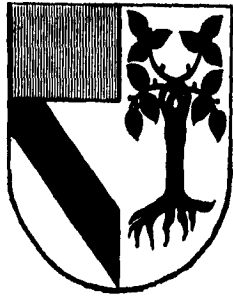


308917
36
24



UNIVERSIDAD PANAMERICANA

ESCUELA DE INGENIERIA
**Con estudios Incorporados a la
Universidad Nacional Autónoma de México**

DISEÑO DE UN SISTEMA ACONDICIONADOR DE AIRE
EN UN EDIFICIO INTELIGENTE

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA
AREA: INGENIERIA INDUSTRIAL
P R E S E N T A:
ALFREDO LOPEZ BACA CALO

DIRECTOR: ING. ENRIQUE GOMEZ IBARRA

MEXICO D.F.

1996.

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**



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.

DEDICATORIAS

A mis padres y abuelos por todo su amor y comprensión.

A mi hermana Mónica por su apoyo.

A mis tíos, primos y amigos que siempre se preocuparon.

A la banda por ser como es.

INDICE

I. INTRODUCCIÓN	3
II. ¿QUÉ ES UN EDIFICIO INTELIGENTE?	6
A) ADMINISTRACIÓN DEL EDIFICIO	12
1) <i>Generación de órdenes de trabajo y análisis histórico</i>	<i>12</i>
2) <i>Inventario de equipo y materiales</i>	<i>13</i>
3) <i>Capacidad de transferencia de datos</i>	<i>13</i>
III. CONDICIONES DEL PROYECTO	15
A) ANÁLISIS DEL LOCAL	16
1) <i>Puntos a considerar en todo sistema de aire acondicionado</i>	<i>16</i>
B) ESTIMACIÓN DE CARGAS TÉRMICAS	18
1) <i>Ganancias por transmisión de calor y asoleamiento</i>	<i>20</i>
a) <i>Ganancia a través de vidrios</i>	<i>22</i>
b) <i>Ganancias a través de muros exteriores</i>	<i>25</i>
c) <i>Ganancias por techo</i>	<i>27</i>
d) <i>Ganancias por muro no acondicionado</i>	<i>28</i>
2) <i>Ganancia total por asoleamiento</i>	<i>29</i>
3) <i>Ganancia por ocupantes</i>	<i>29</i>
4) <i>Ganancias por iluminación</i>	<i>30</i>
5) <i>Carga del aire de ventilación</i>	<i>31</i>
6) <i>Carga total del local</i>	<i>33</i>
C) SELECCIÓN DEL SISTEMA ACONDICIONADOR	34
1) <i>VOLUMEN VARIABLE</i>	<i>35</i>
D) SELECCIÓN DEL EQUIPO ACONDICIONADOR	38
E) DISEÑO Y CALCULO DE LOS DUCTOS DE AIRE	48
1) <i>Sistema de alta velocidad</i>	<i>50</i>
2) <i>Sistema de baja velocidad</i>	<i>54</i>
3) <i>Cálculo de la caída de presión</i>	<i>57</i>

IV. CONTROL INTELIGENTE.....	60
V. CONCLUSIÓN.....	67
VI. BIBLIOGRAFIA.....	69
VII. ANEXOS.....	71

I. INTRODUCCIÓN

La crisis del petróleo en la década de los setentas y la consiguiente escalada en los precios de la energía, propiciaron la necesidad de instalar sistemas capaces de reducir los costos de operación, no solamente de nuevas construcciones, sino de edificios ya construidos. El simultáneo desarrollo de los microprocesadores, proporcionó las herramientas necesarias para la implementación de sofisticados sistemas de control y monitoreo de los equipos que operan dentro del edificio.

Actualmente la idea de edificio inteligente es un concepto cada vez más requerido a la hora de poner en marcha la construcción de un nuevo edificio. El considerable aumento en su tamaño y complejidad de sus instalaciones ha hecho necesario centralizar el control y señalización de anomalías, desperfectos y alarmas. Cualquier cambio que se presente en la iluminación, temperatura, consumo eléctrico, flujos de agua y aire que se aparten de lo que se considera zona normal de funcionamiento, es comunicado a un equipo de cómputo que resuelve el problema sin recurrir, en la mayoría de las ocasiones, a la intervención humana, obteniendo como resultado un considerable ahorro de energía, abaratamiento de costos de mantenimiento, aumento notorio en el rendimiento del personal y mayor seguridad.

Alrededor del 60% de la energía eléctrica consumida en un edificio se debe al funcionamiento de motores eléctricos. Es significativo el hecho, de que los motores eléctricos suministran en su mayor parte, la energía que mueve las bombas de circulación de agua helada, los ventiladores de las unidades manejadoras de aire, los compresores de los equipos autocontenidos, los ventiladores de las torres de enfriamiento, etc., por lo que la operación y conservación de los motores de los equipos de aire acondicionado en un edificio, representa el campo más fértil en el ahorro de energía.

El ahorro de energía comienza con la selección y diseño apropiado del sistema y equipos de aire acondicionado, ya que los mayores ahorros se obtienen cuando el sistema, incluyendo los motores lógicamente, operan a su máxima eficiencia.

Es por esto que el presente trabajo responde a la necesidad de diseñar un sistema inteligente de aire acondicionado, que trabaje de manera autónoma durante todo el año y que satisfaga por completo los requerimientos de confort al menor costo posible. Un sistema en el que el funcionamiento de los equipos esté determinado por las decisiones que toma un computador central, basadas en la información que recibe de otros microprocesadores y sensores instalados en puntos estratégicos dentro del mismo sistema.

Para llevar a cabo dicho diseño, se utilizará un edificio de oficinas que se está proyectando actualmente y en cuyos planes está el incorporar controles inteligentes en sus instalaciones para maximizar tanto el ahorro de energía como los servicios que brinda.

Se incluirá un cálculo detallado de cargas térmicas que permita una selección confiable de equipos de refrigeración y el correcto dimensionamiento del sistema de ductos. Se definirán ciertos criterios que servirán para diseñar un sistema inteligente tan flexible que podrá ser utilizado en cualquier otra edificación sin mayor cambio que el reubicar los equipos de acuerdo a la nueva distribución que se presente.

II. ¿QUÉ ES UN EDIFICIO INTELIGENTE?

Antes de centrar la atención en el acondicionamiento de aire, es importante definir el entorno dentro del cual interactuará el sistema y la relación que tendrá con las demás instalaciones que integran un edificio inteligente.

Se empezará por definir un edificio inteligente como aquél que está dotado de cerebro, esto es, de un órgano capaz de detectar y reaccionar ante cualquier cambio que influya en su comportamiento para poder así modificar la operación de los diferentes equipos que componen sus instalaciones, en orden a conseguir un grado óptimo de funcionalidad.

El edificio inteligente detecta gracias a un sistema de sensores y terminales, cualquier variación en temperatura, consumo de energía, iluminación y flujos de agua y aire que se aparten de los parámetros previamente definidos y que se consideran zonas óptimas de funcionamiento. Los cambios detectados por cualquiera de los componentes que integran el sistema, son comunicados a un computador que almacena, compara, administra y procesa la información que recibe, para tomar una decisión y realizar los ajustes necesarios para resolver el problema de manera autónoma.

