las almohadillas pueden ser tratadas con aditivos para incrementar su porcentaje de humedecimiento y evitar el ataque de bacterias o microorganismos. En la figura 1.3 se muestra un enfriador de este tipo.



**FIGURA 1. 3. ENFRIADORES DE AIRE CON UN MEDIO HÚMEDO
(WETTED MEDIA AIR COOLERS)**

Los **Enfriadores de Aire con Medio Rígido** son enfriadores que tienen láminas rígidas o un material corrugado en lugar de las almohadillas impregnadas de agua. Este material es

atravesado por el agua y sus estrías obligan al aire y al agua a fluir en direcciones opuestas. En la dirección del flujo de aire, el espesor del material puede estar entre 10 y 60 cm. El aire fluye horizontalmente, mientras el agua se distribuye sobre la superficie mediante una bomba y desciende por gravedad. Una válvula de flotador mantiene el nivel de agua en el reservorio suministrando agua nueva para prevenir la sobreconcentración de sólidos y reemplazando el agua que se evapora naturalmente. Estas unidades pueden ser conectadas a ductos. En la figura 1.4 se muestra un enfriador de este tipo.

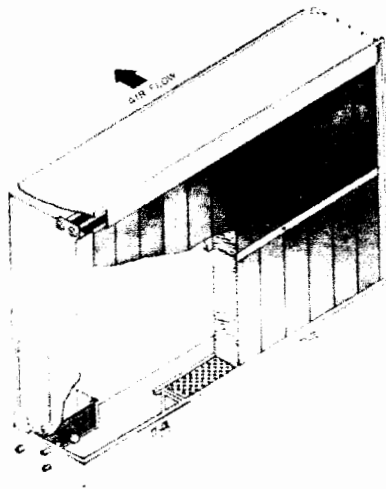


FIGURA 1.4. ENFRIADORES DE AIRE CON UN MEDIO RÍGIDO (RIGID-MEDIA AIR COOLERS)

El **Enfriador con Rociador Centrífugo** tiene una sección de enfriamiento en la cual el aire exterior es impulsado a

entrar y atravesar una aspersión de agua, un filtro humedecido y un filtro que retiene la humedad. Mediante un disco rotatorio vertical parcialmente sumergido en agua se produce una aspersión continua. El ventilador impulsor es generalmente centrífugo, con álabes curvados hacia delante, de doble entrada de aire, con sistema de transmisión a través de poleas (motor V-belt). Este enfriador presenta la ventaja de no tener componentes que puedan taponarse, disminuyendo los requerimientos por mantenimiento como se ve en la figura 1.5.

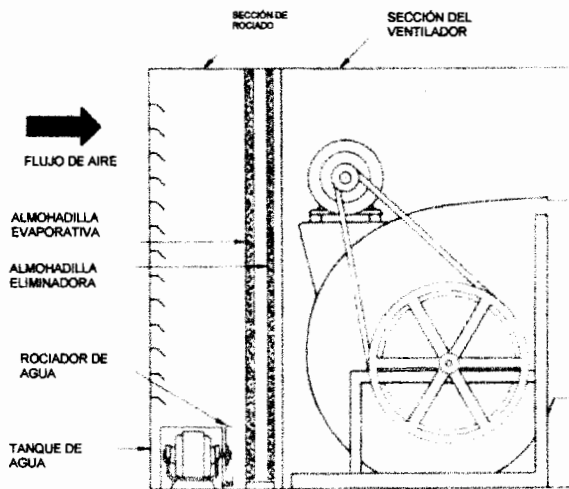


FIGURA 1.5. PAQUETES ENFRIADORES DE AIRE CON ROCIADOR CENTRÍFUGO (SLINGER PACKAGED AIR COOLERS)

Los **Enfriadores de Aire Rotatorios** poseen un tambor de almohadillas giratorio que está sumergido parcialmente en

agua. Al igual que en los Slinger packaged air coolers, un ventilador fuerza al aire a atravesar la sección evaporadora. Estos enfriadores están provistos de una válvula de purga para descargar el reservorio de agua periódicamente disminuyendo la acumulación de minerales, sólidos y sales. En la figura 1.6 se presenta un paquete enfriador de aire de tipo rotatorio.

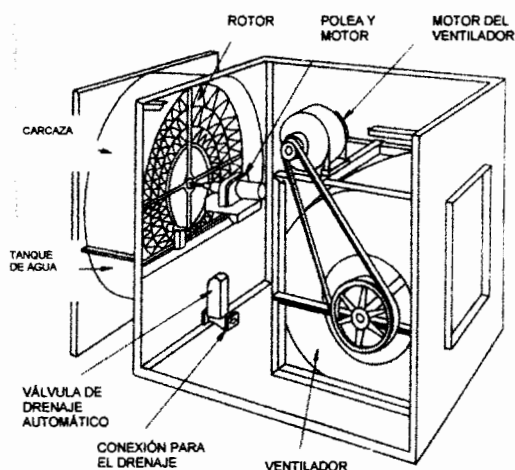


FIGURA 1.6. PAQUETES ENFRIADORES DE AIRE ROTATORIOS
(PACKAGED ROTARY AIR COOLERS)

Hay otro tipo de sistemas de enfriamiento por evaporación llamados **Remote Pad Evaporative Cooling Equipment** los cuales consisten en colocar un ventilador de extracción en una pared o en el techo de una estructura con almohadillas humedecidas de modo que el aire es forzado a atravesarlas

un espacio cerrado. Las almohadillas se riegan mediante un sistema de recirculación de agua.

Enfriadores evaporativos indirectos. En este tipo de enfriadores el aire exterior o el aire extraído desde un área acondicionada atraviesa un intercambiador de calor. Este aire (la corriente de aire secundaria) se enfría por evaporación mediante uno de los siguientes métodos: 1) humedecimiento directo de la superficie del intercambiador de calor; 2) atravesando un medio húmedo (almohadillas); 3) siendo rociado con agua, etc. La superficie del intercambiador de calor es enfriada por la segunda corriente de aire. Al otro lado de la superficie del intercambiador, la corriente de aire primaria (aire acondicionado a ser suministrado al espacio) disminuye su calor sensible debido al intercambiador. Pese a que el aire primario es enfriado por el aire secundario, el primero no ha sido directamente humedecido, por lo tanto, es llamado enfriamiento de aire por evaporación indirecta. El aire de suministro primario puede ser aire recirculado de la misma habitación, aire exterior o una mezcla de ambos. La entalpía de la corriente primaria de aire disminuye al no añadirsele humedad. Este proceso contrasta con el enfriamiento

evaporativo directo porque éste es esencialmente adiabático (a entalpía constante). La utilidad del enfriamiento evaporativo indirecto está relacionada con la disminución de la temperatura de bulbo húmedo del aire secundario por debajo de la temperatura de bulbo seco del aire primario entrante. Ya que ni el enfriamiento evaporativo ni la transferencia de calor alcanza el 100% de efectividad, la temperatura de bulbo seco del aire primario saliente debe estar sobre la temperatura de bulbo húmedo entrante de la corriente de aire secundario. Un paquete enfriador evaporativo indirecto consta de un intercambiador de calor, un aparato de humedecimiento, ventilador para el aire secundario, louver de ingreso para el aire secundario y una carcasa. En la figura 1.7 se muestra un diagrama esquemático de un enfriador evaporativo indirecto usado como preenfriador. Como se ve, el aire secundario es enfriado evaporativamente y luego atraviesa la unidad terminal, obteniéndose así una mayor capacidad de enfriamiento que si el aire de retorno del área enfriada regresara directamente al fan-coil.

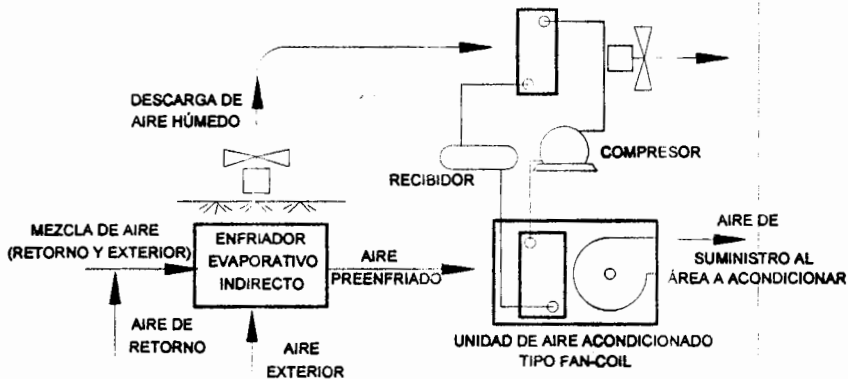


FIGURA 1. 7. ENFRIADOR EVAPORATIVO INDIRECTO

Air washers (Lavadores de aire). Hay 3 tipos de air washers.

Los **Spray-Type Air Washers (Lavadores de aire tipo spray)**

constan de un sistema de aspersion, un tanque para recoger el agua que cae y un filtro eliminador para remover las gotas de agua del aire. Los eliminadores constan de una serie de placas verticales espaciadas entre 2 y 5 cm. a la salida del lavador. Estas placas están formadas por superficies con curvas que impiden la salida de las gotas de agua. Adicionalmente, una bomba recircula el agua a una tasa mayor que la tasa de evaporación del agua en el aire. El contacto entre el aire y las pequeñas gotas de agua provoca el intercambio de calor entre ellas. Este tipo de enfriador se utiliza, principalmente, para enfriar o deshumidificar. También

se usa para lavar el aire cuando los contaminantes pueden precipitarse en el agua; sin embargo su eficiencia en este caso es baja. Se puede incrementar esta eficiencia mojando o lavando continuamente las placas eliminadoras. Se utilizan dos o más bancos de aspersores cuando se requiere un alto nivel de saturación y para aplicaciones de enfriamiento y deshumidificación con agua helada. En la figura 1.8 se muestra un equipo típico de un lavador de aire tipo spray.

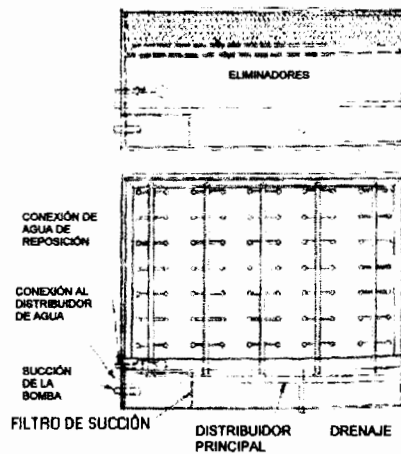
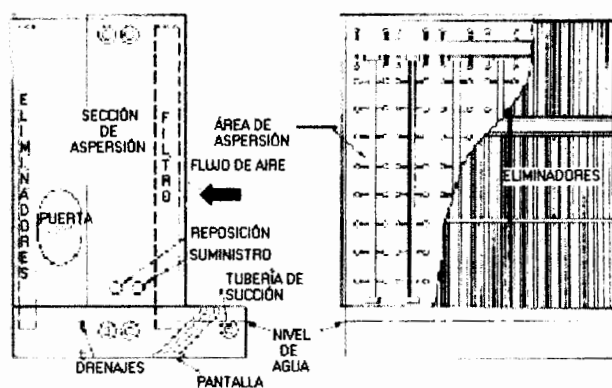


FIGURA 1.8. LAVADOR DE AIRE TIPO SPRAY (SPRAY TYPE AIR WASHER)

Los Lavadores de Aire de Alta Velocidad tipo Spray (High-velocity spray-type air washers) generalmente operan a velocidades de aire en el rango de 1200 a 1800 fpm aunque

algunos alcanzan velocidades de 2400 fpm. Su menor área transversal permite que se usen equipos de menor tamaño que los que manejan menores velocidades. Esta reducción en el espacio hace que los equipos lavadores de aire sean preferidos tanto para enfriar y deshumidificar como para humidificar en las aplicaciones industriales de sistemas de aire acondicionado. Estos equipos incluyen un sistema de rocío, eliminadores, bomba, ventilador, dampers, filtros y otros componentes. Las hojas eliminadoras pueden ser de varias formas, pero las más comunes son las formas sinusoidales aerodinámicas en las que la humedad recogida se desliza hacia abajo por los surcos. En la figura 1.9 se muestra un equipo como el que se describió.



**FIGURA 1.9. LAVADOR DE AIRE DE ALTA VELOCIDAD TIPO SPRAY
(HIGH VELOCITY SPRAY-TYPE AIR WASHER)**

Los Lavadores de Aire con Celdas (Cell-Type Air Washers) facilitan la transferencia de calor entre el aire y el agua haciendo pasar el aire a través de celdas cubiertas con vidrio, metal o fibra de vidrio. El agua pasa sobre las celdas que están arregladas en filas. Bajo las celdas hay eliminadores de agua. La mayoría de estos lavadores están arreglados para que el aire y agua fluyan en la misma dirección, pero también se pueden encontrar arreglos a contraflujo y mixtos. Una buena distribución de agua sobre las celdas es esencial en un lavador de aire. Cada lavador consta de un número de celdas, generalmente de 20 pulg², arregladas en filas. Una celda típica tiene un marco de metal envuelto con hilos de fibra de vidrio. Estas fibras ocupan sólo del 3 al 6% del volumen de la celda, pero una vez humedecidas representan un área húmeda de 100 a 120 pies². Cada fila es independiente y tiene su propio aspersor de agua, placa de drenaje y, excepto por la fila más baja, un conducto hacia el tanque receptor en la parte inferior. Debajo de cada celda hay eliminadores que retienen el agua que el aire arrastra. Pueden ser metálicos y provocar una desviación en la corriente de aire mientras recogen las gotas en un pequeño reservorio. Generalmente estos lavadores cuentan con inyectores de vapor para poder limpiar las celdas

sin necesidad de sacarlas del equipo. También cuentan con una válvula de flotador para controlar la cantidad de agua de reposición que debe entrar al sistema para contrarrestar las pérdidas. En la figura 1.10 se muestra un lavador de aire con celdas.

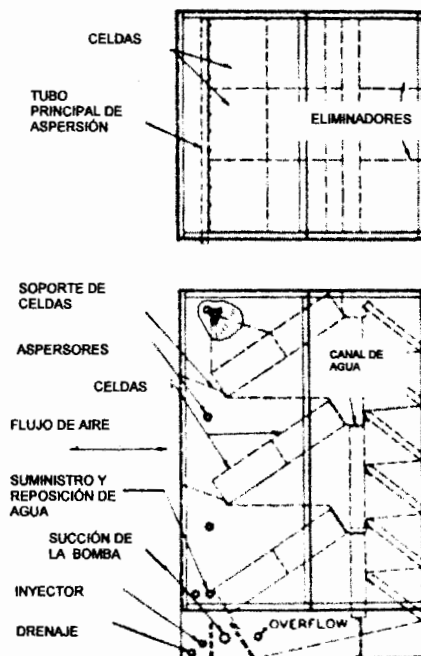


FIGURA 1.10. LAVADOR DE AIRE CON CELDAS (CELL AIR WASHER)

1.2.3. Sistemas de agua caliente

Los sistemas de agua caliente se utilizan como fuente de calor cuando se requiere acondicionar o mantener el confort durante el invierno o en sitios en los que la temperatura ambiental es muy baja. El agua caliente proporcionada por una unidad

generadora puede acondicionar un espacio mediante las apropiadas unidades terminales instaladas en dicho espacio, tales como fan-coils, calentadores, radiadores y convectores de tubos aleteados, por ejemplo. El vapor o el agua caliente llega a las unidades terminales a través de las tuberías de un sistema de distribución. Además el vapor es comúnmente utilizado en intercambiadores de calor (de casco y tubos, de placas o tipo serpentín) para calentar agua para uso doméstico y suministrar calor para procesos industriales y comerciales, tales como lavandería y equipos de cocina. El vapor también se puede usar como fuente de calor para ciertos procesos de enfriamiento en máquinas de refrigeración por absorción de una y dos etapas.

Se considera que el sistema es de agua caliente con temperaturas altas cuando se requiere que la temperatura del agua de suministro esté por encima de los 350°F (177°C) y con una presión de 300 psig (2 Mpa). Los rangos de temperaturas medias para los sistemas de agua caliente están por debajo de los 350°F y permiten presiones entre 125 y 160 psig. Se utilizan calderos de bajas presiones 160 psig (1.1 Mpa) para sistemas de agua caliente considerados de bajas temperaturas

con un límite de hasta 250°F (121°C). En la práctica, generalmente se trabaja con temperaturas menores a 450°F (232°C) ya que a mayores temperaturas se requieren accesorios y componentes que soporten más altas presiones, lo cual aumenta el costo de estos sistemas.

El agua caliente o vapor necesario para este tipo de sistemas puede obtenerse mediante una caldera, calentadores eléctricos o un intercambiador de calor que utilice vapor de algún otro sistema disponible para calentar el agua.

Los sistemas de agua caliente precisan de elementos que sirven para controlar la presión para que ésta permanezca dentro de los límites de trabajo permisibles para cada uno de los equipos que conforman el sistema. Éstos son los llamados sistemas de presurización. También sirven para mantener la mínima presión para las temperaturas normales de operación, para purgar el aire y para prevenir la cavitación en la succión de la bomba y para cumplir con estos objetivos con una mínima reposición de agua. Los elementos que conforman este sistema son: tanque de expansión (sirve para almacenar el incremento en el volumen de agua dentro del sistema durante

los periodos de altas temperaturas de operación y retorna el agua al sistema cuando la temperatura disminuye), la válvula de alivio limita la presión máxima en la caldera, también se suele instalar una válvula automática para reponer las pérdidas de agua o las filtraciones y así mantener la presión de operación mínima.

1.2.4. Sistemas de agua con temperatura dual

Los sistemas de agua con temperatura dual se utilizan, principalmente, en aplicaciones de aire acondicionado para mantener el confort en zonas donde el estado del tiempo cambia radicalmente a través del año. Por lo tanto son la combinación de dos sistemas de agua: uno para calentar y otro para enfriar.

Se pueden combinar varios sistemas para alcanzar el diseño más satisfactorio y económico, pero la selección final debe estar basada en el cuidadoso análisis de varios factores:

- Las cargas de enfriamiento y calentamiento involucradas
- La distribución arquitectónica del edificio
- Los requerimientos de control y de confort necesarios

- Análisis económico de todo el sistema

El agua caliente, generalmente, es producida por una caldera o un calentador eléctrico, aunque en ciertos casos proviene de una Unidad Paquete Enfriada por Agua (UPEA) o de un sistema de recuperación de calor.

En un sistema de agua con temperatura dual se suministra el agua helada o caliente a los serpentines de las Unidades Manejadoras de Aire (UMA) o Fan-coils y luego regresa al chiller o caldera, según sea el caso, principalmente a través de dos sistemas de distribución:

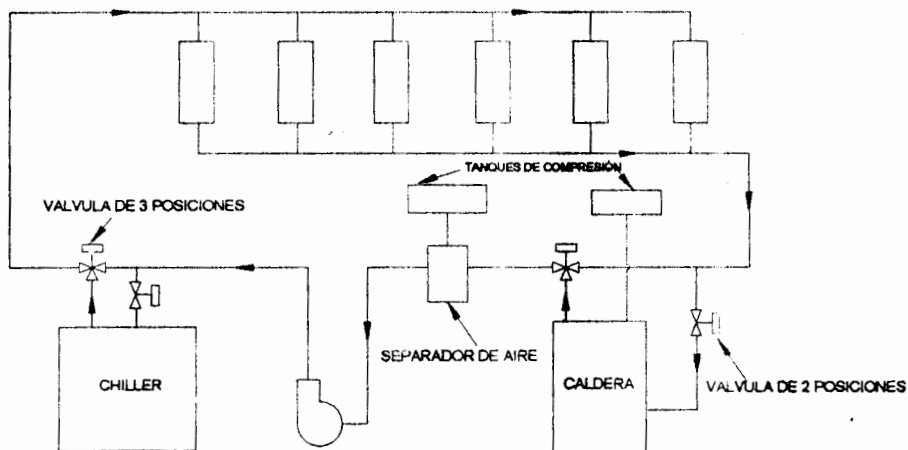
- Dos o más tuberías principales y ramales tanto de suministro como de retorno separados para el agua helada y caliente.
- La misma tubería principal y ramales tanto para el agua helada y el agua caliente.

Se escoge el primer sistema de distribución cuando zonas individuales dentro del mismo edificio pudieran tener diferentes requerimientos de enfriamiento o calentamiento, cuando el

edificio posee sistemas de control individuales para diferentes zonas o cuando se pueden producir rápidos cambios en cuanto a las necesidades de confort en el área debido a variaciones drásticas en la temperatura exterior durante el día.

Generalmente se escoge el segundo sistema cuando el costo inicial es una consideración importante, cuando las cargas para todas las áreas del sistema se espera que sean razonablemente similares o cuando no se requerirá un rápido cambio del sistema de enfriamiento al de calentamiento y viceversa. El cambio del agua helada a agua caliente y viceversa en un edificio depende principalmente de la temperatura del aire exterior.

En la figura 1.11 se muestra un diagrama esquemático de los sistemas de agua con temperatura dual.



**FIGURA 1.11. DIAGRAMA ESQUEMÁTICO DE UN SISTEMA DE AGUA
CON TEMPERATURA DUAL**

1.2.5. Sistemas de agua fría

En este tipo de sistemas, se utilizan unidades llamadas Unidades Paquete Enfriadas por Agua (Water Source Heat Pumps) en las áreas que se desea enfriar. Estas unidades son integrales; por lo tanto, cuentan con compresor, condensador, válvula de expansión, evaporador y refrigerante circulando a través de ellas. El calor latente de condensación del refrigerante es removido del condensador por medio de agua fría (a temperatura ambiente). En la figura 1.12 se muestra una Unidad Paquete Enfriada por Agua (UPEA)

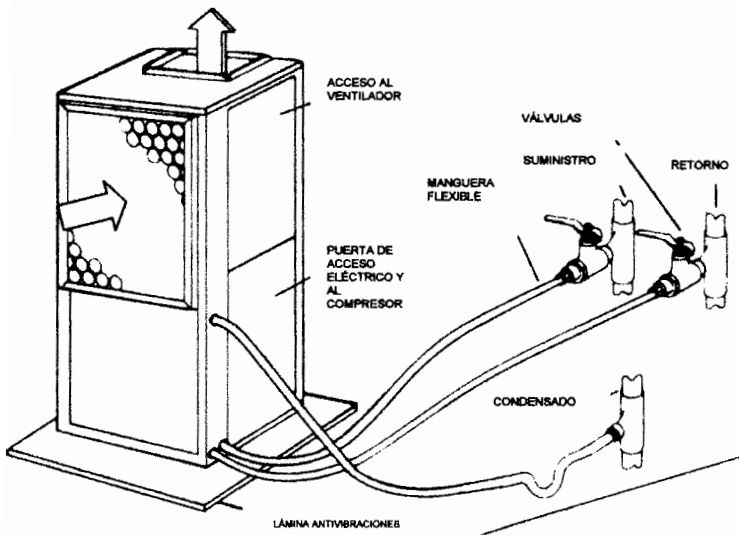


FIGURA 1.12. UPEA DE TIPO VERTICAL

Para mantener esta agua de enfriamiento recirculando a la temperatura adecuada de modo que el condensador pueda rechazar suficiente calor se utilizan Torres de Enfriamiento o Enfriadores de Circuito Cerrado. También el agua de enfriamiento puede provenir de una fuente, agua, río o del mar; en ese caso, el sistema es de un solo paso. En los sistemas de refrigeración por absorción, el calor también es removido de la solución en el absorbedor utilizando agua de enfriamiento.

Una **Torre de Enfriamiento** es una estructura cerrada, diseñada para enfriar agua por evaporación de una manera controlada y eficiente. Los diseños de las torres se orientan hacia la división del agua en gotas, aumentando de esta manera el área de superficie para la evaporación en una estructura tan pequeña como sea posible. Las torres se pueden clasificar de varias maneras. Una forma de clasificarlas es según el tipo de convección que tengan, es decir, convección libre (tiro no mecánico) o forzada (tiro mecánico). La palabra tiro se refiere a la diferencia de presión, necesaria para hacer que el aire fluya a través de un dispositivo dado. **Las torres con tiro no mecánico** no tienen ventiladores para desarrollar la presión que ocasione el movimiento del aire a través de ella. El movimiento del aire se obtiene por otros medios. Dos ejemplos de torres de tiro no mecánico son: la torre de aspersión atmosférica y la torre eyectora de enfriamiento.

Uno de los primeros tipos de torres utilizados fue la **torre de aspersión atmosférica** en la que el agua caliente se bombea hasta la parte superior de la torre y, mediante unas boquillas, se rocía al espacio vacío de la misma. El efecto del

Uno de los primeros tipos de torres utilizados fue la **torre de aspersión atmosférica** en la que el agua caliente se bombea hasta la parte superior de la torre y, mediante unas boquillas, se rocía al espacio vacío de la misma. El efecto del movimiento de aspersión atrae o induce hacia abajo el aire que entra por la admisión en la parte superior de la torre. El agua fría se almacena en un depósito que está en el fondo de la torre y regresa al condensador. Estas torres no son muy eficientes, debido a que el flujo de aire creado por el efecto de inducción es reducido y, por lo tanto, requiere de un mayor tamaño en comparación con una torre más eficiente. En la figura 1.13 se muestra una torre de este tipo.

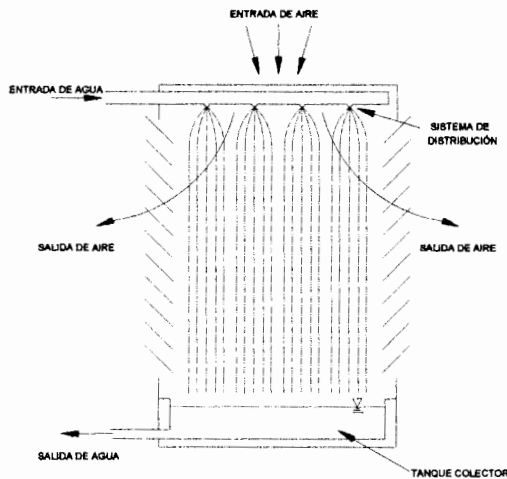


FIGURA 1.13. TORRE DE ENFRIAMIENTO (ASPERSIÓN ATMOSFÉRICA)

torre. En la figura 1.14 se observa una torre eyectora de enfriamiento.

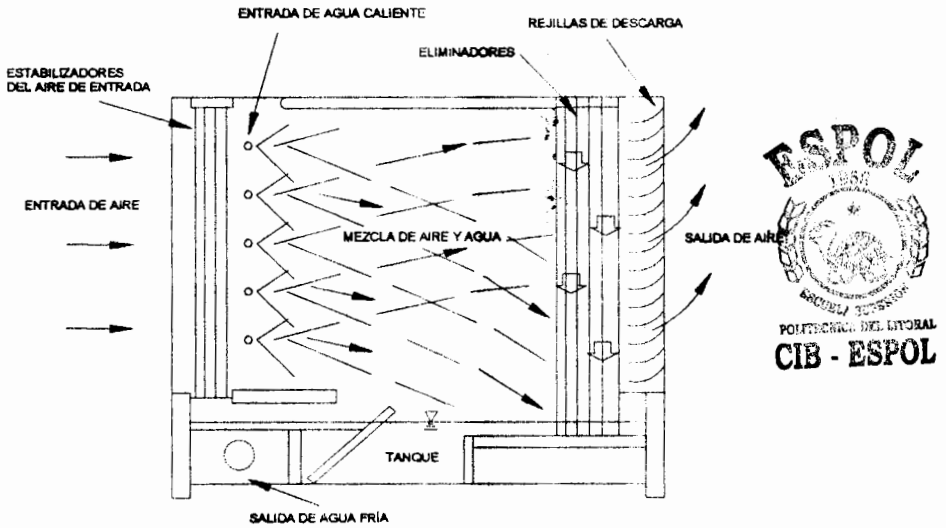


FIGURA 1. 14. TORRE EYECTORA DE ENFRIAMIENTO

Una torre de tiro mecánico utiliza ventiladores para crear la presión (tiro) para hacer circular el aire ambiente a través de la torre. Esto permite la circulación de grandes volúmenes de aire a través de un espacio relativamente pequeño. Además, puesto que el flujo de aire se controla, ajustándolo a una cantidad conocida que no depende del viento, esto significa así mismo que la capacidad de la torre puede determinarse con exactitud. Hay dos tipos de torres de tiro mecánico: de tiro forzado y de tiro inducido. La torre de tiro inducido tiene el ventilador situado a la salida del aire y, de esta manera, induce

al aire a pasar. La **torre de tiro forzado** tiene el ventilador a la entrada del aire, obligándolo a pasar. Los ventiladores pueden ser de tipo centrífugo o de tipo axial. Los ventiladores centrífugos crean una presión más elevada y, por lo tanto, son más adecuados cuando existe una resistencia al flujo de aire a través de la torre. Estos ventiladores no se utilizan, por lo general, en las aplicaciones de tiro inducido, ya que, debido a su construcción, es difícil evitar la corrosión debido al aire húmedo. Los ventiladores axiales son más ruidosos. En las torres de tiro mecánico, el agua caliente se bombea hasta la parte superior de la torre y, entonces, o bien se rocía hacia abajo mediante boquillas de aspersion o se alimenta a un canal que tiene orificios en el fondo a través de los cuales sale el agua. El espacio dentro de la torre está empacado con un material llamado *relleno*, el cual cumple con dos objetivos: el de aumentar el área de superficie de transferencia de calor del agua y retardar la velocidad del agua que cae, manteniéndola más tiempo dentro de la torre y aumentando el efecto de enfriamiento. Tanto en las torres de tiro mecánico como en las torres eyectoras, generalmente se instalan eliminadores en la corriente de aire que sale de la torre, para captar el agua que de otro modo el aire de descarga transportaría al exterior. En

agua que cae, manteniéndola más tiempo dentro de la torre y aumentando el efecto de enfriamiento. Tanto en las torres de tiro mecánico como en las torres eyectoras, generalmente se instalan eliminadores en la corriente de aire que sale de la torre, para captar el agua que de otro modo el aire de descarga transportaría al exterior. En la figura 1.15 se muestran las torres de tiro inducido y de tiro forzado.

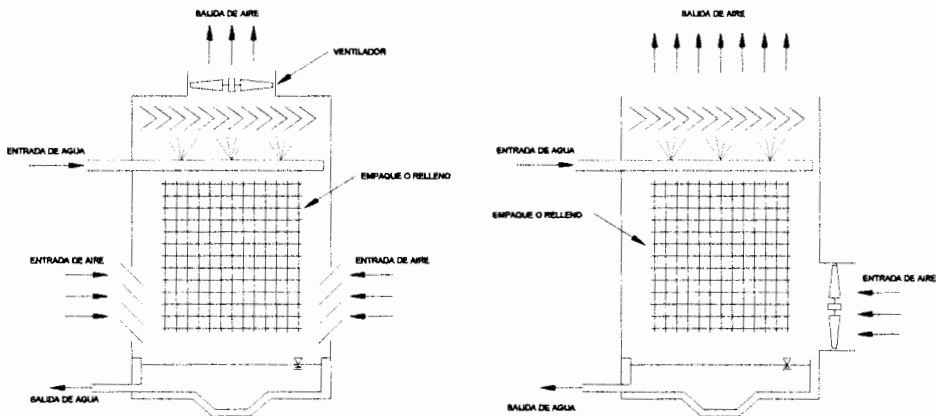


FIGURA 1.15. TORRES DE ENFRIAMIENTO (A CONTRAFLUJO) a) DE TIRO INDUCIDO; b) TIRO FORZADO

Según la dirección relativa del flujo del aire y del agua entre sí, las torres de enfriamiento pueden clasificarse en las de *flujo paralelo*, *contraflujo* y *flujo cruzado*. El término flujo paralelo significa que el aire y el agua fluyen en la misma dirección,

Los materiales que se utilizan para la construcción de torres de enfriamiento son el plástico, el acero galvanizado o el acero inoxidable cuando las torres operan en medios altamente corrosivos.

Las torres de enfriamiento presentan desventajas cuando se requiere que operen en invierno o a temperaturas por debajo del punto de congelación del agua. En ese caso se puede sumergir un serpentín de calentamiento en el depósito de agua. También suelen presentar formación de hielo en las rejillas, lo que puede obstruir el flujo de aire.

Se pueden presentar tres causas de pérdida de agua en una torre de enfriamiento: la primera causa es la evaporación requerida para producir el enfriamiento, la segunda causa es el arrastre de las gotas de agua transportadas hacia fuera por el aire de descarga y la tercera causa de pérdidas de agua es por el *drenado* o *purga* que es la remoción periódica de cierta cantidad de agua para disminuir la concentración de sólidos en el sistema y evitar las incrustaciones. La acumulación de sólidos se da debido a la evaporación del agua, ya que es ésta

la única que se evapora, de manera que los contaminantes se van sedimentando.

El tratamiento del agua de las torres de enfriamiento es necesario para evitar incrustaciones, corrosión, formaciones orgánicas y lodo que pueden provocar pérdida de capacidad, deterioro de los componentes, exceso de mantenimiento y desperdicio de energía. En la figura 1.16 se muestra un diagrama esquemático de un sistema de agua fría que utiliza una torre de enfriamiento.

