



**UNIVERSIDAD DE HOLGUÍN
"OSCAR LUCERO MOYA"
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA MECANICA**

TRABAJO DE DIPLOMA

**Título: Diagnostico de la eficiencia energética en la cámara
frigorífica de congelación del hospital Lucia Iñiguez
Landín**

Autor: José Enrique Pernas Rodríguez

**Tutores: MsC. Pedro Segura Salivar
Ing. Yamile Morffi Serrano**

**Holguín,
2009**

“La vida debe ser diaria, útil, movible y el primer deber de un hombre de estos días es ser un hombre de su tiempo.

No aplicar teorías ajenas sino descubrir lo propio.

No estorbar a su país con abstracciones, sino inquirir la manera de hacer práctica los útiles.

Si de algo serví antes de ahora ya no me acuerdo lo que quiero es servir más”.

José Martí

DEDICATORIA

Dedico el presente Trabajo de Diploma a:

Mis padres, por guiarme correctamente en la vida y que siempre me dieron su apoyo durante todo el trayecto de la Carrera.

A mi gran amigo y compañero Melchor Pérez García, por su ayuda incondicional.

A mi querida esposa por apoyarme y darme fuerzas para seguir adelante.

Todos mis familiares, que de una forma u otra contribuyeron con mi formación y estuvieron al tanto de mí.

Todas aquellas personas con las que pude contar en diferentes momentos de mi vida.

A todos les doy las gracias por no dejar de confiar en mí, éste también es su triunfo.

AGRADECIMIENTOS

Quiero expresar mi más profunda gratitud a:

A Romilio y todos aquellos profesores que han contribuido a mi formación como profesional.

Mi madre y mi padre por apoyarme en cada paso de mi vida, por estar a mi lado en cada una de mis imprecisiones, por entenderme y saber que siempre puedo contar con ellos.

A mi esposa por sus consejos sugerencias y ayuda

Al ingeniero Melchor Pérez García, por estar a mi lado ayudándome en el trabajo.

Todas aquellas personas que con su valiosa ayuda hicieron posible la realización de este trabajo.

A todos muchas gracias.

RESUMEN

Este trabajo se realizó en el Hospital Clínico Quirúrgico “Lucia Iñiguez Landín y comenzó en el curso precedente. Su objetivo fue diagnosticar la eficiencia energética en la cámara frigorífica de congelación existente en dicho centro.

Para cumplir con el objetivo propuesto se recibió ayuda de numerosos técnicos, se consultó un experto en montaje de cámara frigorífica de Copextel y también se consultó al técnico energético de dicha institución hospitalaria. En el trabajo se revisó la bibliografía relacionada con el tema de refrigeración, sus características, los métodos de cómo diagnosticar la eficiencia energética entre otros y se investigó sobre la importancia económica que constituye el ahorro energético. Además se cuantifican en valores las pérdidas energéticas que se generan en la cámara frigorífica de congelación por ventilación libre, según el régimen de trabajo del equipo.

Una vez concluido este trabajo se puede diagnosticar que, el consumo energético de la cámara frigorífica se encuentra muy elevado y que sus parámetros de trabajo no satisfacen su objetivo. El diagnóstico aportado se complementa con la disminución de las pérdidas energéticas por ventilación y el mantenimiento de los evaporizadores y condensadores para lograr que el equipo sea eficiente.

ÍNDICE

Tópicos	Descripción de los tópicos	Página
Introducción		1
Capítulo 1. Resumen teórico		4
1.1	Reseña histórica de la refrigeración	4
1.2	Clasificación según la aplicación	5
1.3	Ciclos de refrigeración	6
1.4	Principio del frío	7
1.4.1	Principio general de una instalación frigorífica	9
1.5	Definiciones	10
1.6	Ciclo mecánico de refrigeración	12
1.7	Sistemas de refrigeración.	14
1.8	El aceite en la refrigeración	22
1.9	Principales fallas que se pueden generar en un compresor	24
1.10	Refrigeración en Hospitales de Cuba	25
1.11	Revolución energética en Cuba.	27
1.12	Intercambiadores térmicos	29
1.13	Ventajas Económicas y ambientales para el uso de compresores que tienen como refrigerante el amoniaco.	36
Capítulo 2. Diagnostico de la eficiencia energética de la camara Frigorífica.		
2.1	Reseña histórica y Caracterización de la Entidad.	42
2.2	Introducción	42
2.3	Análisis de la carga térmica a vencer por la unidad condensadora de la cámara frigorífica.	43
2.4	Pérdidas generadas por ventilación en la cámara frigorífica	45
2.4.1	Pérdidas generadas por transferencia de calor	48
2.5	Valoración económica	49

ÍNDICE (continuación).

Conclusiones	51
Recomendaciones	52
Bibliografía	53

Introducción.

El interés del hombre por satisfacer sus necesidades más urgentes ha sido una constante preocupación en el proceso de evolución del mismo. Para ello ha sido necesaria su interacción con la naturaleza, en especial con su entorno más cercano.

La ciencia ha sido la base del desarrollo de la sociedad al traducirse sus adelantos, entre otras cosas, a lograr mejores condiciones de vida. La refrigeración como actividad tecnológica evidencia lo anterior, de tal forma, que no se concibe desarrollo económico ni social sin el empleo de instalaciones frigoríficas.

La refrigeración tiene usos especiales y algunos de estos usos no han adquirido importancia hasta estos últimos años y se aplican en: tratamiento frío de los metales, pistas de patinaje, construcción, purificación del agua del mar, fabricación de hielo y en la medicina. [48].

El Estado cubano realiza extraordinarios esfuerzos para garantizar una prestación de servicios de excelencia en materia de salud. Ello conlleva a la adquisición y distribución de tecnologías para conservar la vitalidad de los alimentos y medicamentos que se suministran en los hospitales.

Por otro lado, la misión de un hospital es proveer cuidados a la población para solucionar el problema de salud que ha motivado su demanda, consiguiendo el mejor resultado posible con la mejor satisfacción del paciente y del personal que presta la atención.

Para brindar una adecuada atención a los pacientes en las unidades hospitalarias del país, el Ministerio de Salud Pública ha llevado a cabo acciones encaminadas al financiamiento para el montaje, explotación y mantenimiento de los Sistemas Ingenieros como parte indispensable del apoyo que requiere la actividad médica.

En los hospitales, la Refrigeración desempeña un papel fundamental, como un elemento de significativa importancia para la alimentación de los pacientes. En el Hospital “Lucia Ñíguez Landín” se generó un problema de pérdida de eficiencia energética en la cámara frigorífica, por lo que se quiere diagnosticar esta instalación a fin de conocer las causas que propician el estado actual. Identificada esta problemática se define el problema de investigación. [41,49].

Problema de Investigación:

Identificar las causas que influyen en las pérdidas de eficiencia energética en la cámara frigorífica del Hospital "Lucia Iñiguez Landín".

Objeto de investigación:

La cámara frigorífica del Hospital "Lucia Iñiguez Landín".

Campo de acción:

Eficiencia energética de la cámara frigorífica.

Hipótesis:

La determinación de las causas que provocan pérdidas energéticas en la cámara frigorífica del Hospital "Lucia Iñiguez Landín", permitirá a los directivos de esta institución trazar un plan de acción para mejorar el desempeño de este tipo de instalación.

Objetivo general.

Determinar las causas que propician las pérdidas energéticas en la cámara frigorífica del Hospital "Lucia Iñiguez Landín".

Tareas necesarias para dar cumplimiento al objetivo del trabajo:

- 1- Revisar la bibliografía relacionada con el tema.
- 2- Determinar las causas que generan la pérdida de eficiencia.
- 3- Realizar mediciones para determinar las pérdidas energéticas.
- 4- Redactar informe técnico de los resultados obtenidos

Se han empleado los siguientes **métodos de investigación**:

Consulta de expertos y búsqueda de bibliografía relacionada con el tema.

El informe técnico se estructura en dos capítulos, las Conclusiones, las Recomendaciones y la Bibliografía. En el **Capítulo 1** se abordan los siguientes aspectos:

- Cómo se generan las temperaturas de frío.
- Elementos primarios de funcionamiento de una instalación frigorífica.

- Definiciones de los parámetros del ciclo de refrigeración.
- Ciclo mecánico de refrigeración
- Sistemas de refrigeración
- El aceite en la refrigeración
- Refrigeración en Hospitales de Cuba.
- Intercambiadores térmicos
- Ventajas Económicas y ambientales para el uso de compresores que tienen como refrigerante el amoníaco.

En el **Capítulo 2** se abordan estos aspectos:

- Análisis de la carga térmica a vencer por la unidad condensadora de la cámara frigorífica.
- Pérdidas generadas por ventilación en la cámara frigorífica
- Pérdidas generadas por transferencia de calor
- Valoración económica.

Se hace una caracterización de la instalación frigorífica del Hospital, se exponen las causas de la pérdida de eficiencia energética, para concluir con un análisis económico de cuánto representa esta ineficiencia.

En las necesarias conclusiones, aparecen en síntesis el cómo esta investigación ha contribuido a abrir un camino en busca del aumento de la eficiencia energética de la instalación frigorífica.

Capitulo 1 Resumen teórico.

1.1 Reseña histórica de la refrigeración.

La refrigeración es un proceso aislado que no necesita movimiento de aire y su temperatura es menor de 10°C.

La historia de la refrigeración es tan antigua como la civilización misma. Se pueden distinguir dos períodos:

1. Refrigeración natural. Relacionada totalmente con el uso del hielo.
2. Refrigeración artificial. Mediante el uso de máquinas.

La refrigeración mecánica se usa actualmente en acondicionamiento de aire para el confort así como congelación, almacenamiento, proceso, transporte y exhibición de productos perecederos. Ampliando estos conceptos, se puede decir que sin la refrigeración sería imposible lograr el cumplimiento de la mayoría de los proyectos que han hecho posible el avance de la tecnología, desde la construcción de un túnel, el enfriamiento de máquinas, el desarrollo de los plásticos, tratamiento de metales, pistas de patinaje, congelamiento de pescados en altamar, hasta la investigación nuclear y de partículas, aplicaciones en el campo de la salud y otros.

La refrigeración es una técnica que se ha desarrollado con el transcurso del tiempo y el avance de la civilización; al igual que la mayoría de las ciencias y técnicas, ha sido el resultado de las necesidades que la misma sociedad va creando a medida que avanzan los inventos en diferentes campos. La refrigeración contribuye a elevar el nivel de vida de los pueblos de todos los países.

Los avances logrados en refrigeración en los últimos años son el resultado del trabajo conjunto de técnicos, artesanos, ingenieros, hombres de ciencia y otros que han unido sus habilidades y conocimientos. La base sobre la que se fabrican nuevas sustancias y materiales la suministra la ciencia. Estos conocimientos son aplicados al campo de la refrigeración por aquellos que diseñan, fabrican instalan y mantienen equipos de refrigeración.

Las aplicaciones de la refrigeración son muy numerosas, siendo unas de las más comunes la conservación de alimentos, acondicionamiento ambiental (tanto de temperatura como de humedad), enfriamiento de equipos y últimamente en los desarrollos tecnológicos de avanzada: en el área de los ordenadores.

1.2 Clasificación según la aplicación:

1. Refrigeración doméstica.
2. Refrigeración comercial.
3. Refrigeración industrial.
4. Refrigeración marina y de transporte.
5. Acondicionamiento de aire de “confort”.
6. Aire acondicionado automotriz.
7. Acondicionamiento de aire industrial.
8. Criogenia.

La primera aplicación de la refrigeración fue para la producción de hielo, hoy en día la refrigeración es esencial en la producción y distribución de alimentos y para el funcionamiento eficiente de la industria. La aplicación de la producción del hielo data del año 1838 a la necesidad de conservar el pescado por los pescadores, ya que estos no tenían ni tienen hoy en día otro método más eficiente para conservar ese producto hasta su llegada al puerto, para de ahí poder congelarlo. Esta en estudio métodos más eficaces de refrigeración mecánica para conservar el pescado.

La refrigeración doméstica es empleada en refrigeradores y neveras para conservar y congelar todo tipo de alimentos y bebidas necesarias para el consumo humano.

La refrigeración comercial se usa en la preparación de alimentos porque esta es el factor principal de esta preparación, también se usa en la conservación y congelación de todos los productos lácteos, las carnes y volatería, en las bebidas, en las confiterías, en el almacenamiento y distribución de alimentos, en las panaderías de productos congelados, en el almacenamiento en frío, etc.

La refrigeración industrial se aplica en gran escala en las industrias químicas y en los procesos industriales. Estas industrias necesitan indudablemente la aplicación de la refrigeración en los procesos industriales que son : separación de gases, condensación de gases, desecado del aire, precipitación de un soluto desde una solución, almacenamiento a baja presión en estado líquido, proceso de enfriamiento, disipación del calor de reacción, recuperación de disolventes, control de fermentación y enfriamiento para la conservación.

El objetivo de la refrigeración mecánica es enfriar un objeto o ambiente por medio de los dispositivos desarrollados por el ser humano para este fin.

Para lograr este propósito se parte de conocimientos de la física de los materiales y en particular, los gases, según los cuales, el calor, como forma de energía, siempre tiende a fluir hacia un contorno más frío. Este proceso físico se efectúa a mayor o menor velocidad según las características de resistencia que oponga el material por el cual el calor circula, si es un sólido; o según la velocidad, forma, posición, densidad y otras propiedades, si se trata de un fluido como el aire o el agua. Por consiguiente, se ha hecho necesario definir una serie de fenómenos que involucran el proceso de enfriamiento y también crear herramientas que faciliten tanto el uso de esas definiciones como la comprensión directa a partir de las características de cada fenómeno representado. Tal es el caso de los diagramas, gráficos y ecuaciones, por citar algunos.

1.3 Existen tres ciclos de refrigeración, los cuales se identifican como:

- 1- Ciclo de Refrigeración por Compresión de Vapores (CRCV).
- 2- Ciclo de Refrigeración por Compresión de Vapores Standard (CRCVS).
- 3- Ciclo de Refrigeración por Compresión de Vapores Mejorado (CRCVM).

