

2ej.



# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA

1123  
1114

## CAMBIO DE UNIDADES GENERADORAS DE AGUA REFRIGERADA EN MEDICA SUR

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA

AREA INDUSTRIAL

P R E S E N T A :

JAVIER VALLE HERRERA



MEXICO. D. F.

1999

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

276745



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

PAGINATION

DISCONTINUA

*A mis padres:*

**FIDIAS VALLE VEGA  
VELIA HERRERA RAMIREZ**

*A mis hermanos:*

**HUGO VALLE HERRERA  
FIDIAS VALLE HERRERA**

**A MIS PROFESORES Y COMPAÑEROS**

**A MIS AMIGOS**

**A MI NOVIA**

**A LA FACULTAD DE INGENIERIA**

**A LA UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTONOMA DE MEXICO**

# **CAMBIO DE UNIDADES GENERADORAS DE AGUA REFRIGERADA EN MEDICA SUR**

<b>CAPITULO I</b>	<b>Antecedentes</b>	<b>Pág. 1</b>
<b>CAPITULO II</b>	<b>Descripción del sistema</b>	<b>Pág. 2</b>
	II.1. Unidades generadoras de agua refrigerada	Pág. 2
	II.2. Refrigerante ecológico R-134a	Pág. 10
	II.3. Aceites empleados en refrigeración	Pág. 11
	II.4. Torres de enfriamiento	Pág. 12
	II.5. Sistema de bombeo de agua helada	Pág. 20
<b>CAPITULO III</b>	<b>Torre de hospitalización Médica Sur</b>	<b>Pág. 28</b>
<b>CAPITULO IV</b>	<b>Bombeo a velocidad variable y ahorro de energía</b>	<b>Pág. 38</b>
	IV.1. Ahorro de energía	Pág. 44
<b>CAPITULO V</b>	<b>Análisis de resultados</b>	<b>Pág. 54</b>
	<b>Bibliografía</b>	<b>Pág. 59</b>

**OBJETIVOS:**

*El presente trabajo de tesis es un ejercicio concreto de una de las tareas comunes de ingeniería. El objetivo de este trabajo es realizar un análisis de ingeniería en la sustitución de sistemas de generación y distribución de agua refrigerada para el servicio de aire acondicionado del hospital Médica Sur.*

*Debido al crecimiento del hospital, adecuación de pisos 5° al 8° , se analizará el nuevo sistema seleccionado formado por dos máquinas generadoras de agua refrigerada con compresores gemelos de tipo tornillo, así como la nueva instalación de bombeo y distribución de agua de condensación y agua refrigerada que se tendrá desde casa de máquinas hacia todos los niveles del hospital.*

*Se analizarán mecánica y termodinámicamente los nuevos equipos a instalar, generadoras de agua refrigerada y torres de enfriamiento*

*Se hará un análisis del ahorro de energía en la generación y distribución del agua refrigerada que el nuevo sistema proporcionará con la instalación de un variador de frecuencia, equipos que operen a cargas parciales y cambio en los controles de las terminales de carga.*

*Se analizarán desde el punto de vista financiero las ventajas económicas del cambio de equipos en cuanto a ahorro de energía dependiendo de la demanda en base, intermedia o punta, así como los periodos de recuperación de la inversión y el costo de salvamento.*

**ALCANCE:**

*En el presente trabajo se establecen las características de cada equipo instalado, dos unidades generadoras de agua refrigerada, dos torres de enfriamiento, nuevo sistema de bombeo y bombas y un variador de frecuencia, así como las ventajas que se obtienen al dar el servicio de aire acondicionado al hospital en comparación con el equipo a sustituir en cuanto al ahorro en el consumo de energía.*



## I- ANTECEDENTES

El hospital Médica Sur se ha visto en la necesidad de incrementar sus servicios de hospitalización en función del incremento de su demanda en estos servicios. Para llevar a cabo esta finalidad, el hospital cuenta actualmente con una torre de ocho niveles, de los cuales únicamente tienen habilitados con todos los servicios, del nivel sótano al 4º piso, faltando por habilitar del 5º al 8º piso en esta torre.

Se organizó un concurso con la finalidad de habilitar los pisos faltantes, con el diseño de cuarto de máquinas y alimentación del 5º al 8º piso, para el sistema de acondicionamiento ambiental de la torre de hospitalización.

El hospital Médica Sur en su torre de hospitalización y quirófanos, cuenta actualmente con un sistema de aire acondicionado, fundamentado en la operación de tres unidades generadoras de agua refrigerada (ugar), con condensador enfriado por aire y compresores del tipo reciprocante.

Estos enfriadores alimentan de agua refrigerada tanto a unidades manejadoras de aire, como a unidades de tipo serpentín-ventilador, que dan servicio a los siguientes niveles: Sótano, Planta Baja y Mezzanine, 1º, 2º, 3º y 4º piso.

La circulación del agua helada se efectúa a través de dos bombas centrífugas, con motores de 10 HP, que operan de acuerdo a mediciones que se efectuaron en los manómetros de entrada y salidas de estas bombas contra una diferencial de presión de 1.6 kg/cm<sup>2</sup>.

El sistema de alimentación y retorno de agua helada contempla un sistema de retorno inverso, con válvulas modulantes de tres vías, lo que permite el bypass del agua en el momento en que la unidad manejadora de aire y/o unidades serpentín ventilado no lo requieran.

El sistema anteriormente mencionado será sustituido por la instalación de dos ugar con condensador enfriado por agua, que como se describe a continuación, no sólo darán servicio a los niveles de Sótano, Planta Baja y Mezzanine, 1º, 2º, 3º y 4º piso; sino que adicionalmente, dará servicio en forma inmediata al 5º piso y en forma posterior a los niveles 6º, 7º y 8º piso.

Esta sustitución de equipos está fundamentada por el ahorro de energía que se obtiene con los nuevos enfriadores, al operar estos con una válvula de expansión de pasos múltiples y con un compresor de tipo tornillo, así como un nuevo sistema de bombeo a velocidad variable.

## ***CAPITULO II***

### **DESCRIPCION DEL SISTEMA**

## **II.- DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA**

El nuevo sistema de acondicionamiento ambiental para la torre de hospitalización de Médica Sur, está diseñado para obtener un ahorro en los costos de operación al disminuir el consumo de la energía eléctrica gracias a un sistema de bombeo a velocidad variable y a la instalación de un equipo central con compresor tipo tornillo y válvula de expansión de pasos múltiples.

**A continuación examinaremos cada uno de los componentes del nuevo sistema:**

### **1. - UNIDADES GENERADORAS DE AGUA REFRIGERADA.**

Los compresores de tornillo son parte del grupo de compresores rotativos, y se componen de dos tornillos gemelos (fig. 1). En su fabricación se utilizó tecnología "estado del arte" para proporcionar el más rentable y eficiente compresor disponible para todas las condiciones de operación. La carcasa del compresor está hecha de acero fundido, maquinado con precisión para proveer la mínima distancia entre los rotores.

La disminución en el consumo de la energía eléctrica se obtendrá al utilizar dos unidades generadoras de agua refrigerada (ugar) de la marca Carrier, modelo 30HXC, las cuales tienen una capacidad nominal de 180 T.R. y cuentan con un condensador enfriado por agua y compresores de tipo tornillo. Estos equipos operan en forma más eficiente a cargas parciales, evitando también los picos eléctricos por medio de una válvula de expansión electrónica con múltiples posiciones, comenzando totalmente abierta (mismas presiones en evaporador y condensador), la cual gradualmente va cerrándose para crear la diferencial de presión de trabajo requerida, evitando que se consuman picos de corriente al obligar al compresor a trabajar desde el inicio con la carga total, lo que nos permite obtener un ahorro considerable contra los equipos anteriormente instalados que cuentan con compresores de tipo recíprocante.

Adicionalmente se tiene la ventaja de que cada uno de estos equipos cuenta con dos compresores de tipo tornillo, reparables en campo y con circuitos de refrigeración independientes. Por lo que si uno de los dos compresores tiene que salir para reparación o mantenimiento preventivo, el equipo podrá seguir operando con la mitad de su capacidad instalada.

Los rotores (fig. 1) se manufacturaron en acero forjado y usan perfiles asimétricos. Se incorporan cojinetes totalmente antifriccionantes para reducir potencia e incrementar rentabilidad. Cuatro cojinetes cilíndricos separados soportan cargas axiales. Dos cojinetes angulares de 4 puntos de contracción de bola soportan cargas axiales. Juntos mantienen las posiciones del rotor ajustadas en todas las cargas de presión, manteniendo la máxima eficiencia.



**fig. 1 Compresor rotativo de tornillo**

El rotor tiene acoplado en el eje una parte del tornillo, mientras que la otra gira gracias a un arreglo de engranes que los une. Este arreglo de engranes, junto con los cojinetes que mantienen calibrado al tornillo, regulan la distancia entre las caras del tornillo.

Las ugar, operan a presión positiva, evitando las purgas y liberación de gas refrigerante que normalmente ocurre en los equipos de presión negativa, al requerir eliminar las sustancias no condensables que se introducen durante su operación, lo que genera paros no deseados y puede llegar a afectar el funcionamiento de las unidades. Al evitar la liberación de gas refrigerante a la atmósfera se evita que los CloroFluoroCarbonos (CFC), afecten la capa de ozono, adicionalmente se tiene que el gas refrigerante con el que operan las ugar, es un refrigerante ecológico R-134a, aprobado por el Protocolo de Montreal, y el cual no daña la capa de ozono.

Cuentan además con sistema de control que les permite establecer un lazo de comunicación entre sus dos compresores y los compresores de la otra máquina, garantizando con esto que las horas de operación en cada uno de los cuatro compresores sea la misma, evitándose el desgaste en solo uno de estos compresores.

Las ugar (fig. 2) se instalarán en el cuarto de máquinas y deberán venir totalmente ensambladas y probadas en fábrica, su voltaje de operación será de 220 volts debido a que no se cuenta con un transformador para mayor voltaje y no se contempló en el proyecto y contará con un buen sistema de resortes antivibratorios.



**fig. 2 Unidad generadora de agua refrigerada con compresores gemelos tipo tornillo y válvula de expansión de múltiples posiciones**

**Datos de funcionamiento:**

- *Compresor de tornillos gemelos conectados por engranajes.*

La unidad tiene compresores de tornillos gemelos conectados por engranajes, la capacidad nominal es de 90 ton. de refrigeración.

- *Refrigerante.*

El compresor de tornillos se ha diseñado para utilizarlo exclusivamente en sistemas con R134a.

- *Evaporador.*

Las enfriadoras utilizan un evaporador inundado. Los enfriadores tienen refrigerante en la carcasa y el agua circula por los tubos. Se utiliza un sólo depósito para servir a los dos circuitos del refrigerante.

Los tubos son de cobre de  $\frac{3}{4}$ " de diámetro y con el interior y exterior mojados. Hay un solo circuito de agua y, dependiendo del tamaño de la enfriadora, puede haber dos o tres pasos de agua. Un sensor de nivel de líquido en el evaporador permite optimizar el control del caudal.

En la parte superior del evaporador hay dos tubos de aspiración, uno en cada circuito. Ambos tienen una brida soldada y el compresor se monta en la brida.

- *Condensador y separador de aceite.*

La enfriadora tiene un depósito que es una combinación de condensador y separador de aceite. El gas de descarga sale del compresor y pasa a través del silenciador de descarga hacia el separador de aceite, que es la parte superior del depósito. Entra al condensador por la parte superior del mismo y luego fluye hacia la parte inferior donde el gas se condensa y sobre enfría. Se utiliza un solo depósito para servir a ambos circuitos de refrigerante, los cuales están separados mediante una placa de tubos central. Los tubos son de cobre de  $\frac{3}{4}$ " ó 1" de diámetro y tienen las superficies exterior e interior mojadas. Hay un sólo circuito de agua con dos pasos de agua.



fig.3 Vista en corte de un compresor del tipo tornillo

- *Dispositivo electrónico de expansión EXD*

El microprocesador controla al EXD a través del módulo EXV. Dentro de ambos dispositivos se encuentra un motor de pasos que es un actuador lineal.

El refrigerante líquido a alta presión entra en la válvula por la parte inferior. Una serie de ranuras calibradas están situadas dentro del conjunto del orificio. Al pasar el refrigerante por este, pasa a un estado de dos fases (líquido - vapor). Para controlar el caudal de refrigerante para distintas condiciones de funcionamiento, el manguito se mueve sobre el orificio hacia arriba y hacia abajo, cambiando así su tamaño. El manguito es accionado por un motor de pasos lineal que se mueve por incrementos y lo controla directamente el módulo procesador, al girar el motor de pasos este movimiento lo transforma el tornillo de avance en un movimiento rectilíneo, por medio del motor de pasos y de los tornillos de avance se obtienen 1500 pasos discretos de movimiento.

El gran número de pasos y la larga carrera proporcionan un control muy preciso del caudal de refrigerante. Cada circuito tiene un sensor de nivel de líquido montado verticalmente en la parte superior de la carcasa del evaporador, el calentador se ha diseñado para que los termistores indiquen aproximadamente 93°C en aire seco. Al aumentar el nivel de refrigerante en el evaporador, la resistencia del termistor o termistores más próximos cambia considerablemente, esta gran diferencia de resistencia permite que el control mantenga con precisión un nivel especificado.

• *Economizador.*

Mejora la capacidad, la eficiencia y proporciona refrigeración para el motor del compresor.

Dentro del economizador hay un motor de pasos lineal de la EXV y una válvula de flotador.

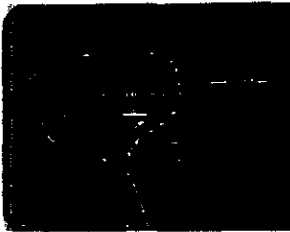
El refrigerante líquido se envía desde el condensador a la parte inferior del economizador. Al pasar el refrigerante a través de la EXV, su presión se reduce a un valor intermedio de 500 kPa aproximadamente. Esta presión se mantiene dentro de la carcasa del economizador, luego, el refrigerante pasa a través de la válvula de flotador, donde vuelve a reducirse su presión a un valor ligeramente por encima de la presión en el evaporador.

El aumento de rendimiento se obtiene cuando parte del refrigerante que pasa a través de la EXV se vaporiza, sub enfriando más al líquido que se encuentra en la parte inferior del economizador. Este aumento del sub enfriamiento proporciona capacidad adicional.

### Análisis del ciclo de refrigeración dentro de las UGAR:

El refrigerante se encuentra dentro de las Ugar en tres estados físicos diferentes ( figs. 4, 5 y 6 ):

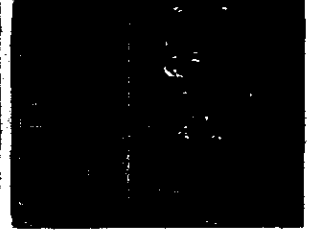
- Refrigerante saturado:



Refrigerante saturado significa que el líquido y vapor están presentes y en contacto directo



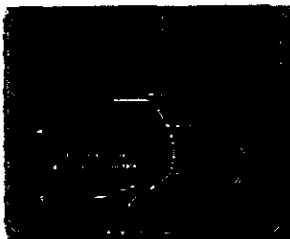
Temperatura y presión están directamente relacionados, si alguna de las dos cambia, la otra deberá cambiar de manera proporcional



En aquellas partes del sistema donde se tome o ceda calor, o sea el evaporador y el condensador, el refrigerante se encuentra en su mayor parte en condición saturada

fig. 4

- Refrigerante sobrecalentado:



Refrigerante sobrecalentado significa vapor cuya temperatura es mayor que la temperatura de saturación. Esto es posible sólo después de que el líquido refrigerante ha sido vaporado totalmente.



Bajo condiciones de sobrecalentamiento, la temperatura del vapor puede variar independientemente de la presión de vapor.