La utilización de computadoras en estos sistemas, hará posible racionalizar y optimizar el funcionamiento del edificio con el resultado de una mayor autonomía y un notorio aumento en el rendimiento del personal, evitando desplazamientos inútiles y tiempos muertos de los operadores. El sistema de control dotado de inteligencia deberá conducir las instalaciones ordenando arranque y paro de equipos como consecuencia de su poder de actuación inmediata en aquellos puntos en que las instalaciones han dejado de ser aprovechadas o tienen un gasto excesivo de energía, o simplemente existe una desviación en los parámetros de su funcionamiento.

Actualmente, ya no se concibe ningún nuevo edificio especialmente dedicados a oficinas, hoteles, centros comerciales o de entretenimiento, que no incorporen sistemas automatizados para el control y explotación de sus recursos y seguridad; sistemas que hoy en día comienzan a aplicarse de forma habitual en las construcciones residenciales.

Un edificio inteligente puede ser tan complejo como el diseñador y los recursos lo permitan. Se puede imaginar un edificio en el que para entrar al estacionamiento, es necesario que una tarjeta de identificación personal sea leída por una lectora permitiendo el acceso únicamente a personas autorizadas. Además, el estacionamiento es monitoreado noche y día mediante un circuito cerrado de televisión a través de cámaras sensibles al movimiento reduciendo el número de empleados dedicados a la seguridad.

Cuando estos sistemas de seguridad se enlazan con la red del edificio inteligente, además de proveer seguridad, realizan funciones encaminadas a la administración del edificio y ahorro de energía. La tarjeta introducida en la lectora podrá encender las luces y el aire acondicionado de cada oficina, podrá apagar la contestadora telefónica e incluso podrá ser utilizada como reloj checador con lo cual se podrá implementar un sistema de manejo de nómina.

Si se desea mayor complejidad en el sistema, se podría tener la ubicación precisa de cada persona dentro del mismo edificio siempre y cuando traiga consigo su tarjeta. Con lo anterior, el conmutador telefónico al recibir una llamada del exterior la direccionará a la extensión más próxima a la que se encuentre el individuo para que conteste.

En un edificio inteligente, se puede programar el funcionamiento de todas sus instalaciones con un año de anterioridad, incluyendo el sistema de riego de los jardines, las bombas de las fuentes ornamentales, el alumbrado de las zonas exteriores, los ascensores, las alarmas, etc.

Por otro lado, la utilización de sistemas de prevención de incendio en edificios inteligentes es también de primordial importancia, pues de esto depende la rapidez y exactitud de la localización de los conatos de incendio antes de que pasen a ser incendios declarados. La detección temprana de un incendio sólo es posible mediante el uso de sensores inteligentes, ya que éstos además de mandar la señal de detección de fuego, también envían información exacta de la ubicación del mismo, por lo que el tiempo de respuesta de la brigada contra incendio para combatir el conato y definir la estrategia de evacuación se reduce considerablemente.

Cada instalación cuenta con su propio procesador, es decir existe un módulo especializado para la iluminación (ILC Intelligent Lighting Controller), aire acondicionado (AHU Air Handling Unit), acceso al edificio y alarmas (IAC-600 Intelligent Access Controller), sistema contra incendios (IFC-2020 Intelligent Fire Controller), comunicaciones (ICC-800 Intelligent Communication Controller), control de bombas (IPC Intelligent Pump Controller), etc.

Desde cada módulo se puede controlar el funcionamiento de los equipos a su mando a través de pequeñas terminales de cristal líquido portátiles o fijas que se conectan fácilmente a un puerto I/O del mismo módulo, sin embargo todos se deben de enlazar al NCU (Network Control Unit) o cerebro del sistema por medio de una red de alta velocidad llamada N1 LAN (Arcnet).¹

Gracias a esta conexión, el NCU cuenta con la información del comportamiento de cualquier equipo del edificio para procesarla y tomar las decisiones que permitan a los equipos trabajar dentro de ciertos estándares.

¹ METASYS

Johnson Controls Systems and Services Division.

Milwaukee, WI 53201-0423, USA.

Publication No. 2457.

pp. 21.

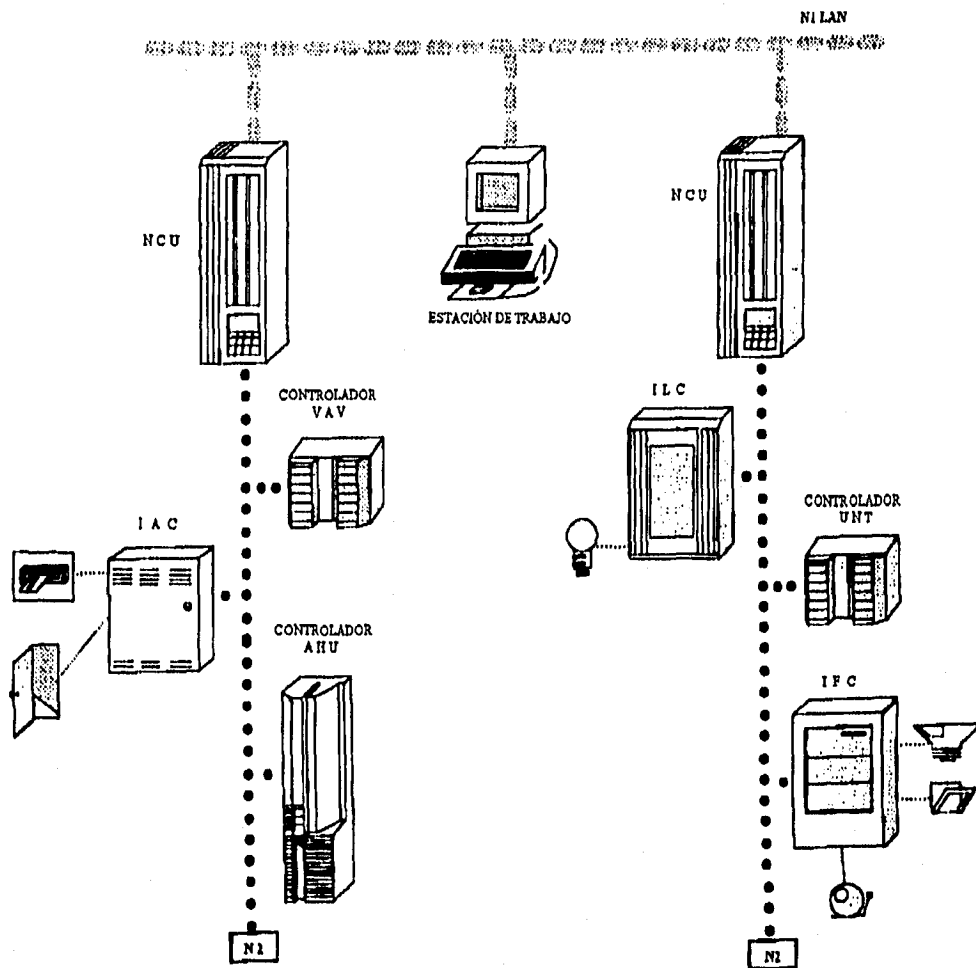


FIGURA 1.- CONEXIÓN DE NCU CON MÓDULOS DE ADMINISTRACIÓN DE INSTALACIONES

El NCU funcionará como administrador de todas las instalaciones a su mando haciéndolas interactuar entre sí, es decir, todas las actividades que impliquen relación entre dos o más instalaciones tendrán que ser procesadas en el NCU. Por ejemplo, cuando la tarjeta de identificación personal es leída por el controlador de acceso IAC-600, el NCU ordena a los módulos de iluminación ILC y aire acondicionado AHU que enciendan sus equipos.