Para que ocurra el proceso de refrigeración, se hace necesaria la utilización de un refrigerante, que periódicamente logre extraer del local refrigerado su calor y humedad. Una de las formas de alcanzar esto es mediante el **Ciclo de Refrigeración por Compresión de Vapores (CRCV)**, este ciclo se identifica porque a la entrada del condensador penetra vapor y a la salida de este lo que

aparece es líquido. Otra forma de alcanzar el ciclo de refrigeración es mediante el **Ciclo de Refrigeración por Compresión de Vapores Standard (CRCVS)** este ciclo se identifica porque a la entrada del condensador penetra vapor; pero a la salida de este lo que aparece es líquido saturado y el **Ciclo de Refrigeración por Compresión de Vapores Mejorado (CRCVM)** este ciclo se identifica porque a la entrada del condensador penetra vapor, pero a la salida de este lo que aparece es líquido subenfriado este ciclo permite una mejoría mecánica que permite alejar la aparición de los golpes de líquido en el compresor.

La eficiencia de una máquina frigorífica se mide como en toda instalación, por el cociente entre el beneficio obtenido o propósito realizado y la energía que ha sido necesario consumir o trabajo gastado. Como el objeto de la máquina frigorífica y la energía consumida son las kcal del trabajo recibido, se define esa relación como coeficiente de efecto frigorífico.

La forma más ventajosa de la realización práctica del refrigerador de Carnot, es hacer evolucionar un fluido fácilmente condensable para que las dos transformaciones isotérmicas sean la condensación y evaporación con lo que se consigue que sean a su vez, isobáricas ($p = \text{cte}$) pudiéndose realizar en recipientes de volumen invariable. [48].

1.4 ¿Cómo hacer el frío? Principio del frío

Para enfriar un sistema, se le tiene que extraer una cierta cantidad de calor. Es tomar el calor para crear el frío.

Naturalmente, si ponemos en contacto dos sistemas, uno frío y otro caliente, van a alcanzar la misma temperatura, comprendida entre la temperatura inicial del cuerpo caliente y la del cuerpo frío. De esta manera, el sistema frío se calienta y lo inverso le sucede al sistema caliente. Esto se observa cuando mezclamos agua fría y agua caliente para tener una buena temperatura para un baño, por ejemplo.

Ya que queremos enfriar un sistema frío... ¿Cómo vencer este fenómeno natural? La dificultad para producir el frío es cómo pasar el calor de un sistema caliente al sistema frío. Siempre hay dos sistemas porque la energía no puede perderse. La energía se conserva: el primer principio de la termodinámica.

Sin embargo, podemos observar en nuestro ambiente cotidiano algunos fenómenos “refrigerantes” que pueden ayudarnos a entender cómo podemos crear el frío. Veamos algunos ejemplos.

El éter líquido, aplicado sobre la piel, se evapora muy rápidamente, provocando una sensación de frío. A la presión atmosférica, el éter se vaporiza. Cambia de fase. Esta reacción necesita energía para realizarse (reacción endotérmica), energía que el éter toma de su ambiente, que sería la piel en este ejemplo. Es la piel que desprende el calor y que se enfría.

El genio de los refrigeristas fue utilizar este principio de cambio de fase, para producir frío de manera artificial. En la tecnología refrigerante, se utiliza un fluido refrigerante que se vaporiza tomando el calor de un ambiente a enfriar.

Fluido refrigerante: Fluido evaluado siguiendo un ciclo refrigerante, es decir, que absorba calor a cuerpos de baja temperatura para incorporarla de nuevo en cuerpos de temperatura más alta.

Definición termodinámica del Nouveau Dictionnaire du Froid de la edición l'Institut International du Froid. El fluido refrigerante es una materia costosa y que puede ser peligrosa para el medioambiente. Es importante no gastarla, ni echarla de nuevo a la naturaleza. En consecuencia, cuando se ha vaporizado, es necesario reciclarla para poder reutilizarla para vaporizarla otra vez. Entonces el fluido sigue un ciclo, lo que es la base de toda la tecnología del frío. ¿Cómo funciona una instalación refrigerante? [13].

1.4.1 Principio general de una instalación frigorífica.

La mayor parte de nuestras instalaciones son con compresión del vapor (fluido frigorífico) a cambio de fase mediante un compresor (ciclo frigorífico). Todo se basa en el ciclo frigorífico.

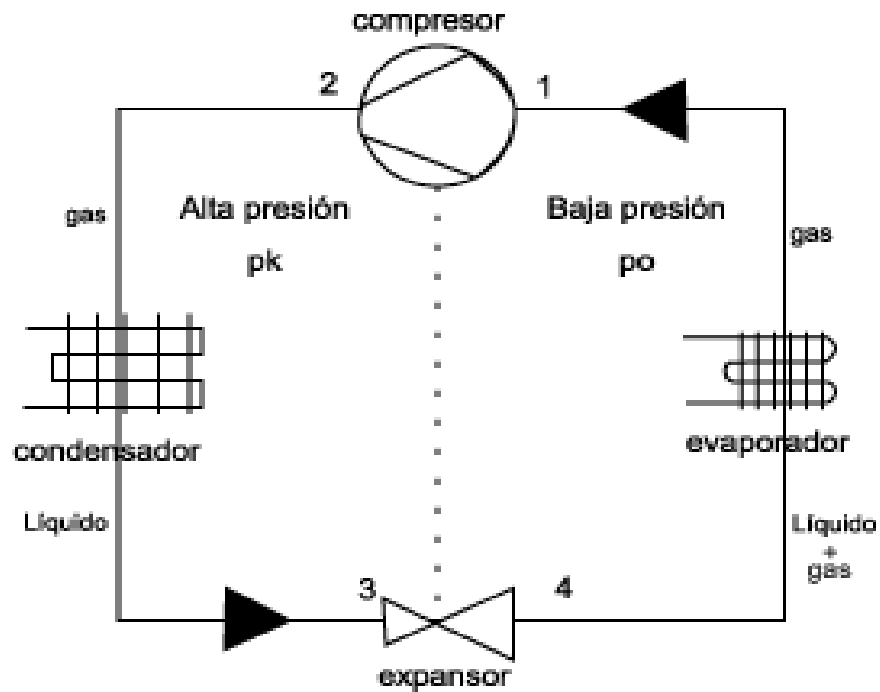


Figura 1.1 Elementos primarios de funcionamiento de una instalación frigorífica.

Compresor

El compresor permite subir el fluido, del estado de vapor, de una baja presión a una alta presión (estado líquido). La mayor parte de la electricidad se consume en esta etapa. Se puede producir un ahorro de energía con el control optimizado de la compresión.

Condensador

El vapor presurizado desprende el calor utilizado para la vaporización hacia un ambiente caliente. Muchas veces, el ambiente caliente es el aire o el agua. Al nivel del condensador, el vapor cambia de fase y se vuelve líquido con una presión constante.

Expansor

El expansor permite descomprimir el fluido licuado y presurizado hasta la presión

baja.

Evaporador

El fluido, que entra líquido dentro del evaporador, se vaporiza hasta que esté totalmente en estado de vapor. Toda la energía utilizada para este cambio de fase viene del sistema a enfriar.

El fluido ya está listo para una nueva compresión y para un nuevo ciclo. En realidad, el principio se complica un poco, pues hay que pensar en las pérdidas de presión en las canalizaciones, irreversibilidades...etc. También, hay que cuidar el buen funcionamiento de cada elemento, optimizados por un cierto fluido y un cierto caudal. Así, se puede actuar para asegurar el estado del fluido. Se habla de subenfriamiento y de recalentamiento.

En todo caso, cada instalación funciona según este principio básico. [52].

1.5 Definiciones

Debemos saber que la técnica de la refrigeración está íntimamente ligada con la termodinámica; es decir relacionada con la transferencia de calor. Con el fin de entender bien la acción de los refrigerantes dentro de un sistema es necesario conocer las leyes que gobiernan el proceso.

Temperatura: La temperatura de un cuerpo es su estado relativo de calor o frío. Cuando tocamos un cuerpo, nuestro sentido del tacto nos permite hacer una estimación aproximada de su temperatura, de modo análogo a como la sensación de esfuerzo muscular nos permite apreciar aproximadamente el valor de una fuerza. Para la medida de la temperatura debemos hacer uso de una propiedad física medible que varíe con aquella, lo mismo que para la medida de una fuerza empleamos alguna propiedad de un cuerpo que varía con la fuerza, tal como un resorte en espiral. El instrumento utilizado para la medición de temperatura se denomina termómetro, en el cual se emplean diversas propiedades de materiales que varían con la temperatura, tales como: la longitud de una barra, el volumen de un líquido, la resistencia eléctrica de un alambre o el color del filamento de una lámpara, entre otros.

Escalas termométricas: Se ha definido dos escalas de temperatura, una en el Sistema Internacional [SI], cuya unidad es el grado centígrado [$^{\circ}\text{C}$] y la otra en el sistema inglés, en el cual la unidad es el grado Fahrenheit [$^{\circ}\text{F}$]. Ambas se basan en la selección de dos temperaturas de referencia, llamados puntos fijos: el punto de fusión del hielo [mezcla de agua saturada de aire y hielo] y el punto de ebullición del agua, ambos a la presión de una atmósfera.

Energía: Un cuerpo posee energía cuando es capaz de hacer trabajo mecánico mientras realiza un cambio de estado. La unidad de energía térmica es el joule [J], la kilocaloría [Kcal.], y British Thermal Unit [Btu]; para la energía eléctrica es el kilovatio hora [Kwh.].

- **Energía cinética:** es la energía que posee un cuerpo debido a su movimiento.
- **Energía potencial:** es la energía debida a su posición o configuración.
- **Energía interna:** podemos elevar la temperatura de un cuerpo, bien poniéndolo en contacto con otro segundo cuerpo de temperatura más elevada, o realizando trabajo mecánico sobre él; por ejemplo, el aire comprimido por una bomba de bicicleta se calienta cuando empujamos el pistón hacia abajo, aunque también podría calentarse colocándolo en un horno. Si analizáramos una muestra de este aire caliente, sería imposible deducir si fue calentado por compresión o por flujo calorífico procedente de un cuerpo más caliente. Esto promueve la cuestión de si está justificado hablar del calor de un cuerpo, puesto que el estado presente del cuerpo puede haberse alcanzado suministrándole calor o haciendo trabajo sobre él. El término adecuado para definir este estado es el de energía interna. La energía interna de un gas a baja presión puede identificarse con la suma de las energías cinéticas de sus moléculas. Tenemos evidencias exactas de que las energías de las moléculas y sus velocidades, sea el cuerpo sólido, líquido o gaseoso, aumentan al aumentar la temperatura.

Energía térmica: Formas de transmisión La energía térmica se puede transmitir como calor de tres maneras:

Radiación: es la transmisión de energía cinética interna en forma de emisión de ondas electromagnéticas de un cuerpo a otro (no necesita medio sólido ni fluido).

Conducción: se efectúa en sólidos y se entiende como la transferencia de energía cinética como vibración molecular.

Convección: es la transferencia de energía térmica por el movimiento de masa.

Cambio de estado de los gases

Los cambios termodinámicos de un estado a otro tienen lugar de varias maneras, que se denominan procesos:

- Adiabático: es aquel en el cual no hay entrada ni salida de calor. El proceso de expansión de un gas comprimido se entiende como adiabático porque se efectúa muy rápido.
- Isotérmico: el cambio se efectúa a temperatura constante durante todo el proceso.
- Isoentrópico: el cambio se efectúa a entropía constante.
- Politrópico: el cambio se efectúa según una ecuación exponencial. [51].

1.6 Ciclo mecánico de refrigeración

Un sistema de refrigeración y un gráfico de Mollier para destacar la correlación que existe entre ambos cuando se identifican los procesos que se llevan a cabo en cada uno de los cuatro componentes principales de un sistema de refrigeración con los puntos característicos que identifican cada uno de los pasos en el diagrama de Mollier.

En el ámbito de la climatización, un **compresor** es un aparato que puede comprimir cualquier gas por medio de bombeo en una caldera o bombona.

Los compresores se clasifican de acuerdo a su forma o a su funcionamiento. Los compresores reciprocantes son aquellos que funcionan con un sistema de pistonaje. Los compresores que funcionan con una parte excéntrica alrededor del eje cigüeñal reciben el nombre de compresores rotativos. El compresor hermético helicoidal es aquel formado por un tornillo sin fin que comprime el refrigerante a través del paso de este por el cabezote y con la presión centrífuga del tornillo. También existen los compresores de paletas o de anillo líquido. Los compresores también se pueden clasificar de acuerdo a su forma. Existen los compresores herméticos que unen cabezote y motor en un solo cuerpo por lo general son de forma ovalada, su principal uso es la refrigeración doméstica. Los compresores semiherméticos son

aquellos donde el motor esta ligeramente separado del cabezote a una corta distancia su principal uso es la refrigeración comercial. Por ultimo tenemos los compresores abiertos, éstos son usados principalmente en refrigeración industrial y en aire acondicionado automotriz, se reconocen por que cabezote y motor están juntos por medio de una polea.

Lado de alta presión.

Compresor: (1-2) comprime el refrigerante en forma de gas sobrecalentado. Este es un proceso a entropía constante y lleva el gas sobrecalentado de la presión de succión (ligeramente por debajo de la presión de evaporación) a la presión de condensación, en condiciones de gas sobrecalentado.

Condensador: (3-4) extrae el calor del refrigerante por medios naturales o artificiales (forzado). El refrigerante es recibido por el condensador en forma de gas y es enfriado al pasar por los tubos hasta convertir toda la masa refrigerante en líquido; su diseño debe garantizar el cumplimiento de este proceso, de lo contrario se presentarán problemas de funcionamiento. Para condensadores enfriados por aire, puede decirse que la temperatura del refrigerante en un condensador debe estar 15K por encima de la temperatura promedio del aire alrededor de este (temperatura del condensador = temperatura ambiente + 15°C).

