



*Facultad de Ingeniería Mecánica*



**CEEMA**

**Centro de estudios de energía  
y medio ambiente**

*Tesis de Grado*

**Título: Análisis del Sistema de Climatización y Confort del Centro de Oftalmología del Hospital Clínico Quirúrgico “Gustavo Aldereguía Lima”**

Autor: Reinier Armando Valdes Ulloa

**Tutores: Dr. Leonel Martínez López  
Dr. Mario Guerra**

**Consultante: Dr. Carlos**

*“Año de la Revolución Energética”  
2006*

## **RESUMEN**

El presente trabajo realizado en el Centro Oftalmológico del Hospital Clínico Quirúrgico Gustavo Aldereguia Lima, contempla una revisión bibliografía de los tipos de sistemas de climatización, su clasificación, y los más utilizados en la climatización de zonas hospitalarias. También se presenta un análisis metodológico acerca de las variables más importantes que intervienen en el análisis energético de un edificio y se enfatiza en aquellas tres sobre las cuales gira el cálculo térmico, a saber: ganancias de calor, potencia de enfriamiento, y rapidez de extracción de calor. Se realiza una evaluación del confort térmico aplicando encuestas de campo, las cuales permitieron evaluar la sensación de confort de los usuarios de este centro. Se calculan y comprueban las cargas térmicas por subsistemas utilizando el simulador SIMTERCAL, el cual arrojó los principales problemas que presenta el sistema de climatización del centro en general. Y por ultimo se ofrecen conclusiones y criterios de solución para los problemas detectados.

## SUMMARY

The present work carried out in the Center Oftalmológico of the Surgical Clinical Hospital Gustavo Aldereguia Lima, contemplates a bibliographical revision of the types of air conditioning systems, its classification, and those but used in the air conditioning of hospital areas. A methodological analysis is also presented about the most important variables that intervene in the energy analysis of a building and it is emphasized that is in those three on which rotates the thermal calculation, : earnings of heat, cooling power, and speed of extraction of heat. He/she is carried out an evaluation of the thermal comfort applying field surveys, which allowed to evaluate the sensation of the users' of this center comfort. They are calculated and they check the thermal loads for subsystems using the pretender SIMTERCAL, which the main problems that it presents the system of air conditioning of the center in general hurtled. And for I finish they offer conclusions and solution approaches for the detected problems.

## INTRODUCCION.

---

.El centro de oftalmología del hospital CQ GAL de Cienfuegos se inauguró el 19 de octubre del 2005. El mismo fue remodelado con el objetivo de integrarlo a la Operación Milagro.

Por sus características de funcionamiento requiere de condiciones de temperatura y humedad relativa específicas en un gran número de sus locales y en otros tan solo temperaturas de confort. Para satisfacer estas condiciones se emplea un sistema de clima compuesto por varios subsistemas todos de expansión directa por compresión de vapores. Desde su puesta en marcha se ha mantenido un alto grado de discomfort en el personal médico y demás trabajadores del centro.

En septiembre del 2005 se efectúa a solicitud de la dirección del hospital trabajos dirigidos a la caracterización operacional de diferentes equipos del área de ingeniería por parte de estudiantes de 5to año de IM de la Ucf, dentro de los cuales se encuentran los sistemas de climatización del mencionado centro. El trabajo realizado en esta área comprobó insatisfacción de confort del personal médico y demás trabajadores del centro, debido a niveles de temperatura por debajo de los requeridos para los diferentes locales. En mediciones de consumo eléctrico realizadas al centro, por trabajadores del departamento de Ingeniería Clínica, se detectó un alto consumo de energía eléctrica, colocando al centro en el segundo mayor consumidor del hospital. Lo planteado anteriormente constituye el **Problema** de investigación de este trabajo y está relacionado con las condiciones de confort térmico y la capacidad de climatización instalada en dicho Centro.

Las **Hipótesis** causales que proponemos a partir de este problema:

- El posibles sobredimensionamiento en la capacidad instalada de los sistemas de clima
- Ajustes incorrectos de los sistemas de control.

Para comprobar las hipótesis propuestas se trazan los siguientes objetivos:

### **Objetivo General:**

Realizar un estudio del sistema de climatización y de las condiciones de confort del Centro de Oftalmología.

### **Objetivos Específicos:**

- 1- Realizar una Búsqueda Bibliográfica sobre Sistemas de Climatización, Confort Térmico y aplicaciones de acondicionamiento de aire para zonas hospitalarias.
- 2- Caracterización del Sistema de Climatización del Centro Oftalmológico.
- 3 – Evaluación del Confort Térmico.
- 4 – Cálculo comprobatorio de cargas térmicas del Sistema de Climatización del Centro.

## CAPÍTULO I

*Sistemas de Climatización .*

### 1.1 - GENERALIDADES DE LOS SISTEMAS DE CLIMATIZACION.

Existe una gran variedad de diseños y equipos para climatizar locales ver (Tabla.1 y 2); por esto mismo, y por el hecho de que varios sistemas participan de características comunes, es muy difícil incluso hacer una clasificación con diferenciaciones netas entre unos y otros. Toda instalación de climatización se compone de tres partes diferenciadas: PRODUCCION TERMICA, DISTRIBUCION, EMISION EN LOS LOCALES; cuando en un mismo equipo están incluidos todos los elementos se dice que los equipos son compactos.

Tabla. 1

Sistemas convencionales de climatización			
Sistemas Autónomos			
Tipo	Equipos	Características	Sistemas
<b>Autónomos</b>	Exteriores enfriados por aire	Individual de ventana	Compactos
		Roof-top	Compactos o todo aire
	Interiores	Montado en pared enfriado por aire	Compactos o todo aire
		Compacto individual con torre de refrigeración separada	Compactos
		Compacto central de condensador exterior por aire o agua	Compactos o todo aire
		Bombas de calor individuales interiores y red de agua central	Compactos
Partidos enfriados por aire	Split	Todo refrigerante	

Tabla. 2

Sistemas convencionales de climatización			
Sistemas Centralizados			
Tipo	Equipos	Características	Sistemas
Centralizado	Partidos enfriados por aire	Multi-split VRV – volumen de refrigerante variable	Todo refrigerante
	Planta enfriadora de agua y caldera o Bomba de calor	Fan-coil individual 2, 3 ó 4 tubos	Todo agua
		Climatizador (UTA) Unizona o multizona de volumen constante o variable (VAV)	Todo aire
		Fan-coil individual y climatizador de aire primario	Agua-aire
		Inducción	Agua-aire
		Techo frío	Agua-aire

- **PRODUCCION.**

Hay dos formas de producción por ciclo de compresión y por ciclo de absorción; la mas extendida corresponde al ciclo de compresión.

El ciclo de compresión dispone de una zona de evaporación y otra de condensación unidas mediante el compresor y cerrándose el ciclo mediante una laminación. En la evaporación es donde se produce el frío necesario para la climatización y en la condensación es donde se cede el calor extraído en los locales. Atendiendo a estos factores los equipos de producción se denominan con dos palabras, indicando en primer lugar el medio en el que se realiza la evaporación y después el medio condensante. Habitualmente tendremos cuatro tipos de equipos de producción:

- AIRE - AIRE.
- AIRE - AGUA.
- AGUA - AGUA.
- AGUA - AIRE.

- **DISTRIBUCION.**

El frío producido en el equipo frigorífico debe ser transportado a los locales a climatizar mediante alguno de los siguientes fluidos: REFRIGERANTE, AGUA o AIRE, empleándose para ello tuberías o conductos, según corresponda.

- **EMISION.**

El frío se emite en los locales a través de rejillas y difusores, que pueden estar incorporadas en los propios equipos, o bien formar parte de una red de conductos de distribución. Lo más habitual es clasificar los sistemas de climatización según sea el fluido que entra en el local para producir el efecto de enfriamiento o calentamiento. Según esto, los sistemas pueden ser:

TODO REFRIGERANTE:    Sistemas de expansión directa en el interior del local.  
REFRIGERANTE-AIRE:    Al local llega refrigerante y aire.  
TODO AGUA:             Al local llega sólo agua.  
AGUA - AIRE:            Al local llega aire y agua.  
TODO AIRE:             El único fluido que entra en el local es el aire.

Además de la clasificación anterior, se podrían introducir la diferenciación entre los equipos compactos o sistemas centralizados. A continuación se describen las características más importantes de cada sistema, si bien considerando que en el clima de Cuba únicamente es necesaria la producción de frío, limitaremos la descripción a esta aplicación.

### **1.1.1 - CLASIFICACION DE LOS SISTEMAS DE CLIMATIZACION.**

- **SISTEMAS TODO REFRIGERANTE**

En estos sistemas, la refrigeración se produce por la expansión directa de refrigerante en un equipo provisto de batería aleteada para este propósito. El aire del local pasa directamente por la batería en la que se expande el refrigerante, que forma parte pues del sistema frigorífico.

De acuerdo con lo anterior, pueden incluirse en este grupo, los aparatos compactos de "ventana", consolas enfriadas por aire o agua, y todos los equipos compactos situados en el interior del local a acondicionar, así como los equipos y sistemas "partidos", en los que la "unidad condensadora", generalmente condensado por aire se encuentra situada a distancia y unida a la "unidad interior" o "climatizadora", por tuberías de refrigerante. En los últimos tiempos, los sistemas partidos han conocido una extraordinaria evolución y aceptación, tanto en el ámbito doméstico y pequeño comercial.

- **SISTEMAS PARTIDOS UNITARIOS (SPLIT)**

Una unidad interior, situada en el local, incorpora la parte del evaporador del circuito frigorífico, incluyendo por tanto la batería, ventilador de impulsión de aire, filtros y los sistemas de regulación. Adoptan formas diversas: consola de suelo, de techo, de pared, con envolvente o sin ella, etc. La evolución tecnológica es constante, con mandos a distancia, etcétera.

La unidad condensadora, o "exterior", incorpora el compresor frigorífico, el condensador, (generalmente enfriado por aire) y todos los elementos de seguridad y de regulación del sistema frigorífico. La unión entre ambas unidades se realiza mediante conexiones frigoríficas con tubería de cobre.

- **SISTEMAS PARTIDOS MÚLTIPLES (MULTI-SPLIT).**

Son semejantes a los anteriores, pero en los que una sola unidad condensadora exterior, sirve a varias unidades interiores en paralelo, que pueden tener control común o independiente. Sistemas de "volumen de refrigerante variable". Son sistemas partidos múltiples muy evolucionados, en los que, gracias a las posibilidades de regulación de la electrónica moderna y a un cuidadoso diseño de los sistemas frigoríficos, se consigue una gran variedad de combinaciones entre "unidades exteriores" e "interiores", tanto en tipos y potencias, como en distancias entre unas y otras.

El control estricto de las presiones y temperaturas en el refrigerante y de la circulación del aceite, en combinación con la modulación de la potencia frigorífica de los compresores proporciona una gran elasticidad de funcionamiento. La regulación de la potencia frigorífica se hace frecuentemente por variación de la velocidad de giro del compresor, con un sistema de variación de frecuencia de la corriente de alimentación, lo que permite una adecuación casi total de la potencia producida a la demanda instantánea.

- **SISTEMAS REFRIGERANTE-AIRE**

Un problema importante de los sistemas todo refrigerante, es que no resuelven el aspecto de la ventilación debiendo proporcionarse la misma de manera independiente. El sistema consiste en un conjunto de equipos como los descritos anteriormente, complementado con un sistema de aire primario. El aire primario viene tratado en un climatizador central y repartido a los diferentes locales. Este aire primario provee las necesidades de ventilación y parte o todas las necesidades de deshumidificación, según sea el dimensionamiento. En este caso la distribución de aire primario se hace con una red general de conductos y se impulsa a los locales a través de rejillas. El aire primario también puede ser enviado sin tratamiento termohigométrico, y en este caso se impulsa a la aspiración de los equipos interiores, y es en estos en los que se enfría y deshumidifica. También existe la posibilidad de prever los equipos interiores con una toma de aire exterior directa.

- **SISTEMAS TODO AGUA**

Son aquellos en los que el único fluido caloportador que llega al espacio acondicionado desde el exterior es agua. Para la producción se requieren equipos enfriadores de agua, con condensación por aire o por agua, en este último caso además se requiere la instalación de torres de enfriamiento, para poder a su vez eliminar el calor del agua de condensación, a no ser que se disponga de una fuente continua para el agua de condensación. La cesión del frío al aire del local se realiza en aparatos terminales, que generalmente son ventilosconvectores, que incorporan una batería de tubo aleteado y un ventilador que recircula el aire del local a través de la batería, enfriándolo según la temperatura del agua que se suministra.

Los aparatos ventilosconvectores pueden adoptar formas, disposiciones y colocaciones variadas. Desde el más conocido de suelo con envolvente metálica para instalación vista, hasta el oculto sobre el falso techo que aspira e impulsa el aire a través de rejillas, pasando por colocaciones de pared o techo vistos, empotrados en nichos o los más recientes compactos de techo vistos, que incluyen los elementos de difusión. Generalmente, en el proceso de enfriamiento, se produce también deshumidificación, habiendo necesidad de evacuar el agua formada, lo que en ocasiones presenta dificultades. Modernamente, existen bombas de elevación del condensado que pueden resolver el problema. Las temperaturas del agua de enfriamiento que se envía suelen estar entre 7 y 9 °C

La regulación es individual para cada local, el cual puede estar servido por uno sólo o varios ventilosconvectores. Puede ser todo-nada, actuando con parada y arranque del ventilador o también sobre una válvula motorizada que corta el paso del agua; si la válvula es modulante, se logra una regulación continua dentro de los márgenes de actuación de la regulación. El sistema todo agua con ventilosconvectores es sencillo y económico si bien no resuelve la ventilación.

- **SISTEMAS AGUA – AIRE.**

En estos sistemas, a los locales llegan ambos fluidos, realizando cada uno una función, aunque el diseño admite variantes que diferencian unos de otros.

- **SISTEMAS DE INDUCCION.**

En este sistema, los aparatos terminales son "inductores", equipos que no poseen ventilador. El "aire primario" llega a estos inductores a alta presión (generalmente por conductos de alta velocidad) y sale al exterior por unas toberas sobre un estrechamiento (venturi), que crea en el aparato una zona de baja presión que "induce" un cierto caudal de aire del local (secundario), al que se le hace pasar por una batería, por la que circula agua fría; la mezcla de aire primario y secundario es impulsada al local.

Generalmente los inductores suelen estar situados perimetralmente sobre el suelo, impulsando el aire verticalmente hacia arriba. La relación de aire primario a secundario suele estar comprendida entre 1/3 a 1/6. El aire primario provee las necesidades de ventilación de los locales, y frecuentemente de la deshumidificación ya que la mayor parte de la carga latente procede del aire exterior. El aire secundario, compensa la carga sensible a través de la batería por la que circula agua fría, pero a una temperatura prácticamente igual al punto de rocío del aire, con lo que se evita la condensación de humedad.

Este sistema presenta ventajas tales como proporcionar un mejor control de la humedad y de la ventilación; fue ampliamente utilizado en el pasado, y últimamente está cayendo en desuso.

- **SISTEMA A VENTILOCONVECTORES CON AIRE PRIMARIO.**

Consiste en un sistema a ventilosconvectores como los descritos anteriormente, complementado con un sistema de aire primario. Las soluciones son similares a las indicadas en el caso de sistemas Refrigerante-Agua.

- **SISTEMAS TODO AIRE**

El único fluido que entra en el espacio acondicionado es el aire. Este aire, proviene del exterior y está ya tratado, es decir, filtrado, enfriado y deshumidificado, según las necesidades.

El aire puede provenir de una manejadora que a su vez recibe el frío de un productor central (enfriadora de agua), o puede ser un equipo autónomo, que incluye en su interior el sistema de tratamiento de aire y el equipo productor de frío (compresor para expansión directa), o incluso puede ser una manejadora con batería de expansión directa atendida desde un equipo partido.

Los sistemas todo-aire, pueden admitir a su vez, las siguientes variantes:

➤ **PARA UNA SOLA ZONA**

Sólo existe un local o bien los diferentes locales servidos se considera que tienen siempre la misma carga todos ellos, aunque esto último rara vez se cumple, es frecuente admitir esta imperfección en el diseño, en aras de la economía. La regulación de temperatura puede ser todo-nada, (aportar o no aportar frío), o una regulación continua sobre la temperatura del aire de impulsión o sobre el caudal de éste, y en ambos casos puede ser por actuación sobre el equipo productor (parar o arrancar) o modular (temperatura ambiente, de impulsión, etc). El caudal de aire debe ser el necesario para la máxima carga.

➤ **PARA VARIAS ZONAS**

Si el sistema de aire debe servir a varias zonas con cargas distintas, debe de existir alguna forma de regular la aportación del frío a cada una de ellas según sus propias necesidades.

Los sistemas todo-aire, para varias zonas, pueden ser:

- Sistemas multizona
- Sistemas de doble conducto
- Sistemas de caudal variable (volumen variable)

Los sistemas multizona y de doble conducto tradicionales, implican frecuentemente la mezcla de aire a distintas temperaturas, lo que es energéticamente gravoso.

➤ **SISTEMAS DE CAUDAL VARIABLE**

Estos sistemas permiten acondicionar varias zonas con control independiente en cada una de ellas. En los últimos años han experimentado una amplia difusión.

El sistema de volumen variable, permite regular de forma independiente todas las zonas servidas, el caudal de aire del conjunto deberá ser el correspondiente a la carga máxima simultánea, y no a la suma de las máximas de toda la zona, como suele ser cuando se tratan distintos locales como zona única. El ramal de aire que atiende a una zona, está dotado de un elemento motorizado que modula el caudal que se impulsa a esta zona; cada

zona puede constar de una sola salida de aire (rejilla, difusor, etc) o de varias. La modulación del caudal a cada zona puede hacerse de dos modos:

- a.- Por desviación.
- b.- Por estrangulación.

La variación por desviación, consiste en que el elemento regulador, desvía al retorno el caudal no impulsado. En consecuencia, el sistema es de caudal variable en el local, pero es de caudal constante en el climatizador.

La regulación por estrangulamiento, reduce el caudal en cada ramal, lo que hace que la "característica del circuito total de aire" se modifica; si no se actúa sobre el ventilador, los caudales de aire que van a otras zonas, se modificarán. Para que esto no ocurra, hay que adaptar el caudal que suministra el ventilador a las necesidades de cada momento. Esto puede hacerse de varias maneras:

- a.- con compuerta en la impulsión
- b.- con compuerta en la aspiración
- c.- por variación de velocidad de giro

La compuerta en la impulsión se emplea poco, pues es la más costosa en energía de accionamiento. La compuerta en la aspiración es más eficiente (en realidad, produce una prerrotación en el aire) y se ha empleado mucho. Actualmente es ya más frecuente la modificación de la velocidad de rotación del ventilador, por medio de un variador de velocidad por modulación de la frecuencia de la corriente de alimentación al motor. La señal que se controla es la presión estática a la salida del ventilador, que se mantiene aproximadamente constante, con lo que el caudal que llega a las diferentes zonas apenas es afectado por la modulación de las demás.