El resultado de esta interacción es la eficiente racionalización de energía y el logro de confort y seguridad para sus ocupantes.

La automatización que han sufrido las instalaciones de un edificio, viene acompañado del acelerado desarrollo que han tenido los materiales para su construcción. El uso de nuevos materiales reduce sin duda la inversión inicial de sus instalaciones, así como los costos de operación y mantenimiento.

El empleo de nuevos cristales y aislamientos en techos y muros, ha permitido disminuir el calor generado en el interior del edificio sin afectar los niveles de iluminación, reduciendo la capacidad de los equipos de aire acondicionado y el ruido proveniente del exterior. Todos los aislamientos están cubiertos con películas retardadoras de fuego, permitiendo al sistema contra incendios contar con mayor tiempo para responder ante un siniestro.

El sinnúmero de mejoras en los materiales para construcción permiten diseñar un edificio más eficiente a un menor costo.

A) ADMINISTRACIÓN DEL EDIFICIO

El alcance del edificio inteligente no queda en minimizar el consumo de energía y optimizar la funcionalidad de sus instalaciones gracias a los avances tecnológicos que incorpora, sino que además tiene la capacidad de administrar los requerimientos de los insumos y servicios que requieren sus instalaciones.

Una investigación reciente indica que estos gastos pueden ser reducidos a una tercera parte mediante el uso de herramientas de administración de mantenimiento de edificios asistido por computadora. Actualmente son ofrecidos en el mercado paquetes que integran funciones de administración de instalaciones tales como la generación de órdenes de trabajo y análisis histórico, control de inventario de equipo y materiales, capacidad de transferencia de datos.

Estos programas reportan la información en forma sencilla y entendible, de tal manera que las áreas responsables pueden tomar decisiones basadas en información de tendencias históricas reales, transformando la administración de mantenimiento de algo impredecible a un método predecible.

1) Generación de órdenes de trabajo y análisis histórico.

Para los técnicos ahora es posible generar y seguir órdenes de trabajo basadas en necesidades de mantenimiento preventivo y predictivo de los equipos del edificio. El programa enlaza todos los módulos de manera que la información es automáticamente interrelacionada, permitiendo seguir el avance de las órdenes de trabajo, costo de materiales, mano de obra aplicada y el historial de cada equipo.

El sistema en forma automática planea y calendariza, de tal manera que pueda balancear la carga de trabajo del personal, reducir los tiempos extras, prever necesidades de mano de obra a corto y largo plazo. Los datos son actualizados a través de la generación y cumplimiento de los órdenes de trabajo y son archivados en una base de datos de casos históricos que sirve para realizar análisis de tendencia, proyección de personal, operación de equipo, uso de material y mano de obra estimada.

2) Inventario de equipo y materiales.

Un mantenimiento efectivo, significa tener los materiales y refacciones necesarias a la mano, por lo que la administración inteligente es una herramienta esencial para mantener un inventario efectivo para el soporte de las instalaciones del edificio.

Los patrones de comportamiento en el consumo de materiales como bandas, filtros, cargas de refrigerante, empaques, válvulas, resistencias, etc., son analizados para llevar a cabo el proceso de reorden del material necesario para el inventario, reduciendo costos por exceso de material y compras de emergencia. De igual modo, se tiene un archivo de proveedores, donde se almacena su comportamiento, tiempos de entrega, precios y calidad.

3) Capacidad de transferencia de datos.

La expansión en red del sistema permite una comunicación abierta entre varias estaciones de mando NCU y sus instalaciones, no importando si es uno o un conjunto de edificios. Los operadores del sistema pueden transferir registros de datos, órdenes de trabajo y reportes de inventario a través de la red, actualizando automáticamente la base de datos cuando la información es ingresada desde cualquier punto.

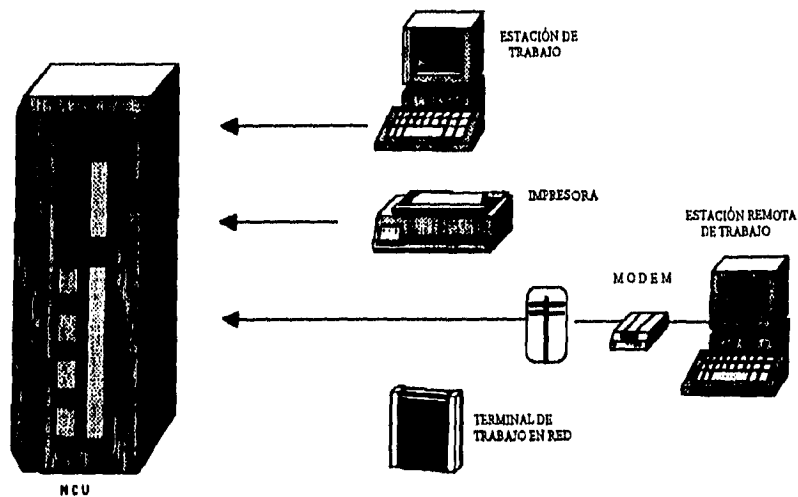


FIGURA 2.- ENTRADAS Y SALIDAS DE INFORMACIÓN AL NCU

Los diferentes NCU's conectados a la misma red, pueden ser monitoreados desde estaciones de trabajo ubicadas fuera del edificio a través de módem. El punto competitivo de esta conexión es la centralización de información, ya que aunque se manejen dos o más edificios, se contará con una sola base de control de órdenes de mantenimiento, inventario de refacciones, historial de equipo, etc.

La utilización de redes de comunicación permite mantener la información en línea de manera que el tiempo de respuesta se vuelva cero para resolver cualquier anomalía.

III. CONDICIONES DEL PROYECTO

La función principal del acondicionamiento de aire es mantener, en un espacio determinado, condiciones de confort, o bien las necesarias para la conservación de un producto o para un proceso de fabricación. Para conseguirlo debe instalarse un equipo acondicionador de capacidad adecuada y mantener su control durante todo el año.

El diseño de todo tipo de instalación, sea en edificios inteligentes o no inteligentes, dependerá de la estructura, distribución y uso que se le dará al edificio. Por esto, no existen reglas universales que determinen el diseño de dichas instalaciones, sino que el ingenio del proyectista debe entrar en juego para incorporar su diseño a cada edificio particular.

Cualquier sistema de aire acondicionado parte de la base de realizar un análisis detallado de las cargas de calor que se generan en el lugar a acondicionar. Un análisis que permita la selección de equipos y controles con capacidad adecuada, así como dimensionar los ductos de manera que el recorrido de aire sea lo más eficiente posible. No hay que olvidar que el ahorro de energía comienza con la selección apropiada del sistema y equipos.