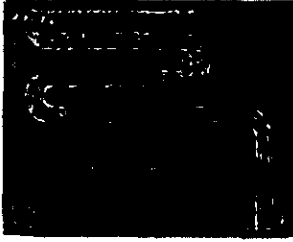


Cerca de la salida del evaporador, el refrigerante comienza a evaporarse completamente y como el calor sigue fluyendo dentro del vapor, este se sobrecalienta. Continúa en esta condición a través de la línea de succión al compresor.

fig. 5



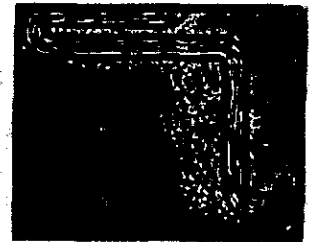
• Refrigerante sub enfriado:



Refrigerante sub enfriado significa refrigerante en estado líquido, el cual ha sido enfriado abajo de la temperatura de saturación. Esto es posible sólo cuando no hay vapor presente.



La temperatura del líquido sub enfriado puede variar independientemente de la presión.



El refrigerante sub enfriado se encuentra en la parte del sistema que se extiende desde el final del serpentín del condensador, hasta el aparato de control de flujo.

fig. 6

Examinemos el sistema, comencemos a la salida de la válvula de control de flujo (fig. 7, 8 y 9). Encontramos, en primer término refrigerante saturado a baja presión y temperatura fluyendo dentro del evaporador, a medida que fluye absorbe calor y se evapora. El gas refrigerante "sobrecalentado" a baja temperatura fluye del evaporador a la línea de succión del compresor. Este presuriza el gas añadiendo más calor y descargándolo caliente. El gas refrigerante "sobrecalentado" a alta presión y temperatura pasa del compresor al condensador. En éste el gas refrigerante caliente pierde el exceso de calor saturándose parte líquido y parte vapor; continúa perdiendo calor hasta que termina por licuarse completamente.

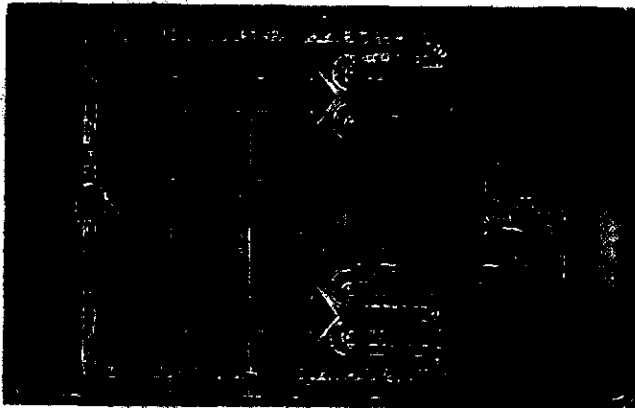


fig. 7 Ciclo de refrigerante

Una posterior eliminación de calor sub enfría el líquido el cual se dirige del condensador al control de flujo donde es forzado a través de una restricción e introducido repentinamente a una área de baja presión. Con este súbito cambio de presión, el refrigerante se expande y una mezcla fría de líquido y vapor fluye al evaporador. El ciclo vuelve a empezar y se repite una y otra vez.

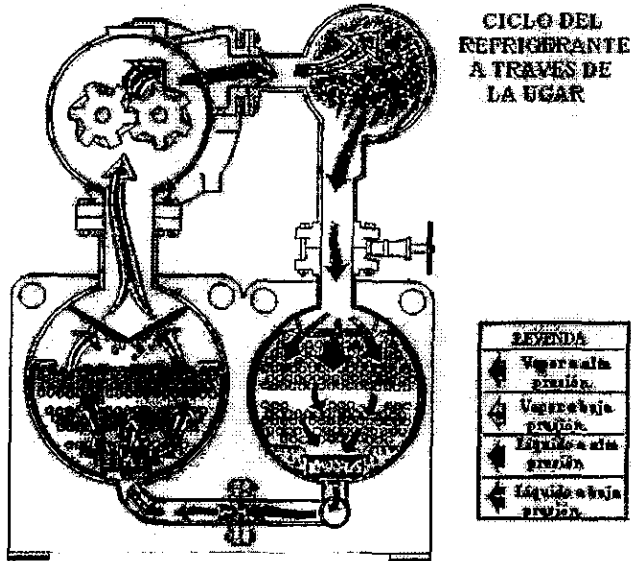


fig. 8 Ciclo de refrigerante a través de la máquina. Se puede observar la división del lado de alta presión y el de baja presión.

**DIAGRAMA DEL CICLO DEL REFRIGERANTE**



Fig.9 Ciclo del refrigerante

## 2.- REFRIGERANTE ECOLOGICO R-134a

Debido a que la producción del clorofluorocarbono R-12 se está reduciendo cada vez más y la eliminación del mismo está cada vez más cerca, se necesitan de compuestos de reemplazo ambientalmente aceptables para su empleo en las aplicaciones de refrigeración de temperatura media actualmente funcionando con R-12. El R-134a es un refrigerante HFC (hidrofluorocarbono), comercialmente disponible, para los reacondicionamientos en equipos que funcionan actualmente con R-12 y como el reemplazo a largo plazo del R-12 en equipos nuevos. El R-134a también se puede emplear en aplicaciones con temperaturas del evaporador inferiores, pero es posible que presente una capacidad reducida en comparación con el R-12.

### PROPIEDADES Y SEGURIDAD

En comparación con el R-12, el R-134a ofrece propiedades ambientales mejoradas con un potencial de agotamiento de ozono (ODP) de cero y un potencial de calentamiento de la tierra mucho más bajo.

El R-134a es un refrigerante alternativo para sistemas de temperatura media con R-12. Con el R-134a se espera un rendimiento comparable con el R-12 en sistemas que operan cuando la temperatura del refrigerante en el serpentín del evaporador es de  $-7^{\circ}\text{C}$  ( $20^{\circ}\text{F}$ ) y superior, haciéndolo adecuado para aplicaciones como las siguientes:

- Conservación de productos lácteos.
- Refrigeración comercial.
- Aire acondicionado.
- Aparatos de temperatura media.
- Enfriadores.

Con la eliminación de los CFS's el equipo de refrigeración existente necesitará reemplazarse con un nuevo equipo o reacondicionarse con refrigerantes alternos, los sistemas de refrigeración actualmente con R-12 se pueden reacondicionar para su uso con el R-134a, permitiéndoles continuar en servicio durante el resto de vida útil.

### 3.- ACEITES EMPLEADOS EN REFRIGERACION

La selección de lubricantes se basa en diversos factores que pueden incluir el retorno del aceite al compresor, poder lubricante y compatibilidad con los materiales. Se recomienda el empleo de lubricantes de poliol éster en la mayoría de los sistemas SUVA 134a. Existen muchos fabricantes de lubricantes de poliol éster tales como Castrol, Mobil, Lubrizol y Henkel.

Según su base, los aceites minerales se clasifican: de base de nafteno, de base de parafina y de base mixta. Cuando se destila un aceite con base de nafteno produce un residuo bituminoso pesado o asfalto.

La experiencia ha demostrado que los aceites con base de nafteno son más adecuados para los servicios de refrigeración por tres razones principales:

- 1.- Fluyen mejor a temperaturas bajas.
- 2.- Los depósitos de carbón de estos aceites son de naturaleza blanda y pueden ser fácilmente eliminados.
- 3.- Depositán menos parafina a temperaturas bajas.

Cuando se les obtiene de aceites crudos seleccionados y son correctamente refinados y tratados, las tres clases de aceite mineral pueden ser consideradas como satisfactorias para su uso en refrigeración.

#### Propiedades:

Para que satisfaga los requisitos de un sistema de refrigeración, un buen aceite debe:

- a) Conservar la consistencia suficiente para lubricar a alta temperatura y que fluya a baja temperatura.
- b) Tener un punto de congelación suficientemente bajo para que fluya en cualquier parte del sistema.
- c) No dejar depósitos de carbón al contacto con las superficies calientes en el funcionamiento normal.
- d) No dejar depósito de cera cuando está expuesto a temperaturas más bajas que encuentra normalmente en el sistema.
- e) Contener poco o ningún ácido.
- f) Tener alta resistencia eléctrica.
- g) Tener altos puntos de inflamación y de combustión que correspondan a una mezcla correcta.
- h) Ser estables en presencia de oxígeno.
- i) No contener compuestos de azufre.
- j) No contener humedad.
- k) Ser de color claro, que indique una refinación correcta.

**El compresor de tornillos está preparado para utilizarlo con lubricante según la especificación de materiales Carrier PP 47-32.**

#### 4.- Torres de enfriamiento

A continuación se describirán las características técnicas y el funcionamiento de las torres de enfriamiento seleccionadas en el proyecto.

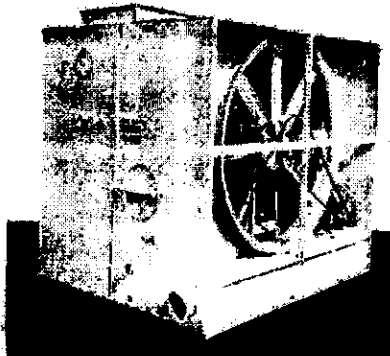


fig. 10 Torre de enfriamiento

En el proceso de generación de agua refrigerada se genera calor no utilizable que debe ser removido del sistema y disipado en el medio ambiente. Cuando se trata de cantidades pequeñas, el calor generado puede ser rechazado directamente a la atmósfera, pero tratándose de cantidades grandes, generalmente se usa un ciclo de agua de enfriamiento.

Uno de los equipos más usuales para disipar hacia la atmósfera el calor generado dentro de un sistema, restableciendo la temperatura del agua de enfriamiento para volver a utilizarla, es la torre de enfriamiento (fig. 10). La torre de enfriamiento es un equipo de uso muy generalizado, que forma parte de la nueva instalación de acondicionamiento de aire con el sistema de generación centralizada de agua refrigerada. El calor que se retira de los espacios acondicionados es absorbido por el agua refrigerada pasando al refrigerante en los equipos de enfriamiento, en estos el calor del refrigerante, junto con el calor generado durante la compresión del mismo (llamado calor de compresión), es removido del sistema de refrigeración por medio del agua de enfriamiento, llamada en este caso de condensación.

Por último, el calor retirado de los espacios acondicionados es finalmente rechazado a la atmósfera por la torre de enfriamiento quedando el agua de condensación en condiciones de temperatura tal que puede volver al sistema para retirar más calor, recirculándose entre el condensador del equipo de refrigeración y la torre de enfriamiento mientras siga operando el sistema de acondicionamiento de aire.

## **DESCRIPCION:**

Una torre de enfriamiento es básicamente un intercambiador en el cual se realiza un flujo de calor del agua hacia el aire:

- Por flujo de calor sensible del agua caliente hacia el aire más frío.
- Por un intercambio del calor latente, que resulta de la evaporación de una parte pequeña del agua circulante para incrementar el contenido de humedad del aire en una cantidad correspondiente.

De lo anterior se deduce que la torre de enfriamiento debe poner en contacto íntimo, durante el tiempo necesario, un cierto flujo de agua con el flujo de aire correspondiente. Para lograr lo anterior, el flujo del agua y el del aire pueden ser de diversas maneras:

### **Flujo del agua:**

En una torre de enfriamiento, el agua caliente cuya temperatura se desea bajar, llega siempre por la parte superior empleando depósitos o charolas de distribución desde los cuales baja el agua por gravedad, se tiene un depósito de distribución para cada celda y van montados en la cubierta superior de la torre y a ellos llega el agua caliente conducida por tuberías. La charola de distribución lleva un conjunto de orificios de medición distribuidos uniformemente por donde escurre el agua por gravedad al interior del cuerpo de la torre.

### **Flujo del aire:**

*Tiro mecánico.* Esta forma de mover el aire básicamente consiste en el empleo de un ventilador accionado por motor eléctrico. Se tiene la variante de *Tiro forzado*.

*Tiro forzado:* El ventilador impulsa al aire hacia el interior de la torre, que sale por un costado describiendo una trayectoria horizontal ascendente.

## **PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO:**

El principio fundamental del enfriamiento evaporativo radica en el hecho de que el agua requiere calor para cambiar del estado líquido al de vapor y en que cuando se evapora el agua, el calor necesario es tomado del agua que permanece en estado líquido.

Desde el punto de vista de transferencia de calor, el comportamiento de una torre de enfriamiento mientras enfría una cantidad dada de agua, es influenciado únicamente por la temperatura de bulbo húmedo del aire el entrar a la torre.

La figura 11 nos muestra las relaciones entre el agua y el aire a medida que fluyen por una torre de enfriamiento. Las curvas indican la caída de la temperatura del agua (de A B) y la elevación de la temperatura de bulbo húmedo del aire (de C a D), en sus flujos respectivos, a través de la torre.

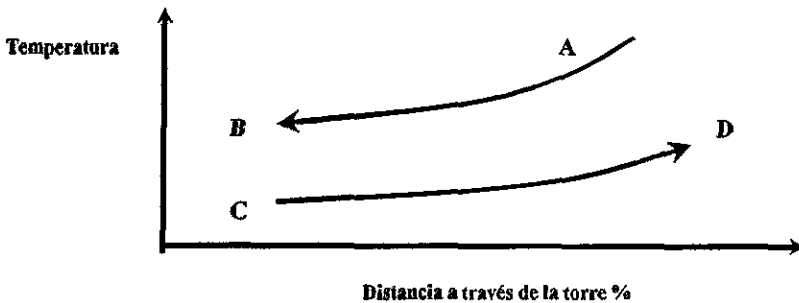


fig. 11 Análisis psicrométrico de la trayectoria del aire a través de una torre de enfriamiento (Fuente: Manual de Torres de enfriamiento IMSS)

Desde el punto de vista de transferencia de calor, el comportamiento de una torre de enfriamiento mientras enfría una cantidad dada de agua, es influenciado únicamente por la temperatura de bulbo húmedo del aire el entrar a la torre. Lo anterior queda indicado claramente en el análisis psicrométrico de la trayectoria del aire a través de una torre de enfriamiento, según se muestra en la siguiente figura, que representa un esqueleto de la carta psicrométrica (fig. 12).

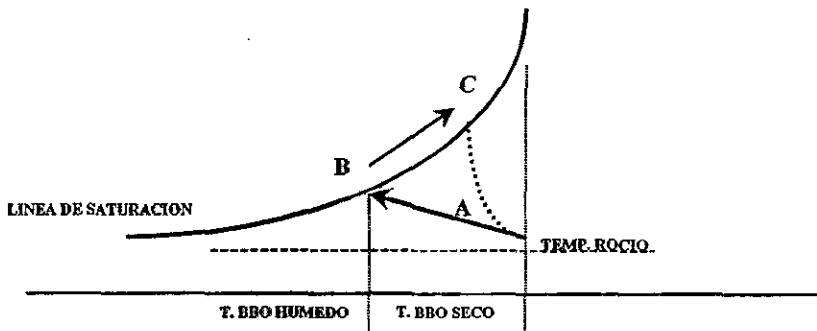


fig. 12 Relaciones de temperatura entre el agua y el aire en una torre de enfriamiento (fuente: Manual de Torres de Enfriamiento IMSS)

La trayectoria verdadera aproximada es la indicada en la curva punteada que va del punto A al punto C. La curva AC se dividió en sus dos vectores: las líneas AB y BC.

En el análisis vectorial, el aire entra a la torre de enfriamiento en condiciones de "no saturado" (punto A). Antes de llegar a las superficies de transferencia de calor, el aire es saturado adiabáticamente a medida que se desplaza hacia el punto B; en esta etapa, el contenido de calor del aire permanece constante. Al pasar sobre las superficies húmedas del relleno, el aire absorbe calor del agua descendente y entonces comienza a aumentar su contenido de calor total o entalpía. Puesto que el aire está siendo lavado continuamente por el agua descendente, el proceso sigue la línea de saturación hasta su condición final al abandonar la torre (punto C); en este punto, tanto la temperatura de bulbo húmedo del aire, como su contenido de calor, han aumentado con respecto al punto A, pero la temperatura de bulbo seco ha disminuido ligeramente.