Una de las cuestiones a tener presente en los sistemas de volumen variable es que, al disminuir el caudal de aire a carga parcial, el funcionamiento de los elementos de difusión (difusor y rejilla) se ve fuertemente modificado; especialmente en régimen de refrigeración, el aire frío sale a menor velocidad, lo que provoca una rápida caída del chorro, lo cual puede crear molestias a los ocupantes y un deficiente movimiento de aire en el local.

Estas modificaciones en las condiciones de difusión del aire hacen que este sistema esté especialmente indicado en aquellos locales en los que variación de carga no sea grande, de modo que el caudal de aire no baje nunca por debajo del 50% ó 60% del máximo.

Precisamente para conseguir impedir la "caída" de los flujos de aire frío, muchos fabricantes han desarrollado diseños de elementos de difusión, específicamente destinados a sistemas de volumen variable, que consiguen un funcionamiento aceptable con caudales de hasta el 40% del nominal. De la misma manera, existen elementos de difusión, que incorporan en el mismo (rejilla o difusores) el mecanismo de estrangulación de caudal.

Por lo que respecta a la regulación, ésta puede ser eléctrica o neumática; algunos fabricantes, utilizan como energía para mover los elementos de desvío o estrangulamiento

del aire, la presión del propio aire en los conductos, sin necesidad de aportación de energía externa.

## 1.2 – CONCEPTOS GENERALES SOBRE AMBIENTE Y CONFORT TÉRMICO.

El hombre siempre se ha esforzado por crear un ambiente térmicamente cómodo. Esto se refleja en las construcciones tradicionales alrededor del mundo desde la historia antigua hasta el presente. Hoy, crear un ambiente térmicamente cómodo todavía es uno de los parámetros más importantes a ser considerado cuando se diseñan edificios.

El confort térmico se define en la Norma ISO 7730 como "Esa condición de mente en la que se expresa la satisfacción con el ambiente térmico". Una definición en que la mayoría de las personas puede estar de acuerdo, pero también es una definición que no se traslada fácilmente a parámetros físicos. La complejidad de la evaluación de la comodidad térmica se puede ilustrar con el ejemplo de la Fig. 1.1. Un día de invierno frío y soleado, una persona vestida normal puede descansar en una habitación con calefacción, al tiempo que otra persona con ropa ligera puede estar haciendo deporte en el exterior. Ambas personas pueden sentirse cómodas aunque se encuentren en ambientes térmicos totalmente diferentes. Esto nos recuerda que la comodidad térmica depende de muchos parámetros físicos, en vez de solo uno, como por ejemplo la temperatura del aire.

EL ambiente térmico se considera junto con otros factores como la calidad del aire, luz y nivel del ruido, cuando evaluamos nuestro ambiente de trabajo. Si nosotros no sentimos que el ambiente de trabajo cotidiano es satisfactorio, nuestra eficiencia sufrirá inevitablemente. Así, el confort térmico también tiene un impacto sobre nosotros. A continuación se describirán los conceptos principales que hablan del ambiente y el confort térmico.



Fig.1.1.

### 1.2.1- Regulación de la Temperatura del Cuerpo.

El hombre tiene un muy eficaz sistema regulador de temperatura que asegura que la temperatura del centro del cuerpo se mantenga en aproximadamente 37° C. Cuando la temperatura del cuerpo sube demasiado, se ponen en marcha dos procesos: primero la vasodilatación, aumentando el flujo de la sangre a través de la piel

y como consecuencia uno empieza a sudar. Sudar es una herramienta refrescante eficaz, porque la energía requerida por el sudor para evaporarse se toma de la piel. Sólo unas décimas de grado de aumento de la temperatura del centro del cuerpo pueden estimular una producción de sudor que cuadruplica la pérdida de calor del cuerpo. Si el cuerpo está poniéndose demasiado frío, la primera reacción para los vasos sanguíneos es la vasoconstricción, reduciendo el flujo de la sangre a través de la piel.

La segunda reacción es aumentar la producción de calor interior estimulando los músculos, lo que causa el estremecimiento (tiriteo). Este sistema también es muy eficaz, y puede aumentar considerablemente la producción de calor del cuerpo. (Fig.1.2). Pero el sistema del control que regula la temperatura del cuerpo es complejo, y no se entiende todavía totalmente. Los dos juegos más importantes de sensores para el sistema del control son sin embargo conocidos. Ellos se localizan en la piel y en el hipotálamo.

El sensor del hipotálamo es un sensor de calor que inicia la función del enfriamiento del cuerpo cuando la temperatura del centro del cuerpo excede  $37^{\circ}\text{C}$ . Los sensores de la piel son sensores de frío que inician la defensa del cuerpo contra el enfriamiento cuando la temperatura de la piel cae debajo de los  $34^{\circ}\text{C}$ . Si los sensores de calor y frío dan 2 señales al mismo tiempo, nuestro cerebro inhibirá una o ambas de las reacciones de la defensa del cuerpo.



Fig.1.2

### 1.2.2- Termorregulación del Cuerpo Humano.

El cuerpo humano es un generador constante de calor. Ya, de por sí, una persona sin hacer absolutamente nada y con su gasto energético al mínimo, es decir, sólo para mantener su organismo vivo (metabolismo basal), genera entre 65 y 80 vatios de calor, según su sexo, edad y superficie corporal, mientras que una bombilla eléctrica incandescente de 60 W emite, aproximadamente, 55 W de calor. El ser humano produce la energía que necesita para mantener su cuerpo vivo y activo, a partir de los alimentos y del oxígeno, que a lo largo de complejas reacciones químicas se va convirtiendo en calor. Así, alrededor del 50% de la energía de los alimentos, ya desde el inicio del proceso,

se transforma en calor y el otro 50% en trifosfato de adenosina (ATP), del cual la mayoría también se convierte en calor al pasar a formar parte de los sistemas metabólicos celulares que sólo aprovechan una pequeña parte de la energía restante; al final prácticamente toda la energía, de una forma u otra, se transforma en calor dentro del organismo, excepto una fracción, generalmente muy pequeña, que lo hace fuera a partir del trabajo externo que realiza el hombre. Un hombre de una complexión física normal, descansando genera unos 115 W de calor; caminando por una superficie plana a una velocidad de entre 3,5 y 5,5 Km./h genera de 235 W a 360 W; pero si acelera el paso a más de 7 Km./h su producción de calor estará alrededor de los 520 W. En un trabajo muy severo la producción de calor puede sobrepasar los 900 W, como es el caso de los deportistas de alto rendimiento que, realizando una actividad muy intensa, pueden alcanzar los 2000 W durante unos minutos. La eficiencia mecánica del hombre es baja, ya que entre el 75% y el 100% de la energía que produce y consume para realizar sus actividades se convierte en calor dentro de su organismo, según el tipo de actividad, al que hay que sumar el calor producido por el metabolismo basal necesario para mantenerse vivo. Sin embargo, la generación continua de calor metabólico no siempre garantiza la temperatura interna mínima necesaria para la vida y para la realización de las actividades cuando las personas se encuentran expuestas a determinadas condiciones de frío, con lo cual las bajas temperaturas pueden llegar a constituir un peligro. No obstante, por lo general los ambientes de altas temperaturas son mucho más peligrosos que los fríos, pues normalmente resulta más fácil protegerse del frío que del calor. La temperatura interna o central, es decir, la de los tejidos profundos del organismo, es el promedio ponderado de las diferentes temperaturas de las partes y órganos del cuerpo. Estas temperaturas toman diferentes valores según la actividad; la parte del cuerpo y la hora, oscilando con ritmo circadiano (Fig.1.3), y manteniéndose dentro de  $\pm 0,6^{\circ}\text{C}$  aproximadamente, salvo enfermedad febril; incluso si el individuo queda expuesto a temperaturas de bulbo seco tan bajas como  $12^{\circ}\text{C}$ , o tan altas como  $60^{\circ}\text{C}$  (Fig. 1.4).

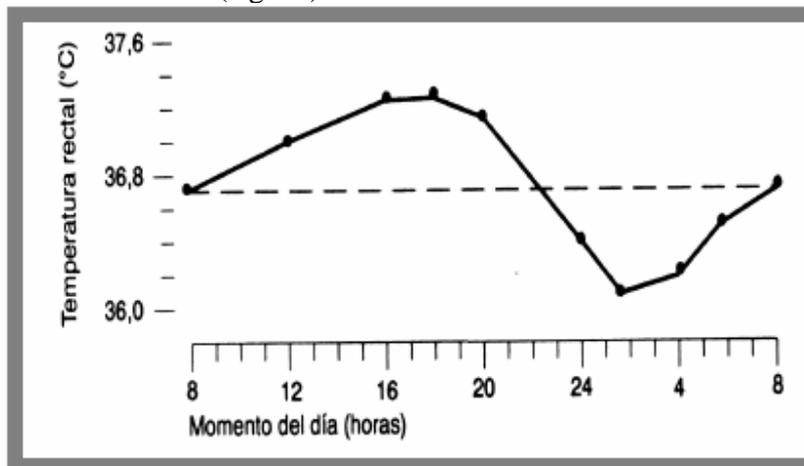


Fig. 1.3

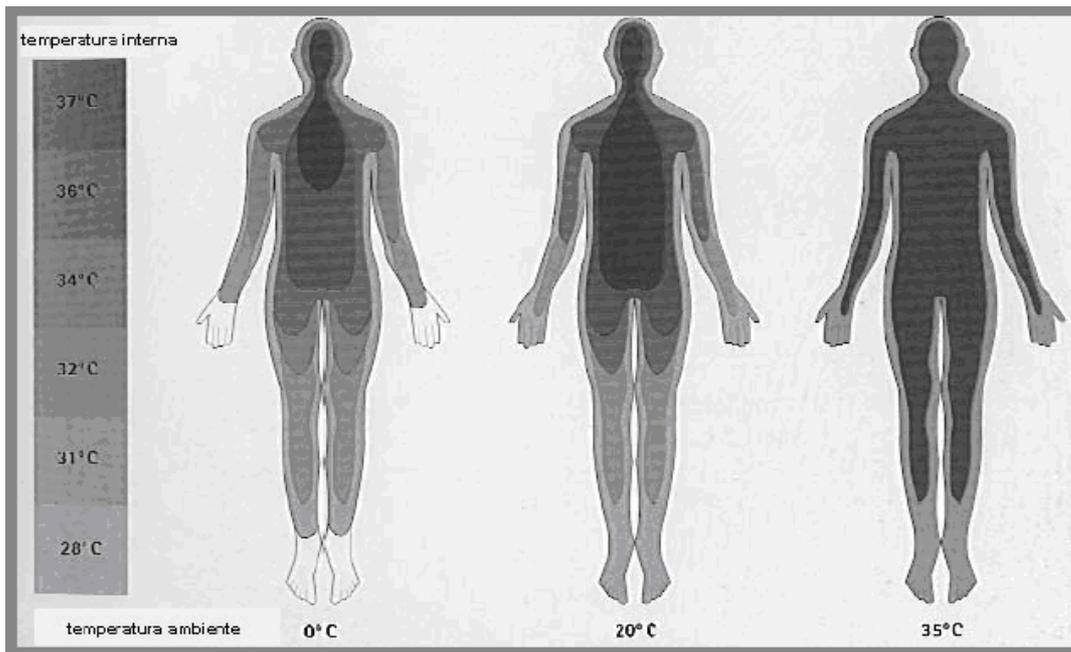


Fig. 1.4

Aunque el intervalo de supervivencia puede extenderse, en algunos casos, desde los 28°C hasta los 44 °C de temperatura interna (generalmente con daños importantes en el organismo), la temperatura interna considerada normal, en la que no deben producirse afectaciones, oscila alrededor de los 37,6+°C, dentro de un intervalo de 36°C a 38°C; no obstante, durante actividades físicas intensas puede llegar a alcanzarlos 40°C, lo cual, en circunstancias específicas, es necesario para lograr el rendimiento adecuado.

También es frecuente hablar de las temperaturas esofágica, axial, bucal o sublingual, rectal y de la piel o cutánea; esta última toma diferentes valores según la parte del cuerpo, por lo que es necesario estimar la temperatura media cutánea. Los valores de la temperatura tomada en el recto (temperatura rectal) son aproximadamente 0,6 °C mayores que los de la temperatura bucal, cuyo valor normal promedio se halla entre 36,7°C y 37 °C. Mientras que la temperatura media cutánea puede variar en un intervalo más amplio, ya que aumenta y disminuye siguiendo las condiciones ambientales y la actividad metabólica; esta temperatura tiene

importancia cuando nos referimos a la capacidad de la piel para ceder calor al ambiente.

Se llega fácilmente a la conclusión de que constituye una condición indispensable, para la salud y para la vida, mantener la temperatura interna dentro de los estrechos límites vitales de la sutil diferencia de 4 ó 5 °C.

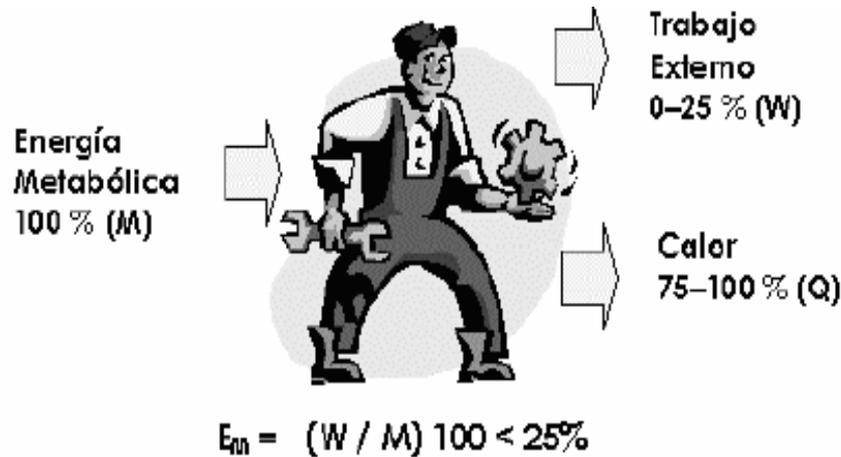


Fig. 1.5

### 1.2.3- Evaluación por el Humano del Ambiente Térmico.

Básicamente y en términos generales, el hombre califica un ambiente confortable, si ningún tipo de incomodidad térmica está presente. La primera condición de confort es la neutralidad térmica, lo que significa que la persona no se siente demasiado calurosa ni demasiado fría.

Cuando la temperatura de la piel cae debajo de 34° C, nuestros sensores fríos empiezan a enviar los impulsos al cerebro; y cuando la temperatura continúa cayéndose, los impulsos aumentan en número. El número de impulsos también es una función de la velocidad con que desciende la temperatura de la piel, una rápida caída de la temperatura resulta en muchos impulsos enviados.

Similarmente, el sensor de calor en el hipotálamo envía los impulsos cuando la temperatura excede 37° C, y con los aumentos de temperatura el número de impulsos aumenta. Se cree que las señales de estos dos sistemas de sensores forman la base para nuestra evaluación del ambiente térmico.

Se asume que la interpretación del cerebro de estas señales es como un "forcejeo", con los impulsos de frío a un extremo de la cuerda y los impulsos de calor al otro. Si los signos en ambos lados son de la misma magnitud, uno se siente neutral térmicamente, sino, se siente demasiado caluroso o demasiado frío. Una persona en un estado térmicamente neutro y completamente relajado constituye un caso especial, donde no se

activarán ni los sensores de calor ni los de frío. Como tarda algún tiempo para cambiar la temperatura del centro del cuerpo; la señal del sensor de calor por consiguiente cambia muy lentamente comparada con la señal de los sensores de frío.

#### 1.2.4- Condiciones Básicas para el Confort Térmico.

Son dos las condiciones que deben cumplirse para mantener el confort térmico. Una es que la combinación instantánea de temperatura de la piel y la temperatura del centro del cuerpo proporcione una sensación de neutralidad térmica. La segunda es el cumplimiento del balance de energía del cuerpo: el calor producido por el metabolismo debe ser igual a la cantidad de calor perdida por el cuerpo. La relación entre los parámetros: temperatura de la piel, temperatura del centro del cuerpo y actividad, que resulta en una sensación térmicamente neutra, esta basada en un gran número de experimentos. Durante estos experimentos la temperatura del centro del cuerpo, la temperatura de la piel y la cantidad de sudor producidas estaban medidas en los varios niveles conocidos de actividad, mientras las personas de la prueba estaban térmicamente cómodas.

La producción de sudor fue escogida como un parámetro en lugar de la temperatura de centro del cuerpo, pero como la producción de sudor es una función de la temperatura interna y de la temperatura de la piel, esto no significa en principio ningún cambio en el modelo de sensación térmica. Ninguna diferencia entre los sexos, edades, raza, origen geográfico y nacional se observaron en el experimento anterior, cuándo se determino: ¿Qué es un ambiente térmicamente confortable?, sin embargo, se observaron diferencias entre los individuos sobre las mismas cuestiones.

#### 1.2.5- Estimación de la Tasa Metabólica.

El metabolismo es la fuente de energía del cuerpo, y la cantidad de energía que libera depende de la cantidad de actividad muscular (Fig. 1.6). Normalmente, toda la actividad muscular se convierte en calor en el cuerpo, pero durante el trabajo físico duro esta proporción puede caer al 75%. Por ejemplo, si uno subiera una montaña, parte de la energía usada se guarda en el cuerpo en la forma de energía potencial.

Tradicionalmente, el metabolismo es medido en Met. (1 Met. = 58.15 w/m<sup>2</sup> de superficie del cuerpo), un adulto normal tiene una superficie de 1.7 m<sup>2</sup> y una persona en el confort térmico con un nivel de actividad de 1 Met. Tendrá una pérdida de calor de aproximadamente 100 W. Nuestro metabolismo está en su nivel más bajo mientras nosotros dormimos (0.8 Met.) y a su más alto durante actividades deportivas donde se alcanza frecuentemente 10 Met.

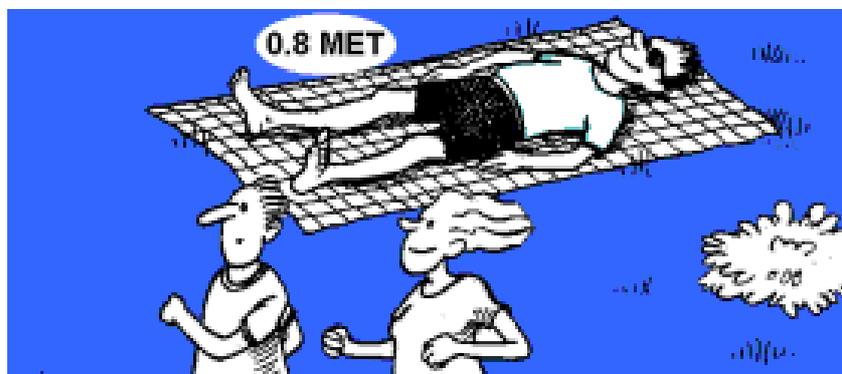


Fig.1.6

Al evaluar la tasa metabólica de un individuo, es importante usar un valor medio de las actividades que la persona ha realizado dentro de la última hora. La razón para esto es que la capacidad de calor del cuerpo le hace "recordar" aproximadamente una hora de nivel de actividad.

