

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE
MEXICO

21

FACULTAD DE INGENIERÍA

PROYECTO DE AIRE ACONDICIONADO
PARA EL CONJUNTO
RESIDENCIAL CUMBRES DE FIGUEROA
ACAPULCO, GRO.
MÉXICO

T E S I S
QUE PASA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO MECÁNICO

P R E S E N T E
JOSÉ FELIPE ROSAS MOTA

ASESOR:
ING. ARMANDO MALDONADO SUSANO

MEXICO, D.F. 2002



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

01127

21

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA



Proyecto de aire acondicionado para el conjunto residencial
"Cumbres de Figueroa" Acapulco, Gro. México

Presenta:
José Felipe Rosas Mota

Acompañado de un disquete

2002

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

ESTA TESIS NO SALE
DE LA BIBLIOTECA

UNAM a difundir en formato electrónico e impreso el
contenido de mi trabajo recepcional.

NOMBRE: JOSE LUIS

FECHA: 15/04/2012

FIRMA: [Signature]

UNIVERSIDAD

RECIBIDO EN OFICINA
SERVICIO COM

Agradecimientos

Quiero dar las gracias a todas las personas
que me ayudaron a hacer posible este proyecto.

Al Ing. Armando Maldonado Susano,
por sus consejos y ayuda.

Al Ing. Arturo Ibarra Silva
de YORK Internacional
por su apoyo para realizar este trabajo.

A mis sinodales
por su valioso apoyo y sus aportaciones
para este trabajo.

A mis padres y hermanos
que gracias a sus consejos, apoyo y paciencia
me impulsaron a alcanzar esta meta.

A mi universidad con gratitud
A mis maestros con admiración
A mis compañeros con un grato recuerdo
A mis amigos

Gracias



José Felipe Rosas Mota

Índice

	Pag.
Introducción	1
Objetivos	2
Capítulo I Marco teórico	3
- Generalidades : Conceptos básicos	
- Acondicionamiento de aire	
Capítulo II Análisis de cargas térmicas	17
- Metodología y generalidades del cálculo de carga térmica	
- Orientación y localización del inmueble	
- Condiciones de diseño	
- Cálculo de la carga térmica	
Capítulo III Descripción y selección de equipo	47
- Breve descripción de equipos	
- Selección de la unidad refrigerante	
Capítulo IV Cálculo del sistema de tuberías	72
- Generalidades	
- Descripción del método de cálculo	
- Cálculo de la tubería	
Capítulo V Equipo y materiales	88
- Listado y descripción de equipos e insumos	
Capítulo VI Conclusiones y recomendaciones	91
Apéndices	
- A) Tablas	
- B) Planos	
- C) Método alternativo para el cálculo de caída de presión en la tubería de agua helada	

Bibliografía

Introducción

Este trabajo no tiene como propósito ser una investigación teórica acerca del acondicionamiento de aire y sus más recientes innovaciones, es más bien un trabajo desarrollado para una aplicación real en la cual se requiere acondicionar un conjunto residencial bajo un esquema eficiente y que resulte competitivo comercialmente.

A lo largo de este trabajo se describe la metodología a seguir para el cálculo de la carga térmica a la cual se encuentra sometido un inmueble, así como el análisis de un sistema capaz de eliminarla de una forma conveniente. Todo esto para un proyecto real, el cual está formado por cuatro edificios, sumando un total de sesenta departamentos. Dicho inmueble se localiza en Acapulco, Guerrero y está proyectado para ser un conjunto residencial de lujo. Es por esto que surge la necesidad de diseñar un sistema de acondicionamiento de aire, que preste servicio a cada uno de los departamentos del conjunto.

En los capítulos siguientes se presentan las condiciones del proyecto así como algunos de los factores que deben ser considerados al momento de proyectar un sistema de aire acondicionado, tales como la orientación de cada edificio, las temporadas de máxima carga, los factores de diversidad, la variedad de equipo disponible, etcétera.

Todo con la finalidad de seleccionar el sistema y equipo más conveniente para eliminar la carga térmica y así satisfacer las necesidades de acondicionamiento de aire.

Objetivos

- Estimar la carga térmica a la que se encuentra sometido el inmueble.
- Seleccionar el sistema y equipo, que por funcionamiento y costo, resulte el mas ventajoso para eliminar la carga térmica y así satisfacer las necesidades de acondicionamiento de aire.
- Hacer una cuantificación general de equipo e insumos propios del proyecto.

Capítulo I Marco Teórico

Reseña de la climatización.

El acondicionamiento de aire es tan antiguo como el hombre mismo. Pues siempre se ha buscado proporcionar o mejorar las condiciones bajo las cuales el humano realiza sus actividades cotidianas.

Así pues la gente primitiva utilizaba las pieles de animales para protegerse del clima (sol, viento, agua) o bien hallaban refugio en las cuevas en contra del frío o calor. El descubrimiento y uso del fuego fue quizá el más importante avance de la época.

Otro ejemplo está en los antiguos baños romanos, los cuales contaban con sencillos sistemas de calefacción y ventilación. Los romanos también traían hielo de las montañas del norte con el cual enfriaban vino.

En la edad media Leonardo da Vinci construyó un ventilador accionado por agua, para ventilar los cuartos de la casa de un amigo suyo.

La ventilación y calefacción central, progresó rápidamente durante el siglo XIX. Se inventaron los ventiladores, calderas y radiadores, llegando a ser de uso común. Los conceptos modernos de generadores de vapor guardan poco de aquellos "monstruos de hierro". El tamaño, peso y ventilación de los productos de combustión, han cambiado drásticamente, pero lo más importante fue el desarrollo que condujo a la conversión gradual de carbón a gas y aceite, así como el pasar del encendido manual al encendido automático.

Los primeros textos de refrigeración discutían las aplicaciones del uso del hielo para la preservación de la comida y el desarrollo inicial del concepto de refrigeración mecánica / química en 1748, en Escocia por el Dr. William Cullen. La primera máquina comercial usada para refrigeración y aire acondicionado la desarrolló el Dr. John Gorrie en 1844.

Muchas mejoras al trabajo del Dr. Gorrie, se obtuvieron con el desarrollo de los compresores alternativos, aplicándolos a la fabricación de hielo, cerveza, empaquetado de carne y procesamiento de pescado.

La ingeniería de refrigeración llegó a ser una profesión reconocida y en 1904, alrededor de 70 miembros formaron el ASRE (American Society of Refrigeration Engineers) antecedente del ASHRAE.

El aire acondicionado para confort, tuvo su primer gran uso en salas de cine, durante la década de 1920. Famosos teatros de Nueva York, como el Rivoli, el Paramount y los teatros Loew's en Times Square estuvieron entre los primeros. Estos eran sistemas diseñados y construidos para el cliente, instalados en el campo, lo cual significaba que la mayor parte del montaje se hacía en el sitio de trabajo.

Hacia el final de la década, también apareció el primer acondicionador de aire auto-contenido. No sólo fue un importante logro técnico, sino que vino a ser el primer intento de la industria hacia los productos "paquete" que serían fabricados en masa, probados y operados en fábrica, antes de su despacho al usuario.

El siguiente avance fue el desarrollo de los refrigerantes "seguros" pues los hechos a base de fluorocarbón, permiten usos en donde otros materiales inflamables o tóxicos son peligrosos.

Alrededor de 1935 la industria introdujo el primer compresor hermético para el trabajo de aire acondicionado. Su trabajo fue considerablemente mayor a los de capacidades similares hoy en día. Las ventajas del hermético incluyen: menor tamaño y peso, menor costo de producción, no hay problema de falla de sello, menor ruido, no hay mantenimiento de bandas y la localización no es crítica pues no requiere ventilación para disipar el calor generado por el funcionamiento del motor.

Después de la segunda guerra mundial los productos consistieron principalmente en sistemas de maquinaria aplicada para grandes edificios; acondicionadores de almacén y acondicionadores de aire de ventana.

Las unidades de ventana se usaron extensivamente para enfriar residencias, pequeñas oficinas y almacenes y casi cualquier aplicación concebible donde era posible el acceso a una ventana o montaje a través de una pared.

El siguiente gran avance, que realmente aceleró las ventas, fue la introducción en 1953, de la operación con enfriamiento por aire en vez de agua. La nueva tecnología en los componentes y el sistema, permitieron elevar las cargas de presión, así que las máquinas podían operar segura y eficientemente con condiciones exteriores hasta de 46 °C (115 °F).

Más tarde se presentó el llamado sistema "partido" que como lo indica su nombre consiste en dos partes – un componente de enfriamiento interior y una sección de condensación exterior.

La última innovación de productos ocurrida a finales de la década de los 50's y principios de los 60's, fueron los acondicionadores tipo paquete para todo el año, lo cual fue la combinación de techo de calefacción con gas y enfriamiento eléctrico. Equipos utilizados ampliamente en centros comerciales.

Este repaso de los productos que contribuyeron a esta era del aire acondicionado no cubre todos los avances técnicos importantes, solo intenta dar cuenta de la constante evolución a la cual están sujetos los ingenieros y las empresas dedicadas al acondicionamiento de recintos públicos y privados.

Definiciones

Sistema: Un sistema termodinámico es una región tridimensional del espacio cuyas fronteras se encuentran definidas por una superficie arbitraria. La frontera puede ser real o imaginaria, puede estar en reposo o en movimiento y puede cambiar su tamaño o forma.

Sistema cerrado: También llamado masa de control, a un sistema en el cual no hay flujo de masa a través de las fronteras, pero si es posible que la energía fluya a través de las fronteras, a pesar de que la cantidad de materia permanezca fija. También es posible que cambie la composición química de la materia dentro de las fronteras.

Sistema abierto: Es aquel en el cual es posible que tanto masa como energía crucen las fronteras seleccionadas. También se le conoce con el nombre de volumen de control.

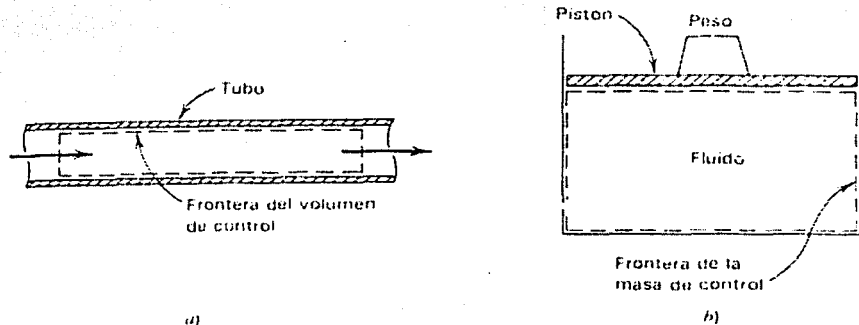


Fig. I-1 Ejemplos de sistemas termodinámicos. a) Flujo en tuberías, b) Aparato pistón cilindro.

Propiedad: Es una característica de un sistema. Se asigna un valor a la propiedad, con la ayuda de un instrumento de laboratorio o una operación observable, o bien se evalúa una propiedad indirectamente mediante una combinación matemática de otras propiedades.

Independientemente de la manera en que se mida, una propiedad tiene un valor único, determinado por las condiciones del sistema en el momento de la medición.

Las propiedades se dividen en dos:

- **Intensivas:** Son aquellas cuyos valores son independientes de la magnitud o masa total del sistema. Ejemplos de esto son la temperatura, la presión, densidad.
- **Extensivas:** Son las que si dependen de la masa del sistema. Por ejemplo el volumen, la energía, la cantidad de carga.

Estado: El estado de un sistema es la condición del mismo, caracterizada a través de los valores de sus propiedades. Por lo anterior es posible observar que el sistema puede estar en estado estable o bien transitorio.

Proceso: Se denomina proceso a cualquier transformación de un sistema, desde un estado de equilibrio hasta otro. La trayectoria de un proceso se refiere a la especificación de la serie de estados a través de los cuales pasa el sistema. Ejemplos de esto son los procesos isotérmico (temp. = cte.), isobárico (presión = cte.), adiabático (no existe intercambio de energía con el exterior).

Ciclo: Serie de procesos que terminan en el estado con el cual inicio.

Temperatura: Es una propiedad intensiva de la materia, la cual es un promedio de la agitación molecular de una sustancia. Esto es que las partículas que conforman un objeto, se encuentran, a nivel atómico, siempre en movimiento unas con respecto de otras y este movimiento es debido a la pequeñísima cantidad de energía que cada una de las moléculas contiene.

La temperatura es una propiedad de enorme importancia en la termodinámica, y es posible determinar su valor a través de mediciones indirectas. La temperatura de un sistema se determina poniendo un segundo cuerpo (termómetro) en contacto con el mismo, y permitiendo que se alcance un equilibrio térmico.

Temperatura de bulbo seco (T_{bs}): Es la temperatura de una mezcla de gases, medida con un termómetro convencional.

Temperatura de saturación adiabática (T_{sa}): Se obtiene al pasar una mezcla de gas insaturado por un canal largo, que contiene agua. Esta temperatura es siempre menor que la de bulbo seco, ya que la evaporación del agua en la mezcla requiere energía, la cual viene tanto de la mezcla de aire que cruza el canal como del agua líquida que se halla en este. En consecuencia la mezcla de gas se enfría al irse saturando.

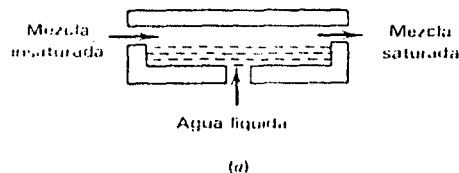


Fig. 1-2 Descripción física del proceso de saturación adiabática

Temperatura de bulbo húmedo (T_{bh}): Es una temperatura equivalente a la de saturación adiabática, pues en la práctica no es fácil obtener un estado saturado con el método descrito anteriormente, es su lugar se emplea un termómetro convencional colocando en el bulbo un pabito húmedo. A continuación se le hace girar repetidamente hasta que se alcanza el equilibrio dinámico y se obtenga un

valor estable. Se sabe que para mezclas de aire y vapor de agua a temperaturas y presiones normales, la T_{bh} tiene valores muy cercanos a la T_{sa} .

Ley cero de la termodinámica: Con base en observaciones experimentales, se ha demostrado que, cuando dos sistemas se encuentran cada uno de ellos en equilibrio térmico con un tercer sistema, también estarán en equilibrio térmico entre sí.

Cabe mencionar que es llamada ley cero debido a que históricamente, ya se habían enunciado la primera y segunda leyes antes de reconocerse a esta ley como un postulado independiente.

Primera ley de la termodinámica: Con base en evidencia experimental del mismo tipo, que se inició con los trabajos de Joule a mediados del siglo XIX, es posible expresar un enunciado general. Dicho postulado, basado en datos experimentales y llamado primera ley de la Termodinámica, afirma lo siguiente:

Cuando un sistema cerrado se altera adiabáticamente, la cantidad total de trabajo asociada con el cambio de estado es la misma para todos los procesos posibles entre los dos estados de equilibrio dados.

En otras palabras la magnitud del trabajo desempeñado por o sobre un sistema cerrado adiabático depende sólo de los estados inicial y final del proceso. Este postulado es cierto, independientemente del tipo de interacción de trabajo que ocurra en el proceso, del tipo de proceso adiabático de que se trate y de la naturaleza del sistema cerrado.

La primera ley de la termodinámica, junto con las relaciones que pueden derivarse de la misma, esta tan firmemente establecida que ya no se discute su validez cuando se aplica de manera apropiada a un gran número de problemas científicos y de ingeniería.

Concluyendo se puede decir que cualquier cantidad cuyo valor queda determinado por los estados terminales, para cualquier proceso que ocurra entre dichos estados, es una medida del cambio en el valor de una propiedad.

Como el trabajo adiabático es exclusivamente función de los estados terminales para un proceso que ocurre en un sistema cerrado, la cantidad de trabajo adiabático define o mide el cambio en una propiedad. A dicha propiedad se le llama energía de un sistema.

A consecuencia de la primera ley de la termodinámica, podría expresarse que:

$$W_{ad} = E_2 - E_1 = \Delta E$$

en donde los subíndices 1 y 2 representan los estados inicial y final, "ad" corresponde a adiabático y W es el trabajo realizado en cualquier proceso adiabático entre los dos estados indicados. Esta ecuación es una relación fundamental que permite evaluar la energía de un conjunto de estados, en términos de interacciones adiabáticas de trabajo.

Segunda ley de la termodinámica: La segunda ley de la termodinámica tiene muy diversas implicaciones en los procesos de ingeniería. Un punto de gran importancia de la segunda ley para la sociedad moderna es el siguiente: La primera ley trata de la cantidad de energía en términos de una regla de conservación; la segunda ley trata de la calidad de la energía. Hablar de la calidad de la energía implica que algunas formas de ésta son más útiles que otras. Sin embargo, la idea de la calidad surge cuando se hace necesario optimizar la conversión, transmisión y consumo de energía. Se observa que la segunda ley impone ciertas restricciones a la transformación de algunas formas de energía hacia otras formas más útiles. La segunda ley permite también medir la "degradación" o cambio en la calidad de la energía, en términos cuantitativos.

Para intentar explicar la relevancia de esta ley, emplearemos las definiciones de Clausius y de Kelvin-Planck. El primero la enuncia de la siguiente manera:

Es imposible que una máquina cíclica produzca exclusivamente el efecto de hacer pasar calor continuamente de un cuerpo a otro que se encuentra a una temperatura más elevada.

Ahora bien el principio formulado por Kelvin-Planck es el siguiente:

Una transformación cuyo único resultado final sea transformar en trabajo el calor extraído de alguna fuente, que se encuentre en toda su extensión a la misma temperatura, es imposible.

Lo anterior nos limita y dirige los alcances de una máquina térmica real. Pues el primero nos indica que el calor fluye de un depósito que se encuentre a alta temperatura, a otro depósito cuya temperatura sea menor. Y el segundo principio nos limita a la primera ley, pues nos dice que no todo el calor se puede convertir en trabajo.

Esto se ejemplifica en la siguiente figura.

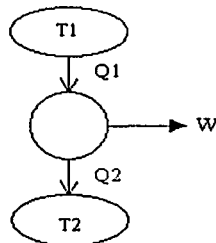


Fig. 1-3 Máquina térmica real

Podemos decir en general, que la energía térmica almacenada a altas temperaturas tiene mejor calidad en comparación con la misma cantidad de energía térmica almacenada a una temperatura inferior.

Calor : El termino calor sólo debe emplearse para designar la energía en transición, es decir, la que se transfiere de un cuerpo a otro debido a una diferencia de temperatura. La transferencia de calor hacia un cuerpo origina un aumento en la energía de agitación de sus moléculas, o sea, que ocasiona un aumento en la energía interna del cuerpo. Las unidades en las cuales se mide es el Joule el cual se representa por la letra " J" , esto en el sistema internacional; pero en el sistema ingles se ocupa el BTU. Donde $1 \text{ BTU} = 1.055 \text{ kJ} = 0.252 \text{ cal}$

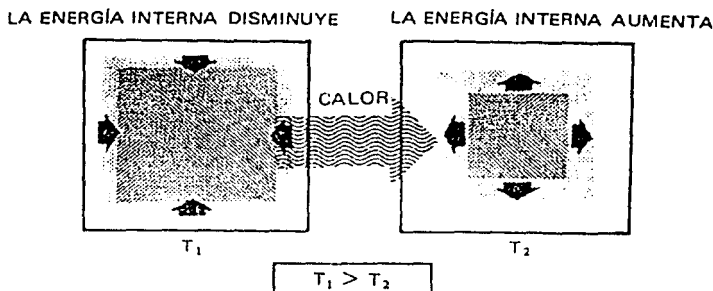


Fig. I-4 Esquema de la transferencia de calor

Calor latente: Bajo un cambio de estado, la mayoría de las sustancias tendrán un punto de fusión en el cual ellas cambiarán de un sólido a un líquido sin ningún incremento en temperatura. En este punto, si la sustancia esta en un estado líquido y el calor se retira de ella, la sustancia se solidificará sin un cambio en su temperatura. El calor envuelto en uno u otro de estos procesos (de sólido a líquido o de un líquido a un sólido), sin un cambio de temperatura se conoce como calor latente.

Calor sensible : Es el calor que puede sentirse o medirse, el cual causa un cambio en la temperatura de una sustancia, pero no un cambio en el estado. La sustancia bien sea en estado sólido, líquido o gaseoso, contienen calor sensible, en algún grado, siempre que su temperatura este por encima del cero absoluto.

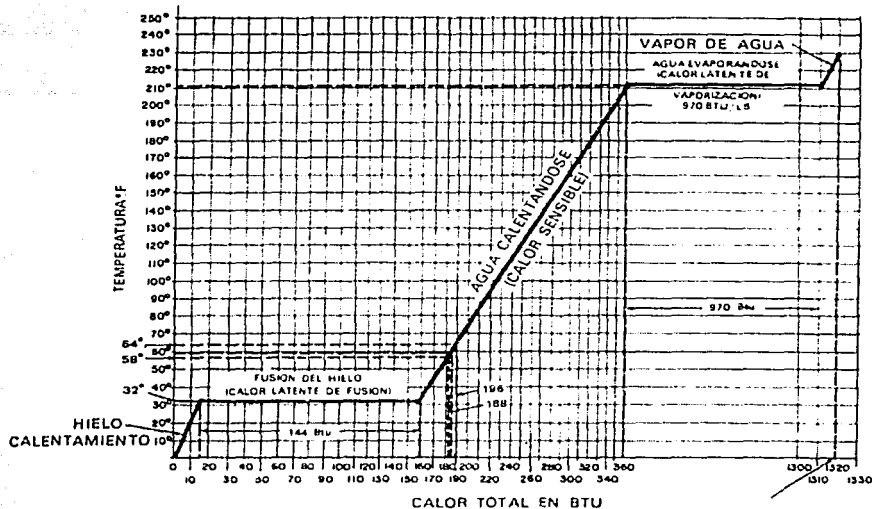


Fig. I-5 Relación entre calor sensible y latente del agua.

Humedad: Es la mezcla de vapor de agua con aire seco de la atmósfera. Ahora bien existen algunas definiciones muy utilizadas de la humedad, como son:

Humedad específica: La cual es el peso de vapor de agua, asociado con cada libra ó kilogramo de aire – seco. [lb vapor / lb aire seco] o bien [kg vapor / kg aire seco]

Humedad relativa: Se define como la relación de la presión parcial del vapor de agua contenido en el aire a la presión que ejerce el vapor de agua saturado a la temperatura del aire. Generalmente se denota con la letra “ ϕ ” y se expresa en porcentajes.

$$\phi = p_s / p_d$$

donde

p_s = presión parcial del vapor de agua contenido en el aire

p_d = presión del vapor saturado a la temperatura del aire, o sea, la T_{bs} .

Número de Reynolds

En la década de 1880, Osborne Reynolds, ingeniero británico, estudio la transición entre el flujo laminar y turbulento a través de un tubo. Reynolds pudo descubrir que el parámetro (que ahora lleva su nombre) :

$$Re = \frac{\rho v D}{\mu} = \frac{v D}{\nu}$$

constituye un criterio mediante el cual se puede determinar el estado de un flujo. Experimentos posteriores han demostrado que el número de Reynolds es un parámetro clave también para otros casos. Se tiene entonces, en general:

$$Re = \frac{vL}{\nu}$$

donde L es la longitud característica descriptiva del campo de flujo.

El significado físico del número de Reynolds se puede establecer más claramente si se escribe en la siguiente forma:

$$Re = \frac{\rho v L}{\mu} = \frac{\rho v L v L}{\mu v L L/L} = \frac{\rho v^2 L^2}{(\mu v/L)L^2}$$

en esta forma la expresión se puede interpretar como sigue:

$$\begin{aligned} \rho v^2 L^2 &\sim (\text{presión dinámica}) \times (\text{área}) \sim \text{fuerza de inercia} \\ (\mu v/L)L^2 &\sim (\text{esfuerzo viscoso}) \times (\text{área}) \sim \text{fuerza viscosa} \end{aligned}$$

y

$$Re \sim \frac{\text{fuerzas inerciales}}{\text{fuerzas viscosas}}$$

De este modo el número de Reynolds se puede considerar como el cociente de las fuerzas inerciales entre las fuerzas viscosas.

Acondicionamiento de aire: Este es un proceso donde la temperatura, contenido de humedad, la calidad y el movimiento del aire dentro de un espacio son controlados. El término calidad del aire significa su limpieza y sus condiciones de pureza.

Tonelada de refrigeración: Es el calor necesario para fundir 2000 libras (1 Ton) de hielo a 0°C (32°F) en 24 horas, lo cual equivale a 288'000 BTU/día. Lo anterior se puede expresar como 12'000 BTU/hr.

Refrigerante: Se entiende por refrigerante al fluido ocupado para producir un efecto de enfriamiento por absorción de calor mientras se evapora ó se expande.

Carta psicrométrica: Es la representación gráfica de los cambios en los procesos para mezclas aire seco y vapor de agua, cuyo uso nos facilita los cálculos. A continuación se muestra un esquema de la carta psicrométrica, con lo cual es posible observar toda la información que esta contiene.

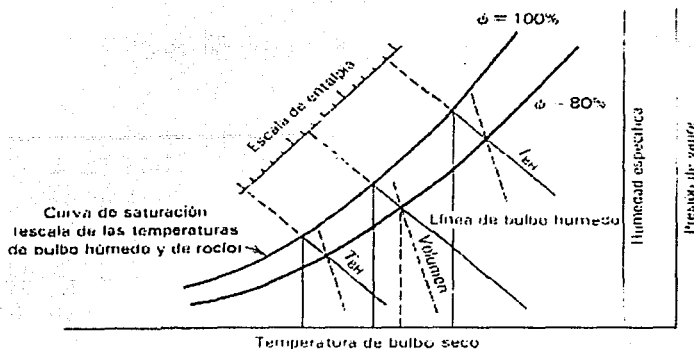


Fig. I- 6 Aspecto general de una carta psicrométrica.

Coefficiente de operación: En lugar de la eficiencia térmica, que se toma como criterio en el análisis de las máquinas térmicas, el estándar para la eficiencia de la energía en los procesos de refrigeración es el coeficiente de operación (COP). Un estándar de operación se define comúnmente como el coeficiente de lo que se desea entre lo que debemos dar.

El objetivo de un refrigerador es el de extraer el calor de una región que se halla a baja temperatura a fin de mantener ésta a un valor deseado. Por lo tanto el coeficiente de operación de un sistema de refrigeración se define como:

$$\text{COP}_{\text{refrig.}} = \frac{Q_{\text{extraído}}}{W_{\text{suministrado}}}$$

Ciclo de refrigeración por compresión:

Aun cuando el ciclo de Carnot invertido es un estándar con el cual se puede comparar todos los ciclos reales, no es un dispositivo práctico para propósitos de refrigeración. Sin embargo es deseable aproximarse a los procesos de adición de calor a temperatura constante y de expulsión de calor a temperatura constante, con el objeto de lograr el máximo coeficiente de operación posible. Esto se logra en buena medida con un dispositivo de refrigeración según el ciclo de compresión de vapor. El esquema del equipo para el ciclo, junto con los diagramas Ts y Ph del ciclo ideal, se muestran a continuación:

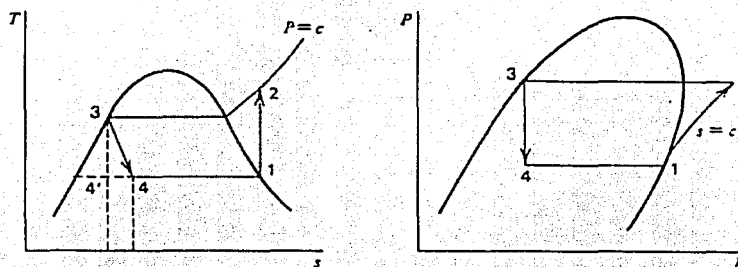
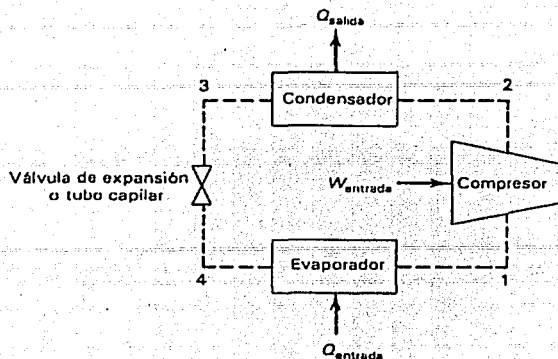


Fig. 1-7 Esquema del equipo y diagramas Ts y Ph de un ciclo de refrigeración por compresión.

Vapor saturado en el estado 1 se comprime isentrópicamente hasta el estado 2 de vapor sobrecalentado. El refrigerante entra entonces en un condensador, donde se elimina el calor a presión constante hasta que el fluido se convierte en líquido saturado en el estado 3. Para devolver el fluido a una presión inferior, se expande adiabáticamente a través de una válvula o tubo capilar hasta el estado 4. El 3 - 4 es un proceso de estrangulamiento, y $h_3 = h_4$. En el estado 4 el refrigerante es una mezcla húmeda de baja calidad. Finalmente pasa a través del evaporador a presión constante. El calor entra en el evaporador desde la fuente a temperatura baja y evapora al fluido hasta el estado de vapor saturado. Así se completa el ciclo. Obsérvese que todo el proceso 4-1 y gran parte del proceso 2-3 ocurren a temperatura constante. A diferencia de muchos otros ciclos ideales, el ciclo de compresión de vapor ilustrado en la figura anterior contiene un proceso irreversible, que es el proceso de estrangulamiento. Se supone que todas las demás partes del ciclo son reversibles.

Por último es necesario decir que la especificación de los sistemas de refrigeración usualmente se da con base en las toneladas de refrigeración que absorbe la unidad operando en las condiciones de diseño. Una tonelada de refrigeración se define como una rapidez de extracción de calor en la región fría

(o la rapidez de absorción de calor por parte del fluido que circula por el evaporador) esto a una razón de 211 kJ/min o 12000 BTU/hr. Otra cantidad citada con frecuencia con respecto a un dispositivo de refrigeración es el gasto volumétrico del refrigerante a la entrada del compresor. Se le llama desplazamiento efectivo del compresor.

Ciclo de refrigeración por absorción: En todo proceso de refrigeración, la energía eliminada de la región fría tarde o temprano tiene que expulsarse hacia otra región que se halle a una temperatura considerablemente mayor. Esta segunda región es comúnmente el entorno. Para efectuar el proceso de expulsión de calor, la temperatura del fluido dentro del ciclo de refrigeración debe elevarse a un valor superior al de la temperatura ambiente. En el ciclo de refrigeración por compresión, descrito anteriormente, la temperatura del vapor que sale del evaporador se eleva mediante un proceso de compresión. En este ciclo el valor del volumen específico es relativamente grande, ya que el fluido se encuentra en la región de sobrecalentamiento durante el proceso de compresión. Así la entrada de trabajo es también relativamente grande. Una forma de superar esta desventaja consiste en diseñar un ciclo de refrigeración en el cual el fluido sea líquido durante todo el proceso, con lo cual solo se deberá bombear. En tal caso, la entrada de trabajo será notoriamente menor.

La técnica de refrigeración por absorción se basa en esta estrategia. Para lograr esto, sin embargo el ciclo en conjunto se hace más complejo físicamente. Además, debe utilizarse una mezcla de dos componentes, tal como amoníaco y agua o bromuro de litio y agua, como fluido circulante en este ciclo, en vez del componente único empleado en el ciclo de compresión. Los fluidos de dos componentes poseen una característica importante que se debe reconocer. Cuando dos fases están presentes en equilibrio, la composición de un componente dado no es la misma en las dos fases. La fase de vapor tendrá más del componente que sea más volátil a la temperatura dada. Considere, por ejemplo, una mezcla de amoníaco y agua. A 43 °C la presión de saturación del amoníaco es de 17 bares, mientras que la del agua es de 0.09 bares. Por lo tanto, el amoníaco tiene una tendencia mucho mayor que el agua a evaporarse a una temperatura dada. Así, para una solución de agua y amoníaco, la fase de vapor contiene mucho más amoníaco (es más rica en amoníaco) que la fase líquida con la que se encuentra en equilibrio. Esto es muy importante al hacer balances de masa y energía para el equipo que se emplea en la refrigeración por absorción.

En la fig. 1-8 se muestra el diagrama de un ciclo simple de refrigeración por absorción. En el lado izquierdo del diagrama se ven un condensador, una válvula de estrangulamiento y un evaporador. Estos tres equipos también se utilizan en los ciclos ordinarios de compresión, pero el compresor de aquel ciclo se sustituye en este caso por cuatro equipos; un absorbedor, una bomba, un generador de vapor y una válvula. En esta descripción, se considerará que los dos componentes del ciclo son agua y amoníaco.

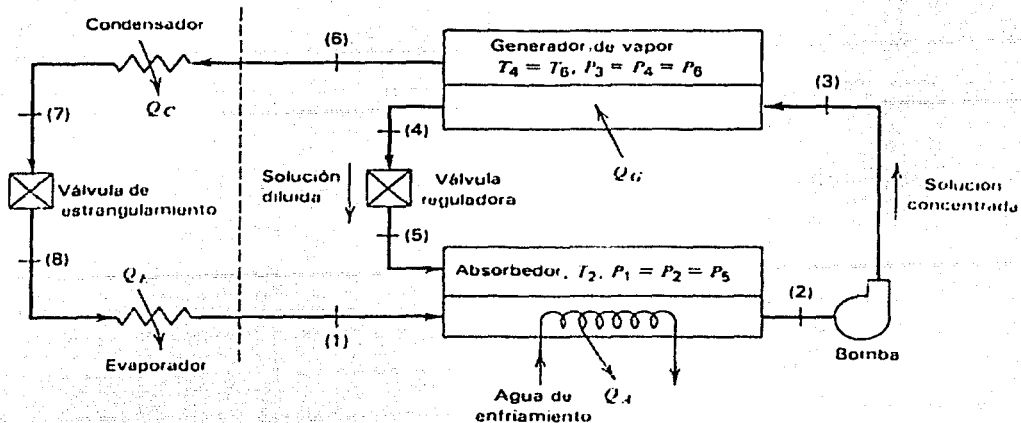


Fig. 1-8 Diagrama de un ciclo simple de refrigeración por absorción.

Esencialmente, del evaporador sale amoníaco gaseoso puro en el estado 1 y entra en el absorbedor. El medio absorbente es una solución diluida (concentración baja) de amoníaco y agua que entra continuamente en el estado 5. El proceso de absorción libera energía, por lo que debe hacerse circular agua de enfriamiento a través del absorbedor para mantener la solución a una temperatura constante. La temperatura del fluido absorbente se debe mantener en el valor más bajo posible, ya que la cantidad de refrigerante puro que puede absorberse disminuye al aumentar la temperatura. Sin embargo, el absorbedor debe operar entre 10 y 20 grados por encima de la temperatura del agua de enfriamiento para permitir una transferencia de calor adecuada. El líquido que sale del absorbedor en el estado 2 es una solución rica o concentrada. Esta mezcla líquida binaria se transporta luego mediante una bomba hasta el estado 3, el cual se halla a la presión del condensador.

La elevación de temperatura de la mezcla binaria debida al trabajo de la bomba es usualmente muy pequeña. Por tanto, la solución concentrada es un líquido subenfriado al entrar en el generador de vapor. Ahora debe suministrarse calor Q_G a la solución en el generador de vapor para calentar el líquido que llega hasta la temperatura de saturación y liberar de la solución parte del amoníaco. Este amoníaco gaseoso casi puro pasa hacia el condensador en el estado 6 y después regresa al absorbedor en el estado 1. La solución diluida que queda en el generador (estado 4) fluye ahora a través de una válvula de regulación, la cual hace que la presión de la solución disminuya hasta igualar el valor de la presión en el absorbedor. Se mezcla con la solución que queda en el absorbedor, y el vapor frío que viene del evaporador se une a la solución líquida total. La solución concentrada se enfría, como antes, y el ciclo se repite. De esta manera, la solución del amoníaco y agua que circula a través del absorbedor, la bomba, el generador de vapor y la válvula sirven exclusivamente como medio de transporte para el refrigerante: amoníaco.

Obsérvese que cualquier sistema de refrigeración por absorción necesita una fuente externa de calor para la generación del vapor refrigerante. Por ello es que la refrigeración por absorción es especialmente atractiva si se puede disponer con facilidad de una fuente de energía térmica a una temperatura de entre 100 y 200°C.

En la práctica, los sistemas comerciales de refrigeración por absorción, contienen por lo menos dos modificaciones que no se ven en el esquema anterior. En primer lugar, la solución concentrada y fría en el estado 3 necesita calentarse antes de entrar en el generador, y la solución caliente y diluida en el estado 4 necesita enfriarse antes de entrar en el absorbedor. En consecuencia, se coloca un cambiador de calor entre el absorbedor y el generador de vapor, lo que permite que haya una transferencia de calor de la solución diluida a la solución concentrada. En segundo lugar, un requisito importante es que el amoníaco que proviene del generador debe estar esencialmente libre de agua al pasar a través del circuito condensador, válvula de estrangulamiento y evaporador. Cualquier residuo de agua se congelaría en la válvula de expansión y en el evaporador. Por lo tanto, el vapor que sale del generador pasa a través de un equipo llamado rectificador antes de entrar en el condensador. El rectificador separa cualquier residuo de vapor de agua de la corriente gaseosa que sale del generador y regresa el agua al generador de vapor.

Capítulo II Análisis de cargas térmicas

En este capítulo se calculará la carga térmica a la cual está sometida el inmueble, aplicándose la metodología general para el cálculo de esta. Se presentarán las condiciones del proyecto y se calculará la carga térmica para cada edificio.

Metodología del cálculo para carga térmica.

Como sabemos los parámetros bajo los cuales se diseñan edificios se han modificado a través del tiempo, ya no es suficiente la apariencia o el espacio interior, los constructores cada vez buscan elaborar diseños que satisfagan las necesidades de sus clientes de la mejor manera y bajo un arreglo confiable, seguro, amigable con el ambiente y además que resulte rentable. Es por ello que en la planeación y diseño de edificios se involucran muy diversas disciplinas del conocimiento, tanto técnicas como artísticas. Participan arquitectos, ingenieros, urbanistas, muralistas y escultores. Todo con la finalidad de crear o bien reacondicionar espacios y construcciones, para todo tipo de usos, en las cuales las personas puedan realizar sus actividades de manera confortable y segura. Y es justamente en una de estas áreas en donde el ingeniero mecánico puede desarrollarse. Las instalaciones y el acondicionamiento de aire son parte importante de todo proyecto de construcción.

Lo anterior tiene tiempo ya de conocerse, lo cual deriva en el desarrollo de métodos que simplifiquen y normalicen la forma en la cual se proyecta actualmente. A continuación se presenta un método general para el análisis de cargas térmicas en inmuebles.

Primero es necesario tener disponible los datos generales del inmueble, conocer la localización, tipo de construcción así como el uso para el cual están destinados, los planos suficientes (arquitectónicos, estructurales, de acabados e instalaciones) para poder hacer las consideraciones necesarias, y tener acceso a bibliografía suficiente para consulta de datos en general, también es muy recomendable acercarse a los fabricantes y gente con experiencia en el ramo para orientación y / o asesoría.

Contando ya con la información general del proyecto, se puede comenzar el cálculo de la carga térmica a la cual se encuentra sometido nuestro local.

Se debe hacer la distinción entre los diversos elementos que alteran las condiciones interiores de un local. Es por esta razón que se dividen en dos grandes grupos: cargas variables y cargas constantes. La primera está dada por los efectos de la insolación de un local durante un determinado periodo de tiempo

durante el cual las condiciones exteriores varían, ya sea en temperatura, humedad, o calidad. Y las segundas son todos aquellos factores que podríamos considerar como "controlables", tales como la iluminación, equipo, personal, etc. Dicha clasificación no es mas que una forma de designar a las distintas causas que modifican las condiciones interiores de un local, y no tienen que ser consideradas como si realmente unas fueran siempre constantes y las demás no, pues en realidad no es posible tener un control de todos estos elementos.

• Carga variable

Ahora bien la carga variable se calcula de la siguiente manera. Con base en las temperaturas de diseño, tanto interiores como exteriores, y la localización del inmueble se determina cuales tablas se utilizarán para la ganancia a través de vidrios, muros y techo.

Para poder emplearlas de forma fácil se debe tener previamente la información de cuales habitaciones o locales serán acondicionados, pues no todos los cuartos deben tener aire acondicionado (un ejemplo de esto son los baños, cocinas, cuartos de maquinas, etc.) , conocer la orientación y área de vidrios, muros y techo, así como los materiales de los cuales están compuestos y las propiedades de los mismos.

- Aportaciones a través de vidrios

Una vez que se cuenta con la información necesaria, se comienza por seleccionar la tabla para el calculo de la aportación solar a través de vidrios con base en la localización del inmueble. Existen tablas que van desde los 0° Latitud (norte o sur) y hasta los 50° Latitud (norte o sur), en incrementos de 10°. Estas tablas están organizadas para las distintas épocas del año, contienen las diferentes orientaciones así como la hora solar. Los valores que se obtienen están dados en kcal / hr m²(de superficie acristalada).

Con este valor y su respectiva área , se obtiene una cantidad de ganancia solar instantánea. Lo anterior se puede expresar de la siguiente manera:

$$q = A \text{ (m}^2\text{)} \times \text{valor de tabla (kcal / hr m}^2\text{)}$$

con lo cual se obtiene q (kcal / hr), adicionalmente este valor se puede alterar al emplear factores de corrección, tales como, corrección por marco metálico, factor de ganancia solar propia del vidrio, y factor de almacenamiento (debido a la mampostería). Con lo cual una forma mas general de la expresión anterior queda expresada de la siguiente manera:

$$q = A \text{ (m}^2\text{)} \times \text{valor de tabla (kcal/hr m}^2\text{)} \times \text{(factor de ganancia solar propia del vidrio)} \times \text{(corrección por marco metálico)} \times \text{(factor almacenamiento)}$$

para los respectivos valores de cada época, orientación y hora solar

constante debida al material por uso de marcos metálicos

por tipo de construcción (pesada, media o ligera)

Es necesario realizar este calculo para las distintas épocas del año, para todas las orientaciones y horas solares. Solo así se conocerá cual es la fecha y hora a la cual se presenta la máxima carga instantánea variable debida a vidrios. Es necesario mencionar que existen otros factores de corrección, los cuales se puede observar en la copia que se anexa en el apéndice de este trabajo.

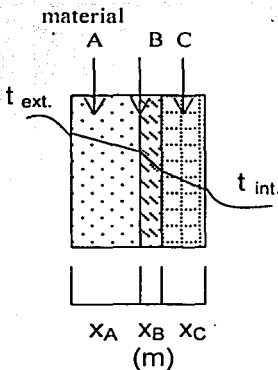
Antes de poder continuar con el calculo de las ganancias debidas a los muros y al techo, es necesario calcular el valor del coeficiente global de transferencia para cada sección transversal, ya que se utilizarán mas adelante.

Para esto utilizaremos el método de las resistencias térmicas equivalentes, tomando como base los coeficientes de convección recomendados por A.S.H.R.A.E. los cuales son:

$$h_{\text{interior}} = 8 \text{ kcal/m}^2 \text{ }^\circ\text{C hr} \quad \text{para aire "quieto" de 0.5 a 1 m/s}$$

$$h_{\text{exterior}} = 29.3 \text{ kcal/m}^2 \text{ }^\circ\text{C hr} \quad \text{para viento a 6.7 m/s (15 millas/hr)}$$

A continuación se muestra como se efectúa el cálculo del coeficiente global



$$k_A = \text{constante (kcal / m }^\circ\text{C hr)}$$

$$k_B = \text{constante (kcal / m }^\circ\text{C hr)}$$

$$k_C = \text{constante (kcal / m }^\circ\text{C hr)}$$

$$U_c = \frac{1}{\frac{1}{h_{\text{int}}} + \frac{x_A}{k_A} + \frac{x_B}{k_B} + \frac{x_C}{k_C} + \frac{1}{h_{\text{ext}}}}$$

Con esto y el correcto uso de las tablas para corrección de temperatura equivalente para muros y techo, y la siguiente relación empírica podemos obtener la ganancia instantánea variable debida a la insolación de estos elementos.

$$\Delta T_{e^*} = \Delta T_e + (\Delta T_{\text{real}} - 8.3)$$

donde

ΔT_{e^*} = equivalente corregida

ΔT_e = equivalente (valor contenido en las tablas)

ΔT_{real} = diferencia real ($T_{\text{ext}} - T_{\text{int}}$)

por ultimo se tiene:

$$q = U A \Delta T_{e^*} \text{ (kcal / hr)}$$

de donde se desprende que esta expresión es posible de emplear para muros que estén hechos de varios materiales, esto se expresa de la siguiente manera:

$$q = (U_1 A_1 + U_2 A_2 + U_3 A_3) \Delta T_e^*$$

lo cual se deberá calcular para cada una de las distintas épocas, orientaciones y horas solares. Lo anterior para el caso de los muros, ya que para el techo solo se calcula a lo largo de las horas solares.

Como se ha mencionado estos cálculos nos proporciona la carga instantánea variable, pero para poder hacer una suma de estas tres aportaciones, deberá tomarse la combinación que genere la máxima carga variable, esto significa que no se toman los máximos de cada uno y después se suman pues esto nos resultaría en un valor mas alto que el real, debido a que los máximos de cada aportación se pueden presentar a distinta hora, orientación o época.

Es por eso que se diseña para la combinación máxima, lo cual proporciona un cierto rango de confiabilidad, pues es de esperarse que este máximo solo se alcance durante algunas horas en un par de días al año.

• Carga constante

En esta sección se contabilizan todos aquellos elementos que aportan carga térmica al local y los cuales son debidos a factores no climáticos. Dichos factores son propios de cada proyecto y del uso para el cual se tenga destinado el local, ejemplos de esto son los siguientes: personal, iluminación, equipo, aportaciones de vidrios y muros debido a la transmisión, etc. Y decimos que depende del uso de cada local, debido a que no se hacen las mismas consideraciones en cada uno de los proyectos, por ejemplo, para una habitación de hotel la circulación de aire y las condiciones interiores difieren a las que se proyectan para una tienda departamental, un salón de belleza, una oficina corporativa o un gimnasio.

Para cada uno de estos podemos encontrar bibliografía con distintas recomendaciones, así como una gran cantidad de equipo, tipos de iluminación y factores de diversidad. Y dependerá de la experiencia y criterio de cada proyectista el seleccionar la información que le resulte útil así como proponer datos basados en la experiencia propia o bien en peticiones especiales de cada cliente.

Un ejemplo de los distintos factores arriba mencionados es la carga debida a personal.

Por citar un ejemplo mencionaremos la ventilación recomendada para dos distintas aplicaciones:

	Por persona	Humo de cigarros
	m ³ /min (ft ³ /min)	
Departamento de lujo	0.8495 (30)	poco
Cafetería	0.2831 (10)	considerable

Y lo anterior también se distingue por el grado de actividad, ya que el cuerpo humano libera cierta cantidad de calor:

	Grado de actividad	Temperatura del cuarto (T_{bs}) 23.3°C (75 °F)
Departamento de lujo	actividad moderada	$q_s = 71.8024 \text{ J/s}$ $q_l = 73.2677 \text{ J/s}$ $q_s = 245 \text{ BTU/hr}$ $q_l = 205 \text{ BTU/hr}$ (por persona)
Cafetería	caminando despacio, sentado o de pie	$q_s = 74.7331 \text{ J/s}$ $q_l = 71.8024 \text{ J/s}$ $q_s = 255 \text{ BTU/hr}$ $q_l = 245 \text{ BTU/hr}$ (por persona)

Nota: Datos obtenidos de referencia 4

Así como este existen muy distintos tipos de aplicaciones.

Una vez que se han calculado todas las aportaciones de carga térmica, tanto variables como constantes, se debe hacer una suma de estas atendiendo al uso correcto de unidades, para que estas sean congruentes, y distinguiendo además cuales representan carga latente y cuales carga sensible.