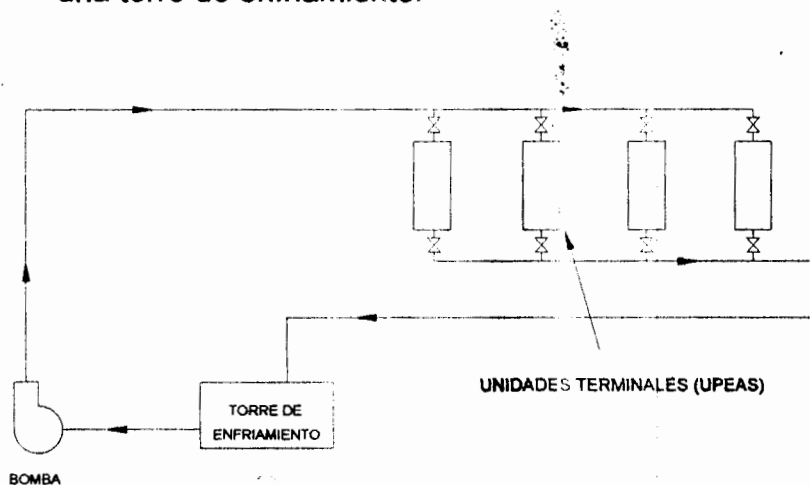


FIGURA 1.16. DIAGRAMA ESQUEMÁTICO: SISTEMA DE AGUA FRÍA CON TORRE DE ENFRIAMIENTO

Otro equipo que se utiliza para enfriar agua para las Unidades Paquete es el **Enfriador de Circuito Cerrado (Closed Circuit Evaporative Cooler)**. Este difiere de una torre de enfriamiento

convencional en que el agua que se requiere enfriar circula dentro de él a través de un serpentín cerrado y no queda expuesta al ambiente. Sobre este serpentín se rocía agua continuamente y, de esta manera, se logra la disminución de temperatura. Se debe considerar el porcentaje de agua de reposición debido a las pérdidas, arrastre y a la necesidad de disminuir la concentración de impurezas. Generalmente se debe reponer un 2.5% del agua circulada por hora. También se debe considerar la vulnerabilidad de estos equipos en ambientes propicios para el congelamiento. Para evitarlo se puede cubrir el enfriador con el aislamiento adecuado o colocar calentadores eléctricos en el reservorio de agua.

Aunque las torres de enfriamiento y los enfriadores de circuito cerrado son los dispositivos más comunes utilizados para enfriar el agua por evaporación, ocasionalmente se usan estanques en los que la evaporación natural que tiene lugar en la superficie enfría la masa contenida en el estanque. El agua del condensador se bombea del estanque y, una vez que ha absorbido calor, se vuelve a vaciar en el mismo. Algunas veces el agua del estanque se rocía al aire (en estanques de aspersión), lo cual aumenta la evaporación y la transferencia

de calor de manera significativa para el área de un estanque dado, debido a que el área superficial del agua aumenta considerablemente, al dividirse en pequeñas gotas. Los estanques de enfriamiento y de aspersion presentan la desventaja de que su capacidad varía de una manera significativa con la velocidad del viento; en sitios donde la velocidad del viento es muy baja, se pueden requerir estanques demasiado grandes, y donde la velocidad es muy alta, el viento puede arrastrar una gran cantidad de agua, ocasionando grandes pérdidas por arrastre.

La temperatura del agua de enfriamiento depende principalmente de la temperatura ambiental del sitio en el que se instalará el sistema, ya que la temperatura mínima a la cual el aire y el agua se pueden enfriar es la temperatura de bulbo húmedo del aire.

1.3. Tipos de sistemas de agua según sus características operativas

Los sistemas de agua según sus características operativas se pueden clasificar en cerrados, abiertos o de un solo paso.

1.3.1. Sistemas cerrados

En un sistema cerrado, el agua helada o caliente que fluye a través del sistema forma un lazo de recirculación cerrado. Es decir que el agua no está expuesta a la atmósfera durante el proceso. El propósito de la recirculación es ahorrar agua y energía.

En estos sistemas puede haber problemas de corrosión, pero pocas veces se suelen presentar incrustaciones, lodo o formaciones orgánicas como algas.

Ejemplos de sistemas cerrados son:

- Un sistema de agua fría con Unidades Paquete Enfriadas por Agua (UPEAS) y un Enfriador de Circuito Cerrado.
- Una UPEA de cuyo condensador se saca el calor circulando agua enfriada previamente dentro de un circuito que atraviesa un lago.
- Un sistema de agua helada con un Chiller y un Condensador Evaporativo.

En la figura 1.17 se muestra un diagrama esquemático de un sistema cerrado que utiliza un Enfriador de Circuito Cerrado (ECC) para enfriar el agua, que como se explicó anteriormente,

es un equipo similar a una torre de enfriamiento, con la diferencia de que el agua de enfriamiento no tiene contacto directo con el ambiente.

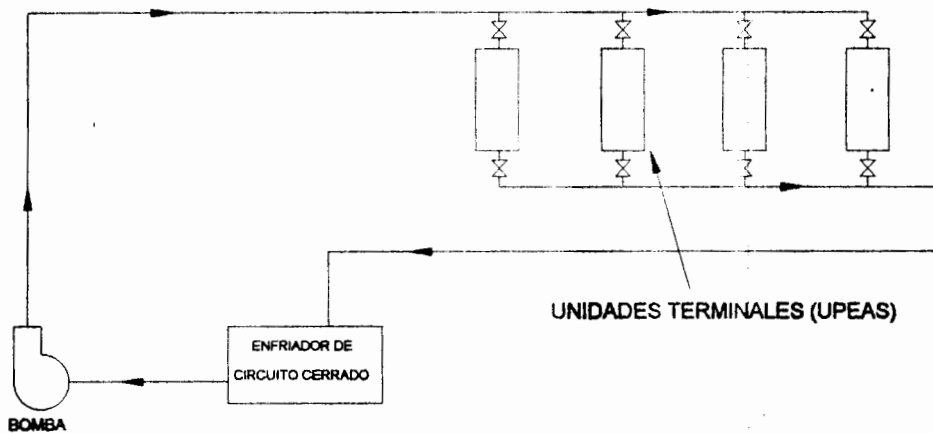


FIGURA 1.17. DIAGRAMA ESQUEMÁTICO: SISTEMA CERRADO DE CIRCULACIÓN DE AGUA

1.3.2. Sistemas abiertos

En un sistema abierto, el agua está expuesta a la atmósfera. Por ejemplo, el agua que llega a una Torre de Enfriamiento tiene contacto directo con el aire.

El agua de un sistema abierto requiere más tratamiento que la de un sistema cerrado debido a los efectos por incrustaciones y corrosión. En ambientes calientes también se deben controlar las formaciones orgánicas y el lodo.

Ejemplo de un sistema abierto es:

- Un sistema de agua fría con Unidades Paquete Enfriadas por Agua y una Torre de Enfriamiento.

En el **Apéndice A** se observa el gráfico para determinar la caída de presión a través de las tuberías de agua en un sistema de circulación abierto.

1.3.3. Sistemas de un solo paso

Tenemos un sistema de un solo paso cuando el agua hace su recorrido a través del sistema una sola vez; por ejemplo, cuando se utiliza agua de un río o del mar para enfriar los condensadores de un chiller enfriado por agua o de Unidades Paquete Enfriadas por Agua. El flujo de agua a través del condensador se modula mediante una válvula de control en la línea de suministro, la que permite el paso de la cantidad de agua necesaria para mantener constante la temperatura de condensación.

A pesar de que el agua de enfriamiento no puede recircular en el condensador debido al aumento de su temperatura, con un debido tratamiento, ésta puede ser usada para otros propósitos

como, por ejemplo, descargar esta agua en el sistema de agua para servicios higiénicos, aplicándole el respectivo tratamiento. En muchos sitios las leyes exigen que el agua utilizada en sistemas de un solo paso cumpla ciertas condiciones antes de que regrese a la fuente de la que fue tomada.

Este tipo de sistemas se utilizan más cuando las fuentes de las que se puede tomar el agua como medio de enfriamiento se encuentran a la disposición sin ningún costo; por ejemplo en el caso de barcos que utilizan el agua del mar para enfriar los condensadores de Unidades Paquete Enfriadas por Agua del sistema de aire acondicionado central.

Para los casos en los que el agua se toma de un río o del mar, se requieren bombas para succionarla de la fuente; no así cuando se la toma directamente del sistema de agua de la ciudad.

Se suelen presentar incrustaciones o corrosión pero, usualmente, no ambos a la vez. El lodo y las algas también constituyen un problema en estos sistemas.

cuando se la toma directamente del sistema de agua de la ciudad.

Se suelen presentar incrustaciones o corrosión pero, usualmente, no ambos a la vez. El lodo y las algas también constituyen un problema en estos sistemas.

A continuación, en la figura 1.18 se muestra ejemplo de un esquema de un sistema de agua de un solo paso que utiliza el agua de un lago para enfriar el condensador de una Unidad Paquete Enfriada por Agua.

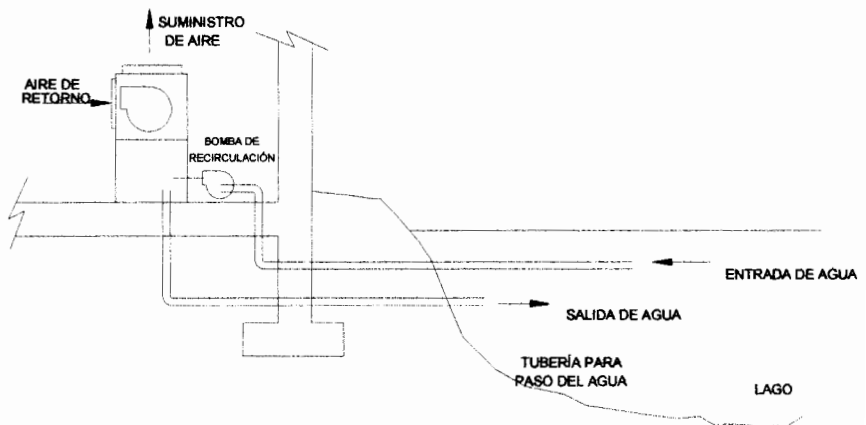


FIGURA 1.18. SISTEMA DE AGUA DE UN SOLO PASO

CAPÍTULO 2

2. ELEMENTOS DEL SISTEMA INSTALADO

El sistema de agua helada instalado posee los siguientes componentes:

- Un chiller enfriado por aire.
- Dos fan-coils (equipos ventilador-serpentín)
- Tubería de hierro negro de 1¼" y 1" de diámetro
- Coquillas de aislamiento Armaflex de 1¼" y 1" de diámetro
- Dos válvulas de 3 vías
- Refrigerante R-22
- Agua (25 galones)

En el **Apéndice B** se adjuntó una lista de los equipos y accesorios que componen el sistema con sus respectivas marcas y modelos.

2.1. Chiller enfriado por aire

Este chiller pertenece a la marca Edwards Engineering Corp., modelo CD-5-A para R-22 y es del tipo enfriado por aire.

Este chiller consta de los componentes que se encuentran en la mayoría de los sistemas de refrigeración: compresor, evaporador, condensador, válvula de expansión térmica, tubería de succión, y adicionalmente, consta de un intercambiador de calor en la succión del compresor, filtro secante a la salida del condensador, filtro en la línea de succión, eliminadores de vibración, recibidor de líquido, válvulas a la entrada y a la salida del compresor, dos bombas (suministro y retorno), manómetros y termómetros. De los componentes principales se hablará por separado más adelante.

Las temperaturas de evaporación y condensación para el chiller son:

T evaporación = 44°F (6.6°C) T condensación = 95°F (35°C)

Esta temperatura de evaporación es la que se utiliza por diseño para climatización mediante sistemas de agua helada para obtener el rendimiento especificado de las unidades terminales. Los fan-coils reciben agua helada a 44°F y, después de atravesar el serpentín, ésta retorna a aproximadamente 54°F. Esto implica que dentro de los FC o

de las UMAS hay una caída de temperatura de aproximadamente 10°F. La temperatura de condensación está dada por la temperatura ambiental del lugar en donde se instale el chiller. Para el caso de Guayaquil hemos tomado una temperatura ambiental de 90°F (32°C) ya que el chiller se encuentra instalado en exteriores. El rendimiento del sistema dependerá, al igual que en cualquier sistema de refrigeración, de las temperaturas de condensación y de evaporación a las que se someta el equipo. Todos los chillers, en sus catálogos, traen tablas que indican su capacidad de enfriamiento dependiendo de las temperaturas de evaporación y de condensación.

Es esencial poder determinar el funcionamiento del chiller y entre las diferentes características importantes del funcionamiento se encuentran la capacidad de enfriamiento (refrigeración), potencia requerida por el compresor, flujo de refrigerante y cantidad de calor rechazado por el condensador.

El funcionamiento del equipo se determina examinando el ciclo termodinámico del refrigerante R-22. Este ciclo termodinámico está representado por la serie completa de procesos o cambios físicos que experimenta el refrigerante en el sistema. En cada componente del equipo cambian algunas de las propiedades físicas del refrigerante,

es decir que cambian las condiciones. Estos cambios se conocen con el nombre de *procesos*. Debido a que el refrigerante circula en un circuito cerrado, a la serie de cambios se le llama *ciclo*. Cuando el refrigerante retorna al mismo lugar en el sistema, recobra también la misma condición física. A esta situación se le aplica el nombre de operación de *estado uniforme* o *condiciones estables*. El refrigerante fluye a un régimen constante y sus propiedades en cualquier punto son siempre las mismas. En caso de ocurrir alguna perturbación, como un cambio en la carga, la operación puede volverse inestable por corto tiempo, ya que al cambiar el régimen de flujo cambian las propiedades. Pese a esto, después de un breve periodo, se tienen unas nuevas condiciones uniformes.

Los cambios termodinámicos que experimenta el refrigerante en cada parte del equipo son más sencillos de comprender si se analiza primeramente el **CICLO IDEAL** o **TEÓRICO**. A través de este se puede llegar a conclusiones generales acerca del funcionamiento del sistema real que luego se estudiará detalladamente. El diagrama de mayor utilidad y que se utiliza con mayor frecuencia en los cálculos de refrigeración es el *diagrama presión-entalpía* ($p - h$) o diagrama de Mollier. En él las propiedades de presión (p) y entalpía (h) se muestran en los ejes vertical y horizontal. En el **Apéndice C** se

muestra el diagrama de presión-entalpía para el R-22 y las tablas de las propiedades del líquido y del vapor saturado del mismo. En la figura 2.1 se muestra el diagrama presión-entalpía del ciclo de refrigeración **IDEAL** que se produce en el chiller.

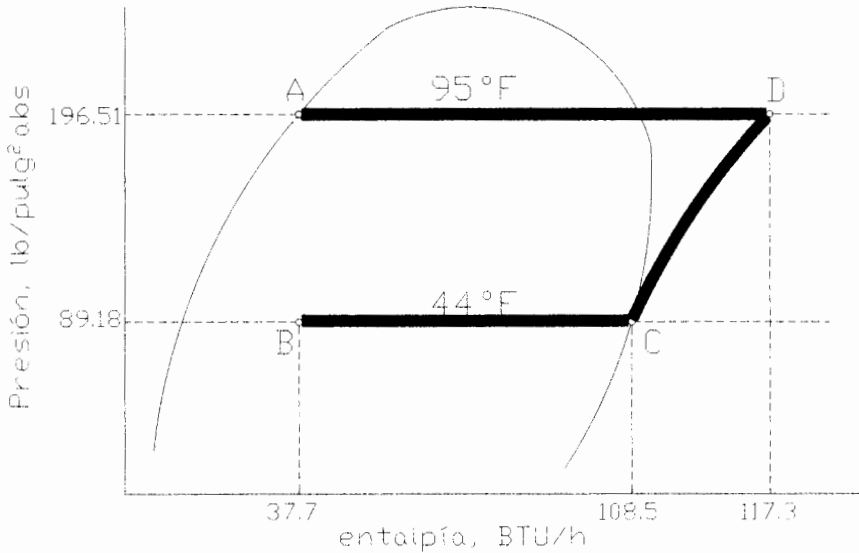


FIGURA 2.1. DIAGRAMA PRESIÓN VS. ENTALPÍA DEL CICLO IDEAL DE REFRIGERACIÓN DEL CHILLER

El ciclo consta de 4 procesos:

Línea	Proceso termodinámico	Componente
A – B	Entalpía constante	Válvula de expansión
B – C	Presión constante	Evaporador
C – D	Entropía constante	Compresor
D – A	Presión constante	Condensador

Válvula de expansión: El punto **A** representa la condición del refrigerante que sale del condensador y entra a la **válvula de expansión termostática** o dispositivo de control de flujo como un líquido saturado a la **temperatura de condensación**. La correspondiente presión de condensación (presión del lado de alta) es **196.51 lb/pulg² abs.** Cuando el refrigerante fluye a través de la restricción en la válvula, su presión cae súbitamente hasta la presión en el lado de baja, en **B**. A este proceso se le llama *estrangulación* o *expansión*. Debido a la disminución de la presión, una parte del refrigerante líquido se vaporiza inmediatamente produciendo el llamado gas de vaporización súbita. Esta porción de líquido que se evapora toma el calor latente necesario para su evaporación de la mezcla que fluye, enfriándola de esta manera. El refrigerante sale de la válvula como una mezcla de líquido y vapor en estado saturado en **B**. La línea A-B del proceso es, por lo tanto, vertical (sin cambio de entalpía) y baja hasta la presión de evaporación (presión del lado de baja), correspondiente a la **temperatura de evaporación**. Esta presión es la presión de saturación a 44°F, la cual es de **89.18 lb/pulg² abs.** Debido a que el refrigerante fluye con gran rapidez y a que el dispositivo de control de flujo tiene una superficie muy pequeña, no existe prácticamente intercambio alguno de calor entre el refrigerante y el medio circundante; por lo tanto, este proceso es

isentrópico. La entalpía del refrigerante durante este proceso ($h_A = h_B$) es **37.71 BTU/lb.**

Evaporador: En el ciclo ideal, la condición en el punto a la salida de la válvula de expansión se supone que es la condición a la entrada del evaporador ya que no se consideran las pérdidas a través de las tuberías entre los diferentes elementos. En el evaporador la carga que se debe enfriar (en este caso el agua) está a una temperatura más elevada que la del refrigerante; por lo tanto, el calor fluye a través de las paredes de los tubos del evaporador desde la carga hacia éste. Como el refrigerante líquido en el evaporador ya se encuentra en estado saturado, el calor adquirido hace que se evapore mientras fluye. Ya que no se toman en cuenta las pérdidas de presión en la tubería del evaporador, la línea del proceso es horizontal (a presión constante) y dirigida hacia la derecha ya que el refrigerante gana calor y aumenta su entalpía. El refrigerante sale del evaporador como un vapor saturado en C. La entalpía en este punto (h_C) es **108.47 BTU/lb.**

Al aumento de la entalpía del refrigerante en el evaporador se la conoce como **efecto de refrigeración (E.R.)** y se expresa en BTU/lb o kJ/kg. Se le llama efecto de refrigeración porque representa la

cantidad de calor removido del medio que se debe enfriar por cada libra o kilogramo del refrigerante que fluye.

$$E.R. = h_c - h_B = h_c - h_1$$

$$E.R. = 108.47 - 37.71 = 70.77 \text{ BTU/lb}$$

La capacidad de refrigeración del sistema (Q_e) está dada por:

$$Q_e = \dot{m} \times E.R.$$

donde \dot{m} es el flujo másico en lb/min.

Si se conoce el Efecto de Refrigeración y la capacidad de refrigeración del equipo está dada por el fabricante, podemos obtener el flujo másico:

$$\dot{m} = \frac{Q_e}{E.R.}$$

El efecto de refrigeración del chiller para temperaturas de evaporación y de condensación específicas se encuentra en la primera tabla del **Apéndice D** que corresponde a la información entregada por el fabricante acerca de la capacidad, datos eléctricos y descripciones generales del equipo. Interpolando entre las temperaturas de condensación y evaporación indicadas anteriormente se obtiene una capacidad de refrigeración de **49250 BTU/h** (820.83 BTU/min). Por lo tanto el flujo másico es:

$$\dot{m} = \frac{Q_e}{E.R.} = \frac{820.83 \text{ BTU}/\text{min}}{70.77 \text{ BTU}/\text{lb}} = 11.60 \text{ lb}/\text{min}$$

Compresor: El vapor que sale del evaporador (a baja temperatura y presión) ingresa a la línea de succión del **compresor** y, como en el ciclo ideal no hay intercambio de calor ni caída de presión en la línea de succión, la condición **C** del refrigerante a la salida del evaporador es la misma a la entrada del compresor. Cuando se comprime el refrigerante, aumenta su presión, temperatura y entalpía, pero no hay intercambio de calor entre el refrigerante y el medio circundante, por lo que es un proceso adiabático; además no existe fricción. Cuando un proceso es adiabático y sin fricción, su entropía no varía; por lo tanto, el proceso a través del compresor es isentrópico. Para definir la línea que representa el proceso de compresión se traza una línea de entropía constante desde el punto **C** hasta que se intersecte con la línea de presión de condensación. Ya que no se considera la caída de presión a través de la línea de descarga, la condición a la salida del compresor es la misma que a la entrada del condensador, en **D**. En este punto el refrigerante sale como vapor sobrecalentado debido al aumento de temperatura y entalpía a partir de su condición inicial de vapor saturado al entrar al compresor.

El Calor de Compresión (C.C.) se define como el aumento de la entalpía del refrigerante como resultado de la compresión. .

$$C.C. = h_D - h_C$$

$$C.C. = 117.3 - 108.48 = 8.83 \text{ BTU/lb}$$

Para accionar el compresor se requiere trabajo a fin de comprimir el vapor refrigerante. La energía agregada al gas en forma de trabajo incrementa en la misma cantidad el contenido de energía del refrigerante, en forma de entalpía, lo que implica que el **Trabajo de Compresión (W)** es igual al Calor de Compresión:

$$W = C.C. = h_D - h_C$$

$$W = 8.83 \text{ BTU/lb}$$

Generalmente conviene más determinar la **Potencia (P)** necesaria para accionar el compresor que determinar el trabajo requerido. Esta potencia se puede hallar a partir del trabajo de compresión y del flujo másico mediante la siguiente ecuación:

$$P = W \times \dot{m}$$

$$P = 8.83 \text{ BTU/lb} \times 11.60 \text{ lb/min} = 102.42 \text{ BTU/min} = 6145.2 \text{ BTU/h}$$

$$P = 102.42 \frac{\text{BTU}}{\text{min}} \times \frac{1 \text{ HP}}{42.44 \frac{\text{BTU}}{\text{min}}} = 2.41 \text{ HP}$$

$$P = 102.42 \frac{BTU}{min} \times \frac{1 kW}{56.92 \frac{BTU}{min}} = 1.80 kW$$

Condensador: A la salida del compresor (punto D) el refrigerante ingresa al condensador. Bajo las condiciones ideales se supone también que no hay caída de presión a través del condensador, por lo tanto, el proceso a través del condensador es a presión constante. Se remueve calor del vapor refrigerante sobrecalentado que entra al condensador para primero reducir su temperatura al punto de saturación y luego condensarlo. Se provee con este fin un fluido de enfriamiento a una temperatura más baja que la de saturación, que en este caso es el aire y la convección está favorecida por la acción del ventilador que fuerza al aire a atravesar el condensador continuamente. El refrigerante sale del condensador como un líquido saturado en el punto A. En este punto el ciclo vuelve a empezar.

El **calor de rechazo (C.R.)** se define como la cantidad de calor removido por libra de refrigerante en el condensador. Esto equivale a la disminución de la entalpía del refrigerante:

$$C.R. = h_D - h_A$$

$$C.R. = 117.3 - 37.71 = 79.60 \text{ BTU/lb}$$

La cantidad total de calor de rechazo en el condensador (Q_c) se obtiene mediante la ecuación:

$$Q_c = \dot{m} (h_D - h_A)$$

$$Q_c = 11.60 \frac{\text{lb}}{\text{min}} \times 79.60 = 923.22 \text{ BTU/min} = 55393 \text{ BTU/h}$$

Resulta evidente de la observación de la figura 2.1 que el calor de rechazo es igual a la suma del Efecto de Refrigeración más el Calor de Compresión que obtuvo el refrigerante en el compresor.

$$E.R. + C.C. = C.R.$$

$$C.R. = 70.77 + 8.83 = 79.60 \text{ BTU/lb}$$

Hay otras características del ciclo que son importantes de conocer como el porcentaje de gas de vaporización súbita que se obtiene a la salida de la válvula de expansión. A la entrada de la válvula (A) todo el refrigerante se encuentra en estado líquido, pero en el punto B (salida de la válvula) se tiene una mezcla de vapor y líquido refrigerante lo que indica que un porcentaje del líquido se vaporizó. Mediante la siguiente ecuación se puede calcular el porcentaje de gas de vaporización súbita:

$$x = \frac{h_B - h_f}{h_C - h_f} \times 100$$

$$x = \frac{37.71 - 22.56}{108.47 - 22.56} \times 100 = 17.63\%$$

El **Coefficiente de Rendimiento (CDR)** o COP (Coefficient of Performance) es una medida que describe con cuanta efectividad opera un equipo de refrigeración. Proporciona una medición de la utilización eficiente de la energía del sistema. Debido a que siempre se desea obtener la mayor capacidad de refrigeración con el menor gasto de energía, es eficiente contar con el mayor valor práctico del CDR. Está definida por:

$$CDR = \frac{\text{capacidad de refrigeración } (Q_e)}{\text{suministro neto de potencia } (P)}$$

En esta ecuación la capacidad de refrigeración y el suministro neto de potencia se deben expresar en las mismas unidades. El CDR se puede expresar en términos de las unidades utilizadas en el ciclo termodinámico del sistema de compresión de vapor, es decir:

$$CDR = \frac{\text{efecto de refrigeración}}{\text{calor de compresión}}$$

$$CDR = \frac{70.77 \text{ BTU/lb}}{8.83 \text{ BTU/lb}} = 8.01$$

El coeficiente máximo de rendimiento está dado por la ecuación

$$CDR_m = \frac{T_1}{T_2 - T_1}$$

donde las temperaturas de la ecuación se deben expresar en unidades absolutas, Kelvin (K) o Rankine (R). La utilidad de esta ecuación reside en que muestra el límite superior de la eficiencia, pero en realidad el CDR de las máquinas reales es siempre considerablemente menor debido a la fricción y otras pérdidas. Para este caso:

$$CDR_m = \frac{279.82 \text{ } ^\circ R}{308.15 - 279.82 \text{ } ^\circ R} = 9.88$$

La Relación de la Eficiencia de la Energía (REE) o Energy Efficiency Relation (EER) constituye otra manera de medir la eficiencia de la operación del equipo de refrigeración. Se expresa mediante la siguiente ecuación:

$$REE = \frac{Q_e}{P} = \frac{\text{capacidad útil de enfriamiento } BTU/h}{\text{entrada de potencia, } W}$$

$$REE = \frac{49250 \text{ } BTU/h}{1800 \text{ } W} = 27.36$$

Una vez analizado el Ciclo Ideal, será más sencillo comprender el **CICLO REAL**. Como ya se mencionó, para determinar los cambios termodinámicos en el ciclo real se debe considerar la caída de presión que tiene lugar en las tuberías del sistema por efecto de la fricción. Esta caída de presión se da en la dirección del flujo. Es

práctica común, en la industria de la refrigeración, expresar las caídas de presión en las tuberías como una *caída equivalente de la temperatura de saturación* (llamada caída de presión equivalente). Esto es conveniente porque las condiciones a la entrada y salida del compresor se expresan generalmente como las temperaturas saturadas de succión y descarga (a pesar de que el gas está realmente sobrecalentado). Las tuberías se dimensionan de acuerdo con caídas de presión específicas para dar como resultado un buen funcionamiento y un costo razonable. Por ejemplo, las líneas de succión, de gas caliente y de líquido se dimensionan a menudo para que tengan una caída de presión "equivalente a una caída de 2°F en la temperatura de saturación". Las caídas de presión en las tuberías del evaporador y del condensador, generalmente no son significativas debido a que los fabricantes las dimensionan de manera que las pérdidas a través de ellas no den como resultado que sea necesario utilizar compresores de mayor capacidad.

En la figura 2.2 se muestra el diagrama presión-entalpía del ciclo de refrigeración **REAL** que se produce en el chiller. En él se han graficado todas las pérdidas de presión que se dan en las tuberías del chiller.

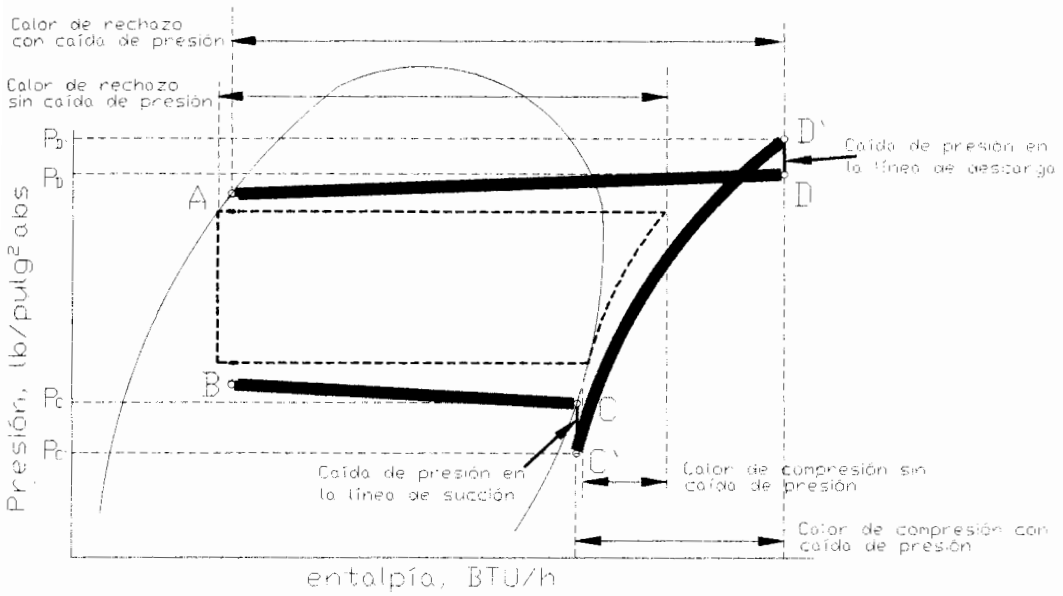


FIGURA 2. 2. DIAGRAMA PRESIÓN VS. ENTALPÍA DEL CICLO REAL DE REFRIGERACIÓN DEL CHILLER

Evaporador: Como se muestra en el gráfico, en el evaporador también se produce una caída de presión. Para efectos de cálculos, se puede asumir que, al igual que para las otras tuberías del sistema, la pérdida es equivalente a 2°F en la temperatura de saturación. Para determinar la caída de presión con exactitud se podrían colocar manómetros a la entrada y a la salida del evaporador. La presión disminuye de P_B a P_C .

Línea de succión: Como ya se indicó, las condiciones a la salida del evaporador no son las mismas que a la entrada del compresor

a la caída de presión en la línea de succión. Para cálculos reales se asumirá una caída de presión equivalente a 2°F en esta tubería. Como se ve en la figura, la presión disminuye de C a C'.

Compresor: Las condiciones a la entrada del compresor están dadas por el punto C'. El calor de compresión y, por lo tanto, el calor de compresión, ahora será:

$$C.C. = h_{D'} - h_C$$

Como se observa en la figura, el calor de compresión ha aumentado. Debido a este incremento, el trabajo de compresión y la potencia del compresor serán mayores.

Línea de descarga: Al igual que para la línea de succión, las condiciones a la salida del compresor (en el punto D') no son las mismas que a la entrada del condensador (en el punto D) debido a la caída de presión en la línea de descarga. Para cálculos reales se asumirá una caída de presión equivalente a 2°F en esta tubería.

Condensador: Debido a las caídas de presión en las líneas de succión y descarga, el compresor ha aumentado su calor de compresión y su potencia. Como es lógico, el condensador deberá

rechazar más calor al ambiente para compensar este trabajo adicional realizado por el compresor. El calor de rechazo ahora será:

$$C.R. = h_D - h_A$$

Al igual que para el caso del evaporador, para efectos de cálculos, se pueden asumir como pérdidas de presión los 2°F equivalentes en la temperatura de saturación.

El Coeficiente de Rendimiento (CDR) y la Relación de la Eficiencia de la Energía (EER) también se verán afectadas por las pérdidas de presión a través de la tubería debido al incremento en la potencia del compresor y a la disminución en el efecto de refrigeración.

2.1.1. Componentes del chiller

Como ya se dijo anteriormente, este chiller consta de los componentes que pueden encontrarse en cualquier sistema de refrigeración. A continuación se describirá el funcionamiento y las características de las partes más importantes, a saber: válvula de expansión, compresor, evaporador, condensador, bomba, manómetros y termómetros.