### 1.2.6- Cálculo del Valor Clo.

La vestimenta reduce la pérdida de calor del cuerpo. Por consiguiente, el vestido es clasificado según su valor de aislamiento. La unidad normalmente usada para medir el aislamiento de ropa es la unidad de Clo, pero la unidad más técnica  $\text{m}^2 \text{ }^\circ\text{C/W}$  también se ve frecuentemente ( $1 \text{ Clo} = 0.155 \text{ m}^2 \text{ }^\circ\text{C/W}$ )

La escala del Clo se designa desde una persona desnuda que tiene un valor de Clo de 0.0 a alguien que lleva un traje comercial típico que tiene un valor de Clo de 1.0. El valor de Clo puede calcularse si la vestimenta de las personas y los valores del Clo para las prendas individuales son conocidos, simplemente sumándolos. Obteniendo el valor del Clo a través del cálculo normalmente da una exactitud suficiente. Si se requieren los valores exactos, lo mejor para medir el valor Clo es usando un maniquí. ( Fig. 1.7)

Cuando calculamos los valores de Clo, es importante recordar que el tapizado de los asientos, los asientos del automóvil y las camas también reducen la pérdida de calor del cuerpo, y por consiguiente, éstos deben ser incluidos en el cálculo global.

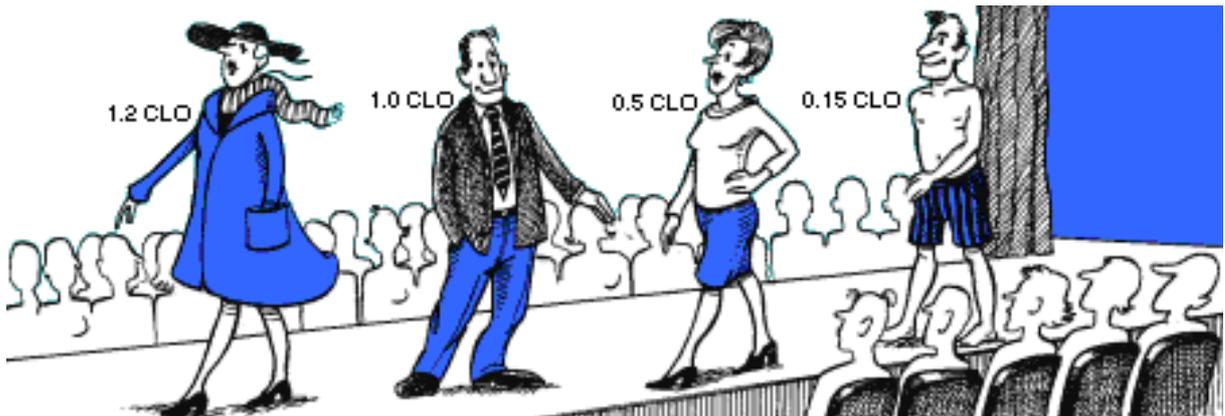


Fig. 1.7

### 1.2.7- Parámetros Físicos del Ambiente.

Al medir el clima interior térmico, es importante recordar que el hombre no siente la temperatura de la habitación, él siente la pérdida de energía del cuerpo. Los parámetros que deben medirse son aquellos que afectan la pérdida de energía. Éstos son:

Ta	Temperatura del aire	°C
Tr	Temperatura radiante media	°C
Va	Velocidad del aire	m/s
Pa	Humedad	Pa

La influencia de estos parámetros en la pérdida de energía no es igual, pero no es suficiente medir solo uno de ellos. Por ejemplo, la temperatura media radiante frecuentemente tiene tanta influencia como la temperatura del aire en la pérdida de energía.

Para caracterizar el clima térmico interior usando pocos parámetros y evitar la medición de la temperatura radiante media que es difícil de obtener y consume tiempo, se han introducido algunos parámetros integrados. Los tres más importantes son la Temperatura Operativa ( $t_o$ ), la Temperatura Equivalente ( $t_{eq}$ ) y la Temperatura Eficaz (ET \*).

Los parámetros integrados combinan la influencia en la pérdida de calor de los parámetros solos como sigue:

$t_o$	Efecto integrado de	$t_a, tr$
$t_{eq}$	Efecto integrado de	$t_a, tr, Va$
ET	Efecto integrado de	$t_a, tr, Pa$

El parámetro integrado nos ofrece la conveniencia de describir el ambiente térmico en menos números.

### 1.2.8- Temperatura Radiante Media.

Se define la Temperatura Radiante Media de la siguiente manera: si todas las superficies de un entorno estuviesen uniformemente a la misma temperatura, se produciría el mismo equilibrio de calor radiante neto que el entorno considerado con diversas temperaturas superficiales.

Medir la temperatura de todas las superficies de la habitación lleva bastante tiempo, y además es complicado el cálculo de los factores del ángulo correspondientes. Por eso el uso de la Temperatura Radiante Media se sustituirá por el cálculo de ésta si es posible.

Podría usarse la temperatura de globo, la temperatura del aire y la velocidad del aire en un punto como la entrada para el cálculo de la temperatura radiante media. La calidad del resultado es, sin embargo, dudosa en parte, porque el factor del ángulo entre el globo y las superficies en un cuarto es diferente de aquellos entre una persona y las mismas superficies, y en parte debido a la incertidumbre del coeficiente de transferencia de calor por convección del globo.

### 1.2.9- Temperatura Operativa, Equivalente y Eficaz.

Imaginemos que tomamos a una persona y la pasamos de un cuarto real a una habitación imaginaria. Entonces ajustamos la temperatura en la habitación imaginaria hasta que la persona experimente la misma pérdida de calor aquí que en la habitación real. Finalmente, determinamos la temperatura del aire la habitación imaginaria que por definición es la temperatura integrada. (Fig. 1.8) Cada uno de los parámetros de temperatura integrada tiene su propia condición específica que debe cumplirse en el habitación imaginaria, éstos son: los valores de temperatura eficaz, ET, y de temperatura equivalente,  $t_{eq}$ , dependen de los niveles de actividad de las personas y la vestimenta, considerando que el valor temperatura operativa,  $t_o$ , es normalmente independiente de estos parámetros.



Temperatura integrada ( $t_o$ ,  $t_{eq}$ , ET) es igual a la temperatura en la habitación imaginaria a la que el sujeto experimenta la misma pérdida de calor que en el cuarto real.

Figura 1.8.

### 1.2.10- Confort Térmico Local.

Al evaluar un lugar de trabajo, hablamos a menudo sobre la temperatura de confort ( $t_{co}$ ), que se define como la temperatura equivalente donde una persona se siente confortable térmicamente. Raramente hablamos sobre la humedad cómoda, esto es en parte debido a la dificultad de sentir la humedad en el aire.

Si en un cuarto se encuentran muchas personas, llevando tipos diferentes de vestido y llevando a cabo tipos diferentes de actividades, puede ser difícil crear un ambiente que mantenga el confort térmico para todos los ocupantes. Algo puede hacerse cambiando los factores que afectan el confort térmico localmente, por

ejemplo, si la temperatura equivalente es más baja que la temperatura de confort, la temperatura radiante media puede aumentarse instalando radiadores.

Afortunadamente, los individuos pueden perfeccionar a menudo simplemente su propio confort térmico ajustando su ropa para satisfacer las condiciones, por ejemplo, usando pantalón corto, enrollando las mangas de la camisa o poniéndose una chaqueta alternativamente.

### 1.2.11- El Disconfort Térmico Local.

Aunque una persona tenga una sensación de neutralidad térmica, puede que algunas partes del cuerpo estén expuestas a condiciones que producen el disconfort térmico. Esta incomodidad térmica local no puede evitarse levantando o bajando la temperatura del recinto. Es necesario eliminar la causa del sobrecalentamiento o enfriamiento local. ( Fig. 1.9)

Generalmente, el disconfort térmico local puede agruparse bajo uno de los siguientes cuatro puntos

1. Enfriamiento convectivo local causado por una corriente de aire.

2. Enfriamiento o calentamiento de partes del cuerpo por la radiación; Esto es conocido como un problema de asimetría de radiación.

3. Los pies fríos y una cabeza calurosa al mismo tiempo, causado por las grandes diferencias verticales de temperatura del aire.

4. Los pies calientes o fríos, causados por una temperatura del suelo incómoda, es decir una temperatura que contraste demasiado con la temperatura del cuerpo.

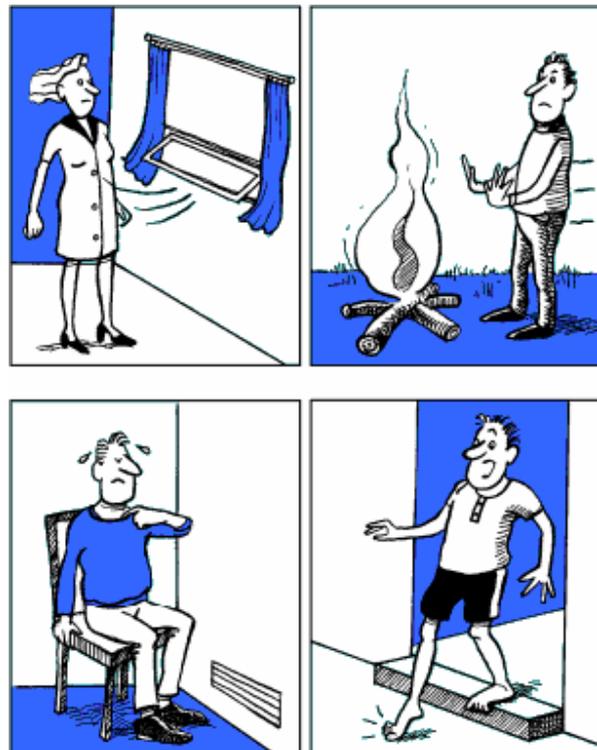


Fig. 1.9

Sólo cuando ambos parámetros de confort térmico, locales y generales se han investigado, podrá ser evaluada la calidad del ambiente térmico.

### 1.2.12- Corrientes de Aire.

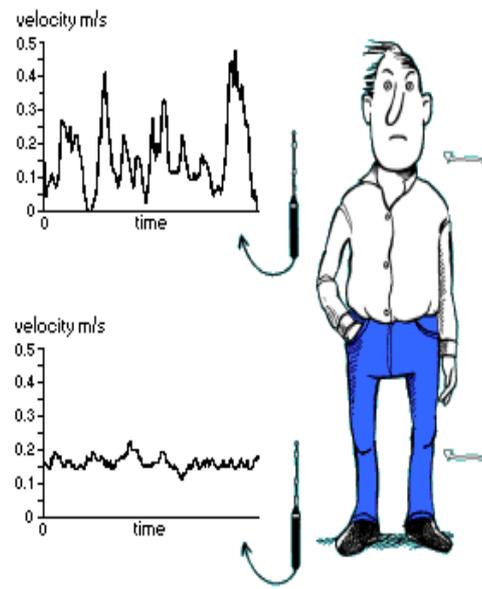
Las corrientes de aire son la queja más común al hablar sobre el clima interior en los edificios, vehículos y aviones enfriados por aire. El hombre no puede sentir la velocidad del aire, pero de lo que realmente se quejan las personas es sobre un no deseado enfriamiento local del cuerpo.

Las personas son muy sensibles a las corrientes de aire en las partes desnudas del cuerpo. Por consiguiente, normalmente se sienten las corrientes de aire solo en la cara, manos y parte baja de las piernas. (Fig. 1.10)

La cantidad de pérdida de calor de la piel causada por las corrientes de aire depende de la velocidad media del aire, así como la turbulencia en la corriente de aire y de la temperatura del aire.

Debido a la manera en que trabajan los sensores de frío de la piel, el grado de sensación de incomodidad no sólo depende de la pérdida de calor local, la fluctuación de la temperatura de la piel tiene una influencia también. Un flujo de aire con alta turbulencia se siente más molesto que un flujo de aire poco turbulento, aunque producen la misma pérdida de calor.

Se cree que son las numerosas caídas súbitas en la temperatura de la piel causada por fluctuación de la temperatura ambiente lo que inicia el envío de señales de incomodidad de los sensores de frío.



Sabemos algo sobre qué tipos de fluctuaciones causan una gran incomodidad. Este conocimiento se ha obtenido sometiendo grupos de individuos a las varias frecuencias de velocidad del aire. La fluctuación con una frecuencia de 0,5 Hz. es el más incómodo, mientras no se sienten frecuencias por encima de 2 Hz.

### 1.2.13- Evaluación de la Tasa de Corriente de Aire.

El movimiento del aire produce un aumento del intercambio de calor entre el sujeto y el ambiente, este intercambio puede implicar pérdida o ganancia de calor dependiendo de si la temperatura del aire es más alta o más baja que la temperatura de la piel del sujeto. Por lo que el movimiento del aire puede provocar el disconfort térmico en el sujeto.

El porcentaje previsto de personas inconformes debido a una corriente de aire puede calcularse usando la ecuación siguiente:

$$DR = (34 - t_a) \cdot (v_n - 0,05)^{0,62} \cdot (37 \cdot SD + 3,14)$$

donde

DR	Tasa de corriente de aire	[%]
$t_a$	Temperatura del Aire	[°C]
$v_a$	Velocidad media local del aire	[m/s]
SD	Desviación estándar de la velocidad del aire	[m/s]

Por ejemplo, si tenemos un local con una temperatura del aire de 20°C y realizamos una serie de 10 mediciones tendremos que:

Mediciones M/seg.
0,4
0,5
0,3
0,2
0,2
0,2
0,2
0,1
0,3
0,3

Desviación Estándar	Velocidad Media m/seg.	Temperatura del aire. °C
<b>0,116</b>	<b>0,270</b>	<b>20</b>

$$DR = (34 - 20) \cdot (0,270 - 0,05)^{0,62} \cdot (37 \cdot 0,116 + 3,14)$$

$$DR = 40,68\%$$

En este caso el porcentaje de personas inconformes debido al movimiento del aire sería de 40,68 %.

La ecuación de tasa de corriente de aire es de la Norma ISO 7730 y se basa en estudios que comprenden 150 sujetos. La ecuación se aplica a personas con actividad ligera principalmente sedentaria, con una sensación térmica global cerca de la neutral. Para calcular  $v_a$  y SD se usa un periodo de 3 minutos.

### 1.2.14- Asimetría de la Radiación Térmica.

Si se está de pie delante de una hoguera en un día frío, después de un tiempo se comienza a sentir un frío incómodo en la parte posterior del cuerpo. Esta incomodidad no puede remediarse acercándose al fuego, produciendo un aumento de la temperatura del cuerpo. Éste es un ejemplo de como la radiación térmica no uniforme puede producir que el cuerpo se sienta incómodo. Para describir esta no-uniformidad en el campo de la radiación térmica, el parámetro que se usa es la Asimetría de Temperatura Radiante. Este parámetro se define como la diferencia entre la Temperatura Radiante Plana de los dos lados opuestos de un pequeño elemento plano.

Experimentos en los que se exponen a las personas a grados cambiantes de asimetría de temperatura radiante han demostrado que los techos calurosos y las ventanas frías causan la mayor incomodidad, mientras los techos fríos y las paredes calurosas causan la menor incomodidad. Durante estos experimentos todas las otras superficies en el cuarto y el aire se mantuvieron a la misma temperatura. (Fig. 1.11)

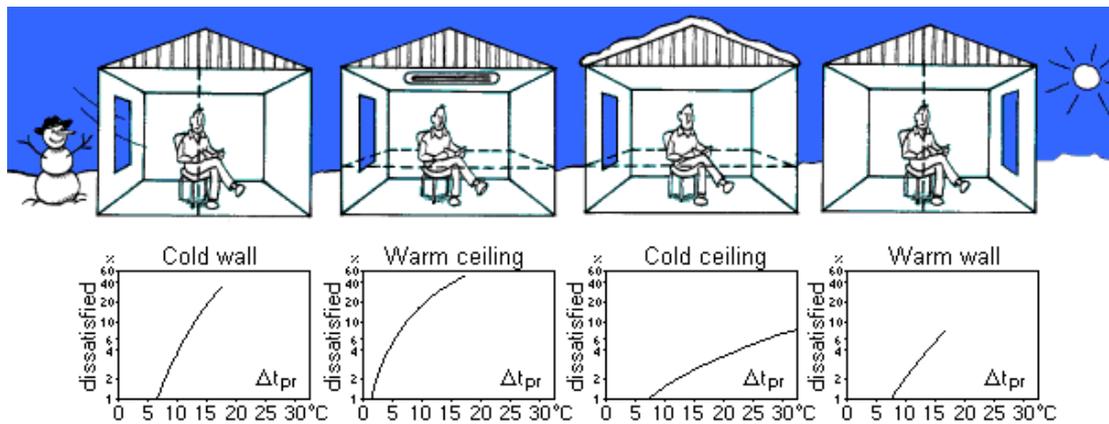


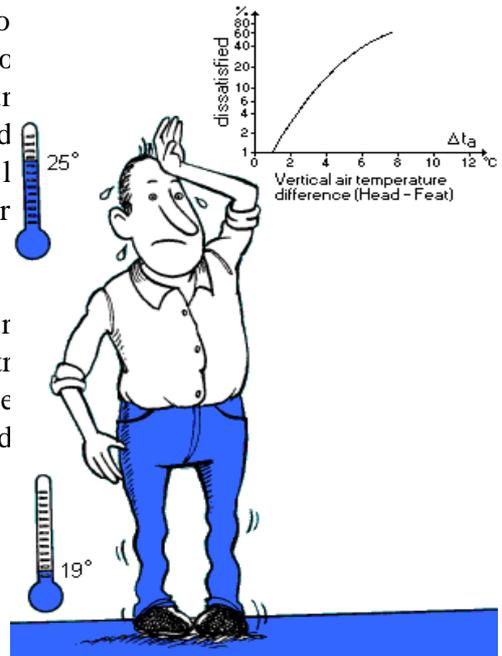
Fig. 1.11

### 1.2.15- Diferencia Vertical de la Temperatura del Aire.

Generalmente es desagradable sentir un ambiente caluroso alrededor de la cabeza teniendo al mismo tiempo frío en los pies, sin importar que esto sea causado por radiación o convección. En la última sección observábamos los límites de aceptación de Asimetría de Temperatura Radiante. Aquí veremos qué diferencia de temperatura del aire es aceptable entre cabeza y pies.

Se han llevado a cabo experimentos con personas en estado de neutralidad térmica. Los resultados mostraron que una diferencia de temperatura del aire de 3° C entre cabeza y pies dio un 5% de descontento. Los 3° C han sido escogidos en la Norma ISO 7730 como el nivel de aceptación para una persona sentada con una actividad sedentaria.

Cuando se mide la diferencia de la temperatura del aire es importante usar un sensor protegido contra la radiación térmica. Esto asegura que lo que se mide es la temperatura y no una combinación indefinida de temperatura del aire y la temperatura radiante.



(Fig. 1.12)

La diferencia vertical de temperatura del aire se expresa como la diferencia entre la temperatura del aire al nivel del tobillo y la temperatura del aire al nivel del cuello.