Con estos valores, debidamente calculados, podemos obtener el factor de calor sensible, lo cual es la relación entre la carga sensible y la carga total. Esto es:

$$F.C.S. = \frac{q_s}{q_s + q_l} = \frac{q_s}{q_T}$$

Recordando las condiciones de diseño se tiene:

exteriores	Interiores
$t_{bs} = \text{cte. } (^\circ\text{C})$	$t_{bs} = \text{cte. } (^\circ\text{C})$
$t_{bh} = \text{cte. } (^\circ\text{C})$	$t_{bh} = \text{cte. } (^\circ\text{C})$
$h_{ext} = \text{cte. (kcal/kg)}$	$h_{int} = \text{cte. (kcal/kg)}$

Con el F.C.S. y la carta psicrométrica se obtiene:

$$t_{\text{inyección}} = \text{cte. } (^\circ\text{C})$$

$$h_{\text{inyección}} = \text{cte. (kcal/kg)}$$

Con el empleo de las tablas de confort se estima la cantidad de aire de ventilación, con lo cual se puede obtener la masa de aire exterior necesario para el local.

$$\text{valor recomendado} = \text{cte. (ft}^3 / \text{min)} \rightarrow \text{por } 1.699 \rightarrow (\text{m}^3 / \text{hr})$$

para ventilación

conociendo el valor de la densidad se tiene:

$$\rho = m / V \text{ de donde } m_{ext} = \rho V$$

$$(\text{kg/hr}) = (\text{kg/m}^3) (\text{m}^3 / \text{hr})$$

Ahora bien, sabemos que el calor total es igual al producto de la masa total por la diferencia de entalpías, esto es:

$$q_T = m_T (h_{int} - h_{iny})$$

pero como conocemos la carga total a la cual esta sometido el local, podemos establecer la cantidad de aire necesaria para el acondicionamiento:

$$m_T = \frac{q_T}{(h_{int} - h_{iny})} \left\{ \begin{array}{l} \text{kg} \\ \text{hr} \end{array} \right\}$$

con lo anterior se calcula la relación entre el aire exterior y el total (m_{ext} / m_{tot}), el cual nos servirá para hacer un balance de energía

$$h_{mezcla} m_{total} = m_{exterior} h_{exterior} + m_{interior} h_{interior}$$

de donde

$$h_{mezcla} = \frac{m_{exterior} h_{exterior} + m_{interior} h_{interior}}{m_{total}}$$

con lo cual la capacidad del equipo se calcula de la siguiente forma:

$$q_{equipo} = m_{total} (h_{mezcla} - h_{inyección})$$

(kcal/hr)
(kg/hr)
(kcal/kg)

donde 1 kcal/hr = 3.96 BTU/hr y 12'000 BTU/hr = 1 TON de refrigeración.

De esta manera se determina la capacidad de un equipo, necesaria para eliminar la carga térmica, sin importar el ciclo de refrigeración que este utilice.

A continuación se presentan las condiciones de nuestro proyecto, con la información necesaria, así como la memoria de cálculo para cada uno de los edificios. Ejemplificando paso a paso como se realiza la estimación de la carga térmica para uno solo de estos.

Se trata de un conjunto residencial, formado por cuatro edificios ubicados en Acapulco, Guerrero, los cuales forman un total de 60 departamentos. La siguiente figura es un esquema del plano de sembrado. Para mas detalles el plano se encuentra en el apéndice de este trabajo.

Las condiciones de diseño son:

Localización: Acapulco, Guerrero
 16° 50' Latitud norte
 99° 56' Longitud oeste

Temperaturas de diseño (°C)

<i>Exterior</i>	<i>Interior</i>
$T_{bs} = 33$	$T_{bs} = 23$
$T_{bh} = 27$	$\phi = 50\%$

Datos obtenidos de las "especificaciones para sistemas de aire acondicionado" de la Cámara Mexicana de la Industria de la Construcción (C.M.I.C)

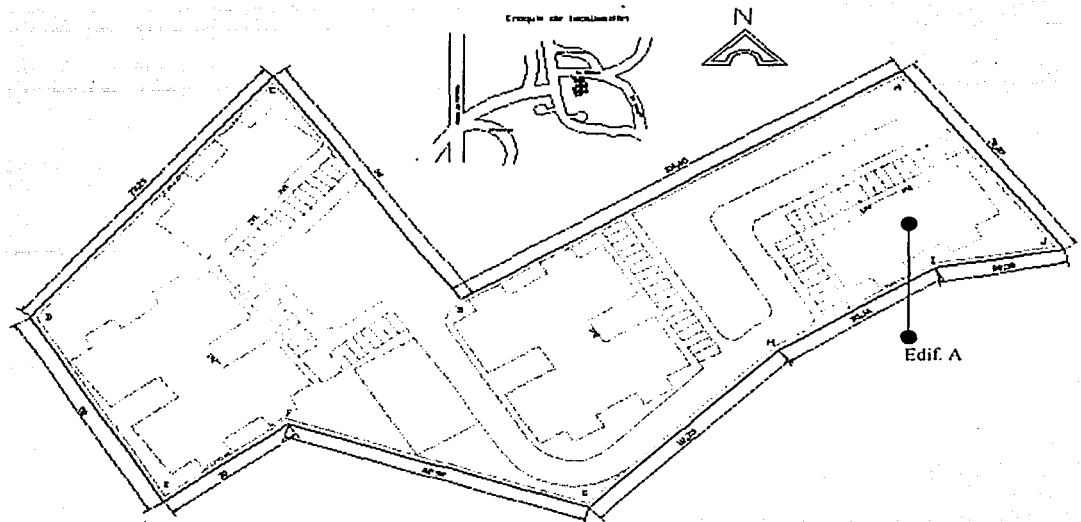


Fig. II - 1 Orientación de los edificios

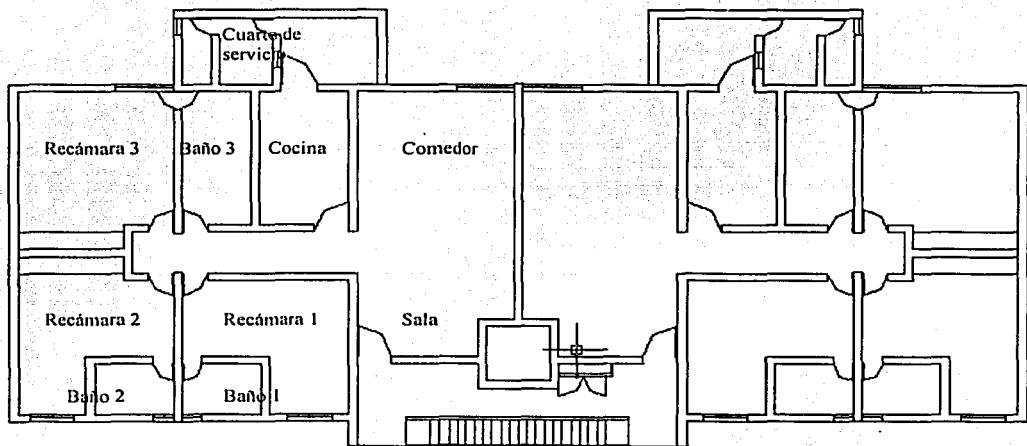


Fig. II - 2 Planta tipo

Como se mencionó anteriormente, antes de comenzar el cálculo de la carga térmica es necesario contar con la información acerca de la superficie de los departamentos, habitaciones que serán acondicionadas, superficies acristaladas y tipos de materiales empleados para muros y techos.

La siguiente tabla es un resumen de áreas.

• Edificio I (10 D)

Zonas acondicionadas

	Área en m ²
Recámara 1	28.02
Recámara 2	29.1777
Recámara 3	36.1377
Sala y comedor	73.1472
TOTAL	166.4826

Cuartos no acondicionados

	Área en m ²
Cuarto 4	6.27
Baño 1	6.96
Baño 2	6.96
Baño 3	15.3912
Baño 4	3.9
Cocina	19.5888
Patio de servicio	10.83
Lobby	43.23
TOTAL	113.13

Área total por departamento: 236.3826m²
sin considerar el área del Lobby

• Edificio H (20 D)

Zonas acondicionadas

	Área en m ²
Recámara 1	28.02
Recámara 2	29.1777
Recámara 3	36.1377
Sala y comedor	72.3972
TOTAL	165.7326

Cuartos no acondicionados

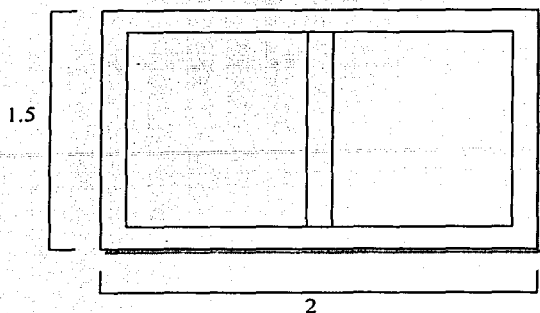
	Área en m ²
Cuarto 4	6.27
Baño 1	6.96
Baño 2	6.96
Baño 3	15.3912
Baño 4	3.9
Cocina	19.5888
Patio de servicio	10.83
Lobby	125.2692
TOTAL	195.1692

Área total por departamento: 235.6326m²
sin considerar el área del Lobby

Debido a la localización del terreno, se utilizará la tabla para 20° Lat. Norte

- Detalle de ventanas

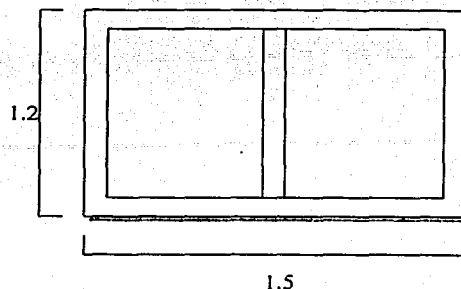
ventana tipo VA-01



$\text{área} = 2 \times 1.5 - 0.15$
 $\text{área} = 2.85 \text{ m}^2$

área del marco metálico

ventana tipo VA-02



$\text{área} = 1.5 \times 1.2 - 0.12$
 $\text{área} = 1.68 \text{ m}^2$

acotaciones en metros.

vidrio de 6 mm de espesor, color claro
con marco metálico

Las ventanas restantes no es necesario mencionarlas debido a que se encuentran en habitaciones no acondicionadas.

A partir de este punto los datos mostrados son específicos del edificio A

- Carga variable

fachada orientada 31° noroeste
orientación de las ventanas

	Orientación	Área (m ²)
N	no existe	0
NE	no existe	0
E	no existe	0
SE	2 (VA-01)	5.7
S	no existe	0
SO	no existe	0
O	no existe	0
NO	2 (VA-02)	3.36

De la tabla de aportaciones solares a través de vidrio se tiene:
 Para la 7^a época, a las 12:00 hrs.

20° Latitud norte

	Hora solar												
	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
SE	0	160	377	452	431	363	263	162	54	29	19	5	0
NO	0	5	19	29	32	35	35	35	32	32	48	38	0

Como se indico antes la carga instantánea variable esta dada por la expresión:

$$q_v = A \text{ (m}^2\text{)} \times \text{valor de tabla (kcal/hr m}^2\text{)} \times \text{(factor de ganancia)} \times \text{(corrección por solar propia del vidrio)} \times \text{(factor almacenamiento marco metálico)}$$

$$q_v = 5.7 (263)(0.94)(1.17)(1) + (3.36)(35)(0.94)(1.17)(1)$$

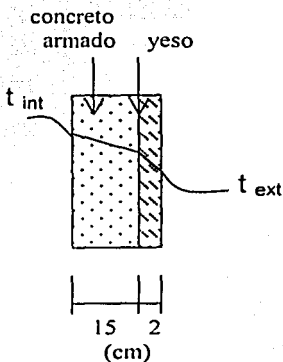
$$q_v = \boxed{1787.88} \text{ (kcal / hr)}$$

Cálculo del coeficiente global de transferencia:

$$h_{int} = 8 \text{ kcal / m}^2 \text{ }^\circ\text{C hr}$$

$$h_{ext} = 29.3 \text{ kcal / m}^2 \text{ }^\circ\text{C hr}$$

- Muros

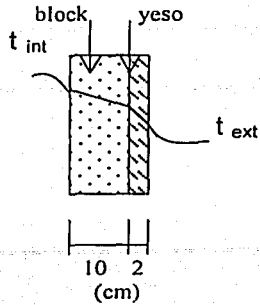


$$k_{concreto} = 1.5 \text{ (kcal/ m }^\circ\text{C hr)}$$

$$k_{yeso} = 0.14 \text{ (kcal/ m }^\circ\text{C hr)}$$

$$U_{M1} = \frac{1}{\frac{1}{8} + \frac{0.15}{1.5} + \frac{0.02}{0.14} + \frac{1}{29.3}}$$

$$U_{M1} = 2.487 \text{ kcal / m}^2 \text{ }^\circ\text{C hr}$$



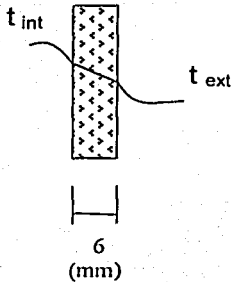
$$k_{\text{block}} = 0.6 \text{ (kcal/ m } ^\circ\text{C hr)}$$

$$k_{\text{yeso}} = 0.14 \text{ (kcal/ m } ^\circ\text{C hr)}$$

$$U_{M2} = \frac{1}{\frac{1}{8} + \frac{0.1}{0.6} + \frac{0.02}{0.14} + \frac{1}{29.3}}$$

$$U_{M2} = 2.133 \text{ kcal / m}^2 \text{ } ^\circ\text{C hr}$$

- Vidrio

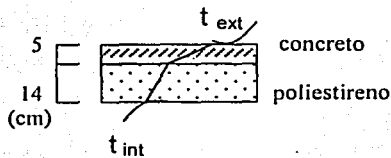


$$k_{\text{vidrio}} = 0.7 \text{ (kcal/ m } ^\circ\text{C hr)}$$

$$U_v = \frac{1}{\frac{1}{8} + \frac{0.006}{0.7} + \frac{1}{29.3}}$$

$$U_v = 5.963 \text{ kcal / m}^2 \text{ } ^\circ\text{C hr}$$

- Techo



$$k_{\text{concreto}} = 1.5 \text{ (kcal/ m } ^\circ\text{C hr)}$$

$$k_{\text{poliestireno}} = 0.035 \text{ (kcal/ m } ^\circ\text{C hr)}$$

$$U_T = \frac{1}{\frac{1}{8} + \frac{0.05}{1.5} + \frac{0.14}{0.035} + \frac{1}{29.3}}$$

$$U_T = 0.2385 \text{ kcal / m}^2 \text{ } ^\circ\text{C hr}$$

Con estos datos podemos continuar con el calculo de la carga variable, ahora debido a los muros.

sabemos que $\Delta T_{e^*} = \Delta T_e + (\Delta T_{real} - 8.3)$

$$\Delta T_{real} = 33 - 23 = 10 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$\Delta T_e \rightarrow$ valor obtenido de las tablas para muro de tabique de 0.1016 m (4 in) color oscuro

por lo tanto

$\Delta T_{e^*} \rightarrow$ temperatura equivalente corregida

$$\Delta T_{e^*} = \Delta T_e + (10 - 8.3)$$

$$\Delta T_{e^*} = \Delta T_e + 1.7$$

orientación de muros

Orientación	Superficie (m ²)	
	concreto armado	block
NE	16.63	39.192
E	0	0
SE	49.296	0
S	0	0
SO	9.6	0
O	0	0
NO	31.948	13.536
N	0	0

de la tabla de corrección de temperatura equivalente para muros obtenemos:

		Tiempo solar								
		8	10	12	14	16	18	20	22	24
Lat. Norte										
pared hacia el:										
NE	-1	13	11	6	7	8	7	6	3	
SE	1	11	16	14	10	8	7	6	3	
SO	0	0	1	7	18	20	19	6	3	
NO	-2	-1	1	4	7	17	19	7	3	

recordando que:

$$q = U A \Delta T$$

y que además

$$q = (U_1 A_1 + U_2 A_2) \Delta T e^*$$

finalmente se obtiene:

$$q = \{ 16.63(2.487) + 39.192(2.133) \} (11 + 1.7) \\ + \{ 49.296(2.487) \} (16 + 1.7) \\ + \{ 9.6(2.487) \} (1 + 1.7) \\ + \{ 31.948(2.487) + 13.536(2.133) \} (1 + 1.7)$$

$$q = \boxed{4114.9} \text{ (kcal/hr)}$$

Aportación debida al techo:

El área del techo para un solo departamento es de 257.997 m²

de la tabla de corrección de temperatura equivalente para techo obtenemos:

		Tiempo solar						
8	10	12	14	16	18	20	22	24
Techo expuesto al sol. Construcción media								
3	17	27	32	28	18	8	3	1

al igual que en el caso anterior la aportación de carga térmica se obtiene mediante la expresión:

$$q = U A \Delta T$$

$$q = 0.2385 (257.99) (27+1.7)$$

$$q = 1766.15 \text{ (kcal/hr)}$$

Es necesario aclarar que en los cálculos anteriores se consideraron los valores a las 12:00 del día, debido a que ésta resultó la combinación de máxima carga variable para el edificio A.

Al final de este capítulo se encuentran los cálculos completos para cada edificio presentados en forma de tabla. Con lo cual se puede advertir la temporada y la hora en la cual se presenta la máxima carga variable.

• Cargas constantes

Ahora se describen las aportaciones de carga térmica constante, las cuales resultan independientes de la orientación del edificio.

- Vidrio

la carga siguientes es debida únicamente a la diferencia de temperatura existente entre el exterior y el interior del departamento, no involucra la hora del día.

$$q = U A \Delta T_{\text{real}}$$

área total de vidrio

$$A = 2(VA-01) + 2(VA-02) + 3(VA-03)$$

$$A = 2(1.5)(2) + 2(1.5)(1.2) + 3(0.7)(0.3)$$

$$A = 10.23 \text{ m}^2$$

$$q_v = 5.963(10.23)(33-23)$$

$$q_v = 610.015 \text{ (kcal/hr)}$$

- Muro

esta carga es similar a la anterior.

$$q_M = (U_{\text{block}} A_{\text{block}} + U_{\text{concreto}} A_{\text{concreto}}) \Delta T_{\text{real}}$$
$$q_M = \{ 2.133(52.728) + 2.487(107.47) \} (10)$$
$$q_M = \boxed{3798.58} \text{ (kcal/hr)}$$

- Personal

considerando dos personas por recámara se tiene:

$$2 \times 3 = 6 \text{ personas}$$

consultando las graficas de pérdida de calor (sensible y latente) de un ser humano, de referencia 4.

para una temperatura de 23 °C (bulbo seco) se tiene:

$$\left. \begin{array}{l} q_S = 79.37 \text{ kcal/hr} = 315 \text{ BTU/hr} \\ q_L = 85.678 \text{ kcal/hr} = 340 \text{ BTU/hr} \end{array} \right\} \text{ por persona}$$

por seis personas

$$q_S = \boxed{476.272} \text{ kcal/hr}$$
$$q_L = \boxed{514.071} \text{ kcal/hr}$$

- Iluminación

si consideramos 6 luminarias del tipo incandescente de 100 W

$$600 \text{ W} = \boxed{515.907} \text{ kcal/hr}$$

- Equipo

1 televisión	65 W
1 estereo	120 W
1 computadora o video juego	50 W
Tótal =	235 W
	= $\boxed{202.06}$ kcal/hr

- Resumen de cargas

calor sensible

	variables (kcal/hr)	constantes (kcal/hr)
vidrio	1787.88	610.014
muro	4114.9	3798.55
techo	1766.15	
personal		476.272
iluminación		515.907
equipo		202.063
Total	7669.006	5602.8369

calor latente

$$q_L = 514.071 \text{ (kcal/hr)}$$

es necesario mencionar que dependiendo del tipo de aplicación, se tendrán que considerar diversos elementos que aporten carga latente. Como personas, alimentos, secadoras, cafeteras, etc.

Con lo anterior se tiene:

$$q_{\text{Total}} = q_s + q_L$$

$$q_{\text{Total}} = 13271.8 + 514.07$$

$$q_{\text{Total}} = 13785.91 \text{ (kcal/hr)}$$

$$\text{F.C.S.} = q_s / q_T$$

$$\text{F.C.S.} = \frac{13271.84}{13785.91} = 0.96271$$

condiciones

exteriores	interiores
$T_{bs} = 33 \text{ }^\circ\text{C}$	$T_{bs} = 23 \text{ }^\circ\text{C}$
$T_{bh} = 27 \text{ }^\circ\text{C}$	$\phi = 50 \%$
$h_{ext} = 24.5 \text{ (kcal/kg)}$	$h_{int} = 15 \text{ (kcal/kg)}$

Con el F.C.S. = 0.96 y la tabla psicrométrica se obtienen:

$$T_{iny} = 11.6 \text{ }^\circ\text{C}$$
$$h_{iny} = 12.2 \text{ (kcal/kg)}$$

consultando las tablas de ventilación, se puede calcular la cantidad de aire exterior para departamentos de lujo se recomienda $50.9703 \text{ m}^3/\text{hr}$ ($30 \text{ ft}^3/\text{min}$) por persona por seis personas $305.822 \text{ m}^3/\text{hr}$

si $\rho = 1.13 \text{ kg/m}^3$ (valor a 23°C obtenido al interpolar de tablas)

$$\rho = m / V \longrightarrow m = \rho V$$

$$m = 1.13 (305.82)$$

$$m_{\text{ext}} = 348.025 \text{ (kg/hr)}$$

sabemos que

$$q_T = m_T (h_{\text{int}} - h_{\text{iny}})$$

$$\left. \begin{array}{l} \text{L} \\ \text{>} \end{array} \right\} m_T = \frac{q_T}{(h_{\text{int}} - h_{\text{iny}})}$$

$$m_T = \frac{13785.91}{(15 - 12.2)}$$

$$m_T = 4923.54 \text{ (kg/hr)}$$

teniendo el total de aire y la cantidad de aire exterior, podemos expresarlo todo en porcentaje

$$\% \text{ de aire exterior} = \frac{m_{\text{ext}}}{m_T} \times 100 = \frac{348.02}{4923.54} \times 100 = 7.06\%$$

haciendo un balance de energía

de donde

$$h_{\text{mezcla}} m_{\text{Total}} = m_{\text{exterior}} h_{\text{exterior}} + m_{\text{interior}} h_{\text{interior}}$$

$$h_{\text{mezcla}} = \frac{m_{\text{exterior}} h_{\text{exterior}} + m_{\text{interior}} h_{\text{interior}}}{m_{\text{Total}}}$$

$$h_{\text{mezcla}} = 0.0706(24.5) + 0.929 (15)$$

$$h_{\text{mezcla}} = 15.6715 \text{ (kcal/kg)}$$

finalmente se calcula la capacidad del equipo

$$q_{\text{equipo}} = m_{\text{total}} (h_{\text{mezcla}} - h_{\text{inyección}})$$

$$q_{\text{equipo}} = 4923.54 (15.67 - 12.2)$$

$$q_{\text{equipo}} = 17092.154 \text{ (kcal/hr)}$$

$$q_{\text{equipo}} = 67827.15 \text{ (BTU/hr)}$$

$$q_{\text{equipo}} = \boxed{5.65} \text{ TON de refrigeración}$$

Es necesario destacar que este valor es la carga térmica a la cual se encuentra sometido uno solo de los departamentos del edificio A, por lo cual la carga total del equipo se deberá obtener de la suma de las restantes tres cargas con esta. Y el valor que resulte, será el que se cerrara al valor comercial. Lo anterior se muestra en la siguiente tabla:

Edificio	Carga térmica (kcal/hr)	Número de departamentos	
A	17092.154 x	10	170921.54
B	16872.802 x	20	337456.04
C	16872.802 x	20	337456.04
D	17720.642 x	10	177206.42

$$\begin{aligned} \text{Total} &= 1023040.04 \text{ (kcal/hr)} \\ &= 4059750.98 \text{ (BTU/hr)} \\ &= 338.3125 \text{ (TON}_{\text{ref.}}) \end{aligned}$$

con lo cual el valor comercial al cual se aproxima es a 356 TON_{ref.}

A continuación se muestra la memoria de cálculo de la carga térmica, para cada edificio. Dicha carga se calculó para cada temporada, orientación y hora solar. Los datos empleados en ésta, pueden ser consultados en las tablas y planos contenidos en el apéndice.

Aportaciones solares a través de vidrio sencillo Tabla para 20° Lat. N

Edificio 10D A

Áreas: (m ²)		Factor de ganancia solar:	0.94
N	0	para vidrio absorbente de 4 mm	
NE	0		
E	0		
SE	5.7	Corrección por marco	1.176471
S	0	metálico	
SO	0		
O	0		
NO	3.36		

Época	Orientación	Hora solar												
		6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
21 Jun. 31	N	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	NE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	E	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	SE	472.764706	1058.99294	1248.09882	1128.33176	750.12	359.301176	239.534118	239.534118	239.534118	239.534118	201.712941	151.284706	50.4282353
	S	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	SO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	O	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	NO	29.7261176	89.1783529	118.904471	141.199059	141.199059	141.199059	148.630588	382.723765	836.047059	1226.20235	1449.14824	1549.47388	817.468235
Suma	502.490824	1148.17129	1367.00329	1269.53082	891.319059	500.500235	388.164706	622.257882	1075.58118	1465.73647	1650.86118	1700.75859	867.896471	
22 Jul. y 21 May.	N	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	NE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	E	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	SE	529.496471	1191.36706	1449.81176	1348.95529	970.743529	491.675294	239.534118	239.534118	239.534118	220.623529	201.712941	132.374118	50.4282353
	S	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	SO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	O	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	NO	29.7261176	78.0310588	118.904471	130.051765	141.199059	141.199059	141.199059	312.124235	735.721412	1118.44518	1389.696	1330.24376	713.426824
Suma	559.222588	1269.39812	1568.71624	1479.00706	1111.94259	632.874353	380.733176	551.658353	975.255529	1339.06871	1591.40894	1462.61788	763.855059	

24 Ago.	N	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
y	NE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20 Abr.	E	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	SE	491.675294	1519.15059	1928.88	1840.63059	1670.43529	939.225882	340.390588	239.534118	239.534118	220.623529	182.802353	119.767059	31.5176471
	S	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	SO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	O	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	NO	18.5788235	70.5995294	107.757176	130.051765	141.199059	141.199059	141.199059	178.356706	501.628235	895.499294	1189.04471	1118.44518	453.323294
	Suma	510.254118	1589.75012	2036.63718	1970.68235	1811.63435	1080.42494	481.589647	417.890824	741.162353	1116.12282	1371.84706	1238.21224	484.840941
22 Sep.	N	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
y	NE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22 Mar.	E	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	SE	0	1689.34588	2319.69882	2389.03765	2048.64706	1430.90118	699.691765	252.141176	239.534118	220.623529	182.802353	100.856471	0
	S	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	SO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	O	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	NO	0	59.4522353	107.757176	130.051765	141.199059	141.199059	141.199059	141.199059	219.230118	594.522353	873.204706	836.047059	0
	Suma	0	1748.79812	2427.456	2519.08941	2189.84612	1572.10024	840.890824	393.340235	458.764235	815.145882	1056.00706	936.903529	0
23 Oct.	N	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
y	NE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20 Feb.	E	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	SE	0	1550.66824	2496.19765	2729.42824	2546.62588	2029.73647	1260.70588	460.157647	220.623529	201.712941	151.284706	63.0352941	0
	S	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	SO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	O	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	NO	0	37.1576471	89.1783529	118.904471	130.051765	141.199059	141.199059	141.199059	130.051765	289.829647	523.922824	442.176	0
	Suma	0	1587.82588	2585.376	2848.33271	2676.67765	2170.93553	1401.90494	601.356706	350.675294	491.542588	675.207529	505.211294	0

21 Nov.	N	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
y	NE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21 Ene.	E	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	SE	0	1248.09882	2458.37647	2798.76706	2697.91059	2307.09176	1550.66824	781.637647	271.051765	182.802353	132.374118	50.4282353	0
	S	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	SO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	O	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	NO	0	29.7261176	78.0310588	107.757176	118.904471	130.051765	130.051765	130.051765	141.199059	260.103529	241.524706	0	
	Suma	0	1277.82494	2536.40753	2906.52424	2816.81506	2437.14353	1680.72	911.689412	401.103529	324.001412	392.477647	291.952941	0
22 Dic.	N	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	NE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	E	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	SE	0	1008.56471	2376.43059	2849.19529	2716.82118	2288.18118	1657.82824	1021.17176	340.390588	182.802353	119.767059	31.5176471	0
	S	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	SO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	O	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	NO	0	18.5788235	70.5995294	107.757176	118.904471	130.051765	130.051765	118.904471	118.904471	178.356706	141.199059	0	
	Suma	0	1027.14353	2447.03012	2956.95247	2835.72565	2418.23294	1787.88	1151.22353	459.295059	301.706824	298.123765	172.716706	0

23

Muros tabique de 0.1016 m (4 pulg.) Oscuro

Edificio : A 10(D)

		Área	(m ²)	
			concreto	block
Text bs	33 °C	NE	16.63	39.192
Tint bs	23 °C	E	0	0
Delta T real	10 °C	SE	49.296	0
		S	0	0
	(kcal/m ² °C hr)	SO	9.6	0
U concreto	2.4876	O	0	0
U block	2.1337	NO	31.948	13.536
		N	0	0

Orientación	UA	Hora solar								
		8	10	12	14	16	18	20	22	24
NE	124.99276	87.494931	1837.3935	1587.408	962.44424	1087.437	1212.4298	1087.437	962.44424	587.46596
E	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SE	122.62873	331.09757	1557.3849	2170.5285	1925.2711	1434.7561	1189.4987	1066.8699	944.24122	576.35503
S	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SO	23.88096	40.597632	40.597632	64.478592	207.76435	470.45491	518.21683	494.33587	183.88339	112.24051
O	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NO	108.35561	-32.50668	75.848926	292.56014	617.62697	942.69379	2026.2499	2242.9611	942.69379	509.27136
N	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL	426.6835	3511.225	4114.975	3713.107	3935.342	4946.395	4891.604	3033.263	1785.333	

Techo

Área 257.9976 m²

U concreto 0.238523 kcal/m² °C hr

Concreto de 0.0508 m (2 pulg.)
construcción media

Hora solar

	8	10	12	14	16	18	20	22	24
	289.2303	1150.7674	1766.151	2073.8428	1827.6893	1212.3057	596.92211	289.2303	166.15358

Suma de muros y techo

TOTAL	715.9137	4661.992	5881.126	5786.949	5763.031	6158.701	5488.526	3322.493	1951.486
-------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------

Aportaciones solares a través de vidrio sencillo Tabla para 20° Lat. N

Edificio 20D B y C

Áreas: (m ²)		Factor de ganancia solar:	0.94
N	0	para vidrio absorbente de 4 mm	
NE	0		
E	0		
SE	9.06	Corrección por marco	1.176471
S	0	metálico	
SO	0		
O	0		
NO	9.06		

Época	Orientación	Hora solar												
		6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
21 Jun.	N	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	NE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	E	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	SE	751.447059	1683.24141	1983.82024	1793.45365	1192.296	571.099765	380.733176	380.733176	380.733176	380.733176	320.617412	240.463059	80.1543529
	S	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	SO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	O	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	NO	80.1543529	240.463059	320.617412	380.733176	380.733176	380.733176	400.771765	1031.98729	2254.34118	3306.36706	3907.52471	4178.04565	2204.24471
Suma	831.601412	1923.70447	2304.43765	2174.18682	1573.02918	951.832941	781.504941	1412.72047	2635.07435	3687.10024	4228.14212	4418.50871	2284.39906	
22 Jul. y 21 May.	N	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	NE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	E	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	SE	841.620706	1893.64659	2304.43765	2144.12894	1542.97129	781.504941	380.733176	380.733176	380.733176	350.675294	320.617412	210.405176	80.1543529
	S	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	SO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	O	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	NO	80.1543529	210.405176	320.617412	350.675294	380.733176	380.733176	380.733176	841.620706	1983.82024	3015.80753	3747.216	3586.90729	1923.70447
Suma	921.775059	2104.05176	2625.05506	2494.80424	1923.70447	1162.23812	761.466353	1222.35388	2364.55341	3366.48282	4067.83341	3797.31247	2003.85882	

83

24 Ago.	N	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
y	NE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20 Abr.	E	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	SE	781.504941	2414.64988	3065.904	2925.63388	2655.11294	1492.87482	541.041882	380.733176	380.733176	350.675294	290.559529	190.366588	50.0964706
	S	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	SO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	O	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	NO	50.0964706	190.366588	290.559529	350.675294	380.733176	380.733176	380.733176	480.926118	1352.60471	2414.64988	3206.17412	3015.80753	1222.35388
	Suma	831.601412	2605.01647	3356.46353	3276.30918	3035.84612	1873.608	921.775059	861.659294	1733.33788	2765.32518	3496.73365	3206.17412	1272.45035

22 Sep.	N	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
y	NE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22 Mar.	E	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	SE	0	2685.17082	3687.10024	3797.31247	3256.27059	2274.37976	1112.14165	400.771765	380.733176	350.675294	290.559529	160.308706	0
	S	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	SO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	O	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	NO	0	160.308706	290.559529	350.675294	380.733176	380.733176	380.733176	380.733176	591.138353	1603.08706	2354.53412	2254.34118	0
	Suma	0	2845.47953	3977.65976	4147.98776	3637.00376	2655.11294	1492.87482	781.504941	971.871529	1953.76235	2645.09365	2414.64988	0

23 Oct.	N	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
y	NE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20 Feb.	E	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	SE	0	2464.74635	3967.64047	4338.35435	4047.79482	3226.21271	2003.85882	731.408471	350.675294	320.617412	240.463059	100.192941	0
	S	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	SO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	O	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	NO	0	100.192941	240.463059	320.617412	350.675294	380.733176	380.733176	380.733176	350.675294	781.504941	1412.72047	1192.296	0
	Suma	0	2564.93929	4208.10353	4658.97176	4398.47012	3606.94588	2384.592	1112.14165	701.350588	1102.12235	1653.18353	1292.48894	0

21 Nov.	N	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
y	NE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21 Ene.	E	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	SE	0	1983.82024	3907.52471	4448.56659	4288.25788	3667.06165	2464.74635	1242.39247	430.829647	290.559529	210.405176	80.1543529	0
	S	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	SO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	O	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	NO	0	80.1543529	210.405176	290.559529	320.617412	350.675294	350.675294	350.675294	350.675294	380.733176	701.350588	651.254118	0
	Suma	0	2063.97459	4117.92988	4739.12612	4608.87529	4017.73694	2815.42165	1593.06776	781.504941	671.292706	911.755765	731.408471	0

22 Dic.	N	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	NE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	E	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	SE	0	1603.08706	3777.27388	4528.72094	4318.31576	3637.00376	2635.07435	1623.12565	541.041882	290.559529	190.366588	50.0964706	0
	S	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	SO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	O	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	NO	0	50.0964706	190.366588	290.559529	320.617412	350.675294	350.675294	350.675294	320.617412	320.617412	480.926118	380.733176	0
	Suma	0	1653.18353	3967.64047	4819.28047	4638.93318	3987.67906	2985.74965	1973.80094	861.659294	611.176941	671.292706	430.829647	0

40

<i>Muros</i>	tabique de 0.1016 m (4 pulg.) Oscuro		(m ²)	
Edificio :	<i>B y C 20(D)</i>	Área	concreto	block
Text bs	33 °C	NE	18.134	39.192
Tint bs	23 °C	E	0	0
Delta T real	10 °C	SE	49.296	0
		S	0	0
	(kcal/m ² °C hr)	SO	9.6	0
U concreto	2.4876	O	0	0
U block	2.1337	NO	19.692	13.536
		N	0	0

Orientación	UA	Hora solar									
		8	10	12	14	16	18	20	22	24	
NE	128.73411	90.113876	1892.3914	1634.9232	991.25264	1119.9867	1248.7209	1119.9867	991.25264	605.05031	
E	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
SE	122.62873	331.09757	1557.3849	2170.5285	1925.2711	1434.7561	1189.4987	1066.8699	944.24122	576.35503	
S	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
SO	23.88096	40.597632	40.597632	64.478592	207.76435	470.45491	518.21683	494.33587	183.88339	112.24051	
O	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
NO	77.867582	-23.36027	54.507308	210.24247	443.84522	677.44797	1456.1238	1611.859	677.44797	365.97764	
N	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
TOTAL		438.4488	3544.881	4080.173	3568.133	3702.646	4412.56	4293.052	2796.825	1659.623	

Techo

Área	268.2624 m ²	
U concreto	0.238523 kcal/m ² °C hr	Concreto de 0.0508 m (2 pulg.) construcción media

Suma de muros y techo	TOTAL	Hora solar									
		8	10	12	14	16	18	20	22	24	
		300.73774	1196.5523	1836.4198	2156.3536	1900.4065	1260.539	620.6715	300.73774	172.76423	
TOTAL		739.1865	4741.433	5916.593	5724.487	5603.052	5673.099	4913.723	3097.563	1832.388	

Aportaciones solares a través de vidrio sencillo Tabla para 20° Lat. N

Edificio 10 D D

Áreas: (m ²)		Factor de ganancia solar:	0.94
N	0	para vidrio sencillo de 6 mm	
NE	0		
E	0		
SE	3.36	Corrección por marco	1.176471
S	0	metálico	
SO	0		
O	0		
NO	5.7		

Época	Orientación	Hora solar												
		6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
21 Jun.	N	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	NE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	E	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	SE	278.682353	624.248471	735.721412	665.121882	442.176	211.798588	141.199059	141.199059	141.199059	141.199059	118.904471	89.1783529	29.7261176
	S	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	SO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	O	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	NO	50.4282353	151.284706	201.712941	239.534118	239.534118	239.534118	252.141176	649.263529	1418.29412	2080.16471	2458.37647	2628.57176	1386.77647
Suma	329.110588	775.533176	937.434353	904.656	681.710118	451.332706	393.340235	790.462588	1559.49318	2221.36376	2577.28094	2717.75012	1416.50259	
22 Jul.	N	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	NE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
21 May.	E	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	SE	312.124235	702.279529	854.625882	795.173647	572.227765	289.829647	141.199059	141.199059	141.199059	130.051765	118.904471	78.0310588	29.7261176
	S	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	SO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	O	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	NO	50.4282353	132.374118	201.712941	220.623529	239.534118	239.534118	239.534118	529.496471	1248.09882	1897.36235	2357.52	2256.66353	1210.27765
	Suma	362.552471	834.653647	1056.33882	1015.79718	811.761882	529.363765	380.733176	670.695529	1389.29788	2027.41412	2476.42447	2334.69459	1240.00376

21

24 Ago.	N	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
y	NE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20 Abr.	E	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	SE	289.829647	895.499294	1137.024	1085.00329	984.677647	553.648941	200.651294	141.199059	141.199059	130.051765	107.757176	70.5995294	18.5788235
	S	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	SO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	O	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	NO	31.5176471	119.767059	182.802353	220.623529	239.534118	239.534118	239.534118	302.569412	850.976471	1519.15059	2017.12941	1897.36235	769.030588
	Suma	321.347294	1015.26635	1319.82635	1305.62682	1224.21176	793.183059	440.185412	443.768471	992.175529	1649.20235	2124.88659	1967.96188	787.609412
22 Sep.	N	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
y	NE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22 Mar.	E	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	SE	0	995.824941	1367.40141	1408.27482	1207.62353	843.478588	412.449882	148.630588	141.199059	130.051765	107.757176	59.4522353	0
	S	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	SO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	O	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	NO	0	100.856471	182.802353	220.623529	239.534118	239.534118	239.534118	239.534118	371.908235	1008.56471	1481.32941	1418.29412	0
	Suma	0	1096.68141	1550.20376	1628.89835	1447.15765	1083.01271	651.984	388.164706	513.107294	1138.61647	1589.08659	1477.74635	0
23 Oct.	N	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
y	NE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20 Feb.	E	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	SE	0	914.078118	1471.44282	1608.92612	1501.16894	1196.47624	743.152941	271.250824	130.051765	118.904471	89.1783529	37.1576471	0
	S	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	SO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	O	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	NO	0	63.0352941	151.284706	201.712941	220.623529	239.534118	239.534118	239.534118	220.623529	491.675294	888.797647	750.12	0
	Suma	0	977.113412	1622.72753	1810.63906	1721.79247	1436.01035	982.687059	510.784941	350.675294	610.579765	977.976	787.277647	0

13

21 Nov.	N	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
y	NE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21 Ene.	E	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	SE	0	735.721412	1449.14824	1649.79953	1590.34729	1359.96988	914.078118	460.754824	159.777882	107.757176	78.0310588	29.7261176	0
	S	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	SO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	O	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	NO	0	50.4282353	132.374118	182.802353	201.712941	220.623529	220.623529	220.623529	220.623529	239.534118	441.247059	409.729412	0
	Suma	0	786.149647	1581.52235	1832.60188	1792.06024	1580.59341	1134.70165	681.378353	380.401412	347.291294	519.278118	439.455529	0

22 Dic.	N	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	NE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	E	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	SE	0	594.522353	1400.84329	1679.52565	1601.49459	1348.82259	977.246118	601.953882	200.651294	107.757176	70.5995294	18.5788235	0
	S	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	SO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	O	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	NO	0	31.5176471	119.767059	182.802353	201.712941	220.623529	220.623529	220.623529	201.712941	201.712941	302.569412	239.534118	0
	Suma	0	626.04	1520.61035	1862.328	1803.20753	1569.44612	1197.86965	822.577412	402.364235	309.470118	373.168941	258.112941	0

4

Muros tabique de 0.1016 m 4 pul. Oscuro

Edificio :	D 10(D)	Área	(m ²)	
			concreto	block
Text bs	33 °C	NE	16.63	39.192
Tint bs	23 °C	E	0	0
Delta T real	10 °C	SE	31.948	13.536
		S	0	0
	(kcal/m ² °C hr)	SO	9.6	0
U concreto	2.4876	O	0	0
U block	2.1337	NO	49.296	0
		N	0	0

Hora solar

Orientación	UA	8	10	12	14	16	18	20	22	24
NE	124.99276	87.494931	1837.3935	1587.408	962.44424	1087.437	1212.4298	1087.437	962.44424	587.46596
E	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SE	108.35561	292.56014	1376.1162	1917.8943	1701.183	1267.7606	1051.0494	942.69379	834.33818	509.27136
S	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SO	23.88096	40.597632	40.597632	64.478592	207.76435	470.45491	518.21683	494.33587	183.88339	112.24051
O	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NO	122.62873	-36.78862	85.840111	331.09757	698.98376	1066.8699	2293.1572	2538.4147	1066.8699	576.35503
N	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL		383.8641	3339.948	3900.878	3570.375	3892.522	5074.853	5062.881	3047.536	1785.333

Techo

Área 257.9976 m²
 U concreto 0.238523 kcal/m² °C hr
 Concreto de 0.0508 m (2 pulg.)
 construcción media

Hora solar

	8	10	12	14	16	18	20	22	24
	289.2303	1150.7674	1766.151	2073.8428	1827.6893	1212.3057	596.92211	289.2303	166.15358

Suma de muros y techo

TOTAL	673.0944	4490.715	5667.029	5644.218	5720.212	6287.159	5659.803	3336.766	1951.486
-------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------

Resumen de cargas variables

Edificio :

A 10(D)

Hora solar

	8	10	12	14	16	18	20	22	24
vidrio	2585.376	2835.7256	1787.88	1075.5812	1650.8612	867.89647			
muro y techo	715.91375	4661.9923	5881.1263	5786.9494	5763.0312	6158.7009	5488.526	3322.4929	1951.4864
TOTAL	3301.2897	7497.718	7669.0063	6862.5306	7413.8923	7026.5973	5488.526	3322.4929	1951.4864

D 10(D)

vidrio	1622.7275	1803.2075	1197.8696	1559.4932	2577.2809	1416.5026			
muro y techo	673.09438	4490.7149	5667.0294	5644.2182	5720.2118	6287.159	5659.8035	3336.7661	1951.4864
TOTAL	2295.8219	6293.9224	6864.8991	7203.7114	8297.4928	7703.6615	5659.8035	3336.7661	1951.4864

B y C (20D)

vidrio	2104.0518	2319.4666	1492.8748	1317.5372	2114.0711	1142.1995			
muro y techo	739.18654	4741.4335	5916.5926	5724.4868	5603.0523	5673.0992	4913.723	3097.563	1832.3877
TOTAL	2843.2383	7060.9001	7409.4674	7042.024	7717.1234	6815.2987	4913.723	3097.563	1832.3877

46

Capítulo III Descripción y selección de equipo

Un sistema de refrigeración se emplea para mantener cierta región del espacio a una temperatura menor que la de su entorno. El fluido de trabajo puede permanecer en una sola fase (refrigeración por gas) o puede aparecer en dos fases (refrigeración por compresión de vapor).

Es común asociar la refrigeración con la preservación de alimentos y el acondicionamiento de aire en los edificios. No obstante, las técnicas de refrigeración se necesitan en muchas otras situaciones.

El empleo de combustibles líquidos para la propulsión de cohetes, el oxígeno líquido para la fabricación del acero, el nitrógeno líquido para la investigación a temperaturas bajas y para técnicas quirúrgicas y el gas natural licuado para transporte intercontinental son sólo algunos ejemplos en los que la refrigeración es esencial.

Con lo anterior es posible tener una idea de lo diversificado que está el campo de la refrigeración y de la gran cantidad de equipo que está disponible para cada tipo de aplicación. Por este motivo en el trabajo solo se presenta una revisión de los ciclos de refrigeración esenciales así como una breve descripción de los equipos.

• Ciclo de refrigeración por compresión

Como se sabe, el trabajo del ciclo de refrigeración mecánico es remover calor no deseado de un lugar y descargarlo en otro. Para alcanzar esto, el refrigerante es bombeado a través de un sistema completamente cerrado, si el sistema no fuera así, estaría disipando el refrigerante al aire; a causa de ser cerrado el mismo refrigerante se usa de nuevo, removiendo y descargando alguna cantidad de calor cada vez que realiza el ciclo.

Podemos imaginar una situación comparable con un bote lleno de agua, como se muestra en la siguiente figura:

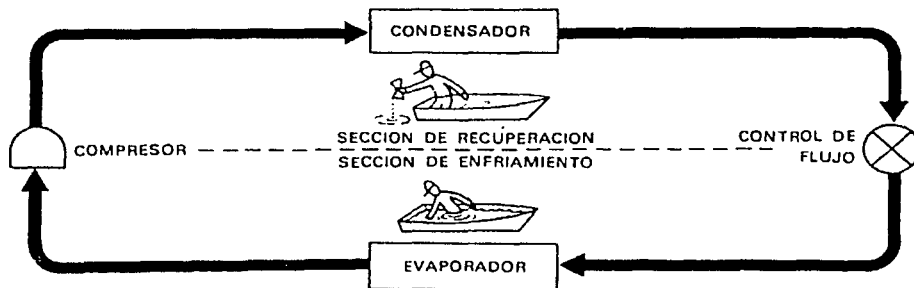


Fig. III-1 Esquema simplificado del ciclo de compresión

Deseamos remover el agua de tal manera que usamos una cubeta, achicamos el agua no deseada y la transferimos al exterior del bote, pero mantenemos dentro la cubeta para usarla repetidamente con el fin de continuar achicando.

El ciclo cerrado sirve para otros propósitos; preservar el refrigerante y evitar que este llegue a contaminarse, así como controlar su flujo, porque este es un líquido en algunas partes del ciclo y un gas o vapor en otros sitios.

Demos un vistazo sobre lo que sucede en un ciclo de refrigeración simple por compresión y en los mayores componentes que lo constituyen.

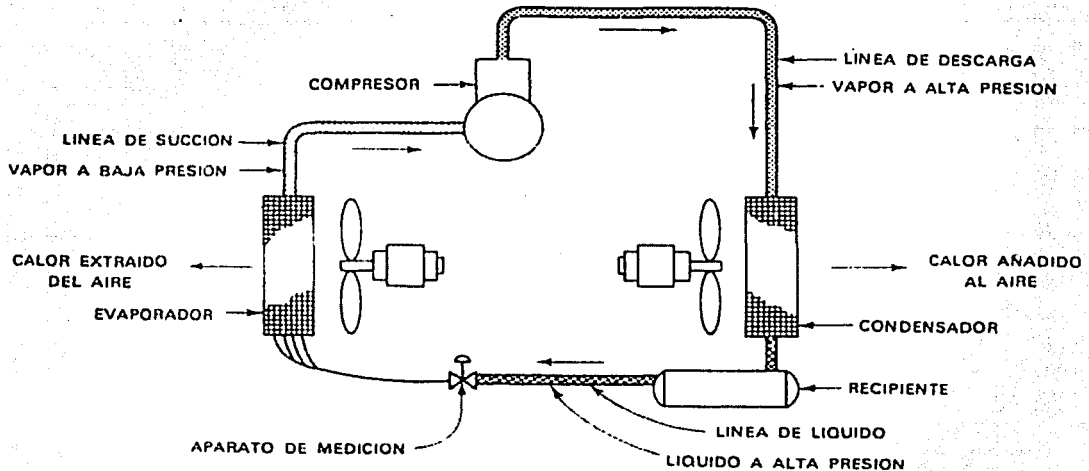


Fig. III-2 Sistema de refrigeración simple

Existen dos diferentes presiones en el ciclo, la de evaporación o baja presión y la de condensación o alta presión. Estas áreas de presión se separan por dos puntos de división; uno es el aparato de medida donde el flujo de refrigerante se controla y el otro es el compresor donde el vapor se comprime.