Válvula de expansión termostática. Las válvulas de expansión son dispositivos de control de flujo que deben realizar dos funciones:

- Regular el flujo del refrigerante líquido que se alimenta al evaporador según sea la demanda.
- Crear una caída de presión desde el lado de alta al lado de baja. Esta caída de presión da por resultado la expansión del refrigerante que fluye haciendo que una pequeña cantidad del mismo se evapore, de manera que se enfríe hasta la temperatura de evaporación.

El dispositivo de control de flujo debe alimentar al evaporador el refrigerante líquido en la misma proporción que el compresor lo bombea desde el evaporador, es decir, que el evaporador no debe sobrealimentarse ni subalimentarse. El dispositivo debe reaccionar ante un cambio en las condiciones que requieren, a su vez, un cambio en el flujo. Cuando aumenta la carga térmica en el evaporador, el dispositivo de control de flujo debe alimentar más refrigerante y debe reducir el flujo cuando disminuye la carga. El dispositivo de control de flujo no es un control de presión. En algunos casos es conveniente controlar la presión del evaporador o la de succión manteniéndola fija en

succión manteniéndola fija en un cierto valor o establecerle un límite superior, inferior o ambos. En la figura 2.3 se presenta una sección esquemática de una válvula de expansión termostática

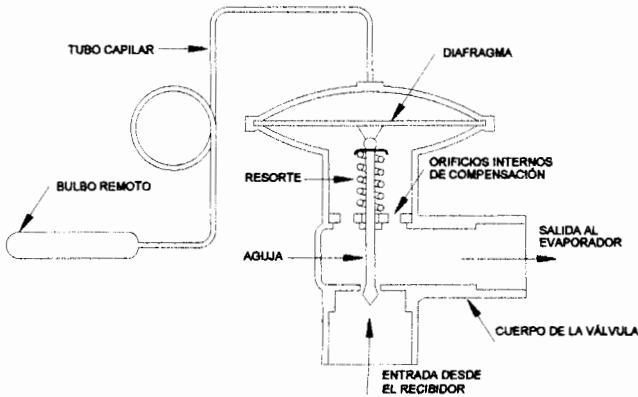


FIGURA 2.3. SECCIÓN ESQUEMÁTICA DE UNA VÁLVULA DE EXPANSIÓN TERMOSTÁTICA

La Válvula de Expansión Termostática (VET) es el dispositivo de control de flujo de más amplio uso. Realiza un control automático del flujo del refrigerante al evaporador, en la proporción requerida, sobre una amplia gama de cargas mientras mantiene en operación la mayor parte de la superficie de transferencia de calor a fin de evaporar el refrigerante a pesar de las variadas condiciones. Esto contribuye a mantener las necesidades de potencia en un nivel bajo.

En esta válvula el refrigerante líquido fluye por la abertura entre el asiento y la aguja de la válvula. La restricción de la abertura produce la caída requerida de presión para lograr la expansión del refrigerante. El resorte empuja la aguja y tiende así a mantener cerrada la válvula. La guía del resorte lo mantiene alineado y en su lugar. El vástago de ajuste se puede hacer girar a fin de aumentar o disminuir la presión del resorte. Un diafragma flexible está conectado a las varillas de empuje, que a su vez están conectadas a la aguja. El movimiento descendente del diafragma separa la aguja del asiento y abre el orificio de la válvula. La parte superior del diafragma está conectada a un tubo largo de diámetro pequeño llamado el tubo capilar y luego a un tubo hueco. El bulbo, el tubo y la cámara sobre el diafragma constituyen un solo espacio cerrado el cual contiene un fluido (generalmente el mismo refrigerante para el que se usará la válvula) que ejerce presión sobre el diafragma. El bulbo está unido a la línea de succión haciendo contacto con ella en toda su longitud. El dispositivo de control de flujo debe regular el flujo de refrigerante líquido al evaporador bajo demandas variables de carga y debe lograr que haya una utilización eficiente de toda la superficie de transferencia de calor del evaporador para la evaporación del

refrigerante. Tres son las presiones que actúan para accionar la válvula a una posición abierta o cerrada. La presión del bulbo, resultante de la presión ejercida por el fluido en el interior del bulbo actúa sobre la parte superior del diafragma a fin de abrir la válvula. La presión del resorte actúa sobre la parte inferior del diafragma a fin de cerrar la válvula y la presión del evaporador actúa también sobre la parte inferior del diafragma para cerrar la válvula. Cuando las presiones de apertura y cierre se equilibran mutuamente, la aguja de la válvula se encuentra en una posición fija y estable. Si la presión del bulbo (de apertura) es mayor que la presión total de cierre (la presión del resorte más la presión del evaporador) la válvula se moverá hacia una posición aún más abierta que antes y fluirá mayor cantidad de refrigerante. Por otra parte, la válvula tratará de cerrarse más si las presiones de cierre son mayores que la presión de apertura.

En el **Apéndice E** se muestra la información de la válvula de expansión termostática entregada por el fabricante (Alco).

2.1.1.1 Compresor

La principal función de un compresor de refrigeración es aumentar la presión de evaporación hasta la presión a la cual el gas pueda ser condensado, por lo tanto, la presión debe aumentarse hasta alcanzar la presión de saturación correspondiente a la temperatura de condensación. La función principal del compresor (el aumento de presión) produce algunas funciones secundarias: la elevada presión de descarga proporciona la energía necesaria para hacer que el refrigerante circule a través de la tubería y el equipo venciendo la resistencia de fricción. Además, el gran diferencial de presión creado motiva la expansión súbita en el dispositivo de control de flujo, que es lo que causa la caída de temperatura.

Los compresores de refrigeración pueden clasificarse en dos grupos principales, dependiendo de cómo se logra el aumento de presión del gas. A los compresores del primer grupo se les llama **de desplazamiento positivo** y a los del segundo se les llama **compresores dinámicos**. Existen tres tipos de compresores de desplazamiento positivo:



reciprocantes, rotatorios y helicoidales (de tornillo). Solamente hay un tipo de compresor dinámico que se usa en los sistemas de refrigeración, llamado compresor centrífugo.

Este chiller consta de un compresor de tipo **reciprocante**, es decir, de desplazamiento positivo. Estos compresores para aumentar la presión del gas, admiten una determinada cantidad de este en un volumen limitado y luego reducen este volumen. Esto hace que la presión del gas aumente (siempre que la temperatura del gas no disminuya). La construcción de los compresores reciprocantes para refrigeración es semejante a la de los motores reciprocantes del tipo automotriz, los cuales se componen de cilindros, pistones, un eje de transmisión y válvulas de succión y descarga. El compresor puede tener uno o más cilindros. Un motor eléctrico acciona los pistones del compresor mediante un sistema de transmisión. Cuando el pistón se mueve hacia abajo en su carrera de succión, el volumen creciente del cilindro da por resultado una disminución de la presión por debajo de

la que existe en la línea de succión. La diferencia de presión motiva que se abra la válvula de succión y el gas refrigerante fluye al cilindro. La válvula de descarga permanece cerrada, debido a que la presión en la línea de descarga es mayor. Cuando el pistón se mueve hacia arriba en su carrera de compresión, la disminución del volumen hace que aumente la presión del gas. Esto obliga a la válvula de succión a permanecer cerrada. Cerca del final de la carrera, la presión del gas aumenta hasta alcanzar un valor por encima de la presión existente en la línea de descarga, obligando a la válvula de descarga a abrirse y, entonces, el gas comprimido fluye a la línea de descarga y hacia el condensador. Se observará que el compresor efectúa la succión y compresión del gas en cada revolución del cigüeñal. Esta operación del compresor se llama de simple acción, debido a que la compresión tiene lugar sólo en un extremo del cilindro. En los compresores antiguos de baja velocidad se utilizaba otra construcción de los mismos, en la cual el gas se comprime en ambos extremos del cilindro (doble acción).

Los compresores pueden ser de tipo abierto o hermético. En un **compresor abierto** el eje se prolonga a través del cárter y la transmisión al compresor puede ser directa o por medio de bandas. El **compresor hermético** es aquel en el cual el compresor y el motor están integrados en un eje y contenidos ambos en una caja sellada a presión. Los compresores de tipo hermético se fabrican ya sea completamente herméticos o semiherméticos (también se los llama herméticos desarmables). El compresor hermético tiene una caja soldada y sellada y no puede ser reparado en el campo de trabajo. Es compacto, silencioso y de bajo costo. Estas características han propiciado su uso generalizado en los refrigeradores domésticos y en otros equipos integrales pequeños. El compresor semihermético tiene una cubierta desmontable con tornillos de manera que se le puede dar servicio en el mismo lugar de trabajo. La ventaja principal de un compresor hermético estriba en que, debido a que no tiene un eje que sobresalga del cárter, no presenta problema alguno en cuanto a fugas del gas refrigerante. En el compresor abierto se requiere

un sello en el eje para evitar o hacer mínima la fuga del refrigerante entre el eje y el cárter. El compresor de este chiller es de tipo hermético.

El gas refrigerante de succión enfría el motor de los compresores herméticos. La potencia (nominal) admisible de salida de un motor disminuye a medida que aumenta la temperatura de los embobinados del mismo para evitar el sobrecalentamiento. El gas frío de succión, que fluye rápidamente sobre los embobinados, permite al motor tomar más corriente y, por tanto, transmitir más fuerza de la que podría transmitir si fuera enfriado solamente por el aire ambiente estático, como sucede con un motor abierto. El resultado es que se puede utilizar un motor de menor capacidad y menos costoso con los compresores herméticos. Sin embargo, al agregar el calor del motor al gas de succión, se tiene como resultado que la potencia requerida por este compresor será un poco mayor que la requerida por una máquina abierta. Debido al ensamble sellado del compresor con el motor, las unidades herméticas tienen por lo común

un nivel de ruido inferior al de las unidades abiertas de similar capacidad. A bajas temperaturas (por debajo de 0 °F) la densidad del gas de succión puede no ser apropiada para enfriar unidades herméticas y se puede necesitar un ventilador, pero el compresor del chiller instalado no estará sujeto a estas condiciones.

Se debe tener mucho cuidado a fin de evitar que se introduzca un exceso de refrigerante en los compresores recíprocos. Los líquidos son incompresibles y si una cantidad considerable de un líquido se queda atrapada en el cilindro al final de la carrera de descarga, la presión que se origina puede romper las válvulas y hasta la biela. Un problema relacionado con el anterior es la dilución excesiva del aceite de lubricación en el refrigerante. Esto puede dar como resultado una lubricación ineficaz y, consecuentemente, el rápido desgaste de los cojinetes o del pistón y los cilindros.

Los compresores herméticos que utilizan corriente a 60 Hz operan aproximadamente a 1750 RPM (con

motores de cuatro polos) o a 3500 RPM (con motores de dos polos). El motor del compresor instalado es de 4 polos.

Los compresores no se fabrican con diseño hermético cuando se utilizará amoniaco, ya que este refrigerante reacciona con los materiales del motor.

El compresor del chiller que se ha instalado es el CRN1-05000-TF5-270 de la marca Copeland. Su refrigerante es el R-22 y necesita una carga de 15 lb. para funcionar. En el Apéndice F consta la información emitida por el fabricante acerca del compresor. En el mismo apéndice se adjunta un plano del fabricante del compresor (Copeland) con sus dimensiones. En este plano se puede observar que la succión del compresor es de tubería de cobre de 7/8" y la descarga es de tubería de cobre de 1/2".

El refrigerante R-22 y el R-12 son los que se utilizan más comúnmente para máquinas frigoríficas corrientes con compresores recíprocos como los empleados

en el acondicionamiento del aire. El R-22 ha sido preparado para temperaturas bajas (-6.67°C), mientras que el Freón-13 y el Freón-14 son para temperaturas muy bajas (menores a -10°C); por esta razón el R-22 generalmente no es recomendable para usarse a bajas temperaturas comerciales y sus características son tales que la presión y temperatura de descarga son por lo común excesivas. El R-22 tiene un volumen específico más bajo y un mayor calor latente de vaporización que el R-12 a la misma temperatura de evaporación. Por consiguiente, la utilización del R-22 a veces permite hacer uso de un compresor de menor tamaño para obtener la misma capacidad de refrigeración que si se usara el R-12. El R-22 (clorodifluorometano CHClF_2) ha reemplazado al R-12 en muchas aplicaciones ya que substituye uno de los átomos de cloro (en el R-12, CCl_2F_2) por uno de hidrógeno; por lo tanto, tiene una menor capacidad de destrucción sobre la capa de ozono (aprox. 10% que el R-12) y ejerce un menor potencial de calentamiento global (aprox. 6% que el R-12). Estas características lo hacen preferible desde el punto de vista ecológico.

El chiller instalado cuenta con 2 manómetros que sensan la presión de succión del refrigerante en el evaporador y la presión de descarga en el condensador. Las mediciones obtenidas por estos manómetros pueden verse en los indicadores que se encuentran detrás de la compuerta frontal del chiller.

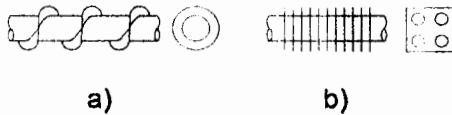
2.1.1.2. Evaporador

Los evaporadores son intercambiadores de calor. Tienen como objetivo proveer una transferencia continua y eficiente de calor desde el medio que se desea enfriar al fluido refrigerante. El medio a enfriar puede ser un gas, un líquido o un sólido. Para el caso del evaporador de este equipo, el medio que se desea enfriar es el agua que, a través de las tuberías de cobre aisladas, llegará a los dos equipos ventilador-serpentín (fan-coils). Este tipo de evaporador es el más común, ya que el refrigerante fluye por los tubos, y el medio a enfriar (agua) se encuentra en el exterior; en este caso, los tubos del evaporador están sumergidos en el agua, la que es bombeada a través

de las tuberías. Los tubos del evaporador se denominan superficie de transferencia de calor.

Comúnmente están contruidos en forma de serpentines, pero existen muchas otras disposiciones y configuraciones según sean las necesidades de aplicación particulares. En general, según su construcción, pueden ser de tipo **tubular o de placa**. En cuanto a superficies tubulares, éstas pueden ser de tubos lisos o tubos con aletas. Se utilizan aletas en los tubos de manera que se aumente el área superficial de transferencia de calor por unidad de longitud del tubo. A la superficie comprendida por las aletas se le llama superficie secundaria de transferencia de calor y a la superficie del tubo sin aletas se le denomina superficie primaria. Los tubos con aletas resultan eficaces cuando la diferencia entre el coeficiente de transferencia de calor entre los dos fluidos es grande y se colocan en el lado que presenta la mayor resistencia térmica. Los evaporadores de placa no tienen aplicación práctica dentro del aire acondicionado. Se construyen dejando espacios entre

dos placas. A través de estos espacios fluirá el refrigerante. El área de la placa por la que no fluye el refrigerante se constituye en la superficie secundaria de transferencia de calor. Este tipo de evaporador es ventajoso ya que, debido a su forma, puede utilizarse como componente estructural dentro del sistema de refrigeración. En la figura 2.4 se muestran superficies tubulares con aletas para evaporadores.



**FIGURA 2.4. TUBOS DE EVAPORADORES CON ALETAS: a) ESPIRALES;
Y b) PLANAS**

La construcción de este evaporador es del tipo de casco y serpentín, es decir que tiene un serpentín de expansión directa de forma helicoidal dentro de un casco que contiene el agua que se desea enfriar.

Los evaporadores en forma de serpentines pueden ser de un solo circuito o de circuitos múltiples. La longitud de la tubería en una disposición de un solo circuito

está limitada debido a que la caída de presión dependerá de la longitud del tubo y del flujo del refrigerante. Los circuitos múltiples permiten una reducción en la caída de presión y al disminuir la presión de succión se pueden utilizar compresores de menor capacidad. En la figura 2.5 se muestra un diagrama del evaporador de un solo paso y el de circuitos múltiples. En el caso de serpentines de circuitos múltiples, se deben tomar precauciones para que el refrigerante se distribuya uniformemente y fluya a cada circuito con la misma proporción de líquido y gas de vaporización súbita. Siempre habrá una mayor caída de presión en las líneas que alimentan a los circuitos más alejados de la válvula de expansión, lo que provocará que en esas líneas se produzca más gas de vaporización súbita y haya una cantidad insuficiente de líquido. Además, debido a la mayor densidad del refrigerante líquido, éste fluirá mayormente a los circuitos que se encuentran en la parte inferior y el gas de vaporización súbita alimentará a los de la parte superior.

parte inferior y el gas de vaporización súbita alimentará a los de la parte superior.

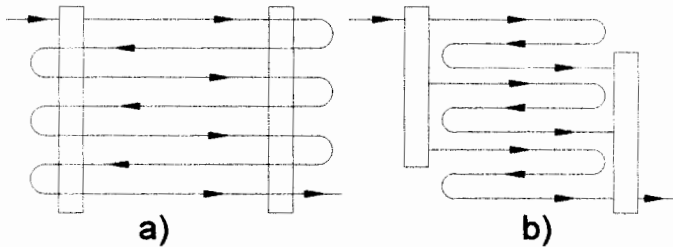


FIGURA 2.5. a) EVAPORADOR DE UN SOLO CIRCUITO; b)
EVAPORADOR DE CIRCUITOS MÚLTIPLES

La alimentación desigual produce una reducción de la capacidad del sistema, ya que algunos de los tubos no se utilizan en su totalidad. Con el fin de proveer un flujo igual de refrigerante líquido y de vapor desde la válvula de expansión hasta cada circuito del serpentín se utilizan los distribuidores de refrigerante. El refrigerante líquido y el vapor se mezclan perfectamente en el cuerpo del dispositivo y debido a que cada uno de los distribuidores tiene la misma longitud, todos los circuitos reciben la misma alimentación. El evaporador del chiller que se ha

instalado tiene circuitos múltiples de 6 tubos, tal como se puede observar en la figura 2.6. que se encuentra a continuación.



FIGURA 2.6. DISTRIBUIDOR DEL EVAPORADOR DEL CHILLER

La transferencia de calor en el evaporador se da de la siguiente manera: el refrigerante R-22 entra a las tuberías del evaporador a baja temperatura y baja presión como resultado de la expansión que experimenta al pasar a través del dispositivo de control de flujo (válvula de expansión) en el que una pequeña porción del refrigerante se evapora debido a la súbita caída de presión, disminuyendo su temperatura y de esa manera enfría el resto del refrigerante líquido.

refrigerante líquido recibe calor del agua, al atravesar los tubos, irá hirviendo gradualmente hasta que al llegar a la salida del evaporador lo hará como vapor saturado. El evaporador es del tipo de expansión seca y las paredes de los tubos no estarán completamente cubiertas con refrigerante líquido. Cuando el refrigerante entra al serpentín, ya se encuentra ahí algo de gas de vaporización súbita y a medida que el refrigerante fluye irá aumentando la proporción de vapor.

La capacidad del tanque de almacenamiento de agua en el que se encuentra sumergido el evaporador es de 25 galones (aproximadamente 0.1 m^3).

El chiller instalado cuenta con 2 termómetros que sensan la temperatura del agua de enfriamiento cuando a la salida hacia las unidades terminales y cuando regresa al evaporador. Las mediciones obtenidas por estos termómetros pueden verse en los indicadores que se encuentran detrás de la compuerta frontal del chiller.

2.1.1.3. Condensador

La función del condensador en el sistema de refrigeración es remover calor del vapor refrigerante que sale del compresor (o del generador en un sistema de absorción) de manera que el refrigerante se condense a su estado líquido. Entonces será éste capaz de lograr un efecto de refrigeración por evaporación. El condensador al igual que el evaporador, es un intercambiador de calor. En él el calor se transfiere del refrigerante a un medio de enfriamiento, ya sea el aire o el agua.

El refrigerante siempre sale del compresor a una temperatura muy superior a su temperatura de saturación, es decir, sobrecalentado. A continuación, la remoción adicional de calor condensa gradualmente el refrigerante (se remueve el calor latente). El tamaño del condensador puede ser justamente el adecuado para que el refrigerante salga del condensador a su temperatura de condensación. Sin embargo, en la mayoría de los casos, la superficie de transferencia de calor del condensador es suficiente para que el

refrigerante líquido se subenfrié por debajo de su temperatura de saturación antes de salir del condensador. El condensador debe remover todo el calor que el refrigerante ha adquirido en el sistema. Este calor es la suma del calor adquirido por el refrigerante en el evaporador y el calor que obtuvo al ser comprimido en el compresor. El calor removido se llama *calor de rechazo*.

Los condensadores pueden clasificarse en tres grupos según el medio de enfriamiento utilizado y la manera en la que se transfiere calor al mismo. Éstos son: condensador enfriado por agua, condensador enfriado por aire y condensador evaporativo. Los condensadores enfriados por agua y aire utilizan la capacidad de calor sensible de los fluidos de enfriamiento, es decir, que el agua o el aire, respectivamente, aumentan su temperatura. Se utiliza estos medios para enfriar los condensadores ya que se puede disponer de ellos en cantidades suficientes a ningún costo o a un costo razonable y tienen propiedades físicas deseables.

Para el caso del chiller que se ha instalado, el condensador es del tipo enfriado por aire. Estos condensadores generalmente se construyen de tubos con aletas dispuestas en hileras de serpentines. El refrigerante fluye por los tubos y el aire fluye en dirección cruzada entre los mismos. Las aletas se utilizan debido al bajo coeficiente de transferencia de calor en el lado del aire.

Un tipo de condensador que suelen utilizar los chillers es el **condensador evaporativo** que transfiere calor principalmente por el efecto de enfriamiento causado por el agua que se evapora. En la figura 2.7 se muestra un diagrama esquemático de este condensador.

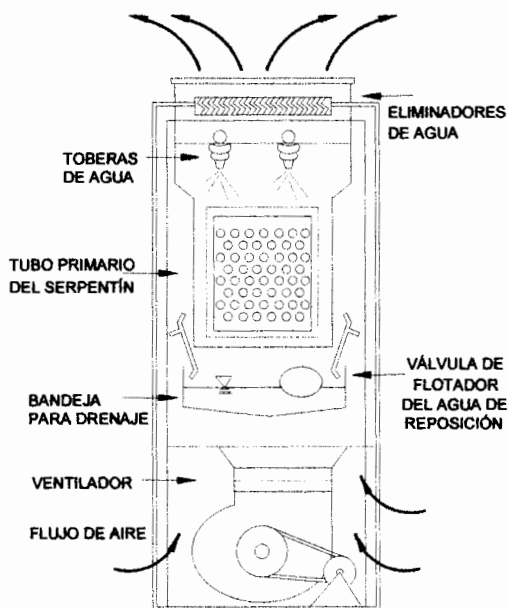


FIGURA 2.7. CONDENSADOR EVAPORATIVO

Este condensador opera de la siguiente manera: el agua se bombea a un cabezal y mediante unas espreas se atomiza sobre el serpentín de enfriamiento. El calor del refrigerante evapora el agua al aire circundante. El aire ambiente se hace pasar a través del condensador mediante un ventilador. El contenido de vapor de agua (la humedad) del aire aumenta a medida que recoge el agua evaporada de la atomización. El aire húmedo se descarga a la atmósfera. El agua atomizada que no se evapora se recoge en un recipiente o colector ubicado en el fondo

del condensador y se recircula. El aire fluye a una velocidad bastante alta y recoge las pequeñas gotas de agua. La mayor parte de la transferencia de calor tiene lugar por la evaporación del agua que pasa a la corriente del aire circundante y una pequeña parte tiene lugar por el efecto del calor sensible. La transferencia de calor por unidad de área de superficie es mucho mayor que cuando se trata de condensadores enfriados por aire, debido a que el coeficiente de la película del líquido es mayor que el del gas. Esto da por resultado que los condensadores evaporativos requieran menos tubería. Esto, junto con el uso de ventiladores centrífugos, permite que su tamaño físico sea menor que el de los condensadores enfriados por aire. Se utilizan ventiladores centrífugos debido a que la caída de presión a través de la unidad es considerable. Los ventiladores se pueden instalar para obtener una circulación del aire ya sea por inyección o por succión. Si se colocan a la salida del aire (succión del ventilador), sus materiales deben ser capaces de resistir los efectos corrosivos del aire que tiene un alto contenido de humedad. El condensador

evaporativo es más compacto y, generalmente, resulta menos costoso que un condensador enfriado por agua y una torre de enfriamiento juntos. La potencia requerida para la bomba también es menor, debido a la menor longitud de las tuberías. Al compararlo con un condensador enfriado por aire, el condensador evaporativo también presenta ventajas, ya que la temperatura más baja a la cual se puede enfriar el agua por evaporación es la temperatura de bulbo húmedo, la cual está muy por debajo que la temperatura ambiente, que es la temperatura más baja a la que se puede llegar un condensador enfriado por aire. La desventaja que el condensador evaporativo presenta con respecto a los condensadores enfriados por agua y los enfriados por aire es que se le debe proporcionar un mantenimiento más riguroso, debido a las incrustaciones y la corrosión. La posibilidad de la congelación del agua también constituye una desventaja cuando la temperatura ambiente está por debajo del punto de congelación de esta y si además el condensador evaporativo se encuentra a la intemperie.

Una de las soluciones consiste en proveer una fuente de calor en el depósito.

2.1.1.4. Bombas

Este sistema cuenta con dos bombas: la bomba principal del sistema (system pump) y una bomba de retorno (by-pass pump).

La bomba principal del sistema se encarga de hacer circular el refrigerante secundario (agua helada) desde el tanque de almacenamiento a través de las tuberías de hierro negro hasta llegar a los fan-coils, atravesar los serpentines y retornar al tanque de almacenamiento de agua helada. La bomba secundaria

Cuando se selecciona un chiller se debe tomar en cuenta que la bomba del sistema cumpla con los requisitos de flujo y cabezal específicos de cada sistema. Al seleccionar la bomba también se debe considerar la longitud de las tuberías y todas las caídas de presión que pudiera haber en el sistema.

La bomba principal que se ha suministrado con el chiller ha sido seleccionada de manera que su flujo y cabezal de operación cubra el 90% de las aplicaciones comunes y para que su flujo de operación sea agua limpia, en un rango de temperatura por debajo de los 18°C. El rango de temperatura de operación del sistema está entre -6°C y 15°C. La mínima temperatura a la que el agua del sistema puede circular sin necesidad de aplicarle un anticongelante es 6°C.

En el **Apéndice G** encuentran las características físicas (dimensiones, diámetro de las tuberías de entrada y salida, potencia del motor) y las características de operación de ambas bombas. Esta información ha sido entregada por el fabricante. También se muestran los diagramas de operación de la bomba del sistema y de la bomba de retorno.

Las características de construcción de las bombas son:

- Impeller de acero inoxidable que asegura una alta eficiencia en la operación y máxima resistencia a la corrosión y la cavitación.
- Baja temperatura de operación
- Resorte irrompible diseñado para minimizar las vibraciones, el ruido y el desgaste del eje. Su sencilla construcción permite retirar el motor en sitio y no requiere ajustes adicionales.
- Sellos de alta calidad que pueden ser reemplazados sin necesidad de desmontar la bomba.
- Eje de acero inoxidable de alta dureza para evitar la oxidación.
- Cojinete principal que asegura la posición de los empaques y el impeller.
- Depósito de aceite de amplia capacidad.

En caso de presentarse filtraciones, los sellos de la bomba deberán reemplazarse.

2.1.1.5. Manómetros y termómetros

Manómetros.- El chiller instalado cuenta con un control de presión dual que sensa tanto la presión de

succión en el evaporador como la presión de descarga en el condensador. Este manómetro pertenece a la marca Penn, modelo P72NA-1. En el **Apéndice H** se encuentra la información del control de presión entregada por el fabricante.

El control de esta unidad se resetea manualmente tanto para baja como para alta presión. El botón para resetear está localizado en el centro del control y deberá presionarse para que la unidad vuelva a funcionar después de haber estado apagada. El límite para la baja presión sirve para prevenir el congelamiento del agua helada cuando la presión de succión disminuya en exceso. Que el compresor se apague frecuentemente cuando la presión de succión es baja usualmente indica una disminución de la cantidad de refrigerante. La máxima presión a la que se setea el control es 375 psi. Se debe considerar que el control no puede estar sometido a temperaturas mayores a 60°C.

Este manómetro está conectado con dos indicadores de presión de succión y de descarga localizados en la cubierta frontal.

Termómetros.- El chiller instalado cuenta con un control de temperatura marca Penn, modelo A19ABA-4. Este control tiene un rango de operación entre 20°F (-6.6°C) y 80 °F (26.6°C). Sirve para sensar la temperatura del agua a la entrada y a la salida del chiller. Los bulbos sensores del control de temperatura están localizados en la línea de suministro y retorno del agua del chiller. En el **Apéndice I** se encuentra la información del control de temperatura entregada por el fabricante.

En la figura 2.8 se muestra la ubicación de los controles de presión y temperatura con sus respectivos indicadores dentro del panel de control.

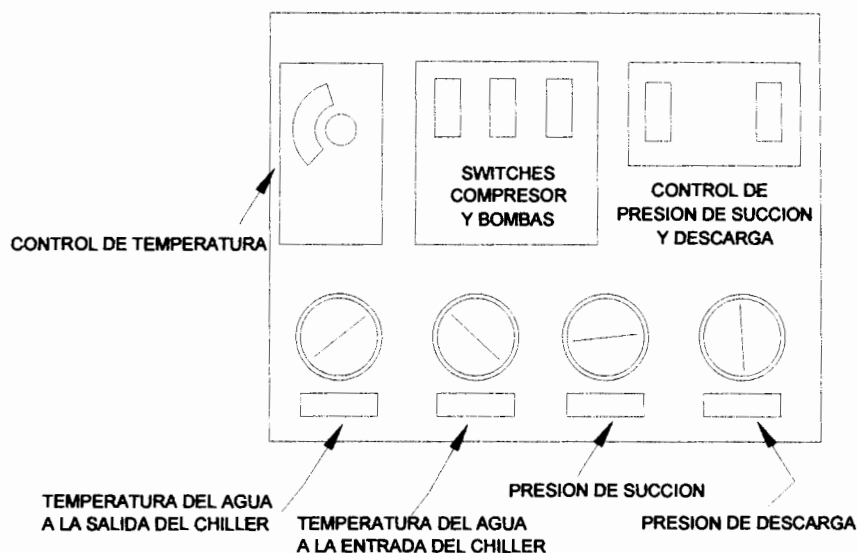


FIGURA 2.8. DIAGRAMA DEL PANEL DE CONTROL DEL CHILLER

2.2. Fan-coils

Los fan-coils o equipos ventilador-serpentin son evaporadores de ventilación forzada, ya que utilizan ventiladores para hacer pasar el aire entre los serpentines con refrigerante, agua caliente o agua helada y, de esta manera, enfriarlo. Una de las aplicaciones de los fan-coils es el aire acondicionado, pero también se utilizan como enfriadores de productos o en otros casos en que se necesiten unidades de enfriamiento. Los fan-coils que se han utilizado como parte de este proyecto son del tipo ceiling unit (unidades de tumbado o tipo gabinete) y no necesitan esconderse detrás de éste como las

unidades tipo roof top, sino que se instalan a la vista en el área que se desea acondicionar.

La construcción de los fan-coils varía de acuerdo con el uso que se les da. En la figura 2.9 se muestra una foto de los fan-coils tipo roof top y los que han sido instalados como parte de esta tesis (tipo ceiling unit). También los hay de tipo vertical floor mounted, es decir, que van colocados en el piso. Estos modelos dan mejores resultados en climas o en edificios con altos requerimientos de calentamiento.

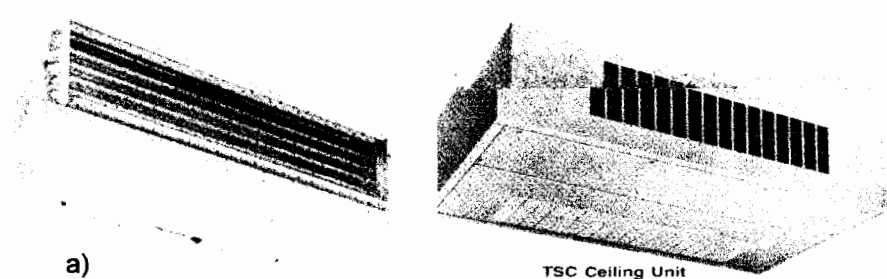


FIGURA 2.9. a) FAN-COIL TIPO ROOF TOP. b) CEILING UNIT

En los fan-coils es posible utilizar tanto serpentines de expansión directa como serpentines inundados.

Cuando se desea evitar la deshidratación o se desean niveles muy bajos de ruido se utilizan velocidades muy bajas de aire (menores a 300 pies/minuto). En las aplicaciones generales del almacenamiento

en frío donde no tiene lugar un exceso de deshidratación y también en los sistemas de aire acondicionado se utilizan velocidades medias de 300 a 700 pies/minuto. En el caso del aire acondicionado, las velocidades por encima de este nivel dan por resultado que salga, por arrastre, agua condensada junto con la corriente de aire. No obstante se pueden utilizar eliminadores del tipo de deflector para atrapar las gotas de agua. Se utilizan velocidades muy altas (hasta de 2 000 pies/minuto) cuando se desea alcanzar una transferencia de calor muy elevada, como en los congeladores de ráfaga, en los cuales se hace pasar el aire a muy bajas temperaturas y a altas velocidades sobre los productos que necesitan congelarse rápidamente. Para el caso de este proyecto, la velocidad del aire es de 500 pies/minuto.