Durante el cambio adiabático de A a B, no se ha producido enfriamiento del agua. En esta etapa sólo ha habido una conversión del calor sensible del aire en calor latente, a medida que la temperatura de bulbo seco ha bajado hasta igualar la temperatura de bulbo húmedo. La remoción efectiva de calor tiene lugar entre los puntos B y C en donde la saturación del aire se da a la temperatura de bulbo húmedo. Por tanto, la temperatura de bulbo húmedo del aire es la única condición que influye en el comportamiento de una torre de enfriamiento; ni la temperatura de bulbo seco ni la humedad relativa tienen influencia.

El análisis anterior explica porqué no es posible enfriar el agua, en la torre de enfriamiento, hasta una temperatura menor que la temperatura de bulbo húmedo del aire. En la práctica, debido a que no existen torres con eficiencia de 100%, el máximo enfriamiento del agua es del orden de 2.8°C (5°F) por encima de la temperatura de bulbo húmedo del aire, con la torre más eficiente.

La velocidad de transferencia de calor del agua al aire depende principalmente de cuatro factores:

- a) La diferencia entre las temperaturas de bulbo húmedo del aire y el agua entrando a la torre.
- b) El área del agua en contacto íntimo con la corriente de aire.
- c) Las velocidades relativas del agua y el aire.
- d) El tiempo de contacto íntimo entre el agua y el aire.

El calor sensible que pierde el agua en la torre de enfriamiento es igual a la suma de calor latente y del calor sensible ganados por el aire. Este balance térmico puede expresarse por la ecuación:

$$W_w S_w (t_{wc} - t_{wa}) = W_{evap} L + W_a (h_a - h_e)$$

En donde:

- $W_w$  = Peso del agua saliendo de la torre, (lbs).
- $S_w$  Calor específico del agua = 1



- $T_{we}$  = Temperatura del agua entrando a la torre (agua caliente °F).
- $T_{ws}$  = Temperatura del agua saliendo de la torre (agua fría °F).
- $W_{evap}$  = Peso del agua evaporada, (lbs).
- $L$  = Calor latente de vaporización del agua a una temperatura intermedia entre  $t_{we}$  y  $t_{ws}$ .
- $W_a$  = peso del aire, (lbs).
- $H_a$  = Entalpía del aire saliendo de la torre, Btu/lb.
- $H_e$  = Entalpía del aire entrando a la torre, Btu/lb.

La eficiencia o porcentaje de efectividad de una torre de enfriamiento está expresada por la relación entre el rango de temperaturas dentro de las cuales es enfriada el agua y el rango de temperaturas dentro de las cuales se enfriaría, si se pudiera, hasta la temperatura de bulbo húmedo del aire ambiente.

La ecuación es la siguiente:

$$E = [ ( t_{we} - t_{ws} ) / ( t_{we} - t_{bh} ) ] \times 100$$

En donde:

- $T_{we}$  y  $t_{ws}$  = Temperaturas del agua al entrar y al salir, °F.
- $T_{bh}$  = Temperatura de bulbo húmedo del aire ambiente, °F.

**TORRE DE ENFRIAMIENTO INSTALADA EN AZOTEA DE CASA DE MAQUINAS:**

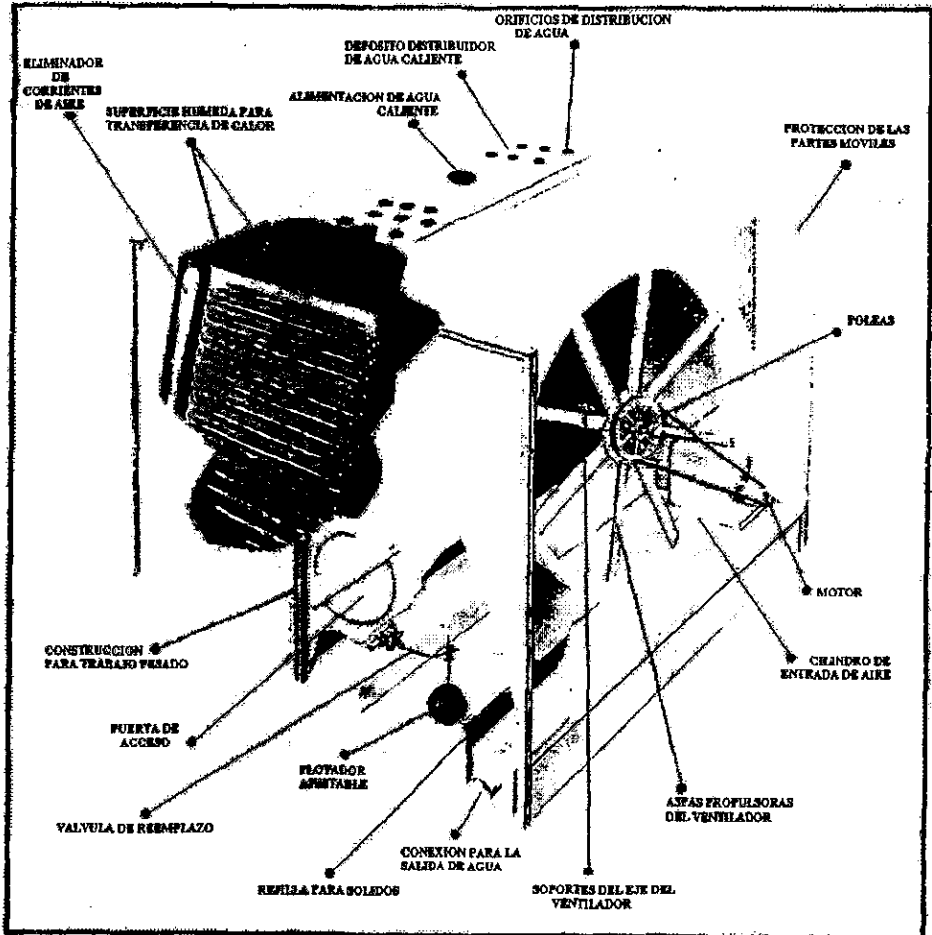


fig. 13 Esquema de las partes de la torre de enfriamiento

A continuación se explicarán los elementos que forman parte de la torre de enfriamiento (fig. 13):

• **Depósito de agua caliente:**

El depósito de agua caliente recibe el agua de entrada y la distribuye uniformemente sobre la superficie húmeda de la cubierta a través de los orificios del plástico dosificador.

• **Válvula de reemplazo:**

Una válvula para reemplazo de agua operada por flotador es un equipamiento estándar en todas las unidades, a menos que la unidad haya sido ordenada con un sensor eléctrico de nivel de agua o para aplicaciones remotas del colector. El flotador que controla a la válvula está montado sobre una varilla roscada, mantenida en su lugar por tuercas mariposa para facilitar el ajuste del nivel del agua de operación.

El volumen total de agua del sistema es la cantidad de agua suspendida en la torre mientras operan las bombas más la que se contiene en el sistema de distribución de agua, tuberías externas y cualquier intercambiador de calor que pudiera desaguar hacia el colector de la torre cuando la bomba de circulación está apagada. Debido a que la carga típica en invierno es menor que la carga en verano, la tasa de evaporación en invierno es menor que la tasa de evaporación en verano. Con esta reducida tasa de evaporación en el invierno, el nivel del agua en el colector de agua fría se incrementará a menos que el flotador sea reajustado.

• **Soportes del eje del ventilador:**

El eje del ventilador está soportado por cojinetes de bola, cada cojinete está equipado con un ajuste para lubricación y un collar fijador. Bajo condiciones normales de operación, los cojinetes pueden ser engrasados cada 2000 horas de operación o por lo menos cada seis meses. Los cojinetes pueden también pueden ser engrasados en los arranques y paros por temporadas.

**TRATAMIENTO DEL AGUA:**

En las torres de enfriamiento, el enfriamiento va acompañado por evaporación de una porción del agua de circulación. Mientras esta agua se evapora, las impurezas que originalmente estaban en el agua, se quedan en el colector de agua fría. La concentración de sólidos disueltos se incrementa rápidamente y puede alcanzar niveles inaceptables. Además, impurezas llevadas por el aire y contaminantes biológicos son introducidos en el agua de recirculación. Si las impurezas y los contaminantes no son efectivamente controlados, pueden producir lodos, bacterias y corrosión.

La calidad del agua de circulación deberá estar dentro del rango establecido en la tabla que sigue, tanto para unidades estándar construidas de Acero Galvanizado G210 y unidades opcionales construidas con el sistema de protección contra corrosión BALTIBOND.

• **Purga o dren:**

Para prevenir una formación excesiva de impurezas en el agua circulante, es recomendado que una pequeña cantidad de agua se "desangre" de la torre de enfriamiento en una medida por lo menos igual a la cantidad de agua que se evapora (una cantidad que mantendrá aproximadamente dos ciclos de concentración en el agua circulante).

El uso de un simple sangrado o de tratamiento químico para controlar la corrosión o las incrustaciones no elimina la necesidad de tener un control contra contaminación biológica. Esta es una parte necesaria en cualquier programa de tratamiento.

La tasa de evaporación puede ser determinada por una de las siguientes:

- a) Aproximadamente 2 GPM por cada millón de BTU/Hr de rechazo de calor.
- b) Aproximadamente de 3 GPM por cada 100 T.R.
- c) Tasa de evaporación = (Tasa de flujo de agua) x (Rango) x (0.001)

**EJEMPLO:** A una tasa de flujo de 900 GPM y con un rango de enfriamiento de 10°F, la tasa de evaporación será:  $(900 \text{ GPM}) \times (10^\circ\text{F}) \times (0.001) = 9 \text{ GPM}$

El sangrado de agua se acompaña por la instalación de una válvula desde la línea de alimentación de agua caliente hacia un drenaje cercano.

**PRODUCTOS QUE SE USAN EN EL TRATAMIENTO QUÍMICO DEL AGUA:**

- **Dispersante** para prevenir el depósito de sólidos en las superficies de transferencia de calor, con aplicación en todas las torres de enfriamiento y en sistemas que acumulan polvo y desechos transportados por el aire que forman lodo y sedimentos una vez adentro del sistema.
- **Inhibidor de incrustación, sedimento y corrosión** para inhibir el depósito de incrustaciones de agua dura e inhibe la corrosión en metales ferrosos y no ferrosos en sistemas abiertos de recirculación de enfriamiento, para aplicarse en sistemas grandes de recirculación de enfriamiento y sistemas de enfriamiento de tamaño mediano con agua dura de reemplazo.
- **Microbiocida** para el control de crecimiento microbiológico en sistemas de enfriamiento para el control de bacterias formadoras de limo y reductoras de sulfato, que producen ácido sulfúrico, deberá ser efectivo contra hongos y algas.
- **Inhibidor de corrosión para sistemas cerrados** contra la corrosión del cobre, acero y sistemas multi-metales en la tubería de grandes circuitos cerrados de agua helada; prevenir que los intercambiadores y las válvulas de zona se tapen debido a la corrosión; para reducir el daño de la corrosión a los impulsores y a los sellos de las bombas de agua.

## **5. - SISTEMA DE BOMBEO DE AGUA HELADA.**

Actualmente se tiene operando dos bombas del tipo centrifugas con motores de 10 HP para abastecer de agua helada lo que llamaremos sistema actual, el cual está comprendido por las áreas de Sótano, Planta Baja, Mezzanine, 1º, 2º, 3º y 4º piso de la torre de hospitalización.

El sistema de bombeo de agua helada deberá abastecer además de las áreas del sistema actual, las áreas de ampliación de este sistema que comprenderán los pisos 5º, 6º, 7º y 8º, por lo cual y con la finalidad de apoyar el ahorro de energía eléctrica en forma globalizada, se diseñó un sistema de bombeo de agua helada que contará con dos circuitos.

Un circuito primario que operará a volumen constante, con dos bombas centrifugas de 7.5 HP, que trabajarán únicamente contra el caudal de agua helada y la carga dinámica de las UGAR y la longitud equivalente de las tuberías que integran este circuito según se indica en planos.

Este circuito primario tiene como función fundamental la de mantener tanto al caudal de agua helada, como a la temperatura de la misma en una forma constante, con la finalidad de que cuando el sistema secundario se lo demande, este pueda abastecer sin ningún problema el crecimiento de la demanda de esta agua helada en el circuito secundario.

El circuito secundario consiste de dos bombas de 25 HP, que estarán en operación y una en espera, estas bombas operarán con variadores de velocidad, los cuales estarán controlados por un panel de control que recibirá una señal de un interruptor diferencial de presión, el cual sensará una diferencia de presión en las tuberías de agua helada, al cierre de las válvulas de dos vías con las que estará controlado el flujo de agua refrigerada de las unidades serpentín ventilado.

Al recibir la señal los variadores de velocidad disminuirán primero la velocidad angular en una de las bombas en operación, hasta el punto en el que se para esta por completo, recibiendo la señal de reducción de velocidad en la siguiente bomba hasta operar con un 30% de la velocidad angular de la misma por ser este el rango mínimo de operación, con lo que se obtendrá un ahorro de energía eléctrica.

El panel de control tiene la versatilidad de programar los tiempos de operación entre las bombas con la finalidad de que se operen estas a intervalos de tiempo similares, permitiendo un desgaste uniforme en las mismas.

## 6. - SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA HELADA.

Con la finalidad de interferir lo menos posible con el sistema actual de distribución de agua helada, así como de tener la cantidad mínima de paros en los equipos, se propone instalar un sistema de tuberías independientes para alimentar de agua refrigerada a los pisos del 5° al 8°.

El nuevo sistema de distribución será un sistema de retorno directo, con válvulas de dos vías y válvulas de balanceo dinámico, instaladas estas últimas en la intersección con el sistema actual con la finalidad de garantizar el caudal de agua helada requerido por cada uno de los sistemas.

Adicionalmente se instalarán válvulas de balanceo en cada uno de los diferentes pisos del sistema de distribución de agua refrigerada nuevo, así como en cada una de las unidades de serpentín ventilado, asegurando con esto tener la cantidad exacta de agua que cada unidad del sistema requiere.

Este balanceo nos permitirá tener que balancear solamente las válvulas principales en la intersección del sistema, cuando se tenga la necesidad de cerrar o habilitar cualquiera de los niveles nuevos.

### Sistema desacoplado:

La producción de flujo (planta de enfriadores) se aisló hidráulicamente de la distribución (carga) de flujo, por lo que muchos de los problemas en sistemas de operación de enfriadores se eliminaron.

Aquí se muestra (fig. 14) el método que "desacopla" la producción de flujo de la distribución de flujo. Este arreglo es conocido como sistema desacoplado, y se refiere a arreglos de bombeo primario y secundario.

Los componentes clave del sistema son: Bombas separadas, dedicadas a "producción" y "distribución". Enfriadores. Línea de bypass que se tiende entre las líneas de alimentación y retorno.

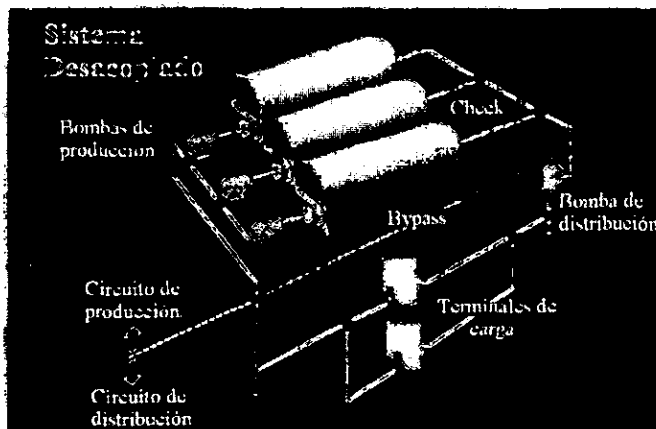


fig. 14

La línea de bypass (fig. 15) es el elemento clave para desacoplar el sistema, debido a que representa un tubo que es común a los sistemas de producción y distribución.