### 1.2.16- Temperatura del Suelo.

Debido al contacto directo entre los pies y suelo, la incomodidad local de los pies puede causarse a menudo por una temperatura del suelo demasiado alta o demasiado baja.

Hablar sobre el disconfort térmico causado por la temperatura del suelo es incorrecto cuando es la pérdida de calor de los pies la causa de la incomodidad. La pérdida de calor depende de otros parámetros además de la temperatura del suelo, como la conductibilidad y el calor específico del material del suelo y del tipo de calzado que se lleve.

La diferencia en la conductibilidad y capacidad de calor que tiene un suelo de corcho es lo que hace que se sienta tibio al tacto y frío un suelo de mármol. Si los ocupantes usan calzado normal, el material del suelo es menos significativo. Por consiguiente, ha sido posible dar algunos niveles de confort para esta "situación normal".

La Norma ISO 7730 fija niveles de confort en actividad sedentaria de 10% insatisfechos. Esto lleva a temperaturas del suelo aceptables que van de 19° C a 29° C. Aunque también los valores recomendados para suelos ocupados por personas con los pies desnudos pueden ser bastante diferentes, como por ejemplo el valor de la temperatura óptima para un suelo de mármol es 29° C y el valor recomendado para madera dura barnizada es de 26° C.

Como hemos visto las características físicas del edificio como el tipo de material de las superficies en este caso del suelo puede ser un factor importante en la construcción del ambiente térmico de un espacio.

### 1.2.17 - Las escalas PMV y PPD.

Si la comodidad térmica en un lugar de trabajo no es perfecta, ¿qué lejos estamos de ella?, o ¿entre que límites debemos mantener la temperatura y humedad para obtener un grado de comodidad térmica razonable?.

Las respuestas a estas preguntas se pueden obtener mediante el índice PMV de Voto Medio Previsto (Predicted Mean Vote). El índice PMV es el valor medio de la sensación subjetiva de un grupo de personas en un ambiente determinado.

La escala del PMV tiene un rango de sensación térmica de 7 puntos, desde - 3 (frío) a +3 (caliente), donde el 0 representa una sensación térmica neutra.

Aunque el índice PMV sea 0, todavía habrá algunos individuos que estén insatisfechos con el nivel de temperatura, a pesar que todos ellos tengan una vestimenta y un nivel de actividad similar, porque la evaluación de la comodidad difiere ligeramente entre las personas.

Para predecir cuánta gente está insatisfecha en un ambiente térmico determinado, se ha introducido el índice de Porcentaje de Personas Insatisfechas PPD (Predicted Percentage of Dissatisfied). En el índice PPD las personas que votan - 3, - 2, +2, +3 en la escala PMV se consideran térmicamente insatisfechos.

Observe que en la curva que muestra en la Fig.1.13, la relación entre PMV y PPD nunca se consigue menos de un 5% de personas insatisfechas.

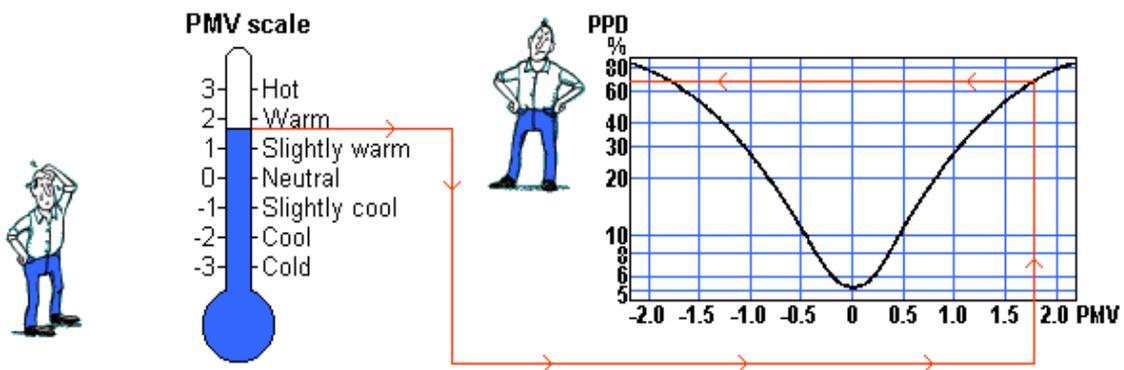


Fig. 1.13

## 1.3 - APLICACIÓN DE LA CLIMATIZACIÓN EN QUIROFANOS Y ZONAS ADYACENTES.

### 1.3.1 -Generalidades.

En los hospitales, algunas dependencias tienen ventilación forzada con aire filtrado, dichas dependencias serían normalmente aquellas con condiciones especiales estrictas de esterilidad y limpieza. Los ejemplos típicos incluirán los quirófanos y sus salas adyacentes, como los pasillos esterilizados o las salas de pre-operatorio y post-operatorio.

El suministro de aire filtrado: Se incluye en este concepto todo lo referente al Aire suministrado a salas zonas de alto riesgo, (con aplicación especial en quirófanos) por medio de un equipo de climatización y sus características desde el punto de vista de calidad, renovación y ergonomía.

- **Toma de Aire:** Siempre que sea posible, todo el aire que se suministre a quirófanos y anexos, será *Aire Exterior*.
- **Renovación por hora:** El numero de renovaciones /hora del aire suministrado a los quirófanos debe como mínimo de 15 renovaciones hora.
- **Velocidad del Aire:** No debe ser superior a 0,3 m/s con objeto de que no existan turbulencias.
- **Filtración de Aire:** Tratar de purificar el aire exterior eliminando todo tipo de impurezas (partículas gruesas, microorganismos etc.), garantizando por el climatizador una calidad de aire de acuerdo con los requisitos y niveles de filtración que previamente se establecen.

Los niveles de filtración, que deben realizarse de forma escalonada, son:

- *Prefiltración o Primer nivel:* Eficiencia del 25%. Evita la contaminación del climatizador por el aire exterior. Velocidad media de paso. 1,5 – 3 m/s.
- *Filtración de alta eficacia o Segundo nivel :* Eficacia 90%, velocidad media de paso 0,05 – 1,5 m/s.
- *Filtración Absoluta o Tercer nivel:* Eficiencia 99,97% ó 99,99% para partículas de 0,3 micras, Velocidad media de paso 0,03 – 0,05 m/s.
- **Temperatura interior en Quirófanos:** La temperatura será regulable en un rango de 20 – 23 °C.
- **Humedad relativa:** Los valores de humedad relativa pueden oscilar entre 45 – 60% en Invierno y 50 – 60% en verano. Mantener el adecuado porcentaje de humedad relativa en quirófanos es necesario no solo por motivo asistenciales (intercambio calórico, etc), si no también por la eliminación de cargas electrostáticas.
- **Nivel de Ruido:** Los niveles admisible de ruido suministrados por los equipos de climatización no deben exceder de 35 dBA.

- **Presurización:** Los quirófanos deben estar en sobre presión respecto a otras zonas y locales adyacentes. La diferencia entre los caudales del aire de impulsión y de extracción determinarán las presiones positivas a alcanzar en función de las necesidades establecidas y del tipo de local.
- **Funcionamiento del Aire Acondicionado:** El aire acondicionado debe ponerse en funcionamiento, al menos, dos horas antes del inicio de cualquier intervención y mantenerse durante toda la actividad quirúrgica, permaneciendo las puertas de quirófanos cerrada.

### 1.3.1 - Equipos de aire acondicionado para la climatización de zonas hospitalarias.

#### Todo aire: Enfriado por agua. Fig. 1.14

- El agua fría producida no se distribuye a los locales.
- Se utiliza en CLIMATIZADORES (UTA's).
- Permite un control exhaustivo en los procesos de tratamiento de aire.
  - Temperatura
  - Humedad
  - Ventilación
  - Filtrado
- Requiere de conductos (gran sección).
- No precisa de mantenimiento en los locales.
- Facilidad de recuperación de calor y free-cooling.

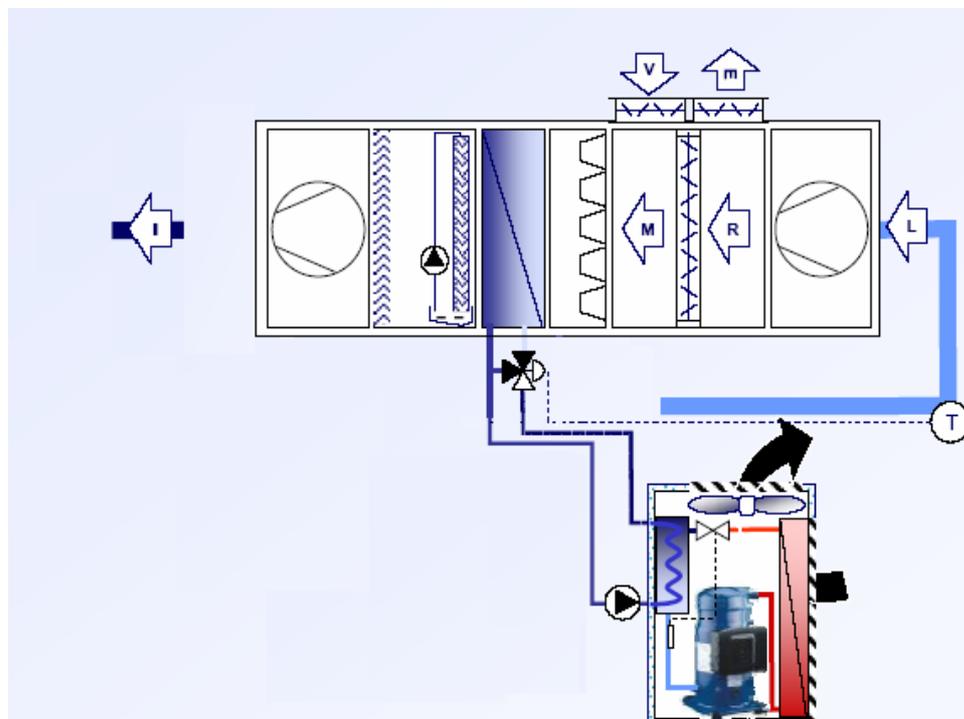


Fig.1.14

**Todo aire: De Expansión Directa. Fig.1.15**

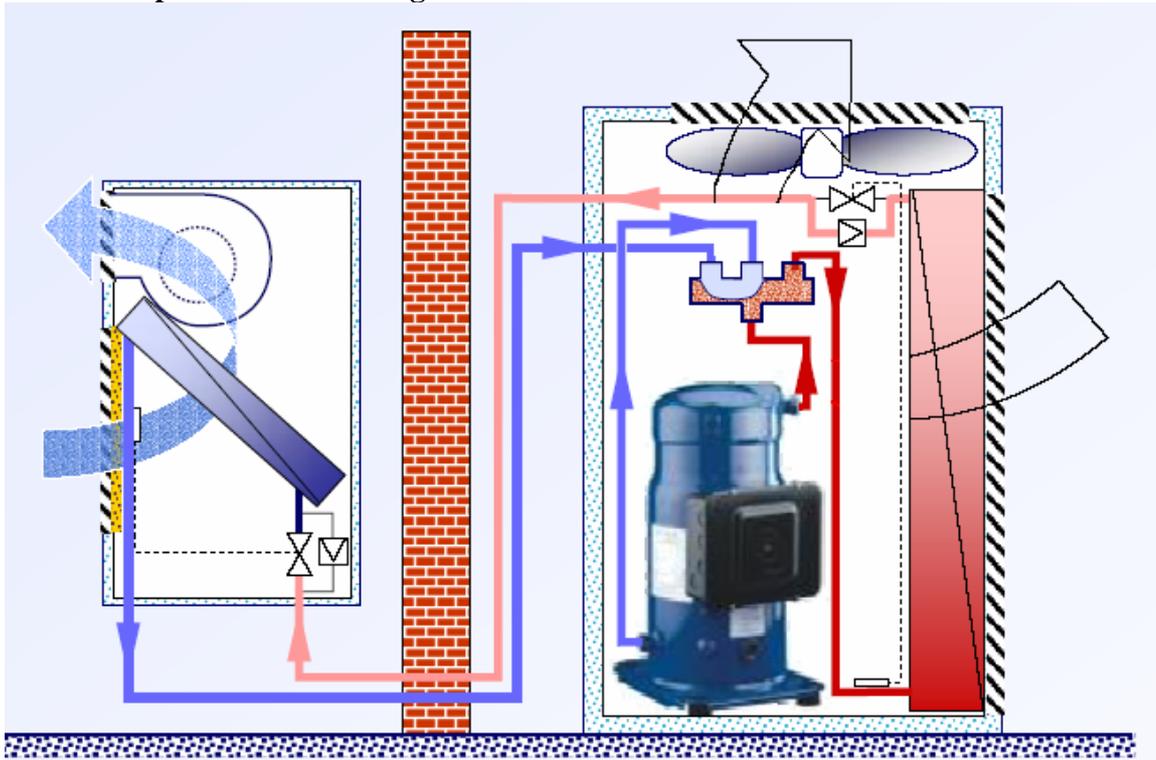


Fig. 1.15

**Conclusiones Parciales.**

- 1 - Existe una amplia gama de equipos destinados a la climatización, por lo que la selección del equipamiento requerido para una instalación particular requiere de análisis técnico- económicos detallados.
- 2 - Los fenómenos relacionados con el confort y ambiente térmico son numerosos y diversos. Existen en la literatura revisada numerosos índices para la evaluación del ambiente térmico y la percepción del ambiente térmico por los ocupantes.
- 3 - La climatización de zonas hospitalarias necesita especificaciones adicionales que hacen imprescindible un análisis mas detallado para la correcta selección de los equipos de climatización de acuerdo con las funciones específicas.

## CAPÍTULO. II

### 2.1 – Descripción de la Instalación

El Centro de Oftalmología del Hospital Gustavo Aldereguia Lima se inauguró el 9 de Octubre del 2005, con el objetivo de dar una atención de calidad a los pacientes con padecimientos oftalmológicos, tanto cubanos como latinoamericanos con una tecnología de punta.

El Centro tiene mas del 90 % de los locales climatizados en función de la utilización de los mismos. A continuación se ofrecen los parámetros de climatización requeridos por tipo de local:

**Quirófanos y Salón de Cirugía Menor.** Locales 1 al 4 ( Ver Anexos 1 y 2,):

Necesitan condiciones ambientales especiales [temperatura entre 19°C y 22°C y humedad relativa entre 30% y 40%] para el buen funcionamiento de los microscopios (Visu 210 con Estático S81), así como para evitar el riesgo de infección por la proliferación de gérmenes.

**Pasillo Estéril (local 8), Pre y Postoperatorio (locales 6 y 14) y el Banco de Cornea (Local 22)**

Requieren de condiciones similares [temperatura entre 19°C y 22°C y humedad relativa entre 30% y 40%].

Existen también en el centro otros locales sin funciones especiales, en los que se requieren condiciones de confort regulares [temperatura entre 23 y 25 °C, humedad relativa entre 40 y 60 %]. Ellos son:

LOCAL	UBICACIÓN. Fig. 1; 2; 3
-Almacene material esterilizado.	---- # 29
-Área de estar	---- # 35
-Recepción.	---- # 38
-Almacén de medicamentos.	---- # 30
Local para camillas y sillas de ruedas.	---- # 31 ---- # 24
-Comedor de empleados.	---- # 21
Oficinas de Banco de córneas.	---- # 11
- Puesto de mando.	---- # 12
-Oficina de los jefes de sala.	---- # 13
-Local de discusión de casos.	---- # 32
Almacén de insumos	

Es de gran importancia que un sistema de climatización de un centro Oftalmológico de tales características, cuente con un adecuado ajuste, mantenimiento y control del sistema, esto permitirá cumplir con un buen rendimiento de los equipos de climatización.

Con el objetivo de satisfacer los requerimientos ambientales que necesita el Centro Oftalmológico, el sistema de climatización del centro se subdivide en siete subsistemas con las características siguientes:

## **2.2 – Características de los subsistemas. Generalidades.**

En la sociedad actual confluyen dos circunstancias que hacen de la climatización una necesidad cada vez mayor: por un lado, la consecución de un mayor confort en todos los aspectos de nuestra vida, y por otro, el elevado número de horas que pasamos en recintos cerrados, sin apenas ventilación natural. Para solucionar estas nuevas exigencias, los sistemas de climatización deben aportar un aire con las características físicas adecuadas en cuanto a temperatura, grado de humectación y a una adecuada velocidad. Además, debe ser una instalación silenciosa y tratar solamente, aire limpio, que ayude a aportar una excelente calidad del aire interior en los espacios cerrados. Para que esto sea así, es esencial partir de un buen proyecto, que todos los elementos que componen el sistema de aire acondicionado sean los adecuados, y que una vez en funcionamiento, se realice un correcto mantenimiento de la instalación. Dentro de los elementos que componen el sistema de aire acondicionado, el papel de los conductos de aire pasa a ser, en muchos aspectos, vital.

Todos los subsistemas del Centro Oftalmológico analizados en este trabajo presentan las mismas características. El frío producido en el equipo de aire acondicionado es transportado a los locales a climatizar mediante aire, empleándose para ello conductos de zinc galvanizado aislados con lana de vidrio de espesor 1". El aire frío se emite en los locales a través de rejillas que forman parte de una red de conductos de distribución. Este aire, proviene del local a climatizar y de tomas exteriores (Aire de reposición) y se inyecta al local ya tratado, es decir, filtrado, enfriado y deshumidificado según las necesidades. (Fig. 3.1).

En todos los subsistemas, el aire enfriado proviene de una manejadora, consola semi-integral del tipo *SPLIT CENTRAL* con batería de expansión directa atendida desde un equipo partido (Ver Fig. 3.1), la regulación de la temperatura del aire en estos, puede ser a través del control de temperatura o regulando simplemente el flujo de aire a través de las rejillas ubicadas en los locales a climatizar, o variando el caudal del aire de impulsión en la propia manejadora el control de temperatura deseada se mantiene por actuación automática sobre el equipo productor (parar o arrancar).