En lugar de utilizar serpentines secos, algunas unidades de ventilación forzada se modifican para usarse con aspersores en los serpentines. Una bomba, tuberías y un cabezal con aspersores forman parte de la unidad. Al rociar el serpentín con un líquido, se aumenta la cantidad de transferencia de calor. Se utiliza agua cuya temperatura es superior a la temperatura de congelación. Si se desea que el aire esté por debajo de los 0 °C se utiliza una solución de salmuera o de glicol.

La mayoría de los fan-coils cuentan con los siguientes componentes: serpentín de tubos aleteados, ventilador, filtros de aire reemplazables, bandejas para atrapar y drenar el condensado. Se coloca un filtro lavable o desechable a la entrada del ventilador para proteger al serpentín del polvo o elementos extraños que pudieran afectar al serpentín. Este filtro también protege el ventilador y el motor y reduce el nivel de contaminación del aire dentro del espacio acondicionado.

Los fan-coils domésticos generalmente están disponibles en capacidades de 200, 300, 400, 800 y 1200 cfm. Según las necesidades de instalación, pueden conseguirse fan-coils de tipo vertical u horizontal, para montar sobre el piso o bajo el tumbado (tipo roof top). A las unidades de tipo bajo techo pueden acoplárseles ductos, tanto de suministro como de retorno, de manera que un equipo acondicione más de un ambiente.

Presentan la ventaja de que permiten controlar separadamente la temperatura de diferentes áreas o habitaciones, por esta razón se instalan en hoteles, edificios de apartamentos y oficinas. Estas unidades pueden ser apagadas mientras el área en que se

encuentran no se está utilizando sin que exista intercambio de aire o contaminación entre las diferentes zonas.

Tienen la desventaja de que cuando operan a bajas temperaturas de punto de rocío requieren de bandejas de condensado y sistemas de drenaje que representan mantenimiento adicional. Utilizan filtros pequeños, por lo tanto, de baja eficiencia y requieren ser cambiados frecuentemente para mantener el caudal de aire. Los niveles de humedad tienden a ser relativamente altos con respecto a otros equipos.

La capacidad de enfriamiento del fan-coil puede ser controlada mediante el flujo del agua o la velocidad del ventilador.

Los dos fan-coils que se han utilizado para instalar directamente en el área acondicionada pertenecen a la marca McQuay, su modelo es el TSC061FRA y su capacidad es de 24000 BTU/h. El suministro de aire se realiza por la parte frontal del equipo y el retorno de aire es a través de la bandeja inferior.

La bandeja de drenaje está fabricada con acero galvanizado de calibre 20 (0.95 mm) y cuenta con una superficie aislante para evitar

la ganancia de calor dentro del fan-coil. Este aislante es de fibra de vidrio de alta densidad de $\frac{1}{2}$ " de espesor. La unidad tiene en el retorno un filtro de aire de $35 \frac{7}{8}$ " x $9 \frac{7}{8}$ " de 1" de espesor.

Las conexiones para la tubería de agua helada pueden colocarse a la izquierda o a la derecha de la unidad ya que existen 4 agujeros (2 a la izquierda y 2 a la derecha) para tal efecto. De igual manera, la unidad cuenta con un agujero de 2" para las conexiones de drenaje a ambos lados de la bandeja inferior. Los cables eléctricos pueden ser instalados a la derecha o a la izquierda del fan-coil.

En el **Apéndice J** se adjuntó una hoja con las especificaciones generales de la marca proveedora (McQuay) de estos fan-coils. Como se podrá ver en la tabla de las dimensiones de la unidad, la rejilla de descarga es de 34" x 6" de altura y la de retorno de 36" x 10".

2.2.1. Ventiladores

Estos fan-coils cuentan con 2 ventiladores de tipo centrífugo, con álabes curvados hacia delante, de doble entrada (double inlet) y que son impulsados por un solo motor localizado entre ambos y que está conectado directamente al eje central de los

ventiladores, es decir que es un ventilador **direct drive** (con transmisión directa). Este motor es monofásico, de 1/20 HP, consume 1.2 Amp, 115 voltios, su frecuencia es de 60 Hz y gira con una velocidad de 1070 RPM. En la figura 2.10 se observa la ubicación del motor y los dos ventiladores de los fan-coils. Los ventiladores se encuentran localizados en la parte posterior del fan-coil tal como se muestra en la figura 2.11.

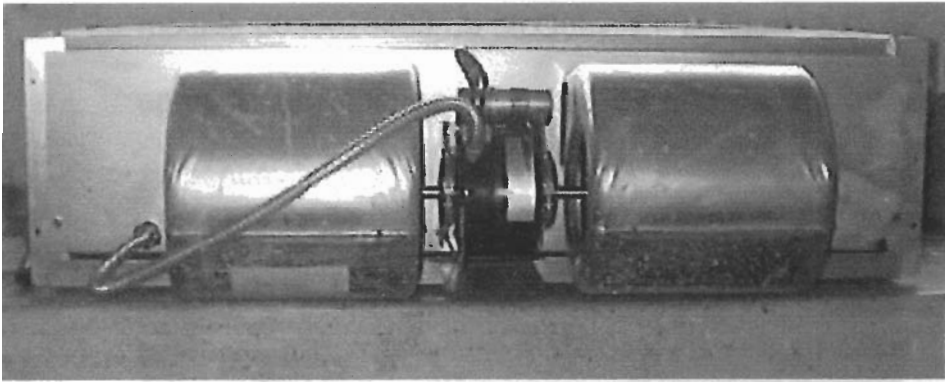


FIGURA 2.10. MOTOR Y VENTILADORES DE LOS FAN-COILS

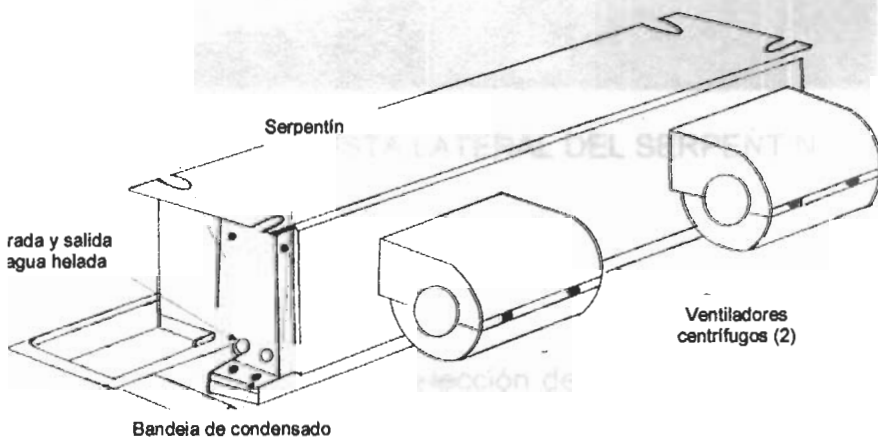


FIGURA 2.11. VENTILADORES DE LOS FAN-COILS (2)

2.2.2. Serpentín

El serpentín del fan-coil es de expansión directa, de un solo circuito, con tubería de cobre con aletas de aluminio para acelerar la transferencia de calor. La forma del serpentín es plana con 14 tubos rectos y 7 curvas de retorno de tubería cobre de 5/8" de diámetro.

El serpentín que ha sido instalado en este fan-coil es el modelo 0039028403 de McQuay. En la figura 2.12 se pueden apreciar las tuberías de cobre de uno de los extremos del serpentín.

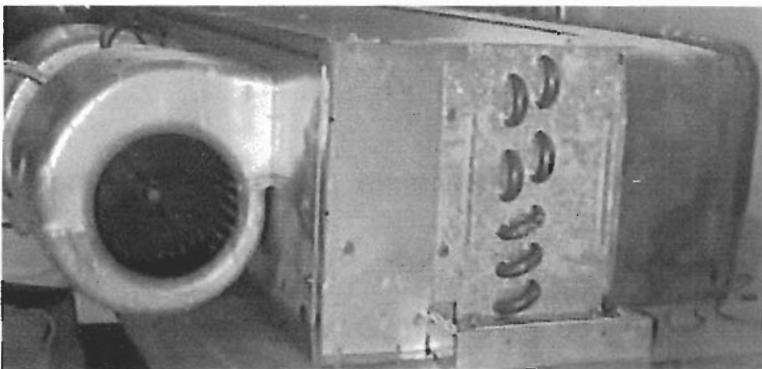


FIGURA 2.12. VISTA LATERAL DEL SERPENTÍN

2.3. Tubería de hierro negro

Es importante la correcta selección del diámetro de las tuberías y la definición de su recorrido. Éste no debe tener una longitud innecesaria, cambios en la dirección u otras restricciones que

accesorios no deben ocasionar una excesiva caída de presión ya que ésta disminuye el rendimiento del sistema y podría ser necesario un aumento de la capacidad de la bomba.

Las tuberías principales del sistema, tanto la de suministro como la de retorno de agua, se pueden dividir en tuberías secundarias de menor diámetro (que manejen caudales menores) para conectarse con las unidades terminales. De igual manera, las unidades terminales pueden estar instaladas por zonas o pisos y las tuberías principales se pueden dividir según el diseño, el mismo que determina el menor recorrido de tuberías considerando las características del lugar donde se realice la instalación.

En los sistemas de agua, los materiales más utilizados para las tuberías son el acero, el hierro negro (acero laminado en frío de calidad comercial norma JIS G3141 o A366, de resistencia y maleabilidad moderadas) y el acero galvanizado (zinc-coated) ya sea utilizando tubería soldada o sin costura, acero dúctil o fundido, cobre duro (hard copper) o PVC (polivinil chloride). Los materiales de las tuberías para varios propósitos se muestran a continuación en la Tabla 1:

	AGUA HELADA	AGUA CALIENTE	AGUA FRÍA
HIERRO NEGRO	X	X	X
ACERO GALVANIZADO	X		X
COBRE DURO		X	
HIERRO DÚCTIL			X
PVC			X

TABLA 1. MATERIALES DE TUBERÍA Y SUS APLICACIONES

El cobre, el acero galvanizado, el hierro dúctil galvanizado y la tubería de PVC presentan mejor resistencia a la corrosión que la tubería de hierro negro, pero ésta es más económica que la primera y comparándola con los otros materiales, presenta mayor durabilidad y resistencia. La selección del material de la tubería dependerá tanto de los requerimientos técnicos, como de las condiciones del medio.

El diámetro de tubería que se utilizará dependerá de la caída de presión provocada por la fricción del agua dentro de la tubería y del flujo que requiera el sistema. También se debe considerar si la tubería será para un sistema de agua abierto o cerrado, en el primer caso, la tubería requerida para permitir el mismo flujo de agua deberá tener un diámetro mayor ya que los sólidos en suspensión, las incrustaciones, etc. pueden producir una reducción en el diámetro

original y, por lo tanto, disminuir la velocidad del agua. En el **Apéndice K** se observa el gráfico que muestra la relación (para tuberías de agua de un sistema de circulación cerrado) entre las pérdidas por fricción (en pies de agua por cada 100 pies de agua), el diámetro de las tuberías (en pulgadas), el flujo (en GPM) y la velocidad del fluido (en pies por segundo). Mediante este gráfico se pueden determinar cualesquiera dos características conociendo otras dos.

Es evidente que la instalación de una tubería requiere de ciertos accesorios adicionales, tales como codos, tees, reducciones y uniones de hierro negro. Las últimas permiten desmontar con facilidad elementos instalados en la tubería.

2.4. Aislamiento

Para aislar las tuberías de hierro negro se ha utilizado el aislamiento Armaflex de la marca Armstrong en mangas de 2 metros para tuberías de 1" y 1¼" de espesor ½".

La tubería debe ser aislada ya que a través de ella circula agua helada que de otra manera ganaría calor, produciría condensación durante su recorrido y no cumpliría con su función que es llevar agua

helada (a 44°F) desde el chiller hasta las unidades terminales. También debe aislarse la tubería de los sistemas de agua caliente ya que, a la inversa, el agua perdería calor durante el trayecto:

El Armaflex es un aislamiento flexible de espuma elastomérica y de color negro. Su estructura de célula cerrada retarda eficazmente el flujo del vapor húmedo. Los espesores nominales del aislamiento se incrementan con el diámetro. Este aislamiento es de baja conductividad térmica ($k = 0.035 \text{ W/m } ^\circ\text{k a } 0^\circ\text{C}$) y tiene un coeficiente de protección contra la humedad de $\mu = 5000$. Estas características permiten evitar la condensación y ahorrar energía. El Armaflex posee una clasificación al fuego M-1, es decir que no propaga la llama ni gotea y tiene un elevado grado de atenuación acústica lo que lo convierte en un material idóneo para amortiguar los ruidos en caso de vibraciones. Este aislamiento sirve para temperaturas de operación entre -40°C hasta -105°C .

No es necesario aislar la tubería en el caso de los sistemas de agua fría. Como ya se explicó anteriormente, en el caso que se requiera enfriar una determinada área, el agua de enfriamiento recogerá el calor de los condensadores de las unidades terminales y el agua que recorre las tuberías disipará su calor al ambiente en la torre de

enfriamiento o en el enfriador de circuito cerrado; por lo tanto la pérdida de calor a través de la tubería más bien favorece al sistema.

En el **Apéndice L** se muestran las características del aislamiento entregadas por el fabricante.

2.5. Accesorios

Los accesorios que se han instalado como parte de este sistema de agua helada son válvulas de 3 vías y termostatos de 3 etapas. Adicionalmente se ha instalado tubería de cobre para poder conectar la salida del serpentín del fan-coil con la tubería de entrada y salida de agua helada.

2.5.1. Válvulas

Para este tipo de instalaciones se utilizan válvulas solenoides de 3 vías. Estas válvulas actúan permitiendo el paso del agua helada (desde la tubería de suministro) a las unidades terminales o recirculándolo (a través de la tubería de retorno) hacia el chiller dependiendo de la señal que reciban del termostato. Son válvulas accionadas eléctricamente que siempre se instalan de manera que cuando están apagadas el agua regrese al chiller y cuando la corriente eléctrica las

energiza, el motor se enciende, obstruye el conducto de retorno y abre el de suministro enviando el agua hacia las unidades terminales. Una vez que la temperatura sensada por el termostato es la apropiada, el termostato deja de enviar la señal eléctrica, la válvula se apaga y el vástago regresa a su posición usual cerrando el conducto que va al fan-coil y retornando el agua al chiller. Por esta razón son muy útiles para ahorrar energía ya que evitan que un suministro innecesario de agua llegue a unidades terminales que se encuentran en una zona que ya alcanzó su temperatura adecuada. En esta instalación se cuenta con 2 unidades fan-coils y cada una de ellas tiene su propia válvula de 3 vías.

Las válvulas que se han instalado pertenecen a la marca Belimo, Series Z...T, modelo Z320T+SEF120 para tubería de $\frac{3}{4}$ ". Constan de un motor protegido contra la humedad que mueve el actuador de la válvula, además una pequeña palanca metálica que permite que la válvula sea puesta en la posición abierta manualmente y que regresa a la posición de automático una vez que se enciende la válvula. Su máxima temperatura de operación es 94°C . La máxima presión estática que resisten

la válvula es $C_v = 5.4$ y sus características eléctricas son 120v/60Hz/7W.

En el **Apéndice M** se encuentra una copia de la información de la válvula de 3 vías entregada por el fabricante. Se puede observar en el gráfico que explica la dirección del flujo que este puede dirigirse solamente con estos sentidos: desde AB hacia A o desde AB a B, pero no en sentido inverso. La vía que está abierta cuando la válvula está apagada es la vía A, por lo tanto, esa salida es la que siempre se conectará a la tubería de retorno y la salida B se conectará a la tubería de suministro al fan-coil. En la figura 2.15 se muestra la válvula de 3 vías que se ha instalado para cada fan-coil.

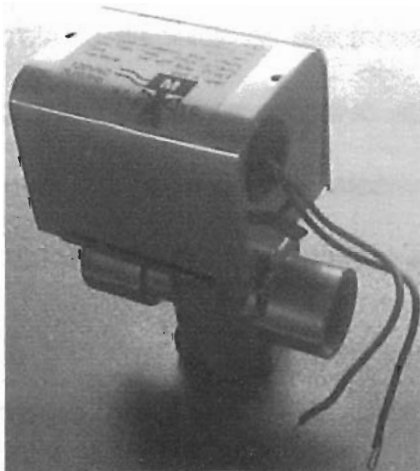


FIGURA 2.15. VÁLVULA DE 3 VÍAS

Las válvulas de 3 vías se han conectado mediante uniones para que puedan ser desmontadas con facilidad.

Otras válvulas que se han utilizado son 2 válvulas de bola antes y 2 válvulas de compuerta para poder interrumpir el paso de agua a los fan-coils.

2.5.2. Varios

Termostatos.- Son controles de temperatura. Detectan la temperatura de las sustancias y, si poseen un dispositivo eléctrico de control, controlan circuitos eléctricos.

El termostato que se ha instalado es de tres etapas porque puede controlar 3 dispositivos eléctricos: la válvula de 3 vías, el ventilador del FC y un dispositivo adicional que podría ser encender una luz cuando se alcanza cierta temperatura, controlar el encendido de un calentado eléctrico de un FC, etc.

Este termostato pertenece a la marca Honeywell, Modelo T6575C. Consta de una pantalla digital en la que se indica la temperatura en grados centígrados o fahrenheit, botón para ajustar manualmente la velocidad del ventilador, las

temperaturas establecidas manualmente se mantienen en la memoria del termostato aunque la energía eléctrica se desconectara. Controla un rango de temperaturas entre 50 y 90 °F (10 y 30 °C).

En el **Apéndice N** se muestran las características de los termostatos de 3 etapas instalados entregadas por el fabricante.

CAPÍTULO 3

3. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

3.1. Generalidades

Los equipos descritos en este proyecto actualmente acondicionan el Laboratorio de Procesos de la FIMCP. El chiller fue instalado en los exteriores del Laboratorio de Termofluidos y los dos fan-coils se encuentran directamente en el área acondicionada.

En un sistema de agua helada, una vez que se ha determinado la capacidad del chiller y de las unidades terminales necesarias para enfriar o climatizar una determinada área, se debe diseñar el sistema en sí mismo, lo cual comprende: definir el recorrido y dimensiones de las tuberías, ubicación de válvulas, termostatos, manómetros y termómetros; determinar el espesor del aislamiento y la cantidad de accesorios necesarios, tales como uniones para poder desmontar ciertos componentes, tees, codos y reducciones. En este caso, se

realizó un proceso inverso ya que los equipos existían dentro de la Facultad, por lo tanto, se escogió una zona para climatizar que estuviera de acuerdo con la capacidad de estos. En este capítulo se detallarán los cálculos y procedimientos que se siguieron para diseñar el sistema.

Para poder contar con este sistema de agua helada, fue necesario realizar instalaciones adicionales como conexiones eléctricas para el chiller (compresor, bombas y ventilador), para los fan-coils, conexiones de los termostatos con los ventiladores de los fan-coils y las válvulas de 3 vías. También se debió extender una tubería de agua para mantener lleno el tanque de agua elevado que provee agua para el chiller de manera que esta estuviera disponible cuando se quisiera llenar el reservorio en el que está sumergido el evaporador o para que, en caso de apagarse el equipo, el agua helada regrese a través de la manguera de conexión al tanque elevado y no rompa las tuberías del evaporador. Esto puede ocurrir debido a que el agua, al disminuir su temperatura, se contrae y ocupa un menor espacio dentro del sistema de tuberías; cuando el equipo se apaga, el agua se dilata y ocupa más espacio, por lo tanto, si no cuenta con un sistema de desfogue, puede romper las tuberías de agua helada.

El área de la sala acondicionada es de 125.5 m². Realizando el cálculo de carga de esta aula, que se muestra en el **Apéndice O**, se obtiene un total de 32417 BTU/h (2.7 Ton refrigeración) que deben extraerse del área para mantenerla a una temperatura de entre 18 y 23 °C que es el rango de temperaturas dentro del cual se trata de mantener las áreas climatizadas. Este cálculo es conservador y no considera las ganancias de calor como resultado de equipos adicionales que se quiera instalar en el área indicada, lo que podría provocar que la carga del lugar incluso supere ligeramente a la capacidad del equipo. Como se indicó anteriormente, la capacidad del chiller es de aproximadamente 5 Toneladas de refrigeración. Para las temperaturas de evaporación y de condensación especificadas en el Capítulo 2, la capacidad del equipo es de 49250 BTU/h (4.1 Ton refrigeración).

3.2. Equipos

Chiller.- El chiller enfriado por aire se ha ubicado fuera del Laboratorio de Termofluidos, junto al compresor de la línea de aire comprimido para el Laboratorio de Procesos. Ambos equipos están colocados a la intemperie.

Cada vez que se necesite arrancar el chiller, deberán realizarse los siguientes pasos:

- El sistema deberá estar completamente lleno de agua.
- Se deberán cerrar todas las válvulas de compuerta en la línea de suministro de agua helada.
- Los interruptores de las bombas y compresores deberán estar en la posición de "apagado".
- Verificar que el ventilador del condensador esté libre de obstáculos.
- Fijar los controles de temperatura y presión de acuerdo con lo establecido en la **Tabla 2**:

Control de Temperatura del Agua		Control de presión máxima CUT OUT	Control de Presión de Succión	
CUT IN	CUT OUT		PSI	°F
64 °F	60 °F	375 PSI	60	32°
59	55	375 PSI	60	32
54	50	375 PSI	60	32
49	45	375 PSI	50	25
44	40	375 PSI	45	20
39	35	375 PSI	40	15
34	30	375 PSI	35	10
29	25	375 PSI	30	5
24	20	375 PSI	25	0
19	15	375 PSI	20	-5
14	10	375 PSI	15	-10

TABLA 2. MEDIDAS A ESTABLECER EN LOS CONTROLES DE PRESIÓN Y TEMPERATURA DEL CHILLER

- Abrir todas las válvulas de compuerta de la unidad que permiten la recirculación del agua.
- Poner el interruptor principal de poder en la posición de encendido.
- Encender la bomba de by-pass y verificar que la rotación sea la misma que la que indica la flecha de la carcaza. Si la rotación es incorrecta, se debe apagar el interruptor principal e intercambiar 2 de los 3 cables que suministran poder a la unidad.

En este momento la unidad estará lista para arrancar y los pasos a seguir son:

- Llevar otra vez el interruptor a la posición de encendido.
- La unidad debe ser dejada en esta posición al menos por 4 horas para que el calentador de la carcaza del compresor evapore cualquier resto de refrigerante líquido que pudiera estar en la carcaza.
- Encender la bomba by-pass.
- Llevar el interruptor del compresor a la posición de encendido y el compresor arrancará.
- El ventilador del condensador permanecerá inmóvil mientras se incrementa la presión de condensación.

Cuando se desea arrancar el chiller por primera vez o después de un largo periodo:

Si la temperatura del agua en el reservorio y las líneas es alta (mayor a 24°C), el compresor puede llegar a la máxima presión establecida en el control y apagarse. Esto es normal y si ocurre, se debe esperar hasta que la presión de succión y de descarga se encuentren aproximadamente a 5 psi la una de la otra y, en ese momento, resetear el control de descarga. Puede ser necesario realizar esta operación varias veces hasta que la temperatura del agua en el tanque disminuya.



FIGURA 3.1. CHILLER INSTALADO EN SITIO

En la figura 3.1 se muestra una foto del chiller instalado en sitio.

Se muestra en la figura 3.3.

Fan-coils.- Los 2 fan-coils, ya que son las unidades terminales, se instalaron directamente dentro del Laboratorio de Procesos. Cada uno de los fan-coils extrae la mitad de la carga que maneja el chiller; para las condiciones de evaporación y condensación que se han considerado, la carga que cada FC maneja es 24625 BTU/h.

Cada fan-coil fue sujetado mediante 4 varillas roscadas soldadas a soportes que están sostenidos por pernos de expansión clavados en la losa del techo. En la figura 3.2 se observan los anclajes de los fan-coils, previo a la colocación de éstos.



FIGURA 3.2. VARILLAS DE ANCLAJE DE LOS FAN-COILS

Para poder conectar exteriormente la tubería de hierro negro del sistema con el serpentín del FC fue necesario soldar (en el interior

del FC) dos tramos de tubería de cobre de 5/8". Esta tubería también fue aislada, tal como se muestra en la figura 3.3.

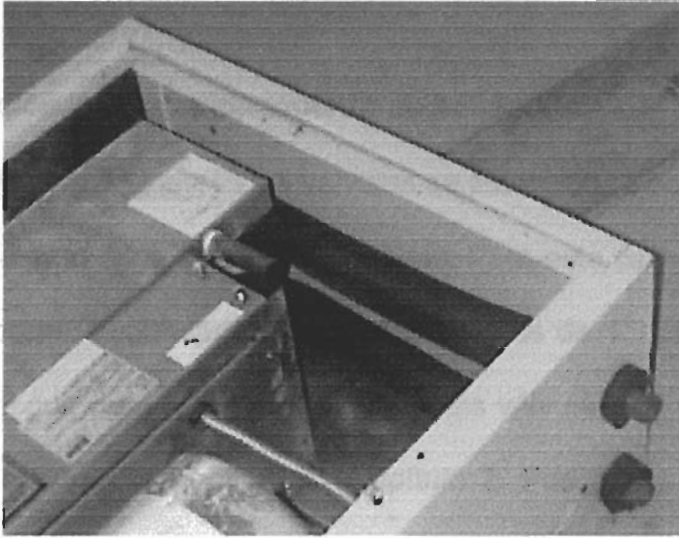


FIGURA 3.3. TUBERÍA DE COBRE AISLADA DENTRO DEL FC

En la figura 3.4 se muestra una foto de los fan-coils instalados.

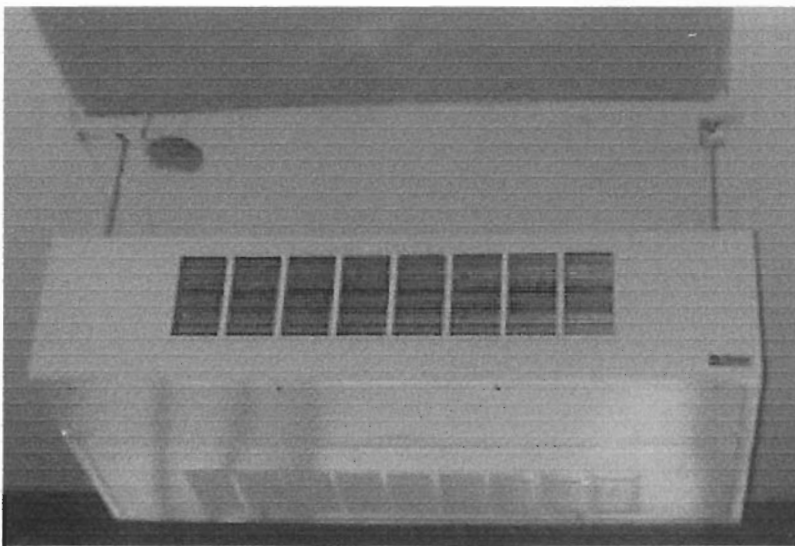


FIGURA 3.4. FAN-COILS DE GABINETE INSTALADOS EN SITIO

Los fan-coils deben encenderse una vez que se han encendido las bombas del chiller y antes de prender el compresor.

3.3. Selección y dimensionamiento de accesorios

Válvulas de 3 vías.- Estas válvulas se seleccionan según el diámetro de la tubería en la que irán instaladas. Para este caso, el diámetro de las tuberías secundarias de los fan-coils es de 1". El criterio que se debe seguir para la instalación de estas válvulas fue especificado en el subcapítulo respectivo del Capítulo 2. Fue ese mismo criterio el que se siguió para esta instalación.

En la figura 3.5 se muestra la instalación de las válvulas de tres vías con respecto al fan-coil.

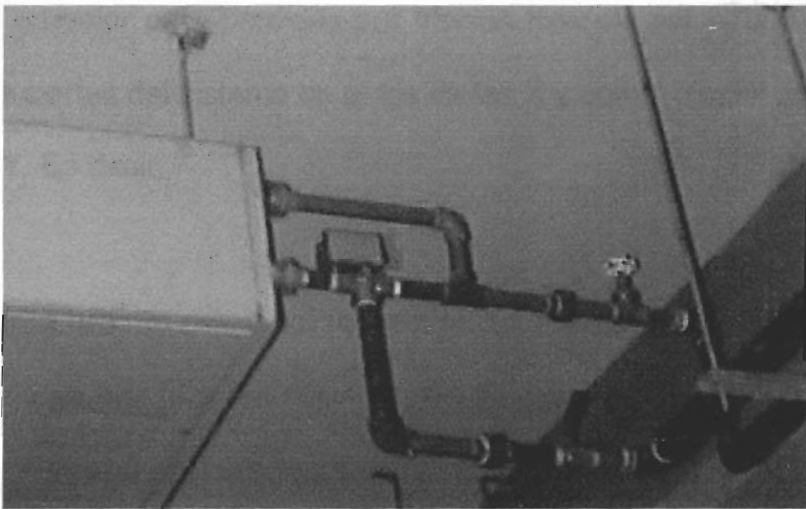


FIGURA 3.5. VÁLVULAS DE 3 VÍAS INSTALADAS EN SITIO

Tubería.- La tubería principal de agua helada del sistema es de hierro negro Cédula 40 (sin costura). Las tuberías principales de suministro y retorno de agua helada del chiller son de 1¼" de diámetro y para abastecer a los fan-coils se divide en dos tuberías de 1". Se prefirió la utilización de tubería de hierro negro a la tubería galvanizada, por su mayor durabilidad, pese a que su costo es mayor.

Las tuberías principales del sistema de agua helada, tanto suministro como retorno, deben resistir el paso del caudal de agua que maneja la bomba del sistema. Este caudal es de 20 GPM. Para seleccionar el diámetro de tubería podemos utilizar el gráfico del Apéndice J (Pérdidas por fricción para tuberías en sistemas cerrados) ingresando con un valor para pérdidas por fricción máximo del 10% a través de las tuberías del sistema en el eje de las X y con el caudal en el eje de las Y. Es decir:

Para la tubería principal (suministro y retorno):

Pérdidas por fricción (X) = 10 pies de agua/100 ft de agua

Flujo de agua (Y) = 20 GPM

En el gráfico del Apéndice L se ha resaltado el punto de encuentro de estos dos valores. Se observa que el diámetro de tubería correspondiente es mayor a 1" y menor a 1¼". En estos casos se escoge el diámetro de tubería mayor, es decir 1¼".

En este caso la tubería principal se divide en dos tuberías secundarias que se conectarán a los fan-coils. Cada tubería manejará la mitad del flujo, o sea 10 GPM. Se considerará la misma caída de presión.

Para la tubería de distribución a los fan-coils (suministro y retorno):

Pérdidas por fricción (X) = 10 pies de agua/100 ft de agua

Flujo de agua (Y) = 10 GPM

En el gráfico del apéndice se observa que el diámetro de tubería correspondiente es mayor a ¾" y menor a 1". Por lo tanto, el diámetro seleccionado es 1".

Debido a la ubicación del chiller y los fan-coils, la tubería que los conecta atraviesa una zona de tránsito peatonal y, para no obstaculizar el paso, parte de su recorrido debió colocarse debajo del

pavimento. Como puede verse en la instalación en sitio y en los planos, las tuberías de suministro y retorno conectadas a las bombas del chiller, están montadas sobre el piso una cierta distancia a partir de la cual fueron enterradas. Para proteger su aislamiento, antes de ser enterrada, cada tubería fue encamisada dentro de una tubería de PVC de 2½". Estas tuberías fueron instaladas a 40 cm. de profundidad. En la figura 3.6 se muestra una fotografía del recorrido de la tubería aislada que fue enterrada.



FIGURA 3.6. TUBERÍA AISLADA ENTERRADA

Aislamiento.- El diámetro interior del aislamiento es el mismo que el diámetro exterior de las tuberías de hierro negro. Su espesor se determina mediante las tablas de características entregadas por el

fabricante. En la última hoja del Apéndice K se encuentra la tabla de espesores recomendados para este aislamiento. El espesor del aislamiento dependerá de la temperatura del fluido que atraviese la tubería. La temperatura que más se acerca a la del sistema es 2°C (32°F), para condiciones de diseño normales con un diámetro de tuberías entre $3/8''$ y $1\ 1/8''$, se observa en la tabla que el espesor recomendado es de 13 mm ($1/2''$).

Manómetros.- Se han instalado dos manómetros en las tuberías principales de suministro y retorno del chiller para poder controlar la presión del agua helada. En la figura 3.7 se muestran estos manómetros instalados en sitio.