El aparato de medida es un buen lugar para iniciar el recorrido alrededor del ciclo. Este puede ser una válvula de expansión, un tubo capilar o cualquier otro aparato que controle el flujo de refrigerante dentro del evaporador o serpentín de enfriamiento a baja temperatura y a baja presión. El refrigerante que se expande se evapora cuando va a través del serpentín de enfriamiento, donde retira el calor del espacio en el cual el evaporador está localizado.

El calor viaja del aire más caliente al serpentín enfriado por la evaporación del refrigerante dentro del sistema, causando que el refrigerante "hierva" y se evapore. Esto es similar al cambio que ocurre cuando un vasija con agua se calienta sobre una estufa y el agua cambia a vapor excepto que el refrigerante hierve a mucha menor temperatura.

Ahora este vapor a baja presión y temperatura es llevado al compresor donde se comprime a un vapor con alta presión y temperatura. El compresor lo descarga al condensador de tal manera que cede el calor que ha tomado en el evaporador o serpentín de enfriamiento. El vapor refrigerante está a una temperatura más alta que la de el aire que pasa a través del condensador (si este fuese del tipo enfriado por aire); por consiguiente el calor se transfiere, del vapor del refrigerante al aire.

En este proceso cuando el calor se retira del vapor un cambio de estado tiene lugar y el vapor se condensa, a una alta presión y temperatura.

El refrigerante líquido ahora viaja al aparato de medida en donde pasa a través de una pequeña abertura u orificio donde una caída de presión y temperatura se presenta y luego entra al evaporador. Cuando el refrigerante hace su camino a las mayores aperturas de la tubería o del serpentín, se vaporiza listo para iniciar otro ciclo a través del sistema.

El sistema de refrigeración requiere algunos medios para conectar los mayores componentes - evaporador, compresor, condensador y aparato de medición - Las tuberías o "líneas" completan el sistema de tal manera que el refrigerante no se pierda en la atmósfera. La línea de succión conecta el evaporador al compresor, la línea de gas caliente o descarga, conecta el compresor al condensador y la línea de líquido es la tubería de conexión entre el condensador y el aparato de medición. Algunos sistemas tendrán un tanque de almacenamiento inmediatamente después del condensador, donde el líquido refrigerante permanece hasta que se necesita para remoción del calor en el evaporador.

Hay muchas clases diferentes y variaciones de los componentes del ciclo de refrigeración. Por ejemplo, hay muy diversos tipos de compresores, desde el alternativo a pistón hasta el impulsor centrífugo, pero la función es la misma en todos los casos - la de comprimir el vapor -

Lo mismo puede decirse de la superficie del condensador y del evaporador. Pueden ser tuberías desnudas o pueden ser condensadores y evaporadores aletados con ventiladores accionados eléctricamente para pasar el aire a través de ellos.

Hay diferentes tipos de aparatos de medición que regulan el líquido refrigerante que va al evaporador, dependiendo del tamaño del equipo, del refrigerante usado y su aplicación.

El sistema de refrigeración mecánico descrito anteriormente es esencialmente el mismo aun cuando el sistema sea un refrigerador doméstico, un congelador a baja temperatura o un sistema de aire acondicionado para confort. Los refrigerantes serán diferentes y el tamaño del equipo variará grandemente, pero el principio de operación y el ciclo de refrigeración serán los mismos.

• Ciclo de refrigeración por absorción

Como se describió anteriormente el ciclo mecánico de refrigeración, se basa en el uso de un compresor, como fuente de energía para transferir calor de un lugar a otro. Un método diferente de "mover" calor es el que se basa la refrigeración por absorción.

Enfriadores de líquido por absorción, como el ilustrado en la figura III-3 , utilizan calor como fuente de energía. Los medios usuales de calefacción son, vapor o agua caliente que se originan de diferentes fuentes, tales como:

- Calderas de calefacción existentes que se usan solamente durante el invierno
- Calderas nuevas instaladas para aire acondicionado de calefacción y refrigeración
- Vapor a baja presión o agua caliente, utilizado en una planta industrial para trabajo de proceso
- Calor de desperdicio, recuperado de los gases de escape de motores o turbinas de gas
- Vapor a baja presión del escape de una turbina de vapor

El utilizar calor de desperdicio como potencia para el enfriador de absorción, resulta en un sistema mas barato tanto en su costo inicial como en su operación. Ya existen sistemas que usan energía solar para calentar agua. El resultado de estas aplicaciones, puede aún causar mayor interés en el uso de equipo de absorción como parte de los métodos de conservación de energía.

Otra ventaja son niveles de sonido y vibración mas bajos que los sistemas mecánicos, haciéndolos apropiados para instalaciones en casi cualquier parte de un edificio. Se encuentran unidades comerciales en capacidades que van de 25 toneladas de refrigeración y hasta por encima de 1000 toneladas. También se construyen unidades de absorción para aire acondicionado residencial, en el rango de 3 a 10 toneladas de refrigeración.

La operación del sistema de absorción depende de dos factores: un refrigerante que hierve o evapora a una temperatura inferior a la del líquido que se enfría y un absorbente.

El refrigerante en una vasija abierta hierve o evapora a 100 °C (212 °F) al nivel del mar (101.3 kPa) . Haciendo hermético el recipiente, podemos hacer que la presión y la temperatura de evaporación se incrementen. Si por otro lado, creamos un vacío en el recipiente de agua, la evaporación se realizará a una presión y una temperatura más baja. Ahora tenemos únicamente que remplazar la vasija cerrada con un enfriador de absorción y la temperatura de evaporador deseada, dictará el vacío que debe mantenerse.

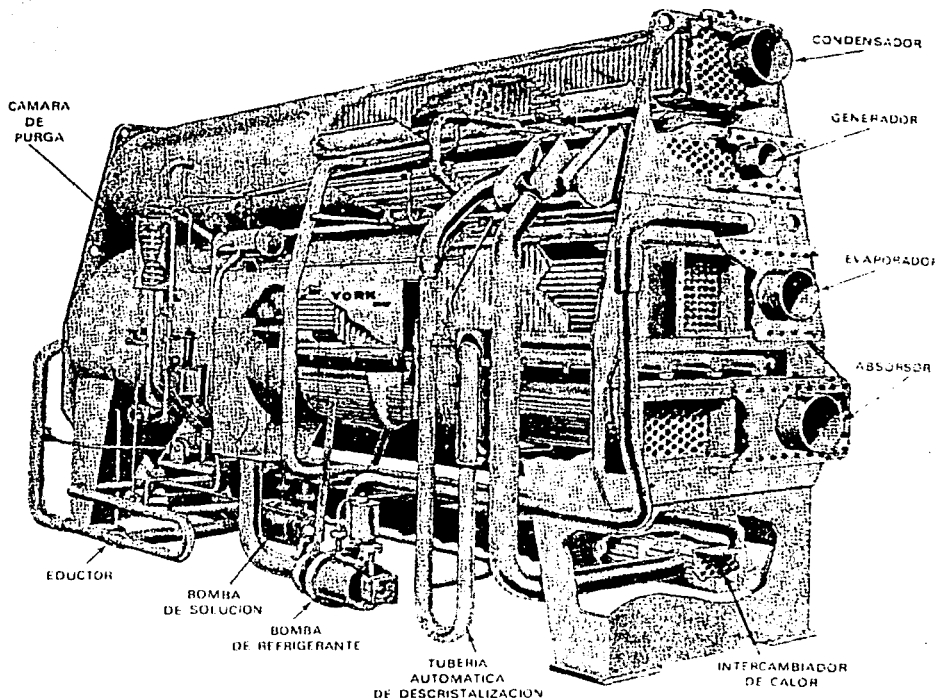


Fig. III-3 Enfriador de líquido por absorción

Como absorbente, pueden utilizarse muchos tipos de sales. La sal común de mesa (cloruro de sodio) es un elemento absorbente. El cloruro de calcio es otra sal, frecuentemente utilizada en carreteras o canchas de tenis para asentar el polvo. El cloruro de calcio absorbe la humedad del aire, lo cual mantiene la superficie húmeda.

El bromuro de litio es también una sal que se encuentra en forma cristalina cuando está seca. Se hicieron pruebas con muchos tipos de sales antes de que el bromuro de litio fuera seleccionado como el de mejores características totales para el uso de enfriadores de absorción de gran capacidad.

Para el uso en el enfriador de absorción, los cristales de bromuro de litio se disuelven en agua; formándose una solución. La cantidad de bromuro de litio y agua en una solución se mide por peso y no por volumen. La concentración de la solución se establece en porcentaje de bromuro de litio en la solución total.

El enfriador de líquido por absorción como el mostrado anteriormente consta de dos principales carcazas. La carcaza superior contiene el generador y el condensador y se mantiene con un vacío de aproximadamente un décimo de atmósfera.

La carcasa inferior contiene el evaporador y absorbedor y se mantiene con un vacío de aproximadamente una centésima de atmósfera.

Todos los enfriadores por absorción incluyen cuatro componentes básicos de intercambio de calor, los cuales, cuando están apropiadamente balanceados, enfriarán un líquido a la temperatura deseada. Los componentes son:

- 1) Evaporador
- 2) Absorbedor
- 3) Generador
- 4) Condensador

Además hay auxiliares que ayudan a los cuatro componentes básicos a realizar sus funciones. Típicamente son:

- a) Un cambiador de calor
- b) Dos bombas de fluido
- c) Una unidad de purga
- d) Una bomba de vacío
- e) Un aparato de des cristalización
- f) Una válvula de control de solución
- g) Una válvula de vapor o agua caliente
- h) Un eductor
- i) Un centro de control

Como se mencionó anteriormente, para utilizar un sistema que opere bajo el ciclo de refrigeración por absorción, es necesario disponer de una fuente "caliente" para hacer funcionar el sistema. De no contar con una opción ya existente, lo mejor es decidirse por un sistema que contenga compresores. Motivo por el cual a continuación se describen los sistemas comercialmente comunes para proporcionar el acondicionamiento de aire a un inmueble dado.

• Sistema de ventilador – serpentín (*Fan & Coil*)

El sistema de ventilador – serpentín alimentado por agua tiene muchas aplicaciones. Es de particular interés en los edificios de muchas habitaciones en los que el tendido de conductos de aire pueden alcanzar un costo prohibitivo. Este sistema es muy utilizado en hoteles, apartamentos, hospitales, oficinas y clínicas. Las unidades pueden situarse debajo de las ventanas, encima de los lavabos, sobre falsos techos o espacios de doble pared.

Clases de sistemas

Los sistemas ventilador – serpentín alimentados por agua, pueden clasificarse en dos grupos principales:

- 1) Sistema de tubería simple (dos tuberías) en los que cada unidad recibe una entrada de agua fría o caliente, según la estación del año o bien la localización del inmueble, y termina en una tubería de retorno.
- 2) Sistemas de varias tuberías en los que cada unidad tiene una doble entrada de agua (caliente y fría) y una tubería de retorno (tres tuberías) o dos tuberías de retorno (cuatro tuberías).

Sistema de tubería simple.

Este sistema consta de una unidad central de enfriamiento o calefacción de agua, unidades de ventilador – serpentín, elementos de control, tubería para las conexiones y el tendido eléctrico necesario.

El sistema de ventilador – serpentín se proyecta en los casos en que se desea tener un control individual de temperatura sin tener que recurrir a una estación central de ventilación con sistemas de conductos. La figura III-4 indica los elementos fundamentales de la unidad, que contiene, la entrada de aire, el filtro, el ventilador y el serpentín calentador o enfriador. La unidad puede instalarse bajo una ventana o en el techo.

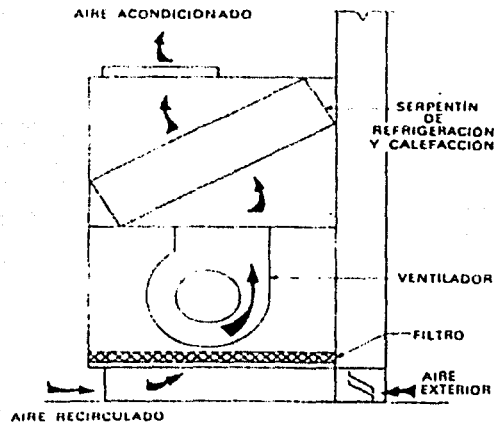


Fig. III-4 Unidad ventilador – serpentín

El aire que entra en la unidad puede ser una mezcla de aire exterior y de retorno, o aire solo de retorno. Los filtros purifican el aire y el serpentín enfría y deshumedece el aire en verano y lo calienta en invierno.

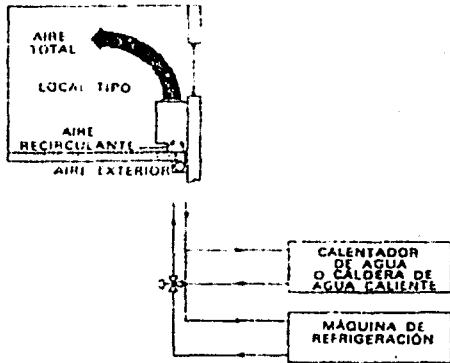


Fig. III-5

En la figura III-5 el aire exterior, que entra en la unidad situada debajo de la ventana, aparece introducido directamente en la unidad por medio de un conducto de baja presión. Este método es preferible al de entrada de aire de ventilación a través de una abertura hecha en la pared figura III-4. Este último sistema no se recomienda en los edificios de varios pisos porque los efectos de viento y de chimenea pueden perjudicar al rendimiento de las unidades.

En algunos casos, el aire que se obtiene por infiltración puede ser suficiente para obtener la ventilación necesaria; lo mismo que el aire que se puede conseguir de un sistema de zona interior puede utilizarse también para ventilación.

El control de temperatura se realiza de dos formas:

- 1) Ajuste de la velocidad del ventilador o arranque y paro del mismo.
- 2) Modulación del caudal de agua o interrupción y apertura del mismo.

En las estaciones intermedias del año se suele añadir a cada unidad unas resistencias eléctricas de calefacción (no aplicables para nuestro proyecto) para mejorar el rendimiento del sistema. En los moteles se suele utilizar este sistema.

El agua fría procedente de una unidad central de refrigeración, circula por los serpentines de cada unidad para eliminar el exceso de humedad y enfriar el aire de verano. En invierno se hace circular agua caliente procedente de una caldera por los mismos serpentines, esto es común encontrarlo en los hoteles donde el agua caliente no solamente se ocupa con este fin, también es usado para la cocina, los equipos de esterilización, lavandería y regaderas.

Características del sistema

Las características del sistema de ventilador – serpentín son:

- a) Control individual de la temperatura de las habitaciones.- El sistema se adapta a este tipo de control porque cada unidad tiene un serpentín proyectado para circular agua fría o caliente.

- b) Circulación de aire restringida a una habitación.- Cada unidad recircula solamente el aire de su propia habitación; de este modo se reduce al mínimo la recirculación de aire entre distintas áreas.
- c) Economía de funcionamiento.- En las épocas intermedias del año el aire exterior sirve para refrigerar la habitación. Para regular este paso de aire se utiliza una persiana.
- d) Reducción de obras de albañilería y conductos.- Los conductos se reducen al mínimo porque normalmente no se necesitan ni para la impulsión ni para el retorno. En cuanto a las obras de albañilería en los edificios antiguos, se reducen a lo indispensable para el tendido de tuberías de agua y ventilación.
- e) Distribución de aire bajo las ventanas.- La distribución de aire desde debajo de las ventanas es preferible a otros métodos de distribución en las habitaciones pequeñas, especialmente las que tienen carga de calefacción o carga de acondicionamiento durante todo el año.

Selección de la unidad

Las unidades se deben seleccionar con arreglo a las siguientes consideraciones:

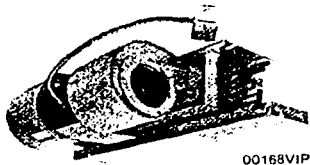
- Máxima carga de refrigeración correspondiente al local y al aire de ventilación, considerando las cargas de calor sensible y total.
- Máxima carga de calefacción del local y del aire de ventilación.
- Resistencias externas impuestas a la unidad por los conductos que sean necesarios. Esta resistencia exterior debe considerarse en relación con su efecto sobre el volumen de aire y la capacidad de enfriamiento y calefacción de la unidad.

A continuación se presenta un método para seleccionar el tipo y capacidad de la unidad ventilador – serpentín. Lo siguiente es solamente para un sistema de acondicionamiento con refrigeración, ya que debido a las características del proyecto, no es necesario un sistema con calefacción.

Como se indica en el capítulo anterior, la carga térmica a la cual esta sometido el inmueble varía con respecto de cada edificio, así como la hora a la cual se presenta la máxima carga. Sin embargo todos los valores se aproximan a las seis toneladas de refrigeración por departamento. Es por esto que las unidades ventilador – serpentín deberán calcularse de tal manera que eliminen en conjunto esta carga térmica. Como solamente se acondicionarán las recamaras y la sala y comedor, las unidades deberán disponerse dentro de cada una de estas habitaciones.

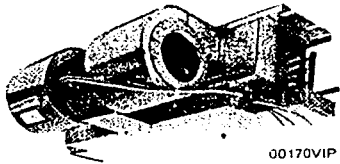
Ahora bien es necesario saber que las unidades que podemos encontrar disponibles en el mercado cubren rangos desde la media tonelada y hasta las cinco toneladas de refrigeración por cada unidad ventilador – serpentín. Con esto es posible darse una idea de la capacidad del equipo, y así tener una primera aproximación del mismo.

A continuación se hace una breve descripción de los diferentes tipos de unidades ventilador – serpentín comercialmente disponibles .

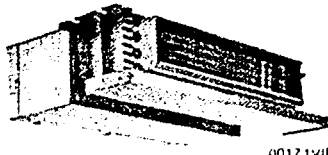


00168VIP

Modelos sencillos, diseñados para estar ocultos en el plafón o en algún espacio por encima del closet. Los hay con resistencias eléctricas y con distintos arreglos de serpentín desde las cuatro hileras y hasta trece hileras de tubos en el serpentín.

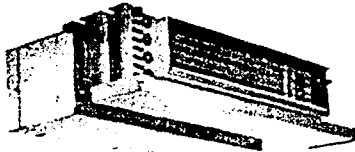


00170VIP

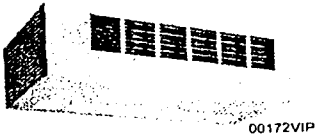


00171VIP

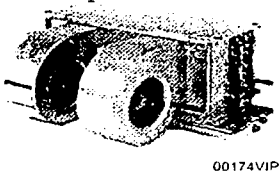
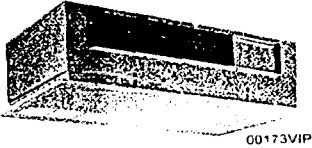
Existen modelos con los llamados "plenum" el cual contiene al motor, el ventilador y un filtro. Además sirve para dirigir la entrada del aire al serpentín. Al igual que en el caso anterior los hay también con un arreglo de resistencias eléctricas, así como distintos arreglos en los tubos del serpentín.



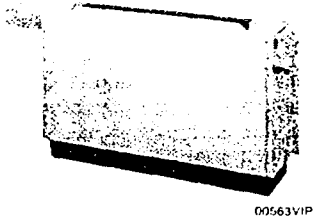
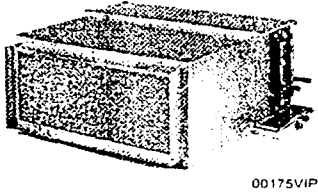
00171VIP



También encontramos modelos en gabinete, los cuales pueden estar o no ocultos. Diseñados para instalaciones donde el espacio para los conductos no es suficiente o bien no existe.



Para aplicaciones que así lo requieran, existen unidades de alta capacidad, donde el espacio es limitado, y además se requiere de flexibilidad. Ya que estos equipos cuentan con cuatro distintas velocidades de motor. Y los hay con o sin "plenum".



Por ultimo encontramos las unidades verticales, tanto en modelos ocultos como de gabinete. Las cuales se pueden colocar debajo de las ventanas, o en un pequeño espacio en la pared. Estas unidades son poco comunes de encontrar en nuestro mercado de trabajo, ya que comparativamente con los equipos horizontales, su costo por tonelada de refrigeración es mayor.



Una vez que se han contemplado los distintos equipos disponibles, se puede hacer una selección de los mismos mediante las características propias del proyecto. Como son la disponibilidad de espacio en un muro o techo falso, la carga térmica que se necesita eliminar, lo cual determinará la capacidad de la unidad refrigerante, así como el arreglo del serpentín y los accesorios que se requieran, tales como resistencias eléctricas o filtros especiales.

Ahora bien, es necesario recordar que por cada tonelada de refrigeración se necesitan $11.36 \text{ m}^3/\text{min}$ (400 p.c.m.) de aire, motivo por el cual se manejarán $67.96 \text{ m}^3/\text{min}$ (2400 p.c.m.) los cuales se reparten en cuatro habitaciones distintas. Conociendo lo anterior podemos proponer el siguiente arreglo. Se colocan unidades que proporcionen $11.36 \text{ m}^3/\text{min}$ (400 p.c.m.) en cada una de las recamaras y dos unidades de $16.99 \text{ m}^3/\text{min}$ (600 p.c.m.) en la sala y comedor, con lo cual esta cubierta la demanda de aire de refrigeración. Ahora es necesario establecer el tipo de unidad, así como sus distintos accesorios. Para esto es necesario consultar los catálogos proporcionados por los fabricantes.

Nota: En el apéndice de este trabajo se encuentra una copia de las tablas y especificaciones de los equipos .

A continuación se muestra como se especifica una unidad ventilador – serpentín.

1.- Se localiza el tamaño del equipo mediante el uso de la tabla A-15b (*table 25*), entrando con el gasto de aire requerido.

2.- Determine el flujo de aire actual con base a la tabla A-15a (*table16*) del catalogo proporcionado, entrando con la capacidad nominal del equipo y el tipo de unidad (horizontal o vertical).

Considerando el tamaño o capacidad de la unidad que en este ejemplo es de 400 p.c.m. , de la tabla se localiza un flujo de aire actual igual a 395 p.c.m.

3.- Se divide el valor del flujo de aire actual entre el nominal, con lo cual se puede utilizar la tabla A-15b (*table23*) para determinar los factores de corrección de aire total y de flujo de aire sensible (Q_{tf} y Q_{sf}) por sus iniciales en inglés.

Gasto actual: $\frac{395}{400} \times 100 = 98.75\%$

Gasto nominal: 400

Interpolando de la tabla 23 se tiene:

Q_{tf} : 0.994 Q_{sf} : 0.9885

4.- Con base en las características del equipo enfriador de líquido, y las distintas opciones de caída de presión en las unidades ventilador – serpentín, se pueden obtener los siguientes datos de la tabla A-15c (table 30).

Temperatura del aire
de condensación:

T_{bs} : 26.6 °C (80°F)

T_{bh} : 19.4 °C (67°F)

Equipo enfriador de líquido

T agua: 7.22°C (45°F) a la salida del equipo

se selecciona un incremento en la temperatura del agua al pasar por el serpentín de 13.5°F, para lo cual se necesita un gasto de agua a través del serpentín de 2 galones por minuto.

Provocando una caída de presión igual a los 26.57 kPa (8.9 ft H₂O.)

Capacidad total de enfriamiento (T_H): 13.5

Capacidad de enfriamiento sensible (S_H): 9.7

Como el fluido que se maneja es agua, no es necesario corregir por uso de Etilenglicol o propilenglicol. Por lo tanto G_L y G_S son igual a 1.

5.- Para determinar la capacidad de refrigeración actual, multiplique T_H y S_H por los factores de corrección de flujo de aire (Q_{tf} y Q_{sf}), así como por los factores de corrección por Glicol.

Lo anterior queda de la siguiente manera

Total

T_H x Q_{tf} x G_t

13.5 x 0.994 x 1 = 13.419 MBTU/hr (miles de BTU)

Sensible

S_H x Q_{sf} x G_s

9.7 x 0.9885 x 1 = 9.58 MBTU/hr (sensible)

Es necesario mencionar que la tabla A-15a comprende todas las configuraciones de ventilador – serpentín. Debido a la reducción variable en el patrón de espaciamiento de las aletas, conforme se incrementa el número de pasos del serpentín, este mantiene un flujo de aire equivalente.

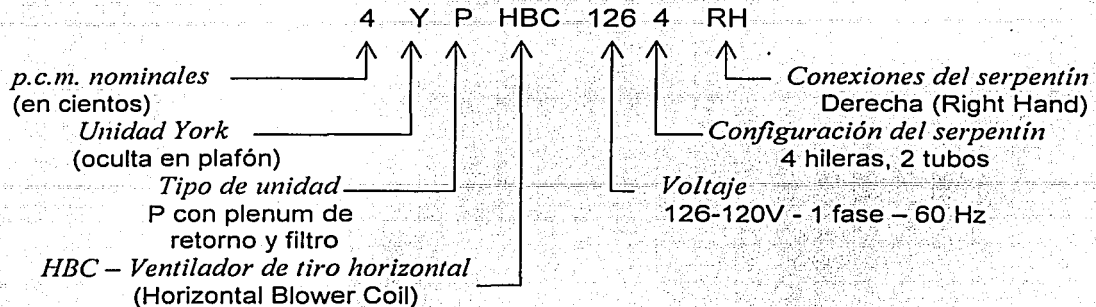
Por ejemplo:

Una unidad con 3 pasos en el serpentín tiene 14 aletas por pulgada

Una unidad con 4 pasos en el serpentín tiene 12 aletas por pulgada

Lo anterior debe considerarse al momento de seleccionar un equipo, ya que es posible escoger un arreglo en el serpentín de 3, 4, 6 ó mas pasos, para el mismo gasto de aire. Todo dependerá de la capacidad necesaria para eliminar la carga térmica del proyecto.

6.- Por ultimo es necesario especificar el equipo con la nomenclatura propia del fabricante:



De la misma forma se especifica la unidad de 600 p.c.m. :

6 Y P HBC 126 4 RH

- Control de la unidad

La capacidad de refrigeración sensible y latente no puede regularse para la amplia gama de valores que adquiere la relación de calor sensible del serpentín que se producen en una habitación, cuando el control se realiza con un solo elemento. Normalmente se determinan los límites admisibles de humedad relativa del local para proporcionar la deseada temperatura de bulbo seco.

Las condiciones del local pueden regularse por ajuste de la velocidad del ventilador o control de encendido y apagado del mismo. También puede realizarse una combinación de regulación de velocidad del ventilador junto con una apertura y cierre del paso del agua al serpentín.

El control básico de cada unidad se realiza por medio de un interruptor múltiple para distintas velocidades del ventilador. El control de caudal de agua que circula por el serpentín puede ser manual, eléctrico o neumático.

El procedimiento mas recomendado para mantener una determinada humedad en el local consiste en proyectar el sistema de modo que la circulación de agua fría en el serpentín sea continua. No obstante, incluso regulando la velocidad del ventilador para cargas inferiores a la correspondiente velocidad mínima del ventilador, la temperatura del local no puede mantenerse dentro de sus límites y el ventilador debe pararse.

Al seleccionar un sistema de control, ya sea manual o automático, se recomienda que:

- 1) El termostato de ambiente se sitúe en la pared de la habitación y no en la unidad, cuando el aire exterior entra directamente en ella.

-
- 2) Deben establecerse medios para cortar la entrada de aire exterior cuando se interrumpe el funcionamiento de la unidad, a fin de evitar la congelación en el serpentín durante el invierno. Esto es muy importante cuando el aire de ventilaciones toma del exterior a través de una abertura en la pared.

Sistemas de expansión directa.

Los sistemas de expansión directa para aire acondicionado o enfriamiento de líquidos son los que emplean tuberías de refrigerante instaladas "in situ". Las unidades condensadoras y los equipos compactos de enfriamiento de líquidos, con condensador situado a distancia, pueden utilizarse también en estos sistemas. La tubería interconecta los compresores, condensadores y baterías o enfriadores de líquido.

La instalación de tuberías de refrigerante empieza a resultar menos económica a medida que se aumenta la distancia entre compresor, evaporador y condensador. Más económico puede ser en tales casos el empleo de una torre de enfriamiento y / o un grupo compacto formado por enfriador y unidad condensadora con compresor.

Descripción del sistema

En los sistemas que utilizan baterías de expansión directa o enfriadores de líquido con el condensador alejado se necesita un tendido de tuberías realizado "in situ". Esto es también necesario cuando se emplean baterías de expansión directa en conexión con un equipo prefabricado, unidades fan - coil, o en ambos casos. La longitud mínima de tuberías que necesita un enfriador de líquido es la necesaria para conectar el compresor y el condensador, a no ser que ambos estén acoplados.

Enfriamiento del aire por expansión

La figura III-6 es un esquema isométrico de un sistema de refrigeración que alimenta unidades fan - coil, utilizando al mismo tiempo baterías de expansión directa. Dos compresores con un condensador evaporativo y un serpentín subenfriador proporciona la refrigeración a las baterías de expansión directa en cada una de las unidades fan - coil. Un intercambiador de aspiración de líquido en la línea de líquido procedente del serpentín subenfriador, aumenta el rendimiento del ciclo de refrigeración.

El control de capacidad de los compresores mantiene en las baterías de expansión directa una presión de aspiración relativamente estable. Las válvulas solenoides en la línea de líquido de cada serpentín se desactivan para interrumpir el paso del líquido cuando su respectiva unidad fan - coil deja de funcionar.

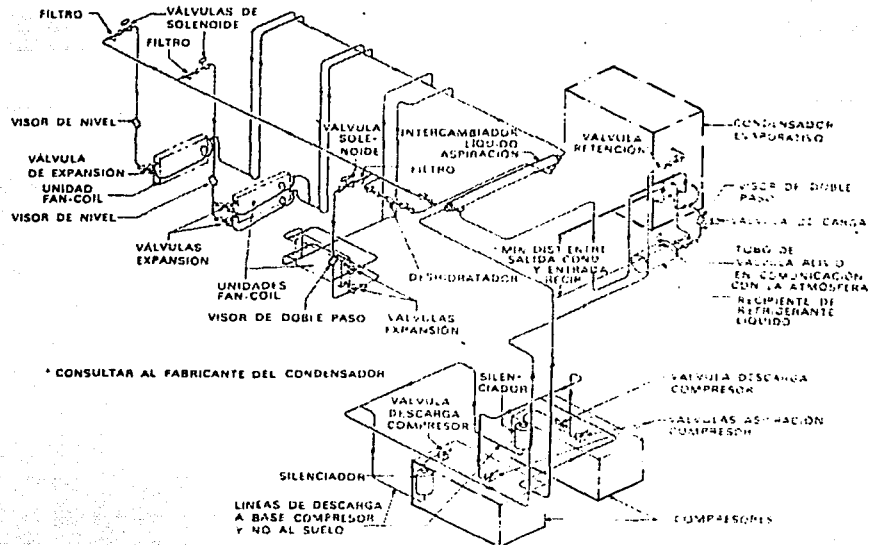


Fig. III-6 Sistema de refrigeración que alimenta serpentines de expansión directa

Enfriamiento de líquidos

La figura III-7 es un esquema isométrico de un sistema típico de expansión directa para enfriamiento de líquidos. Un equipo compacto enfriador de agua de expansión directa seco y de doble circuito es como el mostrado en la figura. La temperatura del agua fría se controla por medio del circuito de control de capacidad del compresor y enfriador.

Aunque en muchos sistemas se emplea enfriadores de expansión directa secos, existen también enfriadores inundados.

Los enfriadores de expansión directa secos son preferibles a causa de:

- a) Menor costo inicial
- b) Menor volumen
- c) Necesidades mínimas de refrigerante
- d) Posibilidades mínimas de congelación
- e) Mínimos problemas de retorno de aceite

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

Características del sistema

Las características del sistema de expansión directa son:

- 1) Flexibilidad. La disposición del equipo y acoplamiento de las unidades son más flexibles
- 2) Bajo costo inicial.
- 3) Adaptabilidad. La tendencia hacia el empleo de condensadores enfriados por aire hace que el sistema se pueda adaptar a muchas aplicaciones de la refrigeración.

Selección del equipo

Al seleccionar el equipo, lo primero que debe tenerse en cuenta es el evaporador, el medio de condensación y el equilibrio de los componentes del sistema.

La selección del evaporador es, lógicamente, el primer paso en la del equipo básico de refrigeración, ya sea de expansión directa o de enfriamiento de agua. Para satisfacer las necesidades de volumen de aire, y de temperaturas de entrada y salida del aparato, tanto secas como húmedas, se necesita una superficie determinada de evaporador. Los evaporadores de expansión directa se seleccionan sin tener en cuenta el tipo de compresor o de condensador que se va a utilizar.

La selección del medio de condensación es una cuestión de orden económico. En algunos casos es cuestión de preferencias, y puede utilizarse la condensación por aire, agua o condensador evaporativo. Cuanto mayor sea la distancia entre el equipo refrigerador y el condensador, lo mas aconsejable económicamente es la torre de enfriamiento. En otras circunstancias, pese el consumo de energía, lo que se hace es condensar por aire, a causa de la escasez de agua, menos trabajos de mantenimiento, sencillez, y no existir el problema de las congelaciones.

Algunos componentes del sistema, como los evaporadores, pueden seleccionarse independientemente de los demás elementos del sistema. No obstante, la mayoría de los componentes deben seleccionarse de forma que al trabajar en conjunto proporcionen el máximo rendimiento.

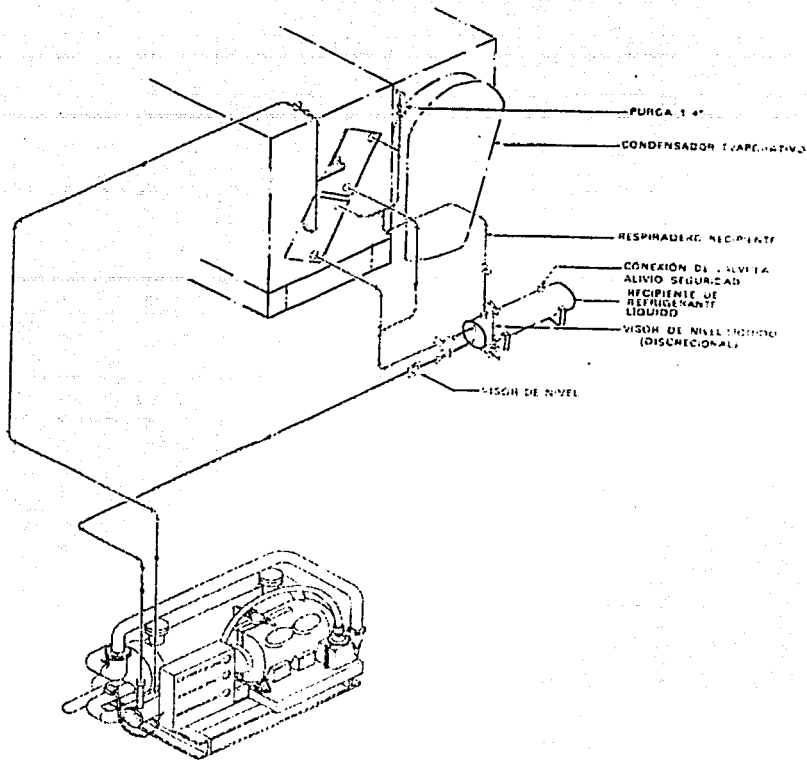


Fig. III-7 Sistema de expansión seco para enfriamiento de líquidos

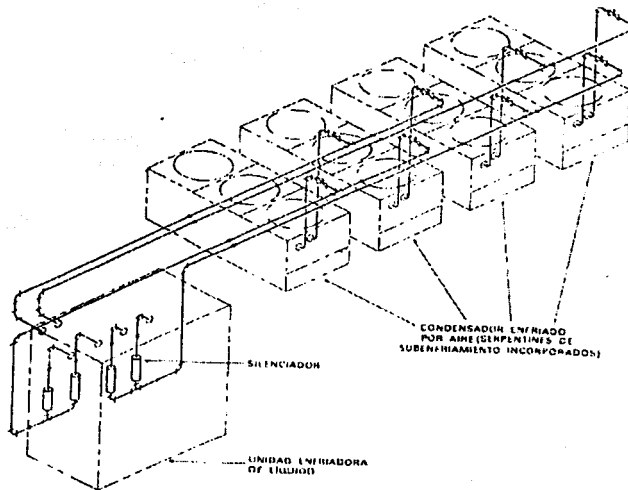


Fig. III-8 Unidad enfriadora de líquido con cuatro condensadores enfriados por aire y cuatro compresores.

Como se mencionó, existen diversas maneras de acondicionar un local, lo cual es finalmente el objetivo de todo proyecto de aire acondicionado, para esto se dispone de distintos sistemas.

Se pueden proyectar sistemas con varias unidades independientes o un solo equipo central, también es posible seleccionar equipos que manejen aire (UMA), agua (*Chiller*) o bien una combinación de estos. Como ya se ha mencionado todo dependerá del tipo de aplicación y de las condiciones específicas de cada proyecto.

A continuación se muestran algunos equipos, los cuales fueron considerados para la selección final.

Unidades enfriadoras de líquido.

Unidades enfriadas con agua.

Las unidades enfriadoras de líquido proporcionan agua helada para todo tipo de aplicaciones que requieran de una unidad central o bien de unidades enfriadoras independientes. Estas unidades son completamente auto - contenidas y están diseñadas para uso interior, esto es, no deben ser instaladas a la intemperie.

Cada unidad contiene compresores tipo tornillo, un condensador enfriado por agua, un centro de control y diagnóstico en una microcomputadora montada a un costado del equipo. Lo cual proporciona facilidad de operación.

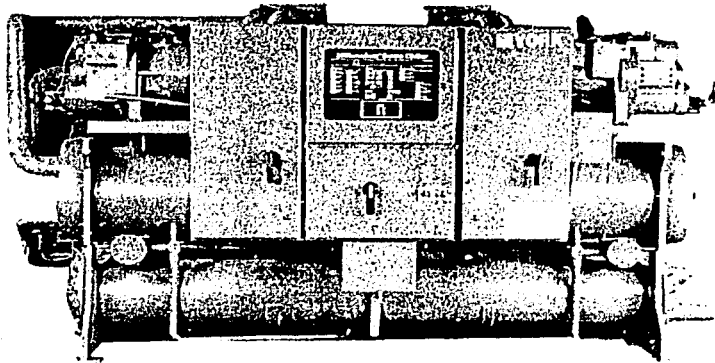
Todos los equipos vienen completamente ensamblados, tanto en la tubería del refrigerante como la instalación eléctrica interna.

Existen diversos arreglos en este tipo de equipo enfriado por agua, ya que dependiendo de la capacidad requerida, los equipos utilizarán distinto refrigerante.

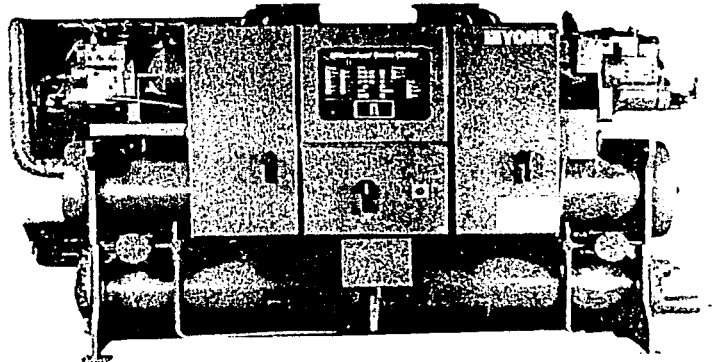
Los equipos mostrados a continuación tienen dos circuitos de refrigerante independientes, lo cual proporciona flexibilidad en la operación.

El evaporador es un sistema de expansión directa, en el cual el refrigerante circula por dentro de los tubos y el agua lo hace por dentro de la coraza. Los bafles están contruidos en lamina de acero galvanizada, lo cual aumenta su resistencia a la corrosión.

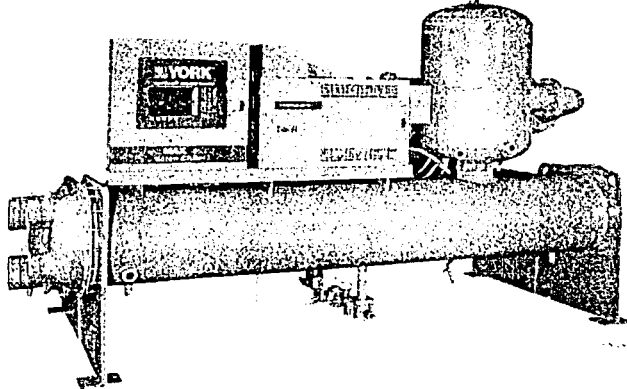
Los espejos o cubiertas son removibles fácilmente, para las labores de limpieza y mantenimiento.



a) utiliza refrigerante 22, trabaja a 60 Hz
los hay desde 91 TON y hasta 216 TON



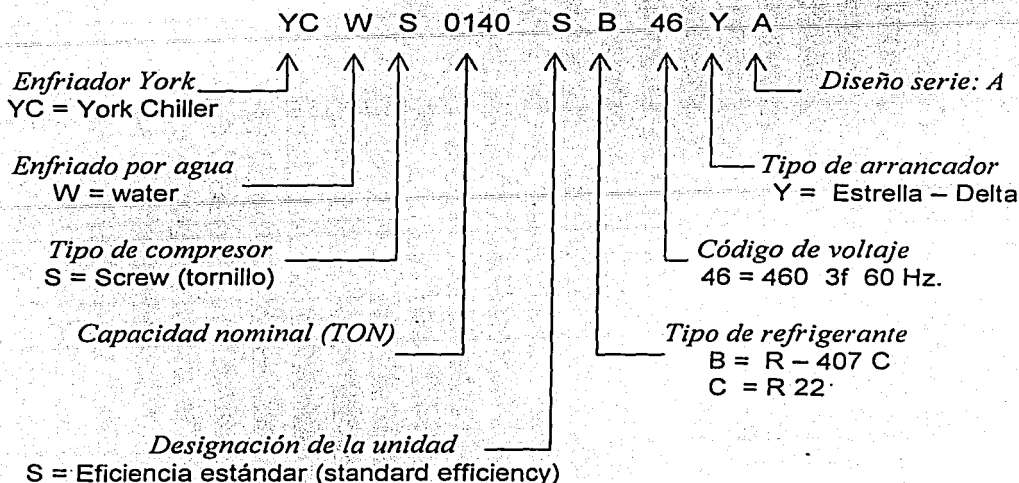
b) utiliza refrigerante HFC-407 C, trabaja a 60 HZ.
los hay desde 89 TON y hasta 209 TON



c) utiliza refrigerante HFC-134a
los hay desde 200 TON y hasta 430 TON (60 Hz.)
los hay desde 170 TON y hasta 365 TON (50 Hz.)

Fig. III-9 Equipo enfriador de líquido

Las unidades se especifican con base a la nomenclatura de cada fabricante, a continuación se muestra la especificación para una unidad de la marca York.



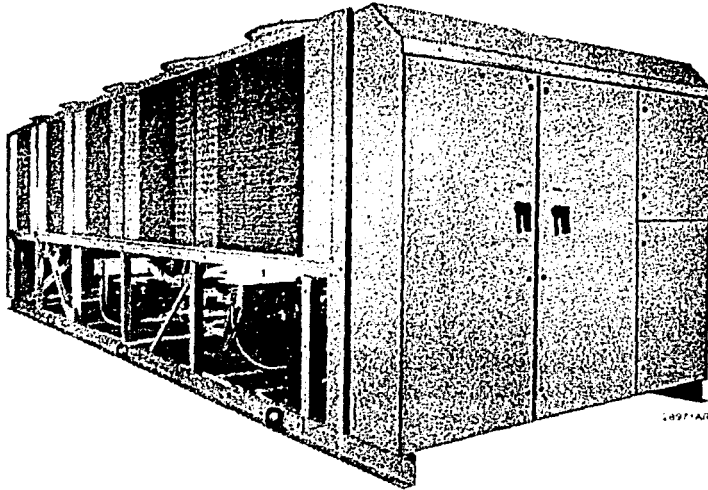
Unidades enfriadas con aire

Los equipos enfriadores de líquido enfriados por aire, al igual que los anteriormente descritos, cubren un amplio margen en las aplicaciones de acondicionamiento. Son unidades auto contenidas, y están diseñadas para servicio a la intemperie.

Utilizan un par de compresores tipo tornillo semi-herméticos diseñados específicamente para cada tipo de refrigerante. Al igual que en los sistemas anteriores, se tiene dos circuitos de refrigerante independientes, y un centro de control micro computarizado, el cual esta montado en un panel cubierto. El condensador proporciona un arreglo de ventilador y serpentín eficiente, ya que hace pasar la cantidad de aire suficiente, para la adecuada transferencia de calor en los serpentines, a través de unas delgadas rejillas que dirigen el aire además de que prometen reducir el ruido, lo anterior con un mínimo de consumo eléctrico en los motores.

También es posible encontrarlos con distintos refrigerantes.

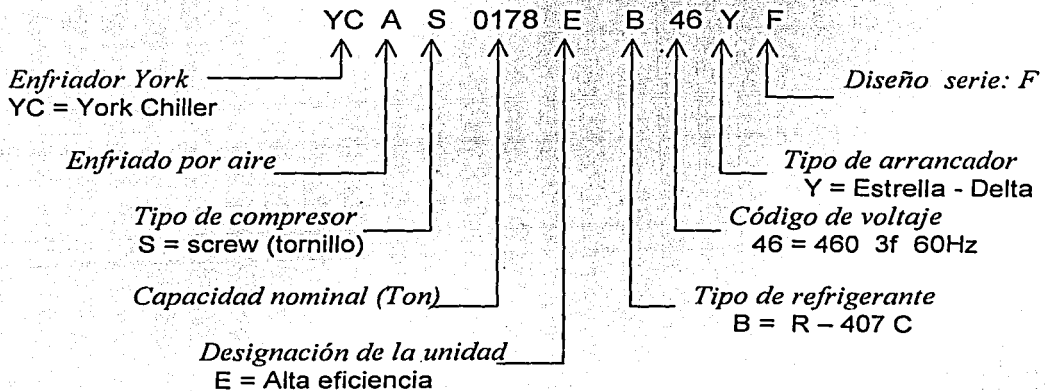
Estos equipos tienen el atractivo de operar eficazmente en los lugares donde la disposición de agua para enfriamiento no es suficiente.



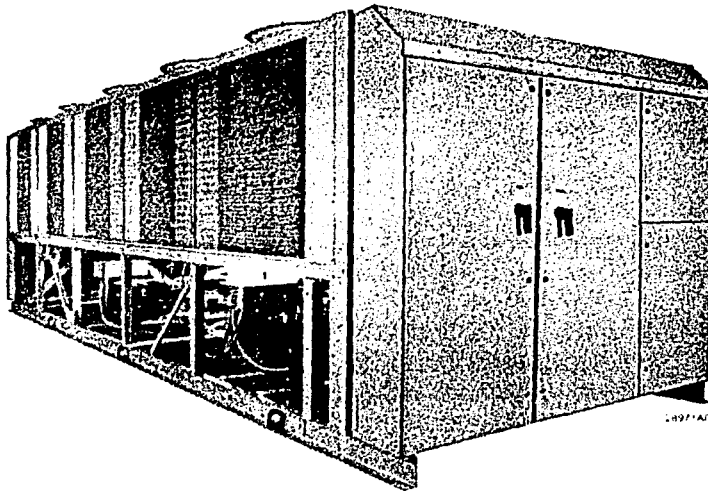
Utiliza refrigerante R - 407 C, trabaja a 60 Hz.
los hay desde 80 TON y hasta 400 TON

Fig. III-10 Unidad enfriadora de líquido, enfriada por aire

Las unidades se especifican con base a la nomenclatura de cada fabricante, a continuación se muestra la especificación para una unidad de la marca York.