El edificio que se utilizará con el fin de incorporar el diseño, todavía no ha sido construido, lo que permitirá mayor flexibilidad para modificar el proyecto original y acoplarlo a los requerimientos de dicha instalación. Este edificio estará ubicado en la Ciudad de México dentro

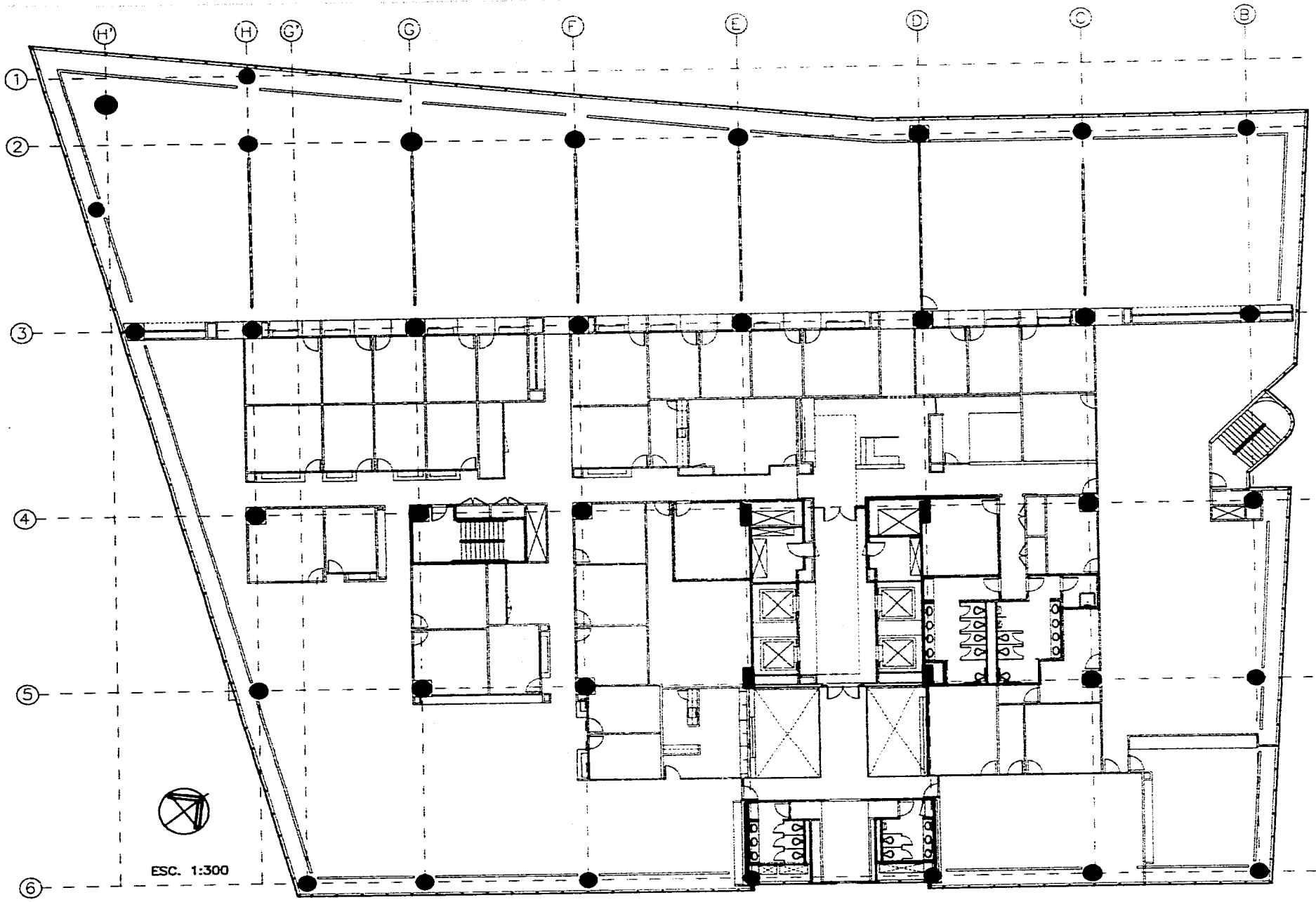
del área de Santa Fe y contará con 5 niveles tipo de 3400 m² cada uno destinados para oficinas (figura 3), además de 2 niveles subterráneos para estacionamiento. Cada planta tendrá zonas abiertas y privadas destinadas para cubículos, sala de juntas, centros de cómputo y copiado, bodegas y sanitarios.

A) ANÁLISIS DEL LOCAL

1) Puntos a considerar en todo sistema de aire acondicionado.

En el análisis de cualquier edificación que requiera ser acondicionada, se debe incluir la información necesaria que permita estimar las cargas térmicas y seleccionar el tipo de sistema y el equipo a utilizar, así como planificar los sistemas de distribución de agua y aire. Para lo anterior, es necesario tomar en cuenta los siguientes aspectos:

- **Espacios disponibles:** conocer de antemano si se cuenta con el espacio necesario para instalar unidades de ventilación, equipos de bombeo y control, torres de enfriamiento y demás equipo de acondicionamiento. Se debe conocer la situación de huecos para paso de ductos, registros, espacio entre plafones.
- **Materiales de construcción:** contar con las especificaciones de vidrios, domos y muros. Conocer el tipo y grosor de los aislamientos utilizados.
- **Posibles obstrucciones:** conocer la situación de las instalaciones eléctricas, hidráulicas, cañerías o interferencias que puedan estar situadas en el trazado de ductos de aire o tubería.



- Situación de entradas de aire exterior: ubicación y tamaño de huecos destinados para la toma de aire de las manejadoras o paquetes acondicionadores. Suciedad y desvío de contaminantes nocivos en el aire.
- Suministro de energía eléctrica: ubicación de acometidas, capacidad, limitaciones de corriente, fases y frecuencia.
- Suministro de agua: ubicación de las tomas de agua, caudal y dimensión de tubería. Presión y temperatura.
- Accesibilidad del equipo al lugar de montaje: se deben prever los accesos desde la calle necesarios para la instalación de los equipos, tomando en cuenta los ascensores, escaleras, puertas y accesos.
- Reglamentación local: se debe tener un total conocimiento de la reglamentación sobre las líneas de suministro de agua, energía, registros y desagües. Permisos de construcción y de maniobra. Normas de velocidad y ruido en ductos y rejillas de inyección de aire.
- Económico: es el aspecto más importante, ya que de él depende el tipo de sistema a emplear, la sofisticación del control inteligente y la calidad de los materiales que serán instalados en la obra. Es evidente, que la inversión necesaria para la construcción de un edificio inteligente, es con mucho, mayor que la que requiere un edificio normal.

B) ESTIMACIÓN DE CARGAS TÉRMICAS

Independientemente del sistema de control que se tenga en mente para manejar el equipo de aire acondicionado, la primera parte del proyecto consistirá en calcular las cargas térmicas. El

procedimiento para calcular las cargas térmicas, consiste en evaluar la ganancia instantánea de calor dentro del espacio a acondicionar y suponer que el equipo de refrigeración que se seleccionó eliminará el calor con la misma velocidad con la que se produce. No obstante, la experiencia ha demostrado que los equipos seleccionados a base de esto, resultan sobredimensionados y por consiguiente pueden mantener condiciones ambientales inferiores a las del proyecto original.

Las ganancias instantáneas de calor en un caso general de acondicionamiento de aire a efectos de confort, se componen de calor solar, iluminación, ocupantes, transmisión a través de las paredes, techos y vidrios, aire de ventilación, calor disipado por equipo de cómputo y eléctrico, etc.