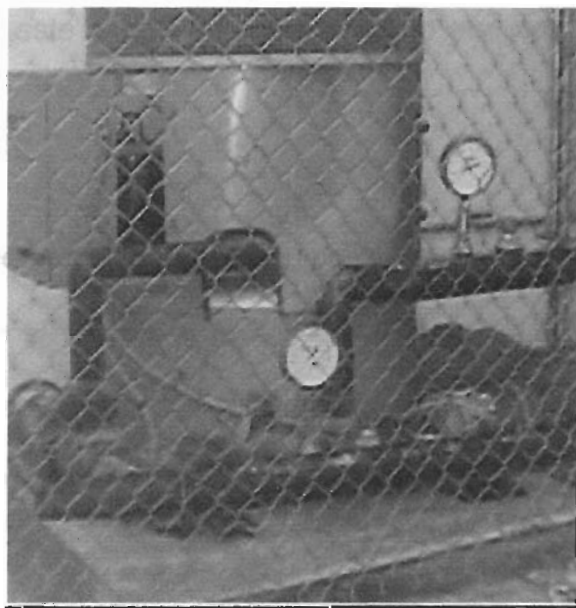


FIGURA 3.7. MANÓMETROS DEL AGUA DEL CHILLER

3.4. Planos y detalles

En el **Apéndice P** se puede observar el recorrido del refrigerante y el estado en el que se encuentra al atravesar cada componente del chiller. En este plano se puede observar que el refrigerante se encuentra en estado líquido desde que sale del condensador, mientras atraviesa el receptor de líquido, el filtro secador, el intercambiador de calor, la válvula solenoide y la válvula de expansión termostática. Una vez que va atravesando el evaporador se va convirtiendo en una mezcla de líquido y vapor. Al salir de éste se ha vaporizado completamente. En ese mismo estado atraviesa el filtro de la línea de succión, el compresor y la línea de descarga hasta que llega al condensador y se vuelve una mezcla de líquido y vapor. Al salir de este estará en estado líquido otra vez y el ciclo volverá a empezar.

La ubicación en sitio de los equipos se muestra en el **Apéndice Q**. En este plano se puede observar la posición del chiller, el recorrido de las tuberías enterradas y la ubicación de los fan-coils en el área acondicionada

En el **Apéndice R** se encuentra un gráfico isométrico de la instalación de las tuberías en sitio. En este plano se puede apreciar la

disposición de las válvulas de 3 vías y la manera en la que deben conectarse a las unidades terminales en este tipo de sistemas.

CAPÍTULO 4

4. PRÁCTICAS DE LABORATORIO

4.1. Principios básicos

Para la comprensión de este tipo de sistemas y la realización de la práctica se deberán tener claros conceptos de Termodinámica tales como entalpía (h), presión (P), vapor saturado, líquido saturado, vapor sobrecalentado y líquido subenfriado.

A continuación se realizará un breve resumen de dichas definiciones:

Entalpía.- Es la energía almacenada debido a la presión y temperatura de los cuerpos. También se le suele llamar *contenido de calor* y depende también de la masa del cuerpo.

Vapor saturado.- En la figura 4.1 se muestra un diagrama presión – entalpía que indica las regiones de líquido y de vapor.

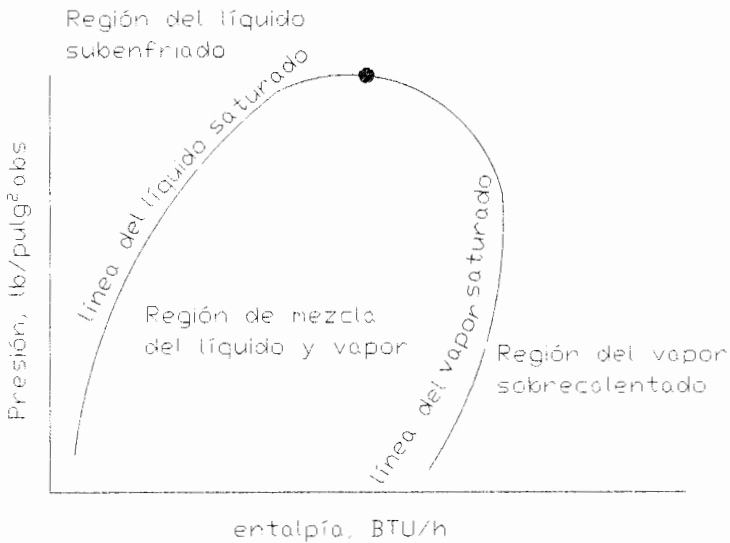


FIGURA 4.1. DIAGRAMA PRESIÓN – ENTALPÍA (REGIONES DE LÍQUIDO Y VAPOR)

4.2. Diseño de la práctica

En el **Apéndice S** se adjunta la práctica de laboratorio para los estudiantes.

4.2.1. Determinación de la capacidad del equipo

La determinación de la capacidad del equipo puede realizarse de una manera muy sencilla utilizando la ecuación de la energía para determinar que cantidad de calor se debe extraer de la sustancia (en este caso el agua) para que cambie de una condición a otra. Como ya se ha explicado, la entalpía

de la temperatura de los cuerpos y si se cambia la temperatura, habrá una variación en su valor.

En este caso, utilizaremos el cambio de entalpía entre el agua a la entrada y a la salida del chiller:

$$Q = \dot{m}(h_2 - h_1)$$

donde:

Q: cantidad de calor extraído del agua, en BTU/h

\dot{m} : cantidad de flujo de masa, en lb/h

$h_2 - h_1$: cambio de la entalpía específica del agua, en BTU/lb

El flujo de masa del agua está dado por la capacidad de la bomba del sistema incluyendo las pérdidas debido al recorrido de la tubería.

El cambio de la entalpía específica del agua dentro del evaporador se puede determinar mediante la temperatura del agua de salida y de regreso al chiller que está indicada en el visor de los termómetros que se encuentran en el panel frontal.

4.2.2. Mediciones de flujos y temperaturas

También es posible determinar exactamente el flujo de agua a través de las tuberías determinando las pérdidas debido a los accesorios.

En los termostatos que se encuentran en el lugar climatizado, se pueden establecer diferentes temperaturas y observar cómo varía la temperatura del agua según estos cambios.

CAPÍTULO V

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

1) El equipo instalado funciona tal como se tenía previsto al iniciar la Rehabilitación del Equipo. Su capacidad es la adecuada para acondicionar el Laboratorio de Procesos y al tener todos los componentes del sistema a la vista, puede ser usado pedagógicamente como parte del dictado del curso de Aire Acondicionado de la FIMCP.

2) La instalación de estos equipos se realizó de acuerdo con los parámetros de diseño establecidos por la ASHRAE y permitirá que los estudiantes tengan una mejor comprensión de los sistemas a través de su observación directa y de la práctica de Laboratorio.

3) Los sistemas de agua helada son soluciones adecuadas para edificaciones en las que no es viable instalar equipos de expansión directa (Unidades Split o Paquetes Enfriados por Aire); como por ejemplo hoteles o edificios de departamentos en los que los requerimientos estéticos son exigentes y no permiten que haya equipos a la vista o las características arquitectónicas del edificio obligarían a tener largos recorridos de tuberías con refrigerante.

RECOMENDACIONES

El equipo de enfriamiento de agua (chiller) se encuentra instalado a la intemperie, lo que puede provocar corrosión; por lo tanto, se recomienda instalar una cubierta para el chiller de manera que se encuentre protegido de la lluvia y del sol.

Se recomienda siempre avanzar los equipos siguiendo los pasos indicados en el Procedimiento de Arranque. Hacerlo de otra manera podría provocar daños en el compresor o las bombas del sistema

El chiller instalado debe recibir mantenimiento tal como consta en el Manual del Usuario que se encuentra en el Laboratorio de Fluidos

BIBLIOGRAFÍA

ASHRAE HANDBOOK, HVAC Systems and Equipments, 1992

ASHRAE HANDBOOK, HVAC Systems and Applications, 1987

EDWARD G. PITA, Principios y Sistemas de Refrigeración, 1996, Editorial

Imusa S. A. de C.V., México, D.F.

V 15

APÉNDICES

1

1

1

APÉNDICE A
PÉRDIDAS POR FRICCIÓN EN TUBERÍAS DE
UN SISTEMA ABIERTO

APÉNDICE B
LISTA DE EQUIPOS Y ACCESORIOS QUE
COMPONEN EL SISTEMA

LISTA DE EQUIPOS Y ACCESORIOS

DESCRIPCIÓN	UNIDADES	CANTIDAD	MARCA	MODELO
EQUIPOS				
CH-1: Chiller enfriado por aire; 5 Ton; 45°F	Un.	1	EDWARDS ENG. CO.	CD-5-A
FC-1/2: Fan-coils	Un.	2	McQUAY	TSC061FRA
T-1/2: Termostatos de 3 etapas	Un.	2	HONEYWELL	T6575C
V-1/2: Válvulas de 3 vías	Un.	2	BELIMO	Z320T+SSEF 120
Manómetros 0-100 psi	Un.	2	WEKSLER	
TUBERÍA Y ACCESORIOS DE HIERRO NEGRO CÉD. 40				
Tubería diám. 1 1/4"	metros	30		
Tubería diám. 1"	metros	10		
Tees 1 1/4"	Un.	2		
Tees 1"	Un.	2		
Codos 1 1/4"	Un.	12		
Codos 1"	Un.	14		
Nudos 1 1/4"	Un.	12		
Nudos 1"	Un.	8		
Nudos 3/4"	Un.	8		
Bushings 1 1/4"x1"	Un.	4		
TUBERÍA DE COBRE				
Tubería diám. 3/4"	metros	3		
Tubería diám. 5/8"	metros	0,4		
Acoples 5/8"x3/4"	Un.	4		
Codos 5/8"	Un.	14		
ACCESORIOS				
Válvulas de bola diám. 1"	Un.	2		
Válvulas de compuerta diám. 1"	Un.	2		
Pozos para termómetros	Un.	2		
TUBERÍA Y ACCESORIOS DE PVC				
Tubería 1"	metros	15		
Tees 1"	Un.	1		
Codos 1"	Un.	4		
AISLAMIENTO				
Mangas de Armaflex diám. 1 1/4" de 2 m.	Un.	16		
Mangas de Armaflex diám. 1" de 2 m.	Un.	5		

APÉNDICE D

CARACTERÍSTICAS DEL CHILLER ENTREGADAS

POR EL FABRICANTE

ARDS PACKAGED WATER CHILLERS, AIR-COOLED AND WATER-COOLED CD-5

Model CD-5-A
Capacity in 1000's of B.T.U./Hr.

Condensing Temperature, °F	85°	95°	105°	115°
69.5	63.0	57.5	51.5	
65.0	59.0	54.0	49.0	
59.0	54.0	49.0	44.0	
52.5	48.5	43.5	39.0	
46.0	42.5	38.0	34.0	
40.5	36.5	33.0	29.0	
35.0	32.0	28.0	25.0	
30.5	28.0	24.0	20.5	
26.5	24.0	20.5	17.5	

Water-Cooled Model CD-5-W
Capacity in 1000's of B.T.U./Hr.

Leaving Condenser Coolant Temp °F	Water Temperature, °F				
	75°	85°	95°	105°	115°
60	82.5	78.0	73.0	66.5	60.0
55	76.0	70.0	65.0	59.0	54.0
50	66.0	62.5	57.0	52.0	46.0
45	59.0	54.0	50.0	46.0	41.5
40	52.0	48.0	44.5	40.0	35.5
35	45.0	42.5	38.5	34.5	30.5
30	40.0	36.5	34.0	30.0	26.5
25	35.0	32.0	29.0	26.0	22.0
20	30.0	27.5	25.5	22.5	19.0

Net ratings with allowance made for the heat input of the recirculation (by-pass) for the system pump.
For condensing temperatures above 105°F, consult factory for special design and pricing.

Hertz	Compressor(s)		Fan(s)		By-Pass Pump		System Pump		Total Unit FLA	Suggested Field Wiring Disconnect Circuit Breaker	Fuse Size (Time Lag)
	HP	FLA Each	HP	FLA Each	HP	FLA Each	HP	FLA Each			
60	5	34.3	1	8.0	1/2	4.9	1 1/2	10.0	57.2	100 AMP	70 AMP
60	5	21.4	1	4.1	1/2	2.3	1 1/2	5.9	33.7	60 AMP	40 AMP
60	5	21.4	1	3.6	1/2	2.0	1 1/2	5.2	32.2	60 AMP	40 AMP
60	5	9.6	1	1.8	1/2	1.0	1 1/2	2.6	15.0	30 AMP	20 AMP
60	5	34.3	-	-	1/2	4.9	1 1/2	10.0	49.2	60 AMP	60 AMP
60	5	21.4	-	-	1/2	2.3	1 1/2	5.9	29.6	60 AMP	40 AMP
60	5	21.4	-	-	1/2	2.0	1 1/2	5.2	28.6	60 AMP	40 AMP
60	5	9.6	-	-	1/2	1.0	1 1/2	2.6	13.2	30 AMP	20 AMP

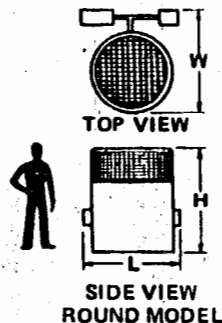
Compressor(s)		Condenser Fan		By-Pass Pump		System Pump	
No.	HP	No.	HP	HP	Ft. Hd*	GPM	
1	5	1	1	1/2	1.5	62	20
1	5	-	-	1/2	1.5	62	20

*For p.s.i., multiply ft. by 0.434.

OPTION

Type of Condenser:	Round Model	
	Air	Water
Width (in.) W	42 (30)*	42 (38)*
Length (in.) L	40 (31)*	40 (31)*
Height (in.) H	60	50
Required (CFM)	4000	-
Pipe Size (in.)	-	3/4
Supply Pipe Size (in.)	1 1/2	1 1/2
Return Pipe Size (in.)	1 1/2	1 1/2
Capacity (approx. gal.)	24	24
Weight (lbs.)	1225	1150
Crate: Width (in.)	48	48
Crate: Length (in.)	48	48
Crate: Height (in.)	66	66
Shipping Weight lbs.	1025	950

*Dimensions for units without pumps



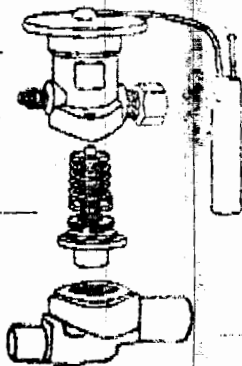
APÉNDICE E

CARACTERÍSTICAS DE LA VÁLVULA DE EXPANSIÓN

MARCA ALCO MODELO TCLE5H

T-SERIES TAKE-A-PART TEV ALTERNATE QUICK-SELECT GUIDE

Interchangeable Power Assemblies:
R134a, R22, R404A and R507 refrigerants



Interchangeable Cages for
4 to 12 ton capacity.
Large port construction shown here.

Selective Charges
for All Applications

Consult ALCO
for special refrigerants.

Interchangeable Body Flanges
for any connection you need.

T-SERIES VALVE SPECIFICATIONS

41 60 psi PSIG	R-12 VALVE TYPE	R-12 Tons @ 60 psi ▲ Pressure	R-22 VALVE TYPE	R-22 Tons @ 100 psi ▲ Pressure	R-404A/ R-507 TYPE	R-404A/R-507 Tons @ 100 psi ▲ Pressure	Equalizer Type	Cage Assembly Part No.	Power Assembly Part No.
1	TCL1/4F	1/4	TCL1/2H	1/2	TCL1/4F	1/4	Internal	X22440-B1*	
2	TCL1/2F	1/2	TCL3/4H	3/4	TCL1/2F	1/2	or 1" SAE	X22440-B2*	AS1000
3	TCL3/4F	3/4	TCL1H	1	TCL1/2R	1/2	external	X22440-B3*	Standard
4	TCL1F	1	TCL1 1/2H	1 1/2	TCL1R	1	standard	X22440-B4*	Butt
5	TCL3F	3	TCL2H	2	TCL2R	2	1/4" NPT and	X22440-B5*	
6	TCL5F	5	TCL3H	3	TCL3R	3	1/4" SAE elbow	X22440-B6*	
7	TCL7F	7	TCL4 1/2H	4 1/2	TCL4 1/2R	4 1/2	available on special order	X22440-B7*	
8	TCL9F	9	TCL6H	6	TCL6R	6		X22440-B8*	
9	TCL11F	11	TCL8H	8	TCL7R	7	SAE	X2724-B4B	XC2100
10	TCL13F	13	TCL10H	10	TCL9R	9	external	X2724-B5B	Response
11	TCL15F	15	TCL12H	12	TCL11R	11	equalizer	X11873-B4B	Butt
12	TCL17F	17	TCL14H	14	TCL12R	12		X11873-B5B	
13	TCL19F	19	TCL16H	16	TCL13R	13		X9117-B6B	XC720
14	TCL21F	21	TCL18H	18	TCL14R	14		X9117-B7B	Standard
15	TCL23F	23	TCL20H	20	TCL15R	15		X9117-B8B	
16	TCL25F	25	TCL22H	22	TCL16R	16		X9117-B9B	XC720
17	TCL27F	27	TCL24H	24	TCL17R	17		X9166-B10B	Rapid
18	TCL29F	29	TCL26H	26	TCL18R	18		X9144-B11B	Response
19	TCL31F	31	TCL28H	28	TCL19R	19		X9144-B13B	Butt
20	TCL33F	33	TCL30H	30	TCL20R	20		X9144-B14B	
21	TCL35F	35	TCL32H	32	TCL21R	21			
22	TCL37F	37	TCL34H	34	TCL22R	22			
23	TCL39F	39	TCL36H	36	TCL23R	23			
24	TCL41F	41	TCL38H	38	TCL24R	24			
25	TCL43F	43	TCL40H	40	TCL25R	25			
26	TCL45F	45	TCL42H	42	TCL26R	26			
27	TCL47F	47	TCL44H	44	TCL27R	27			
28	TCL49F	49	TCL46H	46	TCL28R	28			
29	TCL51F	51	TCL48H	48	TCL29R	29			
30	TCL53F	53	TCL50H	50	TCL30R	30			
31	TCL55F	55	TCL52H	52	TCL31R	31			
32	TCL57F	57	TCL54H	54	TCL32R	32			
33	TCL59F	59	TCL56H	56	TCL33R	33			
34	TCL61F	61	TCL58H	58	TCL34R	34			
35	TCL63F	63	TCL60H	60	TCL35R	35			
36	TCL65F	65	TCL62H	62	TCL36R	36			
37	TCL67F	67	TCL64H	64	TCL37R	37			
38	TCL69F	69	TCL66H	66	TCL38R	38			
39	TCL71F	71	TCL68H	68	TCL39R	39			
40	TCL73F	73	TCL70H	70	TCL40R	40			
41	TCL75F	75	TCL72H	72	TCL41R	41			
42	TCL77F	77	TCL74H	74	TCL42R	42			
43	TCL79F	79	TCL76H	76	TCL43R	43			
44	TCL81F	81	TCL78H	78	TCL44R	44			
45	TCL83F	83	TCL80H	80	TCL45R	45			
46	TCL85F	85	TCL82H	82	TCL46R	46			
47	TCL87F	87	TCL84H	84	TCL47R	47			
48	TCL89F	89	TCL86H	86	TCL48R	48			
49	TCL91F	91	TCL88H	88	TCL49R	49			
50	TCL93F	93	TCL90H	90	TCL50R	50			
51	TCL95F	95	TCL92H	92	TCL51R	51			
52	TCL97F	97	TCL94H	94	TCL52R	52			
53	TCL99F	99	TCL96H	96	TCL53R	53			
54	TCL101F	101	TCL98H	98	TCL54R	54			
55	TCL103F	103	TCL100H	100	TCL55R	55			

and valves for normal load conditions.
MFR are balanced. Double ported valves are available.

** Add Refrigerant = F = R12; H = R22; R = R502; MOP if required
Change Code: 1 = mod temp; 2 = low temp; W = COP (if needed)
Tubing Length: 1 = 5'; 2 = 10'; 3 = 15'; etc.
Equalizer Code: A = Internal; B = external
Motor Oil: 1 = oil protection; if required (MOP)
Equalizer Code: B = 1/4" SAE external

Life on special order.
"B" for external equalizer.
"E" for external equalizer.
"R" for remote bulb.
"S" for sub-cooled external equalizer, or for sub-cooled valve.
"T" for remote bulb.
Remote Bulbs are available.
Note: Bulb tube length is 5' for TCL, TCR, TRR series. Standard length is 10' for TER, TIR, THR & TRH Series.

shown here are based on 40°F evaporator temperature and 100°F vapor phase liquid refrigerant entering the valve. R-12 and R-134a rated at 100 PSI. Refrigerants rated at 100 PSID.

TCL(E) Old vs. New Nomenclature

Interchangeable with the old versions. To modernize our product, minor changes have been made in the construction of cage assemblies. The valve is now identified by a new cage assembly part number and a new valve type number.

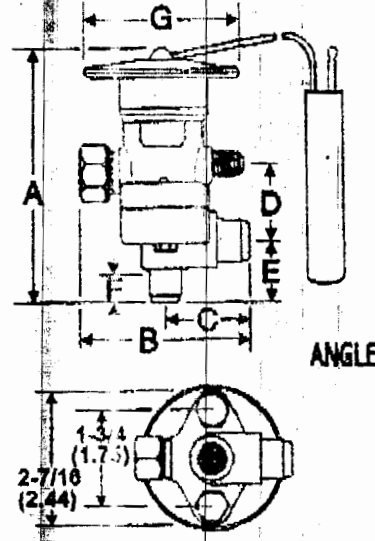
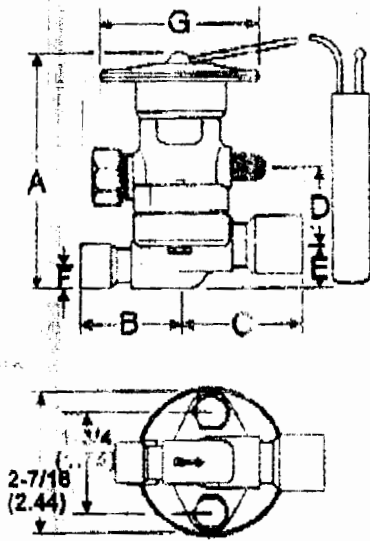
OLD STYLE			NEW STYLE		
VALVE #		CAGE ASSY.	VALVE TYPE		CAGE ASSY.
R-22	R-502	PART NO.	R-22	R-502	PART NO.
TCL50H	TCL50F	XC709-B7*	TCL1/4F	TCL1/2H	X22440-B1*
TCL100H	TCL50R	XC709B000*	TCL1/2F	TCL1H	X22440-B2*
TCL200H	TCL100R	XC709-B09*	TCL3/4F	TCL1 1/2H	X22440-B3*
TCL300H	TCL200R	XC709-B0*	TCL1F	TCL2H	X22440-B4*
TCL400H	TCL250R	XC709-B1*	TCL3F	TCL3H	X22440-B5*
TCL500H	TCL300R	XC709-B1*	TCL5F	TCL4 1/2H	X22440-B6*
TCL700H	TCL450R	XC709-B4*	TCL7F	TCL6H	X22440-B7*
TCL900H	TCL650R	XC709-B2*	TCL9F	TCL8H	X22440-B7*
TCL1000H	TCL700R	XC709-B3*	TCL11F	TCL10H	X22440-B7*
TCL134A	TCL850R	XC709-B3*	TCL13F	TCL12H	X22440-B8*

* "A" for internal equalizer. "B" for external equalizer. "R" for remote bulb. "S" for sub-cooled external equalizer, or for sub-cooled valve. "T" for remote bulb. "E" for external equalizer. "M" for motor oil protection. "W" for COP (if needed). "1" through "3" for tubing length. "1" = 5'; "2" = 10'; "3" = 15'; etc.

THE ALCO CORPORATION

T-SERIES TAKE-A-PART TEV

TCL(E) DIMENSIONAL DIAGRAMS & TABLES



TCL(E) REMOTE BULB DIMENSIONS

CAPILLARY TUBING LENGTH	STANDARD REMOTE BULB		RAPID RESPONSE BULB	
	DIA.	LENGTH	DIA.	LENGTH
5'	5/8	3-1/16(3.06)	3/8(.38)	1-3/16(1.19)
10'		3-9/16(3.56)		
15 or 20'	63	4-3/16(4.81)	-	-
30'		6-1/16(6.06)		
40 or 50'	3-3/4(.75)	6-2-1/16(6.19)		

* Rapid response bulb available only with 5' or 10' capillary tubing.

TCL(E) ROUGHING-IN DIMENSIONS

STANDARD CONNECTIONS ¹	STRAIGHT-THRU STYLE DIMENSIONS							SOCKET DEPTH	
	A	B	C	D	E	F	G	INLET	OUTLET
3/8 x 1/2 SAE		1-25/32	1-47/64(1.96)						
3/8 x 5/8 SAE	3-45/64 (3.70)		2-47/64(2.14)						
1/2 x 1/2 SAE		1-31/32(1.97)	1-49/64(2.36)		11/16 (.69)	3/8 (.38)			
3/8 x 1/2 ODF			1-27/64(1.36)					5/16 (.31)	3/8(.38)
3/8 x 5/8 ODF	3-11/16 (3.59)		1-5/8(1.63)		43/64(.67)	23/64(.36)		5/16 (.31)	1/2(.50)
1/2 x 1/2 ODF	3-25/64(3.70)	1-13/32 (1.41)	1-49/64(2.36)	1-13/64 (1.22)	11/16(.69)	3/8(.38)	2-9/16 (2.56) DIA.	3/8 (.38)	3/8(.38)
1/2 x 3/8 ODF	3-11/64(3.69)		1-47/64(2.36)		11/16(.69)	3/8(.38)		3/8 (.38)	1/2(.50)
5/8 x 5/8 ODF			1-5/8(1.63)					1/2 (.50)	3/4(.75)
5/8 x 7/8 ODF	4-5/64 (2.70)	1-19/32 (1.59)	1-17/64(1.94)		11/16 (.69)	3/8 (.38)		1/2 (.50)	2-13/32(1.91)
5/8 x 1-1/8 ODF			2-1/8(2.38)					3/4(.75)	2-13/32(1.91)
7/8 x 1-1/8 ODF	3-11/64(3.71)	1-17/64(2.36)	2-1/8(2.38)					3/4(.75)	2-13/32(1.91)
ANGLE STYLE									
3/8 x 1/2 SAE		3-17/64(3.06)	1-1/2(1.50)						
3/8 x 5/8 SAE	4-9/64 (4.14)		1-1/2(1.50)						
1/2 x 5/8 SAE	4-29/64(4.39)	3-3/16 (3.19)	5/8 (.63)		1-1/8 (1.13)				
1/4 x 3/8 ODF	3-11/64(3.63)	2-9/32(2.91)	1-1/2(1.50)	1-1/8 (1.13)	15/16(.94)	7/16(.44)	2-9/16 (2.56) DIA.	7/16(.44)	3/16(.38)
3/8 x 1/2 ODF		3-43/64(3.63)	1-1/2(1.50)					5/16 (.38)	1/2(.50)
3/8 x 5/8 ODF	4-7/64 (4.11)		1-1/2(1.50)		1-1/8 (1.06)	9/16 (.56)		5/16 (.38)	13/16(1.61)
1/2 x 5/8 ODF	4-19/64(4.29)	3-5/32 (3.16)	1-19/32 (1.59)		1-3/16(1.19)	11/16(.69)		11/16(.69)	13/16(1.61)
5/8 x 7/8 ODF	4-55/64(4.84)	3-9/16 (3.56)	2 (2.00)	1-1/2(1.50)	1-1/16 (1.69)	13/16 (1.61)			1 (1.00)

¹ Connections shown are standard sizes; consult ALCO for non-standard sizes.
Allow 2-1/8" above valve for removal of power assembly.

THERMIC EXPANSION VALVES

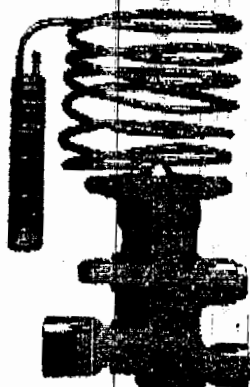
T-SERIES TAKE-A-PART THERMO® VALVE

T-Series TEVs, with adjustable superheat and changeable components are ideal for original field replacements in air conditioning, heat pump and refrigeration applications.

Instruction for easy field service
 Superheat adjustment

Capacity for assembly up to 20 tons

Interchangeable, replaceable cages for TEV versatility
 (up to 20 tons capacity)
 Interchangeable body flanges for any connection you need
 Interchangeable power heads for refrigerants listed
 Other applications available (consult Alco Engineering)



SPECIFICATIONS

- ★ Maximum working pressure: 450 psig
- ★ Torque Bolts: 300 in. lb.

EXAMPLE: TCLEB 5 HC 5 FT 3/8 x 1/2 SAE ANG

E	B	S	H	C	5 FT	3/8 x 1/2	SAE	ANG
External	Bleed Hole (optional)	Capacity Nominal Rating in Tons	Refrigerant Code	Charge Code	Capillary Tube Length	Inlet x Outlet Connection Sizes	Connection Type	Configuration
Internal	B = Bleed Hole O = Orifice for no bleed hole	See Cage Assembly Interchangeability Tables (pages 32-33)	F = R12 H = R22 M = R134a N = R407C P = R507 R = R502 S = R404A	C = medium temp CA = heat pump W(MOP) = press. limiting L = low temp	Various lengths are available (see p.34-35)	Various sizes are available (see p.32-33); also, valve is available less flange	SAE = flare ODF = solder	ANG = 90° Angle ST = Straight thru

For extended capacity tables, refer to extended capacity tables that begin on page 64 in Tons and page 88 in kW.

SMALL OUTLET "T" SERIES BODY FLANGES WITH BLEED HOLES FOR USE WITH PSC COMPRESSORS (see page 29 for bleed location)

CODE	BLEED HOLE DIAMETER FOR % CAPACITY BYPASS											
	15%		20%		25%		30%		40%		50%	
	DIA. IN.	WELL SIZE	DIA. IN.	DRILL SIZE	DIA. IN.	DRILL SIZE	DIA. IN.	DRILL SIZE	DIA. IN.	DRILL SIZE	DIA. IN.	DRILL SIZE
TL1/2R	-.213	77	.2136	1/64	.218	77	.220	78	.222	74	.225	72
TL1R	.026	71	.0312	1/32	.036	64	.040	60	.045	56	.052	50
TL2R	.024	72	.035	65	.042	60	.043	57	.048	54	.055	50
TL3R	.035	63	.043	57	.052	55	.055	54	.065	48	.075	45
TL4-1/2R	.045	57	.052	55	.0595	53	.067	50	.076	48	.086	45
TL7R	.042	59	.0535	53	.070	50	.078	47	.086	44	.0935	42
TL8R	.052	55	.0595	53	.070	50	.078	47	.086	44	.0935	42

Values above are based on a percent of full effective area. This does not necessarily indicate the percent that will be bypassed. The hole sizes shown above are for reference only. Normal industry practice is to clean the holes.

FIELD REPLACEMENT OF VALVE TYPES TL(E), TLX

For field replacement of valve types TLX & TL(E), substitute a valve type TLE(E) of equivalent tonnage and re-use the old body flange. This substitution provides a valve equal in performance with provision for external superheat adjustment and eliminates the need to remove the old flange.