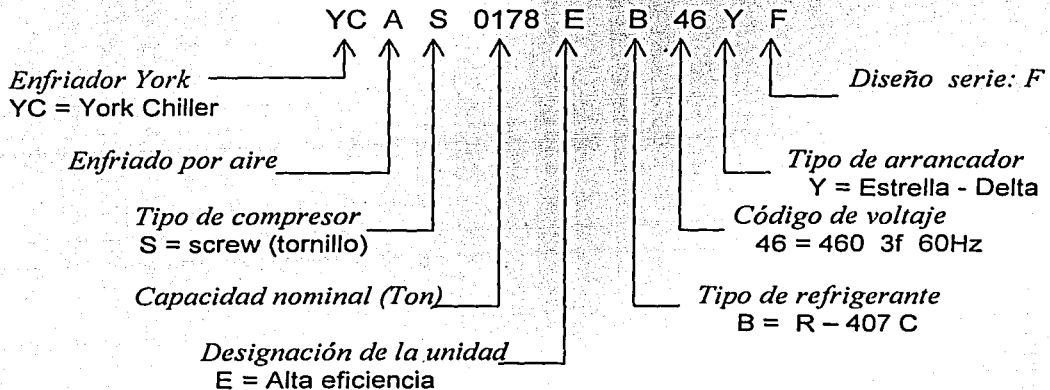
Como se puede observar, la anterior descripción de equipos es general y además consiste solamente en equipos centrales, esto es, que todo el tratamiento del medio refrigerante (agua, aire o ambos), se realiza en un mismo sitio, sin importar que sea un equipo destinado para trabajar a la intemperie o no, en cuyo caso se colocara dentro de algún cuarto de maquinas.



Utiliza refrigerante R - 407 C, trabaja a 60 Hz.
los hay desde 80 TON y hasta 400 TON

Fig. III-10 Unidad enfriadora de líquido, enfriada por aire

Las unidades se especifican con base a la nomenclatura de cada fabricante, a continuación se muestra la especificación para una unidad de la marca York.



Como se puede observar, la anterior descripción de equipos es general y además consiste solamente en equipos centrales, esto es, que todo el tratamiento del medio refrigerante (agua, aire o ambos), se realiza en un mismo sitio, sin importar que sea un equipo destinado para trabajar a la intemperie o no, en cuyo caso se colocara dentro de algún cuarto de maquinas.

Las razones por las cuales se prefirió un equipo central, son las siguientes:

- Mayor eficiencia en comparación con un arreglo de unidades individuales de menor capacidad.
- Al tener el equipo en un solo sitio, se concentran las operaciones de mantenimiento y reparación.
- Se mejora el control del equipo, ya que resulta mas sencillo supervisar una sola unidad que hacerlo con cuatro unidades individuales.
- Menor costo de operación, ya que el costo por tonelada de refrigeración se reduce.

Adicionalmente es necesario mencionar que se prefirió el uso de unidades enfriadoras de líquido, en lugar de unidades manejadoras de aire, por las siguientes razones:

- Este equipo es recomendable para situaciones en las cuales el espacio es reducido
- Menor costo de instalación, debido a que las obras de albañilería necesarias para el tendido de tuberías de agua, desde la unidad enfriadora de líquido y hasta cada uno de los equipos ventilador – serpentín, se reducen considerablemente.
- Proporcionan un acondicionamiento eficaz, con un mínimo de ruido. Si se proyecta adecuadamente.
- Flexibilidad en la operación, debido a que las unidades descritas anteriormente cuentan con dos circuitos independientes de refrigerante, lo cual no reduce la eficiencia del sistema aún cuando el equipo este trabajando al 50 % de su capacidad.
- Adaptabilidad, ya que existen diversos mecanismos para enfriar el condensador de estos equipos, lo cual hace posible que las unidades se adapten a diversas aplicaciones de refrigeración.

Por ultimo falta decir, que la selección del medio disponible para enfriar los condensadores de las unidades enfriadoras de líquido, es muy importante, ya que durante el funcionamiento del equipo, es esencial el suministro adecuado del aire o agua, en condiciones relativamente constantes, bajo las cuales se proyecto el sistema. Pues esto determina en forma directa la eficiencia del equipo.

Es por ello que se selecciono un equipo enfriado por aire, pues la disponibilidad de agua en la localidad resulta insuficiente. Si bien esto puede verse como una ventaja, lo anterior deberá tomarse con reservas, ya que la eficiencia térmica de un equipo enfriado por aire con respecto de uno que utilice agua, es menor. Lo anterior se pudo comprobar al observar los valores del REE de cada equipo. Rápidamente diremos que el REE se define como la relación entre la potencia térmica y la potencia eléctrica suministrada al equipo, esto es:

$$\text{REE} = \frac{\text{Capacidad de enfriamiento}}{\text{Potencia de entrada}}$$

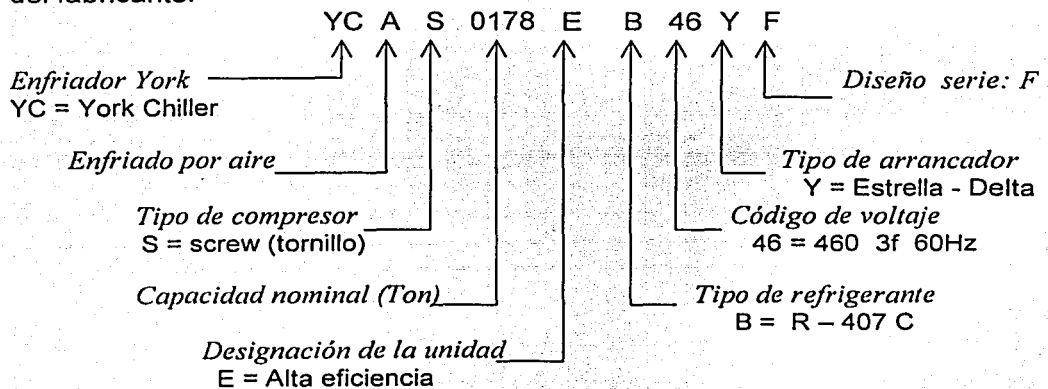
Para el equipo enfriado por aire es de 3.1 $[W_i / W_e]$ y para el que se enfría con agua es de 4 $[W_i / W_e]$ (para el mismo tipo de refrigerante) con lo cual se destaca una diferencia de 22.5%.

Atendiendo a las consideraciones anteriores y entendiéndose que algunos sistemas resultan mas o menos adecuados para un determinado tipo de aplicación se debe entonces seleccionar un equipo que a criterio del proyectista resulte el mas adecuado. Ya que no solamente interviene la parte técnica, también se deben considerar aspectos tales como la experiencia de cada persona con algún tipo de equipo o marca, la disponibilidad (tanto en unidades nuevas como en refacciones para esta), así como el costo. Todo esto afecta la selección de un equipo.

Por ultimo es necesario hacer la disposición de los equipos de tal manera que se cubra la demanda de refrigeración.

Para esto se propone un arreglo de dos unidades enfriadoras de líquido de una capacidad de 178 TON_{ref.} nominales, trabajando en paralelo. Ya que esta configuración resulta en una operación muy flexible, debido a que el equipo puede trabajar desde el 25 % y hasta el 100% de la capacidad, sin reducir la eficiencia de este (por contar con dos circuitos independientes de refrigerante en cada unidad), lo cual es un factor importante en este tipo de aplicación.

A continuación se especifica el modelo de enfriadora de líquido con nomenclatura del fabricante:



Adicionalmente la composición del refrigerante R-407C es 23% R-32, 25% R-125 y 52% R-134 a. Algunas razones por las cuales se utiliza este refrigerante son:

- Tiene mejores propiedades que los refrigerantes anteriormente utilizados.
- El R-407C es un hidrofluorocarbono (HFC) el cual no contiene agentes reductores de ozono.

-
- Este refrigerante es seguro y químicamente estable. Esta listado por A.S.H.R.A.E. como un "A-1" clasificación para refrigerante seguro, baja toxicidad y no inflamable.
 - Representa una alternativa mas amigable con el ambiente, sin que esto disminuya la eficacia del equipo. Ya que puede ser utilizado en equipos que originalmente fueron diseñados para trabajar con R-22, debido a que tiene características similares.

Capítulo IV Cálculo del sistema de tuberías

El principal objetivo de esta sección es calcular los cambios de presión que se tienen en un flujo incompresible a través de un tubo, y en general en sistemas donde el fluido se encuentre confinado.

Los cambios de presión en un sistema de esta naturaleza pueden deberse, por una parte, a cambios en el nivel o bien a cambios en la velocidad (debido a cambios en el área de la sección transversal), y por otra parte; al rozamiento.

Al analizar el flujo sin rozamiento, el empleo de la ecuación de Bernoulli permite tener en cuenta los efectos de los cambios de nivel y en la velocidad del flujo. Se concluye entonces que el principal interés en el análisis de los flujos reales es tener en cuenta ahora el efecto de rozamiento; este efecto consiste en una disminución de la presión, es decir, en la existencia de una pérdida de presión comparada como en el caso ideal de flujo sin rozamiento. Para simplificar el análisis, las pérdidas se dividirán en pérdidas mayores o primarias (debido al rozamiento en un flujo completamente desarrollado que pasa a través de segmentos con área de sección transversal constante) y pérdidas menores o secundarias (debidas a la presencia de válvulas, bifurcaciones, codos y a los efectos de rozamiento en aquellos segmentos del sistema cuya área de sección transversal no es constante).

Para desarrollar las expresiones matemáticas que relacionan las pérdidas primarias debidas al rozamiento en conductos de área de sección transversal constante, consideraremos flujos completamente desarrollados, es decir, flujos en los cuales el perfil de velocidades no cambia en la dirección del flujo. La caída de presión que se presenta a la entrada de un tubo, se considerará como una pérdida secundaria.

Puesto que los conductos que se utilizarán son de sección circular, el análisis básico se referirá a geometrías circulares. Los resultados se pueden extrapolar a otras geometrías teniendo en cuenta el concepto de diámetro hidráulico.

- Ecuación fundamental para un volumen de control

$$dp/\rho + g dz + V dV = 0$$

La integración de esta ecuación permite obtener

$$P / \rho + gz + V^2 / 2 = \text{constante}$$

Ec. IV-1

esta ecuación esta sujeta a las siguientes restricciones :

- 1.- Flujo estacionario
- 2.- Sin rozamiento
- 3.- Flujo a lo largo de una línea de corriente
- 4.- Flujo incompresible

al aplicar la ecuación de cantidad de movimiento a un volumen de control formado por un tubo de corriente infinitesimal, bajo las condiciones anteriormente listadas, se obtiene una relación entre la presión, la velocidad y la posición vertical. Esta expresión es sumamente útil e importante ; por ejemplo se puede ocupar para calcular la presión en la entrada de un codo reductor o bien determinar la velocidad del agua que sale de una compuerta, etc. En ambos casos, las restricciones especificadas al deducir la ecuación IV-1 son idealizaciones razonables para el comportamiento real del fluido. Las limitaciones indicadas deben señalarse con insistencia porque no siempre forman un modelo realista del comportamiento de un flujo, por lo mismo deben justificarse cuidadosamente cada vez que se aplique esta ecuación.

Finalmente, la ecuación IV-1 es una forma de la ecuación de Bernoulli

• Número de Reynolds

Reynolds pudo descubrir que el parámetro (que ahora lleva su nombre) :

$$Re = \frac{\rho v D}{\mu} = \frac{v D}{\nu} \quad \text{Ec. IV-2}$$

constituye un criterio mediante el cual se puede determinar el estado de un flujo. Experimentos posteriores han demostrado que el número de Reynolds es un parámetro clave también para otros casos. Se tiene entonces, en general :

$$Re = \frac{v L}{\nu}$$

donde L es la longitud característica descriptiva del campo de flujo.

El significado físico del número de Reynolds se puede considerar como el cociente de las fuerzas inerciales entre las fuerzas viscosas.

• Perfil de velocidad a través de un conducto

El flujo en un tubo puede resultar laminar o turbulento, dependiendo del número de Reynolds. Para un flujo laminar completamente desarrollado, el perfil de velocidad es parabólico, lo cual se puede expresar de la siguiente manera:

$$u = \frac{-R^2}{4\mu} \frac{\delta p}{\delta x} (1 - (r/R)^2) \quad \text{Ec. IV-3}$$

En cambio para un flujo turbulento no existe una relación universal entre el campo de esfuerzos y el campo de velocidades medias. Es necesario entonces basarse en los resultados experimentales.

El perfil de velocidad para un flujo turbulento a través de un tubo liso se puede representar mediante la ecuación empírica, muchas veces conocida como "ley de potencias",

$$\frac{u}{U} = (1 - r/R)^{1/n}$$

Ec. IV-4

donde el exponente n, varía con el número de Reynolds

Valor de n	Reynolds
6	4×10^3
7	1.1×10^5
10	3.2×10^6

A continuación podemos ver una figura que ilustra el perfil de velocidades para cada caso.

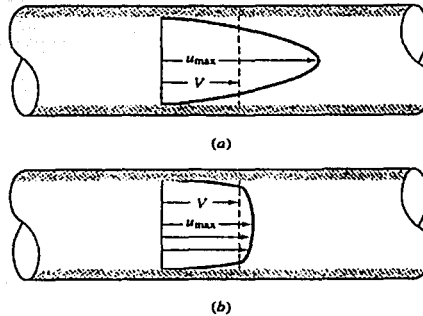


Fig. IV-1 a) perfil de velocidad para flujo laminar, b) perfil para flujo turbulento

• Cálculo de la caída de presión

Recuérdese que la carga total h_T , es la suma de las pérdidas primarias h_f , debidas a los efectos de rozamiento en un flujo completamente desarrollado a través de un conducto de área constante, y las pérdidas secundarias h_m , debidas estas a las entradas, los acoplamientos, los cambios de área, válvulas, etc.

- Pérdidas primarias

Para iniciar el análisis de pérdidas se establece el siguiente balance de energía :

$$h_f = \left[\frac{p_1}{\rho} + \alpha_1 V_1^2 + g z_1 - \frac{p_2}{\rho} - \alpha_2 v_2^2 - g z_2 \right]$$

Ec. IV-5

para un flujo completamente desarrollado a través de un conducto de área constante en su sección transversal, $h = 0$ y $\alpha_1(v_1^2/2) = \alpha_2(v_2^2/2)$ por lo tanto la ecuación se reduce a :

$$\frac{p_1 - p_2}{\rho} = g(z_2 - z_1) + hf$$

Ec. IV-6

si el conducto además es horizontal entonces $z_1 = z_2$, obteniéndose :

$$\frac{p_1 - p_2}{\rho g} = \frac{\Delta p}{\rho g} = h$$

de este modo, para el flujo completamente desarrollado a través de un tubo horizontal de área constante, las pérdidas mayores de carga se pueden expresar como una pérdida de presión.

Puesto que las pérdidas de carga representan la energía mecánica que se transforma en energía térmica por el efecto del rozamiento, dicha pérdida de carga, para el caso de un flujo completamente desarrollado a través de una sección transversal constante depende únicamente de las características del flujo. Como consecuencia de esto, la pérdida de carga, expresada en la ecuación anterior para un conducto horizontal, también resulta válida para el flujo con el mismo gasto a través de un tubo inclinado.

La caída de presión para un flujo laminar se puede calcular analíticamente para el caso de un flujo completamente desarrollado a través de un conducto empleando la siguiente expresión :

$$h_f = \frac{f L v^2}{D 2g}$$

Ec. IV-7

Donde $f = 64 / Re$, con lo cual la expresión se reduce a :

$$h_f = \frac{32 L v^2}{Re D g}$$

Ec. IV-8

Ahora bien la caída de presión para un flujo turbulento no se puede calcular analíticamente, debiéndose utilizar, por consiguiente, los resultados experimentales.

La caída de presión, debida al rozamiento en un flujo turbulento completamente desarrollado a través de un conducto de área transversal constante, depende del diámetro del tubo (D), de su longitud (L), de la rugosidad o aspereza de la pared (e), de la velocidad media (V), de la densidad del fluido (ρ) y de su viscosidad (μ). En forma funcional se puede expresar así :

$$\Delta p = \Delta p(D, L, e, V, \rho, \mu)$$

Ec. IV-9

Ahora bien como la caída de presión es función de muchas variables podemos ocupar la relación de Darcy – Weisbach, que se escribe como se muestra a continuación:

$$h_f = f \frac{L}{D} \frac{v^2}{2g}$$

Ec. IV-10

donde f es el factor de rozamiento, el cual representa los efectos de la rugosidad del conducto al paso del fluido.

Con lo anterior únicamente hace falta conocer el valor del factor de rugosidad para determinar la caída de presión de un flujo que se encuentre completamente desarrollado y cuyo régimen sea turbulento. Para esto se ocupa el diagrama de Moody, el cual relaciona el número de Reynolds, la rugosidad relativa (e/D), y el factor de rugosidad (f).

A continuación podemos observar el aspecto general del diagrama de Moody

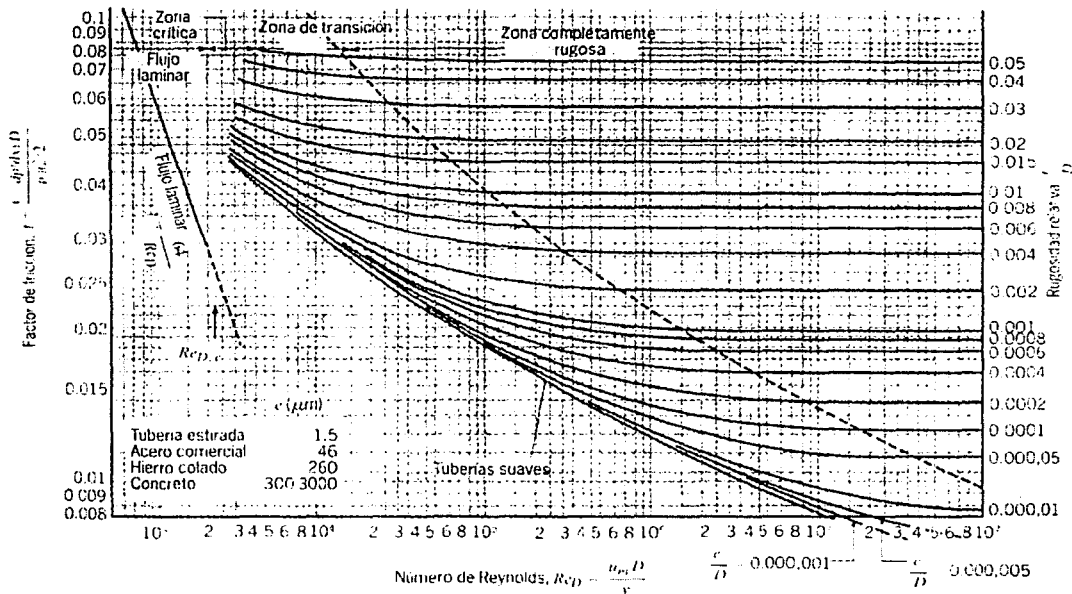


Fig. IV-2 Diagrama de Moody

- Pérdidas secundarias

Frecuentemente se requiere que el flujo en una tubería pase a través de una serie de acoplamientos, codos, válvulas, o cambios abruptos de área. Como resultado de la separación o desprendimiento del flujo en estos accesorios se tienen pérdidas adicionales de carga (la energía finalmente se disipa debido al mezclado violento en las zonas separadas).

Si el sistema de tuberías bajo análisis incluye tramos largos con área constante en la sección transversal, estas pérdidas pueden resultar relativamente pequeñas, sin embargo es conveniente tenerlas en cuenta para cualquier análisis formal.

La pérdida de carga menor puede expresarse como:

$$h_m = k \frac{v^2}{2} \quad \text{Ec. IV-11}$$

donde el coeficiente de pérdidas k , se debe determinar de modo experimental para cada caso. La pérdida menor de carga se puede expresar también como:

$$h_m = f \frac{L_e}{D} \frac{v^2}{2} \quad \text{Ec. IV-12}$$

donde L_e es una longitud equivalente de tubería rectilínea .

Los datos experimentales para los coeficientes de pérdidas en accesorios son numerosos y se encuentran dispersos en las diversas fuentes de información. Por lo anterior, solo se muestran algunos de estos valores en las siguientes tablas. Adicionalmente se pueden encontrar otras tablas en el apéndice de este trabajo, o bien buscar directamente en las referencias listadas al final del mismo.

RUGOSIDAD MEDIA DE TUBOS COMERCIALES

Material (nuevo)	e	
	ft	mm
Acero remachado	0,003-0,03	0,9-9,0
Hormigón	0,001-0,01	0,3-3,0
Madera	0,0006-0,003	0,18-0,9
Hierro fundido	0,00085	0,26
Hierro galvanizado	0,0005	0,15
Hierro fundido asfáltico	0,0004	0,12
Acero comercial o hierro estirado	0,00015	0,046
Latón o cobre estirado	0,000005	0,0015
Vidrio	«Liso»	«Liso»

Tabla IV-A

COEFICIENTES DE PERDIDA $K = \frac{h_m}{V^2/2g}$ PARA VALVULAS ABIERTAS, CODOS Y TES

Diámetro nominal, in	Roscado				Acoplado				
	½	1	2	4	1	2	4	8	20
Válvulas (abiertas):									
Esfera	14	8,2	6,9	5,7	13	8,5	6,0	5,8	5,5
Compuerta	0,30	0,24	0,16	0,11	0,80	0,35	0,16	0,07	0,03
Antirretorno	5,1	2,9	2,1	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0
De ángulo	9,0	4,7	2,0	1,0	4,5	2,4	2,0	2,0	2,0
Codos:									
45° normal	0,39	0,32	0,30	0,29	—	—	—	—	—
45° suave	—	—	—	—	0,21	0,20	0,19	0,16	0,14
90° normal	2,0	1,5	0,95	0,64	0,50	0,39	0,30	0,26	0,21
90° suave	1,0	0,72	0,41	0,23	0,40	0,30	0,19	0,15	0,10
180° normal	2,0	1,5	0,95	0,64	0,41	0,35	0,30	0,25	0,20
180° suave	—	—	—	—	0,40	0,30	0,21	0,15	0,10
Tes:									
Flujo directo	0,90	0,90	0,90	0,90	0,24	0,19	0,14	0,10	0,07
Flujo lateral	2,4	1,8	1,4	1,1	1,0	0,80	0,64	0,58	0,41

Tabla IV-B

AUMENTO DE PERDIDAS EN VALVULAS PARCIALMENTE ABIERTAS

Condición	Cociente K/K (abierta)	
	Compuerta	Esfera
Abierta	1,0	1,0
Cerrada, 25%	3,0-5,0	1,5-2,0
50%	12-22	2,0-3,0
75%	70-120	6,0-8,0

Tabla IV-C

• Análisis de la tubería

Con lo descrito anteriormente estamos ya en condiciones de realizar el análisis de la tubería que conducirá el agua, proveniente del enfriador y hasta cada una de las unidades ventilador - serpentín (*Fan & Coil*) ubicadas en los departamentos.

- Condiciones de diseño

Como se menciona en el capítulo anterior, el sistema seleccionado para eliminar la carga térmica del inmueble es un equipo central enfriador de líquido del tipo enfriado por aire, en un arreglo de dos unidades enfriadoras independientes. Motivo por el cual se tiene un cabezal de suministro y uno más de retorno, de los cuales se derivan tuberías hacia cada uno de los edificios y a su vez para cada departamento y habitación; formando así un circuito cerrado. El cual proporciona agua helada a la red de serpentines contenidos en los *Fan & Coils* los cuales finalmente proporcionarán el aire acondicionado a la habitación.

Datos:

- Cabezal de suministro
Diámetro 0.2032 m u 8 pulg.
Material tubo de acero sin costura

- Tubería hacia los edificios.

Edificio

A	B	C	D
Diámetro: 0.1016 m (4 pulg.)	Diámetro: 0.1016 m (4 pulg.)	Diámetro: 0.1016 m (4 pulg.)	Diámetro: 0.1016 m (4 pulg.)
Longitud: 162.06 m	Longitud: 47.42 m	Longitud: 17.4 m	Longitud: 71.98 m
Material: tubería negra Ced. 40	Material: tubería negra Ced. 40	Material: tubería negra Ced. 40	Material: tubería negra Ced. 40

Nota: Las longitudes aquí indicadas representan solamente la distancia horizontal, para todos los edificios existe una tubería vertical que cubre los cinco niveles del edificio.

- Tubería dentro del departamento

Existen dos diámetros distintos de tubería, la mayor es para la red "principal" y la segunda para las conexiones de cada *Fan & Coil* con esta. Los datos de la tubería interna se resumen en la siguiente tabla.

<i>Tubería principal</i>	<i>Fan & Coil</i> 11.32 m ³ /min (400 p.c.m.)	<i>Fan & Coil</i> 16.99 m ³ /min (600 p.c.m.)
Diámetro 0.0254 m (1 pulg.)	Diámetro 0.0127 m (½ pulg.)	Diámetro 0.0127 m (½ pulg.)
Longitud 22.14 m.	Longitud 11.93 m.	Longitud 3.87 m.
Material tubo de cobre tipo M	Material tubo de cobre tipo M	Material tubo de cobre tipo M

ESTA TESIS NO SALE
DE LA BIBLIOTECA

Metodología del cálculo de cargas

Bajo las condiciones anteriores y con las siguientes expresiones se puede ya cuantificar la potencia de bombeo necesaria para suministrar y mantener circulando el líquido dentro del circuito de agua helada de todo el conjunto habitacional.

Primeramente es necesario saber el gasto volumétrico que es necesario transportar así como el tipo de tubería a utilizar y el lugar que esta ocupa en el arreglo general del sistema de tubería , con lo cual se tiene :

Q gasto volumétrico

ϕ diámetro

e rugosidad media del material

l longitud

y accesorios como pueden ser válvulas, codos, derivaciones, etc. .

Con estos valores y la ecuación $Q = v A$ se puede despejar la velocidad y al sustituir el gasto y el área obtener el valor de la velocidad media del fluido dentro del tubo.

Conociendo la velocidad y la expresión IV-2

$$Re = \frac{\rho v D}{\mu} = \frac{v D}{\nu}$$

se calcula cuanto vale el Reynolds.

Ahora bien si el valor es mayor de 10^4 , es entonces un flujo turbulento.

Es necesario mencionar que en muchas aplicaciones de ingeniería donde se transporta un fluido a través de un conducto cerrado y se calcula el número de Reynolds, este resulta en un análisis turbulento. Como se podrá observar mas adelante este también resulta flujo turbulento.

Con el valor de la rugosidad media obtenido de tablas, se calcula la relación e / D rugosidad entre diámetro de tubería. Nota: Es necesario cuidar que ambos valores se encuentren expresados en las mismas unidades.

Ya con las coordenadas dadas por los valores del Re y e/D , y utilizando el diagrama de Moody, se puede estimar el factor de fricción f para flujo completamente desarrollado.

Con la expresión IV-10 y f se puede determinar la carga debida al efecto de rozamiento del fluido con las paredes del tubo.

$$h_f = f \frac{L}{D} \frac{v^2}{2g}$$

Ahora bien con el empleo de la tabla IV-B y la expresión IV-11 se calcula la caída de presión debido a los accesorios

$$h_m = k \frac{v^2}{2}$$

Y así se repite este procedimiento para cada tipo de elemento que compone el sistema de tuberías.

Una vez obtenidos todos los valores de h_f y h_m se calcula la caída de presión, para lo cual solamente es necesario multiplicar estos por la densidad del fluido y por el valor de la aceleración de la gravedad, esto es :

$$\Delta p = h_x \rho g$$

Para el cálculo de la potencia requerida para el bombeo se requiere únicamente de multiplicar la caída de presión por su respectivo gasto volumétrico.

$$Pot = \Delta p Q$$

Por ultimo es necesario sumar todas las potencias, para obtener la potencia total necesaria para el sistema.

Nota : Para determinar las caídas de presión debidas a cada equipo es necesario consultar directamente los catálogos. Se proporciona una copia de los equipos ocupados en este trabajo en el apéndice.

A continuación se muestra la memoria de cálculo para determinar la caída de presión y la potencia total de bombeo.

Caida de presión

Datos: $Re = (v D / \nu)$ $Q = v A$ $A = \pi r^2$

Valores tomados a 280K

Qt (m3/s) 0.04088245 F.U. = 75% $hf = f L v^2 / D 2g$ $\Delta p = h \rho g$
 ρ (kg/m3) 1000
 μ (N s / m2) 1.42E-03
 ν (m2/s) 1.42E-06 $hm = \frac{k v^2}{2g}$ Pot = $\Delta p Q$

Edificio A		Edificio B		Edificio C		Edificio D	
Lh (m)	162.06	Lh (m)	47.42	Lh (m)	17.4	Lh (m)	71.98
Qa (m3/s)	0.00681374	Qb (m3/s)	0.01362748	Qc (m3/s)	0.01362748	Qd (m3/s)	0.00681374
Diam (in)	4	Diam (in)	4	Diam (in)	4	Diam (in)	4
Diam (m)	0.1016	Diam (m)	0.1016	Diam (m)	0.1016	Diam (m)	0.1016
e (mm)	0.25	e (mm)	0.25	e (mm)	0.25	e (mm)	0.25
v (m/s) =	0.84044314	v (m/s) =	1.68088627	v (m/s) =	1.68088627	v (m/s) =	0.84044314
Re =	60048.54	Re =	120097.08	Re =	120097.08	Re =	60048.54
e/D =	0.00246063	e/D =	0.00246063	e/D =	0.00246063	e/D =	0.00246063

Del diagrama de Moody

se obtiene:

f = 0.027
 hf (m) = 1.55047068

Accesorios:

de codos = 3
 90° normal, acoplado
 $k = 0.3$
 hm (m) = 0.01080038

por # de accesorios

$hm\#$ (m) = 0.03240113

Del diagrama de Moody

se obtiene:

f = 0.025
 hf (m) = 1.6802949

Accesorios:

de codos = 3
 90° normal, acoplado
 $k = 0.3$
 hm (m) = 0.04320151

por # de accesorios

$hm\#$ (m) = 0.12960453

Del diagrama de Moody

se obtiene:

f = 0.0265
 hf (m) = 0.65355038

Accesorios:

de codos = 2
 90° normal, acoplado
 $k = 0.3$
 hm (m) = 0.04320151

por # de accesorios

$hm\#$ (m) = 0.08640302

Del diagrama de Moody

se obtiene:

f = 0.027
 hf (m) = 0.68865161

Accesorios:

de codos = 2
 90° normal, acoplado
 $k = 0.3$
 hm (m) = 0.01080038

por # de accesorios

$hm\#$ (m) = 0.02160075

Suma de hf y hm (m) :
1.58287181
Caida de presión (Pa) :
 $1.13 \times 9.81 \times 1000 = 15527.9724$
Pot (W) :
 $11077 \times 0.00582 = 105.803585$
Pot (HP) :
0.14188494

de " T " = 1
flujo lateral
k = 0.62
hmt (m) = 0.08928312
Dp (Pa) = 18630.9807
Pot (HP) = 0.3404766

Suma de hf y hm (m) :
0.7399534
Caida de presión (Pa) :
 $0.739 \times 9.81 \times 1000 = 7258.94283$
Pot (W) :
 $7258.9 \times 0.0323 = 98.9211152$
Pot (HP) :
0.1326554

Suma de hf y hm (m) :
0.71025236
Caida de presión (Pa) :
 $0.711 \times 9.81 \times 1000 = 6967.57566$
Pot (W) :
 $6967.57 \times 0.01615 = 47.4752571$
Pot (HP) :
0.06366537

Tuberia de retorno

Edificio A
Suma de hf y hm (m) :
1.58287181
Caida de presión (Pa) :
 $1.13 \times 9.81 \times 1000 = 15527.9724$
Pot (W) :
 $11077.3 \times 0.0068 = 105.803585$
Pot (HP) :
0.14188494

Edificio B
Suma de hf y hm (m) :
1.89918254
Caida de presión (Pa) :
 $1.43 \times 9.81 \times 1000 = 18630.9807$
Pot (W) :
 $14073.45 \times 0.021 = 253.89336$
Pot (HP) :
0.3404766

Edificio C
Suma de hf y hm (m) :
0.7399534
Caida de presión (Pa) :
 $0.739 \times 9.81 \times 1000 = 7258.94283$
Pot (W) :
 $7258.9 \times 0.0136 = 98.9211152$
Pot (HP) :
0.1326554

Edificio D
Suma de hf y hm (m) :
0.71025236
Caida de presión (Pa) :
 $0.711 \times 9.81 \times 1000 = 6967.57566$
Pot (W) :
 $6967.5 \times 0.00681 = 47.4752571$
Pot (HP) :
0.06366537

Caida en el Fan & Coil

400 pcm
Q (gpm) = 2.4
Q (m3/s) = 0.00015142
 Δp (ft agua) = 8.9
 Δp (Pa) = 26576.112
cantidad 180
Pot (W) = 4.0240611
Pot (HP) = 0.00539635
Por el numero de equipos:
Pot (HP) = 0.97134387

600 pcm
Q (gpm) = 3.6
Q (m3/s) = 0.00022712
 Δp (ft agua) = 3.5
 Δp (Pa) = 10451.28
cantidad 120
Pot (W) = 2.37374391
Pot (HP) = 0.00318324
Por el numero de equipos:
Pot (HP) = 0.38198916

Caida en el enfriador de liquido

180 Ton de ref.
Q (l/s) = 24.87
Q (m3/s) = 0.02487
 Δp (kPa) = 70
cantidad 2
Pot (W) = 1740.9
Pot (HP) = 2.33458536
potencia de bombeo para los dos equipos
Pot (HP) = 4.66917071

Tuberia interna

Valores tomados a 280K

Qt (l/s) = 9.08E-01
 ρ (kg/m3) = 1000
 μ (N s / m2) = 1.42E-03
 ν (m2/s) = 1.42E-06

$$\text{gpm} = \frac{\text{TON}_R \times 24}{\Delta T}$$

Nota : Un solo depto. Y solo el agua helada

Diam (in) = 1	Diam (in) = 0.5	Diam (in) = 0.5
Diam (m) = 0.0254	Diam (m) = 0.0127	Diam (m) = 0.0127
Lh (m) = 22.14	Lh (m) = 11.93	Lh1.5 (m) = 3.87
Q (gpm) = 14.4	Q1 (gpm) = 2.4	Q1.5 (gpm) = 3.6
Q (m3/s) = 0.000908499	Q1 (m3/s) = 0.00015142	Q1.5 (m3/s) = 0.00022712
e (mm) = 0.0015		

∞ v (m/s) = 1.792945369	v1 (m/s) = 1.19529691	v1.5 (m/s) = 1.79294537
Δ Re = 32025.89	Re = 10675.30	Re = 16012.94
e/D = 5.90551E-05	e/D = 0.00011811	e/D = 0.00011811
Del diagrama de Moody se obtiene :	Del diagrama de Moody se obtiene :	Del diagrama de Moody se obtiene :
f = 0.023	f = 0.0285	f = 0.028
hf (m) = <u>3.284784227</u>	hf1 (m) = <u>1.94954909</u>	hf1.5 (m) = <u>1.39797816</u>

Nota : Los accesorios estan calculados para los 2 deptos. Solo agua helada

Accesorios

<i>Codos 90°</i>	<i>Derivación T</i>	
Diam (in) =	0.5 Diam (in) =	1
Diam (m) =	0.0127 Diam (m) =	0.0254
v1.5 (m/s) =	1.79294537 v (m/s) =	1.79294537
k =	2 k =	1.8
# de acce.	8# de acce.	9
hm (m) =	0.32769145 hm (m) =	0.2949223
Por el numero de acce.	Por el numero de acce.	
hm (m) =	<u>2.62153158</u> hm (m) =	<u>2.65430072</u>

Válvulas de retención

Diam (in) =	1 Diam (in) =	1
Diam (m) =	0.0254 Diam (m) =	0.0254
v (m/s) =	1.79294537 v (m/s) =	1.79294537
k =	1.5 k =	2.9
# de acce.	3# de acce.	2
hm (m) =	0.24576859 hm (m) =	0.4751526
Por el numero de acce.	Por el numero de acce.	
hm (m) =	<u>0.73730576</u> hm (m) =	<u>0.9503052</u>

Válvulas de compuerta *Válvulas de compuerta*

Diam (in) =	1 Diam (in) =	0.5
Diam (m) =	0.0254 Diam (m) =	0.0127
v (m/s) =	1.79294537 v (m/s) =	1.79294537
k =	0.24 k =	0.3
# de acce.	2# de acce.	20
hm (m) =	0.03932297 hm (m) =	0.04915372
Por el numero de acce.	Por el numero de acce.	
hm (m) =	<u>0.07864595</u> hm (m) =	<u>0.98307434</u>

Suma de carga hf :

hf (m) = 6.63231148

por el # de departamentos (x2) :

hf (m) = 13.264623

Suma de accesorios :

hm (m)= 8.41839328

Carga total en dos departamentos(m) :

21.6830162

Caida de presión (Pa) :

21.6X 9.81X 1000 = 212710.389

Potencia (W):

212710X 0.000908 = 193.247139

Potencia (HP):

0.25914868

Tubería de retorno

Suma de carga hf :

$$\text{hf (m)} = 6.63231148$$

por el # de departamentos (x2) :

Suma de accesorios :

$$\text{hf (m)} = 13.264623 \quad \text{hm (m)} = 6.01313806$$

Carga total en dos departamentos(m) :

$$\underline{19.277761}$$

Caída de presión (Pa) :

$$19.27 \times 9.81 \times 1000 = 189114.835$$

Potencia (W):

$$189114 \times 0.000908 = \boxed{171.810606}$$

Potencia (HP):

$$\boxed{0.23040182}$$

Potencia total de bombeo para 2 departamentos:

Potencia (W) :

$$365.057746$$

Potencia (HP) :

$$\boxed{0.4895505}$$

Estos valores se calcularon para dos departamentos, con lo cual es posible conocer las cargas debidas a la tubería interna, tanto de agua helada como de retorno.

Teniendo en cuenta lo anterior se puede hacer una estimación de cual será la carga total, atendiendo a que ésta no se calcula para el 100% de los departamentos, solo se considera el 75% de estos, lo cual resulta en 45 departamentos totales. Es por esta razón que se multiplicará por 22.5

Potencia necesaria para los 45 departamentos :

Potencia (W) :

$$\boxed{8213.79928}$$

Potencia (HP) :

$$\boxed{11.0148863}$$

Resumen de potencias necesarias :

	Edificio A (HP)	Edificio B (HP)	Edificio C (HP)	Edificio D (HP)
Pot debida a tuberia ext.				
Agua helada	0.14188494	0.3404766	0.1326554	0.06366537
Retorno	0.14188494	0.3404766	0.1326554	0.06366537
Suma	0.28376989	0.68095321	0.2653108	0.12733074

Pot debida a tuberia int.

	(HP)
Agua helada	0.25914868
Retorno	0.23040182

Suma 0.4895505

Nota : este valor esta calculado para dos departamentos

Pot debida a tuberia int. de 45 departamentos:

Pot (HP) : 11.0148863

Pot debida a las unidades Fan & Coil

11.32 m³/min
(400 pcm)

(HP)
por equipo: 0.00539635

por el total : 0.97134387
de equipos

16.99 m³/min
(600 pcm)

(HP)
por equipo: 0.00318324

por el total : 0.38198916
de equipos

Pot debida al equipo enfriador de liquido (Chiller)

180 Ton de capacidad nominal.

(HP)
por equipo : 2.33458536

por dos : 4.66917071
unidades

Gran total : (HP) kW

18.3947547	13.716966
------------	-----------

Este valor representa la potencia global, no es el valor comercial

Capítulo V Equipo y materiales

Con el fin de conocer la factibilidad de instalar un sistema de acondicionamiento de aire bajo las necesidades existentes de este servicio en la región, se hace necesario conocer los costos de instalación con el objeto de determinar la viabilidad del proyecto así como para proporcionar elementos económicos para la toma de decisiones, tanto para el inversionista, como para el usuario final.

Ante esta situación y con el objeto de mostrar el costo debido a la instalación del sistema se procede a analizar los elementos que lo conforman; integrando el análisis en las tres formas descritas a continuación.

- a) Costos de materiales: aquí están incluidos los equipos que son necesarios para la instalación del sistema, como es el caso de los equipos enfriadores de líquido, equipo de bombeo, unidades ventilador – serpentín, tubería, accesorios, etc.
- b) Costos por mano de obra: complementa los gastos por mano de obra, ya sea especializada o no, la cual se requiere para la instalación de cada componente.
- c) Costos por obra civil: en estos costos se incluirán las construcciones que fueran necesarias tales como la casa de maquinas, la instalación de la tubería que requiera colocación subterránea, etc. Cabe mencionar que los costos derivados de estas obras se consideran en la obra civil, como conceptos de instalaciones especiales, motivo por el cual solo es necesario proporcionar las especificaciones de estos trabajos al encargado de ejecutar la obra civil.

El desglose por conceptos se enmarca a continuación:

a) Costos de materiales

Concepto	Precio unitario	Cantidad	Costo
Equipo enfriador de líquido de 180 Ton. (nominales)	65'000 dlls.	2	1'280'500
Recubrimiento fenólico	24'000 dlls.	2	472'800
Bomba de 14.91 kW (20 HP) Marca Barnes, para servicio a la intemperie, con motor eléctrico de tres fases.	12940	3	38'820
Unidad ventilador – serpentín (<i>Fan & Coil</i>)			
de 11.32 m ³ /min (400 p.c.m.)	250 dlls.	180	443'250
de 16.99 m ³ /min (600 p.c.m.)	280 dlls.	120	330'960

Tubería

Negra Ced. 40 sin costura
φ 0.1016 m (4 pulg.) 778.18 (6.4 m) 629.72 m 77'039.82

Cobre tipo L
φ 0.0254 m (1 pulg.) 227.59 (6.1 m) 2656.8 m 99'229.24
φ 0.0127 m (½ pulg.) 85.81 (6.1 m) 1896 m 26'686.91

Accesorios

- Medidores de gasto (magnético) 661 60 39'660
- Válvulas

Compuerta

φ 0.0127 m (½ pulg.) 10.73 300 3'219
φ 0.0254 m (1 pulg.) 19.73 60 1'183.8

De retención (Check)

φ 0.0254 m (1 pulg.) 127.5 60 7'650

De línea de unidad Fan & Coil 3 vías

53.9 dls. 300 159'274.5

Termostatos

- de perilla marca Honeywell mod. T6373A1017 65.21 dls. 200 128'463.7

TOTAL \$ 3'108'736.97

Nota:

Todos los valores están dados en moneda nacional, exceptuando aquellos que indiquen dls. (dls. = dólares americanos).

Precios más I.V.A.

Para la elaboración de la tabla anterior las cotizaciones realizadas fueron en base a la paridad de 9.85 pesos por dólar.

b) Costos por mano de obra

En esta sección se describe el personal necesario:

- Cuadrilla de soldadores
1 oficial
3 ayudantes

- Cuadrilla de electricistas
2 oficiales
3 ayudantes
- Cuadrilla de instaladores de aislamiento
1 oficial
3 ayudantes
- Cuadrilla de técnicos especializados, para equipo de enfriamiento de líquido
- 1 cabo de obra por cada especialidad

Por ultimo se hace una estimación del costo total de ejecución del proyecto, con base en las normas de aire acondicionado propuestas por el Instituto Mexicano del Seguro Social (I.M.S.S.).

Partiendo del subtotal – 1 (equipo y materiales principales), se tiene:

3' 108' 736.97 +12 % → 8% de material eléctrico
3% materiales no considerados

\$ 3'481' 785.406 (subtotal – 2)

(subtotal – 2) + 30% → de mano de obra

\$ 4' 526' 321.028 (subtotal – 3)

(subtotal – 3) + 30% → 12% de indirectos
18% de utilidad

\$ 5' 884' 217.337 → Gran Total (sin I.V.A.)

Conclusiones y recomendaciones

Con base en el estudio desarrollado anteriormente y considerando las necesidades de acondicionamiento de aire para el conjunto residencial que se encuentra ubicado cerca de la zona "dorada" de Acapulco, se propone la instalación de un sistema de agua helada, resultado de comparar las ventajas y desventajas de éste con otros sistemas. El equipo enfriador de líquido resultó ser el más conveniente para abatir la carga térmica y proporcionar así un servicio confortable y eficaz en su operación.

Para esto se seleccionó un arreglo de dos unidades enfriadoras de líquido enfriadas por aire y con una capacidad nominal de 178 TON_{Ref.}, trabajando en paralelo, obteniendo así un sistema con flexibilidad en la operación, debido a que su eficiencia no se ve reducida al trabajar el equipo a partir del 25 y hasta el 100% de la capacidad, gracias a que cada unidad cuenta con dos circuitos independientes de refrigerante (R-407c).

Es necesario mencionar que en esta selección también fueron considerados los sistemas de almacenamiento de hielo (*ice storage*), específicamente los equipos denominados de "hielo binario" (*ice binary*), los cuales manejan una mezcla de agua y metanol, la cual es enfriada hasta los 0 °C (32 °F), para después ser transportada hasta unidades intercambiadoras de calor en donde se requiere de acondicionamiento. Lo anterior en forma similar a los sistemas de agua helada. Los sistemas de almacenamiento de hielo deben ser cuidadosamente analizados con el fin de establecer si resultan convenientes; ya que si bien es cierto que técnicamente ofrecen ventajas frente a los sistemas "convencionales" de enfriamiento, estos aún no se encuentran disponibles en el mercado nacional. Adicionalmente, el costo de los equipos se incrementa alrededor de 40 % en comparación a un equipo convencional de la misma capacidad, pero se disminuye el diámetro de los conductos y por consiguiente se reduce el costo debido a la tubería y accesorios, lo cual pudiera parecer que atenúa el alto costo del equipo, cosa que no es forzosamente cierta, debido a que estos sistemas requieren un número mayor de dispositivos de control para una operación adecuada.

Esto nos permite observar que existen distintas formas de dar solución a un mismo problema, es aquí donde el criterio y experiencia de cada proyectista juega un papel fundamental al momento de proponer un arreglo eficaz para proporcionar el acondicionamiento de aire bajo un esquema óptimo de instalación y operación confiable.

Un punto importante que resulta conveniente enfatizar es el siguiente, en el presente trabajo fue seleccionado un equipo "convencional" ya que éste resultó la mejor solución al momento de elaborar este trabajo, pero se recomienda hacer un

minucioso estudio económico para demostrar la conveniencia de instalar un equipo de almacenamiento de hielo.

Y es que ahora mas que nunca se hace indispensable la correcta evaluación de un proyecto; ya que competirá dentro de un ambiente de recursos restringidos por lo cual todo proyecto deberá ser optimizado.

Lo anterior lo considero como un fin practico inmediato de este trabajo, añadiendo también, la alternativa de poder ser utilizado como un documento de consulta, el cual puede ser de ayuda dentro del análisis de diversos proyectos de acondicionamiento de aire para distintos lugares a nivel nacional, ya que es una muestra de cómo se puede dar una solución real a una necesidad específica.

APÉNDICE A

Tabla

Propiedades termofísicas de la materia.

- A - 1a Propiedades termofísicas de agua saturada.
- A - 2a Propiedades termofísicas del aire.
- A - 3a ... e Propiedades termofísicas de materiales comunes.
- A - 4a ... 5b Coeficientes de transmisión k, para distintos materiales.
- A - 6a ... b Pérdidas en tuberías y accesorios.

Ganancia térmica por insolación.

- A - 7a ... f Aportaciones solares a través de vidrios.
- A - 8a Factores de ganancia solar.
- A - 9a Tabla de temperatura equivalente para muros.
- A - 10a Tabla de temperatura equivalente para techos.

Ganancia térmica debida a cargas constantes.

- A - 11a Aportación térmica debida a personal y equipo.
- A - 11b Perdidas de calor latente y sensible en un ser humano.

Condiciones de confort.

- A - 12a Ventilación recomendada para diferentes lugares.
- A - 13a ... e Especificación para temperatura de cálculo en los sistemas de acondicionamiento de aire y datos geográficos, mas temperaturas extremas de los distintos lugares de la Republica Mexicana.

Características del equipo enfriador de liquido.

- A - 14a ... b Caída de presión, debida al paso del agua por las unidades enfriadoras.
- A - 14c ... d Índices característicos del equipo.
- A - 14e ... f Datos físicos del equipo.
- A - 14g ... h Esquemas y dimensiones del equipo.

Características de las unidades ventilador - serpentín.

- A - 15a p.c.m. contra Presión estática externa.
- A - 15b ... c Factores de corrección y capacidad de enfriamiento.
- A - 15d Datos físicos y dimensiones.
- A - 15e Datos del motor acoplado al ventilador.