Dispositivo de expansión: (5-6) es el elemento que estrangula el flujo del líquido refrigerante para producir una caída súbita de presión obligando al líquido a entrar en evaporación. Puede ser una válvula de expansión o un tubo de diámetro muy pequeño en relación a su longitud [capilar].

Lado de baja presión

Evaporador: (6-7) suministra calor al vapor del refrigerante que se encuentra en condiciones de cambio de estado de líquido a gas, extrayendo dicho calor de los productos o del medio que se desea refrigerar.

El evaporador debe ser calculado para que garantice la evaporación total del refrigerante y producir un ligero sobrecalentamiento del gas antes de salir de él, evitando el peligroso efecto de entrada de líquido al compresor, que puede

observarse como presencia de escarcha en la succión, lo cual prácticamente representa una condición que tarde o temprano provocará su falla.

Cumpliendo el ciclo, el sistema se cierra nuevamente al succionar el refrigerante el compresor en condiciones de gas sobrecalentado.

Otros dispositivos

Adicionalmente, usualmente se insertan a ambos lados de presión (alta/Baja) en el sistema, con fines de seguridad y de control, varios dispositivos como son:

Filtro secador: su propósito es retener la humedad residual contenida en el refrigerante y al mismo tiempo filtrar las partículas sólidas tanto de metales como cualquier otro material que circule en el sistema. Normalmente se coloca después del condensador y antes de la entrada del sistema de expansión del líquido. La selección del tamaño adecuado es importante para que retenga toda la humedad remanente, después de una buena limpieza y evacuación del sistema.

Existen otros dispositivos que han sido desarrollados para mejorar la eficiencia del ciclo de refrigeración, tanto en la capacidad de enfriamiento (subenfriamiento), como en el funcionamiento (control de equalización); o para proteger el compresor como es el caso de los presostatos de alta y baja que bloquean el arranque del compresor bajo condiciones de presiones en exceso o en defecto del rango permitido de operación segura, e impiden que el compresor trabaje en sobrecarga o en vacío y los filtros de limpieza colocados en la línea de succión del compresor en aquellos casos en que se sospeche que el sistema pueda tener vestigios no detectados de contaminantes. [52].

1.7 Sistemas de refrigeración.

La diversidad de equipos empleados para refrigeración y acondicionamiento de aire es muy grande y su funcionamiento se ajusta, en términos generales, a los principios ya enunciados. Cada sistema tiene sus características particulares. Cada tipo de compresor opera según distintos mecanismos de compresión (alternativos, rotativos, helicoidales "scroll", entre otros). Cada dispositivo de control está diseñado para mantener algún parámetro de funcionamiento de un equipo entre

determinados límites (principalmente: temperaturas, presiones, acumulación de hielo, entre otros fenómenos que se desea controlar).

El control de funcionamiento del compresor se logra mediante un termostato de diafragma, sensible a la temperatura, en un punto predeterminado por el fabricante en el interior del gabinete, el cual abre el circuito de alimentación eléctrica del compresor al alcanzarse la temperatura deseada [seleccionable por el usuario dentro de un rango distribuido en un número de divisiones (usualmente 5 o 7) y que en la mayoría de los casos incluye un interruptor para abrir manualmente el circuito] y cierra nuevamente el circuito cuando la temperatura asciende y alcanza un valor diferencial (no programable por el usuario). El diferencial entre la temperatura de arranque y parada del compresor es prefijado en la fábrica y es un valor de compromiso que establece la mínima variación de temperatura que permita que el tiempo de trabajo - reposo del compresor tenga una distribución de 50% - 50% en condiciones normales de operación (Existen normas de diseño de artefactos que establecen los parámetros considerados como "condiciones normales de operación").

Condiciones normales de funcionamiento.

Temperaturas y presiones

Las temperaturas de diseño son, normalmente, las siguientes:

T1 = temperatura a la entrada del evaporador = $- 25^{\circ}\text{C} \sim - 26^{\circ}\text{C}$.

T2 = temperatura a la salida del evaporador = $- 26^{\circ}\text{C}$.

T3 = temperatura a la entrada del compresor = $3 \sim 5^{\circ}\text{C} < T_{\text{amb}}$.

T4 = temperatura de condensación = $10 \sim 13^{\circ}\text{C} > T_{\text{amb}}$.

T5 = temperatura de la descarga del compresor = 120°C .

T6 = temperatura del domo del compresor = 110°C .

T7 = temperatura del bobinado del motor del compresor $< 130^{\circ}\text{C}$.

Estos límites de temperatura deben ser respetados rigurosamente pues de ello depende que el compresor funcione bien durante el total de su vida útil.

Estas son las razones:

Las temperaturas a la entrada y salida del evaporador [T1] y [T2] iguales, o casi iguales determinan que se está empleando este a su plena capacidad y dependen de la temperatura de evaporación del gas empleado.

La temperatura a la entrada del compresor [T3] depende de que el proceso de evaporación se haya completado dentro del evaporador y del trayecto del vapor por la línea de succión. Para obtener una temperatura aceptable se suele recurrir a un intercambio de calor entre el tubo capilar y el tubo de retorno desde el evaporador a la succión del compresor. El rango de esta temperatura tiene por objeto: por el límite inferior, que no haya retorno de líquido al compresor y por el superior, que el gas de retorno no llegue excesivamente caliente pues el equilibrio térmico de funcionamiento, en este caso de un compresor de baja presión de succión [LBP] requiere de la baja temperatura del gas de retorno para enfriar el compresor y mantener sus temperaturas críticas por debajo de los límites aceptables.

La temperatura de condensación [T4] debe estar por encima de la temperatura ambiente para que haya intercambio de calor desde el gas refrigerante hacia el aire que rodea el condensador.

Asimismo, debe ser tal que respete la máxima presión de descarga recomendada para el compresor.

La temperatura de descarga [T5], usualmente medida en el tubo de descarga, a 5 cm de la carcasa, es un fiel reflejo de la temperatura de la válvula de descarga. Si la temperatura en la válvula de descarga supera el valor límite hay riesgo de carbonización del lubricante en el asiento de la válvula, con la consiguiente pérdida descompresión.

La temperatura medida en el domo [T6] (el centro de la tapa del compresor) normalmente se correlaciona con la temperatura del bobinado del motor, siendo la temperatura del domo aproximadamente 20°C más baja que la temperatura de bobinas.

Finalmente, la temperatura de los bobinados del motor [T7], que solamente podemos medir por el método de variación de la resistencia, pues no podemos acceder a ellos con instrumentos de medición directa de la temperatura; se

especifica en función de la clase térmica del barniz empleado en la fabricación del alambre esmaltado de las bobinas.

Tan importantes como las temperaturas mencionadas son las presiones de trabajo. Las presiones de diseño dependen del gas refrigerante empleado y deben fijarse teniendo en cuenta además, de los valores necesarios para un funcionamiento adecuado del sistema aquí indicados, la presión crítica del refrigerante: Los siguientes valores son recomendaciones válidas para una $T_{amb} = 43^{\circ}C$.

La **presión de equilibrio** que alcance el circuito de refrigeración durante los períodos de reposo del compresor dependerá de la carga de gas del sistema, que deberá ser calculada de manera de lograr el efecto máximo de enfriamiento en el evaporador (que se observa cuando las temperaturas de entrada y salida son iguales o casi iguales). Un exceso de carga producirá como efecto: Primero que las presiones de equilibrio sean superiores a lo especificado y segundo, retorno de líquido al compresor.

La **presión de pico** es la consecuencia de: a) la presencia de gases no condensables en el sistema o b) que se ha cargado una mezcla zeotrópica indebidamente, o sea en fase vapor, y como consecuencia el gas resultante no responde a las especificaciones de presiones - temperaturas correspondientes a la mezcla correcta o c) que se haya introducido una carga térmica en el gabinete demasiado elevada, provocando que el gas de retorno se sobrecaliente en exceso y al ser comprimido en el compresor se eleve temporalmente la presión que alcanza en el condensador. El protector térmico debe estar en capacidad de detectar esta situación y detener temporalmente el compresor.

La **presión de descarga** estabiliza depende del gas en el circuito y nuevamente de la carga de gas. Las presiones de descarga elevadas pueden ser producto de una sobrecarga de gas en el sistema, así como de un condensador sucio o mal ventilado, por falla del ventilador (si es de enfriamiento forzado) u obstrucción en el flujo regular de aire de enfriamiento.

Relés

El relé de arranque juega un papel fundamental en el arranque de los motores de compresores herméticos que lo necesitan. En el instante de arranque del motor se conecta la bobina auxiliar, que determina el sentido de rotación del motor y proporciona el troqué necesario para el inicio del movimiento. Después del arranque, se desconecta la bobina auxiliar (excepto en los motores con capacitor de marcha permanente "PSC"), y solamente la bobina de marcha permanece funcionando.

Por su diseño requiere que se lo instale de manera que el eje de la bobina esté en posición vertical [una desviación de 5º con respecto a la vertical es suficiente para que la velocidad de actuación se vea disminuida, lo que afecta la vida de los contactos] con los contactos normalmente abiertos por encima de ella. Es un dispositivo electromecánico, con contactos normalmente abiertos mientras está en reposo. Desde el punto de vista eléctrico, el relé se conecta de tal forma que su bobina quede en serie con la bobina de marcha del motor del compresor y los contactos del relé - normalmente abiertos, en serie con la bobina de arranque y conectando a esta (cuando cierran) con la misma línea a la que está conectada la bobina del relé. Cuando el circuito de control de artefacto envía la señal de puesta en marcha del compresor (cerrando los contactos del control de temperatura, en términos generales, el termostato), se aplica una tensión a la bobina del relé, en serie con el borne M (correspondiente a la bobina de marcha de motor) y el borne C (común) del compresor. La tensión aplicada a la serie de la bobina del relé y la bobina de marcha produce el paso de una corriente que es proporcional a la fuerza contraelectromotriz de la bobina de marcha, que es lo suficientemente elevada como para generar en la bobina del relé una fuerza electromagnética que eleva una armadura deslizante en el interior de esta, que provoca el cierre de los contactos y como consecuencia el cierre de circuito de alimentación de la bobina de arranque conectada internamente al borne A (arranque).

El problema más común asociado con el relé amperométrico es el generado por desgaste por chisporroteo de los contactos, que puede derivar en contactos soldados o, el caso contrario, que no cierran el circuito. Estas dos condiciones

pueden verificarse con un multímetro o probador de continuidad, en el primer caso con el relé en su posición normal de trabajo (en estas condiciones los contactos deben estar abiertos, si están cerrados están soldados) y en el segundo caso con el relé en posición invertida (en estas condiciones los contactos deben estar cerrados, si no hay continuidad están dañados al punto de no hacer contacto eléctrico).

Protector térmico bimetálico externo tipo disco.

El protector térmico es un componente basado en un disco bimetálico que depende de los coeficientes de dilatación distintos de dos metales adheridos entre si, cuando estos dos metales son sometidos a cambios en la temperatura. Un disco troquelado de este material bimetálico (en el cual se han efectuado cortes y perforaciones cuidadosamente calculados para obtener una actuación precisa dentro de un rango de temperaturas de actuación al cual se han electrosoldado en una misma cara, cerca del diámetro exterior del disco dos contactos diametralmente opuestos), se sujeta a una cápsula, generalmente de bakelita o plástico, mediante un tornillo de calibración. Este tornillo es regulado en la fase final del proceso de fabricación para que el bimetálico reaccione deformándose hasta que, por tensión mecánica sus contactos se separan de los contactos fijos con un accionamiento brusco "snap", con el objeto de minimizar el chisporroteo de los contactos.

En la cápsula se han dispuesto dos contactos fijos y sus puntos de conexión al circuito de alimentación del compresor, así como una resistencia eléctrica en serie con el circuito, por detrás y a corta distancia de disco de tal manera que la corriente que circula por el compresor crea una temperatura que precalienta e disco. La forma de esta cápsula es tal que posición el disco a una distancia prefijada de la carcasa y lo protege de influencias térmicas externas.

Los protectores térmicos están basados en distintas combinaciones de pares de metales, distintas formas y tamaños de discos, distintas geometrías de los cortes y perforaciones y distintos valores de la resistencia de precalentamiento para lograr diferentes respuestas a combinaciones de consumo de corriente y temperatura radiada desde la carcasa.

Termostato electro mecánico.

Consiste en un diafragma metálico, uno de cuyos lados es una cámara herméticamente sellada conectada a través de un tubo capilar a un bulbo sensor. La otra cara de este diafragma ejerce su acción sobre el actuador de un interruptor de acción rápida a través del cual se conecta la alimentación al motocompresor. El bulbo sensor se ubica en un punto del evaporador o del interior del gabinete de manera que opere el contacto, cerrándolo a una temperatura prefijada y abriéndolo a otra inferior, determinada por la calibración del actuador del contacto. La cámara sellada, tubo capilar y bulbo sensor se hallan presurizados con un gas cuyo coeficiente de dilatación volumétrica hace que este se expanda en proporción al aumento de temperatura a la cual se expone el bulbo; la expansión del gas deforma la membrana elástica que a su vez, al alcanzar un desplazamiento predeterminado, acciona el interruptor, cerrando el circuito de alimentación al motocompresor cuando se alcanza la temperatura deseada. Al energizarse el compresor comienza el ciclo de enfriamiento que hace descender la temperatura en el interior del artefacto; la temperatura descendente provoca una contracción proporcional del volumen del gas en el interior del bulbo, lo cual reduce la presión sobre la membrana elástica hasta el punto en que el contacto de acción rápida vuelve a su estado NA y el compresor se desenergiza. Esto constituye un ciclo de control termostático.