Alco Take-A-Part TEVs require 300 inch

APÉNDICE F

CARACTERÍSTICAS Y PLANO DEL COMPRESOR

MARCA COPELAND MODELO CRN1-05000-TF5-270

CONDITIONS
 Reheat
 Cooling
 Ambient Air Over
 Evaporation

AIR CONDITIONING

CRN5-0500 3 PHASE
COPELAWELD® HCFC-22
COMPRESSOR
 200/230-3-60 -TF5
 460-3-60 -TFD
 575-3-60 -TFE

Sensing Temperature °F (°C)	CAPACITY (BTU/HR)								
	-10 (-23.3)	0 (-17.8)	10 (-12.2)	20 (-6.7)	30 (-1.1)	40 (4.4)	45 (7.2)	50 (10.0)	55 (12.8)
80 (26.7)	20200	29200	39200	50600	64200	80300	89400	99500	110400
90 (32.2)	17600	26500	36100	47000	59600	74600	83100	92300	102400
100 (37.8)	14700	23700	33100	43500	55400	69300	77200	85800	95100
110 (43.3)		20600	30000	40100	51400	64400	71700	79700	88300
120 (48.9)			26600	36500	47300	59600	66500	73900	81900
130 (54.4)			22700	32600	43100	54800	61300	68200	75700
140 (60.0)				28300	38600	49900	56000	62500	69600
150 (65.6)				23300	33600	44600	50400	56600	63300

Sensing Temperature °F (°C)	EER (BTU/WATT-HR)								
	-10 (-23.3)	0 (-17.8)	10 (-12.2)	20 (-6.7)	30 (-1.1)	40 (4.4)	45 (7.2)	50 (10.0)	55 (12.8)
80 (26.7)	7.7	9.5	11.4	13.8	16.8	20.9	23.6	26.7	30.4
90 (32.2)	6.7	8.4	10.0	11.9	14.2	17.2	19.1	21.3	23.9
100 (37.8)	5.6	7.3	8.8	10.4	12.2	14.5	15.9	17.5	19.4
110 (43.3)		6.3	7.7	9.1	10.6	12.4	13.5	14.7	16.1
120 (48.9)			6.7	8.0	9.3	10.8	11.6	12.6	13.6
130 (54.4)			5.7	7.0	8.1	9.4	10.1	10.8	11.7
140 (60.0)				6.0	7.0	8.1	8.7	9.4	10.1
150 (65.6)				4.9	6.0	7.0	7.6	8.1	8.7

Sensing Temperature °F (°C)	POWER (WATTS)								
	-10 (-23.3)	0 (-17.8)	10 (-12.2)	20 (-6.7)	30 (-1.1)	40 (4.4)	45 (7.2)	50 (10.0)	55 (12.8)
80 (26.7)	2620	3080	3430	3680	3820	3840	3800	3730	3630
90 (32.2)	2630	3170	3620	3960	4200	4320	4340	4330	4280
100 (37.8)	2600	3230	3760	4210	4540	4770	4850	4890	4900
110 (43.3)		3250	3870	4410	4850	5180	5310	5410	5480
120 (48.9)			3940	4570	5110	5550	5730	5880	6010
130 (54.4)			3960	4690	5320	5860	6100	6300	6480
140 (60.0)				4750	5480	6120	6410	6670	6910
150 (65.6)				4760	5590	6330	6670	6980	7270

Sensing Temperature °F (°C)	CURRENT (AMPS)								
	-10 (-23.3)	0 (-17.8)	10 (-12.2)	20 (-6.7)	30 (-1.1)	40 (4.4)	45 (7.2)	50 (10.0)	55 (12.8)
80 (26.7)	5.1	5.6	5.9	6.2	6.3	6.3	6.3	6.2	6.1
90 (32.2)	5.1	5.7	6.1	6.5	6.7	6.9	6.9	6.9	6.8
100 (37.8)	5.1	5.7	6.3	6.7	7.1	7.4	7.5	7.5	7.5
110 (43.3)		5.7	6.4	7.0	7.5	7.8	8.0	8.1	8.2
120 (48.9)			6.5	7.2	7.8	8.3	8.5	8.7	8.8
130 (54.4)			6.5	7.3	8.0	8.6	8.9	9.2	9.4
140 (60.0)				7.3	8.2	9.0	9.3	9.6	9.9
150 (65.6)				7.4	8.3	9.2	9.6	10.0	10.4

@ 460 Volts (Multiply by 2.0 for 230 V, by 0.8 for 575 V)

Sensing Temperature °F (°C)	MASS FLOW (LBS/HR)								
	-10 (-23.3)	0 (-17.8)	10 (-12.2)	20 (-6.7)	30 (-1.1)	40 (4.4)	45 (7.2)	50 (10.0)	55 (12.8)
80 (26.7)	259	370	489	625	782	966	1070	1180	1310
90 (32.2)	235	348	469	602	754	931	1030	1140	1260
100 (37.8)	206	324	447	560	729	900	996	1100	1210
110 (43.3)		296	422	556	704	871	964	1060	1170
120 (48.9)			392	529	677	842	933	1030	1140
130 (54.4)			355	496	646	811	900	996	1100
140 (60.0)				456	610	775	865	959	1060
150 (65.6)				407	566	734	823	917	1020

Nominal Performance Values (±5%) based on minimum 24 hours run-in. Subject to change without notice.



Copelaweld Models

Compressor Model Type

Phase	Compressor Motor Types Description	Code
1	Capacitor Run- Capacitor Start	C
1	Capacitor Run - Permanent Split Capacitor	P
3	Three Phase	T

Product Variations
Numbers will be assigned as follows:

1. Number - 100 is standard compressor used in Copeland Condensing units.
2. Number - 200 indicates a STANDARD Compressor and Component Parts B/M and Model No.
3. Number -700 and -900 series indicate standard OEM and Wholesaler service B/M and model number.
4. Number - 201 and larger will be assigned for all other variations of a given model.

Description
Efficiency
Temperature
Speed

XX - XXXX - XXX - XXX

Comp. Motor Rating	
Nominal (HP)	Code
1-1/4	0125
1-1/2	0150
1-3/4	0175
2	0200
2-1/4	0225
2-3/4	0275
3	0275
3-1/2	0350
4	0400
4-1/2	0450
5	0500
7-1/2	7500
9	0900
10	1000
12	1200

Electrical Codes		
60 Hz.	50 Hz.	Code
208/230-3	200/220-3	C
460-3	380/420-3	D
575-3	500-3	E
265-1	220/240-1	J
-	380/420-3	M
208/230-1	200-1	V
-	220/240-1	Z
200/230-3	200/240-3	5

Compressor Motor Protection	
Type Protection	Code
Internal Thermal Protection— Electronic Sensors; and Control Module External Use with Contactor	S
Internal Inherent Protection— One Protector (Line Break)	F

nt
rarily
h dif-
ment
family

l Variation
beronly, as-
d to indicate
ent model
within any
family series.



Online Product Information

A Division of

1e OPI Links Help Lei
y of Excellence... A Tradition of Innovation
h Units

SUMMARY INFORMATION

F5
ir Conditioning
-22
Hz


age: 200/230

Status: Available for sale to all U.S. customers. Please check with your local representative for international availability.

ANCE

	Cond. 1	Cond. 2
Evaporating (°C)	7.2	7.2
Condensing (°C)	54.4	37.8
Return Gas (°C)	18.3	18.3
Liquid Temperature (°C)	46.1	29.4
Capacity (Watts)	18000	22600
Power (Watts)	6100	4850
Current (Amp)	17.8	15
EER (COP)	2.96	4.66
Mass Flow (kg/hr)	408	450

 Rating Curve 2.12AC-681

 Rating Table 2.12AC-681

CAL

MCC	30.0
RLA	21.4
LRA-Low	*
LRA-High	130.0
LRA-Half Winding	*
Med Volts	200

High Volts	230
Phase	3
Frequency	60
RPM	*
UL File No.	SA-2337
UL File Date	12/28/1984
CSA File No.	LR3104C

TECTOR

Part Number	071-0526-00
Protector Type	Internal
Usage Description	*
Vendor	T I
Vendor Part Number	35HM105-12

TECTOR

Part Number	071-0526-00
Protector Type	Internal
Usage Description	*
Vendor	T I
Vendor Part Number	35HM105-12

ATOR

Resistance Variance (±%)	7
Line To Line (ohms)	0.64
Line To Wye (ohms)	0

ATOR

Resistance Variance (±%)	7
Line To Line (ohms)	0.59
Line To Wye (ohms)	0


ATOR

Resistance Variance (±%)	7
Line To Line (ohms)	0.64
Line To Wye (ohms)	0

ATOR

Resistance Variance (±%)	7
Line To Line (ohms)	0.59
Line To Wye (ohms)	0

 Wiring Diagram 005-0800-01

 Wiring Diagram 052-0770-00

AL

OVERALL DIMENSIONS

Length (mm)	289
Width (mm)	238
Height (mm)	410

MOUNTING DIMENSIONS

Length (mm)	190
Width (mm)	190
Height (mm)	419

SERVICE CONNECTIONS

Suction Type (in)	7/8 ST
Discharge Type (in)	1/2 ST

SW: Sweat, FL: Flare, ST: Stub, RK:Rotalock, FG:Flange

GE

Initial (l)	2.07
Recharge (l)	1.95

WEIGHTS/SHIPPING

Net Shipping Weight (kg)	42
---------------------------------	----

 Dimensional Drawing 497-2343-00

SOURCE NOMENCLATURE

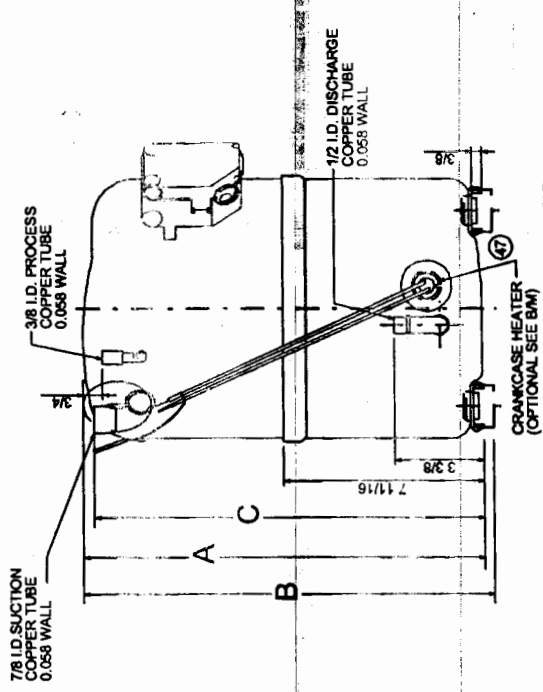
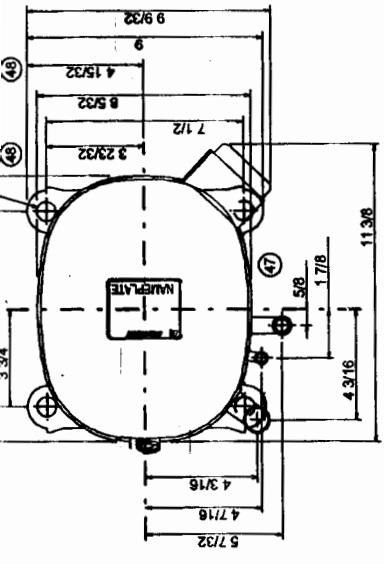
 Nomenclature

[BACK](#)

[HOME](#)

Copyright © 2002 Copeland Corporation. All rights reserved.

CRN1-0500-TF5	16 1/8	16 1/2	15 11/16	48
CRP5-0450-PFV	15 7/8	16 1/4	15 1/2	
CRP5-0450-TFD	15 7/8	16 1/4	15 1/2	
CRP5-0450-TFE	15 7/8	16 1/4	15 1/2	
CRP5-0450-TF5	15 7/8	16 1/4	15 1/2	
CR80K5-PFV	15 7/8	16 1/4	15 1/2	48
CR80K5-TFD	15 7/8	16 1/4	15 1/2	
CR80K5-TF5	15 7/8	16 1/4	15 1/2	
CRN5-0500-PFV	16 1/8	16 1/2	15 11/16	
CRN5-0500-TFD	16 1/8	16 1/2	15 11/16	
CRN5-0500-TFE	16 1/8	16 1/2	15 11/16	
CRN5-0500-TF5	16 1/8	16 1/2	15 11/16	
CRT5-0450-PFV	15 7/8	16 1/4	15 1/2	
CRT5-0450-TFE	15 7/8	16 1/4	15 1/2	
CRT5-0450-TF5	15 7/8	16 1/4	15 1/2	



DUE TO ACCUMULATED ASSEMBLY TOLERANCES THE LISTED COMPONENTS MAY VARY FROM THE MOUNTING HOLES AS TABULATED.

DISCHARGE TUBE	± 0.125
SUCTION TUBE	± 0.187
PROCESS TUBE	± 0.187

- NOTES:
1. TOLERANCES TO BE ±0.002 UNLESS OTHERWISE SPECIFIED.
 2. TUBE ENDS MUST BE PLUGGED.

21-128A-027	46	ADDED CRANKCASE HEATER	10/94	10/94	10/94	10/94	10/94	10/94	10/94
21-128A-043	46	ADDED CRANKCASE HEATER	10/94	10/94	10/94	10/94	10/94	10/94	10/94
21-128A-047	47	RELEASE	10/94	10/94	10/94	10/94	10/94	10/94	10/94
21-128A-022	48	RELEASE	10/94	10/94	10/94	10/94	10/94	10/94	10/94

NOTICE

THIS PRODUCT IS THE PROPERTY OF COPPELAND CORPORATION. IT IS TO BE USED ONLY FOR THE PURPOSES AND IN THE MANNER SPECIFIED IN THE DRAWING. IT IS NOT TO BE REPRODUCED, COPIED, OR TRANSMITTED IN ANY FORM OR BY ANY MEANS, ELECTRONIC OR MECHANICAL, INCLUDING PHOTOCOPYING, RECORDING, OR BY ANY INFORMATION STORAGE AND RETRIEVAL SYSTEM, WITHOUT THE WRITTEN PERMISSION OF COPPELAND CORPORATION.

MADE IN U.S.A.

REF-DWG WELD COMP ASSM 487-2343-00

Form No. 1.31DD-2343
Issued 8-89



©1989 Copeland Corporation
Printed in U.S.A.

APÉNDICE G

CARACTERÍSTICAS DE LAS BOMBAS

Edwards Even-Flow Circulators

FEATURING

- Large volume flow at moderate heads, coupled with
- Low bearing temperatures for trouble-free operation. Ideal for hot water or chilled water applications.

FORM 10-CR-1H
 Eff. Feb. 15, 1979
 Replaces 10-CR-1G

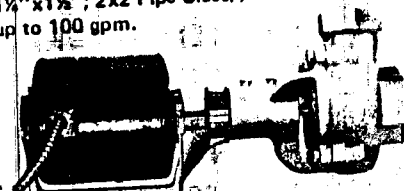
Edwards
ENGINEERING CORP.

POMPTON PLAINS, NEW JERSEY 07446
 ph. (201) 835-2800 TELEX: 130-131

1½" x 1½"; 2x2 Pipe Sizes; ¼ and ½ HP;
 up to 100 gpm.

MODELS

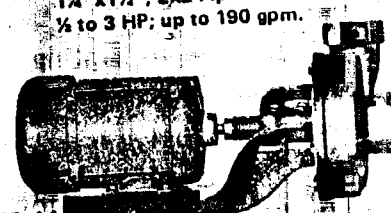
140-17 (Parkway); A140, A240, A340-17



1½" x 1½"; 2x2 Pipe Sizes;
 ½ to 3 HP; up to 190 gpm.

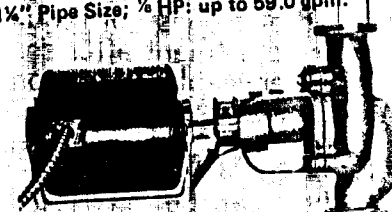
MODELS

A260-17;
 A130, A135, A1
 A230, A235, A240-34; A330, A335, A340-34



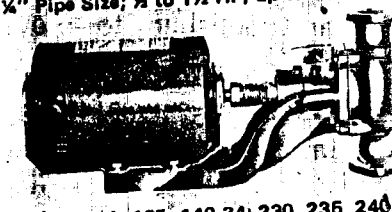
1½" Pipe Size; ½ HP; up to 59.0 gpm.

MODELS: 140-17; 240-17; 140B-17; (BRONZE)



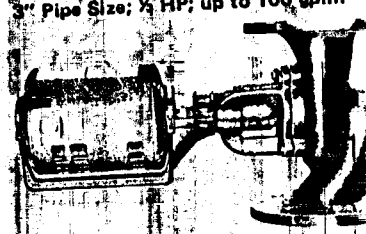
1½" Pipe Size; ½ to 1½ HP; up to 114 gpm.

MODELS: 130, 135, 140-34; 230, 235, 240



3" Pipe Size; ½ HP; up to 100 gpm.

MODELS: 340-17



3", 4" and 6" Pipe Size; 1 to 10 HP; 17

MODELS: 350, 360-17; 450, 460-17;
 670, 680-17; 330, 335, 340-34, 360B-17 (BRONZE)



2", 3" and 4" Pipe Size;
 1 to 3 HP; up to 475 gpm.

MODELS: A350, A360-17; A450, A460-
 A260B-17 (BRONZE) (p.4)



Edwards Even-Flow Circulator

standing construction features include:

IMPELLER

Performance and maximum efficiency and cavitation.

TEMPERATURES

is bearing from pump wear over operating temperatures. This insures freedom from oil breakdown under operating conditions now common in modern hydronic systems.

NOISE

ing, de-libration, simple con-removal not require after serv-ith com-

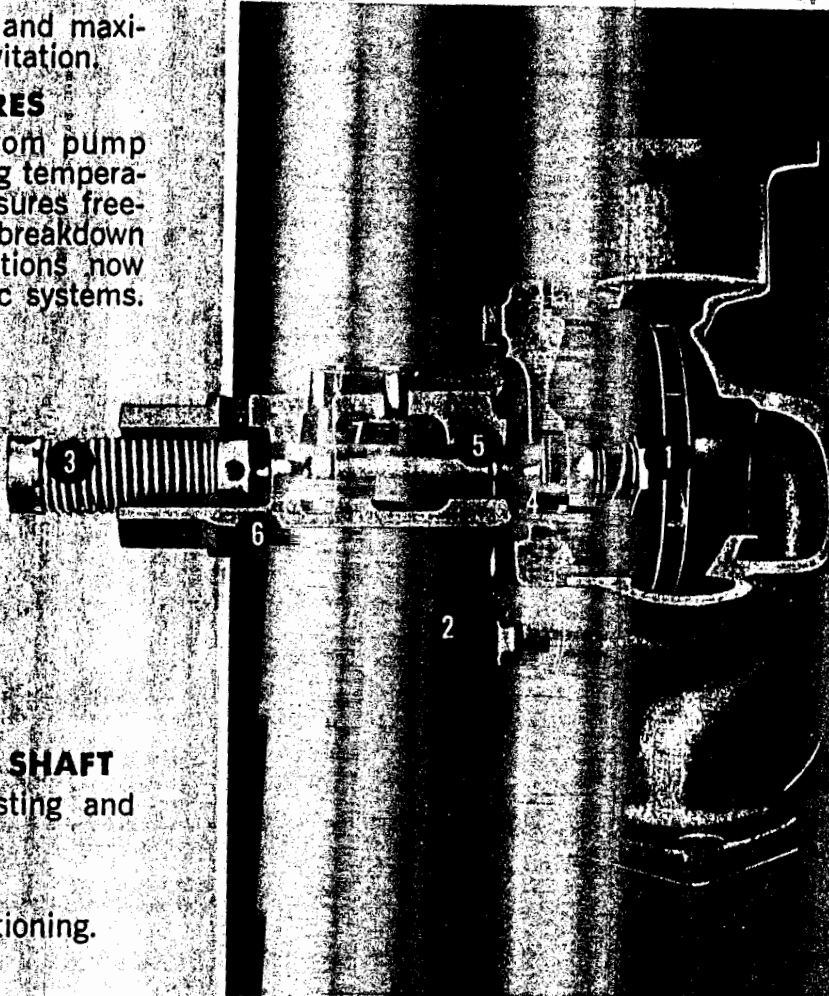
serviced, or

STAINLESS STEEL SHAFT

to prevent rusting and

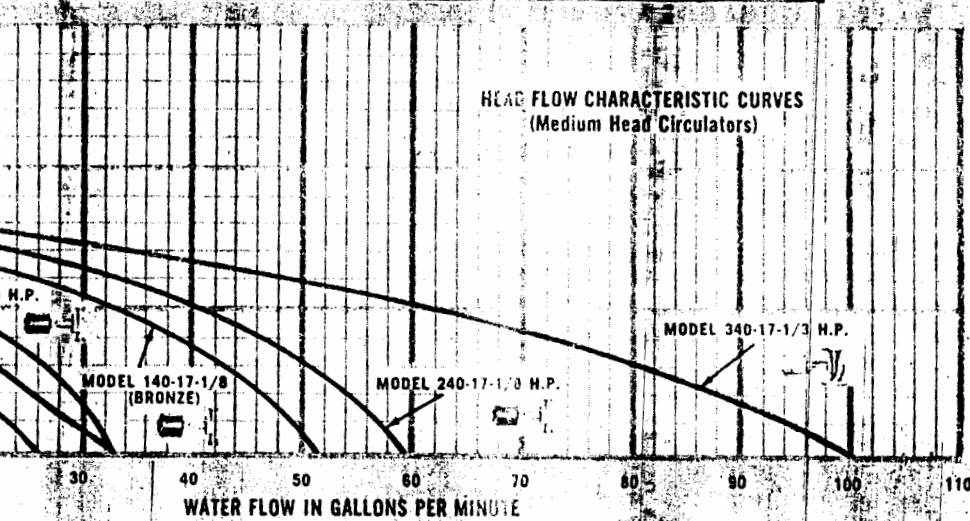
water seal positioning.

ity

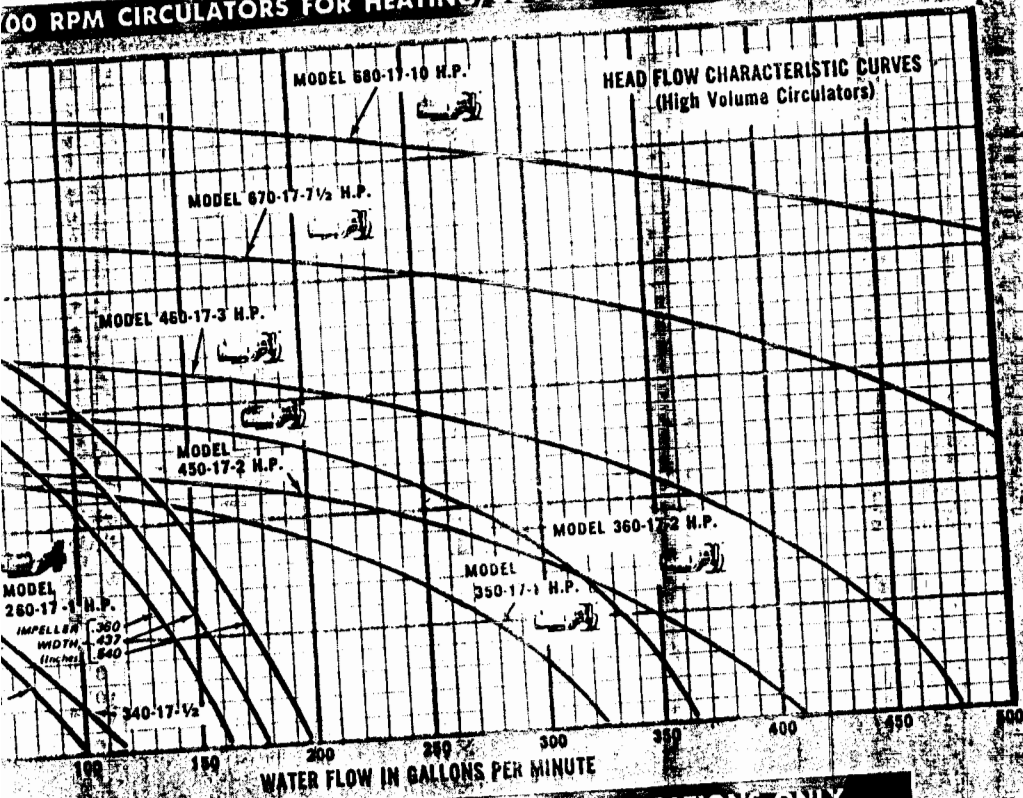


RPM CIRCULATORS FOR HEATING/COOLING APPLICATIONS

HEAD FLOW CHARACTERISTIC CURVES
(Medium Head Circulators)

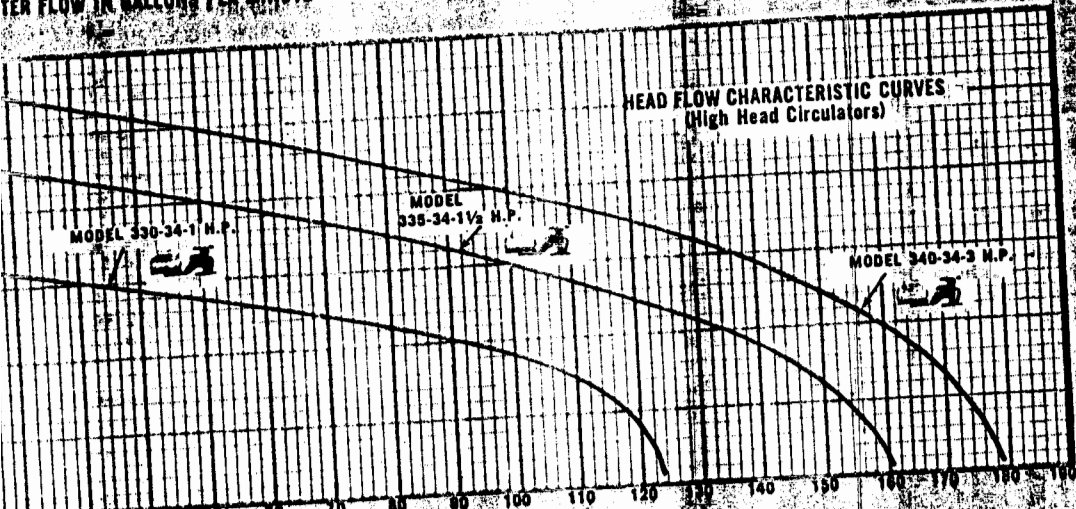
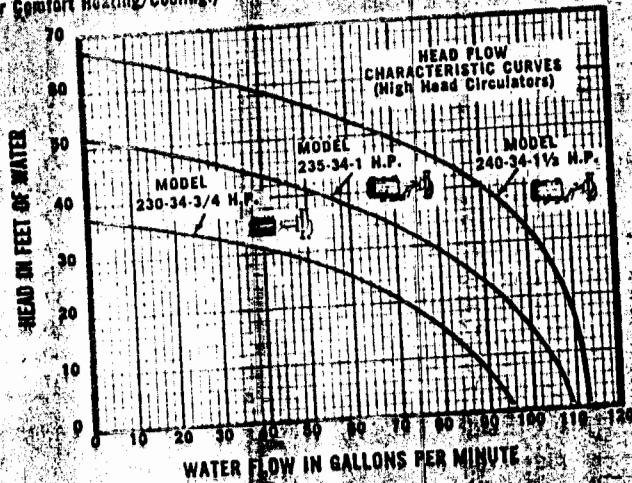
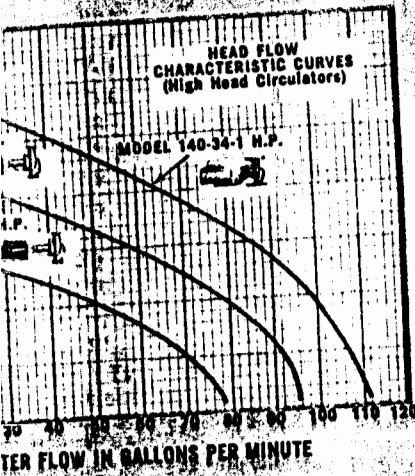


00 RPM CIRCULATORS FOR HEATING/COOLING APPLICATIONS



3400 RPM CIRCULATORS FOR INDUSTRIAL APPLICATIONS ONLY

(Not recommended for Comfort Heating/Cooling.)



APÉNDICE H

CARACTERÍSTICAS DEL CONTROL DE PRESIÓN

MARCA PENN MODELO P72NA-1

APÉNDICE I

**CARACTERÍSTICAS DEL CONTROL DE
TEMPERATURA MARCA PENN MODELO A19ABA-4**

APÉNDICE J

CARACTERÍSTICAS DE LOS FAN-COILS

MARCA McQUAY MOD. TSC061FRA



1551, Minneapolis, MN 55440

**SEASONMAKER
CEILING TYPE
FAN-COIL UNIT**

**CERTIFIED DRAWING
554542Y
TYPE TSC**

certifies that it will furnish equipment in accordance with specifications, and subject to its published warranty. Purchase of this drawing signifies that the equipment is acceptable under the provisions of the job specifications. Any change made hereon by any person whatsoever is subject to acceptance by SnyderGeneral at its home office.

GENERAL SPECIFICATIONS

curved, balanced centrifugal fan wheels. Unit sizes: one fan; 061F-081F, two fans; 101F, three fans; 121F. Permanent split capacitor motors are used on all sizes. Equipped with oilers, resilient mount, inherent motor thermal protection and automatic reset. Optional manual three-speed switch with "OFF" position. Mounting plate for wall mounting into standard 2x4x2 1/8 inch box (box is furnished by others). Manual air vents provided with aluminum fins. Manual air vents provided with all water coils. 5/8" O.D. sweat connections on all coil sizes.

DRAIN PAN — Drain pan, fabricated of 20 gauge galvanized steel. Thermally insulated.

CABINET MATERIAL AND FINISH — Interior casing of heavy gauge galvanized steel, decorative cabinet in heavy gauge steel finished with electrostatically applied baked on Antique Ivory coating.

FILTER — 1 inch thick throwaway type.

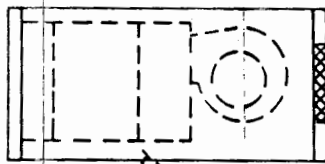
INSULATION — 1/2" multi-density glass fiber on bottom panel only. Optional bottoms, sides, top, and front panel.

UNIT ARRANGEMENTS

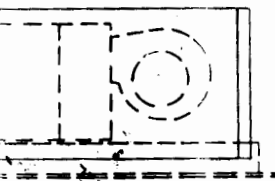


BOTTOM RETURN AIR

TSC UNIT

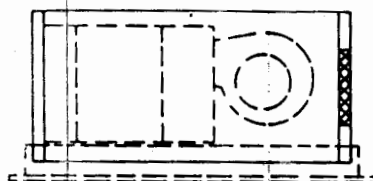


OPTIONAL BACK RETURN AIR



BOTTOM RETURN AIR

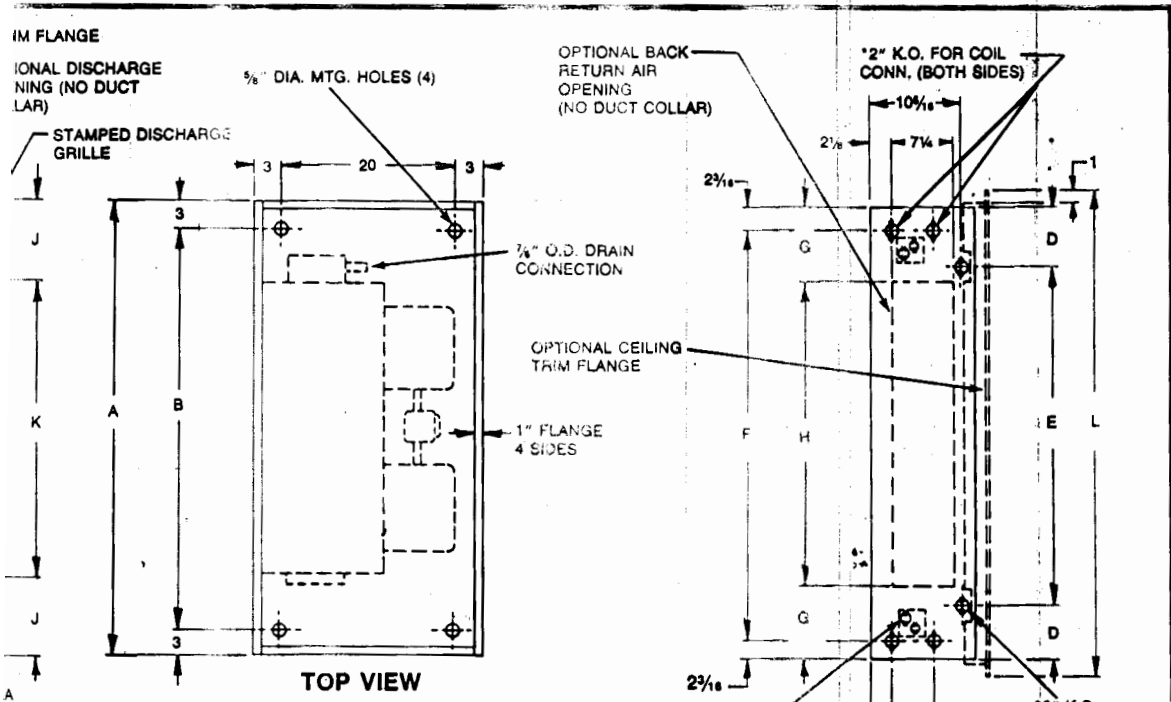
TSC UNIT
WITH OPTIONAL
CEILING FLANGE



OPTIONAL BACK RETURN AIR

SIZE	STANDARD PSC MOTOR DATA								
	115/60/1			230/50/1			277/60/1		
	AMPS	WATTS	RPM	AMPS	WATTS	RPM	AMPS	WATTS	RPM
	0.64	70	1080	0.30	58	930	0.34	80	1080
	1.40	150	1200	0.60	110	1150	0.50	135	1200
	1.20	125	1070	0.62	140	935	0.70	170	1070
	2.30	250	1280	0.88	156	1150	1.00	220	1280
	2.80	290	1350	1.20	214	1100	1.30	290	1360
	3.80	370	1160	1.30	234	1050	1.40	305	1160

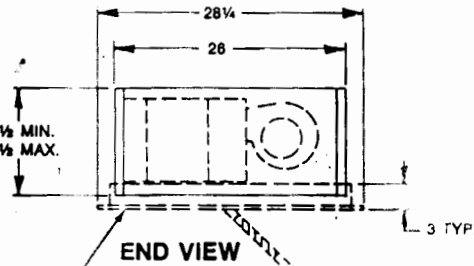
SIZE	OPTIONAL HIGH STATIC PSC MOTOR DATA						NOMINAL RETURN AIR FILTER SIZE
	115/60/1			277/60/1			
	AMPS	WATTS	RPM	AMPS	WATTS	RPM	
	—	—	—	—	—	—	26 3/4 x 9 3/4 x 1
	1.9	210	1400	0.5	135	1400	26 3/4 x 9 3/4 x 1
	2.5	265	1400	0.9	240	1400	35 3/4 x 9 3/4 x 1
	3.1	315	1500	1.2	300	1500	35 3/4 x 9 3/4 x 1
	4.0	430	1450	1.4	385	1400	59 3/4 x 9 3/4 x 1
	5.0	530	1500	1.8	490	1500	59 3/4 x 9 3/4 x 1



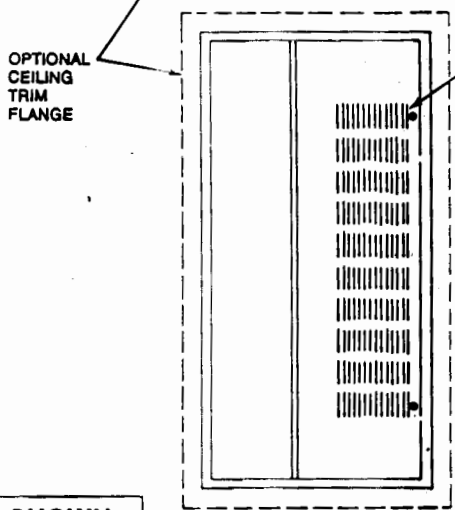
TOP VIEW
 1/4" & 7/8" K.O. FOR CONDUIT PASSAGE (BOTH SIDES)

BACK VIEW
 *COIL & DRAIN CONNECTIONS MAY NOT BE IN LINE WITH CABINET KNOCKOUTS.