Propiedades termofísicas de agua saturada*

Temperatura, T (K)	Presión P (bars) ^b	Volumen específico (m ³ /kg)		Entalpía de vaporización h_{fg} (kJ/kg)	Calor específico (kJ/kg · K)		Viscosidad (N · s/m ²)		Conductividad térmica (W/m · K)		Número de Prandtl		Tensión superficial $\alpha_s \cdot 10^3$ (N/m)	Coeficiente de expansión $\beta_f \cdot 10^6$ (K ⁻¹)	Tempe- ratura T (K)
		$v_f \cdot 10^3$	v_g		$c_{p,f}$	$c_{p,g}$	$\mu_f \cdot 10^6$	$\mu_g \cdot 10^6$	$k_f \cdot 10^3$	$k_g \cdot 10^3$	Pr_f	Pr_g			
273.15	0.00611	1.000	206.3	2502	4.217	1.854	1750	8.02	569	18.2	12.99	0.815	75.5	-68.05	273.15
275	0.00697	1.000	181.7	2497	4.211	1.855	1652	8.09	574	18.3	12.22	0.817	75.3	-32.74	275
280	0.00990	1.000	130.4	2485	4.198	1.858	1422	8.29	582	18.6	10.26	0.825	74.8	46.04	280
285	0.01387	1.000	99.4	2473	4.189	1.861	1225	8.49	590	18.9	8.81	0.833	74.3	114.1	285
290	0.01917	1.001	69.7	2461	4.184	1.864	1080	8.69	598	19.3	7.56	0.841	73.7	174.0	290
295	0.02617	1.002	51.94	2449	4.181	1.868	959	8.89	606	19.5	6.62	0.849	72.7	227.5	295
300	0.03531	1.003	39.13	2438	4.179	1.872	855	9.09	613	19.6	5.83	0.857	71.7	276.1	300
305	0.04712	1.005	29.74	2426	4.178	1.877	769	9.29	620	20.1	5.20	0.865	70.9	320.6	305
310	0.06221	1.007	22.93	2414	4.178	1.882	695	9.49	628	20.4	4.62	0.873	70.0	361.9	310
315	0.08132	1.009	17.82	2402	4.179	1.888	631	9.69	634	20.7	4.16	0.883	69.2	400.4	315
320	0.1053	1.011	13.98	2390	4.180	1.895	577	9.89	640	21.0	3.77	0.894	68.3	436.7	320
325	0.1351	1.013	11.06	2378	4.182	1.903	528	10.09	645	21.3	3.42	0.901	67.5	471.2	325
330	0.1719	1.016	8.82	2366	4.184	1.911	489	10.29	650	21.7	3.15	0.908	66.6	504.0	330
335	0.2167	1.018	7.09	2354	4.186	1.920	453	10.49	656	22.0	2.88	0.916	65.8	535.5	335
340	0.2713	1.021	5.74	2342	4.188	1.930	420	10.69	660	22.3	2.66	0.925	64.9	566.0	340
345	0.3372	1.024	4.683	2329	4.191	1.941	389	10.89	668	22.6	2.45	0.933	64.1	595.4	345
350	0.4163	1.027	3.846	2317	4.195	1.954	365	11.09	668	23.0	2.29	0.942	63.2	624.2	350
355	0.5100	1.030	3.180	2304	4.199	1.968	343	11.29	671	23.3	2.14	0.951	62.3	652.3	355
360	0.6209	1.034	2.645	2291	4.203	1.983	324	11.49	674	23.7	2.02	0.960	61.4	697.9	360
365	0.7514	1.038	2.212	2278	4.209	1.999	306	11.69	677	24.1	1.91	0.969	60.5	707.1	365
370	0.9040	1.041	1.861	2265	4.214	2.017	289	11.89	679	24.5	1.80	0.978	59.5	728.7	370
373.15	1.0133	1.044	1.679	2257	4.217	2.029	279	12.02	680	24.8	1.76	0.984	58.9	750.1	373.15
375	1.0815	1.045	1.574	2252	4.220	2.036	274	12.09	681	24.9	1.70	0.987	58.6	761	375
380	1.2869	1.049	1.337	2239	4.226	2.057	260	12.29	683	25.4	1.61	0.999	57.6	788	380
385	1.5233	1.053	1.142	2225	4.232	2.080	248	12.49	685	25.8	1.53	1.004	56.6	814	385

Tabla A-1a

390	1.794	1.058	0.980	2212	4.239	2.104	237	12.69	686	26.3	1.47	1.013	55.6	841	390
400	2.455	1.067	0.731	2183	4.256	2.158	217	13.05	688	27.2	1.34	1.033	53.6	896	400
410	3.302	1.077	0.553	2153	4.278	2.221	200	13.42	688	28.2	1.24	1.054	51.5	952	410
420	4.370	1.088	0.425	2123	4.302	2.291	185	13.79	688	29.8	1.16	1.075	49.4	1010	420
430	5.699	1.099	0.331	2091	4.331	2.369	173	14.14	685	30.4	1.09	1.10	47.2		430
440	7.333	1.110	0.261	2059	4.36	2.46	162	14.50	682	31.7	1.04	1.12	45.1		440
450	9.319	1.123	0.208	2024	4.40	2.56	152	14.85	678	33.1	0.99	1.14	42.9		450
460	11.71	1.137	0.167	1989	4.44	2.68	143	15.19	673	34.6	0.95	1.17	40.7		460
470	14.55	1.152	0.136	1951	4.48	2.79	136	15.54	667	36.3	0.92	1.20	38.5		470
480	17.90	1.167	0.111	1912	4.53	2.94	129	15.88	660	38.1	0.89	1.23	36.2		480
490	21.83	1.184	0.0922	1870	4.59	3.10	124	16.23	651	40.1	0.87	1.25	33.9	—	490
500	26.40	1.203	0.0766	1825	4.66	3.27	118	16.59	642	42.3	0.86	1.28	31.6	—	500
510	31.66	1.222	0.0631	1779	4.74	3.47	113	16.95	631	44.7	0.85	1.31	29.3	—	510
520	37.70	1.244	0.0525	1730	4.84	3.70	108	17.33	621	47.5	0.84	1.35	26.9	—	520
530	44.58	1.268	0.0445	1679	4.95	3.96	104	17.72	608	50.6	0.85	1.39	24.5	—	530
540	52.38	1.294	0.0375	1622	5.08	4.27	101	18.1	594	54.0	0.86	1.43	22.1	—	540
550	61.19	1.323	0.0317	1564	5.24	4.64	97	18.6	580	58.3	0.87	1.47	19.7	—	550
560	71.08	1.355	0.0269	1499	5.43	5.09	94	19.1	563	63.7	0.90	1.52	17.3	—	560
570	82.16	1.392	0.0228	1429	5.68	5.67	91	19.7	548	76.7	0.94	1.59	15.0	—	570
580	94.51	1.433	0.0193	1353	6.00	6.40	88	20.4	528	76.7	0.99	1.68	12.8	—	580
590	108.3	1.482	0.0163	1274	6.41	7.35	84	21.5	513	84.1	1.05	1.84	10.5	—	590
600	123.5	1.541	0.0137	1176	7.00	8.75	81	22.7	497	92.9	1.14	2.15	8.4	—	600
610	137.3	1.612	0.0115	1068	7.85	11.1	77	24.1	467	103	1.30	2.60	6.3	—	610
620	159.1	1.705	0.0094	941	9.35	15.4	72	25.9	444	114	1.52	3.46	4.5	—	620
625	169.1	1.778	0.0085	858	10.6	18.3	70	27.0	430	121	1.65	4.20	3.5	—	625
630	179.7	1.856	0.0075	781	12.6	22.1	67	28.0	412	130	2.0	4.8	2.6	—	630
635	190.9	1.935	0.0066	683	16.4	27.6	64	30.0	392	141	2.7	6.0	1.5	—	635
640	202.7	2.075	0.0057	560	26	42	59	32.0	367	155	4.2	9.6	0.8	—	640
645	215.2	2.351	0.0045	361	90	—	54	37.0	331	178	12	26	0.1	—	645
647.3 ^c	221.2	3.170	0.0032	0	∞	∞	45	45.0	238	238	∞	∞	0.0	—	647.3 ^c

Tabla A-2
Propiedades termofísicas del aire a presión atmosférica.

T (K)	ρ (kg/m ³)	c_p (kJ/kg · K)	$\mu \cdot 10^7$ (N · s/m ²)	$\nu \cdot 10^6$ (m ² /s)	$k \cdot 10^1$ (W/m · K)	$\alpha \cdot 10^6$ (m ² /s)	Pr
Aire							
100	3.5562	1.032	71.1	2.00	9.34	2.54	0.786
150	2.3364	1.012	103.4	4.426	13.8	5.84	0.758
200	1.7458	1.007	132.5	7.590	18.1	10.3	0.737
250	1.3947	1.006	159.6	11.44	22.3	15.9	0.720
300	1.1614	1.007	184.6	15.89	26.3	22.5	0.707
350	0.9950	1.009	208.2	20.92	30.0	29.9	0.700
400	0.8711	1.014	230.1	26.41	33.8	38.3	0.690
450	0.7740	1.021	250.7	32.39	37.3	47.2	0.686
500	0.6964	1.030	270.1	38.79	40.7	56.7	0.684
550	0.6329	1.040	288.4	45.57	43.9	66.7	0.683
600	0.5804	1.051	305.8	52.69	46.9	76.9	0.685
650	0.5356	1.063	322.5	60.21	49.7	87.3	0.690
700	0.4975	1.075	338.8	68.10	52.4	98.0	0.695
750	0.4643	1.087	354.6	76.37	54.9	109	0.702
800	0.4354	1.099	369.8	84.93	57.3	120	0.709
850	0.4097	1.110	384.3	93.80	59.6	131	0.716
900	0.3868	1.121	398.1	102.9	62.0	143	0.720
950	0.3666	1.131	411.3	112.2	64.3	155	0.723
1000	0.3482	1.141	424.4	121.9	66.7	168	0.726
1100	0.3166	1.159	449.0	141.8	71.5	195	0.728
1200	0.2902	1.175	473.0	162.9	76.3	224	0.728
1300	0.2679	1.189	496.0	185.1	82	238	0.719
1400	0.2488	1.207	530	213	91	303	0.703
1500	0.2322	1.230	557	240	100	350	0.685
1600	0.2177	1.248	584	268	106	390	0.688
1700	0.2049	1.267	611	298	113	435	0.685
1800	0.1935	1.286	637	329	120	482	0.683
1900	0.1833	1.307	663	362	128	534	0.677
2000	0.1741	1.337	689	396	137	589	0.672
2100	0.1658	1.372	715	431	147	646	0.667
2200	0.1582	1.417	740	468	160	714	0.655
2300	0.1513	1.478	766	506	175	783	0.647
2400	0.1448	1.558	792	547	196	869	0.630
2500	0.1389	1.665	818	589	222	960	0.613
3000	0.1135	2.726	955	841	486	1570	0.536

Tomado de referencia 5

Tabla A-3a

Materiales y sistemas de aislamiento

Descripción/composición	Propiedades típicas a 300 K		
	Densidad, ρ (kg m ⁻³)	Conductividad térmica, k (W m ⁻¹ K ⁻¹)	Calor específico, c_p (J kg ⁻¹ K ⁻¹)
Manta y fibra			
Fibra de vidrio, revestida de papel	16	0.046	—
	28	0.038	—
	40	0.035	—
Fibra de vidrio, recubierta; torro de tubo	32	0.038	835
Tablero y losa			
Vidrio celular	145	0.058	1000
Fibra de vidrio, unión orgánica	105	0.036	795
Poliestireno, expandido			
Estrado (R-12)	55	0.027	1210
Lechos moldeados	16	0.040	1210
Lámina de fibra mineral, material de techado	265	0.049	—
Madera, triturada/encementada	350	0.087	1590
Corcho	120	0.039	1800
Relleno suelto			
Corcho, granulado	160	0.045	—
Óxido de silicio diatómico, polvo grosso	350	0.069	—
	400	0.091	—
Óxido de silicio diatómico, polvo fino	200	0.052	—
	275	0.061	—
Fibra de vidrio, vaciado o soplado	16	0.043	835
Vermiculita, hojuelas	80	0.068	835
	160	0.063	1000
Formado espumado de origen			
Granos de lana mineral con aglomerantes de asbestos/ orgánicos, pulverizados	190	0.046	—
Mastique de corcho de acetato polivinilo, pulverizado o fríasado	—	0.100	—
Uretano, mezcla de dos partes, espuma rígida	70	0.026	1045
Reflexivo			
Hoja de aluminio que separa capas de vidrio harrnosas; 10-12 capas, al vacío, para aplicaciones criogénicas (150 K)	40	0.00016	—
Hoja de aluminio y papel de vidrio laminado; 75-150 capas, al vacío, para aplicación criogénica (150 K)	120	0.000017	—
Polvo de óxido de silicio típico, al vacío	160	0.0017	—

Tomado de referencia 5

Tabla A-3a

Materiales y sistemas de aislamiento

Descripción/composición	Propiedades típicas a 300 K		
	Densidad, ρ (kg m ⁻³)	Conductividad térmica, k (W m ⁻¹ K ⁻¹)	Calor específico, c_p (J kg ⁻¹ K ⁻¹)
Manta y fibra			
Fibra de vidrio, revestida de papel	16	0.046	—
	28	0.038	—
	40	0.035	—
Fibra de vidrio, recubierta; torro de tubo	32	0.038	835
Tablero y losa			
Vidrio celular	145	0.058	1000
Fibra de vidrio, unión orgánica	105	0.036	795
Poliestireno, expandido			
Estrado (R 12)	55	0.027	1210
Tejidos moldeados	16	0.040	1210
Lámina de fibra mineral, material de techado	265	0.049	—
Madera, triturada/cementada	350	0.087	1590
Corecho	120	0.039	1800
Relleno suelto			
Corecho, granulado	160	0.045	—
Oxido de silicio diatómico, polvo grueso	350	0.069	—
	400	0.091	—
Oxido de silicio diatómico, polvo fino	200	0.052	—
	275	0.061	—
Fibra de vidrio, vaciado o soplado	16	0.043	835
Vermiculita, hojuelas	80	0.068	835
	160	0.063	1000
Formado/espumado de origen			
Gránulos de lana mineral con aglomerantes de asbestos/ orgánicos, pulverizados	190	0.046	—
Mástique de corecho de acetato polivinilo, pulverizado o tratado	—	0.100	—
Uretano, mezcla de dos partes, espuma rígida	70	0.026	1045
Reflexivo			
Hoja de aluminio que separa capas de vidrio harinosas, 10-12 capas, al vacío, para aplicaciones criogénicas (150 K)	40	0.00016	—
Hoja de aluminio y papel de vidrio laminado, 75-150 capas, al vacío, para aplicación criogénica (150 K)	120	0.000017	—
Polvo de óxido de silicio triple, al vacío	160	0.0017	—

Tomado de referencia 5

Tabla A-3b

Otros materiales

Descripción/ composición	Temperatura (K)	Densidad ρ (kg/m ³)	Conductividad térmica, k (W/m · K)	Calor específico, c_p (J/kg · K)
Asfalto	300	2115	0.062	920
Baquelita	300	1300	1.4	1465
Ladrillo refractario				
Carborundo	872	—	18.5	—
	1672	—	11.0	—
Ladrillo de cromita	473	3010	2.3	835
	823		2.5	
	1173		2.0	
Óxido de silicio	478	—	0.25	—
diatomáceo, refractario	1145	—	0.30	—
Arcilla refractaria, cocida a 1600 K	773	2050	1.0	960
	1073	—	1.1	
	1373	—	1.1	
Arcilla refractaria, cocida a 1725 K	773	2325	1.3	960
	1073		1.4	
	1373		1.4	
Ladrillo de arcilla refractaria	478	2645	1.0	960
	922		1.5	
	1478		1.8	
Magnesita	478	—	3.8	1130
	922	—	2.8	
	1478		1.9	
Arcilla	300	1460	1.3	880
Carbón, antracita	300	1350	0.26	1260
Concreto (piedra mezclada)	300	2300	1.4	880
Algodón	300	80	0.06	1300
Productos alimenticios				
Plátano (75.7% de contenido de agua)	300	980	0.481	3350
Manzana, roja (75% de contenido de agua)	300	840	0.513	3600
Pan, batido	300	720	0.223	—
Pan, completamente horneado	300	280	0.121	—
Carne de pollo, blanca (74.4% de contenido de agua)	198	—	1.60	—
	233	—	1.49	
	253		1.35	
	263		1.20	
	273		0.476	
	283		0.480	
	293		0.489	
Vidrio				
Plata (cal de sosa)	300	2500	1.4	750
Pyrex	300	2225	1.4	835

Tomado de referencia 5

Tabla A-3c

Otros materiales (Continuación)

Descripción/ composición	Temperatura (K)	Densidad ρ (kg/m ³)	Conductividad térmica, k (W/m · K)	Calor específico, c_p (J/kg · K)
Hielo	273	920	1.88	2040
	253	—	2.03	1945
Cuero (suela)	300	998	0.159	—
Papel	300	930	0.180	1340
Parafina	300	900	0.240	2890
Roca				
Granito, Barre	300	2630	2.79	775
Caliza, Salem	300	2320	2.15	810
Mármol, Halston	300	2680	2.80	830
Cuarcita, Sioux	300	2640	5.38	1105
Arenisca, Berea	300	2150	2.90	745
Caucho, vulcanizado				
Suave	300	1100	0.13	2010
Duro	300	1190	0.16	—
Arena	300	1515	0.27	800
Tierra vegetal	300	2050	0.52	1840
Nieve	273	110	0.049	—
		500	0.190	—
Teflón	300	2200	0.35	—
	400		0.45	—
Tejido, humano				
Piel	300	—	0.37	—
Capa de grasa, (adiposo)	300	—	0.2	—
Músculo	300	—	0.41	—
Madera, hilos cruzados				
Balsa	300	140	0.055	—
Ciprés	300	465	0.097	—
Abeto	300	415	0.11	2720
Roble	300	545	0.17	2385
Pino amarillo	300	640	0.15	2805
Pino blanco	300	435	0.11	—
Madera, radial				
Roble	300	545	0.19	2385
Ciprés	300	420	0.14	2720

Tomado de referencia 5

Tabla A-3c

Otros materiales (Continuación)

Descripción/ composición	Temperatura (K)	Densidad ρ (kg/m ³)	Conductividad térmica, k (W/m · K)	Calor específico, c_p (J/kg · K)
Hielo	273	920	1.88	2040
	253	—	2.03	1945
Cuero (suela)	300	998	0.159	—
Papel	300	930	0.180	1340
Parafina	300	900	0.240	2890
Roca				
Granito, Barre	300	2630	2.79	775
Caliza, Salem	300	2320	2.15	810
Mármol, Halston	300	2680	2.80	830
Cuarcita, Sioux	300	2640	5.38	1105
Arenisca, Berea	300	2150	2.90	745
Caucho, vulcanizado				
Suave	300	1100	0.13	2010
Duro	300	1190	0.16	—
Arena	300	1515	0.27	800
Tierra vegetal	300	2050	0.52	1840
Nieve	273	110	0.049	—
		500	0.190	—
Teflón	300	2200	0.35	—
	400	—	0.45	—
Tejido, humano				
Piel	300	—	0.37	—
Capa de grasa, (adiposo)	300	—	0.2	—
Músculo	300	—	0.41	—
Madera, hilos cruzados				
Balsa	300	140	0.055	—
Ciprés	300	465	0.097	—
Abeto	300	415	0.11	2720
Roble	300	545	0.17	2385
Pino amarillo	300	640	0.15	2805
Pino blanco	300	435	0.11	—
Madera, radial				
Roble	300	545	0.19	2385
Ciprés	300	420	0.14	2720

Tomado de referencia 5

COEFICIENTES DE CONDUCTIVIDAD TERMICA DE DIVERSOS MATERIALES

Materiales de construcción	kg / m ³	k
Muro de ladrillo al exterior		0.75
Muro de ladrillo al exterior con recubrimiento impermeable por fuera		0.66
Muro de ladrillo interiores		0.60
Muro de ladrillo comprimido vidriado para acabado aparente, exterior		1.10
Muro de tabique ligero con recubrimiento impermeable por fuera	1,600	0.60
	1,400	0.50
	1,200	0.45
	1,500	0.35
Muro de tabique ligero al exterior	1,600	0.70
Placas de asbesto cemento	1,800	0.50
Siporex al exterior con recubrimiento impermeable por fuera	660	0.18
	510	0.14
	410	0.12
Siporex al interior en espacio seco	660	0.16
	510	0.13
	410	0.11
Concreto armado	2,300	1.50
Concreto pobre al exterior	2,200	1.10
Concreto ligero al interior	1,250	0.60
Muro de tepetate o arenisca calcárea al exterior		0.90
Muro de tepetate o arenisca calcárea al interior		0.80
Muro de adobes al exterior		0.80
Muro de adobes al interior		0.50
Muro de embarro (con paja y camzo)		0.40
Granito, basalto	2,700	3.00
Piedra de cal, mármol	2,600	2.10
Piedras porosas como arenisca y la caliza blanda o arenosa	2,400	2.00

Tomado de los apuntes de la materia
"Aire acondicionado y refrigeración"

Tabla A-3e

Rellenos y Aislamientos	kg / m ³	K kcal / m, °C, hr
Tezontle como relleno o terrado seco		0.16
Relleno de tierra, arena o grava expuestos a la lluvia		2.0
Rellenos de terrado, secos, en azoteas		0.50
Arena, seca, limpia	1.700	0.35
Senica de carbón, seco	700	0.20
Siporex despedazado, seco	400	0.13
Escona, seco	150	0.08
Aserrín relleno suelto, seco	120	0.10
Asemin relleno empacado, seco	200	0.07
Bolas de plástico celular, empacado, seco	10- 20	0.05
Virutas como relleno, seco		0.07
Masa de magnesita, seco	190	0.05
Fibra de vidrio, diámetro de la fibra 6 micras	15 - 100	0.04
Fibra de vidrio, diámetro de la fibra 20 micras	40 - 200	0.04
Lana de escoria	35 - 200	0.04
Lana mineral	35 - 200	0.04
Plástico celular de poliestireno	15 - 30	0.035
Cartón ruberoide con brea	1.200	0.20
Cartón ruberoide como aislamiento		0.14
Cartón corrugado, seco, poros horizontales	40	0.04
Piso de corcho comprimido	500	0.07
Placa de corcho expandido, seco	140	0.035
Placa de corcho expandido, seco	210	0.04
Placa de paja comprimido, seco	300	0.08
Celotex	350	0.07
Fibracel, duro, seco	1,000	0.11
Fibracel, medio duro, seco	600	0.07
Fibracel, poroso, seco	300	0.045
Varios materiales		
Vidrio	2,600	0.70
Madera de encino, seco, 90° de la fibra	700	0.14
Madera de pino blanco, seco, 90° de la fibra	500	0.12
Madera de pino blanco, expuesto a la lluvia		0.18
Asfalto para fundir	2,100	0.70
Asfalto bituminoso	1,050	0.15
Linóleo, seco		0.16
Algodón, seco		0.04
Lana pura, seco		0.04
Cascarilla de semilla de algodón, suelta, seca		0.05
Aire	1.2	0.022
Agua	1,00	0.5
Acero y fierro	7,800	45
Cobre	8,900	320

Tomado de los apuntes de la materia
"Aire acondicionado y refrigeración"



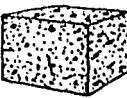

Tabla A-4a

COEFICIENTES DE TRANSMISIÓN GLOBAL K. MUROS DE MANPOSTERÍA*

VERANO — INVIERNO

kcal/h·m²·°C

Los números entre paréntesis corresponden a pesos por m². El peso total por m² es igual a la suma de los valores correspondientes al muro y al revestimiento

TIPO DE CONSTRUCCIÓN	ESPOSOR (cm) y peso (kg/m²)	REVESTIMIENTO INTERIOR										
		Ninguno	Revoque de yeso 10 mm (10)	Enlucido 15 mm		Entramado metálico sobre forro		Yeso 10 mm o entramado madera sobre forro		Panel aislante sin enlucido o con enlucido sobre forro		
				De arena (30)	Ligero (15)	Enlucido de arena 20 mm (35)	Enlucido ligero 20 mm (15)	Enlucido de arena 12 mm (35)	Enlucido ligero 12 mm (10)	Panel de 12 mm (10)	Panel de 25 mm (20)	
 LADRILLO MACIZO	Paramento y ordinario	20 (423)	2,34	2,00	2,20	2,00	1,51	1,37	1,42	1,32	1,07	0,78
		30 (600)	1,71	1,51	1,61	1,46	1,22	1,12	1,12	1,07	0,93	0,68
		40 (846)	1,32	1,22	1,27	1,22	1,07	0,93	0,98	0,93	0,78	0,63
	Ordinario solamente	20 (391)	2,00	1,76	1,90	1,71	1,37	1,27	1,27	1,22	1,02	0,73
		30 (586)	1,51	1,37	1,46	1,32	1,12	1,07	1,07	1,02	0,88	0,68
		40 (781)	1,22	1,12	1,17	1,12	0,93	0,88	0,88	0,88	0,78	0,57
 ADOQUINES		20 (488)	3,27	2,68	3,07	2,59	1,90	1,65	1,71	1,56	1,27	0,88
		30 (732)	2,68	2,29	2,54	2,25	1,66	1,51	1,51	1,42	1,17	0,83
		40 (976)	2,29	2,00	2,20	1,95	1,51	1,37	1,37	1,32	1,07	0,78
		60 (1466)	1,76	1,56	1,71	1,56	1,27	1,17	1,17	1,12	0,93	0,73
		20 (127)	1,66	1,46	1,56	1,46	1,22	1,12	1,12	1,07	0,88	0,59
		30 (195)	1,22	1,12	1,17	1,12	0,98	0,88	0,88	0,88	0,73	0,68
 HORMIGÓN VERTIDO	2250 Kg/m³	15 (342)	3,66	2,68	3,37	2,83	2,00	1,76	1,81	1,66	1,32	0,83
		20 (454)	3,27	2,39	3,07	2,59	1,90	1,66	1,71	1,56	1,27	0,83
		25 (571)	2,98	2,15	2,78	2,39	1,76	1,56	1,61	1,51	1,22	0,81
		30 (683)	2,68	1,95	2,54	2,20	1,66	1,51	1,51	1,42	1,17	0,78
	1300 Kg/m³	15 (195)	1,51	1,37	1,46	1,32	1,12	1,02	1,07	1,02	0,88	0,68
		20 (259)	1,22	1,12	1,17	1,12	0,93	0,88	0,88	0,88	0,78	0,59
		25 (322)	1,02	0,93	0,98	0,93	0,83	0,78	0,73	0,68	0,68	0,54
		30 (390)	0,88	0,83	0,83	0,77	0,73	0,68	0,68	0,68	0,59	0,49
	500 Kg/m³	15 (73)	0,63	0,63	0,63	0,63	0,59	0,54	0,54	0,54	0,63	0,44
		20 (97)	0,49	0,49	0,49	0,49	0,44	0,44	0,44	0,44	0,49	0,34
		25 (122)	0,39	0,39	0,39	0,39	0,39	0,34	0,39	0,34	0,39	0,29
		30 (146)	0,34	0,34	0,34	0,34	0,34	0,34	0,29	0,29	0,34	0,29
 AGLOMERADO HUECO	Arena y gravilla	20 (210)	2,54	2,15	2,34	2,10	1,61	1,42	1,46	1,37	1,12	0,83
		30 (307)	2,29	2,00	2,20	1,93	1,51	1,37	1,37	1,32	1,07	0,78
	Escorias	20 (180)	1,90	1,71	1,61	1,66	1,37	1,27	1,22	1,17	0,93	0,73
		30 (259)	1,76	1,61	1,71	1,56	1,27	1,17	1,12	1,12	0,93	0,73
	Ligero	20 (156)	1,71	1,56	1,66	1,51	1,27	1,12	1,17	1,07	0,93	0,73
		30 (200)	1,56	1,42	1,51	1,37	1,17	1,07	1,07	1,07	0,88	0,68
	ESCAYO LA SOBRE LADRILLO HUECO	20 (190)	1,76	1,56	1,66	1,56	1,27	1,17	1,17	1,12	0,93	0,73
		25 (216)	1,56	1,42	1,51	1,37	1,12	1,07	1,07	1,12	0,88	0,68
		30 (239)	1,42	1,32	1,37	1,27	1,07	0,98	1,02	0,98	0,83	0,63



Ecuaciones: Ganancias, kcal/h = (Área, m²) × Coeficiente K × (Diferencia equivalente de temperatura, tabla 19).
Pérdidas, kcal/h = (Área, m²) × Coeficiente K × (Temperatura interior - Temperatura exterior)

Tomado de referencia 1.

Tabla A-4b

COEFICIENTE DE TRANSMISIÓN GLOBAL K - MUROS DE ALBAÑILERÍA CON PARAMENTO *
 VERANO - INVIERNO
 kcal/h·m²·°C

Los números entre paréntesis corresponden a pesos por m². El peso total por m² es igual a la suma de los valores correspondientes al muro y al revestimiento

CONSTITUCIÓN DEL PARAMENTO	CONSTITUCIÓN DEL MURO	ESPESOR (cm) y peso (kg/m²)	REVESTIMIENTO INTERIOR										
			Ninguno	Yeso (10)	Enlucido 15 mm		Entramado metálico sobre forro		Yeso 10 mm o entramado de madera sobre forro		Paneles asfálticos sin enlucido o con enlucido sobre forro		
					De arena (30)	Ligero (15)	Enlucido de arena 20 mm (35)	Enlucido ligero 20 mm (15)	Enlucido de arena 12 mm (35)	Enlucido ligero 12 mm (10)	Panel de 12 mm (10)	Panel de 25 mm (20)	
	Aglomerado (escorias)	10 (97)	2,00	1,81	1,90	1,71	1,17	1,27	1,27	1,22	1,07	0,78	
		20 (160)	1,41	1,48	1,54	1,42	1,17	1,07	1,12	1,02	0,88	0,68	
		30 (258)	1,51	1,42	1,46	1,37	1,12	1,02	1,07	1,02	0,88	0,68	
	(Ligero)	10 (83)	1,71	1,56	1,64	1,51	1,22	1,12	1,17	1,07	0,93	0,71	
		20 (154)	1,45	1,37	1,42	1,32	1,12	1,02	1,02	0,98	0,83	0,68	
		30 (209)	1,57	1,27	1,32	1,22	1,02	0,98	0,98	0,93	0,83	0,68	
	(Arena y grava)	10 (112)	2,39	2,15	2,25	2,00	1,56	1,42	1,42	1,32	1,07	0,83	
		20 (209)	2,00	1,81	1,90	1,71	1,37	1,27	1,27	1,22	1,07	0,78	
		30 (307)	1,85	1,71	1,81	1,61	1,32	1,22	1,22	1,17	0,98	0,73	
	Ladrillo de paramento 10 cm (215)	Ladrillo hueco	10 (78)	2,00	1,81	1,90	1,71	1,27	1,27	1,27	1,22	1,07	0,78
		20 (148)	1,51	1,42	1,46	1,37	1,12	1,07	1,07	1,02	0,88	0,68	
		30 (195)	1,27	1,22	1,22	1,17	0,98	0,93	0,93	0,88	0,78	0,63	
o Adoquín 10 cm (250)	Hormigón (ligero) 1300 kg/m³	10 (126)	1,71	1,51	1,64	1,51	1,22	1,12	1,17	1,07	0,93	0,73	
	15 (195)	1,32	1,22	1,32	1,22	1,02	0,98	0,98	0,93	0,78	0,63		
	20 (263)	1,07	1,02	1,07	1,02	0,88	0,83	0,83	0,78	0,68	0,59		
o Paneles prefabricados (hormigón o arena) 10 y 15 cm (190) y (290)	(Arena y grava)	10 (229)	2,93	2,59	2,73	2,39	1,76	1,56	1,61	1,51	1,22	0,88	
	15 (341)	2,68	2,19	2,54	2,10	1,68	1,51	1,56	1,42	1,17	0,83		
	20 (463)	2,49	2,20	2,34	2,05	1,56	1,42	1,46	1,37	1,12	0,83		
	Ladrillo ordinario 10 cm (200)	Ladrillo ordinario	10 (195)	2,37	2,05	2,25	2,00	1,56	1,42	1,42	1,32	1,07	
		20 (390)	1,71	1,51	1,66	1,51	1,22	1,12	1,12	1,07	0,93	0,73	
		Aglomerado (escorias)	10 (97)	1,76	1,61	1,71	1,56	1,27	1,17	1,17	1,12	0,91	
	(Ligero)	20 (160)	1,42	1,37	1,42	1,27	1,07	1,02	1,02	0,98	0,83		
		30 (258)	1,37	1,27	1,32	1,22	1,02	0,98	0,98	0,93	0,83		
		10 (83)	1,56	1,42	1,46	1,37	1,12	1,07	1,07	1,02	0,88		
	(Arena y grava)	20 (154)	1,32	1,27	1,27	1,22	1,02	0,98	0,98	0,93	0,83		
		30 (209)	1,22	1,17	1,22	1,17	0,98	0,93	0,93	0,88	0,78		
		10 (112)	2,65	1,85	1,95	1,76	1,42	1,27	1,32	1,22	1,02		
	Ladrillo hueco	20 (148)	1,76	1,61	1,71	1,56	1,27	1,17	1,17	1,12	0,91		
		30 (195)	1,37	1,32	1,37	1,27	1,07	1,02	1,02	0,98	0,83		
		10 (78)	1,76	1,61	1,71	1,56	1,27	1,17	1,17	1,12	0,91		
Paneles prefabricados (hormigón o arena) 20 y 25 cm (390) (490)	Hormigón ligero 1300 kg/m³	10 (126)	1,55	1,42	1,46	1,37	1,12	1,07	1,07	1,02	0,88		
	15 (195)	1,22	1,12	1,22	1,12	0,98	0,93	0,93	0,88	0,78			
	20 (263)	1,02	0,98	0,98	0,93	0,83	0,78	0,78	0,78	0,68			
Aglomerado 10 cm (115) (arena)	(Arena y grava)	10 (112)	2,44	2,20	2,34	2,05	1,56	1,42	1,46	1,37	1,07		
	15 (209)	2,29	2,05	2,19	1,90	1,51	1,37	1,42	1,32	1,07			
	20 (307)	2,10	1,95	2,00	1,81	1,42	1,32	1,32	1,27	1,02			
o Adoquín 20 cm (500)	Ladrillo ordinario	10 (195)	2,05	1,81	1,95	1,76	1,42	1,27	1,32	1,22	1,07		
	20 (390)	1,56	1,42	1,46	1,37	1,12	1,07	1,07	1,02	0,88			

Ecuaciones: Ganancia: kcal/h = (Area, m²) · Coeficiente K · (Diferencia equivalente de temperaturas tabla 19)
 Pérdidas: kcal/h = (Area, m²) · Coeficiente K · (Temperatura interior - Temperatura exterior)

Tomado de referencia 1.

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

Tabla A-5a
COEFICIENTES DE TRANSMISIÓN GLOBAL K -- TECHO Y PAVIMENTO (Flujo ascendente)
 Aire quieto en cada cara - kcal/h·m²·°C

Los números entre paréntesis dan el peso en kg/m². El peso total es igual a la suma de los pesos de los diversos componentes

No acondicionado		ESPESOR (cm) y peso (kg/m²)	CONSTRUCCIÓN DEL TECHO											
Acondicionado			Sin forro				Suspendido o con forros							
NATURALEZA DEL SUELO	PAVIMENTO DE HORMIGÓN		Desnudo o enlucido arena 12 mm (25)	Enlucido ligero 12 mm (15)	Losas acústicas pegadas		Entramado metálico enlucido		Yeso 10 mm o entramado madera enlucido		Panel aislante desnudo o con enlucido de arena 12 mm		Losas acústicas sobre forro o yeso 10 mm	
					Losas de 12 mm (5)	Losas de 20 mm (5)	Enlucido de arena 20 mm (35)	Enlucido ligero 20 mm (15)	Enlucido de arena 12 mm (25)	Enlucido ligero 12 mm (10)	Panel de 12 mm (10)	Panel de 25 mm (20)	Losas de 12 mm (5)	Losas de 20 mm (5)
Desnudo o linóleo 3 mm o embaldosado	Enlucido de arena	5 (92)	3,42	2,59	1,85	1,51	2,10	1,85	2,15	2,00	1,27	0,93	1,35	1,17
	Enlucido ligero	5 (733)	2,34	1,90	1,51	1,27	1,66	1,51	1,78	1,59	1,12	0,83	1,12	1,02
Parquet (pavimento de madera) sobre superficie de cemento	Enlucido de arena	5 (92)	2,29	1,90	1,46	1,27	1,61	1,46	1,61	1,65	1,07	0,83	1,12	0,98
	Enlucido ligero	5 (781)	1,76	1,51	1,22	1,07	1,32	1,22	1,32	1,45	0,93	0,73	0,98	0,88
Embaldosado o linóleo 3 mm sobre contraplacado 18 mm entre vigas	Enlucido de arena	5 (1077)	1,55	1,37	1,17	1,02	1,51	1,37	1,56	1,46	0,88	0,68	0,88	0,83
	Enlucido ligero	5 (921)	1,32	1,17	0,98	0,88	1,27	1,17	1,27	1,12	0,78	0,63	0,83	0,73
Parquet madera dura sobre tabillas de cubierta entre vigas	Enlucido de arena	5 (1177)	1,27	1,12	0,98	0,88	1,22	1,12	1,22	1,17	0,78	0,63	0,78	0,73
	Enlucido ligero	5 (971)	1,07	0,98	0,83	0,78	1,02	0,98	1,07	1,02	0,68	0,59	0,73	0,68

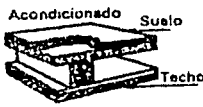
No acondicionado		PAVIMENTO	TECHADO MADERA										
Acondicionado			Desnudo	Sin forro		Suspendido o con forros							
NATURALEZA DEL SUELO	PAVIMENTO			Losas de 12 mm (5)	Losas de 20 mm (5)	Entramado metálico enlucido		Yeso 10 mm o entramado madera enlucido		Panel aislante desnudo o con enlucido de arena 12 mm		Losas acústicas sobre forro o yeso 10 mm	
			Losas de 12 mm (5)			Losas de 20 mm (5)	Enlucido de arena 20 mm (35)	Enlucido ligero 20 mm (15)	Enlucido de arena 12 mm (25)	Enlucido ligero 12 mm (10)	Panel de 12 mm (10)	Panel de 25 mm (20)	Losas de 12 mm (5)
Desnudo	Ninguno												
	Madera 20 mm (10)	1,20	1,46	1,27	1,51	1,27	1,46	1,46	1,46	1,12	0,83	1,12	1,02
Embaldosado sobre cemento 38 mm	Madera 20 mm (105)	1,17	0,93	0,81	1,17	1,07	0,93	1,07	0,93	0,78	0,63	0,78	0,73
	Madera 50 mm (120)	1,17	0,93	0,81	1,17	1,07	0,93	1,07	0,93	0,78	0,63	0,78	0,73
Parquet madera dura 20 mm o linóleo sobre contraplacado 18 mm	Madera 20 mm (25)	1,07	1,17	1,02	1,22	1,12	1,07	1,12	1,07	0,88	0,73	0,93	0,83
	Madera 50 mm (35)	1,07	0,83	0,78	1,07	0,93	0,83	0,93	0,83	0,73	0,59	0,73	0,68
Linóleo 3 mm sobre pavimento 6 mm sobre panel aislante 10 mm	Madera 20 mm (25)	1,37	1,02	0,93	1,27	1,07	0,98	1,07	0,98	0,68	0,59	0,78	0,68
	Madera 50 mm (40)	0,98	0,78	0,73	0,83	0,78	0,78	0,78	0,78	0,59	0,48	0,68	0,63

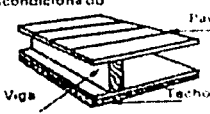
Ecuaciones: Flujo ascendente, local no acondicionado debajo
 Ganancia: kcal/h = (Área, m²) × K × (Temperatura exterior - Temperatura interior + 21°C)
 Cocina o sala de calderas debajo
 Ganancia: kcal/h = (Área, m²) × K × (Diferencia real de temperatura)
 o = (Área, m²) × K × (Temperatura exterior - Temperatura interior + 8 a 14°C)

Tomado de referencia 1.

Tabla A-5b
COEFICIENTES DE TRANSMISIÓN GLOBAL K. — TECHO Y PAVIMENTO (Flujo descendente)
Aire quieto en cada cara — kcal/h·m²·°C

Los números entre paréntesis dan el peso en kg/m³. El peso total es igual a la suma de los pesos de los diversos componentes

Acondicionado Suelo		ESPESOR (cm) y peso (kg/m³)	CONSTRUCCIÓN DEL TECHO											
			Sin forro				Suspendido o con forros							
			Desnudo o enlucido de arena 12 mm	Enlucido ligero 12 mm	Losas acústicas pegadas		Entramado metálico enlucido		Yeso 10 mm o entramado madera enlucido		Panel aislante desnudo o con enlucido de arena 12 mm		Losas acústicas sobre forro o yeso 10 mm	
NATURALEZA DEL SUELO	PAVIMENTO DE HORMIGÓN				(25)	(16)	Losas de 12 mm	Losas de 20 mm	Enlucido de arena 20 mm	Enlucido ligero 20 mm	Enlucido de arena 12 mm	Enlucido ligero 12 mm	Panel de 12 mm	Panel de 25 mm
Desnudo o linóleo 3 mm o embaldosado	Enlucido de arena	5 (92)	2,34	2,10	1,51	1,27	1,56	1,42	1,46	1,37	1,12	0,83	1,12	0,98
		10 (190)	2,15	1,95	1,46	1,22	1,51	1,37	1,37	1,33	1,07	0,82	1,07	0,94
Parquet sobre superficie de cemento	Enlucido de arena	15 (290)	2,00	1,81	1,37	1,17	1,47	1,33	1,32	1,27	1,07	0,78	1,07	0,93
		20 (385)	1,90	1,71	1,33	1,12	1,37	1,23	1,27	1,22	1,07	0,78	1,07	0,93
Embaldosado 3 mm sobre contraplacado 18 mm entre vigas	Enlucido ligero (1300 kg/m³)	5 (73)	1,74	1,66	1,27	1,07	1,37	1,23	1,22	1,17	0,98	0,73	0,98	0,84
		10 (134)	1,42	1,27	1,07	0,93	1,07	1,02	1,02	0,98	0,83	0,64	0,83	0,78
Parquet sobre superficie de cemento	Enlucido de arena	15 (292)	1,56	1,42	1,12	1,02	1,17	1,07	1,07	1,02	0,84	0,73	0,93	0,83
		20 (390)	1,46	1,37	1,12	0,98	1,12	1,07	1,07	1,02	0,84	0,64	0,83	0,78
Embaldosado o linóleo 3 mm sobre contraplacado 18 mm entre vigas	Enlucido ligero (1300 kg/m³)	5 (92)	1,37	1,27	1,02	0,93	1,07	0,98	0,98	0,93	0,83	0,63	0,83	0,73
		10 (131)	1,07	1,02	0,88	0,78	0,88	0,83	0,83	0,83	0,73	0,54	0,73	0,63
Parquet madera dura sobre tablas de cubierta entre vigas	Enlucido de arena	15 (112)	1,27	1,22	0,98	0,88	0,98	0,98	0,98	0,93	0,78	0,63	0,83	0,73
		20 (140)	1,12	1,07	0,93	0,83	0,93	0,88	0,88	0,83	0,73	0,54	0,73	0,63
Embaldosado 3 mm sobre contraplacado 18 mm entre vigas	Enlucido ligero (1300 kg/m³)	5 (92)	1,07	1,02	0,88	0,78	0,88	0,83	0,83	0,83	0,68	0,59	0,73	0,68
		10 (141)	0,93	0,88	0,78	0,68	0,78	0,73	0,73	0,73	0,63	0,54	0,63	0,59

Acondicionado PAVIMENTO		ESPESOR (cm) y peso (kg/m³)	TECHADO MADERA									
			Sin forro				Suspendido o con forros					
			Losas acústicas pegadas		Entramado metálico enlucido		Yeso 10 mm o entramado madera enlucido		Panel aislante desnudo o con enlucido de arena 12 mm		Losas acústicas sobre forro o yeso 10 mm	
NATURALEZA DEL SUELO	PAVIMENTO		Losas de 12 mm	Losas de 20 mm	Enlucido de arena 20 mm	Enlucido ligero 20 mm	Enlucido de arena 12 mm	Enlucido ligero 12 mm	Panel de 12 mm	Panel de 25 mm	Losas de 12 mm	Losas de 20 mm
Desnudo	Madera 20mm(10) Madera 50mm(25)	5 (92)	1,21	1,22	1,07	0,88	0,88	0,83	0,83	0,83	0,68	0,59
		10 (190)	1,32	0,88	0,78	0,93	0,83	0,88	0,83	0,73	0,59	0,54
Embaldosado sobre cemento 38 mm	Madera 20mm(10) Madera 50mm(25)	5 (92)	1,43	0,88	0,83	0,93	0,88	0,88	0,83	0,73	0,59	0,54
		10 (190)	1,17	0,68	0,63	0,73	0,68	0,68	0,68	0,59	0,54	0,54
Parquet madera dura 20 mm o linóleo sobre contraplacado 18 mm	Madera 20mm(25) Madera 50mm(40)	5 (92)	1,61	0,83	0,78	0,88	0,83	0,83	0,78	0,68	0,59	0,54
		10 (190)	1,07	0,68	0,63	0,68	0,63	0,63	0,63	0,59	0,54	0,54
Linóleo 3 mm sobre pavimento 8 mm sobre panel aislante 10 mm	Madera 20mm(25) Madera 50mm(40)	5 (92)	1,47	0,78	0,73	0,78	0,73	0,78	0,73	0,63	0,54	0,54
		10 (190)	0,98	0,63	0,59	0,63	0,59	0,63	0,59	0,54	0,49	0,49

Ecuaciones: Flujo descendente, local no acondicionado debajo:
 Ganancias kcal/h = (Área, m²) × K × (Temperatura exterior - Temperatura interior - 3 °C)
 Cocina encima:
 Ganancias kcal/h = (Área, m²) × K × (Diferencia real de temperatura)
 o = (Área, m²) × K × (Temperatura exterior - Temperatura interior + B a 14 °C)

Tomado de referencia 1.

Tabla A-6a

RUGOSIDAD MEDIA DE TUBOS COMERCIALES

Material (nuevo)	ε	
	ft	mm
Acero remachado	0,003-0,03	0,9-9,0
Hormigón	0,001-0,01	0,3-3,0
Madera	0,0006-0,003	0,18-0,9
Hierro fundido	0,00085	0,26
Hierro galvanizado	0,0005	0,15
Hierro fundido asfáltico	0,0004	0,12
Acero comercial o hierro estirado	0,00015	0,046
Latón o cobre estirado	0,000005	0,0015
Vidrio	«Liso»	«Liso»

COEFICIENTES DE PERDIDA $K = \frac{h_m}{V^2/2g}$ PARA VALVULAS ABIERTAS, CODOS Y TES

Diámetro nominal, in	Roscado				Acoplado				
	½	1	2	4	1	2	4	8	20
Válvulas (abiertas):									
Esfera	14	8,2	6,9	5,7	13	8,5	6,0	5,8	5,5
Compuerta	0,30	0,24	0,16	0,11	0,80	0,35	0,16	0,07	0,03
Antirretorno	5,1	2,9	2,1	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0
De ángulo	9,0	4,7	2,0	1,0	4,5	2,4	2,0	2,0	2,0
Codos:									
45° normal	0,39	0,32	0,30	0,29	—	—	—	—	—
45° suave	—	—	—	—	0,21	0,20	0,19	0,16	0,14
90° normal	2,0	1,5	0,95	0,64	0,50	0,39	0,30	0,26	0,21
90° suave	1,0	0,72	0,41	0,23	0,40	0,30	0,19	0,15	0,10
180° normal	2,0	1,5	0,95	0,64	0,41	0,35	0,30	0,25	0,20
180° suave	—	—	—	—	0,40	0,30	0,21	0,15	0,10
Tes:									
Flujo directo	0,90	0,90	0,90	0,90	0,24	0,19	0,14	0,10	0,07
Flujo lateral	2,4	1,8	1,4	1,1	1,0	0,80	0,64	0,58	0,41

AUMENTO DE PERDIDAS EN VALVULAS PARCIALMENTE ABIERTAS

Condición	Cociente K/K (abierta)	
	Compuerta	Esfera
Abierta	1,0	1,0
Cerrada, 25%	3,0-5,0	1,5-2,0
50%	12-22	2,0-3,0
75%	70-120	6,0-8,0

Tomado de referencia 14.