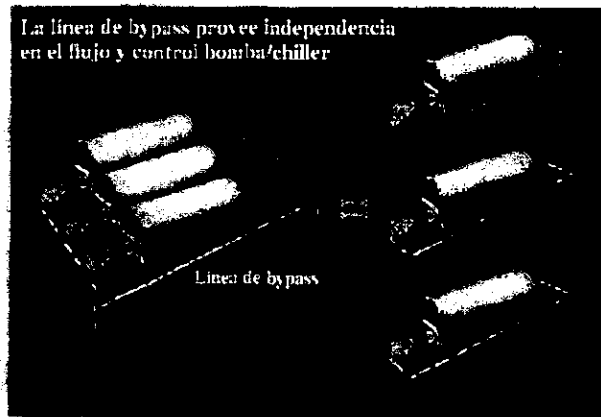


fig. 15

El propósito de una línea de bypass (fig. 14 y 15) sin restricciones es el de desacoplar hidráulicamente las bombas de distribución y producción.

Las leyes de dinámica de fluidos dicen: Desde que el agua puede fluir libremente de alimentación a retorno por ambos circuitos, los cambios en flujo debidos a variaciones en la carga dinámica de distribución o al número de ugar operando, no podrán pasar del circuito de producción al circuito de distribución y viceversa.

Los dos sistemas (circuitos) de bombeo son hidráulicamente independientes.

#### Controles con válvula de dos vías:

Los controles de carga de la terminal se realizan a través del uso de una válvula moduladora de agua de dos vías (fig. 16). Un control de agua de dos vías es similar al control de válvulas de tres vías en cuanto a que el flujo de agua a través del serpentín es modulado proporcionalmente a la carga del local. Una mayor diferencia entre el sistema de dos vías y el de tres vías está en que el sistema de dos vías no tiene bypass, y no retorna al sistema agua que no ha sido usada.

En la terminal de carga del aire acondicionado no se nota la diferencia del efecto enfriador del sistema controlado por válvula de dos vías contra el sistema controlado por válvula de tres vías. En el sistema de agua helada, sin embargo, sí se nota esta gran diferencia. Con un sistema controlado por válvula de dos vías, el promedio de agua que entra a la terminal es proporcional a la carga del local. La

temperatura del agua de retorno se mantiene más o menos constante en todas las condiciones. Realmente, la temperatura del agua de retorno aumenta de manera despreciable hasta que la carga disminuye, debido a las características de la transferencia de calor en el serpentín.

Tenemos que el control con válvula de dos vías tiene las siguientes características:

1. Flujo de agua helada que varía con la carga.
2. Temperatura del agua de retorno constante.

El efecto de este tipo de control en el sistema de agua helada es:

1. Flujo variable de agua helada que ofrece ahorros significativos de energía en el bombeo.
2. Terminales de flujo variable. Sistemas de flujo variable menos sensitivos al balanceo de flujo que los sistemas de flujo constante.
3. Temperatura constante en el agua de retorno, lo que aumenta la eficiencia del enfriador en la transferencia de calor.

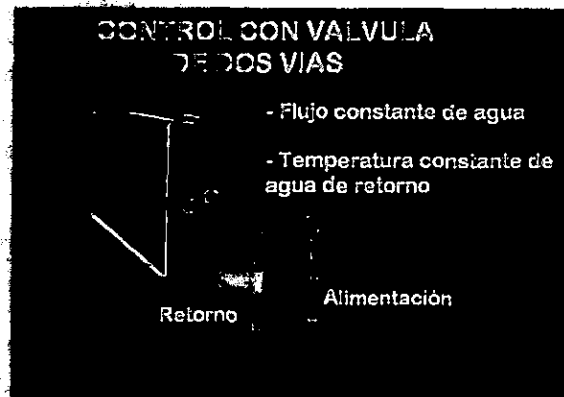


fig. 16



## ESQUEMAS DE CONEXIONES EN BOMBAS, TORRES DE ENFRIAMIENTO Y UNIDADES GENERADORAS DE AGUA REFRIGERADA

Detalle de conexiones en UGAR:

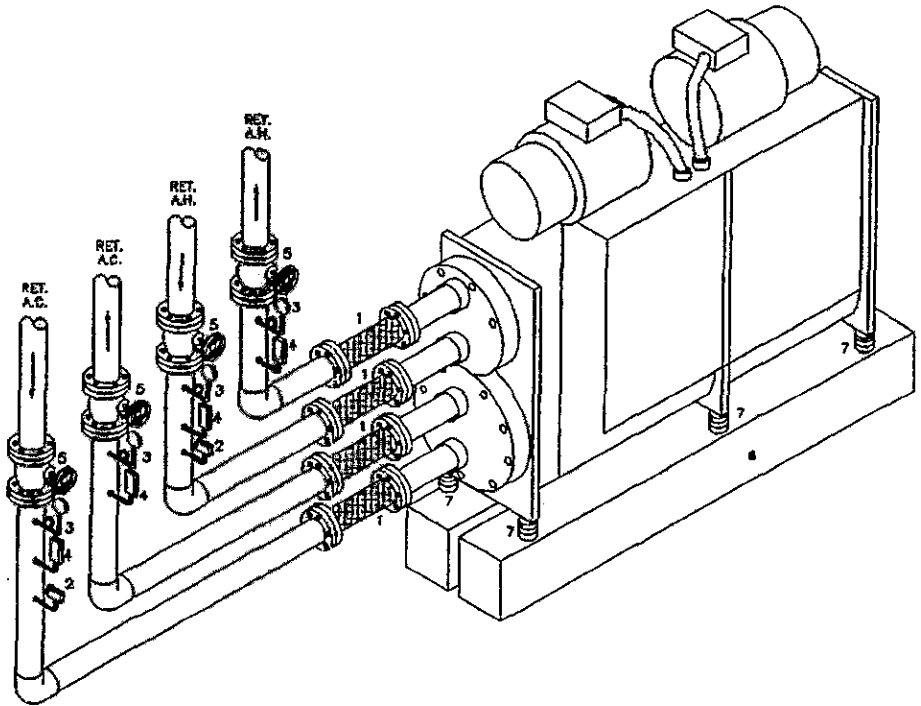
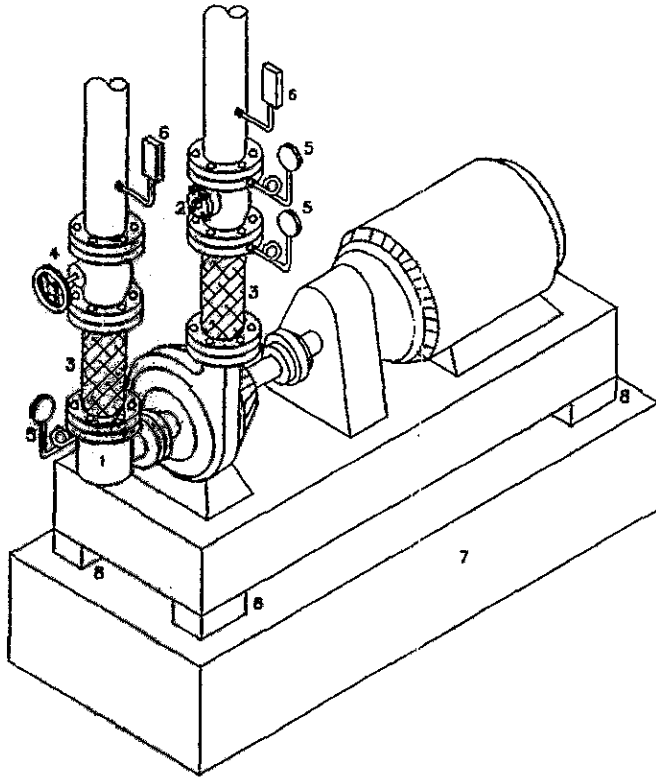


fig. 17 Conexiones en la UGAR

Nomenclatura:

1. Manguera antivibratoria bridada
2. Interruptor de flujo
3. Manómetro
4. Termómetro
5. Válvula de compuerta bridada
6. Base de concreto
7. Resorte antivibratorio

**Detalle de conexión en bombas:**

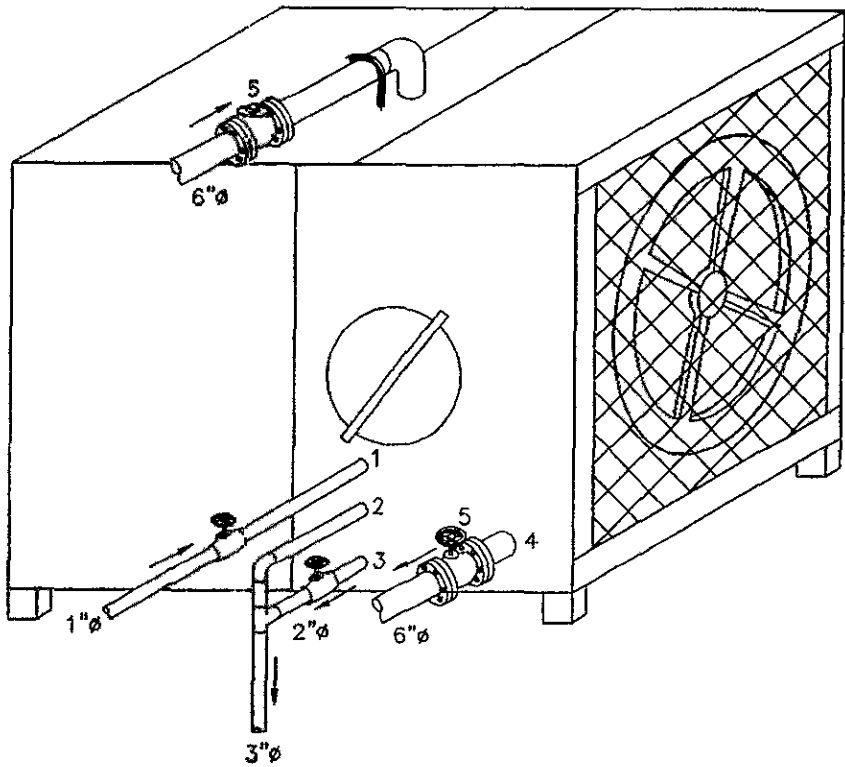


**fig. 18 Conexiones en bombas**

**Nomenclatura:**

1. Difusor de succión.
2. Válvula multipropósitos.
3. Manguera antivibratoria bridada.
4. Válvula de compuerta bridada.
5. Manómetro.
6. Termómetro.
7. Base de concreto.
8. Tacón antivibratorio de neopreno.

**Detalle de conexión a torres de enfriamiento:**



**fig. 19** Conexiones en Torres de enfriamiento

**Nomenclatura:**

1. Tubería de llenado de la torre.
2. Tubería de sobreflujo.
3. Tubería de drenaje.
4. Tubería de salida de agua.
5. Válvula de compuerta bridada.
6. Válvula de cuadro bridada.

Sentido de flujo →

Las torres de enfriamiento se encuentran en la azotea de casa de máquinas, el agua de condensación es impulsada por tres bombas de 7.5 HP de las UGAR a las torres, repitiendo el ciclo constantemente.

Vista general de las instalaciones en casa de máquinas:

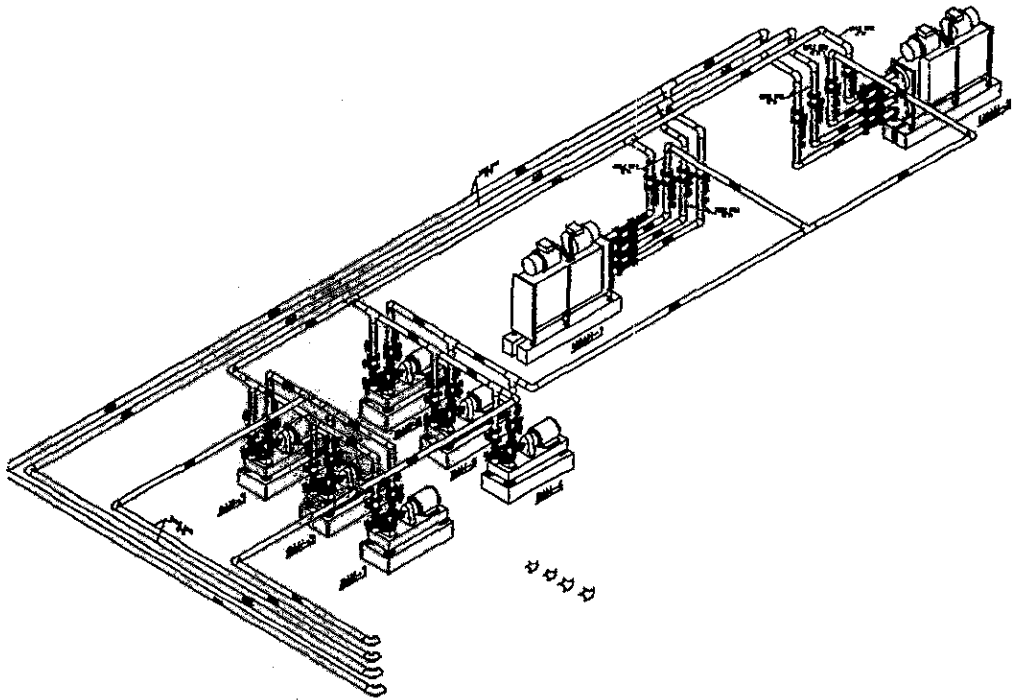


fig. 20 vista de las instalaciones en casa de máquinas

El sistema queda conectado, de las unidades generadoras de agua refrigerada a las bombas de 25HP (tres), las cuales distribuyen el líquido a los pisos. El líquido regresa hacia las UGAR, para después repetir el ciclo. Asimismo se tienen tres bombas de 7.5 HP, las cuales recirculan el agua para mantener a temperatura del agua y dar la característica al sistema de desacoplado.

## ***CAPITULO III***

### **TORRE DE HOSPITALIZACION MEDICA SUR**

### **III.- TORRE DE HOSPITALIZACION MEDICA SUR**

Se establecen a continuación las bases para el cálculo y selección del equipo principal y demás componentes, así como los requerimientos mínimos de fabricación de todos los componentes del sistema de aire acondicionado y ventilación para el siguiente edificio:

**TORRE DE HOSPITALIZACION, MEDICA SUR. México D. F.**

• **Condiciones de diseño:**

Ubicación:

México D. F.

*A.- Localización:*

Latitud: 19° 21' Norte.

Longitud: 99° 10' Oeste

Altitud: 2 240 m sobre el nivel del mar.

*B.- Condiciones exteriores:*

Temperatura de bulbo seco: 30° C (86° F).

Temperatura de bulbo húmedo: 17° C (62.6° F).

Presión barométrica: 585 mm Hg.

*C.- Condiciones interiores:*

Temperatura de bulbo seco: 22° C (71.6° F). +/- 1° C

Humedad relativa: 50% +/- 10%

En locales especiales se conservarán las condiciones establecidas por el IMSS, tanto que en lo que se refiere a temperatura y humedad, como en lo que se relaciona con presiones positivas y negativas.

### **AIRE ACONDICIONADO**

La necesidad de acondicionar el aire de manera que tenga cierta temperatura, humedad, pureza y niveles de circulación ha estimulado el desarrollo de gran número de equipos que actualmente se utilizan en la integración de sistemas completos para su tratamiento.

En las instituciones como Médica Sur, dedicadas al cuidado de la salud, estos sistemas, llamados de aire acondicionado, se encuentran instalados en muy diversas formas que van desde las baterías de pequeñas unidades tipo mini split, hasta instalaciones de los sistemas centrales.

El aire, agua, calefacción y el enfriamiento son los elementos básicos de los sistemas de aire acondicionado.

*El aire se introduce al edificio, se trata y se extrae del mismo utilizando los siguientes dispositivos: Toma de aire del exterior, precalentador, toma de aire de retorno, filtros, deshumidificador, serpentín de calentamiento, humidificador, turbina, ductos para el aire, salida de aire al sitio que se está acondicionando y una terminal que contiene los aparatos para todas estas funciones, tales como filtrado, calefacción, enfriamiento, humectación, mezclado y disminución de ruido.*

Las funciones relacionadas con el manejo del agua en el caso de los llamados equipos ugar que incluyen bombas para la propulsión del agua, tuberías para su transmisión y torres de enfriamiento para la disipación de calor contenida en la misma.