Un termostato normalmente falla por que sus contactos dejan de funcionar como consecuencia del chisporroteo que se produce entre ellos por efecto de la carga inductiva que representan los bobinados de un motor. Su sustitución se hace sin necesidad de tocar el sistema de refrigeración y al hacerlo debe tenerse en cuenta la aplicación, pues los hay para temperaturas de conservación y temperaturas de congelación.

Tubo Capilar.

El tubo capilar es el dispositivo que normalmente se emplea para regular el flujo de refrigerante líquido desde el condensador hacia el evaporador. Consiste en un simple tubo de cobre de diámetro interior calibrado y cuyas medidas pueden oscilar entre 0,5 y 1,5 mm en aplicaciones domésticas. En la fase de diseño del circuito de

refrigeración, realizado en la fábrica del artefacto, puede seleccionarse algún diámetro interno disponible y luego se ajusta la longitud hasta lograr el efecto de enfriamiento en el evaporador y la presión de condensación y temperatura de retorno de gas al compresor, deseadas. La tendencia moderna es utilizar un diámetro grande a fin de minimizar riesgos de obstrucción y minimizar el tiempo de ecualización del sistema.

El proceso de selección del capilar a nivel de diseño de un sistema de refrigeración es inicialmente realizado por prueba y error. Una vez que se han determinado los componentes principales del artefacto (evaporador, condensador y compresor), y el gas refrigerante; se puede calcular la masa de gas necesaria para llenar el volumen interno del sistema, lo que inicialmente es un valor aproximado). Luego, empleando tablas o programas de cálculo, se selecciona el capilar.

Durante el servicio de un sistema de refrigeración, si el diagnóstico nos indica que el tubo capilar de un sistema está obstruido, lo cual puede producirse por floculación de parafinas, si el compresor es lubricado con aceite mineral, o partículas sólidas, provenientes del material secante del filtro secador atacado por sustancias extrañas, tales como ácidos o alcoholes generados por una pobre limpieza del sistema.

El capilar nuevo debe extraerse de un rollo de material que haya tenido sus extremos taponados durante su almacenaje para minimizar el riesgo de que su interior esté contaminado por partículas de polvo u otras sustancias presentes en la atmósfera donde se lo haya almacenado.

Filtro secador.

El capilar de un sistema de refrigeración debe necesariamente recibir el líquido refrigerante a través de un dispositivo que prevenga el ingreso de humedad y sustancias extrañas en él. Este dispositivo es el filtro secador, el cual se selecciona en la fábrica en función del gas refrigerante a emplear en el sistema y la capacidad necesaria para absorber la humedad que pueda contener la carga de refrigerante prevista, más un determinado margen de seguridad.

El filtro secador de un sistema calculado en fábrica no tiene capacidad para absorber humedad en mucha mayor medida que la contenida en el refrigerante (margen de seguridad); es por ello que, teniendo en cuenta que los niveles de vacío necesarios para eliminar la humedad que se pueda haber introducido en el sistema durante un servicio en el campo pueden no haber eliminado toda la humedad presente, particularmente la diluida en el aceite lubricante y las partes más inaccesibles del motor y el cuerpo del compresor, se recomienda que el filtro secador sustituto sea de mayor capacidad que el original.

El filtro secador puede ser soldable o roscado. La versión roscada tiene la ventaja de su facilidad de recambio, pero hay que tener presente de que las estadísticas señalan que las probabilidades de fuga en una conexión roscada son aproximadamente 30% mayores que en una conexión soldada (supuesto el uso de una buena técnica de soldadura). [51].

1.8 El aceite en la refrigeración.

El aceite en un sistema de refrigeración cumple varios objetivos fundamentales: lubricar, estabilizar la temperatura transportando calor de las superficies que lo producen por fricción, sellar pequeñísimas fugas, transportar partículas producidas por desgaste natural a donde no producen daño, atenuar ruidos y aunque en menor medida en un sistema de refrigeración, proteger los metales contra corrosión.

Los aceites para los nuevos refrigerantes también deben cumplir con muchos requisitos conflictivos entre ellos. Los principales se resumen a continuación:

- No tóxico y biodegradable: Estas características son contrapuestas por lo que debe existir un compromiso entre ambas.

- Tener buenas características térmicas: Los aceites con bajo punto de escurrimiento, no separan cera, por lo que son adecuados para bajas temperaturas. También deben ser térmicamente estables a temperaturas normales de trabajo, pero en presencia de catalizadores como aluminio, acero inoxidable, o contaminantes pueden presentar oxidación o descomposición química como se verá más adelante.

- Ser químicamente estable: La estabilidad química es en cierta medida un concepto contrario a biodegradable y compatible con no tóxico. En general los aceites puros comerciales, son estables, pero la estabilidad debe ser evaluada también en un medio químicamente muy activo como un sistema de refrigeración mecánica.
- Tener un poder solvente bueno: El protocolo de Montreal elimina uno de los mejores solventes conocidos para sistemas de refrigeración (R11). Además no es bueno que esta tarea se deje a un refrigerante porque durante la limpieza la mayor parte será ventilada a la atmósfera, por ejemplo el R141b tiene un Potencial de Agotamiento del Ozono de 0,086 y un Potencial de Calentamiento Global de 0,15. Por esto es deseable que el aceite se pueda usar para limpiar el sistema ya que al circular se mantiene en estado líquido a todas las temperaturas de trabajo y confinado al sistema.
- No formar depósitos: Los sistemas normalmente tienen piezas móviles con partes pequeñas, como válvulas de expansión, solenoides, etc.; también en superficies extendidas en los evaporadores, es conveniente que el aceite no precipite ningún compuesto que pueda formar capas de mugre que traben o funcionen como aislante térmico.
- No ser corrosivo: En general los fluidos corrosivos son tóxicos. Aunque por su reactividad tienden a ser muy biodegradables. Los aceites no deben ser corrosivos para ninguno de los materiales del sistema.
- Tener buena compatibilidad con otros materiales del sistema: El punto anterior, la corrosión, es un caso extremo de incompatibilidad en el que dos materiales reaccionan químicamente al ponerse en contacto. La incompatibilidad es más sutil e incluye cambios físicos en los materiales como hincharse por absorber aceite, cambios químicos en que la presencia de un material sirva como catalizador (el aceite no sería compatible con un material en presencia del catalizador), etc.
- Tener una vida de almacenamiento alta: Está relacionado con muchos de los puntos anteriores.

- Ser ambientalmente amigable: Esto significa no sólo que sea biodegradable, sino que en su fabricación no se produzcan subproductos que dañen el medio ambiente.
- Tener baja tendencia a espumar: Espuma excesiva puede dañar un compresor de refrigeración facilitando la entrada de un líquido incompresible en las cámaras de compresión. Sin embargo, se ha descubierto que una cierta cantidad de espuma en el aceite disminuye el nivel de ruido del compresor.
- Ser soluble con el refrigerante en estado líquido: Esta característica es la que permite automatizar las instalaciones, permitiendo que el aceite sea transportado con el refrigerante al menos en la fase líquida. En fase gaseosa, debe ser “arrastrado”, manteniendo velocidades adecuadas del gas refrigerante.
- Si se mezclan aceites, deben ser miscibles entre ellos: Se puede mezclar aceite blanco con aceite mineral pero no con POE. El aceite no miscible que flote evitará que el otro sea arrastrado fuera del evaporador y complica la química del sistema. Cuando no hay certeza sobre la proporción de una mezcla de aceites conviene usar un refractómetro. [53].

1.9 Principales fallas que se pueden generar en un compresor.

- 1- **Retorno de líquido.** – El refrigerante líquido vuelve al compresor mientras éste está en funcionamiento.
- 2- **Arranque Inundado.** – El compresor arranca con líquido en el casco o en el cárter.
- 3- **Recalentamiento.** – La temperatura de la línea de descarga tomada sobre la tubería a 6 pulgadas (15 cm.) de la válvula de servicio de descarga excede los 225 °F (107 °C)
- 4- **Golpe de líquido.** – Compresión de líquido.
- 5- **Pérdida de la Lubricación.** – La cantidad de aceite que sale del compresor es mayor que la cantidad de aceite que retorna al compresor. [45].

1.10 Refrigeración en Hospitales de Cuba.

Para lograr un mejor acercamiento al tema, se hizo la revisión bibliográfica de la política de salud que implementó el Gobierno Revolucionario desde el triunfo de la Revolución y que desarrolla hoy a través de los diferentes programas creados a esos efectos, tomando en consideración que en gran parte de los mismos está involucrada la refrigeración.

En el informe presentado al Primer Congreso del Partido Comunista de Cuba se resumen las acciones llevadas a cabo en materia de salud durante la primera etapa que comprende desde 1959 hasta 1975.

Es de interés para la búsqueda que se realiza destacar de ese período el ritmo acelerado de crecimiento que caracterizó a los años a que se hace referencia en el informe revisado. "...sólo en hospitales el país creció en un ochenta por ciento del total existente antes del triunfo revolucionario,..."

A pesar de no contener el documento referido datos específicos acerca del volumen de inversiones para la refrigeración que esas nuevas capacidades hospitalarias demandaron, se intuye que la incidencia de esta actividad fue alta pues en otra de sus partes se señala que "... las nuevas instituciones hospitalarias cuentan con las tecnologías de apoyo necesarias como sistemas de vapor, Climatización central, refrigeración, etc. "

A partir de la fecha señalada, la institucionalización del país permitió concertar los planes de desarrollo quinquenales según los lineamientos establecidos por los congresos del partido.

En el informe de balance del quinquenio 1975-1980 presentado por el Ministerio de Salud Pública aparece que ".....fueron instaladas un total de dos mil trescientas toneladas de refrigeración para la refrigeración de hospitales en el período que se analiza"

Lo anterior representa aproximadamente ocho mil veintitrés kW de potencia frigorífica que es similar a cuatro mil seiscientos aires acondicionados de ventana de mil quinientas kilocalorías por hora.

Durante los primeros años de la década de 1980 se iniciaron en Cuba una serie de programas dirigidos a aumentar el promedio del tiempo de vida de la población y a mejorar la calidad de esta, mediante la atención primaria y otras estrategias que requirieron la instalación de capacidades de refrigeración extras en las unidades hospitalarias.

Dentro de los más conocidos estuvo la creación de las salas de cuidados intensivos en los hospitales provinciales, las pesquisas genéticas de malformaciones congénitas durante el embarazo a través de los sistemas ultra micro analíticos de proteínas y los ultrasonidos, así como el programa materno infantil.

En todas las instalaciones médicas era requisito indispensable contar con cámaras frigoríficas para garantizar el funcionamiento óptimo de los nuevos hospitales y además poder darle el apoyo a la actividad médica.

No obstante la depresión sufrida después de la caída del campo socialista, en estos momentos la actividad de la refrigeración en los hospitales ha comenzado a recuperarse incidiendo de forma positiva en ello el esfuerzo que la dirección del gobierno realiza para revitalizarla.

Existe un plan conocido como “Servicios de Excelencia “ donde ha sido incluido un grupo de hospitales del país que prevé, dentro de otras acciones, la sustitución de las unidades condensadoras altas consumidoras de energía eléctrica y que ya no son eficientes por otras de bajo consumo eléctrico y esto ultimo no afecta en nada su eficiencia.

La introducción de nuevas técnicas en las prácticas médicas condiciona la necesidad de crecimiento en esta esfera, no sólo en cuanto a cantidad sino a complejidad de las instalaciones para la refrigeración que se requieren.

A partir de implementarse la operación Milagro, relacionada con los procedimientos oftalmológicos, se han destinado cuantiosos recursos para los sistemas de apoyo entre los cuales está un moderno equipamiento de refrigeración diseñado y construido especialmente para estos hospitales. [34].

La provincia de Holguín se encuentra insertada en ese programa contando con un módulo de cirugía que funciona en el Hospital Clínico Quirúrgico “Lucía Iñiguez”.

De lo anterior se puede concluir que en la refrigeración en Cuba está en un momento de desarrollo positivo, destinándose para ello una gran cantidad de recursos con el fin de reemplazar o en algunos casos implementar el equipamiento existente con mejores tecnologías.

Estas tecnologías emplean la Energía Eléctrica como energía principal para su funcionamiento, de ahí que el país tenga que destinar parte de las importaciones de los hidrocarburos para generar dicha energía.

Cuba debido a la carencia con el suministro de portadores energéticos ha desarrollado un conjunto de acciones para enfrentar la carencia de estos recursos, contenidas dentro de un programa que se ha denominado Revolución Energética.

1.11 Revolución energética en Cuba.

En los últimos años se ha convertido en una necesidad la utilización de la refrigeración, que ha hecho que el consumo energético aumente considerablemente como consecuencia de su proliferación. Se está asistiendo cada año a nuevos records de gastos eléctricos y sufriendo en ocasiones sobrecargas en la red que implican cortes de suministro.

Esta es una de las causas que provoca que la humanidad se enfrente actualmente a la problemática de la energía. Las fuentes se agotan y el precio del petróleo aumenta cada día más.

Debido a ello, en Cuba están ocurriendo una serie de transformaciones muy profundas, contenidas dentro de un programa que se ha denominado Revolución Energética, la cual asegura un consumo racional y eficiente de los combustibles y un ahorro considerable de los recursos financieros que la nación puede destinar al desarrollo de otros sectores económicos y de importantes programas sociales.

El país ha tenido que enfrentar el problema energético en diversos momentos de su desarrollo histórico, en particular en los últimos 50 años, debido que a partir del triunfo de la Revolución, el hostil comportamiento de los Estados Unidos hacia la nación se ha acrecentado progresivamente.

La problemática del desarrollo energético del país continuamente ha estado relacionada con la protección y cuidado del medio ambiente. En Cuba existe una preocupación por la educación ambiental de los ciudadanos.

Atendiendo a esta necesidad, se han dado importantes pasos, comenzando por programas relacionados con la mejora de una cultura general e integral en las actuales generaciones siempre teniendo en cuenta que no se ponga en peligro la calidad de la vida en el planeta para las presentes y futuras descendencias.