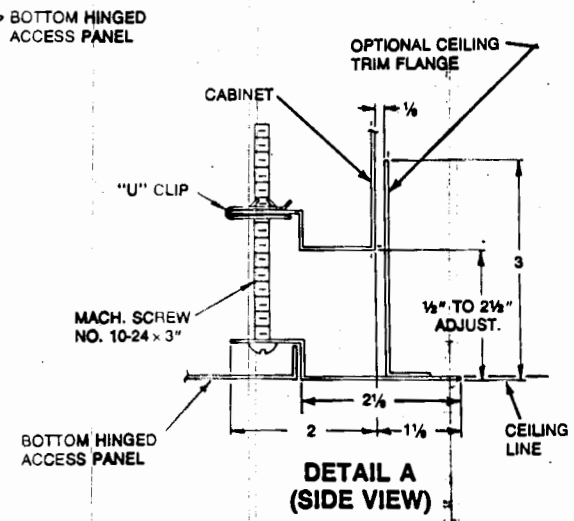
NOTE: Caution must be exercised when units are used with outside air as standard units are insulated on the leaving air side only. Outside fresh air must be tempered before entering the unit if freezing conditions are expected.



END VIEW



BOTTOM VIEW



DETAIL A (SIDE VIEW)

UNIT SHOWN
 determined by cool-
 when facing front

UNIT SIZE	COIL CONNECTION SIZE	
	COOLING	HEATING
031F THRU 121F	5/8" O.D. SW	3/4" O.D. SW

UNIT DIMENSIONS (INCHES)									
B	D	E	F	G	H	J	K	L	
37	6 11/16	29 11/16	38 5/8	8 7/8	25 1/4	9 1/2	24	45 1/4	
37	6 11/16	29 11/16	38 5/8	8 7/8	25 1/4	9 1/2	24	45 1/4	
48	6 3/8	39 1/4	47 1/2	8 3/8	35 1/4	9	34	54 1/4	
48	6 3/8	39 1/4	47 1/2	8 3/8	35 1/4	9	34	54 1/4	
72	6 11/16	64 11/16	73 5/8	11 3/8	55 1/4	10	58	80 1/4	
72	6 11/16	64 11/16	73 5/8	11 3/8	55 1/4	10	58	80 1/4	

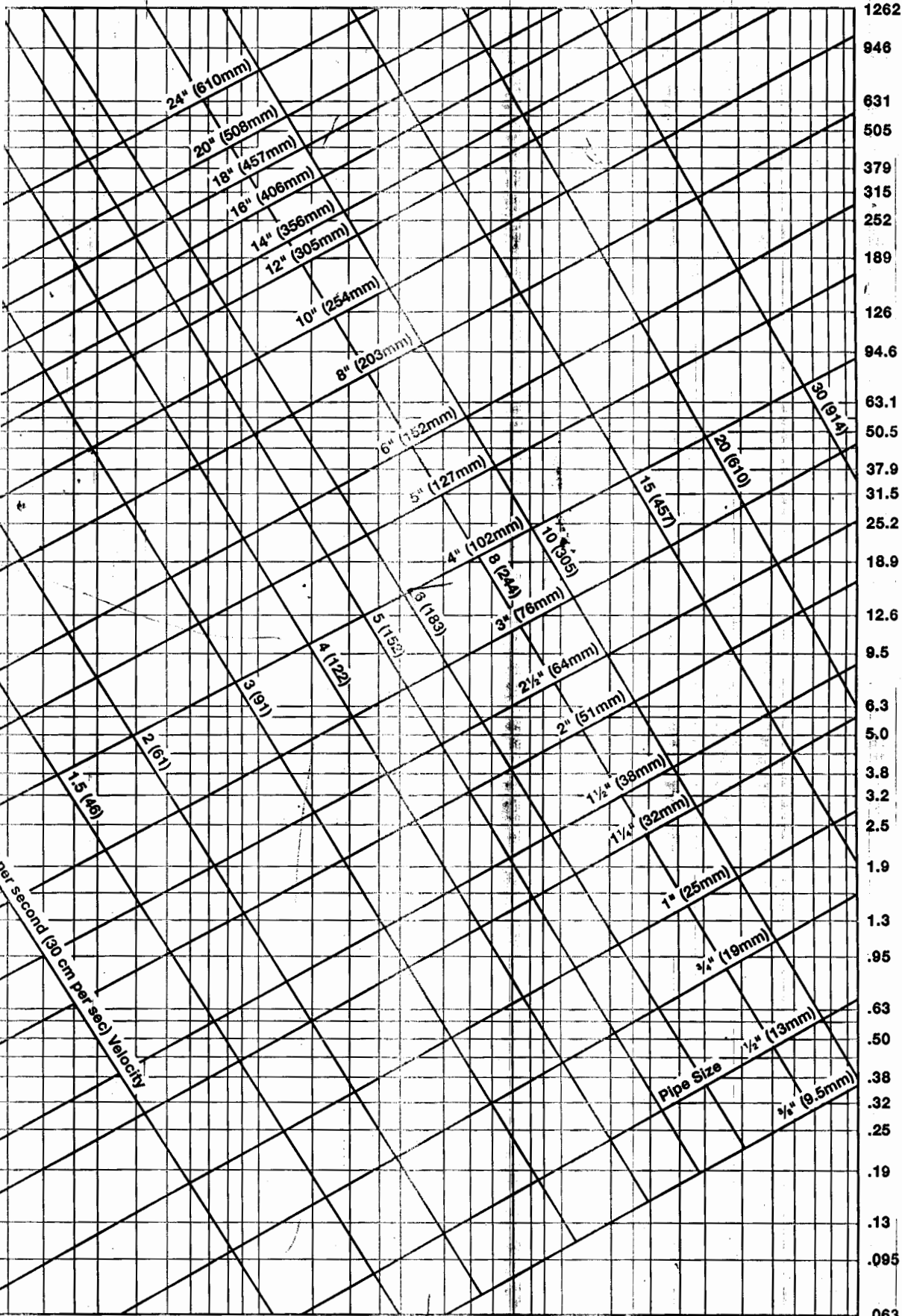
APÉNDICE K
PÉRDIDAS POR FRICCIÓN EN TUBERÍAS DE
UN SISTEMA CERRADO

Graph for closed system piping

steel pipe

Friction loss (meters of water per 100 meters)

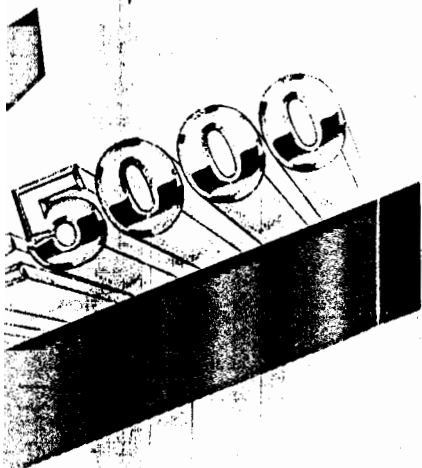
5 .2 .25 .3 .4 .5 .6 .8 1.0 1.5 2 2.5 3 4 5 6 8 10 15 20 25 30 40 60 80 100




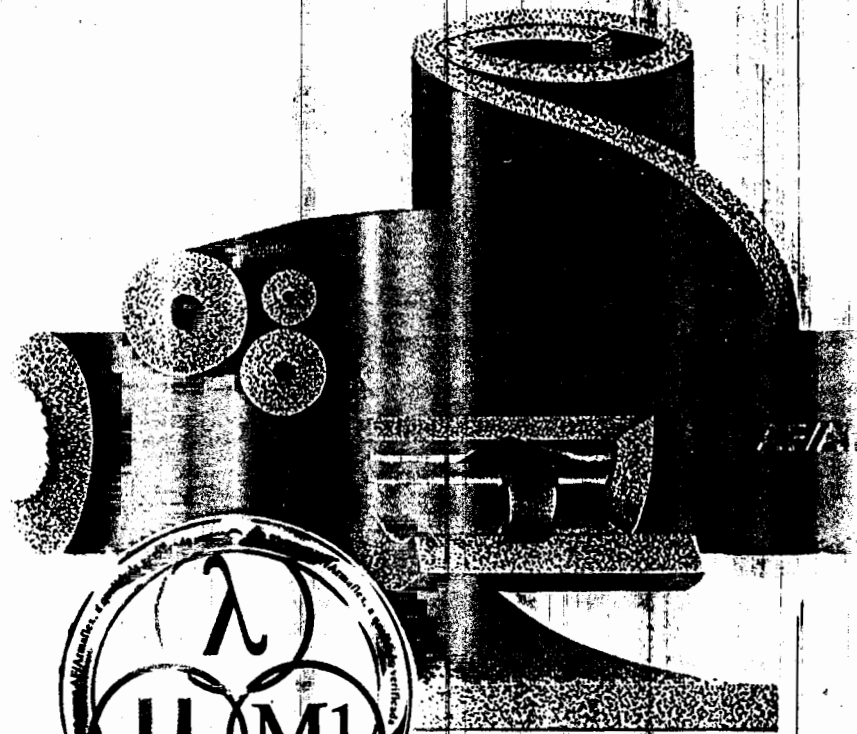
15 .2 .25 .3 .4 .5 .6 .8 1.0 1.5 2 2.5 3 4 5 6 8 10 15 20 25 30 40 60 80 100

APÉNDICE L

CARACTERÍSTICAS DEL AISLAMIENTO ARMAFLEX



**Mayor seguridad
 gracias a las características
 técnicas mejoradas
 y Marca AENOR **



AF/Armaflex: El aislamiento flexible para Refrigeración y Aire Acondicionado

Armaflex: Mayor seguridad para la conservación

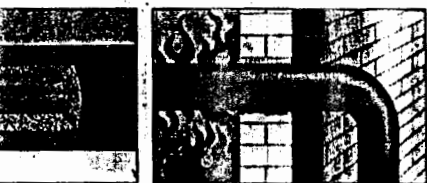
Armaflex: Mayor seguridad para la conservación de productos

Armaflex es un aislamiento flexible de espuma de color negro. Se presenta en coquillas de diferentes espesores nominales crecientes con el diámetro. Además existen los espesores Línea Regla-19-Aire Acondicionado. Las coquillas se suministran en formatos normales o autoadhesivas. Armaflex se suministra en plancha en hojas normales y autoadhesiva. Armaflex completa con accesorios como Cinta Autoadhesiva Armaflex 520, Armafinish. Disolvente Anticorrosión y Cuchillo Cortador.

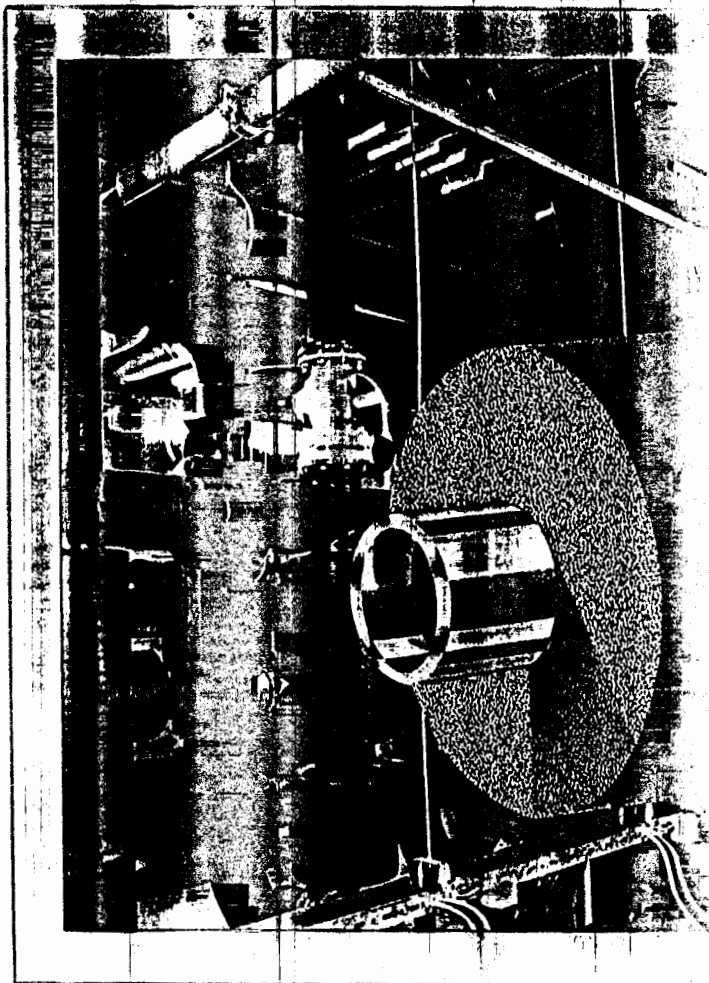


Armaflex: Mayor seguridad para la conservación de instalaciones

Armaflex, por su estructura celular cerrada y su alta resistencia a la difusión del vapor de agua, es el aislamiento indicado para instalaciones en frío, como las de Frío Industrial, Refrigeración y Aire Acondicionado. Su baja conductividad térmica y su alto factor μ permiten evitar la condensación de vapor de agua durante un largo período de tiempo.



Armaflex posee una clasificación al fuego de M-1, no gotea ni arde, lo que supone una importante ventaja. Su elevado grado de atenuación acústica del ruido, lo convierte en un material idóneo para el aislamiento de los ruidos producidos en las conducciones.



Supervisión

Con el fin de garantizar al usuario que los datos publicados de las características más significativas del aislamiento coinciden con los valores reales del producto, Armstrong World Industries, S.A. se ha sometido a un proceso de supervisión voluntaria mediante Contrato de Inspección con el Laboratorio de la Dirección General para la Vivienda y Arquitectura del MOPT.

Las características supervisadas son:
La conductividad térmica, el factor de resistencia a la difusión de vapor de agua, y la reacción al fuego.
Características supervisadas para una mayor fiabilidad.

ISO 9002-EN 29002

Armstrong World Industries, S.A., líder mundial en Sistemas de Aislamiento Flexible de Espuma Elastomérica, ha seguido un meticuloso proceso de implantación de calidad interna y ha alcanzado la Norma ISO 9002-EN 29002.

Armstrong World Industries, S.A. en reconocimiento a su control de calidad total, ha recibido el Certificado de Empresa Registrada ISO 9002 para la producción de AE/Armaflex y



El Sello INCE - La Marca AENOR

Cuando un producto cumple los requisitos de la Norma UNE correspondiente, obtiene el Sello INCE de calidad del producto. Cuando además el fabricante obtiene el Certificado de Empresa Registrada, es decir un estricto control de calidad según la Norma ISO 9002, el producto obtiene la Marca AENOR. AE/Armaflex ha obtenido la Marca AENOR.



a energía y el control de la condensación

Reducción del flujo de calor menores pérdidas de energía

Mayor resistencia a la difusión del vapor de agua

$\lambda \leq 0,035$ W/(m · K)
a 0° C

$\mu \geq 5000$

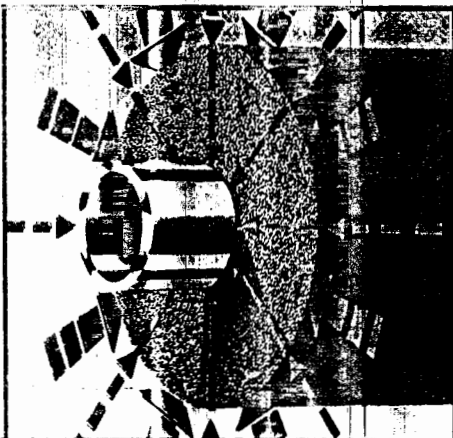
Factor de la resistencia a la difusión del vapor de agua (UNE 82228)
Supervisado por
LABORATORIO DE LA DIRECCION GENERAL PARA LA VIVIENDA Y ARQUITECTURA DEL MOPT

DIRECCION GENERAL PARA LA VIVIENDA Y ARQUITECTURA DEL MOPT

Seguridad de funcionamiento con el tiempo para el aislamiento en el campo del frío

Las ventajas del AF/Armaflex:

- Gracias a la combinación de reducción de la pérdida de energía con valor $\lambda_{\sigma} = 0,035$ W / (m · K) supervisado
- Protección contra la penetración de la humedad, con valor $\mu \geq 5000$ supervisado



técnicas:	Espuma elastomérica. Negro.	
Conductividad térmica a 0 °C (λ_0):	0,035 W (m · K) (UNE 92201 y 205)	Supervisado Supervisado Supervisado
Permeabilidad al vapor de agua:	$\mu \geq 5000$ (UNE 92225 y 92226) M-1 (UNE 23727)	
Utilización:	Coquillas (normal y autoadhesivas): -40 °C* a +105 °C Plancha (normal y autoadhesiva) y Cinta: -40 °C* a +85 °C	
Dimensionadas:	Coquillas: 2 m; Planchas: 2 x 0,5 m; Plancha en rollos. Ancho: 1 m; Largo: según las referencias.	

* En caso de utilización a temperaturas inferiores, consulte con nuestro Departamento Técnico.
Antes de proceder al aislamiento de aceros inoxidables con AF/Armaflex, consulte con nuestro Departamento Técnico.

Dimensionadas / Espesores nominales crecientes

Diámetro exterior \varnothing mm	Diámetro mínimo interno \varnothing mm	Coquillas (con espesor técnico)						Plancha en hojas (2 x 0,5 m)		
		D	F	H	M	R	T	Standard	Autoadhesiva	Esp. mm.
		espesor nominal creciente 6,0 - 7,5 mm	espesor nominal creciente 9,0 - 12,0 mm	espesor nominal creciente 13,0 - 16,0 mm	espesor nominal creciente 19,0 - 26,0 mm	espesor nominal creciente 25,0 - 32,0 mm	espesor nominal creciente 32,0 - 45,0 mm			
10,2	7,0 9,0 11,0	D-06 D-08 D-10	F-06 F-08 F-10	H-06 H-08 H-10	M-10			F-09 H-09 K-09 M-09 R-09 T-09	F-99-A H-99-A	9 13 16 19 25 32
13,5	13,0 16,0	D-12	*F-12	*H-12	*M-12					
17,2 21,3	19,0 23,0	D-18 D-22	*F-18 *F-22	*H-18 *H-22	*M-18 *M-22	R-18 R-22	T-18 T-22			
25	26,0	D-25	F-25	H-25	M-25					
26,9	29,0	D-28	*F-28	*H-28	*M-28	R-28	T-28			
30	31,0	D-30	F-30	H-30	M-30					
33,7	36,0	D-35	*F-35	*H-35	*M-35	R-35	T-35			
38 42,4 44,5	39,0 43,5 45,5		F-38 *F-42 F-45	*H-42 H-45	*M-42 M-45	R-42	T-42			
48,3 54 57	49,5 55,0 58,0		*F-48 F-54 F-57	*H-48 *H-54 H-57	*M-48 *M-54 M-57	R-48 R-54	T-48 T-54 T-57			
60,3 63,5 70	61,5 65,0 71,0		*F-60 F-64 F-70	*H-60 H-64 H-70	*M-60 M-64 M-70	R-60 R-64 R-70	T-60 T-64 T-70			
76,1	77,0 81,0		*F-76 F-80	*H-76 H-80	*M-76 M-80	R-76	T-76 T-80			
88,9	90,5		*F-89	*H-89	*M-89	R-89	T-89			
101,6 (104,3) 108	105,0 109,5		F-102 F-108	H-102 H-108	M-102 M-108	R-108	T-102 T-108			
114,3 (125) 133	116,0 127,0 135,0		F-114 F-125 F-133	H-114 H-125 H-133	M-114 M-125 M-133	R-114	T-114 T-133			
139,7 (160)	142,0 162,0		F-140 F-160	H-140 H-160	M-140 M-160	R-140	T-140 T-160			

Plancha en rollos
Ancho: 1 m
Largo: Según espesor

Standard	Autoadhesiva	Esp. mm.
F-99 E	F-99-E	9
H-99 E	H-99-E	13
K-99 E		16
M-99 E	M-99-E	19
R-99 E	R-99-E	25
T-99 E	T-99-E	32

Cinta Aislante
Autoadhesiva

Longitud: 15 y 30 m
Ancho: 50 mm
Espesor: 3 mm

Dimensionadas con asterisco, se encuentran disponibles también con autoadhesiva.

Armaflex que cumplan el Reglamento de Instalaciones IT-IC.19, rogamos consulte nuestro Departamento Técnico.

Temperaturas máximas y mínimas, consulte nuestro folleto técnico.

Dimensiones indicadas corresponden a las normas: a) DIN 1754 y 1786 en el caso de los tubos de cobre; b) DIN 2440, 2441, 2448, 2454 y 2391 en el caso de

datos técnicos están basados en resultados obtenidos bajo condiciones normales de uso. Es responsabilidad de los receptores de estos datos e informacion consultar con Armstrong a la hora de proyectar, a fin de que los datos e informacion suministrados puedan ser aplicados sin alteración en las áreas de

información referente a las aplicaciones de nuestros materiales, soliciten el Manual de Instalación.



AENOR
R
Empresa Registrada
19002397



AENOR
N
Empresa Registrada
19002397



INCE
SELLO DE CALIDAD



Supervisado
por el
Colegio de Arquitectos
de España

MIEMBRO DE



andima

DELEGACIONES EN ESPAÑA

<p>OFICINA VENTAS BARCELONA Consejo de Cliente, 83 - 5.ª, 1.ª Teléf.: 425 23 25 Telefax: 425 41 70 08015 Barcelona</p>	<p>DELEGACION SEVILLA Apartado 13224 Teléf. + Fax: 467 06 29 41080 Sevilla</p>	<p>DELEGACION BILBAO Apartado 6180 Teléf.: 447 43 10 Telefax: 447 64 11 48080 Bilbao</p>	<p>DELEGACION VALENCIA Apartado 8086 Teléf.: 370 69 72 Telefax: 370 26 34 46080 Valencia</p>	<p>DELEGACION VIGO Apartado 3012 Teléf.: 22 08 89 Telefax: 22 08 54 36200 Vigo Pontavedra</p>
---	---	---	---	--

DELEGACIONES EN IBEROAMERICA

<p>ARGENTINA</p> <p>DELEGACION SAO PAULO - BRASIL Rua Rafael Correa Sampaio, 88 Santo Amaro Sao Paulo CEP 04457-100</p>	<p>DELEGACION CARACAS - VENEZUELA Urb. Palo Verde C/ Sur, 8 con C/3 Mza. 11, nº 20 - A Caracas</p>
---	---



ARMSTRONG WORLD INDUSTRIES INC
INSULATION PRODUCTS
Lancaster, PA 17604 EE. UU.
Tel: 717 396-4127
Fax: 717 396-4265

Aislante para Tuberías AP Armaflex

S	Método de prueba		Notas
Coef. de expansión térmica (E)	0.039 (0.27)	ASTM C 77	En el caso de calentamiento, el Aislante para Tuberías AP Armaflex resiste temperaturas de hasta 105°C (220°F). El Adhesivo 530 puede utilizarse en aplicaciones de aislamiento para tuberías de hasta 105°C (220°F).
124 C (75 F)	0.040 (0.276)	o bien C 518	
gua. taza (en pulg.)	0.1 (1.45 x 10 ⁻¹)	ASTM E 95 Procedimiento A	A -29°C (-20°F) AP Armaflex flexible se endurece y a temperaturas por debajo de -29°C (-20°F) se torna cada vez más frágil. No obstante esta característica de endurecimiento no afecta su eficiencia térmica ni su permeabilidad al vapor de agua. Para aplicaciones de -60°F hasta -70°F (40°C hasta -57°C) comuníquese con Armstrong.
el peso	1.5	ASTM D 1056	
	BUENA	---	
USO (1)	105 (220)	---	
USO (2)	-40 (-40) -57 (-70)	---	
Dimensionales)	10, 13, 19, 25 mm (3/8", 1/2", 3/4", 1")	---	
tubular	10 mm Ø int. a 152 mm NPS (3/4" Ø int. a 6" IPS)	---	
es de presi	1.83 m (6)	---	

ESPESORES RECOMENDADOS DE AISLANTE PARA TUBERIAS ARMAFLEX

Para controlar la condensación en superficies de aislantes externos
(Datos basados en los espesores proporcionados por el fabricante)

	Temperatura de la línea			
	10°C (50°F)	2°C (32°F)	-17°C (0°F)	-29°C (-20°F)
CONDICIONES DE DISEÑO NORMALES Int. (3/4" Ø int. a 1 1/4" Ø int.) 9 mm Ø int. (1 1/8" Ø int. a 2 1/8" Ø int.) 7 mm Ø int. (2 1/8" Ø int. a 2 3/4" Ø int.) 27 mm IPS (2 3/4" Ø int. a 5" IPS)	Nom 10 mm (3/8") Nom 10 mm (3/8") Nom 10 mm (3/8") Nom 13 mm (1/2")	Nom 13 mm (1/2") Nom 13 mm (1/2") Nom 13 mm (1/2") Nom 19 mm (3/4")	Nom 19 mm (3/4") Nom 25 mm (1") Nom 25 mm (1") Nom 25 mm (1")	Nom 25 mm (1") Nom 25 mm (1") Nom 32 mm (1 1/8") Nom 32 mm (1 1/8")
CONDICIONES DE DISEÑO MODERADAS Int. (1/2" Ø int. a 2 3/4" Ø int.) 27 mm IPS (2 3/4" Ø int. a 5" IPS)	Nom 10 mm (3/8") Nom 13 mm (1/2")	Nom 10 mm (3/8") Nom 13 mm (1/2")	Nom 12 mm (1/2") Nom 13 mm (1/2")	Nom 19 mm (3/4") Nom 19 mm (3/4")
CONDICIONES DE DISEÑO EXIGENTES Int. (1/4" Ø int. a 1 5/8" Ø int.) 2 mm Ø int. (1 5/8" Ø int. a 3 3/8" Ø int.) 52 mm Ø int. (3 3/8" Ø int. a 5" IPS)	Nom 19 mm (3/4") Nom 19 mm (3/4") Nom 19 mm (3/4")	Nom 25 mm (1") Nom 25 mm (1") Nom 25 mm (1")	Nom 38 mm (1 1/2") Nom 38 mm (1 1/2") Nom 38 mm (1 1/2")	Nom 38 mm (1 1/2") Nom 44 mm (1 3/4") Nom 50 mm (2")

de 25 mm (1") corresponde a capas múltiples.

CONDICIONES DE DISEÑO NORMALES. El material AP Armaflex utilizado en los espesores indicados y dentro de los límites de temperatura de condensación de la superficie del aislante externo en interiores bajo condiciones de diseño normales, con una máxima severidad de 29°C (85°F) y las condiciones y la experiencia práctica de Armstrong indican que, en los Estados Unidos, las condiciones en interiores raras veces superan este nivel.

CONDICIONES DE DISEÑO MODERADAS. El material AP Armaflex utilizado en los espesores indicados y dentro de los límites de temperatura de condensación de la superficie del aislante externo en interiores bajo condiciones de diseño moderadas, con una máxima severidad de 27°C (80°F) y estas condiciones son características de los ambientes con una humedad moderada en climas templados.

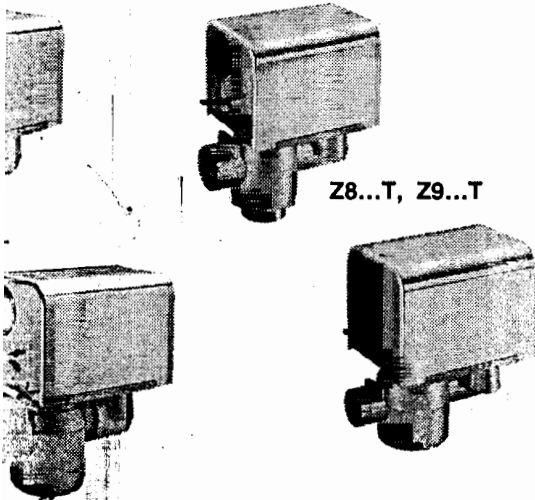
CONDICIONES DE DISEÑO EXIGENTES. El material AP Armaflex utilizado en los espesores indicados y dentro de los límites de temperatura de condensación de la superficie del aislante externo en interiores bajo condiciones de diseño exigentes, con una máxima severidad de 32°C (90°F) y estas condiciones se encuentran en interiores con humedad excesiva o en zonas cerradas con poca ventilación donde la temperatura puede ser ambiente.

APÉNDICE M

CARACTERÍSTICAS DE LAS VÁLVULAS DE TRES

VÍAS MARCA BELIMO MODELO Z320T+SEF120

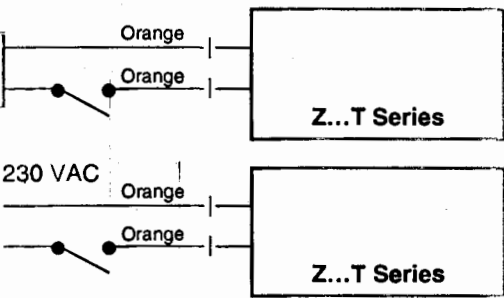
Z...T Series Zone Valve



Z8...T, Z9...T

Z...T Series Zone Valves	
Size	1/2" and 3/4"
Function	2 and 3-way diverting
1/2" 2-way	2.3 and 3.7
1/2" 3-way	5.0
3/4" 2-way	3.7
3/4" 3-way	5.4
Media	Hot and Chilled Water, 40% Glycol
Connections	Z2, Z3 - NPT female connection Z8, Z9 - Sweat connection
Motor	On/Off, Synchronous motor
Feature	Manual override tab
Return	Spring return upon power failure
Voltage	24 VAC ±10%, 120 VAC, 230 VAC 50/60 Hz
Pressure	30 PSI (ZX14T has 43.5 PSI)
Temperature	36°F [2°C] to 201°F [94°C]
Temperature	0°F [-18°C] to 104°F [40°C]
Body	Single piece forged brass body 300 PSI (2 MPa)
Consumption	7W
Response	11 sec
Time	4 sec
Standards	CE, UL

Zone Valves, Wiring



T Series Two-Way and Three-Way (Diverting)

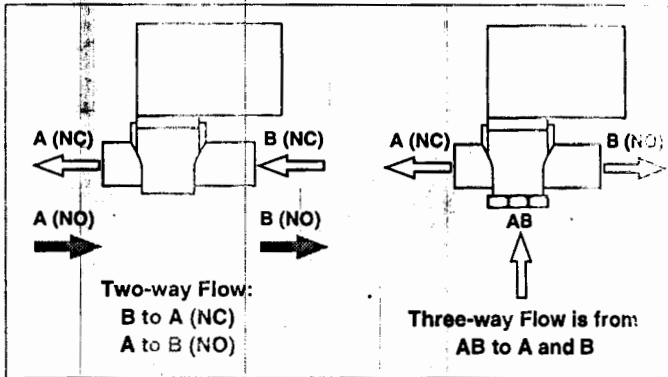
Application

Two way and three way zone valves with ON/OFF action and spring return. The valves feature a synchronous motor which is sealed against moisture. A metal tab allows the valve to be put into the manual open position, which springs to auto the first time the valve is powered up.

The valves have a 2 year warranty.

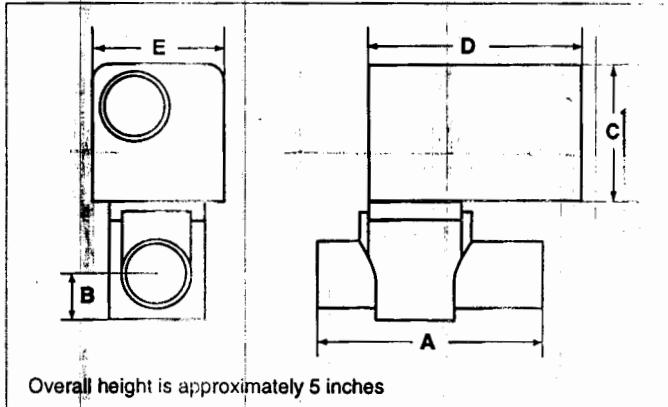
The valve bodies are pressure rated to 300 PSI (2MPa). The actuator motors are field removable/replaceable without removing the valve from the line.