Existen diversos métodos para determinar las ganancias térmicas originadas por la mayoría de los elementos que generan calor tanto en el exterior como en el interior de un espacio a acondicionar; todos estos métodos requieren de un estudio preciso y completo, apoyándose en planos de detalles mecánicos y arquitectónicos, croquis del terreno y en algunos casos fotografías de aspectos importantes del local.

Actualmente, el análisis de cargas térmicas se lleva a cabo con la ayuda de paquetes computacionales desarrollados la mayoría de las veces, por firmas dedicadas a la fabricación de equipo de aire acondicionado. Con el fin de facilitar dichos cálculos se utilizará el E20-II de Carrier Air Conditioning Company, software que sólo necesita las condiciones ambientales del lugar donde se lleva al cabo el proyecto y las características de los elementos generadores de calor dentro y fuera del espacio a acondicionar.

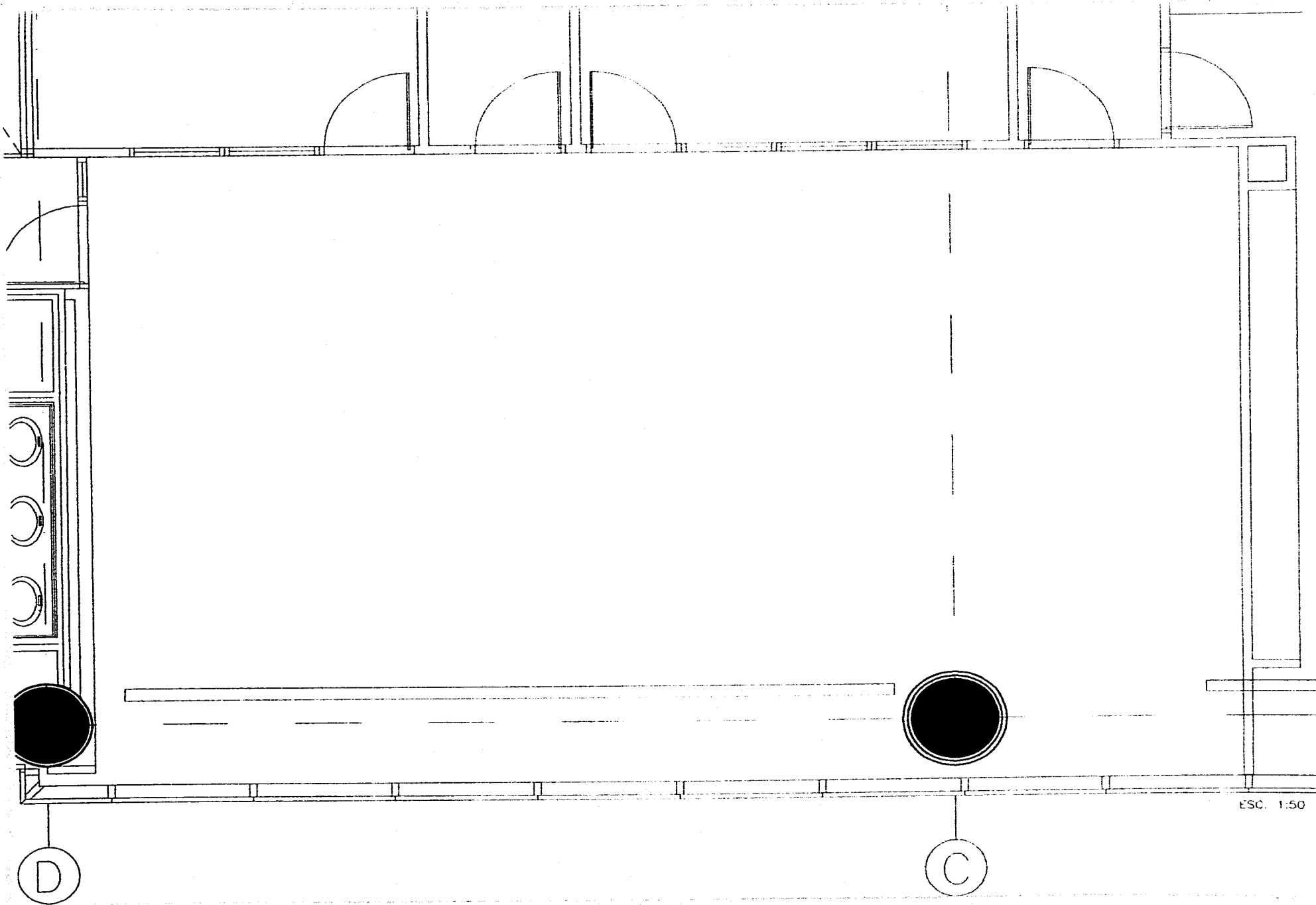
Aunque se utilizará el programa para calcular las ganancias de calor generadas en el edificio y la cantidad de aire necesario para vencer las mismas, se realizará un cálculo a mano de uno de sus privados para ejemplificar la forma en la que estas cantidades son calculadas por el computador para todo el edificio para después comparar los resultados obtenidos.

El privado que se utilizará servirá como sala de juntas y estará ubicado entre los ejes 5-6 y C-D del nivel No.5 del edificio (figura 4) y que por razones prácticas se denominará "espacio o local a acondicionar". La cantidad total de calor producido en este local, se obtendrá a partir de la suma de todas las cargas generadas dentro del mismo, por lo que será conveniente estudiar cada uno de los elementos y formas en que se generan dichas cargas:

1) Ganancias por transmisión de calor y asoleamiento.

Al existir una diferencia de temperatura entre dos puntos de un mismo cuerpo, se establece un flujo de calor desde el punto caliente hacia el punto frío. La cantidad de calor transmitida en la unidad de tiempo, depende de la resistencia que ofrezca el cuerpo entre los dos puntos considerados.

Las ganancias de calor a través de ventanas, muros y techos del local, se debe no sólo a la diferencia de temperatura del aire que baña sus caras exteriores e interiores, sino también al calor solar absorbido por las exteriores. La insolación y la diferencia de temperatura exterior y la interior, son esencialmente variables en el transcurso del día, por lo que la intensidad de flujo a través de la estructura exterior es inestable.



El haber realizado un análisis confiable del local, en donde se haya considerado las características de todos los elementos que lo integran como muros, ventanas, domos, aislamientos, etc., facilitará bastante el cálculo de cargas térmicas.

a) Ganancia a través de vidrios

La intensidad de la radiación solar, disminuye considerablemente al atravesar la atmósfera, de forma que una parte importante de ella se refleja hacia el espacio o es absorbida por diversas partículas de vapor de agua, ozono, o polvo atmosférico, repartiéndose de una manera sensiblemente uniforme por la superficie de la tierra.

La ganancia de calor a través de un vidrio, depende de sus características, del instante considerado y de su orientación. La componente de radiación directa, origina ganancia de calor en el espacio acondicionado, sólo cuando la ventana es atravesada por los rayos solares, mientras que la componente de radiación difusa, origina ganancia de calor cualquiera que sea la posición de la ventana en relación con la de el sol.

En los últimos años, los requerimientos visuales y funcionales han influido sobre el diseño de las fachadas. La tendencia general ha sido encauzada a aumentar el tamaño de las ventanas, esto a su vez, ha contribuido al incremento en el uso de equipos de aire acondicionado, particularmente en edificios de oficinas.