Es imposible enumerar la obra desarrollada por la Dirección Nacional del Ministerio de Educación (MINED) en función de organizar la educación energética en el ámbito escolar cubano, así como las inversiones del Ministerio de la Industria Básica (MINBAS) en su dedicación por lograr la formación de hábitos de consumo de energía que estén en correspondencia con las necesidades actuales.

Se puede plantear que la refrigeración no es una gran fuente de contaminación medioambiental, además de ser indudable los beneficios que aporta al hombre en cualquier esfera de la sociedad y que por ello es una de las técnicas más empleadas en los principales sectores del país. Sin embargo constituye una fuente fundamental en el consumo de energía en las empresas cubanas.

La Revolución Energética que se desarrolla en Cuba involucra a toda la sociedad. Todos son protagonistas y beneficiarios de los resultados que se obtienen de estas transformaciones pues ha sido concebida para elevar la calidad de vida de los cubanos y materializar importantes reservas económicas.

Los avances que se están alcanzando, en materia de ahorro en Cuba, propician que el país pueda enfrentar el reto de sobrevivir y avanzar en medio de la profunda crisis económica, social, política y ambiental que sufre el mundo en la época contemporánea.

Nuestro Comandante en Jefe Fidel Castro Ruz expresa "...lo hecho se puede decir que es apenas el comienzo. Hemos transitado por un período de aprendizaje. Algunas cosas deben ser rectificadas y así se hará, pero avanzaremos con la más absoluta decisión en los propósitos del ahorro energético, motivados por la conciencia creciente que adquiere hoy nuestro pueblo sobre estos temas vitales y por los beneficios que seguros estamos se derivarán de este trabajo".

El país ha contratado cuatro mil 158 grupos electrógenos de emergencia, que garantizan la protección a centros e instituciones fundamentales. Se habla incluso de que solo es un primer paso en la batalla por la eficiencia en que se encuentra enfrascado el país.

Con la adquisición de estos equipos, en Cuba se ha garantizado la vitalidad de 290 policlínicos, 191 hospitales y otras 241 instalaciones de la salud, así como 128 instituciones educativas y 54 estaciones meteorológicas.

La Revolución Energética podrá transcurrir por diferentes etapas, pero no se ha concebido para concluirla, pues más allá del ahorro de electricidad, está la disminución del combustible empleado, el ahorro de cuantiosas inversiones, y el beneficio social que genera.

A modo de resumen se puede decir que a pesar de que la refrigeración no está exenta del alto consumo energético, se debe destacar que la misma juega un papel fundamental en el Sistema Nacional de Salud y dentro de éste, el que concierne a las áreas donde se le aplica la conservación o congelación a los alimentos. [49].

1.12 Intercambiadores térmicos.

Para que se tenga una mejor idea del tema que se trata, un intercambiador de calor es un dispositivo diseñado para transferir calor de un fluido a otro, sea que estos estén separados por una barrera sólida o que se encuentren en contacto. Son parte esencial de los dispositivos de refrigeración, acondicionamiento de aire, producción de energía y procesamiento químico.

Simon Singh (1998) describe los diferentes tipos de intercambiadores de calor dada la multitud de aplicaciones de estos dispositivos, se puede realizar una clasificación dependiendo de su construcción. Para la elección del mismo se consideran aspectos como tipo de fluido, densidad, viscosidad, contenido en sólidos, límite de temperaturas, conductividad térmica, etc. [39].

- De placas: formados por un conjunto de placas de metal corrugadas (acero inoxidable, titanio, etc.) contenidas en un bastidor. El sellado de las placas se realiza mediante juntas o bien pueden estar soldadas.
- Tubulares: formados por un haz de tubos corrugados o no, realizado en diversos materiales. El haz de tubos se ubica dentro de una carcasa para permitir el intercambio con el fluido a calentar o enfriar.
- Tubo aleteado: se compone de un tubo o haz de tubos a los que se sueldan aletas de diferentes tamaños y grosores para permitir el intercambio entre fluidos y gases. P. ej., radiador de un vehículo.
- Superficie rascada: muy similar al tubular, con la particularidad de ubicar dentro del tubo un dispositivo mecánico helicoidal que permite el paso del fluido que, por sus características, impide un trasiego normal con los medios de bombeo habituales.

Son diversos los usos que se le pueden acreditar a cada uno de los tipos de intercambiadores existentes, pero en general, los intercambiadores son usados para recuperar calor entre dos corrientes en un proceso. [39].

Intercambiadores de placas.

Los intercambiadores de placas son equipos muy difundidos en la Industria de Procesos cubriendo una amplia gama de aplicaciones. La mayoría de las bibliografías especializadas de transferencia de calor hacen mención a estos equipos aunque presentando generalidades, lo que impide conocer más detalladamente los principios de funcionamiento y el cálculo de los mismos.

El autor considera oportuno expresar que lo anterior es debido a que la mayor parte de la literatura sobre los intercambiadores de calor proviene de los fabricantes de estos equipos y su difusión está generalmente restringida al ámbito industrial, es decir, entre sus usuarios.

Para algunos de los intercambiadores más usados actualmente, algunos de los usos que se conocen son los siguientes:

- ❖ Para uso industrial desde Farmacéutico, Alimenticio, Químico, Petroquímico, Plantas Eléctricas, Plantas Siderúrgicas, Marino y otros más.
- ❖ Torres de Enfriamiento secas.
- ❖ Calentadores de agua y otros fluidos, mediante vapor.
- ❖ Enfriadores de Aceite.
- ❖ Recuperadores de Calor, particularmente con diferenciales cortos de temperatura.
- ❖ Manejo de sustancias corrosivas, medias.
- ❖ Enfriadores de agua salada.
- ❖ Para cualquier aplicación donde se requieren diferenciales cortos de temperatura.
- ❖ Para usos de refrigeración libres de congelación.

En la bibliografía revisada existen diferentes criterios a la hora de clasificar los intercambiadores de calor. Estos se pueden clasificar en varias formas diferentes de acuerdo con el interés que motiva al autor.

Debe aclararse que lo descrito no es exclusivo del tema en cuestión, sino que en cualquier esfera del conocimiento, el fenómeno de la clasificación está subordinado a los elementos que se tomen como referencia.

Delgado, G. expone que una de las formas consiste en basar la clasificación en las direcciones relativas del flujo de los fluidos calientes y frío, dando lugar a términos como fluidos paralelos, cuando ambos fluidos se mueven en la misma dirección; flujo encontrado, cuando los fluidos se mueven en paralelo pero en sentido opuesto; y flujo cruzado, cuando las direcciones de flujo son mutuamente perpendiculares. [22].

El mismo autor plantea que otra manera de clasificar los intercambiadores de calor, es mediante la estructura y uso de los mismos, como se muestra a continuación:

Intercambiadores de coraza y tubo:

Los intercambiadores del tipo de coraza y tubo (como el mostrado en la figura # 2) constituyen la parte más importantes de los equipos de transferencia de calor sin combustión en las plantas de procesos químicos. (aun cuando se está haciendo cada vez mayor hincapié en otros diseños).



Figura #1.2 Intercambiadores de Casco y Tubo.

De forma general, el intercambiador de coraza (carcaza) y tubo, consiste en una serie de tubos lineales colocados dentro de un tubo muy grande llamado coraza (como se aprecia en la figura anterior) y representan la alternativa a la necesidad de una gran transferencia de calor. Dentro de este tipo de intercambiadores (de coraza y tubo), dependiendo a su construcción se puede conseguir diferentes tipos como son:

Figura 1.3: Intercambiador de calor de espejo fijo.

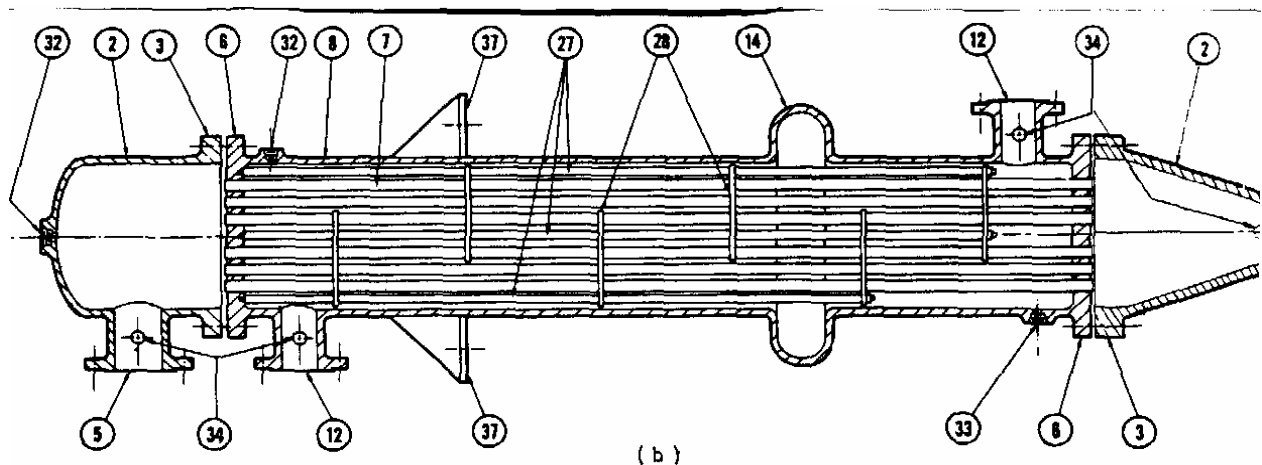


Figura 1.4: Intercambiador de anillo de cierre hidráulico.

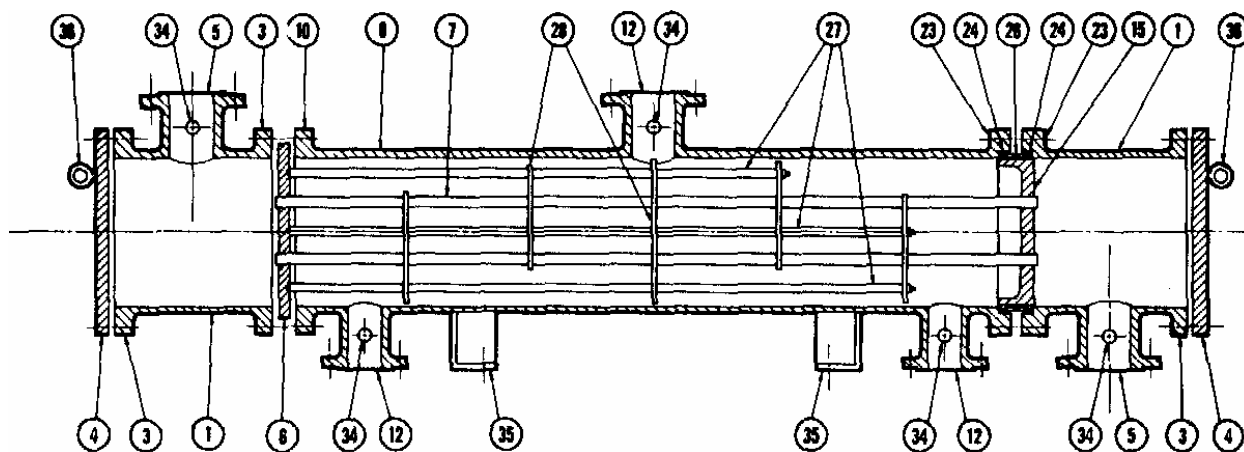


Figura 1.5: Intercambiador de cabezal flotante con empaque exterior.

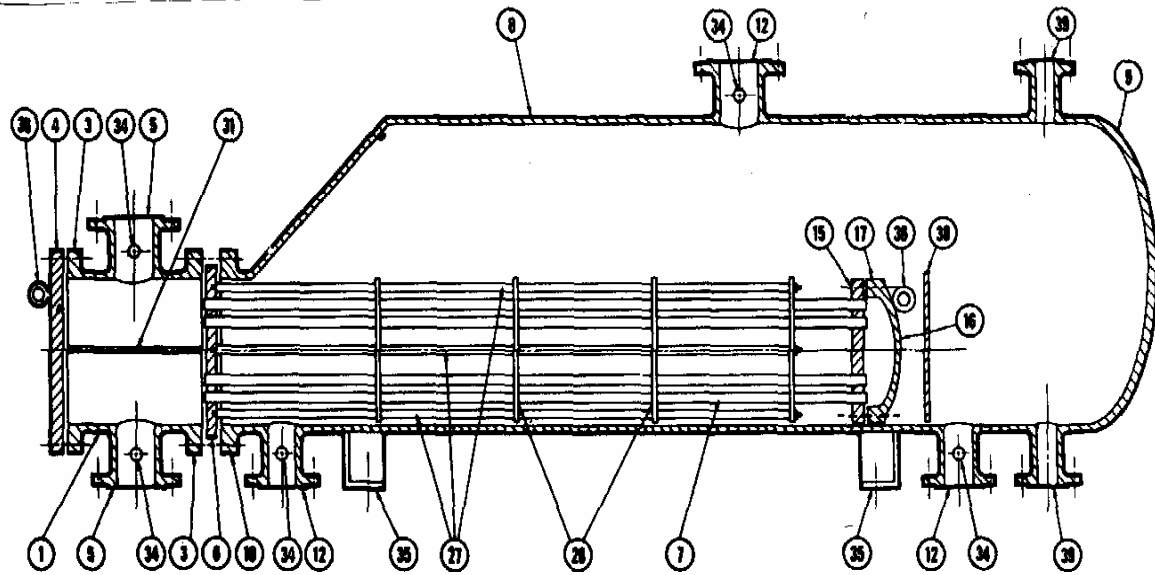


Figura1.6: Intercambiador de cabezal flotante interno.