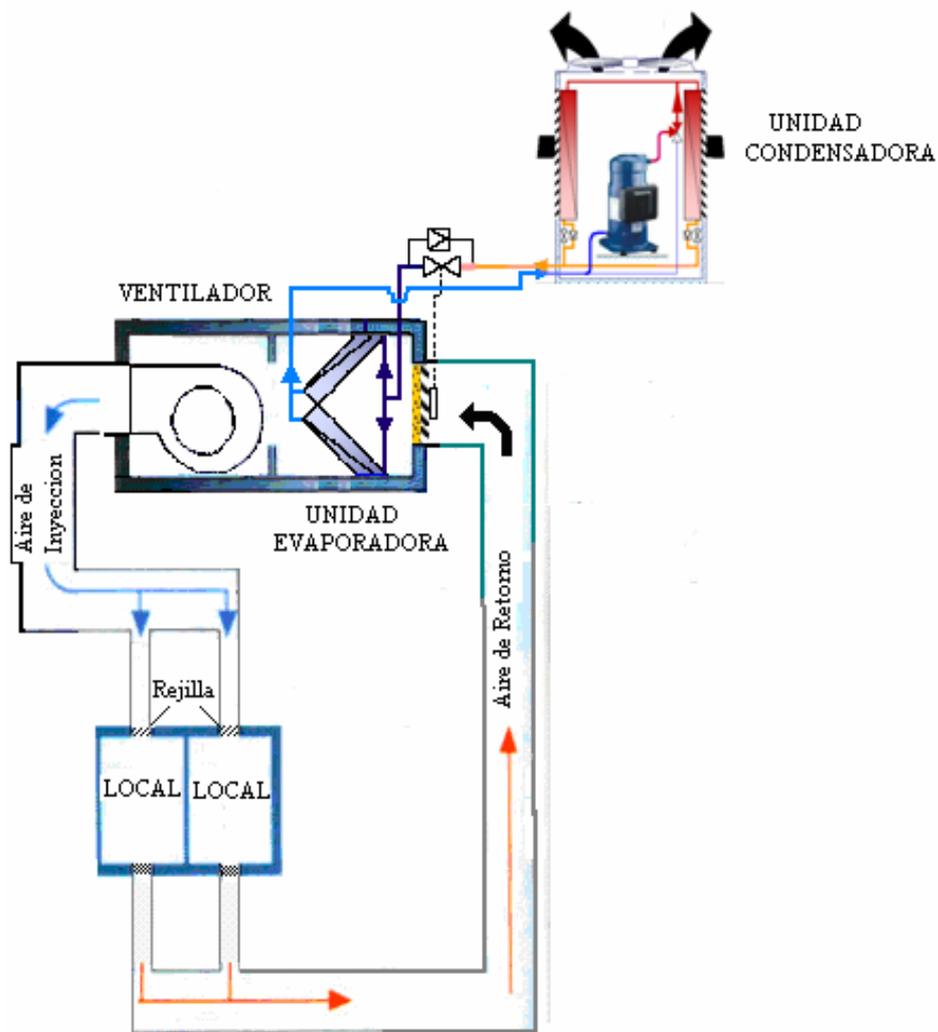


Fig. 3.1 Esquema de Flujo del Split Central

**Subsistema #1:**

Sistema conformado por dos Split Centrales Modelo (LN –0421AC) acoplados en paralelos, ubicado en el local # 34 (Local de Clima) que suministran aire al Comedor de Empleados (24), Banco de Corneas (22), Oficinas del Banco de Corneas (21), Puesto de Mando (11), Oficina del Jefe de Sala (12) y al Local de Discusión de Casos (13). Ver anexo 1.

**Subsistema # 2 :**

Sistema conformado por un Split Central modelo LN- 0421AC ubicada horizontalmente, ubicada en el local 34 (local de clima). Esta consola le suministra aire al local de Cirugía Menor (4). Ver anexo 1

**Subsistema # 3:**

Sistema conformado por un Split Central modelo LN – 0521AC el cual está ubicado en la azotea del 4<sup>to</sup> y le suministra aire a el Quirófano 3. ). Ver anexo 1

**Subsistema # 4:**

Sistema conformado por un Split Central modelo LN- 0421AC ubicado en la azotea del 4<sup>to</sup> piso y le suministra aire al Quirófano 2. ). Ver anexo 1

**Subsistema #: 5**

Sistema conformado por un Split Centrales modelo LN- 0421AC ubicado en la azotea del 4<sup>to</sup> piso y le suministra aire al Quirófano 1. ). Ver anexo 2

**Subsistema # 6:**

Sistema conformado por un Split Central modelo LN – 10BOAC el cual está ubicado en consulta externa segundo piso. Esta consola le suministra aire al Pasillo Estéril (8), Post – Preoperatorio (14; 6 respectivamente), Almacenes (29; 30; 32 ; 31). ).  
Ver anexo 2

**Subsistema # 7:**

Sistema conformado por dos Split Central modelo LN- 0421AC colocados verticalmente con la particularidad de que la descarga de estos es a plenum (descarga libre), están ubicados en el local 16(Guarda Ropas de Pacientes). Estas consolas le suministran aire a los locales 35 (Área de Estar) y al local 38 (Recepción). Ver anexo 3

## 2.3 – Características de los Equipos de Climatización empleados.

### MODELO LN-0421AC

- Filtro Lavable.
- Serpentín interior con control anticongelamiento.
- Función de seguridad de retardo del tiempo.



Especificaciones
<b>COOLING (Btu/hr) :</b> 47,000
<b>COOLING (Kcal/h)/(RT) :</b> 11,844/4
<b>ELECTRICAL DATA</b>
<b>Voltage, Frequency, Phase (V, Hz, Φ) :</b> 1,220,60
<b>Power Inout (kW) :</b> 4,200
<b>PERFORMANCE</b>
<b>EER :</b> 10
<b>CFM :</b> 1,600
<b>FEATURES</b>
<b>WASHABLE FILTER :</b> YES
<b>COND FIN DEFROST CONTROL :</b> YES
<b>TIMW DELAY SAFETY FUNCTION :</b> YES
<b>DIMENSION</b>
<b>INDOOR UNIT (WxHxD) (mm) :</b> 600 X 1,135 X 500
<b>OUTDOOR UNIT (WxHxD) (mm) :</b> 900 X 1,220 X 370
<b>NET WEIGHT INDOOR/OUTDOOR (kg) :</b> 63/105
<b>thermostat :</b> ELECTRO MECH, THERMOSTAT

**MODELO LN0521AC.**

**Características Generales.**

- Cuatro posiciones de descarga, horizontal (zq - der.) y vertical(arriba - abajo)
- Charola plástica de drenaje
- Serpentín de alta eficiencia en el evaporador
- Acero galvanizado pintado
- Filtro lavable anti-hongos
- Ventilador multi-velocidades velocidades y reloj retardador PCB
- Sensor anti-congelamiento
- Compresor de alta confiabilidad
- Válvula de desahogo de presión interna que protege al compresor contra alta presión
- protección interna contra sobrecarga del compresor
- Termopozo para revisar la presión en el sistema



Características	Especificaciones
<b>COOLING (Btu/hr) :</b>	58,000
<b>COOLING (Kcal/h)/(RT) :</b>	14,617/5
<b>ELECTRICAL DATA</b>	
<b>Voltage, Frequency, Phase (V, Hz, Φ) :</b>	1,220,60
<b>Power Inout (kW) :</b>	6,6500
<b>PERFORMANCE</b>	
<b>EER :</b>	10
<b>CFM :</b>	1,800
<b>FEATURES</b>	
<b>WASHABLE FILTER :</b>	YES
<b>COND FIN DEFROST CONTROL :</b>	YES
<b>TIMW DELAY SAFETY FUNCTION :</b>	YES
<b>DIMENSION</b>	
<b>INDOOR UNIT (WxHxD) (mm) :</b>	600 X 1,135 X 500
<b>OUTDOOR UNIT (WxHxD) (mm) :</b>	900 X 1,220 X 370
<b>NET WEIGHT INDOOR/OUTDOOR (kg) :</b>	63/105
<b>thermostat :</b>	ELECTRO MECH, THERMOSTAT

## MODELO LN0521AC

### Características:

- Tamaño compacto
- Tablilla de control micro computarizada
- Paneles de servicio de fácil acceso
- Filtros anti Hongo higiénicos
- Malla protectora de aletas del condensador
- Calefactor eléctrico opcional
- Control remoto alámbrico



Características principales	
Voltaje / Frecuencia / Fase (V,HZ,Φ)	220,60,3
<b>Características Electricas</b>	
Consumo (Watt)	14,000
<b>Capacidad</b>	
Enfriamiento (Btu/hr)	118,000
<b>Rendimiento</b>	
EER (Btu/hr.W)	8.4
<b>Instalación</b>	
Dimensión : Indoor (WxHxD) (mm)	1,260x1,120x635
Dimensión: Outdoor (WxHxD) (mm)	1,245x930x650
Peso : Indoor/Outdoor (Kgs)	150/69

## 2.4 - METODO UTILIZADO PARA EVALUAR EL CONFORT TÉRMICO.

El método consiste en realizar encuestas sobre el terreno como un primer acercamiento al conocimiento de que condiciones son confortables. Se permite que las condiciones cambien libremente y a los usuarios que se vistan y se comporten como lo harían normalmente. El experimentador comprueba entonces las características físicas del ambiente y las relaciona con las sensaciones de los usuarios para establecer la evaluación.

### 2.4.1 - Encuesta empírica de campo

En la encuesta de campo ver Anexo # 4, esta consiste en preguntar a los encuestados cual es su sensación térmica en una escala subjetiva que va desde “demasiado frío” hasta “demasiado cálido”. Esta encuesta se conoce normalmente como “Voto de confort”. Las variables ambientales se miden al mismo tiempo que las reacciones subjetivas. El interés está generalmente en encontrar una temperatura o un campo de temperaturas y de otras variables ambientales que las personas del lugar puedan encontrar confortables. Como el objetivo es conocer la reacción típica frente a las condiciones, no se intenta interferir en la manera de vestir, así toda la complejidad de la situación se incluye en las respuestas de los sujetos experimentales.

### VOTO DE CONFORT

La sensación subjetiva de confort térmico del sujeto se mide utilizando el índice PMV (valor medio de la sensación subjetiva de un grupo de personas en un ambiente determinado). La escala del PMV tiene un rango de sensación térmica de 7 puntos, desde - 3 (frío) a +3 (caliente), donde el 0 representa una sensación térmica neutra. Al sujeto se le pregunta sobre su sensación en una escala descriptiva como la de ASHRAE o Bedford:

Caliente	+3	Excesivamente caliente
Cálido	+2	Demasiado caliente
Algo cálido	+1	Confortablemente cálido
Neutral	0	Confortable, ni frío ni cálido
Algo frío	- 1	Confortablemente fresco
Fresco	- 2	Demasiado frío
Frío	- 3	Excesivamente frío

El valor resultante se llama Voto de Confort (C).

El primer objetivo es descubrir que combinación de variables ambientales describe mejor las respuestas subjetivas de los sujetos. Para ello realiza un análisis estadístico de los datos. En el índice **PPD** las personas que votan - 3, - 2, +2, +3 en la escala **PMV** se consideran térmicamente insatisfechos. El efecto de la habituación, así como del entorno y del medio social son siempre parte de la respuesta a la encuesta.

El concepto implícito en este método es que las personas son capaces de actuar como instrumentos de medición de su entorno, suposición que se apoya en las raíces de la psicofísica. En efecto, las personas actúan como instrumentos de medida, no solo de la temperatura, sino de todo el conjunto de factores ambientales y sociales simultáneamente. Los resultados del sistema son los específicos de las condiciones medidas, lo que significa

que cualquier fórmula resultante del proceso estadístico debe contemplarse con precaución y juzgarse en los campos físicos a la vez que en los estadísticos.

#### 2.4.2 – RESULTADOS OBTENIDOS DEL ANALISIS DE LAS ENCUESTAS.

En el análisis de las encuestas sobre confort térmico (ver Anexo # 2), realizadas en el Centro de Oftalmología a trabajadores, pacientes y acompañantes, se determinaron los siguientes índices de **PMV** y **PPI**, sujetos a la temperatura y humedad relativa (Tabla.3) medidas en el momento que fue aplicada la encuesta..

En la Tabla.1 se muestran los resultados de la encuesta de sensación térmica por local.

**Tabla.3**

LOCALES	Ext. caliente 3	Caliente 2	Lig. caliente 1	Confort 0	Lig. Frio -1	Frio -2	Ext. Frio -3
BANCO DE CORNEAS	0	0	0	0	1		12
PUESTO DE MANDO	0	0	0	0	9		8
COMEDOR	0	0	0	0	0		26
RECEPCION	0	0	0	3	12		16
POST-OPERATORIO	0	0	0	0	2		22
PREOPERATORIO	0	0	0	0	7		20
PASILLO EXTERIOR	0	0	0	0	0		32
QUIROFANO 1	0	0	0	0	0		13
QUIROFANO 2	0	0	0	0	1		12
QUIROFANO 3	0	0	0	0	0		11
CIRUGIA MENOR	0	0	0	0	0		14
OFICINA JEFE DE SERV.	0	0	0	0	3		7

En la Tabla.4 se muestran las temperaturas y humedades relativas medidas en cada local en el momento en que se aplicaba la encuesta en dicho local.

**Tabla.4**

LOCALES	TEMP. Y HUMEDAD RELATIVA MEDIDAS EN EL LOCAL EN EL MOMENTO DE APLICAR LA ENCUESTA.	
BANCO DE CORNEAS	15.7 °C	80%
PUESTO DE MANDO	20,3 °C	66%
COMEDOR	17,5 °C	85%
RECEPCION	21,5 °C	54%
POST-OPERATORIO	19,8 °C	56%
PREOPERATORIO	17 °C	53%
PASILLO EXTERIOR	16,1 °C	58%
OFICINA JEFE DE SERVICIOS	19,3 °C	66%
QUIROFANO 1	17.8 °C	52%
QUIROFANO 2	19 °C	57%
QUIROFANO 3	17.2 °C	53%
CIRUGIA MENOR	17 °C	55%

En la Tabla.5 se indican los índices VMP y PPI por locales y el total de encuestados.

**Tabla.5**

LOCALES	VMP	Confort	Lig. Frío	Frío	Ext. Frío
		0	-1	-2	-3
BANCO DE CORNEAS	PPI	0%	8%		92%
PUESTO DE MANDO		0%	53%		47%
COMEDOR		0%	0%		100%
RECEPCION		10%	39%		52%
POST-OPERATORIO		0%	8%		92%
PREOPERATORIO		0%	26%		74%
PASILLO EXTERIOR2		0%	0%		100%
OFICINA JEFE DE ERVIC.		0%	30%		70%
QUIROFANO 1		0%	0%		100%
QUIROFANO 2		0%	7%		93%
QUIROFANO 3		0%	0%		100%
CIRUGIA MENOR		0%	30%		70%
<b>TOTAL DE ENCUESTADOS EN TODOS LOS LOCALES</b>		VMP	Confort 0	Lig. Frío -1	Frío -2
231	PPI	2%	15%		83%

En la Tabla. 6 se muestran las temperatura de consigna y temperaturas medidas en los locales.

**Tabla.6**

LOCALES	TEMPERATURA DE CONSIGNA FIJADA	TEMPERATURA MEDIDA EN EL LOCAL
	<sup>0</sup> C	<sup>0</sup> C
BANCO DE CORNEAS	20	15.7
PUESTO DE MANDO	20	20,3
COMEDOR	20	17,5
RECEPCION	20	21,5
POST-OPERATORIO	20	19,8
PREOPERATORIO	20	17
PASILLO EXTERIOR	20	16,1
OFICINA JEFE DE SERVICIOS	20	19,3
QUIROFANO 1	20	17.8
QUIROFANO 2	20	19
QUIROFANO 3	20	17.2
CIRUGIA MENOR	20	17

En la Tabla. 7 se muestran las temperaturas de consigna y temperaturas establecidas en normas.

**Tabla.7**

LOCALES	TEMPERATURA DE CONSIGNA FIJADA	TEMPERATURA DE CONSIGNA ESTABLECIDAS POR NORMAS
	<sup>0</sup> C	<sup>0</sup> C
BANCO DE CORNEAS	20	20 ± 2
PUESTO DE MANDO	20	23 ÷ 25
COMEDOR	20	23 ÷ 25
RECEPCION	20	23 ÷ 25
POST-OPERATORIO	20	20 ± 2
PREOPERATORIO	20	20 ± 2
PASILLO EXTERIOR	20	20 ± 2
OFICINA JEFE DE SERVICIOS	20	23 ÷ 25
QUIROFANO 1	20	20 ± 2
QUIROFANO 2	20	20 ± 2
QUIROFANO 3	20	20 ± 2
CIRUGIA MENOR	20	20 ± 2

En la Tabla. 8 se encuentran el número de personas encuestadas por subsistema según su sensación térmica y además, el índice PPI correspondiente que representa el número de persona con disconfort.

**Tabla.8**

# PERSONAS ENCUESTADAS SEGÚN SENSACION TERMICA POR SISTEMA.							
	Ext.		Lig.		Lig.		Ext.
	Caliente	Caliente	Caliente	Confort	Frío	Frío	Frío
ZONA SISTEMA 1	0	0	0	0	13	53	
ZONA SISTEMA 2	0	0	0	0	0	14	
ZONA SISTEMA 3	0	0	0	0	0	11	
ZONA SISTEMA 4	0	0	0	0	1	12	
ZONA SISTEMA 5	0	0	0	0	0	13	
ZONA SISTEMA 6	0	0	0	0	9	74	
ZONA SISTEMA 7	0	0	0	3	12	16	
VMP	3	2	1	0	-1	-2	-3
	0%	0%	0%	0%	20%	80%	
	0%	0%	0%	0%	0%	100%	
	0%	0%	0%	0%	0%	100%	
	0%	0%	0%	10%	7%	93%	
	0%	0%	0%	10%	0%	100%	
PPI	0%	0%	0%	0%	11%	89%	
	0%	0%	0%	10%	39%	52%	

### **Conclusiones parciales.**

- 1- El estudio de confort térmico realizado permite concluir que existen problemas de desconfort térmico en todos los locales del centro. Según los resultados de las encuestas la situación mas critica se halla en los locales donde el PPI llega hasta 100 %
- 2- Se comprobó una diferencia notable entre las temperaturas de consigna de los sistemas de climatización y las reales medidas durante el estudio, como se evidencia en la (tabla 6). Ello indica la necesidad de profundizar en el funcionamiento de los sistemas de regulación y la comprobación del dimensionamiento de los sistemas utilizados.
3. El análisis comparativo de las temperaturas de consigna de los locales y las recomendaciones de ASHRAE para la zona de confort térmico y requisitos de aplicaciones especiales (tabla 7), evidencia que en todos los casos se trabaja en los valores extremos inferiores de las temperaturas de consigna, por lo que cualquier alteración conducirá a la situación de desconfort.

### 3.3 - CÁLCULO VERIFICATIVO DE LA CARGA TÉRMICA DE LOS SUBSISTEMAS DE CLIMATIZACIÓN DEL CENTRO DE OFTALMOLOGÍA.

#### 3.3.1 - Metodología utilizada

Los aspectos conceptuales y los procedimientos de cálculo que se utilizan en el presente trabajo están basados principalmente en manuales de la Sociedad Americana de Ingenieros en Calefacción, Refrigeración y Aire Acondicionado (ASHRAE por sus siglas en inglés). Estos conceptos y procedimientos, así como la metodología que proponen en el método de Funciones de Transferencia, han sido adaptados a las condiciones y requerimientos regionales, instrumentados con sistemas computacionales e integrados con datos climatológicos y parámetros técnicos y económicos locales, de tal forma que permiten construir paquetes de simulación para casos específicos. El método de las funciones de transferencia es considerado uno de los más precisos para el cálculo térmico. Otros métodos están considerados como simplificaciones del mismo. La metodología requiere del uso de funciones de transferencia por conducción y de factores de ponderación, de coeficientes para el cálculo de transmitancia y absorbancia en vidrio y de coeficientes normalizados para funciones de transferencia al aire del espacio, entre otros. Estos factores y coeficientes son obtenidos de bases de datos y de manuales de ASHRAE.