Figura A-6b

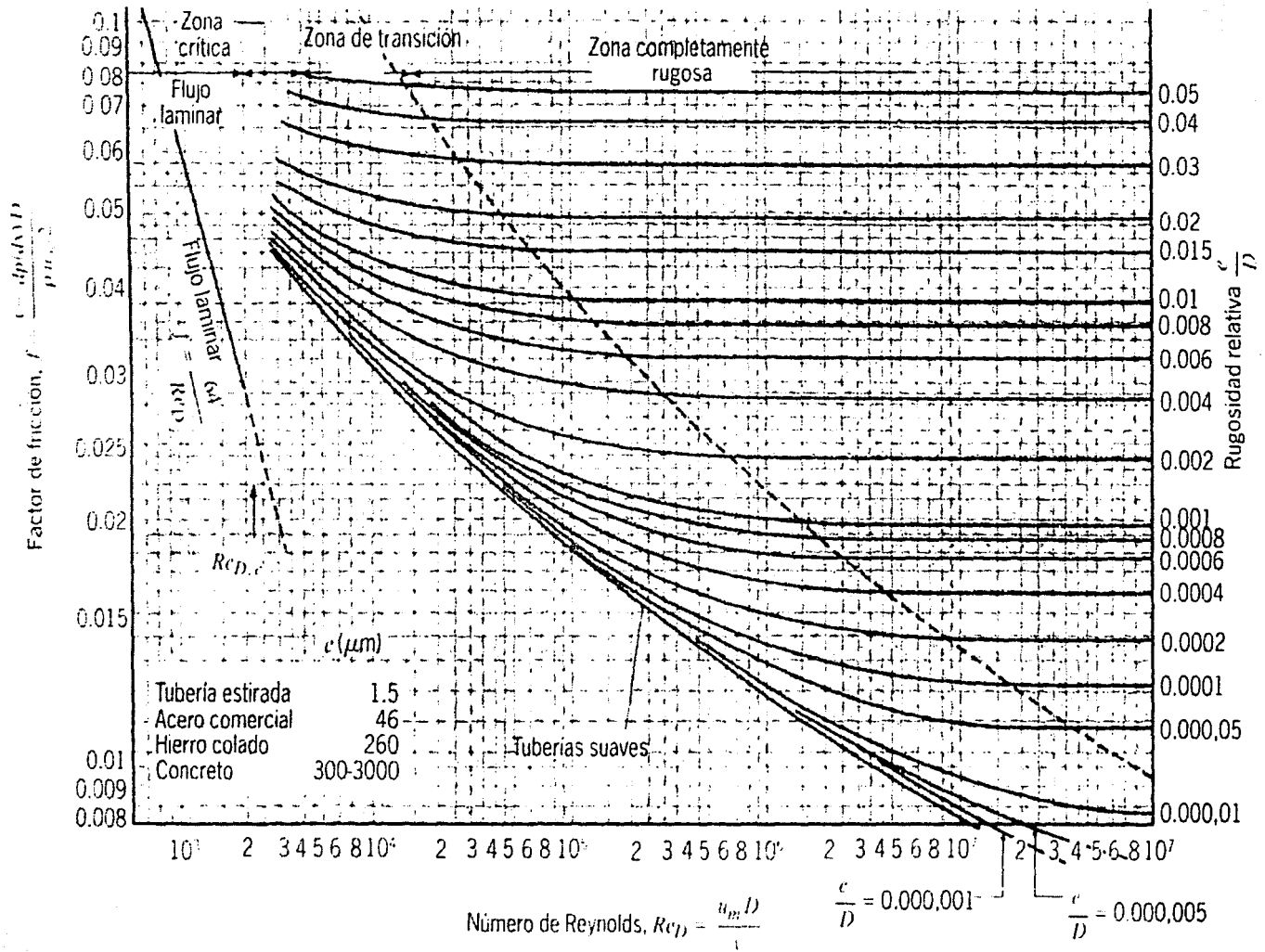


Diagrama de Moody

Tabla A-7a
APORTACIONES SOLARES A TRAVÉS DE VIDRIO SENCILLO
 kcal/h × (m² de abertura)

0° LATITUD NORTE		HORA SOLAR																0° LATITUD SUR	
Época	Orientación	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	Orientación	Época			
21 Junio	N	0	122	176	200	211	217	222	217	211	200	176	122	0	22 Diciembre	S			
	NE	0	322	423	417	360	267	143	54	38	35	29	16	0		SE			
	E	0	314	398	366	252	116	38	38	38	35	29	16	0		E			
	SE	0	109	113	73	40	38	38	38	38	35	29	16	0		NE			
	S	0	16	29	35	38	38	38	38	38	35	29	16	0		N			
	SO	0	16	29	35	38	38	38	38	35	40	73	113	100		0	NO		
22 Julio y 21 Mayo	O	0	16	29	35	38	38	38	116	252	366	228	314	0	21 Enero y 21 Noviembre	SO			
	NO	0	16	29	35	38	38	54	143	267	360	417	483	322		0	O		
	Horizontal	0	75	235	398	518	588	612	588	518	399	235	75	0		SO Horizontal			
	N	0	100	146	165	176	179	181	179	176	165	146	100	0		21 Enero y 21 Noviembre	S		
	NE	0	320	414	406	336	233	116	43	38	35	29	16	0			SE		
	E	0	328	410	377	260	116	38	38	38	35	29	16	0			E		
SE	0	124	141	97	48	38	38	38	38	35	29	16	0	NE					
S	0	16	29	35	38	38	38	38	38	35	29	16	0	N					
SO	0	16	29	35	38	38	38	38	18	97	141	124	0	NO					
24 Agosto y 20 Abril	O	0	16	29	35	38	38	38	116	260	377	412	328	0	20 Febrero y 23 Octubre	SO			
	NO	0	16	29	35	38	38	44	116	231	339	406	414	320		0	O		
	Horizontal	0	78	246	402	528	605	631	604	528	409	263	84	0		SO Horizontal			
	N	0	46	75	84	89	92	92	89	84	75	46	0	20 Febrero y 23 Octubre		S			
	NE	0	298	382	360	276	155	55	38	38	35	32	16			0	SE		
	E	0	349	442	401	279	125	38	38	38	35	32	16			0	E		
SE	0	181	214	176	94	11	38	38	38	35	32	16	0		NE				
S	0	16	32	35	38	38	38	38	38	35	32	16	0		N				
SO	0	16	32	35	38	38	38	40	94	176	214	181	0		NO				
22 Septiembre y 22 Marzo	O	0	16	32	35	38	38	38	124	279	401	442	349	0	27 Marzo y 20 Septiembre	SO			
	NO	0	16	32	35	38	38	65	165	276	360	382	298	0		O			
	Horizontal	0	84	263	406	558	634	634	558	406	263	84	0	SO Horizontal					
	N	0	16	32	35	38	38	38	38	18	35	32	16	0		27 Marzo y 20 Septiembre	S		
	NE	0	257	320	273	184	84	38	38	38	35	32	16	0			SE		
	E	0	363	452	409	290	127	38	38	38	35	32	16	0			E		
SE	0	257	320	273	184	54	38	38	37	35	32	16	0	NE					
S	0	16	32	35	38	38	38	38	18	35	32	16	0	N					
SO	0	16	32	35	38	38	38	84	184	273	320	257	0	NO					
23 Octubre y 20 Febrero	O	0	16	32	35	38	38	38	124	279	401	442	349	0	20 Abril y 24 Agosto	SO			
	NO	0	16	32	35	38	38	38	94	176	214	181	0	O					
	Horizontal	0	84	263	406	558	634	634	558	406	263	84	0	SO Horizontal					
	N	0	16	32	35	38	38	38	38	18	35	32	16	0		20 Abril y 24 Agosto	S		
	NE	0	181	214	176	94	40	38	38	38	35	32	16	0			SE		
	E	0	349	442	401	279	124	38	38	38	35	32	16	0			E		
SE	0	298	382	360	276	155	65	38	38	35	32	16	0	NE					
S	0	46	75	84	89	92	92	89	84	75	46	0	N						
SO	0	16	32	35	38	38	38	165	276	360	382	298	0	NO					
21 Noviembre y 21 Enero	O	0	16	32	35	38	38	38	124	279	401	442	349	0	21 Mayo y 23 Julio	SO			
	NO	0	16	32	35	38	38	38	94	176	214	181	0	O					
	Horizontal	0	84	263	406	558	634	634	558	406	263	84	0	SO Horizontal					
	N	0	16	29	35	38	38	38	38	38	35	29	16	0		21 Mayo y 23 Julio	S		
	NE	0	124	141	97	48	38	38	38	38	35	29	16	0			SE		
	E	0	328	412	377	260	116	38	38	38	35	29	16	0			E		
SE	0	320	414	406	336	233	116	43	38	35	29	16	0	NE					
S	0	100	146	165	176	179	181	179	176	165	146	100	0	N					
SO	0	15	29	35	38	38	41	117	211	312	406	414	320	0	NO				
22 Diciembre	O	0	16	29	35	38	38	38	116	260	377	412	328	0	21 Junio	SO			
	NO	0	16	29	35	38	38	38	116	252	366	417	423	322		0	O		
	Horizontal	0	78	246	409	528	604	631	604	528	409	246	78	0		SO Horizontal			
	N	0	16	29	35	38	38	38	38	38	35	29	16	0		21 Junio	S		
	NE	0	100	113	73	40	38	38	38	38	35	29	16	0			SE		
	E	0	314	398	366	252	116	38	38	38	35	29	16	0			E		
SE	0	322	423	417	360	257	143	54	38	35	29	16	0	NE					
S	0	122	176	200	211	217	222	217	211	200	176	122	0	N					
SO	0	16	29	35	38	38	38	38	38	35	29	16	0	NO					

Correcciones	Marco metálico o ningún marco - 1.05 a 1.17	Defecto de limpieza 15 % máx.	Altitud + 0.7 % por 300 m	Punto de rocío superior a 19.5 °C - 14 % por 10 °C	Punto de rocío inferior a 19.5 °C - 14 % por 10 °C	Latitud sur Dic. u Enero + 2 %
--------------	--	----------------------------------	------------------------------	---	---	--------------------------------------

Tomado de referencia I.

Tabla A-7b
APORTACIONES SOLARES A TRAVÉS DE VIDRIO SENCILLO (Cont.)
 kcal/h × (m² de abertura)

10°

10°

0° LATITUD NORTE		HORA SOLAR																0° LATITUD SUR													
Época	Orientación	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	Orientación	Época															
21 Junio	N	51	119	135	122	119	116	111	116	119	122	135	119	5	22 Diciembre	S	51	119	135	122	119	116	111	116	119	122	135	119	5		
	NE	149	355	414	379	287	176	75	38	38	35	29	21	5		SE	149	355	414	379	287	176	75	38	38	35	29	21	5		
	E	146	362	420	377	265	111	38	38	38	35	29	21	5		E	146	362	420	377	265	111	38	38	38	35	29	21	5		
	SE	48	132	149	116	57	38	38	38	38	38	35	29	21		5	NE	48	132	149	116	57	38	38	38	38	35	29	21	5	
	S	5	21	29	35	38	38	38	38	38	38	35	29	21		5	N	5	21	29	35	38	38	38	38	38	35	29	21	5	
	SO	5	21	21	35	38	38	38	38	38	67	116	149	132		48	NO	5	21	21	35	38	38	38	38	38	67	116	149	132	48
22 Julio y 21 Mayo	O	5	21	21	35	38	38	38	111	265	377	420	362	146	21 Enero y 21 Noviembre	O	5	21	21	35	38	38	38	111	265	377	420	362	146		
	NO	5	21	21	35	38	38	48	75	176	287	379	414	355		149	SO	5	21	21	35	38	38	48	75	176	287	379	414	355	149
	Horizontal	10	119	290	450	556	631	659	631	556	450	290	119	10		Horizontal	10	119	290	450	556	631	659	631	556	450	290	119	10		
	N	13	92	105	94	89	84	91	84	79	94	105	92	13		S	13	92	105	94	89	84	91	84	79	94	105	92	13		
	NE	113	344	401	360	295	151	59	38	38	35	29	19	2		SE	113	344	401	360	295	151	59	38	38	35	29	19	2		
	E	135	366	428	385	265	116	38	38	38	35	29	19	2		E	135	366	428	385	265	116	38	38	38	35	29	19	2		
24 Agosto y 20 Abril	SE	10	154	179	151	86	38	38	38	38	35	29	19	2	20 Febrero y 23 Octubre	SE	10	154	179	151	86	38	38	38	38	35	29	19	2		
	S	2	19	29	35	38	38	38	38	38	35	29	19	2		S	2	19	29	35	38	38	38	38	38	35	29	19	2		
	SO	2	19	29	35	38	38	38	38	86	151	179	154	70		NO	2	19	29	35	38	38	38	86	151	179	154	70			
	O	2	19	29	35	38	38	38	116	265	385	428	364	145		O	2	19	29	35	38	38	38	116	265	385	428	364	145		
	NO	2	19	29	35	38	38	38	59	151	295	360	401	344		113	NO	2	19	29	35	38	38	38	59	151	295	360	401	344	113
	Horizontal	8	113	290	450	567	640	669	640	567	450	290	113	8		Horizontal	8	113	290	450	567	640	669	640	567	450	290	113	8		
22 Septiembre y 22 Marzo	N	2	40	43	40	45	38	38	38	40	42	40	2	22 Marzo y 22 Septiembre	N	2	40	43	40	45	38	38	38	40	42	40	2				
	NE	46	306	352	301	217	92	38	38	38	35	29	19		2	NE	46	306	352	301	217	92	38	38	38	35	29	19	2		
	E	67	374	442	404	282	121	38	38	38	35	29	19		2	E	67	374	442	404	282	121	38	38	38	35	29	19	2		
	SE	48	214	254	210	152	71	38	38	38	35	29	19		2	SE	48	214	254	210	152	71	38	38	38	35	29	19	2		
	S	2	19	29	35	38	38	38	38	38	35	29	19		2	S	2	19	29	35	38	38	38	38	38	35	29	19	2		
	SO	2	19	29	35	38	38	38	38	73	162	230	254		214	48	SO	2	19	29	35	38	38	38	73	162	230	254	214	48	
23 Octubre y 20 Febrero	O	2	19	29	35	38	38	38	121	262	404	442	374	46	23 Octubre y 20 Febrero	O	2	19	29	35	38	38	38	121	262	404	442	374	46		
	NO	2	19	29	35	38	38	38	92	217	301	352	306	46		NO	2	19	29	35	38	38	38	92	217	301	352	306	46		
	Horizontal	5	173	294	452	577	656	678	656	577	452	294	173	5		Horizontal	5	173	294	452	577	656	678	656	577	452	294	173	5		
	N	2	16	29	35	38	38	38	38	38	35	29	16	2		S	2	16	29	35	38	38	38	38	38	35	29	16	2		
	NE	2	241	279	212	122	46	38	38	38	35	29	16	2		SE	2	241	279	212	122	46	38	38	38	35	29	16	2		
	E	2	352	444	409	267	27	38	38	38	35	29	16	2		E	2	352	444	409	267	27	38	38	38	35	29	16	2		
21 Noviembre y 21 Enero	SE	2	263	344	330	254	151	57	38	38	35	29	16	2	21 Mayo y 23 Julio	SE	2	263	344	330	254	151	57	38	38	35	29	16	2		
	S	2	16	29	35	38	38	38	38	35	29	16	2	S		2	16	29	35	38	38	38	38	35	29	16	2				
	SO	2	16	29	35	38	38	38	38	35	29	16	2	NO		2	16	29	35	38	38	38	38	35	29	16	2				
	O	2	16	29	35	38	38	38	38	127	267	409	444	352		2	O	2	16	29	35	38	38	38	38	127	267	409	444	352	2
	NO	2	16	29	35	38	38	38	38	19	46	122	173	241		2	NO	2	16	29	35	38	38	38	38	19	46	122	173	241	2
	Horizontal	2	94	261	413	561	632	669	632	561	413	261	94	2		Horizontal	2	94	261	413	561	632	669	632	561	413	261	94	2		
22 Diciembre	N	0	10	24	32	35	38	38	38	38	35	32	24	10	21 Junio	N	0	10	24	32	35	38	38	38	38	35	32	24	10		
	NE	0	40	75	46	35	38	38	38	38	35	32	24	10		SE	0	40	75	46	35	38	38	38	38	35	32	24	10		
	E	0	233	371	352	246	113	38	38	38	35	32	24	10		E	0	233	371	352	246	113	38	38	38	35	32	24	10		
	SE	0	268	417	442	404	328	214	97	62	32	24	10	0		SE	0	268	417	442	404	328	214	97	62	32	24	10	0		
	S	0	135	200	254	295	314	325	314	295	254	200	135	0		S	0	135	200	254	295	314	325	314	295	254	200	135	0		
	SO	0	10	24	32	35	38	38	38	38	35	32	24	10		NO	0	10	24	32	35	38	38	38	38	35	32	24	10		
Correcciones	Marco metálico o madera maciza × 1,0,85 ó 1,17	Defecto de limpieza 15% máx.				Altitud + 0,7% por 300 m				Punto de rocío superior + 19,5 °C - 14% por 10 °C				Punto de rocío inferior a 19,5 °C + 14% por 10 °C				Luz solar Directa + 7%													

Tomado de referencia 1.

Tabla A-7c
APORTACIONES SOLARES A TRAVÉS DE VIDRIO SENCILLO (Cont.)
 kcal/h × (m² de abertura)

20°

20°

0° LATITUD NORTE		HORA SOLAR																0° LATITUD SUR	
Epoca	Orientación	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	Orientación	Epoca			
21 Junio	N	76	111	90	68	51	46	40	45	51	47	90	111	75	S	22 Diciembre			
	NE	219	417	390	330	225	103	40	38	38	38	32	24	8	SE				
	E	219	407	434	387	260	111	38	38	38	38	32	24	8	E				
	SE	75	168	198	179	119	57	38	38	38	38	32	24	8	NE				
	S	8	24	32	38	38	38	38	38	38	38	32	24	8	N				
	SO	8	24	32	38	38	38	38	38	38	38	32	24	8	NO				
O	8	24	32	38	38	38	38	38	38	38	32	24	8	O					
NO	8	24	32	38	38	38	38	38	38	38	32	24	8	SO					
Horizontal	30	162	328	477	585	629	678	629	585	477	328	162	30	Horizontal					
22 Julio y 21 Mayo	N	54	25	62	46	40	38	38	38	40	146	62	75	54	S	21 Enero y 21 Noviembre			
	NE	192	358	374	301	198	84	38	38	38	35	32	21	8	SE				
	E	203	401	442	393	268	124	38	38	38	35	32	21	8	E				
	SE	84	189	230	214	154	78	38	38	38	35	32	21	8	NE				
	S	8	21	32	35	38	38	38	38	38	35	32	21	8	N				
	SO	8	21	32	35	38	38	38	38	38	35	32	21	8	NO				
O	8	21	32	35	38	38	38	38	38	35	32	21	8	O					
NO	8	21	32	35	38	38	38	38	38	35	32	21	8	SO					
Horizontal	8	149	320	474	585	650	680	650	585	474	320	149	8	Horizontal					
24 Agosto y 20 Abril	N	16	27	29	35	38	38	38	38	38	35	29	27	16	S	20 Febrero y 23 Octubre			
	NE	122	207	320	241	155	48	38	38	38	35	29	19	5	SE				
	E	143	385	447	404	287	136	38	38	38	35	29	19	5	E				
	SE	18	241	306	292	265	119	54	38	38	35	29	19	5	NE				
	S	5	19	29	38	38	38	38	38	38	35	29	19	5	N				
	SO	5	19	29	38	38	38	38	38	38	35	29	19	5	NO				
O	5	19	29	38	38	38	38	38	38	35	29	19	5	O					
NO	5	19	29	38	38	38	38	38	38	35	29	19	5	SO					
Horizontal	13	130	290	452	569	617	657	617	569	452	290	132	13	Horizontal					
22 Septiembre y 22 Marzo	N	0	16	29	35	38	38	38	38	38	35	29	16	0	S	22 Marzo y 22 Septiembre			
	NE	0	225	235	160	59	38	38	38	38	35	29	16	0	SE				
	E	0	352	442	404	282	122	38	38	38	35	29	16	0	E				
	SE	0	268	368	379	325	227	111	38	38	35	29	16	0	NE				
	S	0	21	35	103	141	170	176	172	162	103	35	21	0	N				
	SO	0	16	29	35	38	38	38	38	38	35	29	16	0	NO				
O	0	16	29	35	38	38	38	38	38	35	29	16	0	O					
NO	0	16	29	35	38	38	38	38	38	35	29	16	0	SO					
Horizontal	0	81	252	414	537	610	631	610	537	414	252	81	0	Horizontal					
23 Octubre y 20 Febrero	N	0	10	24	32	35	38	38	38	35	32	24	10	0	S	20 Abril y 24 Agosto			
	NE	0	119	141	78	35	38	38	38	35	32	24	10	0	SE				
	E	0	268	398	362	221	102	38	38	38	35	32	24	10	0		E		
	SE	0	246	396	433	404	322	200	71	35	32	24	10	0	NE				
	S	0	57	135	236	252	287	301	287	252	201	135	57	0	N				
	SO	0	10	24	32	35	38	38	38	38	35	32	24	10	0		NO		
O	0	10	24	32	35	38	38	38	38	35	32	24	10	0	O				
NO	0	10	24	32	35	38	38	38	38	35	32	24	10	0	SO				
Horizontal	0	48	184	314	461	551	564	511	461	314	184	48	0	Horizontal					
21 Noviembre y 21 Enero	N	0	8	21	29	35	35	35	35	35	29	21	8	0	S	21 Mayo y 23 Julio			
	NE	0	65	79	38	35	35	35	35	35	29	21	8	0	SE				
	E	0	192	347	344	246	135	35	35	35	29	21	8	0	E				
	SE	0	198	390	444	428	366	246	124	43	29	21	8	0	NE				
	S	0	25	182	271	313	368	382	368	313	271	182	25	0	N				
	SO	0	8	21	29	35	35	35	35	35	29	21	8	0	NO				
O	0	8	21	29	35	35	35	35	35	29	21	8	0	O					
NO	0	8	21	29	35	35	35	35	35	29	21	8	0	SO					
Horizontal	0	13	150	273	396	466	488	466	396	273	150	13	0	Horizontal					
22 Diciembre	N	0	5	19	29	35	35	35	35	35	29	19	5	0	S	21 Junio			
	NE	0	38	48	32	32	35	35	35	35	29	19	5	0	SE				
	E	0	151	320	328	230	92	38	38	38	29	19	5	0	E				
	SE	0	160	37	452	451	363	263	162	56	29	19	5	0	NE				
	S	0	67	200	101	358	396	404	396	358	200	67	0	0	N				
	SO	0	5	19	29	35	35	35	35	35	29	19	5	0	NO				
O	0	5	19	29	35	35	35	35	35	29	19	5	0	O					
NO	0	5	19	29	35	35	35	35	35	29	19	5	0	SO					
Horizontal	0	10	97	245	362	430	461	430	362	245	97	10	0	Horizontal					

Correcciones	Marco metálico o ningún marco + 1,0, 0,85 e 1,17	Defecto de limpieza 15% máx	Altitud + 0,15% por 300' m	Punto de rocío Superior a 19,5° C - 14% por 10° C	Punto de rocío inferior a 19,5° C + 14% por 10° C	Latitud sur Dic o enero + 7%
--------------	--	-----------------------------	----------------------------	---	---	------------------------------

Tomado de referencia I.

Tabla A-7d
 APORTACIONES SOLARES A TRAVÉS DE VIDRIO SENCILLO (Cont.)
 kcal/h × (m² de abertura)

30°

30°

0° LATITUD NORTE		HORA SOLAR														0° LATITUD SUR	
Época	Orientación	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	Orientación	Época	
21 Junio	N	89	78	48	38	38	38	38	38	38	38	46	76	89	S	Diciembre	
	NE	284	377	352	263	149	51	38	38	38	38	38	12	27	13		SE
	E	292	423	436	387	265	119	38	38	38	38	38	32	27	13		E
	SE	113	203	244	244	198	119	46	38	38	38	32	27	13	NE		
	S	113	27	32	38	40	51	57	51	40	38	32	27	13	N		
	SO	13	27	32	38	38	38	46	119	198	244	244	27	13	NO		
	O	13	27	32	38	38	38	38	119	265	387	436	436	292	O		
Horizontal	51	165	355	488	588	650	678	650	588	488	355	165	51	Horizontal			
22 Julio y 21 Mayo	N	59	54	38	35	38	38	38	38	38	35	38	34	59	S	21 Enero y 21 Noviembre	
	NE	252	355	333	241	124	43	38	38	38	38	35	32	24	10		SE
	E	270	420	444	393	268	119	38	38	38	38	35	32	24	10		E
	SE	113	222	271	271	225	143	59	38	38	38	35	32	24	10		NE
	S	10	24	32	38	54	73	81	73	54	38	32	24	10	N		
	SO	10	24	32	35	38	38	38	143	225	271	271	222	113	NO		
	O	10	24	32	35	38	38	38	119	268	393	444	420	270	O		
Horizontal	40	179	333	477	580	640	667	640	580	477	333	179	40	Horizontal			
21 Agosto y 20 Abril	N	16	21	29	35	35	38	38	38	35	35	29	21	16	S	20 Febrero y 1 Octubre	
	NE	149	292	271	179	73	58	38	38	38	35	29	21	16	SE		
	E	179	398	447	401	276	124	38	38	38	35	29	21	16	E		
	SE	100	265	344	349	203	222	105	40	35	35	29	21	16	NE		
	S	5	21	35	35	35	35	35	105	222	349	344	265	100	N		
	SO	5	21	29	35	35	38	38	124	276	401	447	398	179	NO		
	O	5	21	29	35	35	38	38	119	268	393	444	420	270	O		
Horizontal	16	127	292	456	542	610	637	610	542	456	292	127	16	Horizontal			
22 Septiembre y 22 Marzo	N	0	13	27	32	35	38	38	38	35	32	27	13	0	S	22 Mayo y 22 Septiembre	
	NE	0	20	244	108	45	38	38	38	35	32	27	13	0	SE		
	E	0	336	428	390	265	110	38	38	38	35	32	27	13	0		E
	SE	0	265	355	412	387	265	181	87	35	35	29	21	16	NE		
	S	0	24	48	162	271	265	284	265	222	142	48	24	0	N		
	SO	0	13	27	32	37	47	67	181	306	387	412	355	265	0		NO
	O	0	13	27	32	35	38	38	136	276	387	428	390	265	0		O
Horizontal	0	67	219	366	485	547	574	547	485	366	219	67	0	Horizontal			
23 Octubre y 20 Febrero	N	0	8	21	29	32	35	38	38	35	32	27	13	0	S	20 Abril y 21 Agosto	
	NE	0	89	105	48	32	35	38	38	35	32	27	13	0	SE		
	E	0	214	366	358	254	116	39	35	32	29	24	16	0	E		
	SE	0	178	365	442	411	368	249	127	40	29	21	16	0	NE		
	S	0	48	154	249	328	377	393	377	328	249	154	48	0	N		
	SO	0	8	21	29	40	127	249	368	411	442	385	366	214	0		NO
	O	0	8	21	29	32	35	38	116	249	366	365	328	178	0		O
Horizontal	0	16	132	271	367	463	485	463	367	271	132	16	0	Horizontal			
21 Noviembre y 21 Enero	N	0	2	16	24	29	32	32	32	29	24	16	2	0	S	21 Mayo y 21 Julio	
	NE	0	21	43	24	29	32	32	32	29	24	16	2	0	SE		
	E	0	73	295	314	225	94	32	32	29	24	16	2	0	E		
	SE	0	75	344	436	419	387	282	175	62	24	16	2	0	NE		
	S	0	27	164	295	377	417	411	417	377	295	164	27	0	N		
	SO	0	2	16	24	29	32	32	282	387	436	434	344	75	0		NO
	O	0	2	16	24	29	32	32	24	282	387	436	434	75	0		O
Horizontal	0	5	75	192	295	368	393	368	295	192	75	5	0	Horizontal			
22 Diciembre	N	0	0	10	24	29	32	32	32	29	24	10	0	0	S	21 Junio	
	NE	0	0	27	24	29	32	32	32	29	24	10	0	0	SE		
	E	0	0	249	284	217	86	32	32	29	24	10	0	0	E		
	SE	0	0	159	425	417	387	292	95	24	16	10	0	0	NE		
	S	0	0	123	326	365	431	442	431	365	326	123	0	0	N		
	SO	0	0	10	24	29	32	32	292	387	425	425	159	0	0		NO
	O	0	0	10	24	29	32	32	86	292	387	425	159	0	0		O
Horizontal	0	0	10	24	29	32	32	72	292	387	425	159	0	0	Horizontal		

Correcciones: Marco metálico o aluminio + 1.085 a 1.17; Defecto de limpieza 15% m²; Altitud + 0.7% por 300' m; Punto de rocío superior a 19.5°C + 14% por 10°C; Punto de rocío inferior a 19.5°C - 14% por 10°C; Tabla de Daño Térmico + 7%.

Tomado de referencia 1.

Tabla A-7e
 APORTACIONES SOLARES A TRAVÉS DE VIDRIO SENCILLO (Cont.)
 kcal/h × (m² de abertura)

40°

40°

0° LATITUD NORTE		HORA SOLAR															0° LATITUD SUR	
Época	Orientación	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	Orientación	Época		
21 Junio	N	87	54	32	35	38	38	38	38	38	35	32	24	84	22 Diciembre	S	16	
	NE	370	360	303	198	81	38	38	38	38	35	32	27	16		SE	16	
	E	341	436	439	385	257	119	38	38	38	35	32	27	16		E	16	
	SE	138	238	295	301	260	192	97	38	38	35	32	27	16		NE	16	
	S	16	27	32	31	34	119	146	119	94	51	31	27	16		N	16	
	SO	16	27	32	35	38	38	38	92	268	301	295	238	138		NO	16	
O	16	27	32	35	38	38	38	119	257	385	439	436	341	O	16			
NO	16	27	32	35	38	38	38	38	81	198	303	360	370	SO	16			
Horizontal	84	222	363	485	569	629	642	629	569	485	363	222	84	Horizontal	84			
22 Julio y 21 Mayo	N	65	38	37	35	38	38	38	38	38	35	32	27	13	21 Enero y 21 Noviembre	S	13	
	NE	287	344	784	179	70	38	38	38	38	35	32	27	13		SE	13	
	E	370	436	444	390	265	116	38	38	36	35	32	27	13		E	13	
	SE	146	260	322	339	298	222	113	40	38	35	32	27	13		NE	13	
	S	13	27	35	30	119	170	187	170	119	70	35	27	13		N	13	
	SO	13	27	32	35	38	40	113	222	298	339	322	260	146		NO	13	
O	13	27	32	35	38	38	38	116	265	390	444	436	370	O	13			
NO	13	27	32	35	38	38	38	38	70	179	284	344	287	SO	13			
Horizontal	65	198	341	463	550	610	631	610	550	463	341	198	65	Horizontal	65			
24 Agosto y 20 Abril	N	19	21	29	35	38	38	38	38	38	35	29	21	19	20 Febrero y 23 Octubre	S	21	
	NE	184	274	232	174	43	38	38	26	38	35	29	21	8		SE	21	
	E	227	398	439	393	273	122	38	38	38	35	29	21	8		E	21	
	SE	130	284	374	396	377	290	179	67	38	35	29	21	8		NE	21	
	S	8	21	29	35	38	241	274	276	263	241	179	67	21		8	N	21
	SO	8	21	29	35	38	57	179	290	377	396	374	284	130		NO	21	
O	8	21	29	31	38	38	38	122	273	439	439	398	227	O	21			
NO	8	21	29	31	38	38	38	38	67	179	284	344	287	SO	21			
Horizontal	24	127	27	460	561	586	586	561	460	27	127	24	Horizontal	24				
22 Septiembre y 22 Marzo	N	0	13	24	32	35	35	35	35	35	32	24	13	0	22 Marzo y 22 Septiembre	S	0	
	NE	0	138	157	70	35	35	35	35	35	32	24	13	0		SE	0	
	E	0	314	404	377	264	122	38	35	35	32	24	13	0		E	0	
	SE	0	257	390	439	475	366	244	111	38	32	24	13	0		NE	0	
	S	0	12	119	219	298	330	329	330	298	219	119	13	0		N	0	
	SO	0	13	24	32	36	36	36	36	425	439	390	257	0		NO	0	
O	0	13	24	32	36	36	36	122	264	439	461	414	0	O	0			
NO	0	13	24	32	36	36	36	36	119	219	329	390	0	SO	0			
Horizontal	0	57	181	296	414	477	496	477	296	181	57	0	Horizontal	0				
23 Octubre y 20 Febrero	N	0	5	16	27	32	32	32	32	32	29	16	5	0	20 Abril y 24 Agosto	S	0	
	NE	0	94	89	32	29	32	32	32	29	27	16	5	0		SE	0	
	E	0	230	311	330	218	105	2	32	29	27	16	5	0		E	0	
	SE	0	219	358	355	442	390	290	170	54	27	16	5	0		NE	0	
	S	0	57	160	282	371	417	415	417	371	282	160	57	0		N	0	
	SO	0	5	16	27	32	32	32	32	442	390	358	219	0		NO	0	
O	0	5	16	27	29	32	32	105	290	417	417	390	0	O	0			
NO	0	5	16	27	29	32	32	32	290	390	390	358	0	SO	0			
Horizontal	0	21	78	173	273	333	349	333	173	78	21	0	Horizontal	0				
21 Noviembre y 21 Enero	N	0	0	8	19	24	27	27	27	24	19	8	0	0	21 Mayo y 23 Julio	S	0	
	NE	0	0	32	19	24	27	27	27	24	19	8	0	0		SE	0	
	E	0	0	246	271	200	89	27	27	24	19	8	0	0		E	0	
	SE	0	0	295	390	423	390	314	189	73	19	8	0	0		NE	0	
	S	0	0	160	282	371	428	450	428	371	282	160	0	0		N	0	
	SO	0	0	0	8	19	24	27	27	24	19	8	0	0		NO	0	
O	0	0	0	8	19	24	27	27	24	19	8	0	0	O	0			
NO	0	0	0	8	19	24	27	27	24	19	8	0	0	SO	0			
Horizontal	0	0	0	43	116	198	249	279	249	198	116	43	0	Horizontal	0			
22 Diciembre	N	0	0	5	16	24	27	27	27	24	16	5	0	0	21 Junio	S	0	
	NE	0	0	19	16	24	27	27	27	24	16	5	0	0		SE	0	
	E	0	0	195	233	184	84	27	27	24	16	5	0	0		E	0	
	SE	0	0	238	363	401	385	311	198	31	16	5	0	0		NE	0	
	S	0	0	138	268	363	428	447	428	363	268	138	0	0		N	0	
	SO	0	0	0	5	16	24	27	27	24	16	5	0	0		NO	0	
O	0	0	0	5	16	24	27	27	24	16	5	0	0	O	0			
NO	0	0	0	5	16	24	27	27	24	16	5	0	0	SO	0			
Horizontal	0	0	0	21	86	149	206	230	206	149	86	21	0	Horizontal	0			

Correcciones	Marco metálico o ningún marco + 1/0.85 ó 1,17	Defecto de limpieza 15% máx.	Altitud + 0,7% por 300 m	Punto de rocío superior a 19,5 °C - 14% por 10 °C	Punto de rocío inferior a 19,5 °C + 14% por 10 °C	Latitud sur Dic. o Enero + 7%
--------------	--	---------------------------------	-----------------------------	--	--	----------------------------------

Tomado de referencia 1.

Tabla A-7f
APORTACIONES SOLARES A TRAVÉS DE VIDRIO SENCILLO (Cont.)
 kcal/h × (m² de abertura)

50°

50°

0° LATITUD NORTE		HORA SOLAR														0° LATITUD SUR	
Época	Orientación	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	Orientación	Época	
21 Junio	N	78	82	32	35	38	38	38	38	38	35	32	12	28	S	22 Diciembre	
	NE	341	339	254	135	43	38	38	38	38	35	32	27	21	SE		
	E	377	444	439	368	254	111	38	38	38	35	32	27	21	E		
	SE	173	276	341	366	336	265	165	62	38	35	32	27	21	NE		
	S	21	27	43	105	184	235	252	235	184	105	43	27	21	N		
	SO	21	27	32	35	38	62	165	265	336	366	341	276	173	NO		
O	21	27	32	35	38	38	38	111	254	368	439	444	377	O			
NO	21	27	32	35	38	38	38	38	43	135	254	339	341	SO			
Horizontal	119	233	360	469	534	580	598	580	534	469	360	233	119	Horizontal			
21 Julio y 21 Mayo	N	57	29	32	35	38	38	38	38	38	35	32	29	57	S	21 Enero y 21 Noviembre	
	NE	309	312	235	119	40	38	38	38	38	35	32	27	16	SE		
	E	355	436	442	382	260	116	38	28	38	35	32	27	16	E		
	SE	176	290	363	387	368	295	189	70	38	35	32	27	16	NE		
	S	16	27	57	135	217	265	287	265	217	135	57	27	16	N		
	SO	16	27	32	35	38	70	189	295	368	387	363	290	176	NO		
O	16	27	32	35	38	38	38	116	260	382	442	436	355	O			
NO	16	27	32	35	38	38	38	38	40	135	235	312	309	SO			
Horizontal	89	203	322	431	509	556	572	556	509	431	322	203	89	Horizontal			
24 Agosto y 20 Abril	N	21	21	27	32	35	38	38	38	35	32	27	21	21	S	20 Febrero y 23 Octubre	
	NE	206	254	189	84	35	38	38	38	35	32	27	21	10	SE		
	E	254	393	428	342	265	127	38	38	35	32	27	21	10	E		
	SE	143	301	390	425	411	358	241	108	35	32	27	21	10	NE		
	S	10	24	97	198	284	352	374	352	284	198	97	24	10	N		
	SO	10	21	27	32	35	108	241	358	414	425	390	301	143	NO		
O	10	21	27	32	35	38	38	122	265	382	428	393	254	O			
NO	10	21	27	32	35	38	38	38	38	35	32	27	21	SO			
Horizontal	35	124	241	355	433	485	501	485	433	355	241	124	35	Horizontal			
22 Septiembre y 22 Marzo	N	0	10	21	27	32	32	32	32	32	27	21	10	0	S	22 Julio y 22 Septiembre	
	NE	0	157	124	43	12	32	32	32	32	27	21	10	0	SE		
	E	0	276	374	352	252	116	32	32	32	27	21	10	0	E		
	SE	0	233	377	439	442	391	284	151	62	27	21	10	0	NE		
	S	0	299	438	466	406	428	406	355	284	151	62	21	0	N		
	SO	0	10	21	27	46	151	284	393	442	439	377	233	0	NO		
O	0	10	21	27	32	32	32	32	32	27	21	10	0	O			
NO	0	10	21	27	32	32	32	32	32	27	21	10	0	SO			
Horizontal	0	40	132	238	320	379	401	379	320	238	132	40	0	Horizontal			
23 Octubre y 20 Febrero	N	0	0	10	19	24	27	29	27	24	19	10	0	0	S	20 Abril y 24 Agosto	
	NE	0	78	54	19	24	27	29	27	24	19	10	0	0	SE		
	E	0	198	268	284	214	94	29	27	24	19	10	0	0	E		
	SE	0	187	301	323	425	390	311	187	65	19	10	0	0	NE		
	S	0	46	143	268	371	425	452	425	371	268	143	46	0	N		
	SO	0	0	10	19	24	27	29	27	24	19	10	0	0	NO		
O	0	0	10	19	24	27	29	27	24	19	10	0	0	O			
NO	0	0	10	19	24	27	29	27	24	19	10	0	0	SO			
Horizontal	0	5	51	122	195	273	314	273	195	122	51	5	0	Horizontal			
21 Noviembre y 21 Enero	N	0	0	2	10	16	21	24	21	16	10	2	0	0	S	21 Julio	
	NE	0	0	13	10	16	21	24	21	16	10	2	0	0	SE		
	E	0	0	138	173	154	75	24	21	16	10	2	0	0	E		
	SE	0	0	168	257	344	344	290	151	75	10	2	0	0	NE		
	S	0	0	92	182	174	387	414	387	314	182	92	0	0	N		
	SO	0	0	0	2	10	16	21	24	21	16	10	2	0	NO		
O	0	0	2	10	16	21	24	21	16	10	2	0	0	O			
NO	0	0	2	10	16	21	24	21	16	10	2	0	0	SO			
Horizontal	0	0	10	35	81	127	143	127	81	35	10	0	0	Horizontal			
22 Diciembre	N	0	0	0	8	13	16	19	16	13	8	0	0	0	S	21 Junio	
	NE	0	0	0	8	13	16	19	16	13	8	0	0	0	SE		
	E	0	0	0	73	127	62	19	16	13	8	0	0	0	E		
	SE	0	0	0	111	290	314	273	168	62	16	8	0	0	NE		
	S	0	0	0	84	268	355	382	355	268	84	0	0	0	N		
	SO	0	0	0	8	67	168	273	314	290	111	0	0	0	NO		
O	0	0	0	8	13	16	19	16	13	8	0	0	0	O			
NO	0	0	0	8	13	16	19	16	13	8	0	0	0	SO			
Horizontal	0	0	0	13	51	89	108	89	51	13	0	0	0	Horizontal			
Correcciones	Marco metálico o ningún marco = 1.0,85 o 1.17	Defecto de limpieza 1% máx.				Ángulo 0.2° por 30 m				Pendiente de superficie 1.0%				Punto de inclinación 1.0%			

Tomado de referencia 1.

Tabla A-8a

FACTORES TOTALES DE GANANCIA SOLAR A TRAVÉS DEL VIDRIO
 (coeficientes globales de insolación con o sin dispositivo de sombra o pantalla) *

Aplicar estos coeficientes a los valores de las tablas 6 y 15.
 Velocidad del viento 8 km/h. Ángulo de incidencia 30°. Con máxima sombra de persiana.

TIPO DE VIDRIO	SIN PERSIANA O PANTALLA	PERSIANAS VENECIANAS INTERIORES * Listones horizontales o verticales inclinados 45° O CORTINAS DE TELA			PERSIANAS VENECIANAS EXTERIORES Listones horizontales inclinados 45°		PERSIANA EXTERIOR (Listones inclinados 45° horizontales) **		CORTINA EXTERIOR DE TELA Cualquiera de aire fresco y lateralmente	
		Color claro	Color medio	Color oscuro	Color claro	Exterior claro Interior oscuro	Color medio ****	Color oscuro ***	Color claro	Color medio u oscuro
VIDRIO SENCILLO ORDINARIO	1,00	0,56	0,65	0,75	0,15	0,10	0,22	0,10	0,20	0,25
VIDRIO SENCILLO 6 mm	0,94	0,56	0,65	0,74	0,14	0,12	0,21	0,14	0,19	0,24
VIDRIO ABSORBENTE *****										
Coefficiente de absorción 0,40 a 0,48	0,80	0,56	0,62	0,72	0,12	0,11	0,18	0,12	0,16	0,20
Coefficiente de absorción 0,48 a 0,56	0,73	0,53	0,59	0,67	0,11	0,10	0,16	0,11	0,15	0,18
Coefficiente de absorción 0,56 a 0,70	0,62	0,51	0,54	0,56	0,10	0,10	0,14	0,10	0,12	0,16
VIDRIO DOBLE										
Vidrios ordinarios	0,90	0,54	0,61	0,67	0,14	0,12	0,26	0,14	0,18	0,22
Vidrios de 6 mm	0,80	0,52	0,59	0,65	0,12	0,11	0,18	0,12	0,16	0,20
Vidrio exterior ordinario										
Vidrio ext. absorbente de 0,48 a 0,56	0,52	0,36	0,39	0,43	0,10	0,10	0,11	0,10	0,10	0,13
Vidrio interior de 6 mm										
Vidrio ext. absorbente de 0,48 a 0,56	0,50	0,36	0,39	0,43	0,10	0,10	0,11	0,10	0,10	0,13
VIDRIO TRIPLE										
Vidrio ordinario	0,83	0,48	0,56	0,64	0,12	0,11	0,18	0,12	0,16	0,20
Vidrio de 6 mm	0,69	0,47	0,52	0,57	0,10	0,10	0,15	0,10	0,14	0,17
VIDRIO PINTADO										
Color claro	0,28									
Color medio	0,39									
Color oscuro	0,50									
VIDRIO DE COLOR *****										
Ambur	0,70									
Rojo oscuro	0,56									
Azul	0,60									
Gris	0,32									
Gris-verde	0,46									
Opalescente claro	0,43									
Opalescente oscuro	0,37									

Tomado de referencia 1.

TABLA DE TEMPERATURA EQUIVALENTE PARA MUROS EN G. CENTIGRADOS

Lat. Norte	TIEMPO SOLAR																Lat. S.		
	A.M.								P.M.										
Parad hacia el:	8	10	12	2	4	6	8	10	12	8	10	12	2	4	6	8	10	12	Parad hacia el:
	COLOR EXTERIOR DE LA PARED (O = OSCURA, C = CLARA)																		
	O	C	O	C	O	C	O	C	O	C	O	C	O	C	O	C	O	C	

Partición

NE	12	6	13	7	8	6	7	6	8	8	8	8	6	6	3	2	1	1	SE
E	17	8	20	10	18	9	7	7	8	8	8	8	6	6	3	3	1	1	EE
SE	7	3	14	9	16	10	13	9	9	8	8	8	6	6	3	2	1	1	SE
S	-2	-2	2	0	12	7	17	11	14	11	9	8	6	6	3	3	1	1	NS
SO	-2	-2	0	-1	3	2	14	12	22	16	23	16	13	11	3	2	1	1	NSO
O	-2	-2	0	0	3	3	11	7	22	16	27	19	12	12	4	4	1	1	OS
NO	-2	-2	0	-1	3	2	7	6	13	11	22	14	19	13	3	2	1	1	NSO
N	-2	-2	-1	-1	2	2	6	6	8	8	7	7	4	4	2	2	0	0	NS

Tabique de 4 plg. o piedra.

NE	-1	-2	13	7	11	6	6	3	7	6	8	8	7	7	6	6	3	2	SE
E	1	0	17	8	17	9	8	8	7	7	8	8	7	7	6	4	3	3	EE
SE	1	-1	11	6	16	9	14	9	10	8	8	8	7	7	6	4	3	3	SE
S	-2	-2	-1	-1	7	3	13	9	14	10	11	9	7	7	4	4	2	2	NS
SO	0	-1	0	-1	1	1	7	4	18	12	20	14	19	13	6	4	3	3	NSO
O	0	-1	0	0	2	1	6	4	14	10	22	16	23	16	9	8	3	3	OS
NO	-2	-2	-1	-1	1	1	4	3	7	7	17	12	19	13	7	6	3	3	NSO
N	-2	-2	-1	-1	0	0	3	3	6	6	7	7	7	7	4	4	2	2	NS

Ladrillo hueco de 8 plg.

NE	0	0	0	0	11	6	9	6	6	3	7	6	8	7	7	6	4	4	SE
E	2	1	7	2	13	7	14	8	11	7	7	6	8	7	8	6	6	4	EE
SE	1	0	1	0	9	4	11	7	11	8	8	7	8	7	7	6	4	3	SE
S	0	0	0	0	1	0	7	3	13	8	14	9	11	8	7	6	4	3	NS
SO	1	0	1	0	1	0	3	2	7	6	14	10	17	11	14	10	4	4	NSO
O	2	1	2	1	2	1	3	2	6	4	10	8	17	12	18	12	10	8	OS
NO	0	0	0	0	1	0	2	1	4	3	7	6	12	10	17	12	6	4	NSO
N	-1	-1	-1	-1	-1	-1	0	0	3	3	6	6	6	6	6	6	3	3	NS

Tabique de 12 plg. Ladrillo hueco de 12 plg.