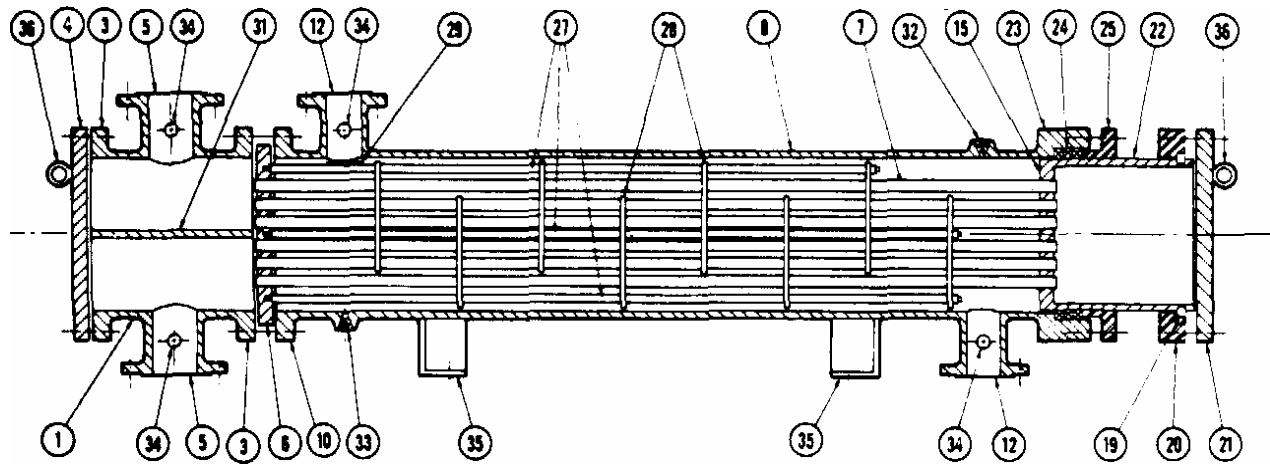


Figura 1.7: Intercambiador de cabezal flotante movable.

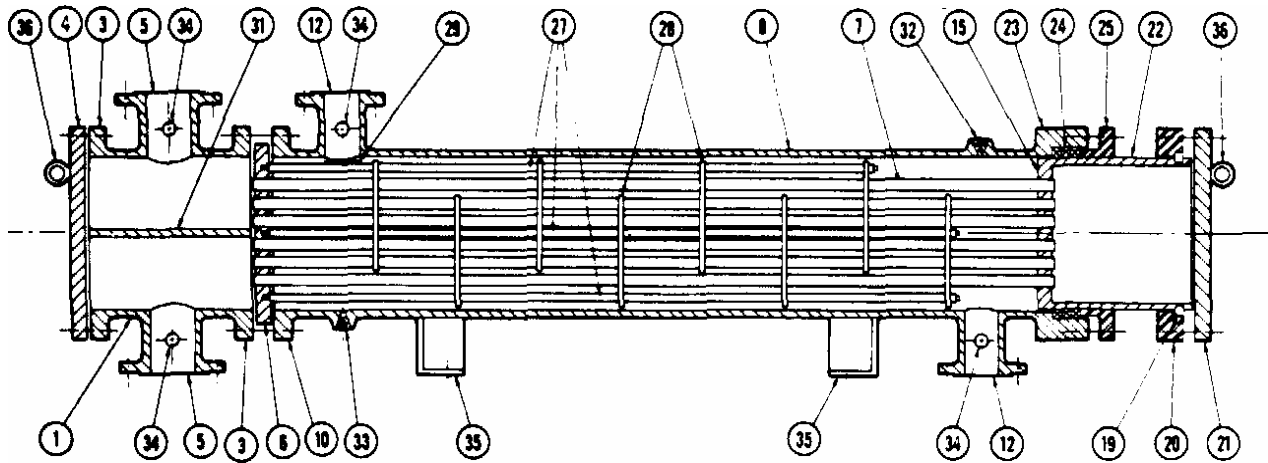
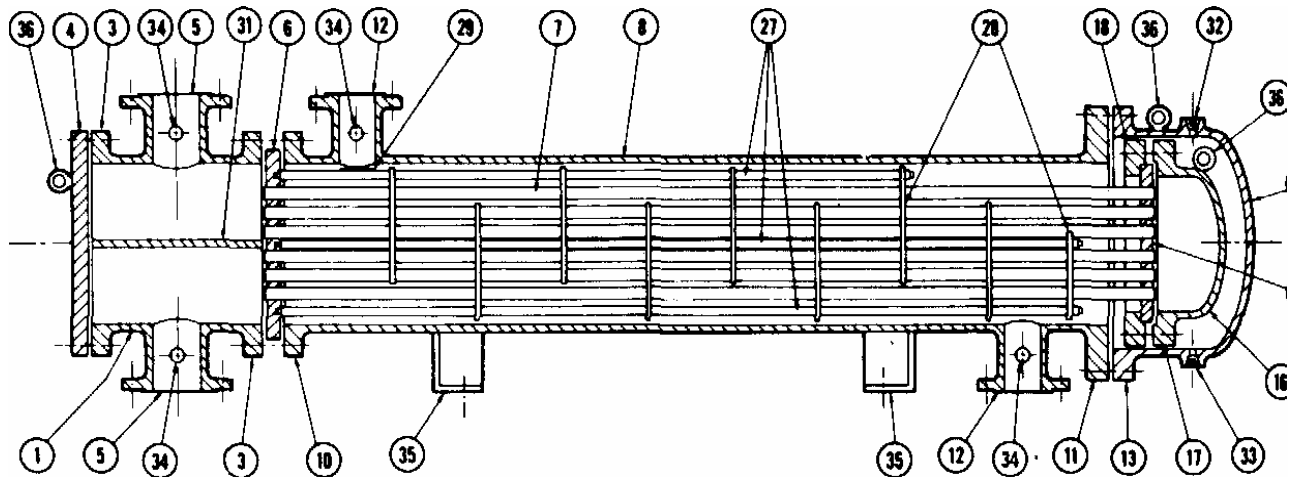


Figura 1.8: Intercambiador de calor de tubo en U.



Recuperador de Energía Aire-Aire.

En la actualidad, en algunos países como Chile, todavía la gran mayoría de los sistemas de aire acondicionado que requieren de un gran porcentaje de aire exterior, no aprovechan la energía del aire ya climatizado, que debe ser extraído.

En el caso que por reglamentación y/o seguridad no se permita retornar el aire climatizado, por ejemplo quirófanos, éste puede ser pasado a través de un recuperador o intercambiador estático antes de ser expulsado al exterior, aprovechando así su energía que se transfiere al aire de renovación y que debe ser inyectado.

Esta recuperación indirecta, puede lograr, aproximadamente, hasta un 70% de rendimiento y sin peligro alguno de contacto entre el aire a extraer y el aire a inyectar. [11].

Funcionamiento de los Recuperadores de Energía Estáticos.

Estos recuperadores, también se conocen como recuperadores o intercambiadores de placas o estáticos, donde el intercambio de calor se realiza utilizando un conjunto de placas metálicas, habitualmente de aluminio, por las cuales se hace pasar los flujos en cuestión y sin posibilidad de contacto entre ellos.

En función de los requerimientos térmicos y de la presión disponible, dichas placas podrán estar más o menos separadas, además, las dimensiones del recuperador, pueden ser fijadas de acuerdo a la disponibilidad de espacio en la sala de máquinas.

El recuperador de energía aprovecha la capacidad térmica del aire sucio o contaminado que se debe eliminar, tanto en calentamiento como en enfriamiento, transfiriéndola al aire nuevo que debe ingresar al edificio o recinto, de esa manera, los requerimientos de calefacción o de refrigeración se verán sustancialmente reducidos, lográndose en la mayoría de las situaciones una compensación considerable entre el costo extra del recuperador y el menor costo en equipos de producción y su consumo. [8].

1.13 Ventajas Económicas y ambientales para el uso de compresores que tienen como refrigerante el amoníaco.

¿Cuáles son las ventajas generales del uso del amoníaco como refrigerante?

Como refrigerante, el amoníaco ofrece tres claras ventajas sobre otros refrigerantes comúnmente utilizados. Primero, el amoníaco es compatible con el medio ambiente. No destruye la capa de ozono y no contribuye al calentamiento global de la tierra. Segundo, el amoníaco tiene propiedades termodinámicas superiores, lo que da como resultado que los sistemas de refrigeración con amoníaco consuman menos energía eléctrica. Tercero, el olor característico del amoníaco es su mayor cualidad

de seguridad. A diferencia de otros refrigerantes industriales que no tienen olor, la refrigeración con amoníaco tiene un historial probado de seguridad en parte porque las fugas son detectadas fácil y rápidamente.

¿La refrigeración con amoníaco ayuda a reducir mis gastos?.

De manera general, un sistema de refrigeración industrial con amoníaco cuesta un 10 a un 20% menos para instalar que otros sistemas que usan refrigerantes industriales competitivos. Termodinámicamente, el amoníaco es de 3 a 10% más eficiente que los otros refrigerantes; como resultado, un sistema de refrigeración de amoníaco tiene menor consumo eléctrico. El costo del amoníaco por sí mismo es significativamente menor que el de los otros refrigerantes, y se requiere de una menor cantidad para la misma aplicación que otros refrigerantes. Todo esto se acumula en costos de operación menores para los procesadores de alimentos y almacenes, lo que implica menores precios de los productos alimenticios.

¿Una menor demanda de energía beneficia al ambiente?

Una adecuada evaluación del impacto ambiental de los refrigerantes y los sistemas de refrigeración requiere la consideración tanto de su impacto directo como indirecto en el calentamiento global. Los sistemas de refrigeración contribuyen directamente al calentamiento global a través del efecto invernadero causado por las fugas de refrigerantes. Indirectamente contribuyen al calentamiento global por la producción de emisiones de dióxido de carbón como resultado de la conversión de combustibles fósiles en la energía requerida para operar los sistemas de refrigeración.

El “impacto total equivalente de calentamiento” o TEWI, es definido como la suma de estas contribuciones directas e indirectas. El valor TEWI del amoníaco es muy bajo ya que el amoníaco por sí mismo no contribuye al calentamiento global. Adicionalmente, debido a sus características termodinámicas favorables, los sistemas de refrigeración con amoníaco usan menos energía que los otros refrigerantes comunes. Como resultado, hay un beneficio indirecto al calentamiento

global debido a las menores emisiones de CO₂ de las plantas generadoras de electricidad

Ventajas Ambientales.

¿Cuáles son las ventajas generales de usar amoníaco como refrigerante?

Como refrigerante, el amoníaco ofrece tres ventajas distintivas sobre los otros refrigerantes industriales comúnmente usados. Primero, el amoníaco es compatible con el medio ambiente. No destruye la capa de ozono y no contribuye al calentamiento global. Segundo, el amoníaco tiene propiedades termodinámicas superiores, lo que da como resultado que los sistemas de refrigeración con amoníaco consuman menos electricidad. Tercero, el olor característico del amoníaco es su mayor característica de seguridad. A diferencia de los otros refrigerantes industriales que no tienen olor, la refrigeración con amoníaco tiene un record comprobado de seguridad en parte porque las fugas son fácilmente detectables.

¿El amoníaco daña la capa de ozono?

No, el amoníaco no daña el ozono atmosférico. El amoníaco es un refrigerante natural. No es un compuesto halocarbonado como muchos de los refrigerantes sintéticos en el mercado. Cuando los halocarbonos se liberan a la atmósfera, eventualmente llegan a la estratosfera y a la capa de ozono. Los halocarbonos son extremadamente estables químicamente con ciclos de vida estimados en dos o tres siglos. Cuando se liberan a la atmósfera, esta estabilidad les permite migrar a través de la troposfera hasta la estratosfera. A esta altitud, los intensos rayos ultravioletas del sol rompen las moléculas de los halocarbonos, liberando iones de cloro, los cuales actúan como catalizadores que rompen las moléculas de ozono. Este proceso reduce la efectividad de la capa de ozono como filtro de las radiaciones ultravioleta, lo que resulta que niveles más altos de radiación ultravioleta lleguen a la superficie de la tierra con consecuencias biológicas dañinas. El incremento en la radiación causa mayores riesgos en la salud humana y daña la flora y fauna del ecosistema.

¿El amoniaco contribuya al calentamiento global?

No. Al igual que no daña la capa de ozono, el amoniaco, con un ciclo de vida en la atmósfera de menos de una semana, no contribuye al efecto invernadero responsable del calentamiento global. El calentamiento global es resultado de la radiación de onda corta, cerca del infrarrojo, que llega a la Tierra proveniente del sol. Aproximadamente el 50% de la radiación del sol llega a la Tierra. Ésta es absorbida por la superficie de la Tierra que reemite la radiación en ondas infrarrojas. Esta radiación reemitida es parcialmente absorbida por gases conocidos como gases invernadero. Estos gases invernadero pueden ser naturales (CO₂, vapor de agua, etc.) o fabricados por el hombre (CO₂, N₂O, CH₄, Freones, CFC, HCFC, HFC, Etc.)

¿Es el amoniaco un sustituto potencial de los refrigerantes que contribuyen al calentamiento global y la destrucción de la capa de ozono?

El Acta de Aire Limpio (Clean Air Act Amendments) de 1990 le dió un reconocimiento estatutal a las fases para el paro de producción de CFC's del Protocolo de Montreal y estableció los requerimientos regulatorios para la recuperación, reciclado y eliminación de Freones CFC's cuando se le diera servicio o se desechara equipo conteniendo estos refrigerantes. Parte de estas regulaciones establecieron un sistema de control para la eliminación de sustancias dañinas a la capa de ozono estratosférica. A través del programa de Políticas de Nuevas Alternativas Significativas (SNAP), La Agencia de Protección al Ambiente (EPA) ha identificado al amoniaco como un sustituto aceptable de sustancias dañinas al ozono en los principales sectores industriales, incluyendo la refrigeración y aire acondicionado.

Seguridad del Sistema.

¿Son seguros los sistemas de refrigeración con amoniaco?