El enfriamiento se produce por medio de máquinas de refrigeración que tienen la propiedad de enfriar el agua gracias a un refrigerante que se establece en el evaporador y al paso del agua ésta absorbe el enfriamiento o sea, deja el calor que trae del edificio a enfriar.

La calefacción se efectúa con vapor y agua caliente proporcionados por las calderas a través de las tuberías. El personal de mantenimiento debe tener presente los cuatro elementos: agua, aire, refrigeración y calefacción. Siempre que se trate de los aparatos y de los procesos relativos al acondicionamiento de aire se deberá tomar en cuenta los siguientes tópicos:

- Ventiladores para hacer circular el aire.
- Equipo acondicionador del aire UMA.
- Maquinaria de refrigeración para el enfriamiento.

A continuación se muestran las tablas del balance térmico efectuado en las diferentes áreas del hospital, las cuales por medio de cálculos previamente establecidos, dimensionan el equipo a comprar dependiendo de la carga de calor que se tenga.

Los datos se obtuvieron de las fórmulas:

$$Q = M C_p (t_i - t_d) \text{ y } Q = A U (t_i - t_e)$$

Donde:

$t_d$  = temperatura de entrada del aire °F

$U$  = coeficiente combinado de transmisión de calor

$t_i$  = temperatura requerida en el interior °F

$A$  = área ft<sup>2</sup>

$C_p$  = calor específico del aire Btu/lb

$t_i$  = temperatura interior °F

$M$  = peso del aire suministrado lb

$t_e$  = temperatura exterior °F

Con este método se calcula el volumen del espacio por calentar. Se selecciona un factor de infiltración, que multiplicado por el volumen anterior y por la  $\Delta h$  existente, proporciona directamente los Btu/hr perdidos por infiltración.

Este método se aplica sólo cuando las ventanas son relativamente pequeñas.

La infiltración a través de los muros se puede dejar de considerar en la mayoría de los casos, aunque en construcciones pobres puede ser muy considerable.

En ocasiones se toma como regla práctica un cambio por hora si existe un muro que colinde con el exterior; si hay dos muros colindando con el exterior, 1.5 cambios por hora.

Las pérdidas por infiltración se calculan de la manera siguiente:

Se supone que el aire que entra causa que el aire caliente se desplace y salga, por lo que el valor de la pérdida será:

**Calor sensible:**

$$Q_s = 0.24 M (t_i - t_e) \text{ (Btu/h)}$$

En donde 0.24 – Calor específico del aire en Btu/lb °F

M – lb/h de aire

$t_i$  – Temperatura interior en °F

$t_e$  – Temperatura exterior en °F

O bien,

**Calor sensible:**

$$Q_s = 0.24 V' d (t_i - t_e) \text{ (btu/h)}$$

En donde d – Densidad del aire en lb/ft<sup>3</sup>

V' – Volumen del aire en ft<sup>3</sup>/h a 70° F

d – 0.075 lb/ft<sup>3</sup>; por lo tanto

$$Q_s = 1.08 V' (t_i - t_e) \text{ (btu/h)}$$

**Calor latente:**

$$Q_L = M (W_i h_i - W_e h_e)$$

Onde

$$h_i = 1.06 + 0.45 t_i \text{, en Btu/lb}$$

$W_i$  = humedad específica en lb<sub>v</sub>/lb<sub>a</sub> del aire interior.

$$h_e = 1.06 + 0.45 t_e \text{ en Btu/lb}$$

$W_e$  = humedad específica el lb<sub>v</sub>/lb<sub>a</sub> del aire exterior.



### **Ganancia de calor debido a la transmisión a través de barreras:**

La transmisión de calor a través de barreras se calcula en forma similar a la empleada en calefacción.

$$Q_1 = UA (t_e - t_i)$$

Por lo general, la temperatura interior de diseño se considera entre 70° F y 80° F, y la temperatura exterior de diseño se selecciona de las tablas, según el lugar. La temperatura de bulbo seco exterior de diseño tiene, por lo general su máximo a las 16:00 horas.

La diferencia de temperaturas ( $t_e - t_i$ ) se afecta en ocasiones, debido al efecto solar, pero esta consideración es un método para tomar en cuenta esta carga, que muchas veces no se utiliza.

Como se dijo anteriormente:

$Q_1$  = carga de calor en Btu/hr.

$U$  = coeficiente de transmisión de calor Btu/h ft<sup>2</sup> °F.

$A$  = área neta en ft<sup>2</sup>.

$t_e$  = temperatura de diseño exterior en °F.

$t_i$  = temperatura de diseño interior en °F.

### **GANANCIA DE CALOR DEBIDA AL EFECTO SOLAR:**

El calor del sol, que recibe la tierra, varía desde un mínimo de cerca de 415 Btu/h ft<sup>2</sup> a 445 Btu/h ft<sup>2</sup>. La cantidad que llega a la superficie terrestre se reduce considerablemente por dispersión o reflexión al espacio y por absorción de la atmósfera. El calor del Sol que llega a la Tierra a través de la atmósfera se conoce como radiación directa, y el calor que se dispersa se llama radiación del cielo o espacio.

#### Calor ganado a través de los cristales:

El calor que se gana en un espacio a través de los cristales depende de lo siguiente:

- A) Latitud del lugar.
- B) Orientación de los cristales.
- C) Claridad de la atmósfera.
- D) Tipo de cristal usado.
- E) Dispositivo para sombrear.

Un cristal ordinario absorbe alrededor del 6% de la energía solar y refleja o transmite el resto.

La relación de la energía transmitida con la energía reflejada depende del ángulo de incidencia.

Existen tablas experimentales que según la latitud, tiempo del año y orientación de la ventana proporcionan la energía solar que entra al espacio considerado. Se supone que la energía radiante transmitida por una ventana no afecta la diferencia de temperatura que hay a los lados de dicha ventana.

Cuando los rayos solares chocan contra una ventana de cristal ordinario, se comportan como se ve en la figura.

El calor que absorbe el cristal, es el 6% del calor total incidente; de este 6% se transmite al espacio el 40%, o sea 2.4%.

El 40% transmitido al espacio depende del coeficiente de la película exterior (2.8 Btu/h ft<sup>2</sup> °F) y del coeficiente de la película interior (1.8 Btu/h ft<sup>2</sup> °F).

Cuando los cristales no son ordinarios, estos absorberán más calor si son de mayor espesor y viceversa.

Además, existen otros cristales tratados especialmente para absorber una cantidad mayor de calor.

### BALANCE TERMICO

	REFRIGERACION		CALEFACCION	
	Q <sub>REFR</sub>	Q <sub>CALEF</sub>	Q <sub>REFR</sub>	Q <sub>CALEF</sub>
<b>Cuneros.</b>				
Vestidor enfermeras	1,196.00	9,351.00	10,547.00	5,363.00
Control	596.00	4,397.00	4,993.00	2,539.00
Cuneros.	2,980.00	34,522.00	37,502.00	19,068.00
Of. Perinatología	596.00	8,194.00	8,790.00	4,469.00
Of. Anestesiata	596.00	8,194.00	8,790.00	4,469.00
A.M.	596.00	3,799.00	4,395.00	2,235.00
Central enfermeras 1	1,192.00	5,840.00	7,032.00	3,575.00
Banco de Leche 1	596.00	4,092.00	4,688.00	2,384.00
Terapia intensiva.	1,192.00	5,840.00	7,032.00	3,575.00
Central enfermeras 2	1,192.00	7,598.00	8,790.00	4,469.00
Banco de Leche 2	1,192.00	10,527.00	11,719.00	5,958.00
Cunas térmicas	1,192.00	6,308.00	7,500.00	3,813.00
Of. Pediatría	1,192.00	9,063.00	10,255.00	5,214.00
Intermedios	1,192.00	10,527.00	11,719.00	5,958.00
Baños de artesa	1,396.00	2,999.00	4,395.00	2,235.00
Circulación 1	2,384.00	20,821.00	23,205.00	11,798.00
Circulación 2	1,788.00	21,417.00	23,205.00	11,798.00
Circulación 3	1,788.00	19,306.00	21,094.00	10,725.00
<b>TOTALES</b>	<b>28,816.00</b>	<b>192,792.00</b>	<b>213,601.00</b>	<b>109,645.00</b>

<b>Ginecoobstetricia.</b>				
Sala de laboratorio 1	596.00	5,529.00	6,125.00	3,114.00
Sala de laboratorio 2	596.00	5,529.00	6,125.00	3,114.00

Sala de laboratorio 3	596.00	5,529.00	6,125.00	3,114.00
Sala de laboratorio 4	596.00	5,529.00	6,125.00	3,114.00
Sala de laboratorio 5	596.00	5,529.00	6,125.00	3,114.00
Sala de laboratorio 6	596.00	5,529.00	6,125.00	3,114.00
Cuarto Rec 1	298.00	3,202.00	3,500.00	1,779.00
Cuarto Rec 2	298.00	3,202.00	3,500.00	1,779.00
Control	298.00	832.00	1,130.00	574.00
Central de enfermeras	596.00	3,779.00	4,375.00	2,224.00
Vestidor doctores	894.00	5,356.00	6,250.00	3,177.00
Vestidor enfermeras	894.00	5,356.00	6,250.00	3,177.00
Prog. De Cirugía	298.00	2,827.00	3,125.00	1,589.00
Estar doctores 1	596.00	4,654.00	5,250.00	2,669.00
Sala expulsión 1	1,490.00	11,335.00	12,825.00	6,519.00
Sala expulsión 2	1,490.00	11,335.00	12,825.00	6,519.00
Quirófanos 1	1,490.00	16,385.00	17,875.00	9,087.00
Quirófanos 2	1,490.00	16,385.00	17,875.00	9,087.00
Recuperación	1,192.00	21,558.00	22,750.00	11,565.00
Estar doctores 2	1,192.00	9,853.00	11,045.00	5,615.00
Lav. Quirúrgico	894.00	6,981.00	7,875.00	4,003.00
Pasillo 1	1,490.00	29,135.00	30,625.00	15,568.00
Pasillo 2	1,490.00	27,885.00	29,370.00	14,930.00
Transfer	894.00	8,106.00	9,000.00	4,573.00
<b>TOTALES</b>	<b>22,660.00</b>	<b>221,340.00</b>	<b>242,195.00</b>	<b>123,118.00</b>

<b>ESTANCIA DIURNA</b>				
<b>Estancia Diurna</b>				
Cubículo 1	298.00	4,672.00	4,970.00	2,526.00
Cubículo 2	298.00	4,562.00	4,860.00	2,740.00
Cubículo 3	298.00	4,562.00	4,860.00	2,740.00
Cubículo 4	298.00	4,832.00	5,130.00	2,608.00
Cubículo 5	298.00	4,832.00	5,130.00	2,608.00
Cubículo 6	298.00	4,697.00	4,995.00	2,539.00
Cubículo 7	298.00	4,697.00	4,995.00	2,539.00
Cubículo 8	298.00	4,697.00	4,995.00	2,539.00
Cubículo 9	298.00	4,697.00	4,995.00	2,539.00
Cubículo 10	298.00	4,832.00	5,130.00	2,608.00
Cubículo 11	298.00	5,252.00	5,550.00	2,821.00
Cubículo 12	298.00	5,252.00	5,550.00	2,821.00
Cubículo 13	298.00	5,252.00	5,550.00	2,821.00
Cubículo 14	298.00	4,652.00	4,950.00	2,516.00
Cubículo 15	298.00	4,652.00	4,950.00	2,516.00

Cubículo 16	298.00	5,102.00	5,400.00	2,745.00
Cubículo 17	298.00	5,102.00	5,400.00	2,745.00
Cubículo 18	298.00	5,102.00	5,400.00	2,745.00
Cubículo 19	298.00	5,402.00	5,700.00	2,898.00
Cubículo 20	298.00	7,102.00	7,400.00	3,762.00
Central enfermeras 1	1,490.00	10,225.00	11,715.00	5,955.00
Central enfermeras 2	2,086.00	23,474.00	25,560.00	12,993.00
Control	596.00	5,164.00	5,760.00	2,928.00
Vestidor 1	596.00	2,919.00	3,515.00	1,787.00
Vestidor 2	298.00	1,887.00	2,185.00	1,111.00
Recepción	596.00	3,184.00	3,780.00	1,922.00
Espera estancia diurna	2,384.00	16,061.00	18,445.00	8,839.00
<b>TOTALES</b>	<b>16,200.00</b>	<b>162,304.00</b>	<b>172,000.00</b>	<b>82,000.00</b>

<b>QUIRÓFANOS</b>				
<b>Pediatría</b>				
Cuarto tipo 1	298.00	3,347.00	3,645.00	1,853.00
Cuarto tipo 2	298.00	3,347.00	3,645.00	1,853.00
Cuarto tipo 3	298.00	3,347.00	3,645.00	1,853.00
Cuarto tipo 4	298.00	3,347.00	3,645.00	1,853.00
Cuarto tipo 5	298.00	3,347.00	3,645.00	1,853.00
Cuarto tipo 6	298.00	3,347.00	3,645.00	1,853.00
Central de enfermeras	1,192.00	12,308.00	13,500.00	6,864.00
Local A	298.00	842.00	1,140.00	580.00
Local B	298.00	1,952.00	2,250.00	1,144.00
Cubículo 1	596.00	4,404.00	5,000.00	2,542.00
Cubículo 2	596.00	4,404.00	5,000.00	2,542.00
Cubículo 3	596.00	4,404.00	5,000.00	2,542.00
Cubículo 4	596.00	4,404.00	5,000.00	2,542.00
Cubículo 5	596.00	4,404.00	5,000.00	2,542.00
Central de enfermeras	1,192.00	13,933.00	15,125.00	7,690.00
Aislado	596.00	4,904.00	5,500.00	2,796.00
Cuarto tipo 1	298.00	3,452.00	3,750.00	1,907.00
Cuarto tipo 2	298.00	3,452.00	3,750.00	1,907.00
Cuarto tipo 3	298.00	3,452.00	3,750.00	1,907.00
Cuarto tipo 4	298.00	3,452.00	3,750.00	1,907.00
Aislado 1	298.00	2,702.00	3,000.00	1,525.00
Aislado 2	298.00	2,702.00	3,000.00	1,525.00
Central de enfermeras	1,440.00	15,810.00	17,250.00	8,770.00
Local	298.00	812.00	1,110.00	555.00
<b>TOTALES</b>	<b>16,200.00</b>	<b>111,670.00</b>	<b>127,000.00</b>	<b>62,000.00</b>

Cuartos tipo 1-3-5-7-9-11-12 Sur y 1-3-5-7-9 Norte	596.00	10,084.00	10,680.00	4,200.00
Cuartos tipo 2-4-6-8-10 ambos	596.00	8,084.00	8,680.00	5,460.00
Suites 1-3	1,192.00	15,038.00	16,230.00	7,242.00
Suites 2-4	1,192.00	14,008.00	15,200.00	8,500.00
Central de enfermeras 1 y vestidor 1	2,384.00	19,141.00	21,525.00	10,942.00
Oficina médicos	596.00	5,029.00	5,625.00	2,854.00
Central de enfermeras 2 y vestidor 2	2,384.00	26,236.00	28,620.00	24,584.00
C.M.	894.00	7,106.00	8,000.00	4,067.00
Aislado	596.00	12,404.00	13,000.00	6,610.00
Sala de espera y recepción	2,384.00	16,116.00	18,500.00	9,531.00
Sala de tratamiento	2,980.00	32,645.00	15,625.00	18,107.00
Cuarto lavado	894.00	8,856.00	9,750.00	4,956.00