NE	1	1	1	1	6	1	9	4	8	4	6	3	6	4	6	6	6	4	SE
E	4	3	4	3	8	4	10	6	10	6	8	4	8	6	8	6	7	6	EE
SE	4	2	3	2	7	2	8	4	10	7	9	7	7	6	7	6	7	6	SE
S	2	1	2	1	2	1	2	1	6	3	9	6	9	7	7	6	6	4	NS
SO	4	2	3	2	3	2	4	2	6	3	7	4	11	7	13	9	11	8	NSO
O	4	2	3	2	3	3	4	3	6	3	8	4	11	6	13	9	13	9	OS
NO	1	1	1	1	1	1	2	1	3	2	4	3	6	4	9	8	10	8	NSO
N	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	3	3	4	4	4	4	3	3	NS

Tomado de los apuntes de la materia "Aire acondicionado y refrigeración"

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

TABLA DE TEMPERATURA EQUIVALENTE PARA TECHOS

Tiempo solar.

DESCRIPCIÓN DE LOS MATERIALES DEL TECHO

A.M.				P.M.				
8	10	12	2	4	6	8	10	12

Techos expuestos al sol. Construcción ligera.

Madera de 1 plg.
Madera de 1 plg y aislante

7	21	30	34	28	14	6	2	0
---	----	----	----	----	----	---	---	---

Techos expuestos al sol. Construcción media.

Concreto de 2 plg.
Concreto de 2 plg. y aislante
Madera de 2 plg.

3	17	27	32	28	18	8	3	1
---	----	----	----	----	----	---	---	---

Concreto 4 plg.
Concreto de 4 plg. y aislante

0	11	21	28	29	22	12	7	3
---	----	----	----	----	----	----	---	---

Techos expuestos al sol. Construcción pesada.

Concreto de 6 plg.
Concreto de 6 plg. y aislante

2	3	13	21	26	24	18	10	7
3	3	11	19	23	24	19	11	8

Techos en la sombra.

Construcción ligera
Construcción media
Construcción pesada.

-2	0	3	7	8	7	4	1	0
-2	-1	1	4	7	7	6	3	1
-1	-1	0	2	4	6	6	4	2

NOTAS: 1 TECHO CLARO = TECHO A LA SOMBRA + 55% DE LA DIFERENCIA DE TECHO A LA SOMBRA Y TECHO AL SOL
2 COLOR MEDIO = TECHO A LA SOMBRA + 80% DE LA DIFERENCIA DE TECHO A LA SOMBRA Y TECHO AL SOL

Tomado de los apuntes de la materia "Aire acondicionado y refrigeración"

Tabla A-11a
Calor producido por las personas

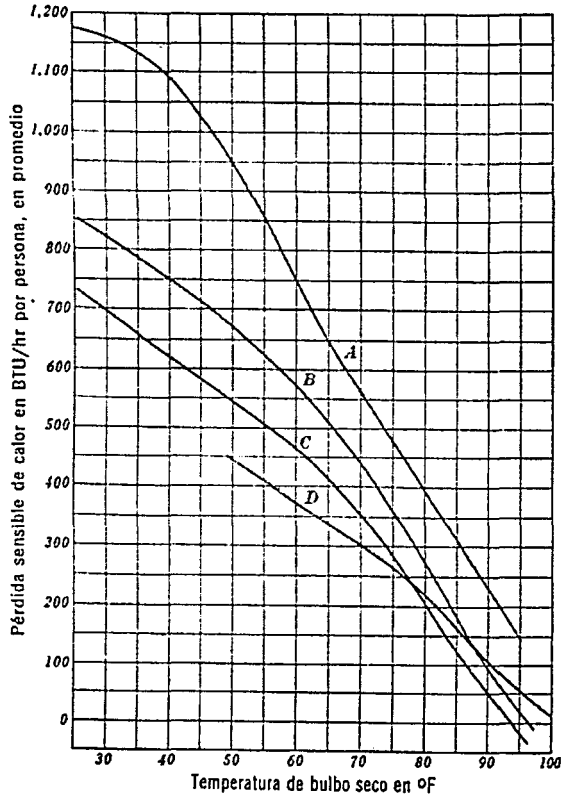
Grado de actividad	Aplicación típica	Relación metabólica de un hombre adulto Btu/h	Grupo de personas			Promedio de la relación metabólica Btu/h	Temperaturas del cuarto (°F, BS)									
			% de composición del grupo				82°F	80°F	78°F	75°F	70°F					
			Hombre	Mujer	Niño		Btu/h	Btu/h	Btu/h	Btu/h	Btu/h					
							Sens. Lat.	Sens. Lat.	Sens. Lat.	Sens. Lat.	Sens. Lat.					
Sentado	Teatro	390	45	45	10	350	175	175	195	155	210	140	230	120	260	90
Sentado; trabajo ligero	Escuela	450	50	50	0	400	180	220	195	205	215	185	240	160	275	125
Trabajo de oficina, actividad moderada	Oficinas, hoteles, departamentos	475	50	50	0	450	200	270	200	250	215	235	245	205	285	165
Parados; caminando despacio	Tienda de ropa, almacenes	550	10	70	20	450	200	270	200	250	215	280	245	205	285	165
Caminando; sentado, de pie; caminando despacio	Cafeterías, Bancos	550	20	70	10	500	180	320	200	300	220	280	255	245	290	210
Trabajo sedentario	Restaurantes	500	50	50	0	550	190	360	220	330	240	310	280	270	320	230
Trabajo ligero	Fábrica, trabajo ligero	800	60	40	0	750	190	560	220	530	245	505	295	455	365	285
Baile moderado	Salas de baile	900	50	50	0	850	220	630	245	605	275	575	325	525	400	450
Caminando, 3 mph	Fábricas, trabajo algo pesado	1,000	100	0	0	1,000	270	730	300	700	330	670	380	620	460	540
Jugando	Boliche	1,500	75	25	0	1,450	450	1,000	465	985	485	965	525	925	605	845

Ganancia de calor debida al equipo misceláneo

Dispositivo	Calor disipado durante el funcionamiento (BTU)/hr.	
	Calor sensible	Calor latente
Luz eléctrica y aparatos eléctricos, por kw instalado	3,413
Motores con la carga aplicada en el mismo cuarto, por HP*		
De 1/4 — 1/2 HP	4,250
De 1/2 — 3 HP	3,700
De 3 — 20 HP	2,950
Cafetera eléctrica (3 galones)	2,200	1,500
Cafetera eléctrica (5 galones)	3,400	2,300
Estufa de gas	3,100	1,700
Calentador de agua	3,150	3,850
Horno doméstico de gas	8,100	4,000
Cafetera de gas (3 galones)	2,500	2,500
Cafetera de gas (5 galones)	3,900	3,900
Equipo calentado por vapor, por pie cuadrado**		
Superficies calentadas por vapor:		
Pulida	130
Sin pulir	330
Superficie aislada	80
Secadores de pelo para sala de belleza:		
Tipo soplador	2,300	400
Tipo casco	1,870	330
Restaurantes, por comida servida	30 (Btu)

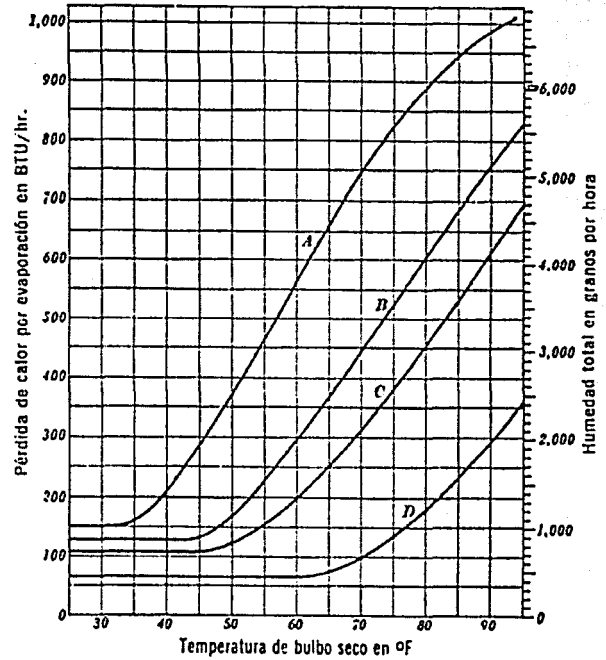
* Con carga conectada fuera del cuarto, reste 2,544 Btu/h.
** Para equipo cubierto, reduzca los valores un 50 %.

Tomado de referencia 4.



Pérdida de calor sensible de un ser humano a varias temperaturas de bulbo seco en aire quieto.

- A) hombre trabajando (66,150 lb pie/h)
- B) hombre trabajando (33,075 lb pie/h)
- C) hombre trabajando (16,538 lb pie/h)
- D) hombre sentado y descansando.



Pérdida de calor latente del ser humano por evaporación y humedad evaporada a varias temperaturas de bulbo seco en aire quieto.

- A) hombre trabajando (66,150 lb pie/h)
- B) hombre trabajando (33,075 lb pie/h)
- C) hombre trabajando (16,538 lb pie/h)
- D) hombre sentado y descansando.

Tomado de referencia 4.

Tabla A-12a

Ventilación recomendada para diferentes lugares.

APLICACION	Humo de cigarros	ft ³ /min. por persona		ft ³ /min. mínimos de obra por ft ² de techo
		Recomendado	Mínimo	
Departamentos {normales de lujo	Poco	20	15	—
	Poco	30	25	0.33
Bancos	Ocasional	10	7.5	—
Peluquerías	Considerable	15	10	—
Salones de belleza	Ocasional	10	7.5	—
Bares	Mucho	30	25	—
Corredores	—	—	—	0.25
Sala de juntas	Excesivo	50	30	—
Departamentos de tiendas	Nada	7.5	5	0.05
Garajes	—	—	—	1.0
Fábricas	Nada	10	7.5	0.10
Funerarias (salones)	Nada	10	7.5	—
Cafetería	Considerable	10	7.5	—
Hospitales {quirófanos cuartos privados salas de espera	Nada	—	—	2.0
	Nada	30	25	0.33
	Nada	20	15	—
Habitaciones de hotel	Mucho	30	25	0.33
Cocinas {restaurantes residencias	—	—	—	4.0
	—	—	—	2.0
Laboratorios	Poco	20	15	—
Salones de reunión	Mucho	50	30	1.25
Oficinas {generales privadas privadas	Poco	15	10	—
	Nada	25	15	0.25
	Considerable	30	25	0.25
Restaurantes {cafetería comedor	Considerable	12	10	—
	Considerable	15	12	—
Salones de clase	—	—	—	—
Teatros	Nada	7.5	5	—
Teatros	Poco	15	10	—
Tocadores	—	—	—	2.0

Tomado de referencia 4.

Tabla A-13a

Especificación para temperaturas de cálculo en los sistemas de acondicionamiento de aire y datos geográficos, mas temperaturas extremas de los distintos lugares de la Republica Mexicana.

LUGAR DE LA REPUBLICA	DATOS SITUACION					DATOS VERANO				DATOS INVIERNO		
	Posicion G Latitud Norte	Geografica Longitud Oeste	Altura Sobre el Nivel del Mar	Presion Barometrica		Temp Prom Max.-Ext. grados C	Temp de Calculo		Grados-Dia Anuales grados C	Temp Prom Min.-Ext. grados C	Temp de Calculo grados C	Grados-Dia Anuales grados C
				mb	mm Hg		BS	BH				
AGUASCALIENTES												
Aguascalientes	21 53'	102 18'	1879	816	612	36.8	34	19	248	-4.7	0	330
Rincon de Romos	22 14'	102 14'	1950	809	617	37.8	35	19	----	-7.0	-2	220
BAJA CALIFORNIA NORTE												
Ensenada	31 52'	116 38'	13	1012	759	36.5	34	26	109	1.1	5	492
Mexicali	32 29'	115 30'	1	1013	760	47.8	43	28	1660	-3.7	1	372
Tijuana	32 29'	117 02'	28	1010	758	38.2	35	26	754	-3.3	2	556
BAJA CALIFORNIA SUR												
La Paz	24 10'	110 07'	18	1011	758	38.0	36	27	1827	9.0	13	556
Mulege	28 53'	112 00'	33	1009	757	41.9	38	28	----	-5.0	0	630
Cabo San Lucas	23 03'	109 4'	25	1010	756	37	35	27	1740	7.0	11	630
CAMPECHE												
Campeche	19 51'	90 32'	25	1010	758	38.9	36	26	2087	12.7	16	
Ciudad del Carmen	18 38'	91 49'	3	1013	760	41.0	37	26	2126	10.8	14	
Champoton	19 21'	90 43'	2	1013	760	47.0	42	28	----	7.0	10.5	
COAHUILA												
Monclova	26 55'	101 26'	586*	948	711	42.0	38	24	1169	7.8	-3	326
Nueva Rosita	27 55'	101 17'	430	965	724	45.0	41	25	1539	8.5	-3	481
Piedras Negras	28 42'	100 31'	220	988	741	43.9	40	26	1547	-11.9	-6	479
Saltillo	25 26'	101 00'	1609	842	632	38.0	35	22	208	9.6	-4	523
Torreón	25 32'	103 27'	1013	889	667	45.0	40	21	----	-10.0	-5	227
COLIMA												
Colima	19 14'	103 45'	494	956	719	39.5	36	24	1683	8.5	12	
Manzanillo	19 04'	104 20'	3	1013	760	38.6	35	27	2229	12.1	15	
CHIAPAS												
Tapachula	14 51'	92 16'	168	994	746	37.4	34	25	2081	12.8	16	
Tuxtla Gutierrez	19 45'	93 06'	536	953	715	38.5	35	25	1601	7.2	11	
Comitan	16 15'	92 17'	1635	839	630	36.2	33	20	----	0.5	4	64
CHIHUAHUA												
Chihuahua	28 38'	106 04'	1423	890	645	38.5	35	23	651	11.5	-6	793
Ciudad Juarez	31 44'	106 25'	1137	889	667	43	37	24	695	-10	-5.0	1289
Ojinaga	29 34'	104 25'	841	921	590	50.0	45	24	----	12.0	-6.5	680
Hidalgo del Parral	26 56'	103 35'	1652*	834	628	34.2	32	20	----	14.0	-8	730

AA 006-94 000

Tabla A-13c

Especificación para temperaturas de cálculo en los sistemas de acondicionamiento de aire y datos geográficos, mas temperaturas extremas de los distintos lugares de la Republica Mexicana. (Continuación)

LUGAR DE LA REPUBLICA	DATOS SITUACION					DATOS VERANO				DATOS INVIERNO		
	Posicion G Latitud Norte	Geografica Longitud Oeste	Altura Sobre el Nivel del Mar	Presion Barometrica		Temp Prom. Max.-Ext. grados C	Temp de Calculo		Grados-Dia Anuales grados C	Temp.Prom Min.-Ext. grados C	Temp de Calculo grados C	Grados-Dia Anuales grados C
				mb	mm Hg		BS	BH				
QUERETARO												
Queretaro	20 36'	100 23'	1842	819	614	36.2	33	21	159	-4.9	0	248
San Juan del Rio	20 23'	100 00'	1800	815	610	35.2	32	21	----	-4.9	0	
SAN LUISPOTOSI												
San Luis Potosi	22 09'	100 58'	1877	816	612	37.3	34	18	86	-2.7	2	345
Matehuala	23 36'	100 39'	1597	848	632	39.8	36	22	----	-10.0	-5	
Rio Verde	21 56'	99 59'	987	905	679	41.4	38	24	----	-5.4	-1	
SINALOA												
Culiacan	24 48'	107 24'	53	1007	755	40.9	37	27	1659	31.1	7	
Mazatlan	23 11'	106 25'	78	1004	753	33.4	31	26	1373	11.2	14	
Topokobanipo	25 36'	109 03'	3	1013	760	41.1	37	27	1754	8.0	12	
El Fuerte	26 25'	108 38'	115	1000	750	47.3	42	28	----	-4.5	1	
Guamuchil	25 27'	108 05'	43	1008	756	43.0	39	27	----	3.0	2	
SONORA												
Guaymas	27 55'	110 53'	4	1013	760	47.0	42	27	1809	7.0	11	
Hermosillo	29 05'	110 58'	211	989	742	45.0	41	28	1875	2.0	6	84
Nogales	30 21'	110 58'	1117	885	664	41	37	26	655	-2.5	0	979
Ciudad Obregon	27 29'	109 55'	40	1009	757	48.0	43	28	2443	1.1	4	
Altar	30 44'	111 46'	397	969	726	47.0	42	28	----	-1.0	4	
Navojoa	27 07'	109 28'	38	1009	757	46.0	41	28	----	-1.0	4	
TABASCO												
Villahermosa	17 59'	92 55'	10	1012	759	41.0	37	26	2206	12.2	15	
Ayvaro Obregon	16 32'	92 39'	2	1013	760	44.5	40	29	----	14.0	16	
Otras Ciudades	17 33'	92 57'	60	1004	753	41.0	37	26	----	11.0	14	
VERACRUZ												
Jalapa	19 32'	96 55'	1399	863	647	34.6	32	21	245	2.2	6	208
Poza Rica	20 33'	97 26'	150	995	748	40.0	37	27	----	0.5	4	
Orizaba	18 51'	97 05'	1246	878	659	37.0	34	21	184	1.5	6	134
Veracruz	19 12'	96 08'	16	1011	758	35.6	33	27	1763	9.6	13	
Coatzacoalcos	18 09'	94 24'	14	1012	759	41.0	37	28	----	10.0	13.5	
Tuxpan	20 57'	97 24'	15	1013	760	46.4	37	27	----	8.0	5.5	

AA 006 94 000

Tomado de referencia 3.

121

Tabla A-13b

Especificación para temperaturas de cálculo en los sistemas de acondicionamiento de aire y datos geográficos, mas temperaturas extremas de los distintos lugares de la Republica Mexicana. (Continuación)

LUGAR DE LA REPUBLICA	DATOS SITUACION					DATOS VERANO				DATOS INVIERNO		
	Posicion G Latitud Norte	Geografica Longitud Oeste	Altura Sobre el Nivel del Mar	Presion Barometrica		Temp Prom Max.-Ext. grados C	Temp de Calculo		Grados-Dia Anuales grados C	Temp Prom Min.-Ext. grados C	Temp de Calculo grados C	Grados-Dia Anuales grados C
				mb	mm Hg		BS	BH				
DISTRITO FEDERAL												
Cd. Mexico Chapultepec	19 25'	99 10'	2240	780	585	33.9	31	17	78	-4.8	0	847
Cd. Mexico Tacubaya	19 24'	99 12'	2309	776	582	32.8	30	17	-----	-6.5	-1	860
Cd. Mexico Santa Fe	19 20'	99 14'	2400	775	575	32.0	30	17	62	-8.0	-2	980
Cd. Mexico Aeropuerto	19 23'	99 11'	2200	766	-----	34.5	31	17	74	-4.0	0	830
DURANGO												
Durango	24 01'	104 40'	1898	814	610	35.6	34	17	100	5.0	0	550
Ciudad Lerdo	25 33'	103 32'	1140	889	667	45.0	40	21	1082	10.0	-5	227
Santiago Papasquiaro	25 02'	105 26'	1740	829	622	42.0	38	21	-----	-14.0	-8	156
GUANAJUATO												
Celaya	20 32'	100 49'	1754	828	610	41.5	38	20	657	4.5	0	136
Guanajuato	21 01'	101 15'	2037	801	601	33.8	31	18	49	0.1	5	245
Leon	21 07'	101 41'	1809	822	617	36.5	34	20	192	-2.5	2	176
Salvatierra	20 13'	100 53'	1761	827	620	38.0	35	19	367	2.0	3	40
Irapuato	20 40'	101 21'	1724	831	623	38.2	35	19	-----	-1.5	3	-----
GUERRERO												
Acapulco	16 50'	99 56'	3	1013	760	35.8	33	27	2613	15.8	19	-----
Chilpancingo	17 33'	99 30'	1250	878	658	35.2	33	23	434	5.0	9	-----
Taxco	18 33'	99 36'	1755	828	621	36.5	34	20	518	6.0	12	-----
Idiapa Zihuatanejo	17 54'	101 48'	38	1009	757	44.0	40	27	-----	11.5	14	-----
HIDALGO												
Actopan	20 08'	98 45'	2445	764	563	31.4	29	18	-----	-5.8	-1	1007
Tulancingo	20 05'	98 22'	2181	787	590	34.7	32	19	12	5.8	-1	849
Pachuca	20 08'	98 45'	2444	764	574	31.5	30	18	-----	-6.0	-1	-----
Tepequapan	20 29'	99 13'	1745	829	622	41.0	37	19	-----	-9.0	1	-----
JALISCO												
Guadalajara	20 41'	103 20'	1584	844	633	36.0	33	20	204	3.7	1	164
Lagos de Moreno	21 22'	101 56'	1686	816	612	43.2	39	20	574	3.2	2	162
Puerto Vallarta	20 37'	105 15'	2	1013	760	39.0	36	26	2090	11.0	14	-----
Ameca	20 34'	104 04'	1735	879	660	39.6	36	24	-----	1.0	5	-----
MEXICO												
Tehuacan	19 51'	98 52'	2216	781	568	34.0	32	19	175	6.0	1	500
Toluca	19 07'	99 34'	2675	741	557	26.8	25	17	-----	3.0	2	1570
Tehuacan	19 51'	98 52'	2216	781	568	34.0	32	19	-----	6.0	1	-----

AA 006 94 000

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Tomado de referencia 3.

Tabla A-13d

Especificación para temperaturas de cálculo en los sistemas de acondicionamiento de aire y datos geográficos, mas temperaturas extremas de los distintos lugares de la Republica Mexicana. (Continuación)

LUGAR DE LA REPUBLICA	DATOS SITUACION					DATOS VERANO				DATOS INVIERNO		
	Posicion G Latitud Norte	Geografica Longitud Oeste	Altura Sobre el Nivel del Mar	Presion Barometrica		Temp.Prom Max.-Ext. grados C	Temp. de Calculo		Grados-Dia Anuales grados C	Temp Prom Min.-Ext. grados C	Temp. de Calculo grados C	Grados-Dia Anuales grados C
				mb	mm Hg		BS	BH				
MICHOACAN												
Apatzingan	19 05	102 15	682	937	703	43.0	39	25	3013	11.5	15	270
Morelia	19 42	101 07	1923	812	609	31.3	30	19	165	1.6	6	270
Zamora	19 59	102 18	1833	840	630	37.5	35	20	370	-0.2	4	25
Zacapu	19 45	101 45	2000	840	603	34.8	32	19	168	-6.0	-1	675
La Piedad	20 26	102 91	1775	826	619	37.0	34	20	---	-3.0	2	
Uruapan	19 25	101 58	1611	842	631	36.5	34	20	---	-0.5	4	
MORFLOS												
Cuautla	18 48	98 57	1291	874	655	47.4	42	22	825	5.3	9	
Cuernavaca	18 55	99 14	1538	849	637	32.6	31	20	250	6.9	11	
Puente de Ixtla	18 37	99 10	900	814	686	42.0	38	22	---	---	---	
NAYARIT												
San Blas	21 32	105 19	7	1013	760	36.0	33	26	1467	7.3	11	
Tepic	21 31	104 53	918	912	694	38.9	36	26	600	1.9	6	
Acaponeta	22 30	105 23	25	1010	758	40.0	37	27	---	---	---	
NUEVO LEON												
Montemorelos	25 12	99 50	432	965	724	42.8	39	25	1856	0.5	5	
Monterrey	25 40	100 15	534	954	715	41.5	38	26	1181	-5.4	0	173
Lampazos	27 02	100 31	340	975	731	41.5	38	25	---	-10.5	-5	
OAXACA												
Oaxaca	17 04	96 42	1563	846	635	38.0	35	22	290	2.4	7	
Salina Cruz	16 12	95 12	56	1007	755	36.8	34	26	2403	16.0	19	
Huajuapán de León	17 46	97 47	1597	843	632	42.0	38	22	---	-5.0	0	
Pochutla	15 44	96 38	1163	995	746	40.0	37	27	---	---	---	
PUEBLA												
Puebla	19 02	98 11	2150	790	590	30.8	29	17	144	-1.5	3	418
Tehuacan	18 18	97 21	1676	835	621	37.0	34	20	196	5.0	0	80
Teztlán	19 48	97 21	1990	805	634	39.0	36	22	---	-4.2	0	
Huachinango	20 10	98 53	1601	843	632	40.5	37	21	---	3.0	2	

AA-006-94-000

Tomado de referencia 3.

123

Tabla A-13e

Especificación para temperaturas de cálculo en los sistemas de acondicionamiento de aire y datos geográficos, mas temperaturas extremas de los distintos lugares de la Republica Mexicana. (Continuación)

LUGAR DE LA REPUBLICA	DATOS SITUACION					DATOS VERANO				DATOS INVIERNO		
	Posicion G Latitud Norte	Geografica Longitud Oeste	Altura Sobre el Nivel del Mar	Presion Barometrica		Temp.Prom. Max.-Ext. grados C	Temp de Calculo		Grados-Dia Anuales grados C	Temp Prom. Min.-Ext. grados C	Temp de Calculo grados C	Grados-Dia Anuales grados C
				mb	mm Hg		BS	BH				

YUCATAN												
Merida	20 58'	89 38'	22	1011	758	41.0	37	27	2145	11.6	15	
Progreso	21 17'	89 40'	14	1012	759	38.8	36	27	1908	13.0	16	
Valladolid	20 41'	88 13'	22	1011	758	40.0	37	27	----	11.6	15	
ZACATECAS												
Fresnillo	23 10'	102 53'	2250	781	586	39.0	36	19	235	-4.5	0	794
Zacatecas	22 47'	102 34'	2612	784	561	29.0	28	17	----	-7.5	-2	1383
Sombrerete	23 39'	103 37'	2350	772	579	36.5	34	18	----	-9.0	-4	
QUINTANA ROO												
Cozumel	20 31'	86 57'	3	1013	760	35.8	33	27	1969	10.3	14	
Chetumal	18 30'	88 20'	4	1013	760	37	34	27	2120	9.5	13	
Can Cun	19 35'	88 02'	3	1013	760	37	33	27	2010	6.5	12	
Playa del Carmen	19 10'	88 15'	3	1013	760	38	34	27	2050	10	14	
TAMAULIPAS												
Matamoros	25 32'	87 20'	12	1012	759	39.3	37	26	1815	1.8	4.3	47
Nuevo Laredo	27 29'	99 30'	140	967	748	45.0	41	32	2042	-7.0	-2	118
Tampico	22 12'	97 81'	18	1011	738	39.3	36	26	1635	-2.5	2	
Ciudad Victoria	23 44'	99 08'	221	977	733	41.7	36	26	1397	-2.3	2	87
Reynosa	23 46'	98 12'	25	1010	758	45.0	41	28	----	7.7	-3	
TLAXCALA												
Tlaxcala	19 32'	98 15'	2252	781	686	29.4	28	17	34	-1.4	3	512

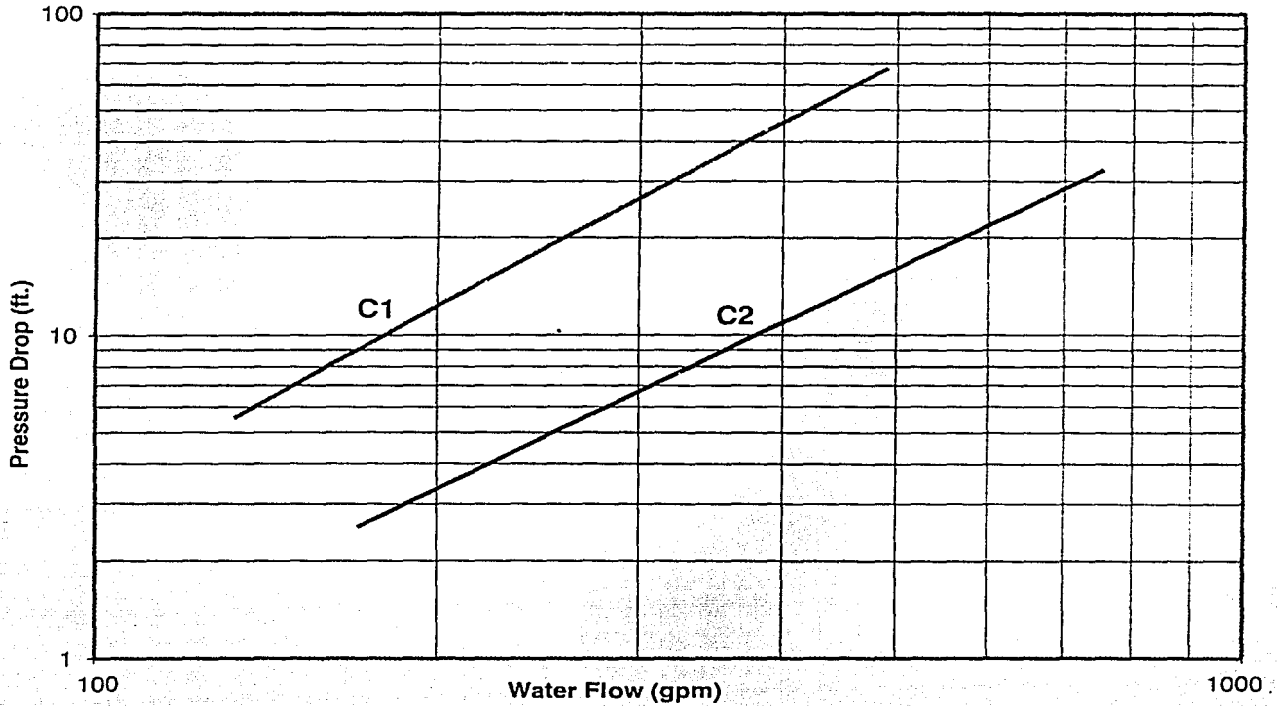
AA-006-94-000

Tomado de referencia 3.

Water Pressure Drop (English Units)

ENGLISH UNITS

WATER PRESSURE DROP - 2 COMPRESSOR UNITS



LD05825

MODEL NUMBER YCAS	COOLER
0098, 0118, 0138	C1
0128, 0148, 0158, 0178, 0198, 0208	C2

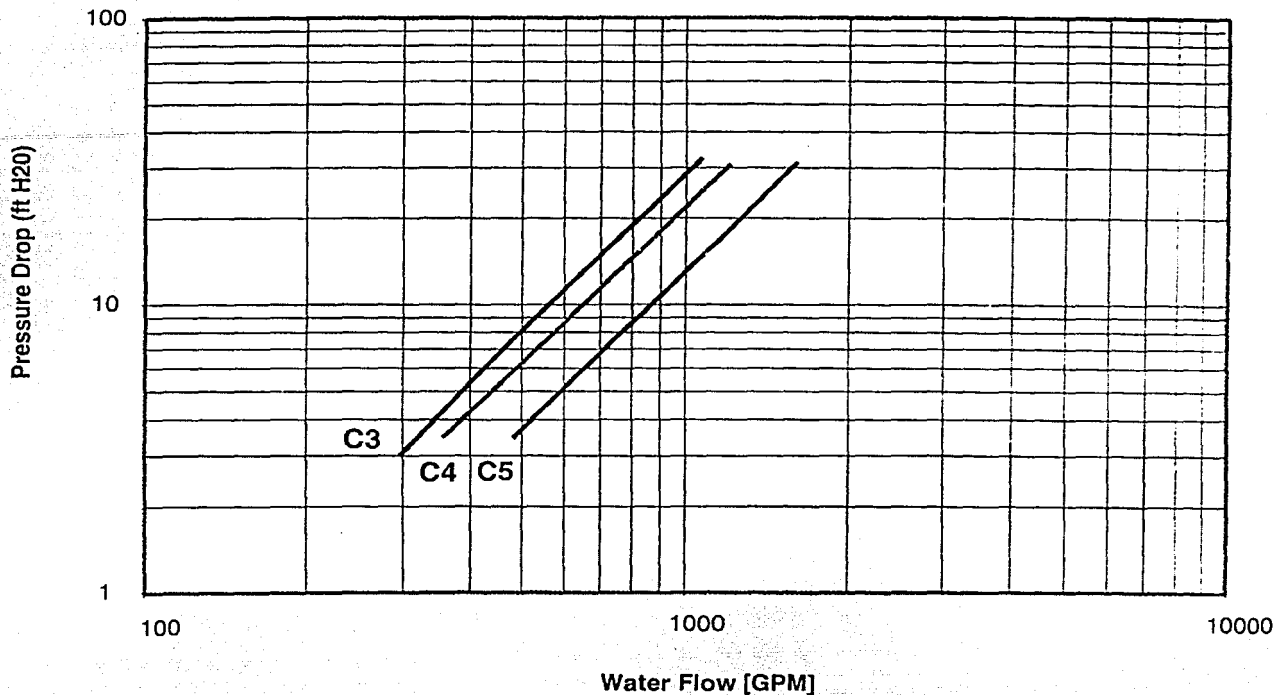
Tomado de los catálogos de equipo YORK.

Figura A-14b

(Continuación)

ENGLISH UNITS

WATER PRESSURE DROP - 3 & 4 COMPRESSOR UNITS



LD06102

MODEL NUMBER YCAS	COOLER
0218, 0248, 0268	C3
0288, 0308, 0328	C4
0358, 0398, 0418	C5

Tomado de los catálogos de equipo YORK .

Ratings – R-407C Optimized (English Units, continued)

LCWT (°F)	AIR TEMPERATURE ON CONDENSER (°F)														
	75			80			85			90			95		
	TONS	kW	EER	TONS	kW	EER	TONS	kW	EER	TONS	kW	EER	TONS	kW	EER

MODEL YCAS0178EB (IPLV = 13.3)

40.0	177.5	145.0	13.4	171.4	154.6	12.2	165.3	165.2	11.0	159.3	175.6	10.0	153.4	188.7	9.1
42.0	183.3	146.0	13.7	177.1	155.6	12.5	170.8	166.2	11.4	164.8	177.6	10.3	158.8	189.7	9.3
44.0	189.1	147.0	14.1	182.7	156.8	12.8	176.5	167.2	11.7	170.2	178.6	10.6	164.2	190.6	9.6
45.0	192.1	147.5	14.2	185.6	157.3	13.0	179.3	167.7	11.8	173.0	179.1	10.7	166.9	191.0	9.7
46.0	195.0	147.9	14.4	188.5	157.8	13.1	182.1	168.2	12.0	176.9	179.9	10.9	169.7	191.5	9.9
48.0	201.0	148.8	14.8	194.3	158.7	13.5	187.8	169.1	12.3	181.5	180.4	11.2	175.2	192.4	10.2
50.0	207.0	149.6	15.1	200.2	159.6	13.8	193.6	170.1	12.6	187.1	181.3	11.5	180.8	193.3	10.4
52.0	213.1	150.4	15.5	206.2	160.4	14.2	199.4	171.0	12.9	192.7	182.4	11.7	186.4	194.2	10.7
55.0	222.3	151.6	16.1	215.2	161.7	14.7	208.2	172.5	13.4	201.4	183.6	12.2	194.9	195.9	11.1

MODEL YCAS0198EB (IPLV = 13.3)

40.0	192.1	151.9	13.6	185.4	162.2	12.3	178.9	173.3	11.2	172.6	185.1	10.2	166.4	197.8	9.2
42.0	198.4	152.8	13.9	191.6	163.2	12.7	185.0	174.2	11.5	178.6	186.0	10.5	172.2	198.7	9.5
44.0	204.8	153.7	14.3	197.9	164.0	13.0	191.1	175.1	11.9	184.5	186.9	10.8	178.1	199.5	9.8
45.0	208.0	154.1	14.5	201.1	164.5	13.2	194.2	175.5	12.0	187.5	187.4	11.0	181.0	199.9	10.0
46.0	211.2	154.5	14.7	204.2	164.9	13.4	197.3	175.9	12.2	190.5	187.8	11.1	184.0	200.3	10.1
48.0	217.7	155.3	15.1	210.6	165.6	13.8	203.6	176.7	12.5	196.7	188.6	11.4	190.0	201.2	10.4
50.0	224.2	156.0	15.5	217.1	166.4	14.1	209.9	177.5	12.9	202.9	189.4	11.7	196.1	202.0	10.7
52.0	230.7	156.7	15.9	223.6	167.1	14.5	216.3	178.2	13.2	209.2	190.1	12.1	202.2	202.8	11.0
55.0	240.7	157.6	16.4	233.5	168.1	15.1	226.0	179.3	13.7	218.7	191.2	12.5	211.5	204.0	11.4

MODEL YCAS0208EB (IPLV = 13.4)

40.0	208.1	169.3	13.3	200.9	180.8	12.1	193.9	193.1	11.0	187.0	206.4	10.0	180.2	220.5	9.1
42.0	214.9	170.5	13.7	207.6	181.9	12.5	200.4	194.3	11.3	196.3	208.3	10.4	186.4	221.6	9.3
44.0	221.7	171.6	14.0	214.3	183.1	12.8	206.9	195.4	11.6	199.8	208.6	10.6	192.8	222.7	9.6
45.0	225.2	172.1	14.2	217.7	183.6	13.0	210.3	195.9	11.8	205.1	209.7	10.8	196.0	223.2	9.7
46.0	228.7	172.6	14.4	221.1	184.1	13.1	213.6	196.5	12.0	206.3	209.7	10.9	201.5	224.4	10.0
48.0	235.7	173.6	14.8	227.9	185.2	13.5	220.3	197.5	12.3	212.9	210.7	11.2	205.6	224.7	10.2
50.0	242.7	174.6	15.1	234.9	186.1	13.8	227.1	198.5	12.6	219.5	211.7	11.5	212.2	225.8	10.4
52.0	249.9	175.5	15.5	241.9	187.1	14.2	234.0	199.5	12.9	226.3	212.7	11.8	218.7	226.8	10.7
55.0	260.6	176.8	16.1	252.5	188.5	14.7	244.4	200.9	13.4	236.5	214.2	12.2	228.7	228.4	11.1

NOTES:

1. kW = Compressor Input Power
2. EER = Chiller EER (includes power from compressors, fans, and control panels 0.8 kW)
3. LCWT = Leaving Chilled Water Temperature
4. Ratings based on 2.4 GPM cooler water per ton
5. Rated in accordance with ARI Standard 550/590-98
6. Shaded Ratings certified in accordance with ARI Standard 550/590-98 up to 200 tons.

Tomado de los catálogos de equipo YORK.

Tabla A-14d
(Continuación)

LCWT (°F)	AIR TEMPERATURE ON CONDENSER (°F)																	
	100			105			110			115			120			125		
	TONS	kW	EER	TONS	kW	EER	TONS	kW	EER	TONS	kW	EER	TONS	kW	EER	TONS	kW	EER

MODEL YCAS0178EB

40.0	147.8	201.5	8.2	142.5	215.2	7.4	137.4	229.7	6.8	132.5	244.9	6.1	109.4	223.4	5.5	80.6	196.5	4.6
42.0	153.1	202.4	8.5	147.6	216.1	7.7	142.4	230.4	7.0	137.4	245.6	6.3	111.0	219.3	5.7	81.8	193.7	4.7
44.0	158.3	203.4	8.7	152.7	216.9	7.9	147.4	231.2	7.2	141.3	244.1	6.6	112.5	215.4	5.9	83.0	191.0	4.8
45.0	161.0	203.8	8.9	155.4	217.3	8.0	150.0	231.6	7.3	142.1	241.2	6.7	113.3	213.4	6.0	83.5	189.7	4.9
46.0	163.7	204.3	9.0	158.0	217.8	8.2	152.6	232.0	7.4	142.9	238.4	6.8	114.0	211.6	6.1	84.1	188.4	5.0
48.0	169.1	205.2	9.2	163.3	218.6	8.4	157.8	232.8	7.7	145.1	234.2	7.0	115.4	207.9	6.2	85.2	185.9	5.1
50.0	174.6	206.1	9.5	168.7	219.5	8.7	163.0	233.7	7.9	146.9	229.4	7.2	116.8	204.4	6.4	86.2	183.4	5.2
52.0	180.1	207.0	9.8	174.1	220.4	8.9	168.4	234.5	8.1	148.5	224.8	7.5	118.1	201.1	6.6	87.2	181.1	5.4
55.0	188.5	208.4	10.2	182.3	221.8	9.3	176.5	235.9	8.5	150.8	218.3	7.8	120.0	196.3	6.8	88.6	177.7	5.5

MODEL YCAS0198EB

40.0	160.3	211.2	8.4	154.4	225.7	7.6	148.9	241.0	6.9	143.6	257.2	6.3	134.0	264.3	5.7	104.6	234.6	5.0
42.0	166.0	212.2	8.7	160.0	226.5	7.9	154.3	241.6	7.1	148.9	257.7	6.5	137.6	261.5	5.9	106.3	230.8	5.1
44.0	171.7	213.0	8.9	165.6	227.2	8.1	159.9	242.3	7.4	154.3	258.2	6.7	141.1	258.8	6.1	107.9	227.1	5.3
45.0	174.6	213.3	9.1	168.5	227.6	8.2	162.6	242.7	7.5	157.0	258.5	6.8	142.9	257.5	6.2	108.7	225.3	5.4
46.0	177.6	213.7	9.2	171.3	228.0	8.4	165.4	243.1	7.6	159.8	258.9	6.9	144.6	256.3	6.3	109.5	223.5	5.4
48.0	183.5	214.6	9.5	177.1	228.7	8.6	171.1	243.7	7.8	165.3	259.5	7.1	147.0	251.9	6.5	111.0	220.0	5.6
50.0	189.4	215.4	9.7	183.0	229.4	8.9	176.8	244.4	8.1	170.9	260.1	7.4	148.8	246.8	6.7	112.4	216.7	5.7
52.0	195.4	216.2	10.0	188.9	230.3	9.1	182.6	245.1	8.3	175.4	258.5	7.6	150.6	242.4	6.9	113.8	213.5	5.9
55.0	204.6	217.3	10.4	197.9	231.5	9.5	191.4	246.3	8.7	181.1	254.5	8.0	152.9	235.5	7.2	115.7	208.8	6.1

MODEL YCAS0208EB

40.0	173.8	235.2	8.2	167.4	251.4	7.5	161.5	268.3	6.8	155.7	286.3	6.1	141.0	285.2	5.6	105.8	247.2	4.8
42.0	179.8	236.6	8.5	173.4	252.5	7.7	167.3	269.2	7.0	161.5	287.0	6.4	143.2	279.5	5.8	107.5	243.3	4.9
44.0	185.9	237.6	8.7	179.4	253.5	7.9	173.2	270.1	7.2	167.3	287.8	6.6	145.3	274.0	6.0	109.0	239.6	5.1
45.0	189.0	238.2	8.9	182.4	254.0	8.0	176.1	270.8	7.3	170.1	288.5	6.7	146.3	271.4	6.1	109.8	237.7	5.2
46.0	192.2	238.7	9.0	185.5	254.5	8.2	179.1	271.3	7.4	173.1	288.9	6.8	147.2	268.8	6.2	110.5	236.0	5.2
48.0	198.5	239.7	9.2	191.7	255.5	8.4	185.2	272.2	7.7	179.0	289.8	7.0	149.1	263.7	6.4	111.9	232.5	5.4
50.0	204.5	240.7	9.5	198.0	256.4	8.7	191.3	273.1	7.9	185.1	290.6	7.2	151.0	258.8	6.5	113.3	229.1	5.5
52.0	211.4	241.7	9.8	204.3	257.4	8.9	197.6	274.0	8.1	188.5	286.5	7.4	152.7	254.1	6.7	114.6	225.9	5.6
55.0	221.3	243.2	10.2	214.0	258.9	9.3	207.0	275.5	8.5	191.7	277.8	7.8	154.4	246.9	7.0	116.4	221.2	5.8

NOTES:

1. kW = Compressor Input Power
2. EER = Chiller EER (includes power from compressors, fans, and control panels 0.8 kW)
3. LCWT = Leaving Chilled Water Temperature
4. Ratings based on 2.4 GPM cooler water per ton
5. Rated in accordance with ARI Standard 550/590-98
6. Shaded Ratings certified in accordance with ARI Standard 550/590-98 up to 200 tons.

Tomado de los catálogos de equipo YORK .

Tabla A-14e

Physical Data – R-407C Optimized (English)

Refrigerant R-407C Optimized	MODEL NUMBER YCAS								
	0098EB	0118EB	0128EB	0138EB	0148EB	0158EB	0178EB	0198EB	0208EB
General Unit Data									
Unit Capacity at 44°F water & 95°F ambient, TR	87.3	106.7	112.1	126.8	130.5	145.5	164.2	178.1	192.8
Number of Independent Refrigerant Circuits	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Refrigerant Charge, R-407C, Ckt-1/Ckt-2, lbs.	185/165	172/165	187/180	187/187	187/187	194/187	194/194	220/213	220/220
Oil Charge, Ckt-1/Ckt-2, gal.	4/4	4/4	4/4	4/4	4/4	4/4	4/4	4/4	4/4
Shipping Weight									
Aluminum Fin Coils, lbs.	9,385	9,729	12,229	11,505	12,574	12,486	12,690	13,700	13,654
Copper Fin Coils, lbs.	10,285	10,629	13,489	12,765	13,834	13,746	13,950	15,224	15,378
Operating Weight									
Aluminum Fin Coils, lbs.	9,641	9,985	12,930	12,199	13,275	13,187	13,391	14,401	14,555
Copper Fin Coils, lbs.	10,541	10,885	14,190	13,459	14,535	14,447	14,651	15,925	16,079
Compressors, DXS Semihermetic Twin Screw									
Quantity per Chiller	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Nominal Size, Ckt-1 / Ckt-2	45/45	63/45	63/45	63/63	63/63	82/63	82/82	100/82	100/100
Condensers, High Efficiency Fin / Tube with Integral Subcooler									
Total Chiller Coil Face Area, ft ²	192	192	256	256	256	256	256	320	320
Number of Rows	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Fins per inch	13	13	13	13	13	13	13	13	13
Condenser Fans									
Number, Ckt-1/Ckt-2	3/3	3/3	4/4	4/4	4/4	4/4	4/4	5/5	5/5
Standard Fans									
Fan Motor, HP / kW	2/1.8	2/1.8	2/1.8	2/1.8	2/1.8	2/1.8	2/1.8	2/1.8	2/1.8
Fan & Motor Speed, revs./min	1140.0	1140.0	1140.0	1140.0	1140.0	1140.0	1140.0	1140.0	1140.0
Fan Diameter, inches	35.4	35.4	35.4	35.4	35.4	35.4	35.4	35.4	35.4
Fan Tip Speed, ft./min	10,575	10,575	10,575	10,575	10,575	10,575	10,575	10,575	10,575
Total Chiller Airflow, cfm	84,600	84,600	112,800	112,800	112,800	112,800	112,800	141,000	141,000
Low Noise Fans									
Fan Motor, HP / kW	2/1.53	2/1.53	2/1.53	2/1.53	2/1.53	2/1.53	2/1.53	2/1.53	2/1.53
Fan & Motor Speed, revs./min	850	850	850	850	850	850	850	850	850
Fan Diameter, inches	35.4	35.4	35.4	35.4	35.4	35.4	35.4	35.4	35.4
Fan Tip Speed, ft./min	7,884	7,884	7,884	7,884	7,884	7,884	7,884	7,884	7,884
Total Chiller Airflow, cfm	82,800	82,800	110,400	110,400	110,400	110,400	110,400	138,000	138,000
High External Static Fans									
Fan Motor, HP / kW	5/3.3	5/3.3	5/3.3	5/3.3	5/3.3	5/3.3	5/3.3	5/3.3	5/3.3
Fan & Motor Speed, revs./min	1140.0	1140.0	1140.0	1140.0	1140.0	1140.0	1140.0	1140.0	1140.0
Fan Diameter, inches	35.4	35.4	35.4	35.4	35.4	35.4	35.4	35.4	35.4
Fan Tip Speed, ft./min	10,575	10,575	10,575	10,575	10,575	10,575	10,575	10,575	10,575
Total Chiller Airflow, cfm (at 0.4 in. of H ₂ O external static)	84,600	84,600	112,800	112,800	112,800	112,800	112,800	141,000	141,000
Evaporator, Direct Expansion									
Water Volume, gals	38.4	38.4	91.7	38.4	91.7	91.7	91.7	91.7	91.7
Maximum Water Side Pressure, PSIG	150	150	150	150	150	150	150	150	150
Maximum Refrigerant Side Pressure, PSIG	350	350	350	350	350	350	350	350	350
Minimum Chilled Water Flow Rate, gpm	141	141	180	141	180	180	180	180	180
Maximum Chilled Water Flow Rate, gpm	403	403	768	403	768	768	768	768	768
Water Connections, inches	6	6	8	6	8	8	8	8	8

NOTE:

1 Optional 300 PSIG waterside available

Tomado de los catálogos de equipo YORK.