El marcado desarrollo de la industria de la construcción, ha llevado a los fabricantes de materiales, a ampliar su gama de productos para satisfacer no sólo las demandas estéticas, sino

también aquellas encaminadas al ahorro energético. Tal es el caso del vidrio seleccionado para las ventanas de este edificio inteligente, un vidrio tipo Duovent; que consiste en una unidad formada por dos cristales y un marco separador sellado herméticamente, creando un espacio de aire que contiene un material absecante, libre de humedad, que reduce considerablemente el calor durante el verano y evita la pérdida del mismo durante el invierno.

Para calcular la ganancia por transmisión a través del vidrio del local, se utiliza la siguiente ecuación fundamental,

$$Q_G = K_G A_G \Delta T$$

donde

Q_G = ganancias por transmisión por vidrio (BTU/hr)

K_G = coeficiente de transmisión del vidrio (BTU/hr-m²-°F)

A_G = área del vidrio (m²)

ΔT = diferencial de temperatura (°F)

El coeficiente de transmisión térmico K_G , depende del tipo de vidrio y grosor que se esté empleando, ya que cada tipo posee diferentes propiedades y componentes. Se recomienda consultar la tabla de comportamiento térmico y lumínico de cristales del fabricante en cuestión para determinar el coeficiente. Para este caso, el Duovent tiene un coeficiente de transmisión de 5.91 BTU/hr-m²-°F.²

2 VIDRIOS Y CRISTALES ARQUITECTÓNICOS

Vidrio Plano de México.

San Pedro Garza García N.L.

Febrero de 1994.

p.16.

Para calcular el área de vidrio del local que tiene contacto con el exterior, es importante realizar una cuidadosa medición de la longitud y altura de dicha ventana, apoyados en el plano arquitectónico de la figura 4.

$$A_G = \text{Longitud del vidrio} \times \text{Altura del vidrio} = 13 \times 2 = 26 \text{ m}^2$$

El diferencial de temperatura ΔT , se calcula a partir de la diferencia de la temperatura exterior de diseño en la Ciudad de México (86°F) y la temperatura estándar de confort a mantener en el interior de la sala de juntas (72°F).

$$\Delta T = \text{Temperatura exterior} - \text{Temperatura interior} = 86^\circ\text{F} - 72^\circ\text{F} = 14^\circ\text{F}$$

Substituyendo,

$$Q_G = (5.91)(26)(14) = 2152 \text{ BTU/hr}$$

Para obtener la carga generada por asoleamiento S_G en el local, el factor de mayor peso es la orientación que este tiene, ya que de esto dependerá la intensidad de la radiación solar. El desplazamiento del sol, iniciando en el Este por la mañana y terminando en el Oeste por la tarde, hace que las fachadas que dan al Este presenten una mayor carga durante la mañana que las fachadas que dan al Oeste, invirtiéndose dicho efecto durante la tarde.

Carrier Co., ha realizado diversos estudios sobre la variación de la intensidad de la radiación solar durante el transcurso del día, dependiendo la época del año, latitud y orientación que presente el cuerpo expuesto al sol. Para el caso del vidrio expuesto al Sureste en la Ciudad de

México, Carrier considera los siguiente diferenciales de temperatura para poder aplicarlos a la ecuación de transmisión.³

HORA	8:00	10:00	12:00	14:00	16:00	18:00
S _G	57	70	27	14	11	0

Sustituyendo los datos en la ecuación $S_G = K_G A_G \Delta T$, se tiene para cada hora del día las siguientes ganancias:

HORA	8:00	10:00	12:00	14:00	16:00	18:00
S _G	8759	10756	4149	2151	16902	0

Los valores obtenidos son las cargas de calor en BTU/hr generadas por asoleamiento a través del vidrio de la sala de juntas durante el transcurso de un día crítico.

b) Ganancias a través de muros exteriores

La ganancia de calor a través de los muros del espacio a acondicionar debe tomar en cuenta los tipos de material empleados, la orientación y los diferentes tipos de construcción. Esta ganancia se calcula con la misma ecuación empleada en el inciso anterior.

$$Q_w = K_w A_w \Delta T$$

3 HANDBOOK OF AIR CONDITIONING SYSTEM DESIGN

Carrier Air Conditioning Company

Mc Graw Hill

New York, USA.

1978

p.p. 208

donde

Q_w = ganancias por transmisión por muro exterior (BTU/hr)

K_w = coeficiente de transmisión del muro exterior (BTU/hr- m^2 -°F)

A_w = área del muro al exterior (m^2)

ΔT = diferencial de temperatura (°F)

El coeficiente K_w , expresado en BTU/hr- m^2 -°F, indica la cantidad de calor intercambiado en una hora a través de una pared, por m^2 de superficie y por °F de diferencial entre las temperaturas del aire que baña sus caras interior y exterior. Considerando un muro de concreto hecho a base de arena, cal y otros componentes, se tiene un coeficiente de transmisión de 4.73 BTU/hr- m^2 -°F.

La inversa de K_w (hr- m^2 -°F/BTU), expresa la resistencia global ofrecida al paso de calor y es igual a la suma de las resistencias parciales ofrecidas por los distintos materiales que componen la pared, aumentada en las resistencias superficiales.

El área neta de muro que da al exterior se calcula de la siguiente manera:

$$A_w = \text{Área total de fachada} - \text{Área de ventana}$$

$$A_w = (13m \times 3.3m) - 26m^2 = 42.9m^2 - 26m^2 = 16.9m^2$$

El diferencial de temperatura ΔT se calcula como sigue:

$$\Delta T = \text{Temperatura exterior} - \text{Temperatura interior} = 86^\circ\text{F} - 72^\circ\text{F} = 14^\circ\text{F}$$

Substituyendo se tiene,

$$Q_w = (4.73) (16.9) (14) = 1120 \text{ BTU/hr}$$

Para obtener la carga generada por asoleamiento en el muro exterior S_w de la sala de juntas, se consideran los diferenciales de temperatura recomendados por Carrier para una orientación Sureste.⁴

HORA	8:00	10:00	12:00	14:00	16:00	18:00
S_w	0	0	21	18	13	0

Substituyendo datos en $S_w = K_w A_w \Delta T$ se obtienen las siguientes ganancias en BTU/hr:

HORA	8:00	10:00	12:00	14:00	16:00	18:00
S_w	0	0	1679	1439	1039	0

c) Ganancias por techo

Las ganancias generadas por el techo, se obtienen utilizando la ecuación fundamental de transmisión siguiendo los mismos criterios empleados para las ventanas y muros. Se tiene que poner especial atención a los coeficientes de transmisión de los materiales empleados para la fabricación de techos, ya que la mayoría de los edificios inteligentes emplean materiales aislantes con el fin de disminuir las cargas de refrigeración y los niveles de ruido exterior. Se considerará un techo aislado con una pulgada de poliestireno extruido, obteniendo un coeficiente de transmisión K_R de 3.1 BTU/hr-m²-°F.

4 HANDBOOK OF AIR CONDITIONING SYSTEM DESIGN

Carrier Air Conditioning Company

Mc Graw Hill

New York, USA.

1978

pp. 208

El área de transmisión en el techo A_R es prácticamente el área total de la sala de juntas a acondicionar y el diferencial de temperatura ΔT se calcula de misma forma en la que se hizo con el muro y con el vidrio.