<b>Urgencias</b>				
Cuarto de yesos	894.00	6,981.00	7,875.00	4,004.00
Séptico	298.00	3,202.00	3,500.00	1,780.00
Consultorio 1	596.00	7,279.00	7,875.00	4,004.00
Consultorio 2	596.00	7,279.00	7,875.00	4,004.00
Cubículos de observación	2,980.00	31,770.00	34,750.00	17,668.00
Sala médicos	298.00	5,702.00	6,000.00	3,051.00
Espera	2,980.00	21,395.00	24,375.00	12,393.00
Recepción Urgencias	894.00	6,981.00	7,875.00	4,004.00
Sala de endoscopia	596.00	8,404.00	9,000.00	4,576.00
Pasillo 1	1,490.00	17,260.00	18,750.00	9,533.00
Pasillo 2	894.00	6,606.00	7,500.00	3,813.00
Pasillo 3	1,192.00	8,183.00	9,375.00	4,767.00
Pasillo 4	1,192.00	10,058.00	11,250.00	5,720.00
Acceso Urgencias	894.00	9,606.00	10,500.00	5,339.00
Café y Refresco	894.00	6,981.00	7,875.00	4,004.00
Pasillo 5	1,192.00	15,683.00	16,875.00	8,580.00
Recuperación	1,788.00	15,087.00	16,875.00	8,580.00
Ofna. Ministerio Público	874.00	4,356.00	5,250.00	2,669.00
<b>TOTALES</b>	<b>29,542.00</b>	<b>192,813.00</b>	<b>213,375.00</b>	<b>108,489.00</b>

REQUISITOS DE REFRIGERACIÓN				
Cuartos tipo 1-3-5-7-9-11-13-15-17-19	596.00	10,084.00	10,680.00	4,200.00
Cuartos tipo 2-4-6-8-10-12-14-16-18-20	596.00	8,084.00	8,680.00	5,460.00
Sala de espera	2,096.00	11,964.00	14,060.00	7,147.00
Control de enfermeras	1,788.00	18,232.00	20,020.00	10,176.00
Oficina médico	596.00	4,804.00	5,400.00	2,745.00

Odontología	894.00	7,998.00	8,892.00	5,858.00
Proctología	894.00	7,998.00	8,892.00	5,858.00
Consultorios 1-2-3-4-5-6-7-8	596.00	7,840.00	8,436.00	5,296.00
Vestidores personal M y H	1,788.00	9,636.00	11,424.00	7,172.00
Ortopan y Mamemat	1,192.00	8,216.00	9,408.00	5,645.00
Torax	1,192.00	10,400.00	11,592.00	6,240.00
Espera 1	1,192.00	4,352.00	5,544.00	3,326.00
Dirección Médica y Sria.	1,788.00	15,084.00	16,872.00	10,123.00
Recepción y Comp.	1,192.00	16,088.00	17,280.00	10,368.00
Locales A-B-C-D-E-F-G-H-I	596.00	8,068.00	8,664.00	5,198.00
Sala de juntas	1,446.00	4,938.00	6,384.00	3,830.00
Consultorios I y 2	1,198.00	4,136.00	5,328.00	3,197.00
Consultorios	2,384.00	23,128.00	28,512.00	17,107.00
Banda est. y vest.	2,980.00	28,916.00	31,896.00	19,137.00
Espera 2	2,682.00	14,766.00	17,448.00	10,468.00

RESUMEN DE REQUISITOS DE REFRIGERACIÓN				
REQUISITOS DE REFRIGERACIÓN	134,508.00	1,281,166.00	1,415,674.00	749,672.00

El resultado obtenido de 471.89 toneladas de refrigeración, es la capacidad del equipo requerido con el hospital trabajando al 100%. Es decir, si se tuviera una ocupación total en hospitalización, clínicas y oficinas, además que en todo el hospital se tuviera necesidad de aire frío.

Lo anterior pocas veces ocurre, por lo que se utiliza un factor de ocupación, en este caso del 75%. Este factor se determina según la experiencia del diseñador, o según datos históricos de ocupación. Es muy

importante, ya que el costo de la inversión inicial en el equipo varía dependiendo de la capacidad del mismo, ya que no resulta económico tener una capacidad sobrada o en su defecto, limitada.

Aplicando el factor del 75%, se tiene una capacidad requerida de 360 toneladas de refrigeración, la cual se cubre con dos equipos con compresores gemelos tipo tornillo de 90 T.R. cada uno y en total 90 por 4 que nos da 360 T.R.

## ***CAPITULO IV***

### **BOMBEO A VELOCIDAD VARIABLE Y AHORRO DE ENERGIA**



#### **IV.- BOMBEO A VELOCIDAD VARIABLE Y AHORRO DE ENERGIA**

**En este capítulo se explicará el funcionamiento del variador de frecuencia que permitirá a las bombas centrífugas trabajar a velocidad variable y se establecerá el comparativo en consumo de energía entre el equipo anterior y el actual.**

##### **BOMBAS CENTRIFUGAS.**

Una bomba centrífuga transforma la energía mecánica de un impulsor rotatorio en la energía cinética y potencial requeridas. Aunque la fuerza centrífuga producida depende tanto de la velocidad en la punta de los alabes o periferia del impulsor y de la densidad del líquido, la cantidad de energía que se aplica por libra de líquido es independiente de la densidad del líquido. Por tanto, a una bomba que funcione a cierta velocidad y que maneje un volumen definido de líquido, la energía que se aplica y transfiere al líquido es la misma para cualquier líquido sin que importe su densidad

##### **UNIDAD MOTRIZ DE C.A. DE ESTADO SOLIDO**

Esta consta de un motor y controlador que procesa la corriente de la línea de modo que se pueda variar la velocidad de rotación del eje del motor según los requisitos de funcionamiento.

Hay dos tipos básicos disponibles: de corriente alterna y de corriente continua. En la actualidad el mayor número de unidades motrices en la industria total son las de C.C. Hasta hace poco, los tipos de C.A. no eran competitivos en costo con los otros tipos, en particular los de C.C. debido a la compleja tecnología para variar la velocidad de un motor de C.A. Pero los adelantos en los últimos años han permitido importantes reducciones en los costos y se renovó el interés por las unidades motrices de C.A.

Aunque los controladores de frecuencia variable son complejos, los motores de C.A. no lo son y esta sencillez básica de los motores de C.A. hizo que los diseñadores pudieran mejorar el rendimiento de esos sistemas de control.

El motor de C.A. es más ligero, pequeño, fuerte, menos costoso y se obtiene con más facilidad que los de C.C. No tiene escobillas ni conmutador que se gasten ni produzcan chispas. Además, las mejoras en la eficiencia en los últimos años han hecho más deseables los motores de C.A. Los pequeños funcionan con 90 % o más de eficiencia y los grandes con más del 96 %.

Los adelantos en dichas unidades motrices de C.A. coincidieron con el perfeccionamiento de los interruptores de estado sólido, en particular el rectificador controlado de silicio (RCS o SCR, por sus siglas en inglés) que todavía se utiliza en los equipos grandes. No obstante lo buenos que son los RCS convencionales, no han sido la solución perfecta en los complejos circuitos de los controladores de C.A. El problema es que los RCS introducen complejidad adicional; una vez encendidos hay que apagarlos periódicamente con lo que se conoce como circuito de conmutación.

Sin embargo, hace cinco o seis años, el perfeccionamiento de los controladores de C.A. tuvo un nuevo adelanto. Se introdujo una nueva generación de controladores basados en transistores de potencia grandes (para 460V) en lugar de los RCS. Los transistores tienen la ventaja de que no necesitan un voluminoso circuito de conmutación. Por tanto, los nuevos controladores son más sencillos y confiables, a la vez que más pequeños y menos costosos que los basados en RCS.

Otro adelanto en los controladores de C.A. es el interruptor o conmutador por compuerta (GTO). Es un RCS pero se apaga con una señal negativa en la terminal de compuerta, en lugar de necesitar un circuito de conmutación para interrumpir el paso de las señales.

#### **DIMENSIONAMIENTO DE LOS CONTROLADORES DE CA.**

El factor individual más importante para seleccionar una unidad motriz de C.A. es la corriente máxima, para servicio continuo o de corta duración, que debe manejar. Los elevados pares de arranque requieren corrientes muy altas que pueden exceder la capacidad del controlador aunque según los cálculos matemáticos puedan ser capaces de manejar las necesidades de corriente para velocidad constante en la aplicación.

El aspecto clave que se debe conocer para determinar el tamaño de un controlador es la corriente a plena carga a la velocidad base, o sea la corriente necesaria para el motor del tamaño correcto que funcione en las condiciones previstas de carga.

#### **CÓMO FUNCIONAN LOS CONTROLADORES DE C.A.**

La mayor parte de los controladores de estado sólido, con velocidad ajustable, empleados con motores estándar de inducción producen frecuencia y voltaje variables para controlarlos. Se controla la frecuencia para variar la velocidad del motor:

$$\text{Velocidad} = \alpha (K \times \text{Frecuencia}) / N$$

en donde K = 120 y N = número de polos magnéticos.

El voltaje se varía junto con la frecuencia de modo que la densidad de flujo en el entrehierro entre el rotor y, por lo tanto, el par producido por el motor se puedan controlar.

En donde  $\phi$  entrehierro = densidad de flujo magnético

En el caso típico se mantiene una relación constante entre voltaje, tensión y frecuencia (volts por Hertz).

Los componentes básicos de estos controladores son un convertidor de corriente, inversor de corriente, regulador de control y sección de referencia. El convertidor convierte la C.A. de la línea en C.C. El inversor de corriente invierte la C.C. a C.A. de voltaje y frecuencia variables. El regulador controla las funciones y respuesta del convertidor y el inversor. La sección de referencia es un potenciómetro e interruptor que envían al regulador señales para encender y apagar, y para indicar cuál es la velocidad requerida.

### **TIPOS BASICOS DE CONTROLADORES**

En la unidad motriz con inversor de entrada de voltaje variable (*VVI*), se utiliza un rectificador controlado o rectificador con diodos y modulador en unidades analógicas, mejor conocido como chopper, para transformar el voltaje de entrada de C.A. en CC de voltaje variable. La frecuencia de la salida se controla con la conmutación en secuencia de los transistores o los tiristores en el inversor en seis pasos discretos para producir la salida con la forma de onda ilustrada. La corriente sigue al voltaje en una onda más o menos senoidal.

El controlador de *VVI* es el sistema regulador más sencillo entre los tres tipos de unidades motrices con frecuencia variable, aunque incluye la máxima cantidad de componentes de filtro de C.C., que consisten en un inductor de C.C. y capacitores (condensadores) de filtro que filtran el voltaje de entrada al inversor y almacenan energía para uso temporal.

En la unidad motriz con inversor de entrada de la fuente de corriente (*Current-Source-Input, CSI*), se utiliza también un rectificador controlado, o rectificador con diodos y chopper para convertir la C.A. en C.C. de potencial variable. La corriente detectada en los transformadores en la línea de C.A. es la base para variar el rectificador controlado. La sección de inversor produce corriente de frecuencia variable en seis pasos y el voltaje sigue a la corriente, con crestas de conmutación debidas al disparo de los tiristores como se ilustra.

La ventaja principal de la unidad motriz con *CSI* es que puede producir control completo de la corriente del motor con lo que se tiene control completo de la corriente del motor con lo que se tienen

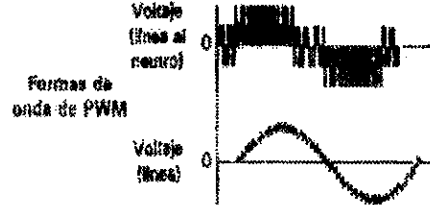
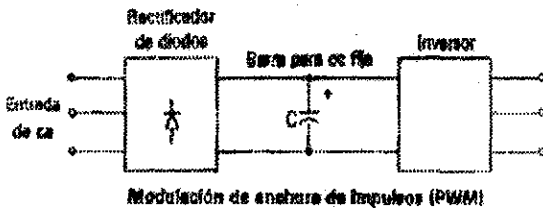
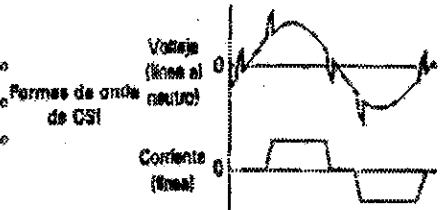
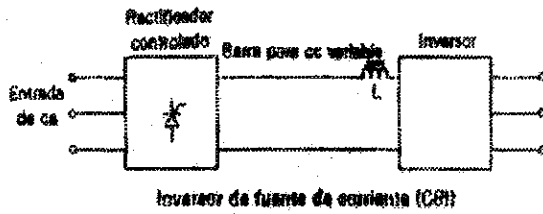
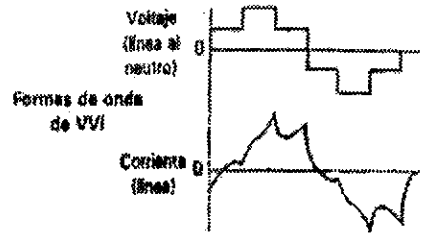
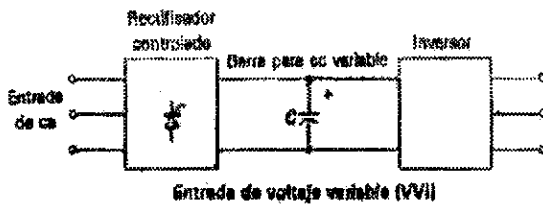
control completo del par. Sin embargo, esta característica de control de corriente necesita un inductor de filtro grande y un regulador semicomplejo, por la dificultad de controlar el motor sólo con la corriente.

En la unidad motriz con inversor de modulación de anchura de impulsor (*Pulse-Width-Modulated, PWM*) se utiliza un rectificador de diodos para producir un voltaje constante de C.C. Por ello el inversor controla el voltaje y la frecuencia de los impulsos de salida de modo que el voltaje eficaz sea o menos senoidal.

Debido a que el controlador de PWM le presenta al motor una simulación muy aproximada de la potencia de onda senoidal, se requieren pocos componentes. Sin embargo, las complejas formas de onda para conmutación en el inversor requieren el empleo del regulador de máxima complejidad en las unidades motrices descritas y las pérdidas por conmutación pueden ser elevadas.

Cada tipo de unidad motriz tiene ventajas específicas:

1. A velocidad máxima y con plena carga, el momento en que la eficiencia de la unidad motriz es más crítica por la gran cantidad de potencia que debe manejar, los tres tipos citados de unidades motrices de frecuencia ajustable tienen eficiencia bastante aproximada, del 85 al 90 % incluso el controlador y el motor.
2. Las eficiencias de los tres tipos de unidades motrices pueden variar según el caballaje nominal y las condiciones de funcionamiento. Las unidades para alto caballaje tienen mayor eficiencia además de que funcionan más cerca de su capacidad nominal máxima de diseño.
3. Las pérdidas en el motor están en función de la corriente de carga, que es la misma, sin que importe el tipo de unidad.
4. El controlador de CSI conserva mayor eficiencia que los otros cuando se reduce la velocidad. Las pérdidas por conmutación, que se relacionan con la conmutación o apagado de los tiristores en el inversor y que son un importante factor en las pérdidas totales en el controlador, varían en proporción con el par y la corriente.



### AHORRO DE KILOWATTS.

Gran parte del interés de las unidades motrices de C.A. es por los grandes ahorros potenciales de energía. La razón es sencilla: Hay más motores de C.A. para bombas, ventiladores, compresores, transportadores, centrifugas y otros equipo que cualquier otro tipo de maquinaria motriz. La gran mayoría de estos motores trabajan a su velocidad base o constante, aunque no se necesite.

Al reducir la velocidad del motor durante los periodos de baja demanda, se pueden ahorrar cantidades considerables de energía.

Casi todas las unidades motrices de C.A. de velocidad variable funcionan con una eficacia total de alrededor del 90% y en una gama de mediana hasta plena velocidad.