Esta metodología ha sido aplicada a casos específicos en diversas regiones, y sus resultados parciales y totales han sido validados mediante medición y monitoreo de campo, así como por la reproducción de demandas, consumos y facturaciones históricas de energía eléctrica. En el trabajo realizado *in situ* se reportan medición y monitoreo de temperaturas y humedades ambiente exteriores e interiores, medición y monitoreo de temperaturas en superficies externas, internas y de interfase (aislante-techo, aislante-muro) para techos y muros aislados y no aislados, medición y monitoreo de variables eléctricas en centros de acometida y medición, en tableros de distribución y en equipos, medición de temperaturas, humedades y flujos de aire a la entrada y salida del equipo de acondicionamiento ambiental (manejadoras, equipo paquete, equipo de ventana), descarga y retorno en conductos y rejillas, medición y monitoreo de radiación solar en vidrios con y sin películas reflectivas. El trabajo está orientado tanto para profesionales con experiencia en cálculo y diseño de sistemas de aire acondicionado como para aquellos que se inician en este campo.

Los procedimientos de cálculo establecidos por el Método de Funciones de Transferencia por Conducción (MFTC) son ampliamente utilizados (en diferente grado) por una buena parte de los simuladores comerciales, en especial por aquellas firmas dedicadas a proyectar sistemas de acondicionamiento ambiental, bufetes de ingeniería, proveedores y fabricantes de equipos de aire acondicionado. Sin embargo, cada versión se ha adaptado para considerar las condiciones de las zonas de interés y se limitan, por lo general, a dimensionar capacidades bajo condiciones de diseño y efectuar estimaciones gruesas de perfiles de beneficios potenciales en ahorro de energía y facturación. El simulador SIMTERCAL, utilizado para el cálculo térmico del centro de Oftalmología se basa en la metodología anteriormente mencionada. Este simulador se compone de un paquete de 16 hojas de calculo (Microsoft Excel). A continuación se da una breve explicación de cómo se trabaja con el paquete.

### 3.1.1 - DATA2

Este archivo recoge los datos constructivos del local en el se desea determinar la carga térmica, altura, longitud y area de los diferentes muros y techo, la cantidad de ventanas y puertas y su área con su respectiva ubicación en cada muro. Se define, si las paredes son, interiores o reciben asolamiento directo y en el caso del techo si este se encuentra en el piso superior, intermedio o planta baja y si posee algún agujero de traga luz. Se introducen los materiales de los diferentes muros con los coeficientes de transferencia de calor respectivos de cada uno, se calculan los coeficientes bn y dn de transferencia de calor de las paredes de los locales y los factores de ponderación de las habitaciones.

### 3.1.2 - SCRW4

Archivo que se emplea como pantalla de control de alimentación de información así como de presentación de los resultados de potencia de enfriamiento horaria necesaria para cada día analizado. En esta pantalla se reportan los requerimientos de enfriamiento una vez integradas todas las ganancias de calor instantáneas y convertidas en potencia de enfriamiento horaria. En este archivo se requiere introducir la temperatura máxima y mínima de diferentes días seleccionados como días seleccionados a conveniencia.

Estos datos se utilizan junto con algunas ecuaciones para obtener el perfil de temperatura horaria del día en cuestión. Asimismo se requerirán para obtener las correspondientes temperaturas horarias aire-sol.

### 3.1.3 - MEX1TH Cálculo de temperaturas horarias

Corresponde al nombre del archivo que contiene la función de Fourier empleada para calcular la temperatura horaria ambiente a partir de los datos de temperaturas máxima y mínima del día obtenido en el archivo SCRW4.

$$\hat{T}(t) = \langle m \rangle + A \cos\left(\frac{2t}{24}\right) + B \sin\left(\frac{2t}{24}\right); \quad t = 1, 2, 3 \dots 24 \quad (2.1)$$

donde  $\hat{T}(t) = \frac{T_{max} - T(t)}{T_{max} - T_{min}}$ ,  $\langle m \rangle = 0.49469$ ,  $A = 0.21300$ , y  $B = 0.24652$

### 3.1.4 - MEX2TAS Cálculo de radiación solar y factor temperatura aire-sol.

Es el nombre del archivo donde se realiza el cálculo de la radiación solar incidente sobre cada superficie de la envolvente del edificio. Calcula asimismo la cantidad de radiación difusa y las convierte, a su vez, en el factor de temperatura aire-sol correspondiente. Para ello se requiere introducir los siguientes datos de referencia y longitud local (en grados). Para Cienfuegos se tiene

LST (Meridiano estándar para la región de tiempo local)	Longitud local (grados)	Latitud de la localidad
90°	-80.44°	22.144°

Los datos anteriores y la aplicación de diferentes ecuaciones producen los resultados de la intensidad total absorbida en (Btu/hft<sup>2</sup>) para este día dado.

	Techo	Norte	Sur	Este	Oeste
F2	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

Con esta información se determinan las temperaturas aire-sol para cada superficie. Es necesario recordar que cada muro y el techo reciben una cantidad de radiación solar incidente que varía de acuerdo a la hora del día por el movimiento mismo del sol pero también por la orientación de la superficie misma. Así por ejemplo, un muro orientado al este recibe asoleamiento directo durante la mañana hasta cerca de las 12:00 hrs. en tanto que el muro oeste sólo recibe radiación difusa en ese mismo período. Durante la tarde, el muro oeste recibe radiación solar directa mientras que el este sólo la radiación difusa. Por otro lado, un techo prácticamente está expuesto a la radiación directa durante todo el día. El cálculo de la temperatura aire-sol es relativamente sencillo una vez conocidos los parámetros requeridos. La expresión requerida es la siguiente:

$$t_e = t_0 + \alpha I_t / h_0 - \epsilon \delta R / h_0$$

donde  $\delta R$ , la diferencia entre la radiación incidente de onda larga y la radiación emitida por un cuerpo negro a la temperatura ambiente exterior, usualmente se considera igual a cero para superficies verticales. Puesto que la temperatura aire-sol es un resultado directo de la cantidad de radiación solar absorbida por una superficie, el valor de la misma es función de la orientación y la cantidad total de radiación absorbida.

### 3.1.5 - GT4SW Cálculo de ganancia de calor en techo.

Es el archivo de cálculo de ganancias instantáneas de calor en techos. Se requiere especificar la información como se describió en el ejemplo 4.1.1. Para el problema que nos ocupa el techo es de concreto pesado de 8 pulgadas de espesor con plafón. Adicionalmente la losa tiene un recubrimiento de ladrillo de 2 pulgadas y terminados interior y exterior de mortero de cemento-arena. Los datos necesarios son los siguientes:

### Datos de materiales y resistencias térmicas

Descripción	CÓDIGO	R (hft <sup>2</sup> °F/Btu)
Resistencia superficial externa	A0	0.33
Aplanado exterior	A6	0.17
Ladrillo de 2"	A2	0.21
Losa de concreto de 8"	C10	0.67
Espacio de aire	E4	1.00
Plafón de yeso	E1	0.45
Resistencia superficial interior	E0	0.69
Resistencia total		3.52

### 3.1.6 - GN4SW Cálculo de ganancia de calor en muro norte.

En este archivo se efectúa el cálculo de ganancias de calor para un muro orientado al norte con las características descritas en la tabla siguiente.

#### Materiales y resistencias térmicas

Descripción	Código	R (hr ft <sup>2</sup> °F/Btu)
Resistencia superficial externa	A0	0.25
Aplanado exterior	A6	0.15
Block de concreto	C8	0.97
Aplanado interior	A6	0.15
Loseta	E2	0.05
Resistencia superficial interior	E0	0.69
Resistencia total		2.2
Coefficiente global de transferencia de calor	0.4545 (Btu/h ft <sup>2</sup> °F)	

### 3.1.7 - GS4SW Cálculo de ganancia de calor en muro sur.

Calcula las ganancias térmicas horarias de calor a través del muro sur. El procedimiento es análogo al descritos para el muro norte. Se presentan los datos requeridos y los resultados obtenidos. En este edificio los materiales de los muros son del mismo tipo y con las mismas características. Sólo varían en el área superficial efectiva.

### 3.1.8 - GE4SW Cálculo de ganancias de calor en muro Este

En se calculan las ganancias de calor en el muro orientado al este. Los datos para este muro son los siguientes:

Materiales y resistencias térmicas

Descripción	Código	R (hr ft <sup>2</sup> °F/Btu)
Resistencia superficial externa	A0	0.25
Aplanado exterior	A6	0.15
Block de concreto	C8	0.97
Aplanado interior	A6	0.15
Loseta	E2	0.05
Resistencia superficial interior	E0	0.69
Resistencia total		2.2

### 3.1.8 - GE4SW Cálculo de ganancias de calor en muro Este

En se calculan las ganancias de calor en el muro orientado al este. Los datos para este muro son los siguientes:

### Materiales y resistencias térmicas

Descripción	Código	R (hr ft <sup>2</sup> °F/Btu)
Resistencia superficial externa	A0	0.25
Aplanado exterior	A6	0.15
Block de concreto	C8	0.97
Aplanado interior	A6	0.15
Loseta	E2	0.05
Resistencia superficial interior	E0	0.69
Resistencia total		2.2
Coefficiente global de transferencia de calor	0.4545 (Btu/h ft <sup>2</sup> °F)	

### 3.1.9 - GO4SW Cálculo de ganancias de calor en muro Oeste

Archivo donde se efectúa el cálculo de las ganancias de calor del muro orientado al oeste.

### Materiales y resistencias térmicas

Descripción	Código	R (hr ft <sup>2</sup> °F/Btu)
Resistencia superficial externa	A0	0.25
Aplanado exterior	A6	0.15
Block de concreto	C8	0.97
Aplanado interior	A6	0.15
Loseta	E2	0.05
Resistencia superficial interior	E0	0.69
Resistencia total		2.2
Coefficiente global de transferencia de calor	0.4545 (Btu/h ft <sup>2</sup> °F)	

### **3.1.10 - GVP4SW Ganancias de calor a través de puertas y ventanas.**

En puertas y ventanas se requieren los coeficientes para vidrio de conducción así como de transmitancia y absorbancia de energía, adicionalmente con la información de orientación, superficie total y los denominados coeficientes de sombreado se pueden obtener los factores SC los cuales corresponden a los coeficientes de sombreado. Luego aplicando las diferentes ecuaciones se pueden obtener los factores de ganancia solar transmitida y absorbida. Se va a notar que los valores positivos de estos factores sólo ocurren en el período diurno y son cero una vez que el sol se oculta. Por otra parte, las ganancias de calor a través de puertas y ventanas se da a través de tres mecanismos: conducción, transmisión y absorción. Si la puerta o ventana es de vidrio, una parte de la luz solar atraviesa el material y llega al interior del espacio por transmisión, sin embargo otra cantidad es absorbida por el cristal y penetra al interior por conducción debido al aumento de su temperatura.

Luego las ganancias de calor por conducción se obtienen con los datos de orientación, tipo de ventanas y puertas con el coeficiente del material, el área y el coeficiente de transferencia ( $U_a$ ). Con estos datos entonces se obtienen los valores de ganancias de calor por conducción en las puertas y ventanas en cada uno de los muros.

### **3.1.11 - EQ4W Ganancia de calor debida a personas, iluminación, equipo, infiltración y ventilación**

En el archivo se determinan las ganancias de calor horarias debido a personas, equipos diversos (motores, aparatos de oficina, cafeteras, computadoras, etc.), iluminación, infiltración de aire exterior, y ventilación controlada del edificio. También se necesita el número de personas y la actividad que estas realizan.

Se considerará que del calor sensible el 70% es energía radiante, en tanto que el 30% restante convectiva. Para determinar la ganancia térmica por la ocupación del edificio se consideran entonces el número de personas en el recinto así como los horarios de permanencia.

Se requiere especificar las características de las luminarias instaladas en el edificio, la potencia total instalada y los factores de utilización ya que son fuente de calor bastante apreciable en muchos casos. Se clasifican en dos tipos básicos: lámparas incandescentes y lámparas fluorescentes. También se deben especificar los horarios de uso de la iluminación.

El equipo debe especificarse en cuanto a potencia instalada, horarios de operación y utilización, factor de carga y distribución de energía sensible y latente disipada.

Los equipos tales como motores, computadoras, máquinas de escribir eléctricas, copadoras, sólo disipan calor sensible. Una parte de este (70%) se convierte en energía radiante que se absorbe en las superficies aledañas (mobiliario, ropa, etc.) calentándolas para después de un cierto tiempo convertirse en calor convectivo hacia el aire interior del espacio acondicionado. El 30% restante se disipa inmediatamente como energía calorífica debido al calentamiento propio del equipo mediante el mecanismo de convección.

La infiltración es la entrada no controlada (e indeseada las más de las veces) de aire exterior debido a grietas, intersticios, resquicios sin sellar, apertura de puertas y ventanas,

diferenciales de presión entre el espacio acondicionado y el exterior, etc. La ventilación es la inyección, bajo condiciones controladas, de aire exterior con motivo de renovación del aire en el interior del recinto. Se requiere contar con el comportamiento de los contenidos de humedad del aire exterior y sus condiciones termodinámicas con el fin de conocer su contenido de energía.

Se requiere, asimismo, introducir la información de temperatura ambiente así como los requerimientos de aire para ventilación, humedad ambiente interior, ocupación máxima posible en el edificio. Esto es con el fin de conocer los requerimientos máximos de operación de los sistemas.

### **23.1.12 - RCAA Retiro de calor del aire acondicionado**

En este archivo es donde se entra la capacidad en Btu/h del equipo que va a climatizar el local y se obtienen los valores del retiro de calor por hora en un día más crítico, de aquí se puede saber si la capacidad instalada en el local es suficiente para mantener la temperatura requerida en el local.

### **3.1.13 - Integración de ganancias de calor y potencia de enfriamiento.**

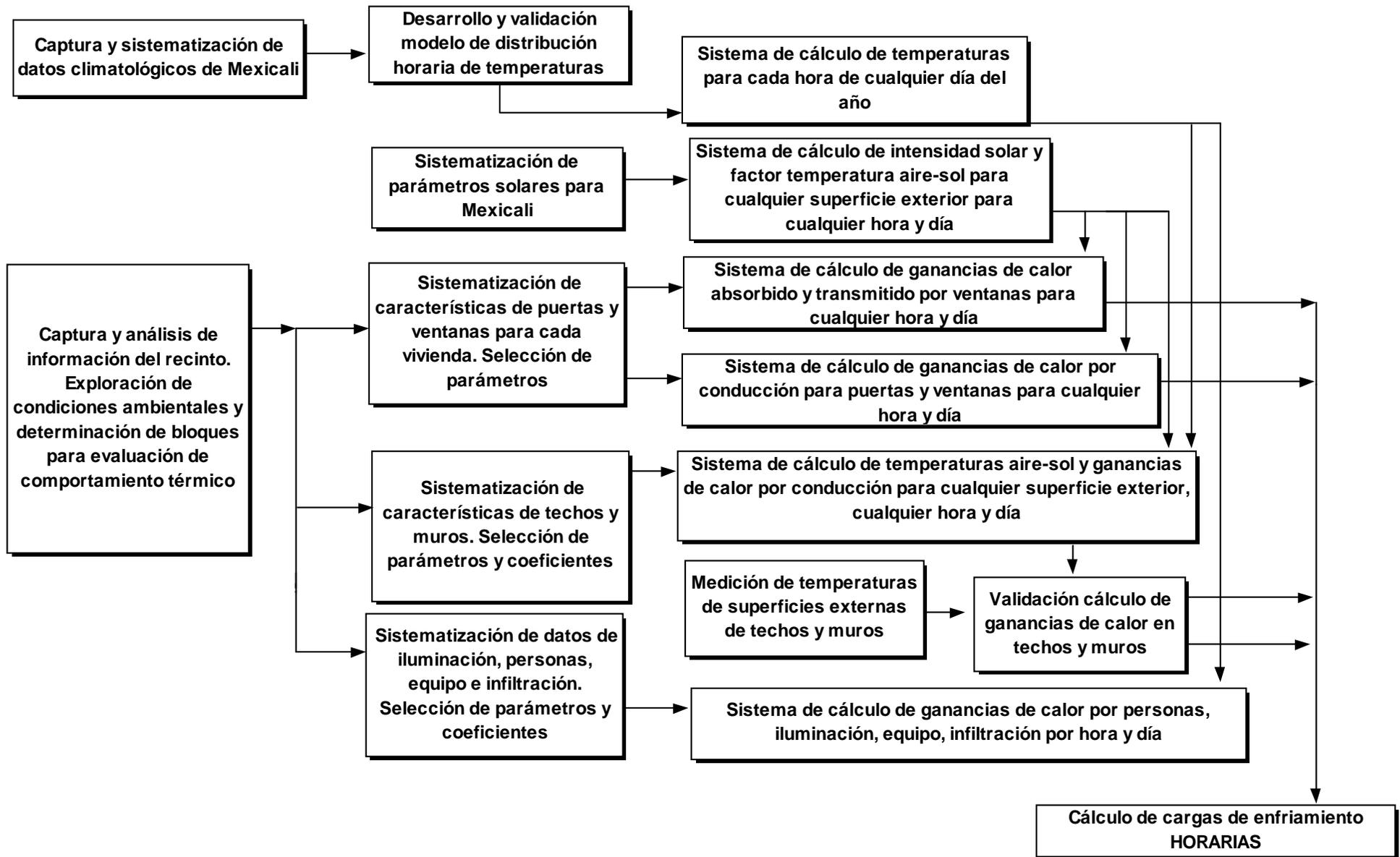
El archivo **CE4SW** se realiza la integración de los resultados anteriores para convertir todas las ganancias de calor en potencia (carga) de enfriamiento. Para ello deben especificarse los parámetros de zona que, a su vez, definirán el comportamiento térmico del edificio como un conjunto y que permite establecer la respuesta dinámica del mismo, es decir, lo que se conoce como inercia térmica. Esto hace posible conocer de una manera muy precisa la cantidad de energía (y a qué hora) que es necesario retirar del espacio, a través de los sistemas de acondicionamiento ambiental, para mantener las condiciones deseadas de temperatura interior.

### **3.1.14 - H -G -2000**

En este archivo se calculan las cargas de enfriamiento y el retiro de calor a partir de los valores que se obtienen de las correlaciones del gráfico después que se corren los macros. Para obtener estos valores se necesitan introducir los valores de las temperaturas máximas y mínimas de los meses de mayo a octubre.



## CÓMO FUNCIONA UN SIMULADOR TÉRMICO.





### 3.2 - DETERMINACION DE LA CARGA TERMICA.

Mediante la aplicación del simulador teniendo en cuenta las dimensiones y los datos generales necesarios (ver anexos # 88) se obtuvieron los resultados siguientes:

En la Tabla. 9 se muestra el resultado del cálculo de carga térmica, se compara con la carga instalada en el centro y se obtuvo el valor que representa el sobredimensionamiento de los equipos instalados en cada subsistema y el del centro en general, se muestra también la temperatura de consigna fijada en cada equipo y las temperaturas especiales y de confort optimas obtenidas por normas con las cuales se calculó la carga térmica.