Substituyendo,

$$Q_R = K_R A_R \Delta T = (3.1) (87.7)(14) = 3806 \text{ BTU/hr}$$

Al igual que el vidrio y muros, el techo también está expuesto a los efectos de la radiación solar, por lo que el procedimiento para obtener la ganancia por asoleamiento S_R es el mismo. Los diferenciales de temperatura recomendados por Carrier para techo son los siguientes:

HORA	8:00	10:00	12:00	14:00	16:00	18:00
ΔT	0	0	23	32	33	0

Substituyendo en $S_R = K_R A_R \Delta T$ se obtienen las siguientes ganancias en BTU/hr por el techo:

HORA	8:00	10:00	12:00	14:00	16:00	18:00
ΔT	0	0	6253	8700	8972	0

d) Ganancias por muro no acondicionado

Se considera muro no acondicionado a aquel muro del local a acondicionar, que colinda con un espacio sin acondicionar y que no da al exterior. En el caso de la sala de juntas, el único muro no acondicionado es el colindante con los sanitarios; todos los demás muros, excluyendo el exterior, colindan con oficinas que tendrán aire acondicionado.

El cálculo de la carga generada por este muro, sigue los mismos criterios que los cálculos del muro al exterior, haciendo notar que el diferencial de temperatura ΔT del muro no acondicionado, no es 14, sino 7. El ΔT del muro no acondicionado, se obtiene a partir de la

diferencia de la temperatura promedio del baño colindante (79°F) y la temperatura interior a mantener en la oficina a acondicionar (72 °F).

Normalmente los muros interiores que no son de carga son más ligeros que los muros exteriores.

En este caso se consideran muros interiores con un coeficiente de transmisión K_{NCW} de 3.87 BTU/hr-m²-°F.

Substituyendo,

$$Q_{NCW} = K_{NCW} A_{NCW} \Delta T = (3.87) (23.1)(7) = 626 \text{ BTU/hr}$$

2) Ganancia total por asoleamiento

La ganancia total por asoleamiento se obtiene de la suma de las cargas individuales de los elementos de local que están expuestos al sol.

HORA	8:00	10:00	12:00	14:00	16:00	18:00
S_G	8759	10756	4149	2151	1690	0
S_w	0	0	1679	1439	1039	0
S_R	0	0	6253	8700	8972	0
TOTAL	8759	10756	12081	12290	11701	0

Se puede observar que la carga total por asoleamiento varía durante el transcurso del día, teniendo su valor máximo a las 14:00 horas con 12290 BTU/hr. Este valor máximo, es el que se toma en cuenta para obtener la carga total del local por asoleamiento.

3) Ganancia por ocupantes

El ser humano produce dos formas diferentes de calor: sensible y latente. En la primera forma, el calor llega a la epidermis a través de la circulación sanguínea por lo que es variable según la persona. La segunda dependerá exclusivamente de la actividad que se esté desarrollando.

Las ganancias de calor generadas por los ocupantes, serán obtenidas de estudios realizados por ASHRAE, en donde la cantidad media de calor desarrollada por un humano, es calculada tomando como base un hombre adulto de 68 Kg. de peso para diferentes grados de actividad. Estos estudios han tomado en cuenta el hecho, de que las cantidades generadas por una mujer y un niño son el 85% y 75%, respectivamente, de las desarrolladas por un hombre adulto. En el caso de edificios destinados para oficinas se recomienda considerar 280 BTU/h de calor sensible y 220 BTU/h de calor latente por persona. Para determinar el número de personas que comúnmente ocuparán la sala de juntas, se puede contar el número de lugares representados en los planos arquitectónicos, o bien, considerar $6\text{m}^2/\text{persona}$.⁵

$$\text{No. de personas} = (87.7 \text{ m}^2) / (6\text{m}^2/\text{persona}) = 15 \text{ personas}$$

$$Q_{\text{PS}} = (15 \text{ personas}) (280 \text{ BTU/hr}) = 4200 \text{ BTU/hr}$$

$$Q_{\text{PL}} = (15 \text{ personas}) (220 \text{ BTU/hr}) = 3300 \text{ BTU/hr}$$

4) Ganancias por iluminación

La iluminación constituye una fuente considerable de calor a pesar de que el sistema inteligente disminuye en gran medida las cargas por alumbrado optimizando su funcionamiento. Para el

⁵POCKET GUIDE FOR AIR CONDITIONING, HEATING, VENTILATION AND REFRIGERATION

ASHRAE, Ne, Atlanta, GA, 30329 USA

ISBN 0-883413-01X p.117

p.58

cálculo, se considera una determinada cantidad de watts por metro cuadrado (W/m^2) dependiendo de la utilización del local a acondicionar; normalmente para áreas destinadas a oficinas se consideran $30 \text{ watts}/m^2$.⁶

La carga por iluminación se calcula de la siguiente manera:

$$QI = 3.4 A W$$

donde,

QI = ganancias por iluminación (BTU/hr)

A = área (m^2)

W = watts por metro cuadrado (w/m^2)

entonces se tiene,

$$QI = 3.4 \times 87.7 \times 30 = 8945.4 \text{ BTU/hr}$$

5) Carga del aire de ventilación

Más adelante se verá que el aire de refrigeración que inyecta un equipo acondicionador está compuesto de aire de retorno y aire de toma exterior. La inyección de aire desde el exterior, tiene la finalidad de renovar el aire interior evitando que se envíe o se concentren los malos olores o el humo de cigarro.

⁶ POCKET GUIDE FOR AIR CONDITIONING, HEATING, VENTILATION AND REFRIGERATION

ASHRAE, Ne, Atlanta, GA, 30329 USA

ISBN 0-883413-01X

p.98

El inyectar aire exterior a una temperatura mayor que la requerida en el interior, involucra un trabajo adicional para los equipos enfriadores, por lo que es necesario considerar la carga de calor del aire exterior.

Se recomienda inyectar 15 pies cúbicos por minuto por persona de aire exterior al interior del local, con lo que se tiene,

$$\text{PCM} = (15 \text{ PCM}) \times (15 \text{ personas en el interior del local}) = 225 \text{ PCM}$$

Para obtener la carga térmica que representan los 225 PCM a inyectar en el interior del local, es necesario multiplicar por 11.07. El valor 11.07 se obtiene de dividir la diferencia de entalpías del aire exterior e interior entre el volumen específico del aire en la Ciudad de México.

$$Q_{\text{TAE}} = (225 \text{ PCM}) \times (11.07) = 2490.75 \text{ BTU/hr}$$

6) Carga total del local.

Como se mencionó anteriormente, la carga total de calor del local se obtiene de la suma de todas las cargas generadas a través de los diferentes elementos que lo componen:

Transmisión por vidrios	2152 BTU/hr
Transmisión por muros	1120 BTU/hr
Transmisión por techo	3806 BTU/hr
Transmisión muro no acondicionado	626 BTU/hr
Asoleamiento	12290 BTU/hr
Carga sensible por ocupantes	4200 BTU/hr
Carga por iluminación	8945.4 BTU/hr
Carga aire de ventilación	2490.75BTU/hr
Carga Sensible Total	354630.1BTU/hr
Carga Latente Total	3300 BTU/hr
Carga Total	38930.5 BTU/hr

Hasta este momento se acaba de ilustrar la manera en la que la carga térmica de un espacio es calculada a mano. Un cálculo manual de este tipo puede convertirse en un procedimiento bastante tedioso si se considera que en un edificio como éste se requerirían alrededor de 70 balances por nivel. En cambio, se puede reducir considerablemente el trabajo de cálculo utilizando el E20-II de Carrier para cada uno de los espacios que componen el edificio.