### COSTOS DE ENERGIA.

Si comparamos dos bombas de diferentes fabricantes en servicio de reforzamiento para agua. La marca A requiere 10 HP en las condiciones específicas de funcionamiento; la marca B requiere 9 HP. El costo de la electricidad comprada es de \$0.80 por Kw/h.

El costo directo de operación en una instalación proyectada para durar 10 años será:

$(80 \text{ c/Kwh})(8,750 \text{ h/año})(0.746 \text{ KW/HP})(10 \text{ años}) / \text{eficiencia del motor de } 0.85 = \$ 61,435.00 / \text{HP}$   
 Sin embargo, un peso gastado en el décimo año de la instalación valdrá menos que un peso de hoy, por la pérdida del valor del dinero. (Si se utiliza el análisis por el método de flujo de efectivo descontado se pueden incluir los diversos elementos a considerar, como inversión, costos directos, tasas de interés, duración de la instalación, etc. y llegar a una cifra precisa.)

Para mayor sencillez en lo sucesivo, se supondrá que \$ 8,000.00 es la cantidad que se puede gastar en el costo inicial para ahorrar un caballo en el funcionamiento, o sea, lo que se llama *equivalente de inversión de los costos de operación en toda la vida del equipo*.

Por tanto, si la bomba de marca A cuesta \$ 12,000.00 y la marca B cuesta \$ 15,000.00, entonces esta es la que ofrezca mayor economía, tal como se muestra en la tabla comparativa.

Costo Inicial	Costo de Operación	Costo Total
\$ 12,000.00	\$ 8,000.00	\$ 20,000.00
\$ 15,000.00	0	\$ 15,000.00

El volumen de las bombas y ventiladores centrífugos está en relación exponencial con el caballaje del motor.

*La relación entre el flujo y la velocidad del motor es lineal; cuando se necesita más flujo, se logrará con un aumento proporcional en la velocidad del motor.*

*La presión en la tubería aumenta en relación con el cuadrado de la velocidad del motor.*

*La potencia requerida en el motor aumenta en relación con el cubo de la velocidad del motor.*

Por ejemplo, al reducir el flujo un 20% baja en proporción la velocidad del motor, pero la potencia requerida disminuye en 49%.

## **AHORRO DE ENERGIA**

### **Definición de Inversión:**

La inversión tiene dos sentidos principales. El primero es en qué se invierte; el segundo es el acto de invertir. Invertir, a su vez tiene dos significados, muy distintos. Uno que no nos interesa, es cambiar el orden de algo. El otro, es el que nos interesa, se refiere a invertir recursos en algo.

Se pueden invertir recursos de muchos tipos en una enorme variedad de cosas o actividades. Se puede invertir dinero en una empresa, planta y equipo, acciones, alhajas.

Lo que tienen en común los actos de inversión es la aportación de recursos a algo. Pero una mera aportación de recursos podría implicar consumo o gratificación inmediata. Podríamos, por ejemplo, aportar recursos para la compra de una cena: no lo llamaríamos inversión sino consumo. La diferencia entre la inversión y el consumo es que en el consumo se espera un beneficio inmediato, mientras que en la inversión se espera un beneficio futuro. Una definición de la inversión sería, entonces, la aportación de recursos para obtener un beneficio futuro.

Existe una diferencia entre la inversión real y la inversión financiera. La inversión real es la que se hace en bienes tangibles como planta y equipo, inventarios o bienes raíces.

Las inversiones financieras son los recursos que sobran después de la operación del negocio, o de la vida diaria; es por eso que se llaman excedentes.

En el cambio de sistema de agua helada (bombas, variador de velocidad, ugar, válvulas de control de flujo) para el servicio de aire acondicionado, se tiene que Médica Sur hizo una inversión real, con los siguientes objetivos:

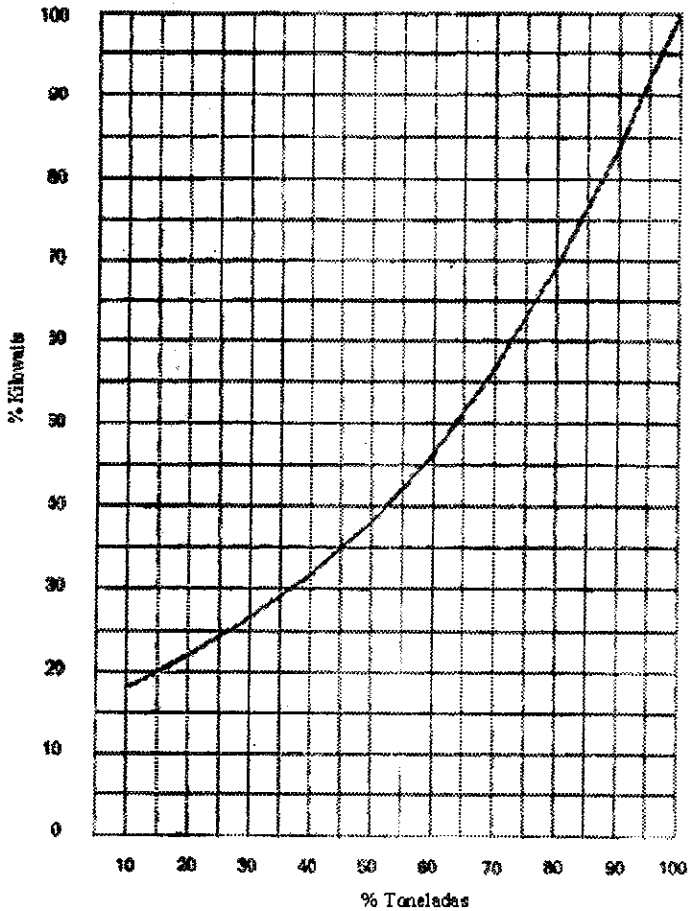
- ⇒ Ahorro de energía.
- ⇒ Reducción de costos de operación y mantenimiento.
- ⇒ Aumento de la capacidad instalada, debido a la finalización de la construcción de quirófanos y pisos para habitaciones.
- ⇒ Proporcionar confort a los pacientes, visitantes y empleados, por medio de un mejor control de la demanda de agua helada.

### **Análisis de la demanda:**

Es conocido que la demanda de aire frío durante los meses del año se comporta de distinta manera. Es decir, existen meses de alta, normal y baja demanda. Este comportamiento varía dependiendo de los cambios climáticos a nivel global, pero para la finalidad de esta investigación, tomaremos en cuenta el

año de 1997, en el cual no se tuvieron cambios significativos en el crecimiento del hospital (se habilitó el quinto piso a finales de año, en meses de baja demanda).

**El consumo de energía eléctrica del motor del compresor tipo tornillo a diferentes niveles de carga se muestra (fig. 22):**



**Fig.22** Comportamiento del consumo eléctrico a diferentes niveles de carga. Fuente: Manual Carrier.



**ANÁLISIS FINANCIERO**

Compararemos los consumos de energía de cada equipo, sabiendo que el equipo reciprocante consume 1.2 kwh, mientras que el equipo de tornillo consume 0.62 kwh.

Se hizo la proyección de consumo en los meses que se trabajó con equipo reciprocante, para el equipo de tornillo y viceversa.

La tabla muestra los consumos mensuales, en kwh, desde Enero de 1997, hasta Abril de 1998, con los pisos habilitados del 1° al 5°.

Consumo mensual de energía (kwh)	
Consumo con equipo reciprocante	Consumo con equipo de tornillo
24,800.00	12,813.33
29,760.00	15,376.00
31,000.00	16,016.67
34,720.00	17,938.67
37,200.00	19,220.00
40,176.00	20,757.60
26,784.00	13,838.40
20,832.00	10,763.20
21,000.00	10,850.00
24,343.00	12,577.22
28,004.00	14,468.73
26,784.00	13,838.40
26,784.00	13,838.40
63,360.00	32,736.00
86,400.00	44,640.00
92,160.00	47,616.00

Multiplicando el consumo mensual por el precio del kwh \$ 0.70, obtenemos la tabla del costo de operación de cada equipo con los pisos habilitados del 1° al 5°.

	Consumo (kwh)	Costo (\$)
1°	\$ 17,360.00	\$ 8,969.33
2°	\$ 20,832.00	\$ 10,763.20
3°	\$ 21,700.00	\$ 11,211.67
4°	\$ 24,304.00	\$ 12,557.07
5°	\$ 26,040.00	\$ 13,454.00
6°	\$ 28,123.20	\$ 14,530.32
7°	\$ 18,748.80	\$ 9,686.88
8°	\$ 14,582.40	\$ 7,534.24
9°	\$ 14,700.00	\$ 7,595.00
10°	\$ 17,040.10	\$ 8,804.05
11°	\$ 19,602.80	\$ 10,128.11
12°	\$ 18,748.80	\$ 9,686.88

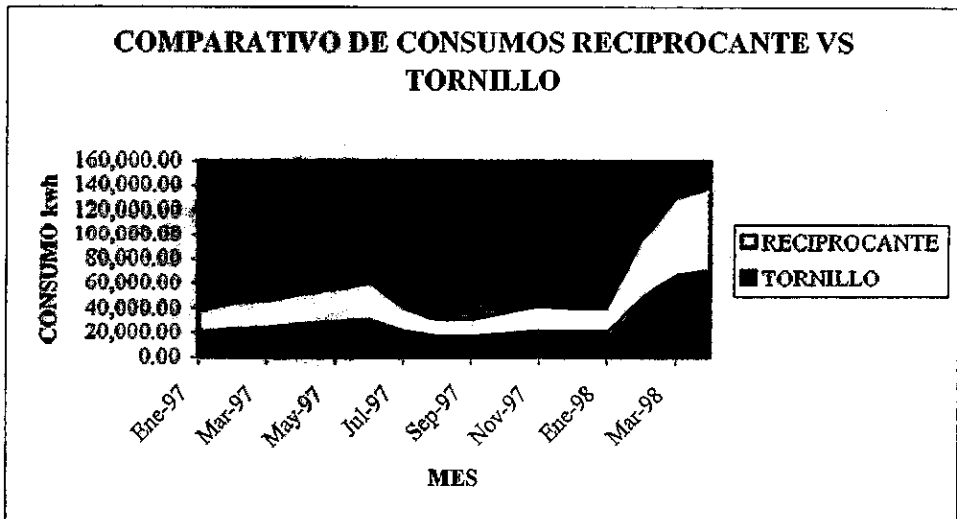
Haciendo una proyección, se tendrá que los consumos del hospital totalmente en operación del 1° al 8° nivel ( niveles de 6° al 8°: 12 suites y 60 habitaciones, además de 7 quirófanos, lo que constituye un 50% extra de carga y consumo) será:

	Consumo (kwh)	Costo (\$)
1°	37,200.00	19,220.00
2°	44,640.00	23,064.00
3°	46,500.00	24,025.01
4°	52,080.00	26,908.01
5°	55,800.00	28,830.00
6°	60,264.00	31,136.40
7°	40,176.00	20,757.60
8°	31,248.00	16,144.80
9°	31,500.00	16,275.00
10°	36,514.50	18,865.83
11°	42,006.00	21,703.10
12°	40,176.00	20,757.60

Y el costo del consumo anterior, será:

	\$26,040.00	\$13,454.00
	\$31,248.00	\$16,144.80
	\$32,550.00	\$16,817.51
	\$36,456.00	\$18,835.61
	\$39,060.00	\$20,181.00
	\$42,184.80	\$21,795.48
	\$28,123.20	\$14,530.32
	\$21,873.60	\$11,301.36
	\$22,050.00	\$11,392.50
	\$25,560.15	\$13,206.08
	\$29,404.20	\$15,192.17
	\$28,123.20	\$14,530.32

Por lo mencionado anteriormente, el análisis financiero se hará basándose en los consumos proyectados.



Siempre se exige un remanente de efectivo para posibles gastos diversos, este fondo será de \$ 5000.00  
 Cualquier otro gasto diverso estará respaldado por la garantía del equipo, que da Carrier México, por lo cual los costos fijos se consideran de la siguiente manera:

**COSTOS FIJOS**

Sueldos y salarios	Tornillo	Reciprocante
Técnico de aire acondicionado	\$ 7,600.00	\$ 7,600.00
Material de mantenimiento	\$ 500.00	\$ 1,500.00
Producto químico para sistema de agua	\$ 1,500.00	\$ 1,500.00
Gastos diversos	\$ 500.00	\$ 1,500.00
<b>TOTAL</b>	<b>\$ 10,100.00</b>	<b>\$ 12,100.00</b>
<b>TOTAL ANUAL</b>	<b>\$ 121,200.00</b>	<b>\$ 145,200.00</b>

Ya que conocemos la cantidad de kwh, el costo del consumo de energía eléctrica y los costos fijos, podemos dividir el año en tres grupos de meses:

**Mes alto:** Febrero, Marzo, Abril, Mayo, Junio y Noviembre.

**Mes normal:** Enero, Julio, Octubre y Diciembre.

**Mes bajo:** Agosto y Septiembre.

Sacamos el promedio mensual de costos variables, de cada tipo de mes y de cada máquina.

	Equipos de	un solo
	\$ 35,150.50	\$ 18,161.10
	\$ 26,961.64	\$ 13,930.18
	\$ 21,961.80	\$ 11,346.93

**FLUJO DE EFECTIVO**

**Equipo de tornillo:**

	Norm	Alt	Bajo	Norm	Alt	Bajo
	\$13,930.18	\$18,161.10	\$11,346.93	\$10,100.00	\$28,261.10	\$21,446.93
	\$18,161.10	\$18,161.10	\$11,346.93	\$10,100.00	\$28,261.10	\$21,446.93
	\$18,161.10	\$18,161.10	\$11,346.93	\$10,100.00	\$28,261.10	\$21,446.93
	\$18,161.10	\$18,161.10	\$11,346.93	\$10,100.00	\$28,261.10	\$21,446.93
	\$18,161.10	\$18,161.10	\$11,346.93	\$10,100.00	\$28,261.10	\$21,446.93
	\$13,930.18	\$18,161.10	\$11,346.93	\$10,100.00	\$28,261.10	\$21,446.93
	\$11,346.93	\$18,161.10	\$11,346.93	\$10,100.00	\$28,261.10	\$21,446.93
	\$11,346.93	\$18,161.10	\$11,346.93	\$10,100.00	\$28,261.10	\$21,446.93
	\$13,930.18	\$18,161.10	\$11,346.93	\$10,100.00	\$28,261.10	\$21,446.93
	\$18,161.10	\$18,161.10	\$11,346.93	\$10,100.00	\$28,261.10	\$21,446.93
	\$13,930.18	\$18,161.10	\$11,346.93	\$10,100.00	\$28,261.10	\$21,446.93

**Equipo Reciprocante:**

Costo	Norm	Alt	Bajo	Norm	Alt
100	Norm	\$26,961.64	\$12,100.00	\$39,061.64	\$39,061.64
100	Alt	\$35,150.50	\$12,100.00	\$47,250.50	\$47,250.50
100	Alt	\$35,150.50	\$12,100.00	\$47,250.50	\$47,250.50
100	Alt	\$35,150.50	\$12,100.00	\$47,250.50	\$47,250.50
100	Alt	\$35,150.50	\$12,100.00	\$47,250.50	\$47,250.50
100	Alt	\$35,150.50	\$12,100.00	\$47,250.50	\$47,250.50
100	Norm	\$26,961.64	\$12,100.00	\$39,061.64	\$39,061.64
100	Bajo	\$21,961.80	\$12,100.00	\$34,061.80	\$34,061.80
100	Bajo	\$21,961.80	\$12,100.00	\$34,061.80	\$34,061.80
100	Norm	\$26,961.64	\$12,100.00	\$39,061.64	\$39,061.64
100	Alt	\$35,150.50	\$12,100.00	\$47,250.50	\$47,250.50
100	Norm	\$26,961.64	\$12,100.00	\$39,061.64	\$39,061.64

**COMPARACION DE AHORRO ENTRE RECIPROCANTE Y TORNILLO:**

Costo	Tornillo	Reciprocante	Diferencia
100	\$24,030.18	\$39,061.64	\$15,031.46
100	\$28,261.10	\$47,250.50	\$18,989.40
100	\$28,261.10	\$47,250.50	\$18,989.40
100	\$28,261.10	\$47,250.50	\$18,989.40
100	\$28,261.10	\$47,250.50	\$18,989.40
100	\$28,261.10	\$47,250.50	\$18,989.40
100	\$24,030.18	\$39,061.64	\$15,031.46
100	\$21,446.93	\$34,061.80	\$12,614.87
100	\$21,446.93	\$34,061.80	\$12,614.87
100	\$24,030.18	\$39,061.64	\$15,031.46
100	\$28,261.10	\$47,250.50	\$18,989.40
100	\$24,030.18	\$39,061.64	\$15,031.46
100	\$28,261.10	\$47,250.50	\$18,989.40
100	\$24,030.18	\$39,061.64	\$15,031.46
100	\$308,581.18	\$507,873.16	\$199,291.98

Debido al cambio de equipos, de reciprocante a tornillo, se tiene un ahorro anual de \$ 199,291.98, esto sin contar los ahorros de energía en el bombeo.