Cualquier sistema de refrigeración mecánica es propenso a tener fugas. Este hecho es exacerbado cuando las fugas involucran a refrigerantes sin olor, lo que es

demostrado por la gran cantidad de Freones CFC's en la atmósfera al día de hoy. La seguridad inherente de la refrigeración con amoníaco es explicada en parte por el olor característico del amoníaco, el cual indica incluso la fuga más pequeña, a concentraciones muchos menores de cualquier nivel peligroso. Las otras características físicas del amoníaco tales como su densidad y su limitado rango de flamabilidad, los avances de ingeniería en sistemas de refrigeración, y una adecuada cantidad de operadores debidamente capacitados contribuyen al excelente record de seguridad del amoníaco.

¿El amoníaco es peligroso porque huele tan mal?

El fuerte olor característico del amoníaco le da una cualidad de auto-alarma. El hecho de que huele tan mal es una de sus mayores características de seguridad. Hasta los rastros más tenues de amoníaco en el aire pueden ser detectados. Esto permite una reparación inmediata y segura de fugas en el sistema. En contraste con el penetrante olor del amoníaco, otros refrigerantes comúnmente usados como los Freones halocarbonados no tienen olor y sus fugas son difíciles de detectar sin el empleo de sistemas mecánicos. El olor punzante del amoníaco motiva a los individuos a abandonar el área donde se presente una fuga antes de que se acumule una concentración peligrosa.

¿El amoníaco es explosivo?

El amoníaco puro es difícil de encender y tiene un rango de flamabilidad muy estrecho. El amoníaco es flamable solo a muy altas concentraciones y bajo condiciones extremadamente limitadas. El vapor de amoníaco que contiene aceite o algún otro contaminante flamable puede incrementar la posibilidad de una explosión. Sin embargo, el amoníaco no puede mantener una llama por si mismo; el encendido de vapor de amoníaco requiere una fuente de fuego externa ininterrumpida. Por estas razones, las explosiones de amoníaco son muy raras. Un sistema de refrigeración de amoníaco adecuadamente diseñado que esté ventilado y libre de llamas o fuentes de ignición reduce la posibilidad de una explosión. [55].

Capítulo 2 Diagnostico de la eficiencia energética de la camara frigorífica.

2.1 Reseña histórica y Caracterización de la Entidad.

Hospital “Lucía Iñiguez Landín” con perfil Clínico Quirúrgico Docente, se encuentra ubicado en la carretera al Valle de Mayabe S/N. Ave. De los Internacionalistas, Holguín. Posee un área física total de 85 470 m². Atienden 822 508 habitantes mayores de 15 años con 162 Consejos Populares en la provincia. Su construcción se inició en 1983, paralizándose la misma en 1992 por restricciones económicas, se reabre en 1996 y se concluye su primera etapa en diciembre de 1998.

Su misión es el mejoramiento de la situación de salud de la población adulta del territorio y las vecinas provincias de Granma y Las Tunas a través del perfeccionamiento constante de la atención médica integral e integrada a la preparación científico técnica profesional y profesoral de nuestros trabajadores y la aplicación más consecuente de lo más avanzado en la tecnología médica y no médica con una utilización eficiente de los recursos materiales y financieros logrando el más alto grado de satisfacción a la población dando pasos firmes hacia la excelencia hospitalaria.

Nuestro hospital comenzó a prestar servicios en noviembre de 1998, contando con el apoyo decisivo de nuestro comandante en jefe, sus palabras...”como un premio y un estímulo a los holguineros. Ha sido una plataforma para emprender el camino a la excelencia aplicando los avances científicos y tecnológicos en la salud. [49].

2.2 Introducción.

En el presente capítulo se hace un análisis del alto consumo de energía eléctrica de la instalación para la refrigeración del "Hospital Clínico de Holguín" debido al aumento de la carga térmica de las cámaras frigoríficas.

Lo anterior será posible mediante el análisis comparativo de las condiciones de explotación de la instalación de refrigeración con respecto a las establecidas en el proyecto de la misma.

Para ejecutar el análisis fue necesario realizar varias mediciones con el objetivo de obtener los valores pertinentes que permitieran diagnosticar las pérdidas energéticas generadas en la cámara de refrigeración.

Según las mediciones realizadas en la cámara frigorífica y en el condensador, se pudo determinar que este tiene un trabajo real de **19:00 horas** y solo se dispara **5:00 horas**, obteniendo la cámara solamente 0°C de temperatura mínima, determinando como causa negativa principal, las pérdidas que se generan en la cámara por la ventilación debido a la mala manipulación y la permanencia de abertura de la puerta de la cámara.

Por otra parte se le hizo el diagnóstico al tipo de aislante que tiene la cámara (espuma de plástico) y el espesor de este para la localidad donde está enclavada la cámara frigorífica y también se diagnosticó el aislante que tiene las tuberías por donde circula el refrigerante de esta instalación (almafle), encontrándose todo según normas prefijadas; viendo que por transferencia de calor por las paredes, techo, puertas y tuberías, las pérdidas eran insignificantes. Después se le tomó la distancia que hay de la unidad condensadora a la cámara frigorífica de congelación y no excede los tres metros, viendo que las pérdidas por el largo recorrido del fluido, aquí casi no existen y por último se le hizo el estudio al calor que pudiesen aportar los productos al entrar en dicha cámara, pero este fenómeno solo ocurre una sola vez por semana y este calor aportado se puede tomar como despreciable. [Datos del autor.].

2.3 Análisis de la carga térmica a vencer por la unidad condensadora de la cámara frigorífica.

Para llevar a cabo el análisis del efecto que produce la aportación de carga térmica para la congelación en la cámara que se estudia sobre el consumo energético de la unidad condensadora, se hace necesario obtener la cuantificación diferenciada de cada fuente de carga de enfriamiento. Las siguientes son las mayores fuentes de carga:

1-Carga de los productos: enfriamiento y mantenimiento a baja temperatura de un producto.

2-Transmisión a través de paredes, techo, suelo, puertas, conducciones y tuberías: un proceso de conducción.

3-Infiltración: intercambio de aire acondicionado por aire exterior a través de puertas abiertas y grietas.

4-Carga latente: condensación por el acondicionador de aire de la humedad procedente de fuentes tales como gente, aparatos de cocina y aire exterior.

5-Ventilación: la sustitución controlada de aire acondicionado por aire exterior.

1- Productos: las posibles cargas de refrigeración impuestas por los productos son para: reducir la temperatura, condensar un vapor producto, congelar un líquido y extraer el calor de reacción si se está realizando un proceso químico. El calor que debe extraerse para reducir la temperatura de un producto desde t_1 a t_2 es.

$Q = m \times C_p \times \Delta t$, donde:

Q = carga de enfriamiento. c = calor específico.

m = masa del producto. t = temperatura del producto.

2- Estructura: las transmisiones de calor por conducción al aire interior de un espacio refrigerado a través de las paredes, techos y suelos son en este caso por conducción en régimen permanente, que estas se calculan hallando el coeficiente total de transmisión de calor para el conjunto en cuestión y calcular el flujo de calor a partir de la ecuación siguiente:

$Q = k \times A \times (T_{ext} - T_{int})$ donde:

Q = calor transmitido por unidad de tiempo.

K = coeficiente total de transmisión de calor.

A = superficie o área.

T_{ext} = temperatura ambiente media.

T_{int} = temperatura del espacio refrigerado.

3- Infiltraciones: se añade una carga al equipo de refrigeración a causa del aire frío que es desplazado por el aire exterior que entra a través de las grietas alrededor de las puertas y ventanas, y cuando se abre una puerta. Conociendo el volumen de aire exterior que entra por infiltraciones, la carga sensible de enfriamiento debida a esta infiltración se calcula por la ecuación:

$$Q_s = v \times \rho \times c \times \Delta t \quad \text{donde:}$$

Q = carga de enfriamiento sensible.

ρ = densidad del aire.

v = caudal del aire infiltrado.

c = calor específico.

4- Carga latente: las principales fuentes de carga latente son la gente, el aire infiltrado, el aire de ventilación y los aparatos que desprenden humedad. La aportación de calor latente por productos esta tabulada en la página 328, tabla 22-4 y las aportaciones de calor latente por infiltración y ventilación se calcula por la siguiente ecuación:

$$Q_l = v \times \rho (W_{ext} - W_{int}) \times 590 \quad \text{donde:}$$

Q_l = carga de calor latente por infiltración y ventilación.

V = caudal en volumen de aire que entra por infiltración y ventilación.

ρ = densidad del aire.

W_{ext} = relación de humedad el aire exterior.

W_{int} = relación de humedad el aire interior.

590 = es la cantidad de cal de enfriamiento que la unidad de refrigeración debe proporcionar para cada kilogramo de humedad condensada.

5-Ventilación: para disminuir al mínimo los olores debe suministrarse una cierta cantidad de aire exterior. Una vez que se ha determinado el caudal de aire de ventilación se utiliza la siguiente ecuación para calcular la carga de calor sensible que aporta:

$Q_s = 0,3 \times v (T_{ext} - T_{int})$ donde:

Q_s = carga de enfriamiento sensible.

0,3= a la multiplicación entre la densidad del aire (1,22) y el calor específico (0,245).

v = caudal del aire infiltrado.

$(T_{ext} - T_{int})$ = temperatura exterior y temperatura interior. [17,48].

2.4 Pérdidas generadas por ventilación en la cámara frigorífica.

Según mediciones realizadas en la cámara frigorífica se pudo detectar que existen pérdidas por mala manipulación y que la temperatura de congelación de dicha cámara no se encuentra dentro de los parámetros requeridos para su explotación y se puede ver claramente en el sistema de ejes coordenados donde se representa, **temperatura (vs) tiempo**.

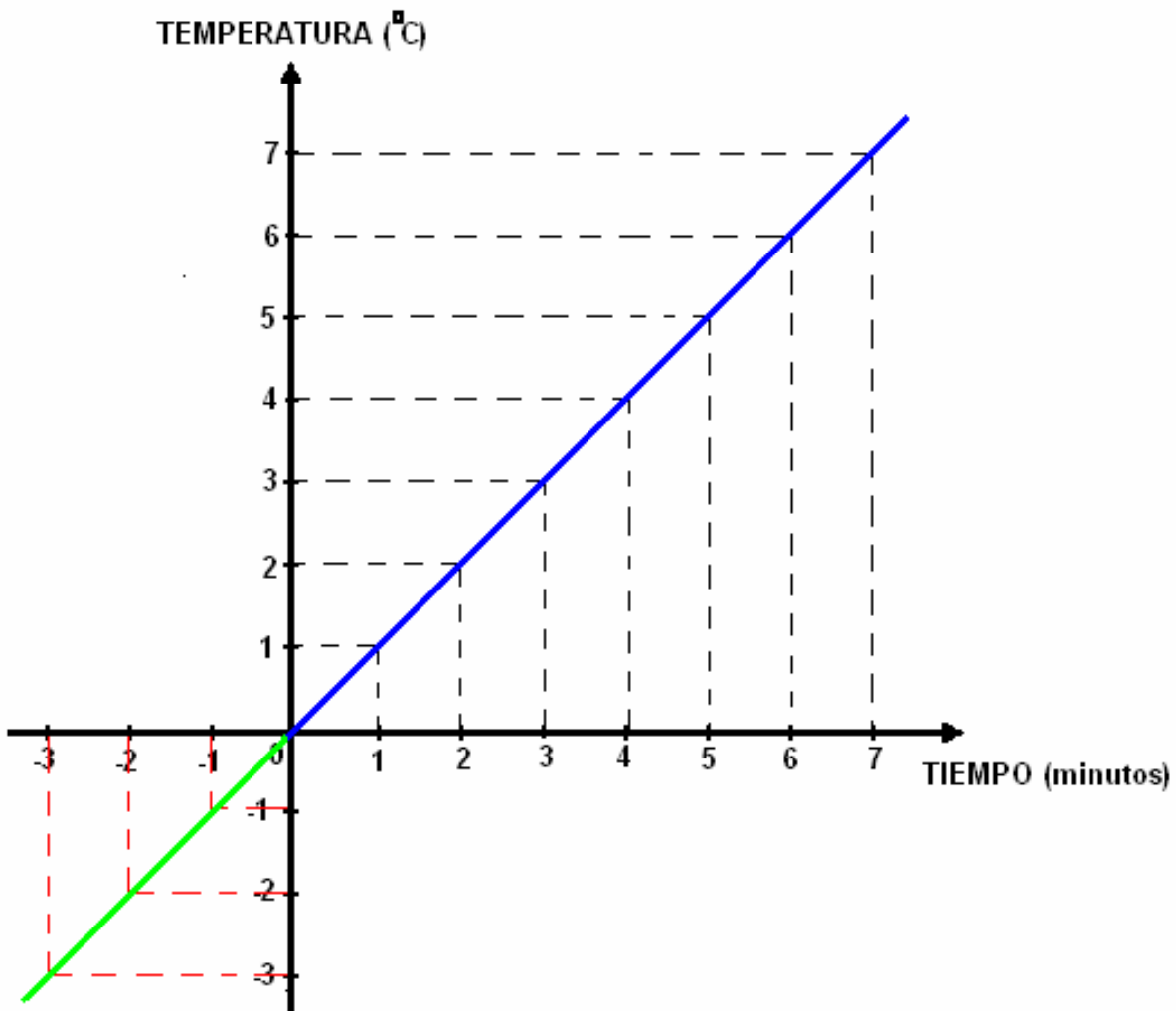


Figura 2.1: Representación de las pérdidas por mantener la puerta de la cámara de refrigeración abierta.

Con las mediciones realizadas en la cámara se pudo determinar que por cada minuto que permanezca la puerta de la misma abierta se pierde un grado de temperatura, como se muestra en la gráfica con color azul; además que la temperatura mínima de congelación se encuentra en 0°C y se tenía que comportar por debajo de cero grado como se muestra en el gráfico con el color verde; o sea que la temperatura se tiene que comportar desde -10°C hasta -15°C aproximadamente y esto se está violando por lo que no se puede garantizar la vitalidad de algunos productos que se almacenan en la cámara ya que cada producto presenta su propia temperatura de congelación para su conservación.