**Tabla. 9**

<b>Subsistema</b>	<b>Carga instalada Ton/h</b>	<b>Carga Simulada. Ton/h</b>	<b>Sobre Dimensionamiento Ton/h</b>	<b>Temp. de consigna fijada en el equipo de climatización. °C</b>	<b>Temp. de consigna. para el cálculo de carga térmica. °C</b>
<b>1</b>	8	4	4,0	20	24
<b>2</b>	4	1	3,1	20	20
<b>3</b>	5	1.3	3,5	20	20
<b>4</b>	4	1.3	2,6	20	20
<b>5</b>	4	1.3	2,6	20	20
<b>6</b>	10	6.2	3,6	20	20
<b>7</b>	4	3.4	0,5	20	24
<b>Total</b>	39	18.5	19.9		

En la Tabla. 10 se muestra la carga a retirar para climatizar cada subsistema, esta carga se calculó para el mes y día mas crítico (24 de Agosto) 2005, de la misma manera se calculó la carga que retira el equipo, finalmente se obtuvo la gran diferencia entre la carga a retirar y la carga retirada por la maquina, lo cual es consecuencia del sobredimensionamiento de la capacidad de los Subsistemas. También se muestra las temperaturas obtenidas en el simulador, que se alcanzan en los subsistemas para cada retiro y las medidas en los locales..

**Tabla. 10**

<b>Subsistema</b>	<b>Carga instalada Ton/h</b>	<b>Carga total a retirar del Subsistema el día mas crítico. Ton/h</b>	<b>Carga total que retira el Equipo del Subsistema el día mas crítico. Ton/h</b>	<b>Sobre Dimencionamiento de la carga. Ton/h</b>	<b>Temp. de consigna °C</b>	<b>Temp. máx. y min. simulada que se alcanzara en el subsistema. °C</b>	<b>Temp. máx. y min. medida en el Subsistema. °C</b>
1	8	74,1	96,0	41.8	20	16 – 18.8	15.7 – 20.3
2	4	14,6	39,8	25.2	20	16.9- 18	17 – 17.2
3	5	23,0	45,8	22.8	20	17 – 18.1	17.2 – 17.4
4	4	23,0	45,2	22.2	20	16.9 – 19.2	17.8 - 19
5	4	23,0	45,2	22.2	20	16.5 – 19.3	17.8 - 19
6	10	134,4	212,1	77.7	20	16.2 – 19.7	16.1 – 19.8
7	4	63,9	71,3	7.4	20	18.5 – 22.1	21.5

En la Tabla.11 se brindan los consumos anuales obtenidos en el simulador para la carga instalada y para la carga optima de los equipos que satisfacen la carga térmica calculada. Se muestra el sobre consumo por concepto de una selección de la capacidad a instalar superior a la carga que requieren los subsistemas para garantizar la climatización y finalmente el total anual de todos los subsistemas.

**Tabla. 11**

<b>Subsistema</b>	<b>Consumo anual para la carga instalada. Kw</b>	<b>Consumo anual para la carga simulada. Kw</b>	<b>Sobre Consumo por concepto de sobredimensionamiento de la carga. Kw</b>	<b>Total del sobre consumo de todos los subsistemas. Kw</b>
1	27756	24673	3083	8828
2	16444	16190	254	
3	24799	22656	2143	
4	22879	22664	215	
5	22879	22664	215	
6	34883	33243	1640	
7	17625	16347	1278	

## Conclusiones Parciales.

1- La utilización del simulador térmico SIMTERCAL desarrollado en la Universidad Autónoma de Baja California, permite el estudio detallado del comportamiento de las cargas de enfriamiento de una edificación y permite la planificación energética del mismo, teniendo en cuenta los principales factores de incidencia. También posee la flexibilidad de poder ser utilizado como herramienta de verificación y diagnóstico en el cálculo de la carga térmica, tomando en consideración tanto factores constructivos de la edificación como factores climatológicos. Permite acceder a los archivos primarios y modificar los datos de entrada.

2 – Del análisis de la Tabla. 9 se concluye que el sistema de climatización del centro oftalmológico en su conjunto se encuentra sobredimensionado y en los subsistemas 1 y 7 el ajuste de los controles de temperatura está muy por debajo de la temperatura mínima recomendada para el confort, situación que evidentemente creará disconfort en los usuarios.

3 - Del análisis de la tabla. 10 se concluye que para la carga instalada teniendo en cuenta la carga que se debe retirar de los subsistemas para el día con condiciones exteriores más críticas, el retiro de calor que realizan estos equipos es sumamente grande, esto quiere decir que los equipos de climatización van a retirar la carga rápidamente y producto al sobredimensionamiento cuando el termostato cense la temperatura de consigna el compresor parará, pero la propia inercia del equipo conducirá a que la temperatura en el subsistema continúe disminuyendo. Esto se corrobora con los valores obtenidos en el simulador (ver tabla 10) y con las temperaturas medidas físicamente en los locales que conforman los subsistemas.

4 – Observando los valores de consumo en la Tabla. 11 obtenidos en el simulador se concluye que el centro se encuentra consumiendo una alta cantidad de energía eléctrica anual por concepto de una mala selección de la carga a instalar, este consumo asciende a 8828 Kw al año

5 – Del análisis de las tablas comprendidas en el anexo 5 se observó que la selección de un equipo con la capacidad mínima que satisfaga la carga térmica requerida para garantizar los requerimientos ambientales de cada local, permite disminuir el consumo de energía eléctrica y la demanda máxima de Centro de Oftalmología. También se concluyó que el ajuste del control de temperatura de 20<sup>0</sup>C a temperaturas de confort hace posible un ligero ahorro.

## CONCLUSIONES.

1 - Del estudio realizado se obtuvo que la capacidad adecuada de enfriamiento para la climatización del Centro de Oftalmología es de 18.5 ton. La potencia instalada asciende a 39 ton. Esto evidencia que existe un notable sobre dimensionamiento de la capacidad de enfriamiento del sistema, la cual representa un 47 %.

2 - El sobre dimensionamiento en capacidad de enfriamiento instalada, conduce a que las temperaturas que se alcanzan en todos los locales, estén en el valor mínimo extremo del establecido 20<sup>0</sup>C. Esto se corrobora por el resultado de encuestas a usuarios, las temperaturas calculadas en el simulador y las medidas físicamente en los locales.

3 - El ajuste del control del termostato de las maquinas de climatización las cuales climatizan el Sistema # 1 y sistema # 7 se encuentra fijado en 20<sup>0</sup>C valor que esta fuera del rango para condiciones de confort, las cuales están comprendidas entre 23<sup>0</sup>C y 25<sup>0</sup>C, esto provoca el alto por ciento de personas insatisfechas con el ambiente térmico.

4 - Por concepto de sobre dimencionamiento de la capacidad instalada, existe una elevada demanda de energía eléctrica que para condiciones nominales es de 45,7 Kw. Además de los elevados consumos anuales de corriente, los cuales alcanzan valores de 8838 Kw. al año, situación que corrobora que el centro oftalmológico se encuentre en el segundo más consumidor del Hospital.

5 - Los resultados obtenidos por el simulador fueron comparados con las mediciones de consumo y temperatura que se llevaron a cabo en el Centro, permitiendo validar unas ves más el simulador de Carga Térmica.

6 – En el estudio realizado se detectó que en el sistema 1 se encuentra el banco de córneas, local 22 (ver anexo 2) que requiere de temperaturas de  $20 \pm 2$  <sup>0</sup>C, pero a la vez en este sistema se encuentran locales que requieren temperaturas de confort. Según la ubicación de los locales, satisfacer las temperaturas requeridas en el banco de córneas hace imposible garantizar las condiciones de confort para los demás locales, o sea, o se garantizan las condiciones que requiere el banco de córneas o las de confort que requiere el resto de los locales.

7- Todo lo anterior concuerda con las hipótesis propuestas, demostrando que el sobredimensionamiento de la carga instalada en el centro, sumado a las temperaturas de consigna fijadas en los equipos de climatización, conlleva a un estado de incomodidad del usuario, generalizándose a todo el personal médico, pacientes y demás trabajadores del centro.

8- El sobredimensionamiento de la capacidad de enfriamiento instalada y el ajuste incorrecto de la temperatura de consigna de los equipos, también provocan un sobre consumo de energía eléctrica, cosa que se corroboró en el análisis de los gráficos expuestos en el anexo 5, obtenidos con el simulador.

## Recomendaciones

1. Con el objetivo de establecer una condición de confort térmico óptima en los usuarios, se recomienda que las temperaturas de consigna establecidas para el control de temperatura sean las propuestas por la norma ASHRAE. Estas temperaturas son  $23^{\circ}\text{C} \div 25^{\circ}\text{C}$ .
2. Se propone que se realice un rediseño en la ubicación de los locales con el objetivo de reubicar el banco de córneas, el cual requiere temperaturas de  $20 \pm 2^{\circ}\text{C}$  y se encuentra en el sistema 1, afectando el confort térmico de los demás locales ubicados en este sistema y solo requieren de temperaturas de confort.
3. Con el objetivo de disminuir la demanda máxima y los consumos de los equipos de climatización y aumentar su eficiencia, se propone que se realice un estudio de cargas térmicas de los locales del Centro Oftalmológico, en aras de realizar una redistribución de la carga térmica instalada, ya que el sistema de climatización del centro cuenta con equipos de sobrada capacidad para los locales que climatiza. La redistribución permitirá una racionalización en la utilización de la capacidad de estos equipos con efectos positivos en la eficiencia y consumo de los mismos.

## Referencia Bibliográfica

1. Torrella Alcaraz, Enrique. Manual de Climatización. Tomado De : <http://www.amvediciones.com/mcli.htm>., 2 de mayo del 2006
2. De Andrés, Juan Antonio. Climatización y acondicionamiento de aire. Tomado De: <http://www.esc-edif.org/html/MasInfo/Air-Acond2-Ind.pdf> ., 12 de mayo del 2006.
3. Martín Monroy, Manuel. Termal Comfort. Tomado De: <http://www.innova.dk/books/termal.htm> ., 10 de mayo del 2006.
4. UNE-EN ISO 7730. Ambientes térmicos moderados. Especificaciones de las condiciones de confort térmico. Vig. Desde 05-09. –25 p.
5. ANSI/ASHRAE 55-2004 .Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy American Society of Heating, Refrigerating, and Air-Conditioning Engineers. Vig. Desde 04 -4 .-- 30 p.
6. ANSI/ASHRAE 55-2004 . American Society of Heating, Refrigerating, and Air-Conditioning Engineers. Vig. Desde 04 -4 .--30 p.
7. ISO 9920. Ergonomics of the thermal environment. Estimation of the thermal insulation and evaporative resistance of a clothing ensemble. Vig. Desde 95-01.—34p.
8. Chavez del Valle, Francisco Javier. Zona variable de confort térmico. Tomado De: <http://www.tdx.cesca.es/TDX-0531102-111147/>., mayo del 2006
9. ASHRAE . Manual - 2001 Fundamentals, The American Society of Heating, Refrigeration and Air Conditioning Engineers,\_\_\_ Tomado De: [www.me.ua.edu/me416/ other%20information/ResdLoadCalc.xls](http://www.me.ua.edu/me416/other%20information/ResdLoadCalc.xls)., 11 de mayo del 2006.
10. Programa de Prevención y Control de las Infecciones Hospitalarias. Ministerio de Salud Pública/ R. Carlos...[et.al].—La Habana: Editorial de Libros.
11. BSR/ASHRAE 2-1999. Ventilation for acceptable indoor air quality. Board of Directors Meeting 01-6 p – 6
12. BSR/ASHRAE 62-1989. Ventilation for acceptable indoor air quality. Vig. Desde 02-11-- 328p
13. CR1752 . Ventilation for buildings. Design criteria for the indoor environment. Vig. Desde 98 –02—140p
14. ISO 7726. Thermal environments. Instruments and methods for measuring physical quantities. Vig. Desde 2006-06. p 13

## Bibliografía

- Andrés, Juan Antonio De. Climatización y acondicionamiento de aire. Tomado De: <http://www.esc-edif.org/html/MasInfo/Air-Acond2-Ind.pdf> , 12 de mayo del 2006.
- ANSI/ASHRAE 55-2004 . American Society of Heating, Refrigerating, and Air-Conditioning Engineers. Vig. Desde 04 -4 .--30 p.
- ANSI/ASHRAE 55-2004 .Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy American Society of Heating, Refrigerating, and Air-Conditioning Engineers. Vig. Desde 04 -4 .-- 30 p.
- ASHRAE . Manual - 2001 Fundamentals, The American Society of Heating, Refrigeration and Air Conditioning Engineers.\_\_\_\_ Tomado De: [www.me.ua.edu/me416/ other%20information/ResdLoadCalc.xls](http://www.me.ua.edu/me416/other%20information/ResdLoadCalc.xls), 11 de mayo del 2006.
- BSR/ASHRAE 2-1999. Ventilation for acceptable indoor air quality. Board of Directors Meeting.Vig. Desde: 01-6.-- 6 p.
- BSR/ASHRAE 62-1989. Ventilation for acceptable indoor air quality.Vig. Desde : 02-11.-- 328p.
- Chávez del Valle, Francisco Javier. Zona variable de confort térmico. Tomado De: <http://www.tdx.cesca.es/TDX-0531102-111147/>, mayo del 2006.
- CR1752 . Ventilation for buildings. Design criteria for the indoor environment. Vig. Desde: 98 -02.--140p.
- ISO 7243. Hot environments. Estimation of the heat stress on working man, based on the WBGT-index (Wet Bulb Globe Temperature).Vig. Desde: 92-11. – 6 p.
- ISO 7726. Thermal environments. Instruments and methods for measuring physical quantities. Vig. Desde 06-06.-- 13p.
- ISO 8996. Ergonomics of Thermal Environments. Determination of metabolic heat production. Vig. Desde 89-02. -- 4 p.
- ISO 9920. Ergonomics of the thermal environment. Estimation of the thermal insulation and evaporative resistance of a clothing ensemble.Vig. Desde: 95 -03. -- 5p.
- ISO 9920. Ergonomics of the thermal environment. Estimation of the thermal insulation and evaporative resistance of a clothing ensemble. Vig. Desde: 95-01.—34p..

- Martín Monroy, Manuel. Termal Comfort. Tomado De:  
<http://www.innova.dk/books/termal.htm> , 10 de mayo del 2006.
- Programa de Prevención y Control de las Infecciones Hospitalarias/ Rafael González...[et.al.] .—La Habana: Ministerio de Salud Pública, [198?].—37p.
- Torrella Alcaraz, Enrique. Manual de Climatización. Tomado De :  
<http://www.amvediciones.com/mcli.htm>., 2 de mayo del 2006.
- UNE-EN ISO 7730. Ambientes térmicos moderados. Especificaciones de las condiciones de confort térmico. Vig. Desde: 05-09. –25 p.

## Anexo 1

### ENCUESTA SOBRE CONFORT TERMICO

➤ Usuario:

- Trabajador-----
- Paciente-----
- Acompañante-----

-Hora en que se llena la Encuesta:

-Área de trabajo:

-Estancia que permaneces en el local:

-Tipo de actividad: sentado, de pie, de pie activo, otras

-Tipo de vestuario, normal o abrigado:

➤ Como valora Ud. la sensación térmica en el local utilizando la escala siguiente:

- + 3 **Extremadamente caliente** ----
- + 2 **Caliente** ----
- + 1 **Ligeramente caliente** ----
- 0 **Confort** ----
- 1 **Ligeramente frío** ----
- 2 **Frío** ----
- 3 **Extremadamente frío** ----

• Para los trabajadores: ¿Aprecian Cambios de temperatura en el local donde trabajan a lo largo del día?

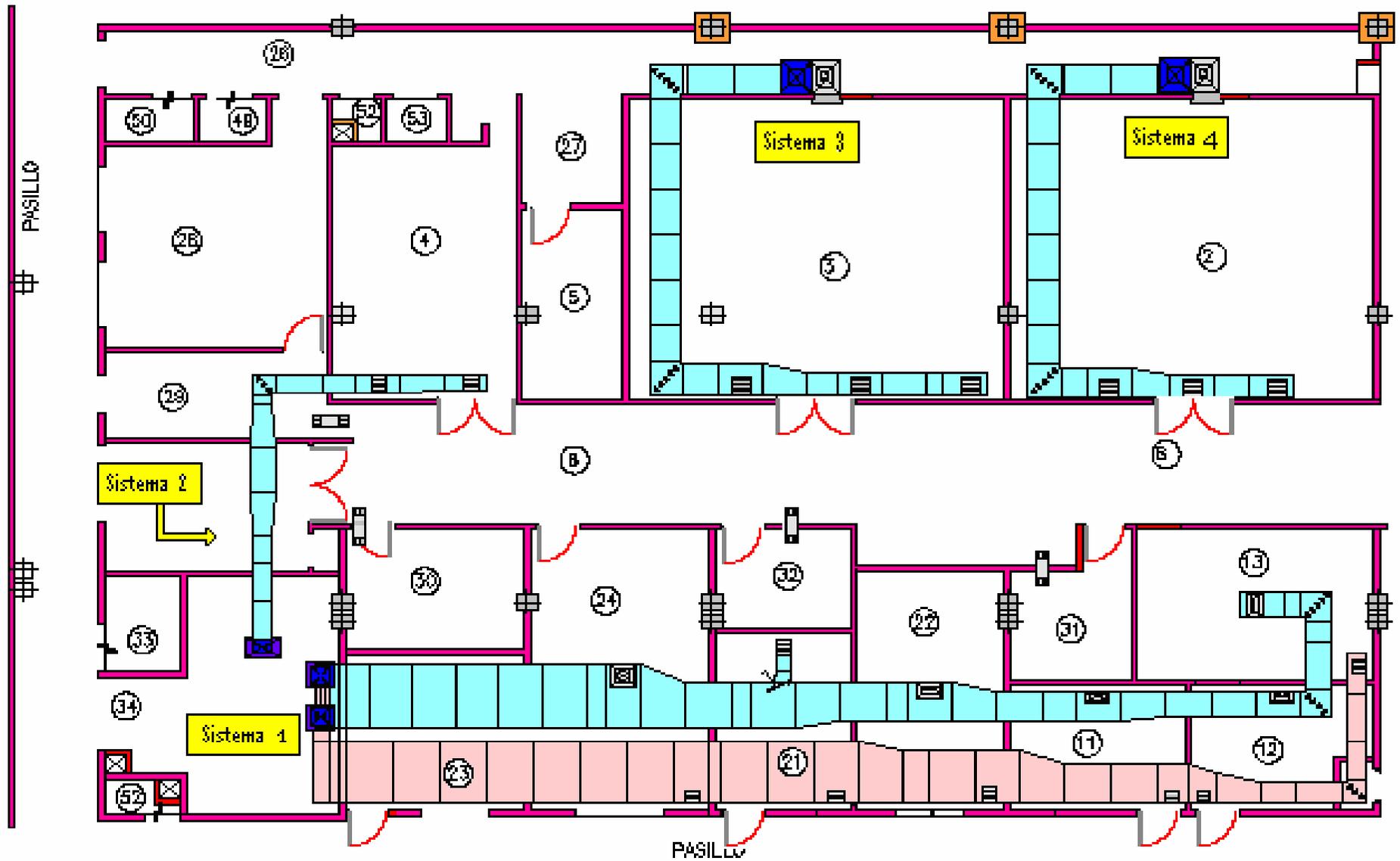
SI ---- NO ----

➤ Otras sensaciones que Ud. aprecia relacionadas con el aire acondicionado:

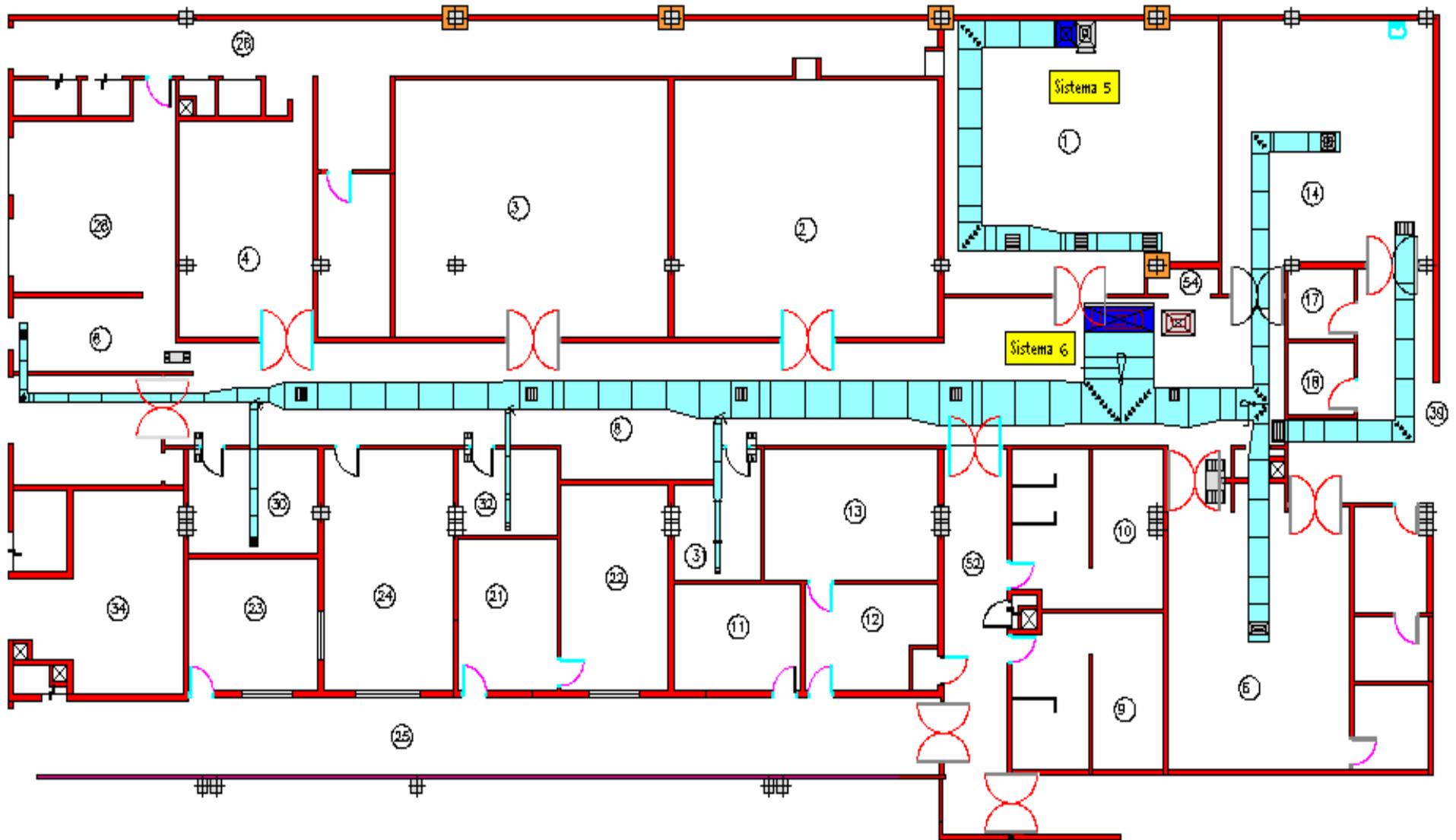
- corrientes de aire en el local.-----
- Diferencias de temperatura entre pies y cabeza-----
- Ruido-----
- Otras-----

➤ En caso de haber otras decir cuales:

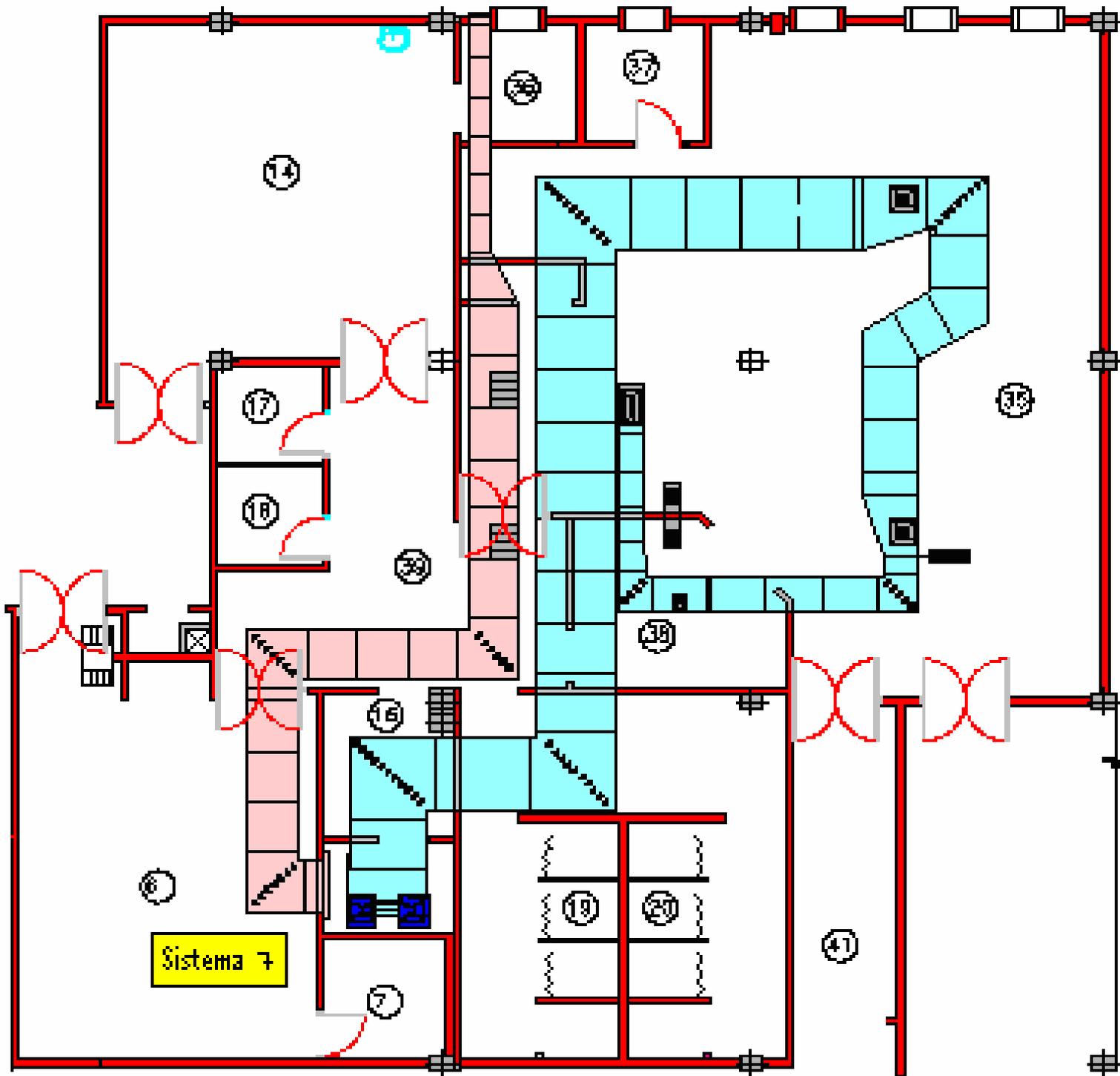
Anexo. 2



### Anexo 3

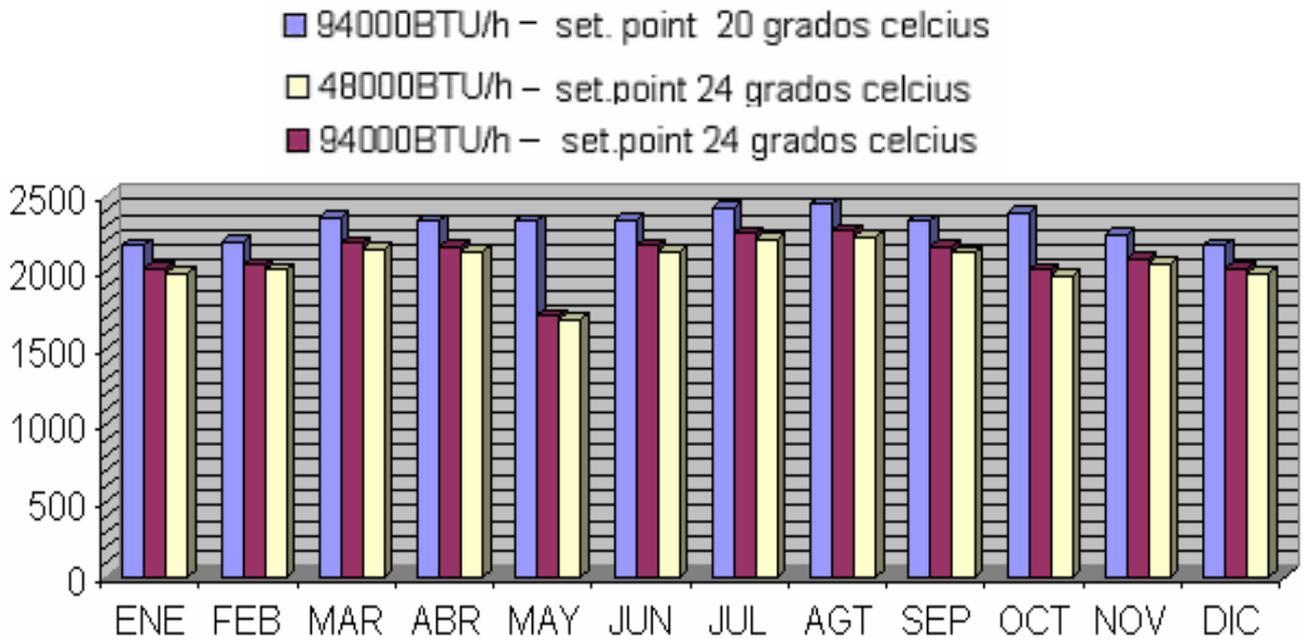


# Anexo 4

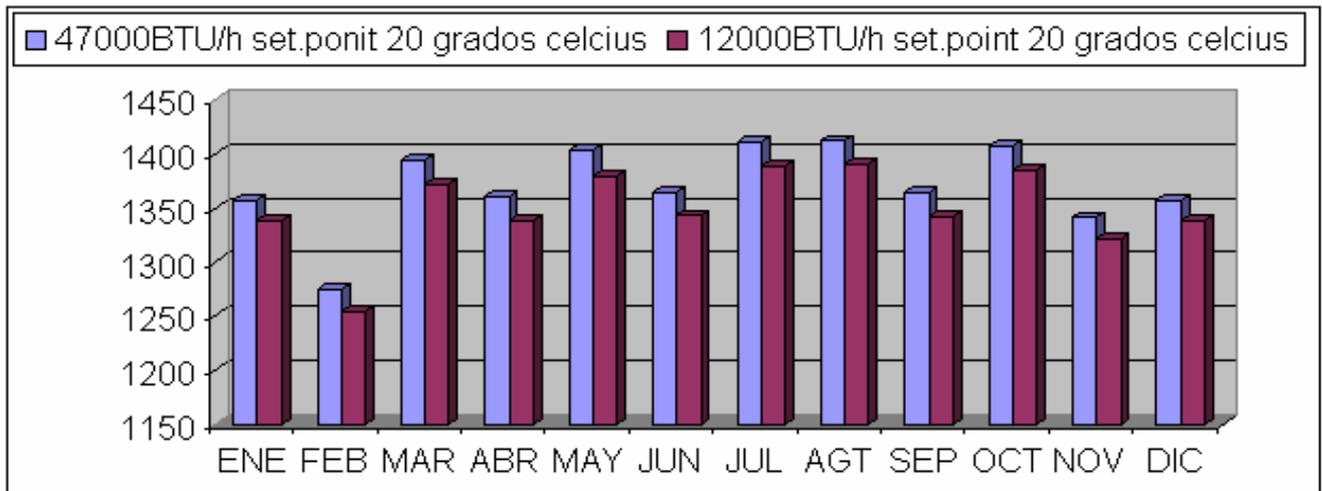


## Anexo 5

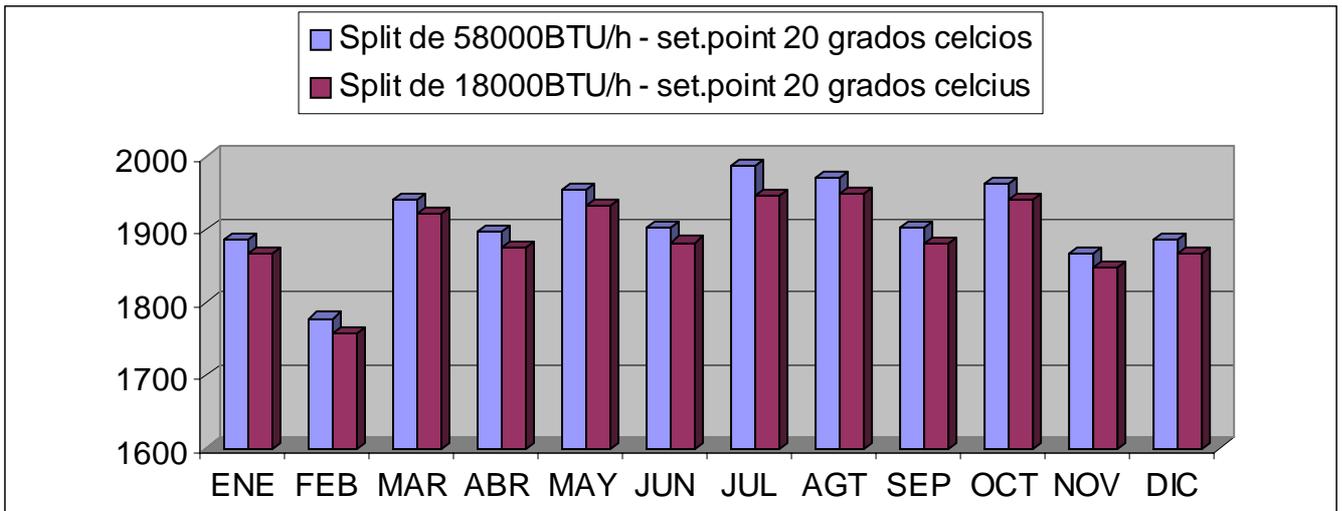
### Consumó del Split ubicado en el sistema 1.



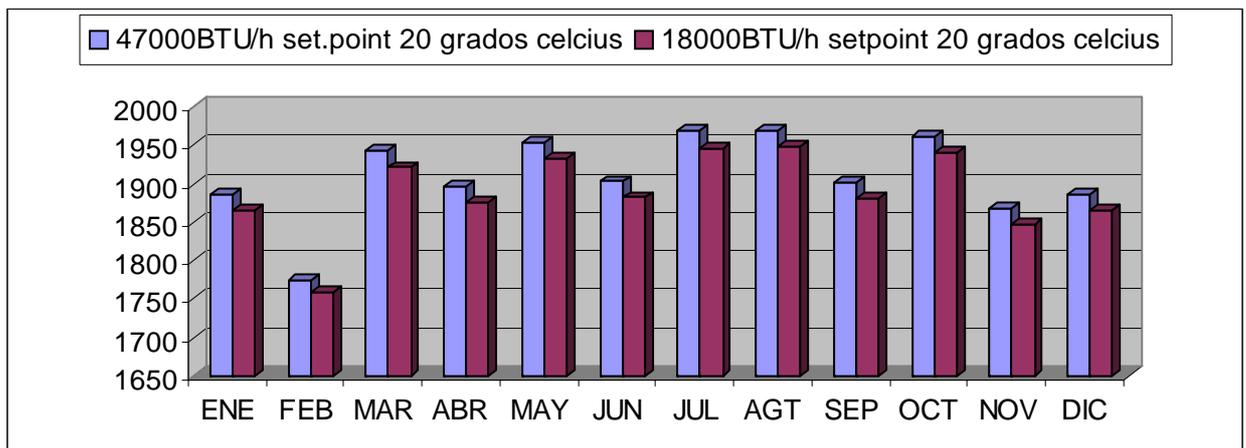
### Consumó del Split ubicado en el sistema 2.



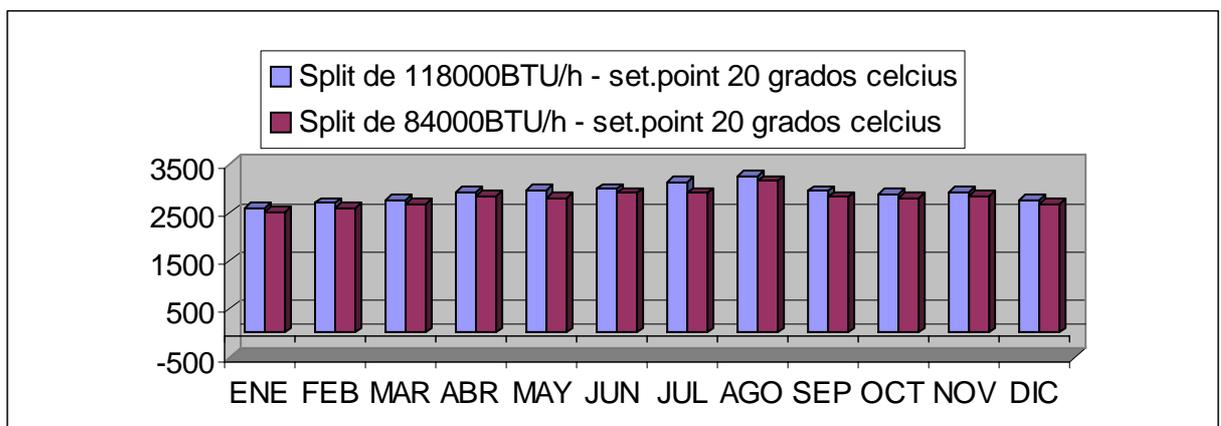
**Consumó del Split ubicado en el sistema 3.**



**Consumó del Split ubicado en el sistema 4 y 5.**



**Consumó del Split ubicado en el sistema 6.**



### Consumó del Split ubicado en el sistema 7.