Tabla A-14f
(Continuación)

MODEL NUMBER YCAS								
0218EB	0248EB	0268EB	0288EB	0308EB	0328EB	0358EB	0398EB	0418EB
208.3	234.8	257.5	272.0	291.9	310.3	347.6	377.8	406.7
3	3	3	3	3	3	4	4	4
187/187/187 4/4/4	187/187/201 4/4/4	194/194/194 4/4/4	201/194/194 4/4/4	220/220/194 4/4/4	220/220/233 4/4/4	194/194/194/194 4/4/4/4	220/220/194/194 4/4/4/4	220/220/194/194 4/4/4/4
19,269	20,040	20,176	20,314	21,462	22,054	26,206	27,223	27,363
21,158	21,935	22,064	22,202	23,286	24,206	28,837	30,208	30,431
20,731	21,488	21,617	21,802	22,918	23,563	27,975	29,301	29,441
22,620	23,383	23,505	23,690	24,742	25,715	30,606	32,286	32,509
3	3	3	3	3	3	4	4	4
63/63/63	63/63/100	82/82/82	100/82/82	100/100/82	100/100/100	82/82/82/82	100/100/82/82	100/100/82/82
384	384	384	384	448	512	512	576	576
3	3	3	3	3	3	3	3	3
13	13	13	13	13	13	13	13	13
4/4/4	4/4/4	4/4/4	4/4/4	5/5/4	5/5/6	4/4/4/4	5/5/4/4	5/5/4/4
3/2.8	3/2.8	3/2.8	3/2.8	3/2.8	3/2.8	3/2.8	3/2.8	3/2.8
1140	1140	1140	1140	1140	1140	1140	1140	1140
35.4	35.4	35.4	35.4	35.4	35.4	35.4	35.4	35.4
10,575	10,575	10,575	10,575	10,575	10,575	10,575	10,575	10,575
186,000	186,000	186,000	186,000	217,000	248,000	248,000	279,000	279,000
3/1.97	3/1.97	3/1.97	3/1.97	3/1.97	3/1.97	3/1.97	3/1.97	3/1.97
850	850	850	850	850	850	850	850	850
35.4	35.4	35.4	35.4	35.4	35.4	35.4	35.4	35.4
7,884	7,884	7,884	7,884	7,884	7,884	7,884	7,884	7,884
182,400	182,400	182,400	182,400	212,800	243,200	243,200	273,600	273,600
5/3.3	5/3.3	5/3.3	5/3.3	5/3.3	5/3.3	5/3.3	5/3.3	5/3.3
1140	1140	1140	1140	1140	1140	1140	1140	1140
35.4	35.4	35.4	35.4	35.4	35.4	35.4	35.4	35.4
10,575	10,575	10,575	10,575	10,575	10,575	10,575	10,575	10,575
186,000	186,000	186,000	186,000	217,000	248,000	248,000	279,000	279,000
201	201	201	242	242	242	268	268	268
150	150	150	150	150	150	150	150	150
50	350	350	350	350	350	350	350	350
318	318	318	415	415	415	530	530	530
1072	1072	1072	1205	1205	1205	1601	1601	1601
10	10	10	10	10	10	10	10	10

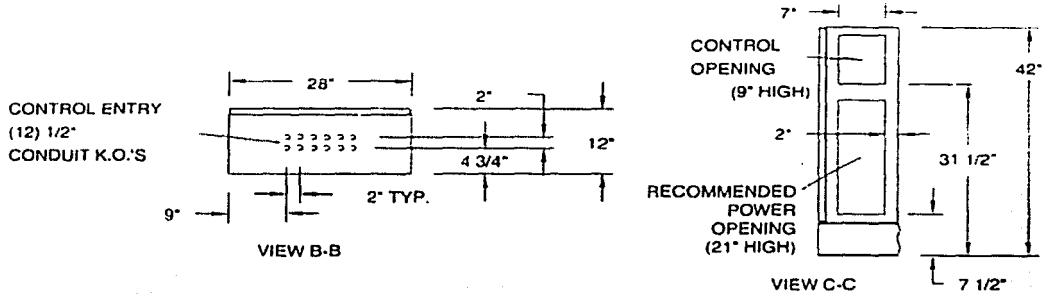
NOTE:

¹ Optional 300 PSIG waterside available

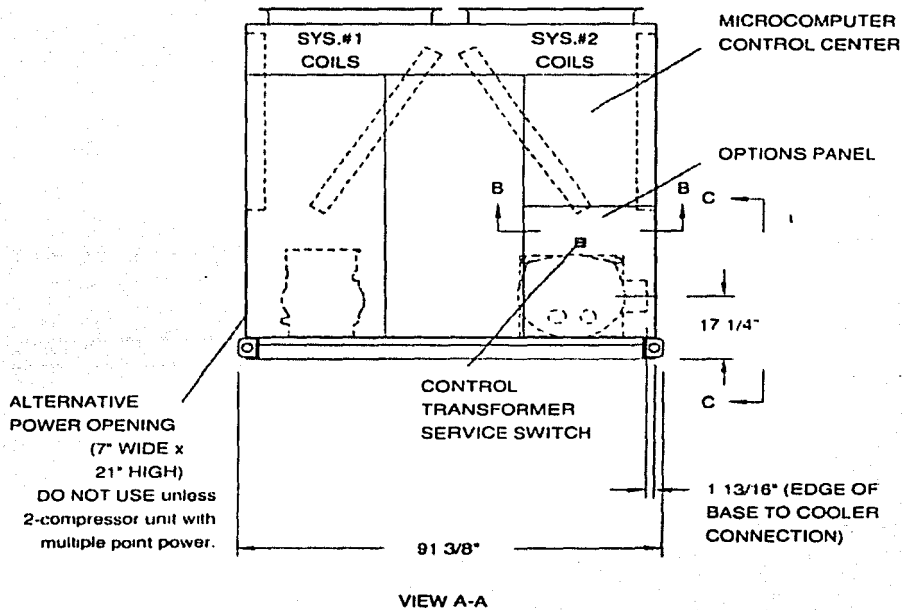
Tomado de los catálogos de equipo YORK.

Figura A-14g

Dimensions – YCAS0148EB - YCAS0178EB (English)



LD05645

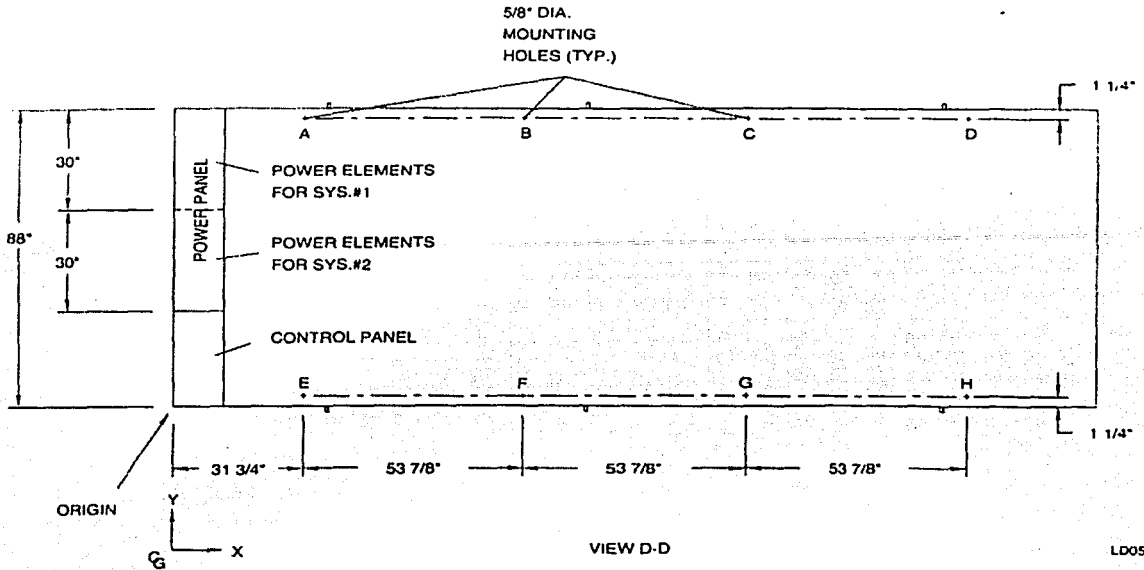


POWER: MULTIPLE POINT WITH TERMINAL BLOCKS

LD05646

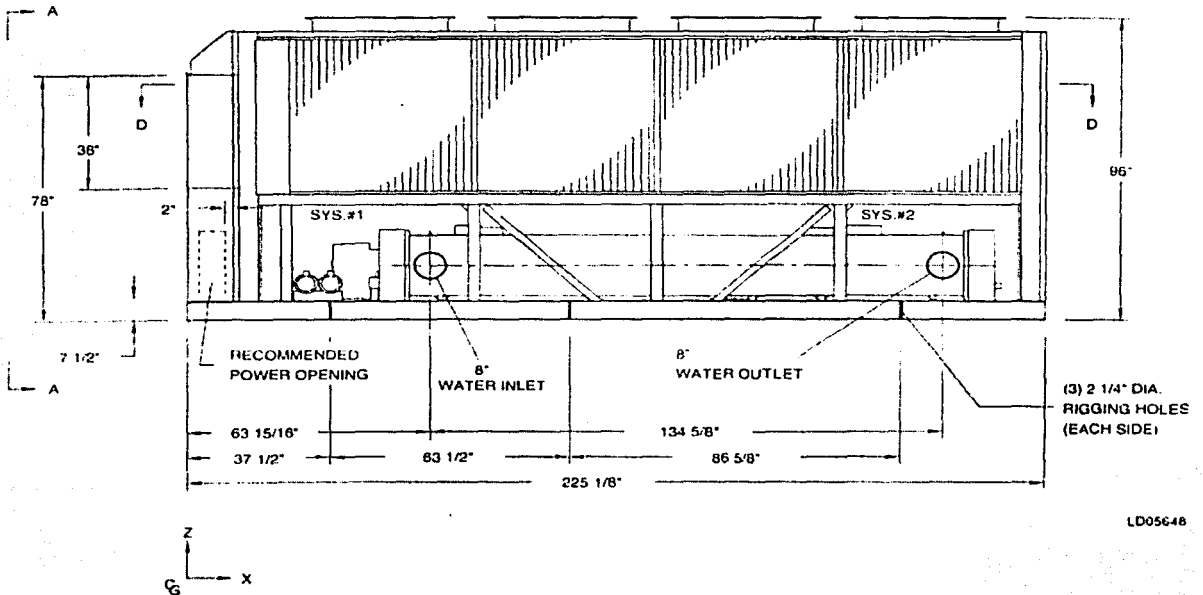
Tomado de los catálogos de equipo YORK .

Figura A-14h
(Continuación)



CENTER OF GRAVITY (Alum.)			
YCAS	X	Y	Z
0148	106.6	42.8	36.6
0158	106.3	42.8	36.5
0178	106.5	42.9	36.5

CENTER OF GRAVITY (Copper)			
YCAS	X	Y	Z
0148	108.0	42.9	38.1
0158	107.8	42.9	38.0
0178	108.0	43.0	38.0



Tomado de los catálogos de equipo YORK.

YHBC and YPHBC Models

YHBC MODELS – CFM vs. EXTERNAL STATIC PRESSURE													Table 15
MODEL	HP	MAX RPM	AMPS (120V)	FAN SPEED	EXTERNAL STATIC PRESSURE (INCH WATER)								
					0.05	0.10	0.15	0.20	0.25	0.30	0.35	0.40	
3YHBC	1/20	1050	0.9	HI	330	295	255	210	160	105			
				MED	275	245	210	170	125	75			
				LOW	230	200	170	135	100	60			
4YHBC	1/12	1050	1.1	HI	585	540	490	430	360	260			
				MED	415	390	350	310	250	165			
				LOW	345	320	290	250	200	100			
5YHBC	1/12	1050	1.3	HI	600	555	505	450	395	320			
				MED	390	365	335	295	240	175			
				LOW	325	305	275	235	180	120			
6YHBC	1/8	1550	1.9	HI	700	680	655	630	605	580	550	525	
				MED	565	540	515	495	470	445	415	390	
				LOW	490	465	445	420	390	360	325	280	
8YHBC	1/5	1550	3.0	HI	885	860	835	810	785	765	740	715	
				MED	720	700	680	660	640	620	600	580	
				LOW	615	595	575	555	535	515	495	475	
10YHBC	1/4	1550	3.6	HI	1160	1120	1085	1045	1005	965	925	880	
				MED	935	910	885	855	830	800	770	740	
				LOW	785	765	750	730	705	685	660	635	
13YHBC	1/5 (two)	1550	4.6	HI	1550	1500	1450	1400	1350	1295	1240	1180	
				MED	1330	1285	1240	1195	1145	1100	1045	995	
				LOW	1145	1105	1070	1030	985	940	895	845	

- NOTES: 1. Motors are 120V / 60 Hz, high efficiency PSC type
 2. Maximum breaker is 15 amp
 3. Due to varying reduction of fin pattern spacing, as you increase the rows of coils, it keeps the airflow equivalent.

YPHBC MODELS – CFM vs. EXTERNAL STATIC PRESSURE													Table 16
MODEL	HP	MAX RPM	AMPS (120V)	FAN SPEED	EXTERNAL STATIC PRESSURE (INCH WATER)								
					0.05	0.10	0.15	0.20	0.25	0.30	0.35	0.40	
3YPHBC	1/20	1050	0.9	HI	295	260	225	185	145	90			
				MED	255	225	190	155	120	75			
				LOW	220	195	160	130	90	50			
4YPHBC	1/12	1050	1.1	HI	440	395	345	295	235	165			
				MED	370	330	290	240	180	105			
				LOW	325	290	250	205	150	75			
5YPHBC	1/12	1050	1.3	HI	530	485	430	380	315	240			
				MED	380	355	320	275	220	155			
				LOW	325	300	265	225	175	120			
6YPHBC	1/8	1550	1.9	HI	650	620	595	565	530	500	465	430	
				MED	535	510	485	460	435	410	380	350	
				LOW	450	430	410	385	360	335	305	280	
8YPHBC	1/5	1550	3.0	HI	835	810	785	760	735	710	680	655	
				MED	695	675	655	635	615	595	570	545	
				LOW	595	580	560	540	520	500	475	450	
10YPHBC	1/4	1550	3.6	HI	1030	990	950	910	870	825	780	730	
				MED	900	865	835	800	760	725	690	650	
				LOW	780	750	725	690	660	630	600	565	
13YPHBC	1/5 (two)	1550	4.6	HI	1320	1275	1230	1185	1135	1085	1030	970	
				MED	1210	1165	1120	1070	1020	965	910	845	
				LOW	1085	1040	1000	950	900	845	780	710	

- NOTES: 1. Motors are 120V / 60 Hz, high efficiency PSC type.
 2. Maximum breaker is 15 amp.
 3. Due to varying reduction of fin pattern spacing, as you increase the rows of coils, it keeps the airflow equivalent.

(Data is for all Coil Configurations)

Tomado de los catálogos de equipo YORK .

Airflow Correction Factors

Table 23

% OF NOMINAL CFM	CORRECTION MULTIPLIER	
	Qt	Qs
130	1.13	1.18
125	1.11	1.17
120	1.09	1.15
115	1.07	1.12
110	1.05	1.08
105	1.03	1.03
100	1.00	1.00
95	0.97	0.96
90	0.95	0.93
85	0.92	0.89
80	0.89	0.85
75	0.86	0.82
70	0.83	0.78
65	0.81	0.74
60	0.78	0.70
55	0.75	0.67
50	0.72	0.63

NOTES: These correction multipliers are averaged. Results may differ when compared to the selection program.

Altitude Correction Factors *

Table 24

ELEVATION	TOTAL CAPACITY	SENSIBLE CAPACITY
1000	0.99	0.96
2000	0.98	0.93
3000	0.97	0.89
4000	0.96	0.86
5000	0.94	0.83
6000	0.92	0.80

*In Feet Above Sea Level

Nominal Airflows

Table 25

UNIT SIZE	CFM
3	300
4	400
5	500
6	600
8	800
10	1000
12	1200
13	1300
16	1600
20	2000

Tomado de los catálogos de equipo YORK.

Cooling Selection (continued)

Y*HBC-3 (3-Row Coil) All capacities are based on nominal CFM.

Selection Example

MODEL	45°F ENT. WATER									42°F ENT. WATER																																																																	
	GPM	PD. (FT. WTR)	80°F DB 67°F WB			75°F DB 63°F WB			GPM	PD. (FT. WTR)	80°F DB 67°F WB			75°F DB 63°F WB																																																													
			TH	SH	TR	TH	SH	TR			TH	SH	TR	TH	SH	TR																																																											
3Y*HBC-3	2.8	11.1	107	7.4	7.6	8.2	6.4	5.8	3.1	13.3	11.9	7.8	7.7	9.1	6.8	5.9	2.1	6.6	100	7.1	9.5	7.0	6.2	7.3	2.3	7.7	11.2	7.5	9.7	8.5	6.6	7.4	1.6	4.0	93	6.8	7.1	11.6	7.1	6.0	8.8	1.8	5.0	10.5	7.3	11.6	8.0	6.3	8.9	1.3	2.7	85	6.6	13.1	6.5	5.8	10.0	1.4	3.1	9.6	7.0	13.7	7.3	6.1	10.5										
	3.6	20.2	14.4	9.9	8.0	11.0	8.6	6.1	4.0	24.3	16.0	10.5	8.0	12.2	9.1	6.1	2.8	13.0	13.6	9.6	9.7	10.4	8.3	7.4	3.1	15.6	15.2	10.2	9.8	11.6	8.8	7.5	2.1	7.9	12.5	9.1	11.9	9.5	8.0	9.1	2.4	8.9	14.2	9.8	11.8	10.8	8.5	9.0	1.7	5.4	11.5	8.8	13.5	8.8	7.7	10.3	1.9	6.6	13.1	9.4	13.8	10.0	8.2	10.8											
	4.5	8.1	16.9	11.9	7.5	12.9	10.4	5.7	5.0	9.8	18.9	12.6	7.5	14.4	10.9	5.8	3.3	4.8	15.8	11.4	9.4	11.9	9.9	7.2	3.7	5.6	17.6	12.1	9.5	13.4	10.6	7.3	2.6	2.9	14.2	10.9	10.9	10.9	9.6	8.3	2.9	3.8	16.2	11.6	11.2	12.4	10.1	8.5							2.9	2.0	12.9	10.4	12.3	9.9	9.2	9.4	2.4	2.5	15.0	11.1	12.5	11.4	9.8	9.5					
4Y*HBC-3	5.7	12.5	20.4	14.1	7.1	15.6	12.3	5.5	6.3	15.1	22.6	14.9	7.2	17.3	12.9	5.5	4.3	7.4	19.1	13.6	8.9	14.6	11.9	6.8	4.7	8.8	21.3	14.4	9.0	16.2	12.5	6.9	3.3	4.6	17.6	13.0	10.7	13.4	11.4	8.2	3.7	5.6	20.0	13.9	10.8	15.3	12.1	8.3	2.7	3.1	16.2	12.5	12.0	12.4	11.0	9.2	3.0	3.8	18.5	13.4	12.3	14.1	11.7	9.4											
	6.4	13.3	24.6	17.6	7.7	18.8	15.4	5.9	7.2	16.5	27.6	18.7	7.7	21.1	16.3	5.9	4.7	7.5	22.7	16.9	9.6	17.3	14.8	7.4	5.3	9.3	25.6	18.0	9.6	19.5	15.7	7.4	3.7	4.8	20.6	16.1	11.1	15.7	14.2	8.5	4.2	6.1	23.7	17.3	11.3	18.1	15.1	8.6	2.9	3.6	18.4	15.3	12.7	15.6	14.0	10.8	3.3	3.9	21.3	16.4	12.9	16.3	14.5	9.9											
	8.4	19.6	30.7	21.8	7.3	23.4	19.1	5.6	9.6	25.8	34.5	23.2	7.2	26.3	20.2	5.5	6.0	10.1	27.9	20.8	9.3	21.3	18.3	7.1	6.8	12.9	31.6	22.2	9.3	24.1	19.4	7.1	4.6	5.9	25.3	19.8	11.0	19.3	17.5	8.4	5.2	7.6	28.9	21.2	11.1	22.1	18.6	8.5	3.7	3.8	22.8	18.9	12.3	18.5	16.9	10.4	4.2	4.9	26.4	20.2	12.6	20.2	17.9	9.0											
8Y*HBC-3	10.8	32.2	39.2	27.7	7.3	29.9	24.3	5.5	12.4	41.8	43.7	29.4	7.0	33.4	25.6	5.4	7.8	17.3	36.1	26.6	9.3	27.6	23.4	7.1	8.8	21.8	40.7	28.3	9.3	31.1	24.7	7.1	6.0	10.5	33.2	25.5	11.1	25.4	22.5	5.8	6.8	13.4	37.8	27.2	11.1	28.8	23.9	8.5	4.8	6.9	30.3	24.5	12.6	23.1	21.7	9.6	5.5	8.9	35.1	26.2	12.7	26.8	23.1	9.7											
	13Y*HBC-3	10.8	32.2	39.2	27.7	7.3	29.9	24.3	5.5	12.4	41.8	43.7	29.4	7.0	33.4	25.6	5.4	7.8	17.3	36.1	26.6	9.3	27.6	23.4	7.1	8.8	21.8	40.7	28.3	9.3	31.1	24.7	7.1	6.0	10.5	33.2	25.5	11.1	25.4	22.5	5.8	6.8	13.4	37.8	27.2	11.1	28.8	23.9	8.5	4.8	6.9	30.3	24.5	12.6	23.1	21.7	9.6	5.5	8.9	35.1	26.2	12.7	26.8	23.1	9.7										

- P - with insulated return plenum
- R - recessed with recessed piping
- C - cabinet exposed

Y*HBC-4 (4-Row Coil) All capacities are based on nominal CFM.

MODEL	45°F ENT. WATER									42°F ENT. WATER																																																													
	GPM	PD. (FT. WTR)	80°F DB 67°F WB			75°F DB 63°F WB			GPM	PD. (FT. WTR)	80°F DB 67°F WB			75°F DB 63°F WB																																																									
			TH	SH	TR	TH	SH	TR			TH	SH	TR	TH	SH	TR																																																							
3Y*HBC-4	2.4	10.6	11.4	7.8	9.5	8.7	6.8	7.3	2.6	12.2	12.6	8.3	9.7	9.7	7.2	7.4	1.8	6.3	10.6	7.5	11.8	8.1	6.5	9.0	2.1	8.3	12.0	8.0	11.4	9.2	7.0	8.7	1.5	4.5	10.0	7.2	13.3	7.8	6.3	10.1	1.7	5.6	11.3	7.8	13.3	8.7	6.8	10.2	1.2	3.0	9.1	6.9	15.1	6.9	6.1	11.5	1.4	4.0	10.6	7.5	15.1	8.1	6.5	11.5							
	3.3	21.5	15.6	10.5	9.4	11.9	9.1	7.2	3.6	25.1	17.3	11.2	9.6	13.2	9.7	7.3	2.5	13.2	14.5	10.1	11.6	11.1	8.8	8.9	2.8	16.1	18.3	10.8	11.7	12.5	9.4	8.9	2.0	8.9	13.5	9.7	13.5	10.3	8.5	10.3	2.3	11.4	15.4	10.5	13.4	11.8	9.1	10.2	1.6	6.0	12.3	9.3	15.4	9.4	8.2	11.8	1.8	7.4	14.2	10.0	15.8	10.8	8.7	12.0							
	5.7	7.6	18.0	12.5	9.5	13.7	10.9	7.2	4.2	9.1	20.0	13.3	9.5	15.3	11.6	7.3	3.0	4.9	16.6	12.0	11.1	12.7	10.5	8.5	3.3	5.8	18.7	12.8	11.4	14.3	11.2	8.7	2.4	3.2	15.2	11.5	12.6	11.6	10.1	9.7	2.7	4.0	17.4	12.3	12.9	13.3	10.7	9.8	2.0	2.3	13.9	11.0	13.9	10.6	9.7	10.6	2.3	3.0	18.2	11.9	14.1	12.4	10.4	10.8							
5Y*HBC-4	4.7	11.2	21.6	14.9	9.2	16.5	13.0	7.0	5.3	14.0	24.2	15.9	9.1	18.5	13.8	7.0	3.7	7.2	20.4	14.4	11.0	15.5	12.6	8.4	4.1	8.7	22.8	15.4	11.1	17.4	13.4	8.5	3.0	4.9	18.8	13.9	12.5	14.4	12.2	9.6	3.4	6.2	21.5	14.9	12.7	16.4	13.0	9.7	2.5	3.5	17.4	13.3	13.9	13.3	11.7	10.6	2.8	4.3	19.9	14.3	14.2	15.2	12.5	10.9							
	5.8	13.9	26.7	19.0	9.2	20.4	16.6	7.0	6.5	16.9	30.0	20.2	9.2	22.9	17.6	7.0	4.5	8.9	24.8	18.3	11.0	19.0	16.0	8.4	5.0	10.7	28.0	19.5	11.2	21.4	17.0	8.6	3.7	6.3	22.9	17.6	12.4	17.5	15.5	9.5	4.1	7.6	26.1	18.7	12.7	19.9	16.4	9.7	3.1	4.6	21.1	16.9	13.6	16.1	14.8	10.4	3.4	5.4	24.1	18.0	14.2	18.4	15.8	10.8							
	6.9	13.7	32.5	23.3	9.4	24.8	20.3	7.2	7.9	17.8	36.7	24.9	9.3	28.1	21.6	7.1	5.3	8.3	29.8	22.3	11.3	22.8	19.8	8.6	6.0	10.5	33.9	23.8	11.3	25.9	20.8	8.6	4.3	5.6	27.3	21.3	12.7	20.9	18.8	9.7	4.8	6.9	31.3	22.8	13.0	23.9	20.0	10.0	3.5	3.8	24.7	20.4	14.1	20.5	18.4	11.7	4.0	4.9	28.8	21.9	14.4	22.0	19.3	11.0							
10Y*HBC-4	8.9	25.5	42.0	29.9	9.4	32.0	26.1	7.2	10	31.8	47.1	36.8	9.4	35.9	27.7	7.2	6.8	15.3	38.8	28.7	11.4	29.6	25.2	8.7	7.8	18.9	43.8	30.6	11.5	33.4	26.7	8.8	5.5	10.2	36.0	27.7	13.1	27.5	24.4	10.2	6.2	12.8	41.0	29.5	13.2	31.3	25.8	10.1	4.6	7.3	33.3	26.7	14.7	25.4	23.6	11.0	5.1	8.8	38.0	28.4	14.9	29.0	25.0	11.4							
	13Y*HBC-4	8.9	25.5	42.0	29.9	9.4	32.0	26.1	7.2	10	31.8	47.1	36.8	9.4	35.9	27.7	7.2	6.8	15.3	38.8	28.7	11.4	29.6	25.2	8.7	7.8	18.9	43.8	30.6	11.5	33.4	26.7	8.8	5.5	10.2	36.0	27.7	13.1	27.5	24.4	10.2	6.2	12.8	41.0	29.5	13.2	31.3	25.8	10.1	4.6	7.3	33.3	26.7	14.7	25.4	23.6	11.0	5.1	8.8	38.0	28.4	14.9	29.0	25.0	11.4						

TH - Total Cooling Capacity

SH - Sensible Cooling Capacity

TR - Water temp. rise

Tomado de los catálogos de equipo YORK.

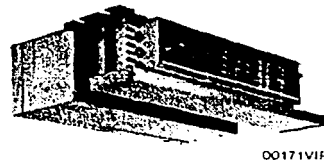
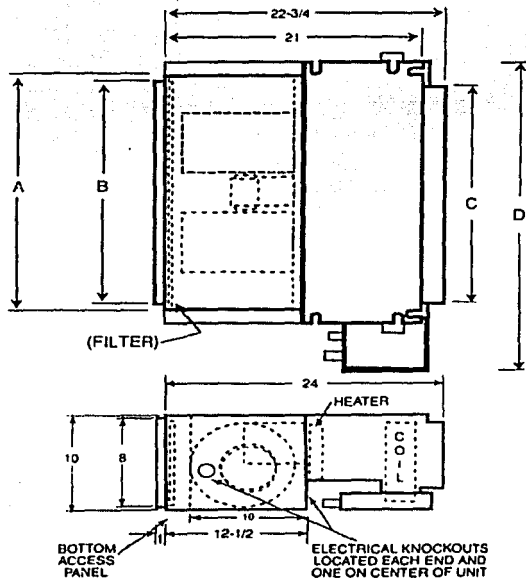
Physical Data and Dimensions (continued)

YP UNIT STYLE – With Return Plenum and Filter

PHYSICAL DIMENSIONS (Inches)						Table 56
MODEL	A	B	C	D	FILTER SIZE (INCL)	FIELD ADDED PLENUM KIT (3)
3YPHBC	24	22	20-1/8	30-1/8	10 X 24	916-1-STK
4YPHBC	30	28	26-1/8	36-1/8	10 X 30	916-2-STK
5YPHBC	34	32	30-1/8	40-1/8	10 X 34	916-3-STK
6YPHBC	34	32	30-1/8	40-1/8	10 X 34	916-3-STK
8YPHBC	40	38	36-1/8	46-1/8	10 X 40	916-4-STK
10YPHBC	46	44	42-1/8	52-1/8	10 X 46	916-5-STK
13YPHBC	53	51	49-1/8	59-1/8	10 X 53	916-6-STK

NOTES:

1. Return plenums are insulated.
2. All plenums include throw-away filter.
3. Field added plenum kits can be added to YHBC models at top of page.
4. Standard plenums are end return and can be field converted to bottom return.
5. Filter has separate filter access panel for easier service.



LD04777

Tomado de los catálogos de equipo YORK

Motor Data

Y*HBC Models - 120V/220V

VOLTAGE	RATINGS		UNIT SIZE						Table 67A
			03	04	05	06	08	10	13'
120V 60 HZ 1-Phase	Nominal HP		1/20	1/12	1/12	1/8	1/6	1/4	1/6 (two)
	High Speed	Amps	0.93	0.89	1.24	1.70	2.30	3.60	4.60
		Watts	120	120	130	240	340	450	530
	Medium Speed	Amps	0.56	0.63	0.70	1.35	1.91	2.95	4.07
		Watts	61	62	72	152	215	330	445
	Low Speed	Amps	0.45	0.51	0.61	1.10	1.55	2.63	3.75
		Watts	50	52	63	122	171	291	390
	220 V 50 HZ 1-Phase	Nominal HP		1/20	1/30	1/30	1/10	1/6	1/4
High Speed		Amps	0.36	0.41	0.41	0.62	0.84	1.22	1.72
		Watts	55	137	130	132	175	250	349
Medium Speed		Amps	0.28	0.29	0.27	0.44	0.60	0.86	1.23
		Watts	49	107	80	93	120	180	242
Low Speed		Amps	0.20	0.23	0.19	0.37	0.49	0.78	1.01
		Watts	39	83	80	75	97	155	196

- NOTES: 1. Combined values of both motors.
 2. The above amperage and wattages are actual operating values as tested and certified.
 Nameplate values for amperage may be higher.

- * - P - with insulated return plenum
- R - recessed with telescoping panel
- C - cabinet exposed

Tomado de los catálogos de equipo YORK .

APÉNDICE **B**

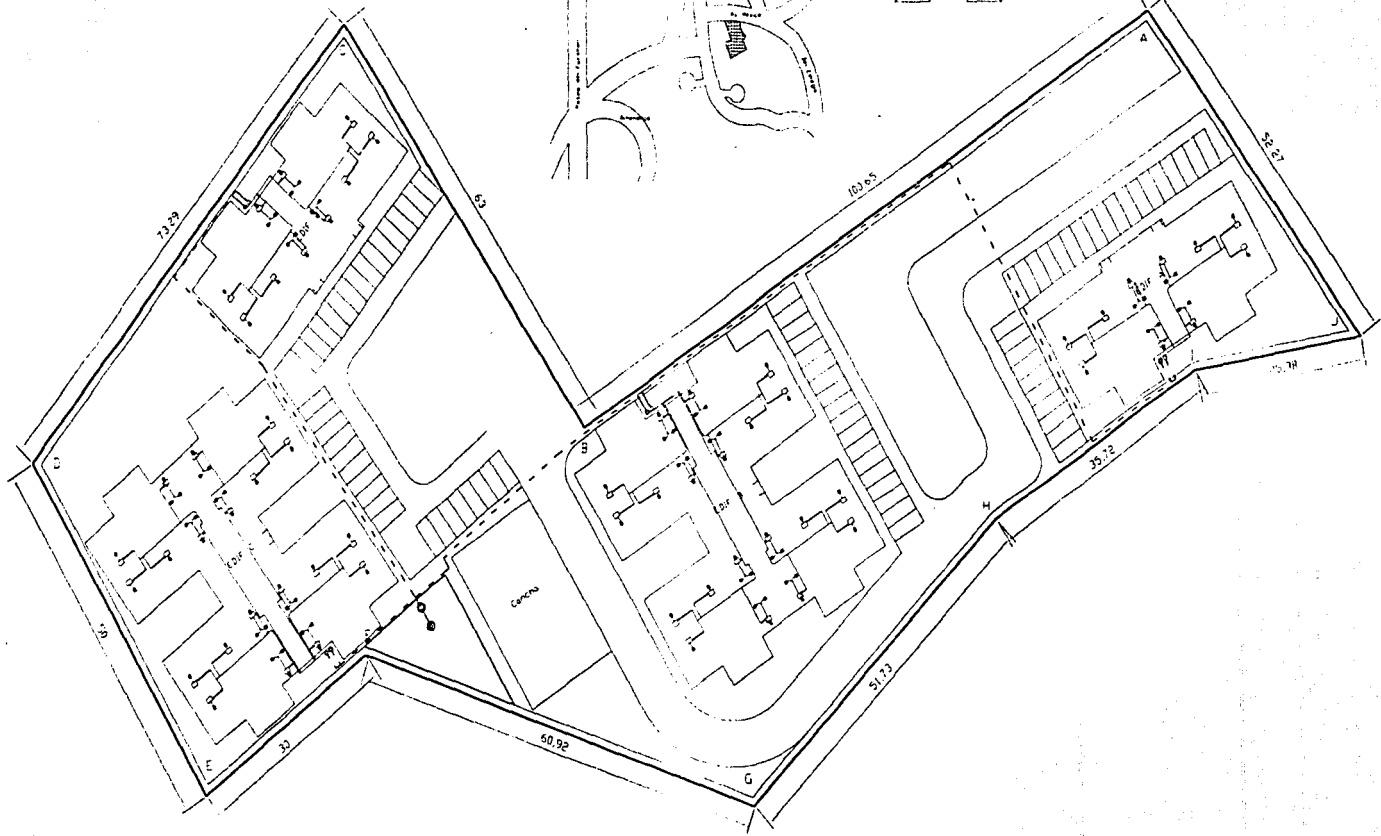
Planos

Para poder leer los planos contenidos en el disquete adjunto se requiere:

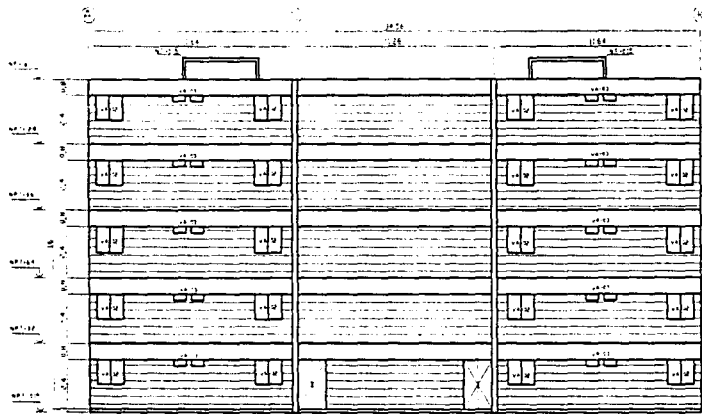
Windows 95 o superior
Auto-CAD 2000 o superior
3.5 MB de espacio disponible en disco

139

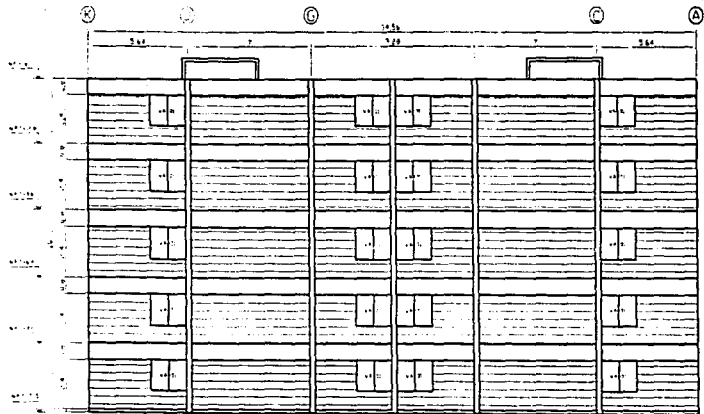
Enquadramento de localização



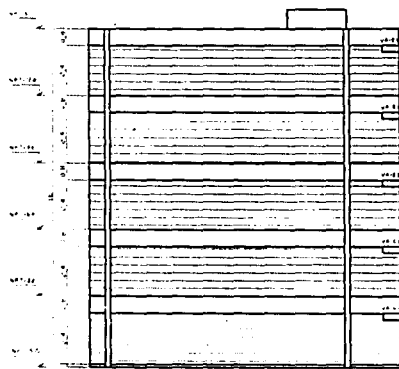
		DATA
Projeto: 600		
Título: Plantas de conjunto		
Escala: 1:100		
Data: 15/04/78		
L. L.		




810 FACHADA PRINCIPAL



812 FACHADA POSTERIOR

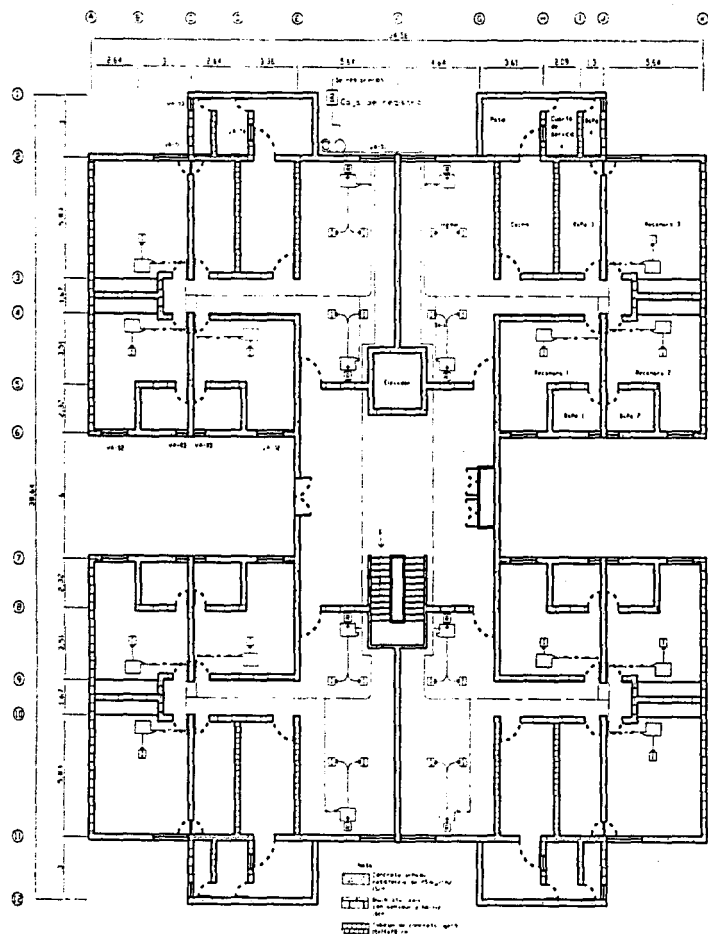


814 FACHADA LATERAL

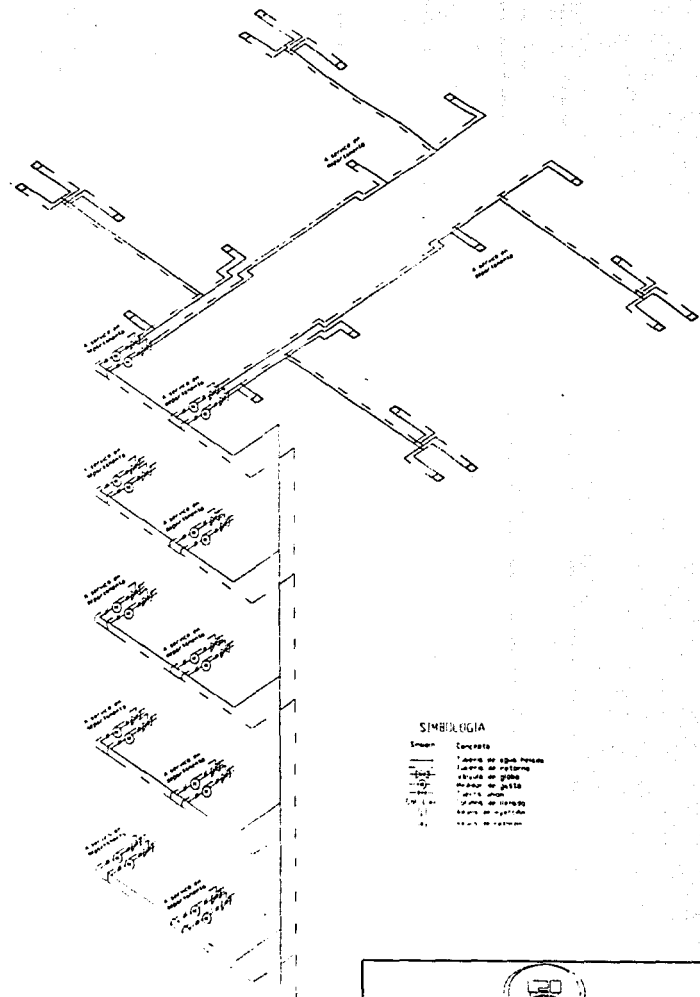
					REVISIONES																																					
Proyecto							<table border="1"> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> </table>																																			
Proyecto: José F. Ross Mata																																										
Ubicación: Av. Nueva S/N Fraccionamiento Cuernavaca Académica, Guerrero																																										
Edif. 100		Plano			Plano No.																																					
fachadas generales		Escala		Fecha		A-2																																				

190

141



PLANTA 2da



ESQUEMA DE
Instalación hidráulica
para el aire acondicionado

Proyecto		REVISIÓN	
Proyecto José F. Rossi Mata		1a	1a
Ubicación Av. México S/N Fraccionamiento Cuernavaca Acapulco, Guerrero		2a	2a
Diseño		3a	3a
EDIF. 20D		4a	4a
Título Aire acondicionado Instalación agua helada		Folio No. HT-B	
Elaborado	Revisado	Escalado	Fecha

APÉNDICE C

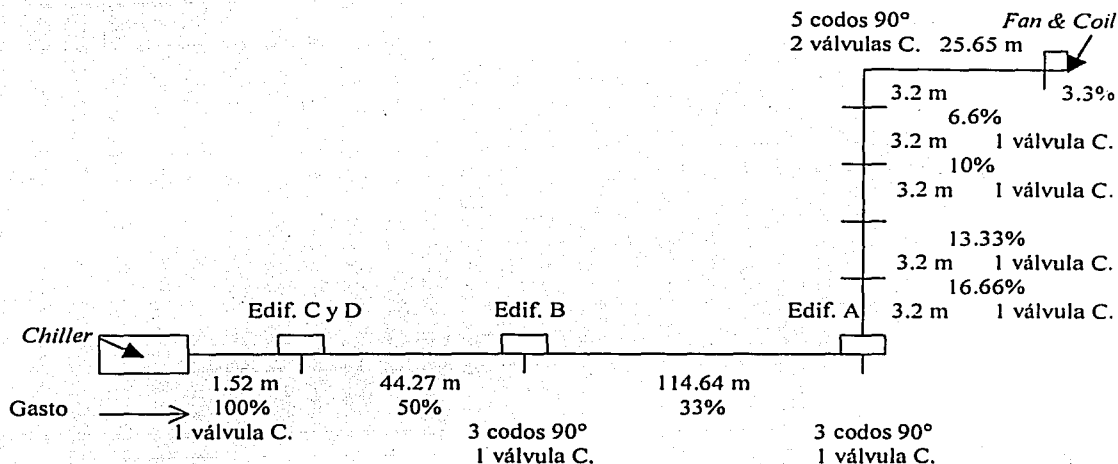
Método alternativo para el cálculo de caída de presión en la tubería de agua helada

Método alternativo para el cálculo de caída de presión en la tubería de agua helada

Este método consiste en obtener la caída de presión para el elemento más alejado del sistema, esto es, aquel en donde la longitud de tubería entre la unidad ventilador – serpentín y el equipo enfriador de líquido sea máxima.

Para el cálculo es necesario emplear las graficas mostradas a continuación, las cuales relacionan el gasto, la velocidad, el diámetro de la tubería y la caída de presión debida a cada metro de tubería.

A continuación se muestra la memoria de cálculo así como los diagramas utilizados:



Gasto total : 0.05451 (m3/s)

Gasto %	Gasto (m3/s)	L tubo (m)	Le acce.(m)	Le total (m)	Vel. (m/s)	Diam. (in)	hf (m H ₂ O)	Dp (m H ₂ O)
1	0.05451	1.5232	1.4	2.9232	3	6	0.05	0.14616
0.5	0.027255	44.8786	7.4	52.2786	3	4	0.08	4.182288
0.3333	0.018168183	114.6466	7.4	122.0466	2.5	4	0.042	5.1259572
0.1666	0.009081366	2.4	0.3	2.7	3	2.5	0.15	0.405
0.1333	0.007266183	3.2	0.3	3.5	2.5	2.5	0.1	0.35
0.1	0.005451	3.2	0.3	3.5	2.5	2	0.105	0.3675
0.0666	0.003630366	3.2	0.3	3.5	2	2	0.09	0.315
0.0333	0.001815183	28.8574	1.71	30.5674	3	1	0.4	12.22696

Total : 23.118

$$\begin{aligned} \text{Pot :} & \quad (\text{Pa}) \\ & \quad 9796.8308 \times D_p \times Q \\ \text{Pot (W) =} & \quad 12346.0577 \\ \text{Pot (HP) =} & \quad 16.556335 \end{aligned}$$

Diferencia entre este y el valor obtenido en el capítulo IV

$$\% D = \frac{(18.394 - 16.556)}{18.394} \times 100$$

$$\% D = 9.992$$

con lo cual se puede considerar que la estimación de la caída de presión en el circuito de agua helada es correcta, ya que los resultados obtenidos mediante dos métodos distintos no varían demasiado.

Bibliografía

- 1.- Carrier.- Manual de aire acondicionado.- Ed. Marcombo.- España 1996.
- 2.- Fox, Robert W. y McDonald, Alan.- Introducción a la mecánica de fluidos.- 2ª edición.- Ed. McGraw – Hill.- México, 1990.
- 3.- Gutiérrez Arango, Carlos.- Especificaciones para sistemas de aire acondicionado.- C.M.I.C. – México, 1996.
- 4.- Hernández Goribar, Eduardo.- Fundamentos de aire acondicionado.- Ed. Limusa.- México, 1978.
- 5.- Incropera, Frank y DeWitt, Davis.- Fundamentos de transferencia de calor.- 4ª edición en español.- Ed. Prentice – Hall.- México, 1999.
- 6.- Jennings, Burgess y Lewis, Samuel.- Aire acondicionado y refrigeración.- 1ª edición en español.- Ed. Compañía Editorial Continental.- México, 1970.
- 7.- John, James.- Introducción a la mecánica de los fluidos.- 1ª edición en español.- Ed. Prentice Hall.- España, 1993.
- 8.- Kern, Doland.- Procesos de transferencia de calor.- Ed. Compañía Editorial Continental.- México, 1979.
- 9.- Mataix, Claudio.- Mecánica de fluidos y maquinas hidráulicas.- 2ª edición.- Ed. Harla México, 1982
10. Resnick, Robert y Halliday David.- Física.- Ed. CECSA.- México, 1974.
11. Streeter, Victor y Wylie, Benjamin.- Mecánica de fluidos.- 3ª edición en español.- Ed. McGraw – Hill.- México, 1990.
12. Varios.- Manual de refrigeración y aire acondicionado.- 1ª edición en español.- Ed. Prentice Hall.- México, 1987.
13. Wark, Kenneth Jr.- Termodinámica.- 2ª edición en español.- Ed. McGraw – Hill.- México, 1991.
14. White, Frank M.- Mecánica de fluidos.- 1ª edición en español.- Ed. McGraw – Hill.- México, 1984.