El tiempo de abertura de la puerta según avanza el tiempo trae como consecuencia que la unidad refrigerante trabaje mucho más; o sea que la máquina arranque en un período mas corto de tiempo para volver a alcanzar las condiciones de temperatura requerida, el cual se estima que es bastante corto debido a que la temperatura mínima de congelación esta en 0°C y la máxima o temperatura de arranque de la unidad refrigerante se encuentra en los 9°C por lo que se puede valorar que las condiciones de trabajo son críticas ya que aparte de que el ciclo de trabajo de la máquina es muy corto, pues existen pérdidas que se generan por la mala manipulación del personal encargado, lo que trae como consecuencia que exista un mayor consumo energético y una sobreexplotación del equipo y esto no se tiene en cuenta; además es recomendable que se apague la unidad refrigerante cuando se van a hacer grandes movimientos; ya que mientras este abierta la puerta se están perdiendo grados de temperatura y el trabajo de la unidad permanece prácticamente en un ciclo continuo por generar esto pérdidas energéticas para la instalación. [Datos del autor, 49].

TABLA DE CONDICIONES DE ALMACENAMIENTO

MERCANCIA	TEMPERATURA DE ALMACENAMIENTO	VIDA DE ALMACENAMIENTO	PTO MEDIO DE CONGELACION
MANZANAS	-1,1 a 0	2 a 6 meses	-2
HUEVOS	-1,7 a - 0.6	9 meses	-2,2
CARNES	0 a 1.1	1 a 6 semanas	-2,2 a -1,7
GUISANTES	0	1 a 2semanas	-1,1
TOMATES, MADUROS	4,4 a 10	7 a 10 días	- 0,9

En esta tabla se pueden apreciar las condiciones de almacenamiento de algunos productos, de los cuales en la cámara de refrigeración se encuentran carnes y huevos, que comparando la temperatura tomada de las mediciones y la temperatura de la tabla se puede apreciar claramente que se encuentran fuera del rango establecido, por lo que no se cumple con sus condiciones de congelación. [48].

2.4.1 Pérdidas generadas por transferencia de calor.

De lo anteriormente expuesto se determina que las pérdidas generadas por el intercambio de temperaturas, están enmarcadas por pérdidas de transferencia de calor.

Estas pérdidas de calor por transferencia están dadas por tres mecanismos y se denominan:

1- Conducción.

2- Convección.

3- Radiación.

El intercambio entre la cámara y el medio ambiente, generan pérdidas por transferencia de calor las cuales dan lugar al fenómeno de transferencia de calor denominado como **convección**.

Convección: Este fenómeno ocurre en los fluidos y es cuando el calor se mueve en virtud de transmitir calor de una masa a otra, debido a que la zona caliente sube y la fría baja.

La convección se manifiesta de dos formas:

- 1- Forzada.
- 2- Libre.

La que se presenta en este caso es convección libre, debido a que la transferencia de calor ocurre de una forma natural; o sea que la temperatura del medio ambiente se pone en contacto directo con la temperatura de la cámara sin ningún agente externo al medio, lo que genera las pérdidas ocasionadas por la permanencia de la abertura de la puerta de la cámara frigorífica y se calcula por la siguiente expresión de Newton:

$$Q = \alpha (T_f - T_c) \cdot F$$

Esta expresión se utiliza para calcular calor en caso de que la transferencia sea por enfriamiento en el medio.

Donde:

Q: Calor.

α : Coeficiente individual de transferencia de calor.

T_f: Temperatura ambiente.

T_c: Temperatura en la cámara.

F: Área de transferencia de calor. [Datos del autor.].

2.5 Valoración económica.

Según las mediciones realizadas para determinar el consumo energético en Kw/h de la cámara frigorífica de congelación y poder cuantificar las pérdidas según el régimen de trabajo de la misma, se plantea:

Parámetros energéticos determinados de la cámara frigorífica de congelación

Consumo / hora	Consumo/ día	Consumo/ mes	Régimen de trabajo diario	Tiempo de abertura de la puerta	Perdidas/ días	Perdidas/ mes
1.76 kW /h	33,44 kW	1003.2 kW	19 horas	2.5 horas	4.4 kW	132 kW

Luego de haber realizado las mediciones por el régimen de trabajo diario de la cámara se pudo llegar a las conclusiones que solo con el simple hecho de que la misma permanezca con la puerta abierta 2.5 horas diarias aproximadamente se le puede brindar electricidad a una vivienda alta consumidora por todo un mes. Hay que destacar que el consumo de esa unidad condensadora se encuentra excesivamente alto, por lo que se hace necesario:

- 1- Realizar estrategias de trabajo que permitan disminuir esas pérdidas.
- 2- Que se diagnostique la situación existente en la unidad condensadora ya que se encuentra fuera de los parámetros de consumo.
- 3- Que se realice y no se viole su ciclo de mantenimiento y revisiones para poder garantizar su óptima explotación.
- 4- Que no permanezca la puerta de la cámara abierta en horario pico, ya que el país busca estrategias para no sobregirarnos en el consumo energético.

Por todo lo antes expuesto en este capítulo se pudo diagnosticar que la eficiencia energética de la cámara frigorífica es muy mala ya que se encuentra fuera de todos los parámetros de trabajo establecidos. [Datos del autor].

Conclusiones.

Con el desarrollo de este trabajo se dio cumplimiento a los objetivos trazados, llegando a las siguientes conclusiones:

1. Fue posible diagnosticar las causas de las pérdidas energéticas en la cámara frigorífica, se cuantificaron esas pérdidas y el consumo en el equipo.
2. La cámara no presenta manual alguno por lo que se propone que este trabajo forme parte de su documentación técnica.
3. Este trabajo sirve como la documentación para próximos trabajos llevados a cabo en la materia.

RECOMENDACIONES.

Con los resultados obtenidos en este trabajo se proponen las siguientes recomendaciones:

1. Que se disminuyan las pérdidas existentes en la instalación para lograr una mejor eficiencia energética del equipo y por lo tanto así se disminuye el consumo energético.
2. Que a este trabajo se le de continuidad de forma práctica, para trabajar en la disminución de energía como contribución a la revolución energética.

Bibliografía.

1. Perry. "Manual del Ingeniero Químico". Editorial Mc GRAW – HILL. Barcelona 1996.
2. P. Astier, J. Gost, J.M. Redín, A. Manrique, F.J. Lameiro, J.M. Echeverría. Program for minimising biological risks associated with hospital infrastructure: functions, activities, responsibilities.
3. Medina M, Perfecto J y Nieves B. Estudio Bacteriológico del Medio Ambiente Inanimado del Área Quirúrgica del Instituto Autónomo Hospital Universitarios de los Andes. [Trabajo de Grado] Mérida-Venezuela; 1997.
4. M. A. CRESPI, Ventilación de edificios nucleares, «Electrometalia» 6 (octubre 1965).
5. Lewis RJ. Sax's dangerous properties of industrial materials. 9 ed. New York: Van Nostrand Reinhold, 1996:1761.
6. Lauwerys RR. Riesgos de contaminación en el medio hospitalario. En: Toxicología industrial e intoxicaciones profesionales. París: Masson; 1994:597-9.
7. Kern, Donald ; "Procesos de Transferencia de Calor" CECSA – 1965. Biblioteca del DIQ - FI (UNLP).
8. Kerkn, Donald. "Procesos de Transferencia de Calor". Editorial CONTINENTAL S.A. México 1998.
9. International Labour Office. Encyclopaedia of occupational health and safety. 3 ed. Geneva, 1989; vol 1:150-2.
10. ÍD, Filtración de alta eficacia, en «III Convención Nacional de la Sección Técnica de Química. Asociación Nacional de Ingenieros Industriales», Madrid 1972.
11. http://www.termofluidos.com/ver_fotos_miniatura_de_intercambiadores_casco_y_tubo.htm.
12. http://www.segla.net/ponencia_congreso_salud_publica.pdf.
13. <http://www.refrigeracionazar.com.ar/refrigeracion/historia-del-aire- acondicionado.html>.

14. http://www.quiminet.com.mx/ar0/ar_V%25CD%257D%25EA%2520%25F9%2517%253D.htm.
15. <http://www.proyectosquimica.com/cambiador.pdf>.
16. <http://www.menerga.es/pdf/recuperador-entalpico.pdf>.
17. http://www.instale.com/ingenieros/wp-content/uploads/2008/02/calculo_carga_termica.pdf.
18. <http://www.guiadeprensa.com/maquinaria/climatizacion/carrier.html>.
19. <http://www.frioycalor.cl/76/tema5.htm>.
20. <http://www.es.wikipwdia.org/wiki/Intercambiadordecalor>.
21. <http://www.cringeneria.cl/>.
22. http://www.comeval.es/pdf/cat_tec/intercambiadores_placas_A4.pdf.
23. http://www.climaazul.es/pdf/Catalogo_Toshiba.pdf.
24. <http://www.cfnavarra.es/salud/anales/textos/vol23/suple2/pdf/05%20Estudio%20de%20brotes.pdf>.
25. http://www.canalsocial.net/GER/ficha_GER.asp?id=12434&cat=varios.
26. http://www.bvs.sld.cu/revistas/mil/vol31_3_02/mil08302.htm.
27. http://web.usal.es/~norber/TA/TA_03_2007_01.pdf.
28. <http://es.wikipedia.org/wiki/Climatizaci3n>.
29. http://es.wikipedia.org/wiki/Arquitectura_bioclim%C3%A1tica.
30. http://es.wikipedia.org/wiki/Acondicionamiento_de_aire.
31. http://editorial.cda.ulpgc.es/servicios/2_fontaneria/26/s262.htm#INTERCAMBIADORES.
32. Hollman, J. P. "Transferencia de calor". Editorial Mc GRAW HILL. 8° Edici3n.
33. Hewitt, G.F., Sires, G.L., Bott, T.R.; "Process Heat Transfer" CRC Press - 1994 Biblioteca del DIQ - FI (UNLP).
34. Herrera, Omar; Blanco, Alejandro. "Equipos de Transferencia de calor". Ministerio de Educaci3n Superior. La Habana, 1985.

35. Hazardous substance fact sheet. Halothane. New Jersey: Department of Health, 1989:2.
36. Gregorig, Romano. "Cambiadores de calor". Ediciones URMO S.A. España 1979.
37. Gestal Otero JJ. Riesgos del trabajo del personal sanitario. Madrid: Interamericana, Mc Graw-Hill, 1989:353-81.
38. F. J. Rey Martínez, J. Cardenal Pérez, J. F. San José Alonso, E. Velasco Gómez, R. Díaz Vega. Calidad del aire interior y Ahorro de energía en locales de oficinas climatizadas. España: Universidad de Valladolid.
39. Delgado Linares, Gregorio; "Intercambiadores de calor". Universidad de los Andes, Mérida, Junio 2001.
40. Del Valle SC y Guerrero, CA. La Esterilización en Cirugía Buco-Maxilofacial. Odontol al Día, 1992; (1):14-19.
41. Condiciones de trabajo en hospitales. Guía descriptiva de los principales riesgos. Madrid: Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo; 1988:43-9. (Documentos técnicos, 47).
42. Clayton G, Clayton F. Patty's industrial hygiene and toxicology. 3 ed. New York: John Wiley, 1981; vol 2B:3107-9.
43. CARRIER AIR CONDITIONING COMPANY, Handbook of Air Conditioning System Design, Nueva York 1970.
44. Cao, E. ; "Intercambiadores de Calor". Editado por Fac. de Ingeniería (UBA) – 1983. Biblioteca Central - FI (UNLP).

Bibliografía utilizada

45. AMERICAN SOCIETY OF HEATING, REFRIGERATING AND AIR-CONDITIONING ENGINEERS, ASHRAE Handbook and Product Directory, 1973.
46. AMERICAN CONFERENCE OF GOVERNMENTAL INDUSTRIAL HYGIENIST, Industrial Ventilation, Lanring (Michigan) 1968.
47. ACGIH. Threshold limit values and biological exposures indexes. Cincinnati:

- American Conference of Governmental Industrial Hygienists, 1997:25.
- 48 .W.F.Stoecker.Refrigeración y Acondicionamiento de aire.
- 49 .Información extraída de Internet proporcionada por diversas fuentes: asociaciones, instituciones, corporaciones, organizaciones y en general entidades que comparten el interés de esparcir los conocimientos a través de esta ventana.
- 50 .Katherine B. Miller, Charles W. Purcell, Jennifer M. Matchett y Marjut H. Turner: Strategies for Managing Ozone-Depleting Refrigerants (Confronting the Future), Editado por Battelle Press, Primera Edición, 144 páginas 144, año 1995.
- 51 .ROY J. DOSSAT: Principios de Refrigeración, Compañía Editorial Continental S.A., Décimo primera edición, 584 páginas, año 1991. John Ellis: Guía de buenas prácticas en refrigeración, Ellis training & Consultancy LTD, 56 páginas, 2004.
- 52 .Manual de Refrigeración y Aire Acondicionado: AIR-CONDITIONING AND REFRIGERATION INSTITUTE, Traducido por Camilo Botero G. y Rodrigo Montaña M., Prentice-Hall Hispanoamericana S.A., Cuatro Tomos, Primera Edición, año 1991.
- 53 .Buenos Procedimientos en Refrigeración-Manual de Instrucción: Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, División de Industria y Ambiente, (PNUMA-IA), Primera Edición, Páginas 426, año 1994.
- 54 .Capacitación Nacional en Buenas Prácticas en Refrigeración-Una Guía de Apoyo para las UNO: La eliminación de SAO en los países en Desarrollo, Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, División de Tecnología, Industria y Economía. (PNUMA-DTIE), Primera Edición, Páginas 104, Año 2001.
- 55 .[http:// www.refrigeracionindustrial.com](http://www.refrigeracionindustrial.com).
- 56.http://www.reporteroindustrial.com/ri/secciones/RI/ES/MAIN/M/SHOWROOMS/doc_44522_prnM08B.html?idDocumento=44522&pagerId=-1142377686&pageNumber=1.