**INVERSIÓN INICIAL EN EQUIPO:**

Equipo con compresor tipo tornillo:	\$ 1,008,000.00
Torre de enfriamiento BAC:	\$ 160,000.00
Proyecto de instalación y tuberías:	\$ 800,000.00
Bombas y válvulas:	\$ 168,000.00
<b>COSTO TOTAL</b>	<b>\$ 2,136,000.00</b>

Para la compra del UGAR con compresor de tornillo, FIDE financia el 50% del precio, al 25% anual con vencimiento a 2 años.

**INDICADORES FINANCIEROS.**

Estos indicadores financieros nos permitirán valorar la inversión a partir de la siguiente serie de datos:

**Periodo de recuperación**

Inversión inicial \$ 1,552,000.00

Flujo efect. Anual tornillo \$ 310,493.52

Periodo =  $I_{inicial} / FE_{Anual} = 5.00$  (cinco años).

**VALOR PRESENTE**

Costo inicial (P): \$ 1,552,000.00

Costo anual de operación (CAO): \$ 239,509.20

Valor de salvamento (VS): \$ 350,000.00

Vida útil, años (n): 25

Interés anual (i%): 24%

Se aplican dos factores de interés compuesto discreto:

Valor presente, pagos de serie uniforme al i% de interés =  $(P/A, i\%, n)$

Valor presente, pagos únicos al i% de interés =  $(P/F, i\%, n)$

$$\text{Valor presente} = P + CAO(P/A, i\%, n) - VS(P/F, i\%, n)$$

$$V_{P \text{ TORNILLO}} = 1,552,000 + 239,509.2(4.1474) - 350,000(0.0397) = \$ 2,531,444.62$$

Del equipo recíprocante: \$ 3,460,699.4

Esto es, el valor de todos los consumos y gastos que el equipo requiere durante su vida útil.

Por lo que se ahorra en el cambio de equipo: \$ 929,254.78

### COSTO CAPITALIZADO

El costo capitalizado es el valor presente de un proyecto que se supone tendrá una vida útil indefinida. Se tiene un costo inicial de \$ 1,552,000.00, estimando un costo adicional de inversión de \$ 10,000.00 a los 10 años. Los costos anuales de operación serán de \$ 239,509.20 los primeros 3 años y \$ 277,830.67 en adelante.

Costo recurrente de reoperación \$ 2,000.00 cada cinco años, con  $i=15\%$  anual.

Valor presente de los costos no recurrentes de \$ 1,552,000.00 hoy y \$ 10,000.00 en el año 10:

$$P_1 = 1,552,000 + 10,000(P/F, 15\%, 10) = 1,552,000 + 10,000(0.2472) = \$ 1,554,472.00$$

Costo recurrente de \$ 2,000.00 cada cinco años en CAUE para los primeros cinco años:

$$A_1 = 2,000 (A/F, 15\%, 5) = 2,000 (0.14832) = \$ 296.64$$

Costo capitalizado de las series anuales de costos:

Considero una serie de \$ 239,509.20 desde hoy al infinito y calculamos el valor presente de la diferencia \$ 277,830.67 - \$ 239,509.20 = \$ 38,321.47 desde el año 4

$$P_2 = (38,321.47/0.15) (P/F, 15\%, 3) = 255,476.46 (0.6575) = \$ 167,975.77$$

Utilizando el primer método, podemos observar que el costo anual  $A_2 = \$ 277,830.67$  y valor presente  $P_2$  de \$ 167,975.77 del año 4 al infinito.

$$\text{Los costos anuales: } P_3 = (A_1 + A_2)/i = (296.64 + 277,830.67)/0.15 = \$ 1,854,182.06$$

$$\text{Costo total capitalizado tornillo} = P_1 + P_2 + P_3 = 1,554,472.00 + 167,975.77 + 1,854,182.06 = \\ \$ 3,576,630.83$$

$$\text{Costo capitalizado equipo recíprocante} = \$ 4,889,557.55$$

$$\text{AHORRO EN CAMBIO DE EQUIPOS} = \$ 1,312,926.72$$

### TASA DE RETORNO

Invierto hoy \$ 1,552,000.00 que producen ahorro anual de \$ 70,798.48 durante 25 años y \$ 350,000.00 al final de los 25 años.

$$0 = -1,552,000 + 70,798.48(P/A, i^*, 10) + 350,000(P/F, i^*, 25)$$

$$P = 1,552,000.00$$

$$F = 25(70,798.48) + 350,000 = 2,119,962$$

$$n = 25$$

$$1,552,000 = 2,119,962(P/F, i^*, 25)$$

$$(P/F, i^*, 25) = 0.732088594 = 1.23\%$$

*Bombeo a Velocidad Variable y ahorro de energía*

Invierto hoy \$ 584,000.00 que producen ahorro anual de \$ 70,798.48 durante 25 años y \$ 350,000.00 al final de los 25 años.

$$0 = -584,000 + 70,798.48(P/A, i\%, 10) + 350,000(P/F, i\%, 25)$$

$$P = 584,000.00$$

$$F = 25(70,798.48) + 350,000 = 2,119,962$$

$$n = 25$$

$$584,000 = 2,119,962(P/F, i\%, 25)$$

$$(P/F, i\%, 25) = 0.27547 = 5\%$$

**DEPRECIACION ANUAL DE LA INSTALACION (TUBERIA, BOMBAS Y UGARS):**

Costo inicial \$ 1,552,000.00

Valor de salvamento: \$ 350,000.00 después de 25 años

$$D = (1,552,000 - 350,000) / 25 = \$ 48,080.00 \text{ anuales}$$

**VALOR DE SALVAMENTO DEL EQUIPO DE TORNILLO:**

Costo inicial \$ 504,000.00

Vida útil 25 años

$$d = 2/n = 2/25 = 0.08$$

$$VS = 504,000 (1 - 0.08)^{25} = \$ 193,013.37$$



## ***CAPITULO V***

### **ANALISIS DE RESULTADOS**

## V.- ANALISIS DE RESULTADOS

Con la finalización del proyecto del edificio de hospital, rehabilitación de los pisos quinto, sexto y a futuro séptimo, octavo y los nuevos quirófanos, era necesario aumentar la capacidad del equipo generador de agua helada para aire acondicionado, para así proporcionar el servicio de manera eficiente y proveer de confort a pacientes y visitantes.

En concordancia con la filosofía de excelencia que se tiene en la institución, se buscó contar con equipo de vanguardia, tanto en el sistema como el equipo central. También se preocupó por tener un ahorro de energía que pudiera a la larga, pagar la inversión hecha, asimismo se aprovecharon las facilidades que el FIDE da para la compra de equipo en proyectos que involucren ahorro de energía, en este caso un préstamo que ayudaría a comprar el equipo de tomillo.

Un aspecto importante fue la toma de decisión del tipo de equipo y sistema, para lo cual los aspectos más relevantes fueron:

1. - Area que ocupa el equipo.
2. - Consumo de energía.
3. - Costo.
4. - Equipos auxiliares.
5. - Tecnología.
6. - Ecología.

Cabe señalar que la distribución de la energía eléctrica e de la siguiente manera:

**53% HVAC (calefacción, ventilación y acondicionamiento de aire).**

**42% Iluminación.**

**5% Equipo diverso.**

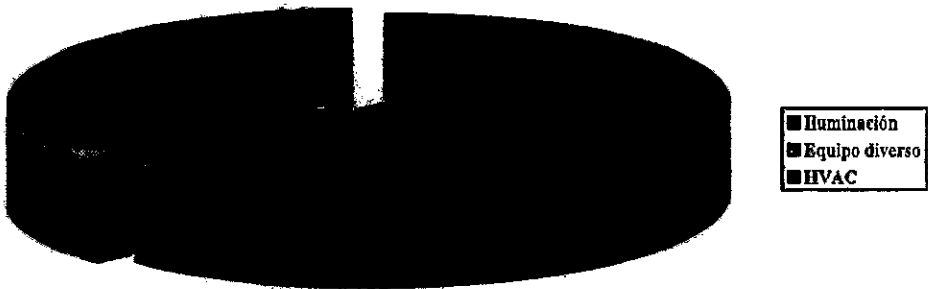


Así, los consumos con la instalación del nuevo sistema serán:

**27% HVAC (calefacción, ventilación y acondicionamiento de aire).**

**63% Iluminación.**

**10% Equipo diverso.**



Por lo que se justifica tener un equipo eficiente. Es decir, que trabaje a alta capacidad y con un bajo consumo de energía. Además del bajo costo de operación, es necesario un bajo costo de mantenimiento, por lo que la tecnología es decisiva en la selección de equipos, pues dependiendo del tipo de compresor, será el tipo de mantenimiento.

Para lograr un acertado diseño del sistema se tomó en cuenta:

1.- Cálculo de la carga térmica, la cual nos determinó la capacidad del equipo central y de los equipos periféricos, dependiendo de la distribución de la carga.

Asimismo, para un correcto cálculo de la carga se tuvo que considerar:

Tipo de instalación (Oficinas / Quirófanos / Terapia Intensiva / Habitaciones / Salas de espera / Residencia médica / Auditorios / etc.).

Lugar de la instalación: Altitud, Latitud, Humedad relativa, Orientación, Incidencia solar anual, precipitaciones anuales, etc.

Materiales de construcción: Concreto, Estructura de acero, Vidrio, Paredes de ladrillo, Tablaroca, Yeso.

Lo anterior ayudó a determinar la conductividad térmica del edificio.

2.- Análisis de las cargas, la cual dependiendo de la distribución de la carga térmica nos indicó:

Distribución en equipos.

Selección de periféricos.

3.- Para la selección del sistema se tuvieron varias alternativas de bombeo:

Volumen constante retorno directo.

Volumen constante retorno inverso.

Volumen variable circuito primario - secundario.

La selección del sistema determinó las características de operación de la planta y el sistema en general.

De este punto dependía en gran medida, el consumo de energía, ya que cada tipo de bombeo representa diferente consumo de energía.

En cuanto a la selección de equipos, las variables consideradas fueron:

1.- Equipos de alta eficiencia, en los que al trabajar a alta capacidad se disminuya el consumo de energía.

Centrifugas:

0.53 kW/T.R.

Se necesita turbina extra para mejorar el consumo de energía.

El consumo baja a 0.45 kW/T.R.

Reciprocantes:

1.20 kW/T.R.

Condensador por aire o agua.

En desuso.

Tornillo:

0.62 kW/T.R.

Eficiente, confiable.

Silencioso.

Refrigerante ecológico.

Equipos pequeños.

Sistema autolubricante.

Absorción:

Cuando se tienen grandes cantidades de vapor de desecho.

Simple efecto: Vapor de baja presión.

Doble efecto: vapor de alta presión.

Fuego directo: Caldera integrada.

2.- Refrigerantes ecológicos, debido a la prohibición de usar refrigerantes que contengan CFC's

¿ Porqué se decidió usar HFC 134a ?

Discontinuidad (Otros CFC's se regulan y discontinúan).

Seguridad por límite de exposición permisible en un cuarto de máquinas:

134a	1,000 ppm
123	30 ppm
NH4	25 ppm
ICI	10 ppm

Disponibilidad: Inhaladores asmáticos, chillers, aire acondicionado autos, refrigeradores, máquinas de bebidas, etc.

Operación: Unidades para presión negativa usan R-123 y requieren accesorios:

Purga de alta eficiencia.

Válvula de venteo.

Válvula para aislar filtro de aceite.

Sistema de presurización requerido.

Tanque de almacenamiento de refrigerante.

3.- Dimensionamiento de la planta.

4.- Emisión de ruido y vibración, para evitar daños a futuro al personal operativo.

5.- Facilidades de operación y Mantenimiento.

Dentro del edificio, el sistema se cambió de tres vías a dos vías en las válvulas de los fan & coil, con la finalidad de ahorrar energía, pues el anterior sistema de tres vías utilizaba en las terminales de carga un bypass que recirculaba el agua helada por todo el sistema, esto tenía como consecuencia que las bombas trabajen siempre a la velocidad nominal para mantener una presión determinada en el sistema y un consumo elevado y constante de energía.

Con el nuevo sistema de volumen variable, se tiene un sensor de presión en la parte más alta de la tubería, el cual, al disminuir la presión envía una señal al variador de frecuencia, el cual aumenta las revoluciones de las bombas. Cuando aumenta la presión del sistema, se envía una señal al variador de frecuencia, y las bombas disminuyen sus revoluciones, por lo cual se disminuye el consumo de energía.

Asimismo, la unidad generadora de agua refrigerada de tornillo Carrier, disminuye su capacidad hasta el 30% total, dependiendo de la demanda de agua helada que se tenga, lo cual representa un ahorro significativo de energía.

Se consideró cambiar de refrigerante en el equipo recíprocante, de R-22 a R-134a, pero hacer esto implicaba una modificación en el compresor de cada máquina, debido a que el R-134a degrada al barniz que protege al devanado del motor, por lo que deberá reemplazarse este barniz por uno que no reaccione con el refrigerante. Tendríamos un aumento en la eficiencia del chiller, pero disminuiría la capacidad instalada, ya que la molécula del R-134a es más grande que la del R-22, lo cual no era conveniente debido al crecimiento del hospital. Además se debería comprar otro equipo, debido a que el actual no sería suficiente para satisfacer la demanda de agua helada por el hospital una vez terminada la construcción de pisos y quirófanos, esto con el elevado consumo de energía que caracteriza a los compresores recíprocantes.

Las unidades generadoras de agua refrigerada Carrier de doble compresor de tornillo 30HX tienen la característica de poseer un sistema dual que comparten sólo el microprocesador. Los circuitos de refrigerante son independientes, tanto en el evaporador como en el condensador, lo que permite que un circuito cargue o cambie refrigerante o aceite mientras que el otro trabaja normalmente.

Otra ventaja es su tamaño, la UGAR es de 90cm de ancho, por lo que no ocupa gran espacio y es relativamente fácil su operación gracias a una pantalla digital que proporciona lecturas de operación e historial de fallas.

## **BIBLIOGRAFIA**

**VI.- BIBLIOGRAFIA:**

- **MANUAL DE AIRE ACONDICIONADO;** Carrier; Marcombo
- **MANUAL DE REFRIGERACIÓN Y AIRE ACONDICIONADO;** Air Conditioning and Refrigeration Institute; Prentice Hall; 1987.
- **BOMBAS: Selección, uso y mantenimiento;** Kenneth McNaughton; Mc. Graw Hill; 1989.
- **SISTEMAS DE CONTROL PARA CALEFACCIÓN, VENTILACIÓN Y AIRE ACONDICIONADO;** Roger W. Haines; Marcombo; 1974.
- **MANUAL DE TORRES DE ENFRIAMIENTO;** Instituto Mexicano del Seguro Social; 1984.
- **MANUAL DE SISTEMAS DE SUMINISTRO DE AGUA FRIA;** Instituto Mexicano del Seguro Social; 1984.

**ESTA TESTIS NO DEBE  
SALIR DE LA BIBLIOTECA**