Flow Direction



Valves are marked A, B on body

Dimensions



Overall height is approximately 5 inches

Dimensions in inches [mm]:

Model	Valve Size	A	B 3-way	C	D	E
Z2, Z3 Series	1/2" [15mm]	3.48 [89]	1.15 [29]	2.42 [62]	3.25 [83]	2.46 [63]
Z2, Z3 Series	3/4" [20mm]	3.66 [93]	1.35 [34]	2.42 [62]	3.25 [83]	2.46 [63]
Z8, Z9 Series	1/2" [15mm]	3.48 [89]	1.38 [35]	2.42 [62]	3.25 [83]	2.46 [63]
Z8, Z9 Series	3/4" [20mm]	3.48 [89]	1.63 [41]	2.42 [62]	3.25 [83]	2.46 [63]

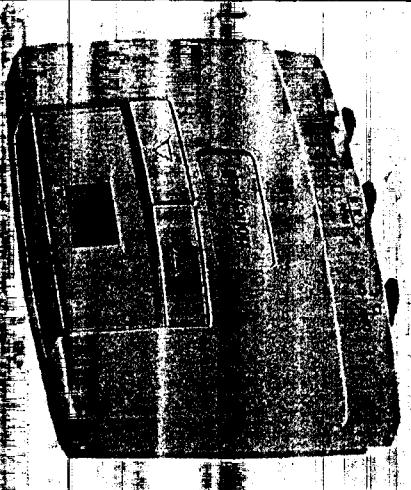
Valves are rated to 300 PSI (2MPa) body pressure. Some labels may state 125 PSI static pressure, however these are rated to 300 PSI (2MPa)

APÉNDICE N

**CARACTERÍSTICAS DE LOS TERMOSTATOS DE
TRES ETAPAS MARCA HONEYWELL**

FEATURES:

- Simple user interface.
- Attractive modern styling ideal for offices or hotels.
- Digital display of ambient temperature, with user activated temperature display.
- Digital display shows mode icons when cooling or heating relays operate, or when energy savings mode is active.
- Pushbutton setpoint adjustment.
- Switches allow manual control of system operation and fan speed.
- Energy savings mode - external energy savings input from time switch, occupancy sensors or hotel card-key overrides comfort setpoint with setback heating or cooling setpoint.
- Energy savings input configurable, normally open or normally closed.
- Proportional plus integral (P-I) control algorithm for precision temperature regulation.
- Mounts directly onto wall of standard junction box or vertical junction box with optional adapter plate.
- Installer setup mode allows changes of operating parameters.
- Selectable C or F display.
- Adjustable deadband (some models) for heat and cool control.
- Selectable energy savings setup cooling and setback heating setpoints.
- Adjustable maximum heating and minimum cooling setpoint limits.
- Adjustable minimum relay off-times (heating or cooling) for compressor short-cycle protection.
- EEPROM permanently retains user settings during power loss (no batteries required).
- Capability to display temperature sensor failure for easier troubleshooting.



APPLICATION

T6570 Series Digital Fan-Coil thermostats provide line voltage on/off control for fans, valves, compressors or auxiliary electric heaters in fan-coil and small air-conditioner applications. Models are available for control of single or 2-stage air-conditioners and various fan-coil units:

- 2-pipe.
- 2-pipe with manual heat/cool changeover.
- 2-pipe with auxiliary electric heater.
- 4-pipe with manual heat/cool changeover.
- 4-pipe with automatic heat/cool changeover.

All models are suitable for multiple applications. Changes in output wiring and external links between terminals can configure the thermostat for the appropriate application. The fan can also be controlled from the thermostat. In some cases it is wired to run continuously and can be switched off with the On/Off switch. With other models there is a choice of running the fan continuously, or cycling it with the thermostat. Compressors and auxiliary electric heaters can be controlled using a relay or contactor controlled by the thermostat.

Contents

Application	1
Features	1
Specifications	2
Ordering Information	2
Installation	3
Operation	4
Operating Modes	4
Wiring	6



Electrical Rating:

50-60 Hz	120	230V 1
Amps	3.8	3.8
Full Load Inductive ²	3.0	3.0
Pilot Duty		100 VA

¹This thermostat is approved for use on power supply equivalent to NEMA 1/8 horsepower rating, allowable adding horsepower full load and locked rotor rating of Minimum Operational Life (at maximum life for manual switches: 10,000 operations. Energy Savings Input: 24 Vdc dry contact resistance of 1000 ohms. Note 'Caution' Protection Class: IP30.

Approvals:
Meets CE requirements.
CSA Certified CUSL LR169752 for Canada.
Accessories:
272878 adapter plate for mounting on 1.5 mm gang NEMA-standard vertical switch box.

ORDERING INFORMATION

When purchasing replacement and modernization products from your TRADELINE® wholesaler or your distributor, please refer to the TRADELINE catalog or price sheets for complete ordering number, or specify:

1. Model
 2. Electrical load(s)
 3. Accessories.
- If you have additional questions, need further information, or would like to comment on our products or service (check white pages or phone directory) or phone:
1. Your local Honeywell Home and Building Control Sales Office (check white pages or phone directory).
 2. Home and Building Control Customer Satisfaction Honeywell Inc., 1885 Douglas Drive North, Minneapolis, MN 55422 (612) 951-1000.
 3. In Canada - Honeywell Limited, 35 Dynamic Drive, Toronto, ON M1V 4Z9, 1-800-405-9835. International Sales and Service Offices in all principal cities of the world. Manufacturing in Australia, Canada, Germany, Japan, Mexico, Netherlands, Spain, Taiwan, United Kingdom, U.S.A.

changeover.

Fig. 4 - Single stage control

Fig. 5 Sequence control with deadband

Fig. 3 - Removing the thermostat

Fig. 2 - Mounting the wallplate

Table 2 - Leadwire Color Code (if fitted)

Terminal	Color	Use	Terminal	Color	Use
1	Black (BK)	L1 (Hot)	7	Red (RD)	Fan Low
2	White (WH)	L2 (N)	8	Blue (BL)	Fan Medium
3	Orange (OR)	Heat	9	Brown (BN)	Fan High
4	Yellow (YL)	Cool	10	—	Energy Mgt. System
5	Gray (GY)	Damper	11	—	—
6	Violet (VT)	Fan Common			

Table 2 - Leadwire Color Code (if fitted)

Table 2 - Leadwire Color Code (if fitted)

INSTALLATION

When Installing this Product..

1. Read these instructions carefully. Failure to follow them could damage the product or cause a hazardous condition.
2. Check the ratings given in the instructions and on the product to make sure the product is suitable for your application.
3. Installer must be a trained, experienced service technician.
4. After installation is complete, check out product operation as provided in these instructions.

CAUTION

Electrical Shock or Equipment Damage Hazard.
Can shock individuals or short equipment circuitry.
 Disconnect power supply before installation.

IMPORTANT
 This is a line voltage powered device. All wiring must comply with national and local electrical codes, ordinances and regulations. Provide disconnect means and overvoltage protection required.

Location

The T6570, T6574, T6575 and T6576 thermostats are the temperature control element in a fan-coil or air-conditioning system. They must be located about 1.5m (5 ft.) above the floor in a position with good air circulation at room temperature.

IMPORTANT

- Do not mount device where it can be affected by:
1. Drafts or dead spots behind doors or in corners.
 2. Hot or cold air from ducts.
 3. Radiant heat from the sun or appliances.
- Unheated (uncooled) areas such as an outside wall behind the thermostat.
1. Unheated (uncooled) areas such as an outside wall behind the thermostat.
 2. Concealed pipes or chimneys.

Mounting

Any T6570, T6574, T6575 and T6576 thermostat can be mounted directly on the wall or on either a 65x65mm standard junction box or a 24x4 in. junction box. An optional adapter plate is available for mounting on a 4x4 in. or vertical junction box. Mounting screws are supplied for alternatives.

1. Locate wallplate in the mounting position.
2. Insert mounting screws through appropriate holes, and screw into position. (See Fig. 2.)
3. Complete wiring (see Wiring section)

Fig. 2 - Mounting the wallplate

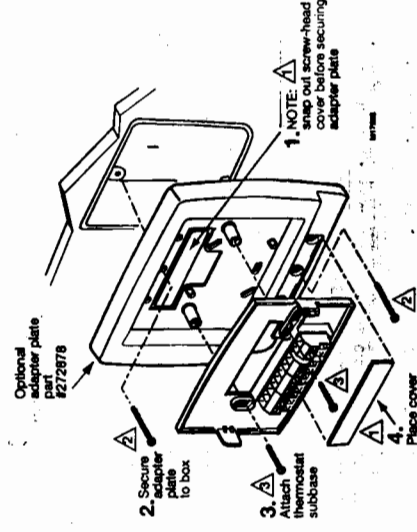


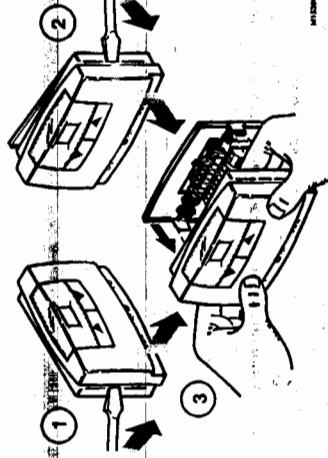
Table 2 - Leadwire Color Code (if fitted)

Terminal	Color	Use	Terminal	Color	Use
1	Black (BK)	L1 (Hot)	7	Red (RD)	Fan Low
2	White (WH)	L2 (N)	8	Blue (BL)	Fan Medium
3	Orange (OR)	Heat	9	Brown (BN)	Fan High
4	Yellow (YL)	Cool	10	—	Energy Mgt. System
5	Gray (GY)	Damper	11	—	—
6	Violet (VT)	Fan Common			

Equipment Damage Hazard.
 Improper removal can damage the thermostat.
 Carefully follow the thermostat removal directions.

1. To remove the thermostat from the wallplate (see Fig. 3): Use a screwdriver to pry thermostat left side away from the base.
2. Use the screwdriver to pry thermostat's right side away from the wallplate.
3. Use both hands to pull the thermostat straight away from the wallplate.

Fig. 3 - Removing the thermostat



(Thoroughly check wiring to the subbase before finally mounting the thermostat on the wall)

OPERATION Control

Proportional + Integral (P+I) Control

Like a mechanical thermostat, the T6570, T6574, T6575 and T6576 have On/Off control output. However, this output is regulated by a P+I algorithm, enabling the thermostat to control closer to setpoint than conventional thermostats. This results in performance where the space temperature is maintained within 0.75°C (1.5°F) of the setpoint regardless of fan speed.

P+I action minimizes the difference between the temperature setpoint and the effective control point by adjusting the output on-time until the control point matches the setpoint. The on-time is based on a fixed cycle rate of 4 cycles/hour, and the proportional band is 1.6°C (2.9°F).

Single-Stage Cooling or Heating Control (see Fig. 4)

In cooling mode the user setpoint will be positioned at the bottom of the Proportional Band, so the setpoint will

Automatic Changeover With Zero Energy Deadband (see Fig. 5)

This type of control is not available on all setpoints centres on the Zero Energy Deadband of the cooling proportional band. Likewise, the off point is positioned at the top end of the heating proportional band.

Zero Energy Deadband width is selectable Setup mode.

EXAMPLE:

Using a deadband of 2°C (4°F) and a user setpoint of 23°C (74°F), the effective cooling setpoint is 21°C (70°F). The effective heating setpoint is 25°C (77°F). This change in setpoint causes both heating and cooling to occur in parallel. This change in setpoint causes both heating and cooling to occur in parallel. This change in setpoint causes both heating and cooling to occur in parallel. This change in setpoint causes both heating and cooling to occur in parallel.

Fig. 5 Sequence control with deadband

Comfort Mode

This is the normal operating mode where the thermostat controls to the setpoint selected by the user. On initial switch on, or after the On/Off switch has been activated, the user setpoint will return to the default value. The control action will be determined by either the default settings or, the installer set parameters if the defaults have been altered.

Energy Savings Mode

Energy Savings mode is activated by a special Energy Management System (EMS) input from an occupancy switch or window contact switch. If the signal via input terminals 10 and 11 is calling for Energy Savings mode, then the thermostat will control to user/installer defined setback setpoints for increased energy savings. The display will show a # symbol to indicate the Energy Savings mode is active.

For example, if the user setpoint is 21°C (70°F) and the Energy Savings mode setpoint for cooling (unoccupied cooling setpoint) has been set to 28°C (82°F), then the thermostat controls to 28°C (82°F) when the input signal activates the economy mode.

The Energy Savings mode input can be configured within the installer setup mode to be activated by either a short-circuit (default) or open-circuit signal.

The default Energy Savings mode setpoints are shown in the table below:

Table 3 - Energy Saving Mode Default Settings

Energy Savings Mode - Setpoints			
Description	Heating Setpoint		Cooling Setpoint
	Default	Range	Range
°C Scale	18°C	10-18°C	25-30°C
°F Scale	65°F	50-65°F	77°F- 87°F

Off Mode

When the system switch is set to Off, power is removed from the thermostat electronics and output terminals, and the display will go blank. The thermostat will reboot when power is restored with the On/Off switch.

Note - this On/Off switch is a functional switch and should not be used as an isolating switch.

Startup

On first powering up, or after the On/Off switch has been set to On, the thermostat undergoes a startup and self-checking sequence. First, all LCD display segments are illuminated to check the display. Next a number appears to indicate the software version. The final check is a check of the sensor.

EEPROM, and if the thermostat is switched off, then on again, it will resume control at the last known setpoint.

Table 4 - Power Up Default Setpoints

	Power Up Default Setpoints			
	1 relay or heat/cool Changeover models		2 relay + cool sequence models	
	°C Scale	°F Scale	°C Scale	°F Scale
Setpoint Default	22	73	22	73
Cooling OFF point	-	-	23	75
Heating OFF point	-	-	21	71

Additional Switches

Fan Speed Switch (SP3T line voltage)

Where supplied, the fan switch allows the selection of three different settings: low, medium, or high.

System Heat/Cool Switch (SPST low voltage)

Where supplied, this switch signals the microprocessor to operate the relays in either heating or cooling mode.

In heating mode, the cooling relay is disabled. In cooling mode, the heating relay is disabled.

User Programming Modes

Temperature (Comfort) Setpoint

The temperature setpoint can be adjusted between 10°C and 30°C in steps of 0.5°C by using the ▲ and ▼ keys. If °F is set within the installer setup mode (see later), the range will be 50°F to 90°F, adjustable in 1°F steps.

Display

The measured room temperature is normally displayed (unless configured otherwise in the installer setup mode), and the first press of the ▲ or ▼ keys will switch to display the user setpoint. If no key is pressed for 5 seconds, the display will return to showing the room temperature.

When the cooling relay is closed, this will be indicated by a # symbol, whereas closure of the heating relay will be indicated by a ● symbol.

Programming Parameters

The installer setup mode is accessed by reducing the setpoint to 10°C (50°F), waiting until the room temperature is displayed, and then pressing the ▼ and ▲ keys simultaneously for 3 seconds.

If the installer setup has previously been entered and the Minimum Cooling Setpoint increased above 10°C (50°F), the installer setup mode can be accessed by reducing the setpoint to the new value before pressing the two buttons.

The first parameter identifier will be displayed at this point and the parameter value can be changed by pressing the ▲ key. The first press displays the default value and any subsequent press alters the value. The values will wrap around.

To select the parameter value and move to the next parameter, the ▼ is pressed. After the final parameter is selected, a further press of the ▼ key will exit from the programming mode.

Parameter Values

Each parameter has a default value that is used when the

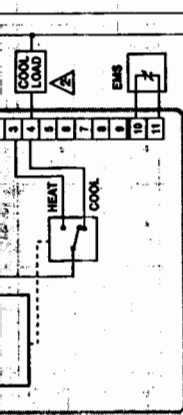
Table 5 - Parameter Options

Parameter	ID	Description	°C Scale		°F Scale
			Default	Values	
Temperature Scale	TS	Allows selection of either °C or °F scale	-	-	-
Dead Band	db	Setting deadband (Zero Energy Band)	2	2, 3, 4	4
Heat or Cool Operating Mode	OP	Setting operating mode on single relay, non-changeover models, to either Heat or Cool.	0	0: cool 1: heat	0
Unoccupied Cooling Setpoint	uC	Program unoccupied cooling setpoint for energy savings.	25	25 to 30	77
Unoccupied Heating Setpoint	uH	Program unoccupied heating setpoint for energy savings.	18	10 to 18	65
Minimum Cooling Off Time	CO	Setting cooling off-time for short cycle prevention.	0	0, 3, 4, 5	0
Minimum Heating Off Time	HO	Setting heating off-time for short cycle prevention.	0	0, 3, 4, 5	0
Minimum Cooling Setpoint	CL	Sets the minimum allowable cooling setpoint.	10	10 to 30	50
Maximum Heating Setpoint	HL	Sets the maximum allowable heating setpoint.	30	10 to 30	90
Energy Savings Input Configuration	ES	Activate energy savings mode by a choice of either contact closure or contact opening.	1	1: s/c contact 0: o/c contact	1 0
Display of Room Temperature	rT	Allows installer to restrict temperature display to setpoint only. With this parameter, the unit will only display the setpoint temperature.	1	1: room temp. 0: setpoint only	1 0

Programming Example

To enter the installer setup mode:

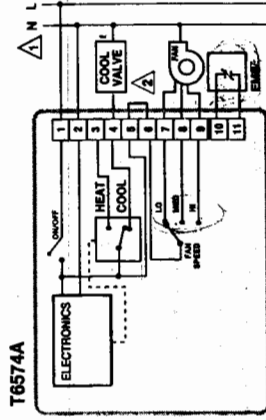
- Press ▼ to change the temperature (50°F)
- Wait until the room temperature is displayed.
- Press and hold ▼ ▲ together until
- Press ▲ once to show the default temperature value. Continue ▲ to show all possible parameter in sequence
- When the desired value is displayed, pressing ▼ once. This will also move parameter, whose identifier will now be displayed, to the next parameter value.
- Continue to use ▼ to move from one next, and ▲ to alter the parameter value.
- When the last parameter [rT] has been pressed ▼ will return the display to its mode.



⚠ For power supply, provide disconnect means and overload protection required. Special service CO/ALR solderless connectors must be used when connecting with aluminum conductors. Otherwise a fire hazard may result.

⚠ Connect HEAT LOAD to terminal 3 for heat only.

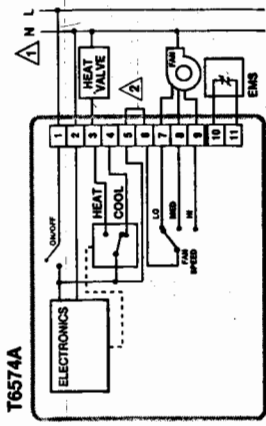
Fig. 8 Wiring 2-pipe cool thermostat with continuous fan



⚠ For power supply, provide disconnect means and overload protection required. Special service CO/ALR solderless connectors must be used when connecting with aluminum conductors. Otherwise a fire hazard may result.

⚠ Jumper terminals 5 - 6 for continuous fan operation, 3 - 6 for cycled fan operation.

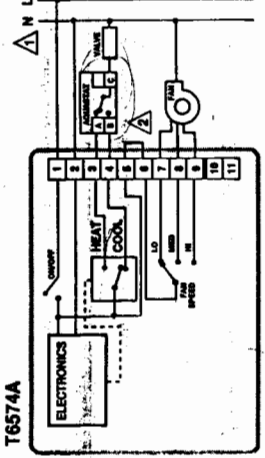
Fig. 9 Wiring 2-pipe heat thermostat with continuous fan



⚠ For power supply, provide disconnect means and overload protection required. Special service CO/ALR solderless connectors must be used when connecting with aluminum conductors. Otherwise a fire hazard may result.

⚠ Jumper terminals 5 - 6 for continuous fan operation, 4 - 6 for cycled fan operation.

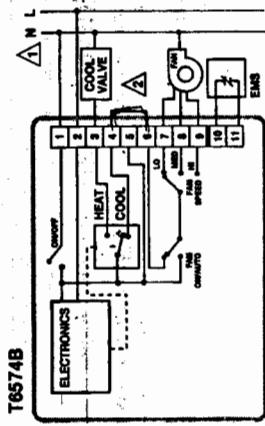
Fig. 10 Wiring 2-pipe auto heat/cool changeover with external aquastat, continuous fan



⚠ For power supply, provide disconnect means and overload protection required. Special service CO/ALR solderless connectors must be used when connecting with aluminum conductors. Otherwise a fire hazard may result.

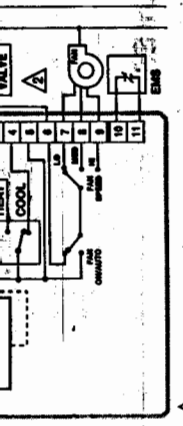
⚠ Jumper terminals 4 - 6 for Auto/On fan operation.

Fig. 11 Wiring 2-pipe cool thermostat with fan On/Auto



⚠ For power supply, provide disconnect means and overload protection required. Special service CO/ALR solderless connectors must be used when connecting with aluminum conductors. Otherwise a fire hazard may result.

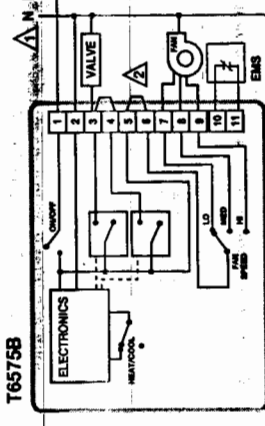
⚠ Jumper terminals 5 - 6 for continuous fan operation, 4 - 6 for cycled fan operation.



⚠ For power supply, provide disconnect means and overload protection required. Special service CO/ALR solderless connectors must be used when connecting with aluminum conductors. Otherwise a fire hazard may result.

⚠ Jumper terminals 3 - 6 for Auto/On fan operation.

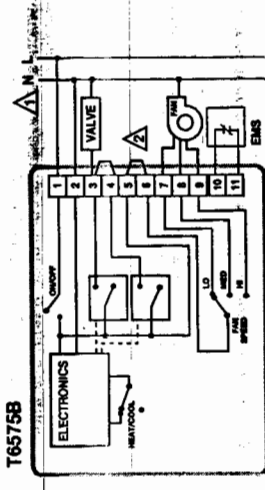
Fig. 13 Wiring 4-pipe auto heat/cool changeover with external aquastat, continuous fan



⚠ For power supply, provide disconnect means and overload protection required. Special service CO/ALR solderless connectors must be used when connecting with aluminum conductors. Otherwise a fire hazard may result.

⚠ Jumper terminals 5 - 6 for continuous fan operation, 4 - 6 for cycled fan operation.

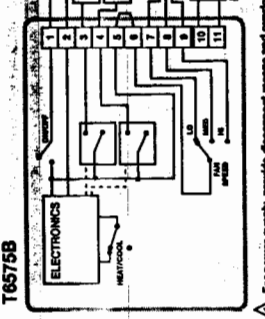
Fig. 14 Wiring 2-pipe, heat/cool manual switch, continuous fan



⚠ For power supply, provide disconnect means and overload protection required. Special service CO/ALR solderless connectors must be used when connecting with aluminum conductors. Otherwise a fire hazard may result.

⚠ Jumper terminals 5 - 6 for continuous fan operation.

Fig. 15 Wiring 4-pipe, heat/cool manual switch, continuous fan



⚠ For power supply, provide disconnect means and overload protection required. Special service CO/ALR solderless connectors must be used when connecting with aluminum conductors. Otherwise a fire hazard may result.

⚠ Jumper terminals 5 - 6 for continuous fan operation.

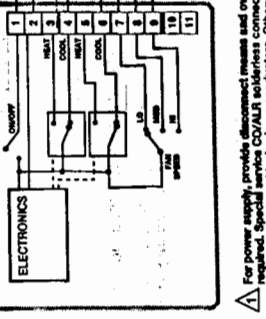
Fig. 16 Wiring 4-pipe, auto heat/cool changeover, continuous fan



⚠ For power supply, provide disconnect means and overload protection required. Special service CO/ALR solderless connectors must be used when connecting with aluminum conductors. Otherwise a fire hazard may result.

⚠ Jumper terminals 5 - 6 for continuous fan operation.

Fig. 17 Air Conditioner, 2-stage continuous fan



⚠ For power supply, provide disconnect means and overload protection required. Special service CO/ALR solderless connectors must be used when connecting with aluminum conductors. Otherwise a fire hazard may result.

⚠ Jumper terminals 5 - 6 for continuous fan operation.

Fig. 18 Wiring 4-pipe auto heat/cool changeover with external aquastat, continuous fan

APÉNDICE O

CÁLCULO DE CARGA DE LA ZONA CLIMATIZADA

CÁLCULO DE CARGA (Temp. Exterior: 38°C)

• TECHO:	$Q = U \times A \times \Delta T$	R
Medio en la superficie interior (aire quieto)		0.61
6 pulgadas de concreto		0.48
Medio en la superficie exterior (velocidad baja)		<u>0.17</u>
		1.26

$$U = \frac{1}{R} = \frac{1}{1.26} = 0.7936 \quad A = 125.5 \text{ m}^2 \quad \Delta T = 36^\circ F$$

$$Q = 0.7936 \times 125.5 \times 36 = 3585.7 \text{ BTU/h}$$



• PAREDES EXTERIORES:	$Q = U \times A \times \Delta T$	R
Medio en la superficie interior (aire quieto)		0.61
6 pulgadas de concreto		0.48
Medio en la superficie exterior (velocidad baja)		<u>0.17</u>
		1.26

$$U = \frac{1}{R} = \frac{1}{1.26} = 0.7936 \quad A = 84.16 \text{ m}^2 \quad \Delta T = 36^\circ F$$

$$Q = 0.7936 \times 84.16 \times 36 = 2404.4 \text{ BTU/h}$$

• PARED INTERIOR:	$Q = U \times A \times \Delta T$	R
Medio en la superficie interior (aire quieto)		0.61
6 pulgadas de concreto		0.48
Medio en la superficie exterior (aire quieto)		<u>0.61</u>
		1.70

$$U = \frac{1}{R} = \frac{1}{1.70} = 0.588$$

$$A = 38.40 \text{ m}^2$$

$$\Delta T = 14.4^\circ F$$

$$Q = 0.7936 \times 38.40 \times 14.4 = 325.4 \text{ BTU/h}$$

• **VIDRIOS:**

$$Q = U \times A \times \Delta T$$

$$U = 1.1$$

$$A = 34.32 \text{ m}^2$$

$$\Delta T = 36^\circ F$$

$$Q = 1.1 \times 34.32 \times 36 = 1359.1 \text{ BTU/h}$$

• **LUCES:**

$$Q = 5237 \text{ BTU/h}$$

• **PERSONAS (30):**

$$Q = 6955.2 \text{ BTU/h}$$

• **INFILTRACIONES:**

$$Q = 5000 \text{ BTU/h}$$

• **EQUIPOS**

$$Q = 10000 \text{ BTU/h}$$

CARGA TOTAL = 34867.4 BTU/h

APÉNDICE S
PRÁCTICA DE LABORATORIO

PRÁCTICA N°

DETERMINACIÓN DE CAPACIDAD DE ENFRIAMIENTO

Objetivos:

- El objetivo de la siguiente práctica consiste en determinar la capacidad de enfriamiento del equipo de enfriamiento de agua (agua helada) Chiller de la Facultad mediante el uso de los diagramas presión entalpía y las mediciones de temperatura y presión en el equipo.
- Realizar el diagrama presión-entalpía del ciclo.

Materiales y equipos utilizados:

1. Chiller
2. Tablas presión-entalpía del agua

Procedimiento experimental:

1. El equipo debe ser encendido por la persona encargada con anticipación
2. Establecer la temperatura ambiental en los termostatos del Laboratorio de Procesos
3. Realizar 5 mediciones de Temperatura de entrada del agua al chiller (en el panel frontal) con sus respectivas presiones en el manómetro de la tubería de suministro.
4. Realizar 5 mediciones de Temperatura de salida del agua del chiller (en el panel frontal) con sus respectivas presiones en el manómetro de la tubería de retorno.
5. Determinar las entalpías para cada medición de temperaturas
6. Calcular la capacidad de enfriamiento del equipo.

Tabla de datos:

	T entrada (°F)	T salida (°F)	P entrada (psig)	P salida (psig)	h entrada (BTU/lb)	h salida (BTU/lb)	m (lb/h)	Q (BTU/h)
1								
2								
3								
4								
5								

Fórmulas:

$$Q = \dot{m} (h_2 - h_1)$$

donde:

Q: cantidad de calor extraído del agua, en BTU/h

\dot{m} : cantidad de flujo de masa, en lb/h

$h_2 - h_1$: cambio de la entalpía específica del agua, en BTU/lb

Datos:

\dot{m} : flujo másico del agua (con pérdidas) = 18GPM

1 GPM = 500 lb/h

Gráficos:

1. Dibujar el diagrama presión-entalpía del ciclo ideal con las correspondientes temperaturas de evaporación y condensación.
2. Con este diagrama, determinar las siguientes características del equipo: Efecto de Refrigeración (ER), Calor de Compresión (CC), Calor de Rechazo (CR), porcentaje de gas de vaporización súbita a la salida de la

válvula de expansión, Coeficiente de Rendimiento (CDR), Relación de la Eficiencia de la Energía (EER)

Preguntas evaluativas:

1. Realizar un gráfico del ciclo si se incrementa la temperatura de condensación y explicar los efectos en los parámetros calculados anteriormente
2. Realizar un gráfico del ciclo si se disminuye la temperatura de evaporación y explicar los efectos en en los parámetros calculados anteriormente

APÉNDICE T

**PROPIEDADES DEL LÍQUIDO Y VAPOR
SATURADO PARA EL AGUA**

AGUA: PROPIEDADES DEL LÍQUIDO Y DEL VAPOR SATURADO (UNIDADES DEL SISTEMA INGLÉS)

Temperatura, °F	Presión, psia	Volumen específico, pe ³ /lb		Entalpia específica, Btu/lb			Temperatura, °F
		Líquido, v _l	Vapor, v _g	Líquido, h _l	Latente, h _{fg}	Vapor, h _g	
32	0.089	0.016	3305	0.02	1075.5	1075.5	32
35	0.099	0.016	2948	3.00	1073.8	1076.8	35
40	0.122	0.016	2446	8.03	1071.0	1079.0	40
45	0.147	0.016	2037.8	13.04	1068.1	1081.2	45
50	0.178	0.016	1704.8	18.05	1065.3	1083.4	50
60	0.256	0.016	1207.6	28.06	1059.7	1087.7	60
70	0.363	0.016	860.4	38.05	1054.0	1092.1	70
80	0.507	0.016	633.3	48.04	1048.4	1096.4	80
90	0.698	0.016	466.1	58.02	1042.7	1100.8	90
100	0.949	0.016	350.4	68.00	1037.1	1105.1	100
110	1.27	0.016	265.4	77.98	1031.4	1109.3	110
120	1.69	0.016	203.26	87.97	1025.6	1113.6	120
130	2.22	0.016	157.33	97.96	1019.8	1117.8	130
140	2.89	0.016	123.00	107.9	1014.0	1122.0	140
150	3.72	0.016	97.07	117.9	1008.2	1126.1	150
160	4.74	0.016	77.29	127.9	1002.2	1130.2	160
170	5.99	0.016	62.06	137.9	996.2	1134.2	170
180	7.51	0.016	50.22	148.0	990.2	1138.2	180
190	9.34	0.017	40.96	158.0	984.1	1142.1	190
200	11.52	0.017	33.64	168.0	977.9	1146.0	200
210	14.12	0.017	27.82	178.1	971.6	1149.7	210
212	14.7	0.017	26.80	180.1	970.3	1150.5	212
220	17.18	0.017	23.15	188.2	965.2	1153.4	220
230	20.8	0.017	19.38	198.3	958.7	1157.1	230
240	24.9	0.017	16.32	208.4	952.1	1160.6	240
250	29.8	0.017	13.81	218.5	945.4	1164.0	250
260	35.4	0.017	11.76	228.7	938.6	1167.4	260
270	41.8	0.017	10.06	238.9	931.7	1170.6	270
280	49.2	0.017	8.64	249.1	924.6	1173.8	280
290	57.5	0.017	7.46	259.4	917.4	1176.8	290
300	67.0	0.017	6.46	269.7	910.0	1179.7	300
310	77.6	0.017	5.62	280.0	902.5	1182.5	310
320	89.6	0.018	4.91	290.4	894.8	1185.2	320
340	118.0	0.018	3.78	311.3	878.8	1190.1	340
360	153.0	0.018	2.95	332.3	862.1	1194.4	360
380	195.7	0.018	2.33	353.6	844.5	1198.0	380
400	247.2	0.019	1.863	375.1	825.9	1201.0	400
420	308.7	0.019	1.499	396.9	806.2	1203.1	420
440	381.5	0.019	1.216	419.0	785.4	1204.4	440
460	466.9	0.019	0.994	441.5	763.2	1204.8	460
480	566.2	0.020	0.817	464.5	739.6	1204.1	480