Si bien es cierto que los resultados obtenidos en un cálculo a mano y los obtenidos mediante el software no son iguales, esta diferencia no es significativa. La carga total de la sala de juntas obtenida por el computador, se encuentra en el renglón COIL_TOTAL_LOAD de la corrida del Anexo 1. Esta carga de 38756 BTU/hr varía en menos de 2% con la que se obtuvo en nuestro cálculo.

Esta pequeña diferencia se puede atribuir a ciertos factores adicionales que el paquete considera y que sería difícil tomarlos en cuenta para un cálculo manual. Por ejemplo, Carrier considera entre otras cosas el color de los muros, si se tiene o no cortinas, el calor generado entre los plafones y el horario del personal para sus cálculos.

C) SELECCIÓN DEL SISTEMA ACONDICIONADOR

La selección de un determinado sistema de aire acondicionado para un edificio inteligente, es una decisión crítica con la que se enfrenta el proyectista. Cada edificio presenta un problema particular que hay que resolver y no existe una solución universal en la selección de dicho sistema.

Para poder diseñar un sistema que se integre perfectamente a las características del edificio al menor precio, es importante que se valore las diversas alternativas de acondicionamiento considerando su costo beneficio. Se debe tomar en cuenta todos los equipos y marcas disponibles en el mercado, incluyendo tiempos de entrega y servicio, determinar los recorridos, velocidades y niveles de ruido en los ductos de aire y tubería, analizar la compatibilidad de controles y sensores, etc. con el fin de asegurar que el sistema que se ha definido es el mejor.

A continuación se describe el funcionamiento y características del sistema seleccionado, así como las ventajas que inclinaron a elegirlo.

1) VOLUMEN VARIABLE

Anteriormente, los sistemas de aire acondicionado resultaban sobredimensionados, ya que se diseñaban en base a un equipo central que tenía la capacidad de vencer la suma de las cargas máximas de todos los locales del edificio a acondicionar. Este diseño, no consideraba que la carga térmica varía considerablemente durante el transcurso del día en las diferentes secciones del edificio, sino que consideraba, que la carga máxima obtenida del balance térmico para cada local se daba simultáneamente en todos.

La carga máxima de una oficina cuya fachada da al Este, se puede dar a las 10:00 a.m., mientras que la carga máxima de una oficina que da al Oeste, puede ocurrir a las 16:00 horas. Esto no significa que el equipo seleccionado deba tener la capacidad para vencer la suma de las cargas máximas de las dos oficinas, ya que éstas jamás se darán simultáneamente.

La mayoría de los edificios presentan dos zonas básicas a considerar: las zonas interiores y las zonas exteriores. Las interiores están situadas en el centro del edificio y no sufren la influencia de los elementos generadores de calor provenientes del exterior, a excepción del último piso con el techo. Las zonas exteriores pueden penetrar de 3 a 6 metros en el interior de cada planta del edificio a partir del muro exterior, y se caracterizan por las variaciones extremas de carga, desde

máximos de radiación solar y transmisión a través de vidrios, pasando por la ausencia de cargas durante estaciones intermedias del año, hasta cargas de transmisión negativas durante el invierno.

Estas variaciones de carga térmica en las zonas exteriores del edificio durante el transcurso del día, inclinan a pensar en un sistema que tenga la capacidad de modular el volumen de aire que entra a la oficina a acondicionar, de tal manera que siempre se inyecte únicamente la cantidad necesaria de aire para neutralizar la carga existente en ese momento en el local. Si la temperatura en el local aumenta, el caudal de aire aumenta, y si la temperatura decrece el caudal de aire decrece.

Un sistema que permita modular el volumen de aire de inyección, en forma independiente en cada una de las zonas del edificio logrando condiciones de confort, optimizará el funcionamiento de los equipos, evitando el desperdicio de aire en zonas que ya no lo requieran por haber alcanzado la temperatura deseada en su interior o porque no existe nadie haciendo uso del local.

El sistema descrito en los párrafos anteriores, es comúnmente denominado "sistema de volumen variable", y no es otra cosa más que un conjunto de compuertas o válvulas (VAV) conectadas a los ductos de inyección de cada oficina y controladas por un procesador que las abre o las cierra dependiendo de los requerimientos de aire de cada local. Su funcionamiento será descrito con detalle en el capítulo de control inteligente..

La parte más importante de un sistema de aire acondicionado es la selección del equipo acondicionador. La inversión, el espacio, el tiempo de entrega y la marca, son factores que influyen en la elección entre un equipo y otro.

Para este edificio, lo más conveniente será utilizar volumen variable con una unidad paquete para cada nivel, es decir 5 equipos, de tal forma que si alguno de éstos quedara fuera de servicio por algún desperfecto, solamente un nivel del edificio quedaría sin aire acondicionado mientras se repara la anomalía. El uso de equipos paquete reducirá considerablemente el costo de la instalación, ya que no se requerirá sistemas complementarios para poder funcionar. Otros sistemas que fueron considerados, como el de agua helada, requieren de generadoras de agua helada, tubería y equipos de inyección de aire como "fan&coils" o manejadoras.

Una ventaja considerable de los equipos paquetes, es el eliminar el uso de tubería de agua a través de los plafones del edificio, evitando problemas de fugas de agua y condensación. Los equipos paquete necesariamente tienen que trabajar en el exterior debido a la descarga de aire de sus condensadores, por lo que irán ubicados en la azotea del edificio. El ubicar los equipos en la azotea, facilita las tareas de mantenimiento, a diferencia de los equipos "fan&coil" que son instalados en el interior de los plafones de la oficina a acondicionar.

Parte importante del sistema de aire acondicionado son los ductos. En edificios de oficinas donde el espacio es tan importante, la solución más práctica será la de un sistema de ductos de alta velocidad, utilizando ductos circulares de menor diámetro que en los sistemas

convencionales. El uso de ductos de menor dimensión, reduce lógicamente los costos de material, de fabricación e instalación.

D) SELECCIÓN DEL EQUIPO ACONDICIONADOR

El equipo unitario de acondicionamiento de aire, comúnmente denominado paquete, es un equipo que incluye un serpentín de expansión directa de alta eficiencia, compresor, condensador y sección de ventiladores, además de contar con equipo de control y conexiones internas de tubería.

La función del equipo paquete es la de suministrar el volumen de aire necesario, a la temperatura adecuada, para vencer la carga de calor generada dentro del edificio que se quiere acondicionar.

Un ventilador incluido en el equipo, hace pasar aire a través de un serpentín que contiene refrigerante en su interior, existiendo un intercambio de calor entre ambos fluidos.

Los equipos se envían normalmente desde la fábrica con todos los elementos mencionados incorporados en una sola unidad. Con esta disposición, puede realizarse la instalación conectando simplemente los ductos e instalando los equipos de control.

Es normal que los equipos paquete cuenten con tres bocas: una de inyección, una de retorno y una de toma de aire exterior. Tanto la boca de inyección, como la de retorno, pueden estar situadas por debajo o por un lado del equipo dependiendo del modelo. La boca de toma de aire exterior siempre estará situada lateralmente.

El ducto de inyección que conducirá el aire al interior del local, se conecta a la boca del equipo mediante una lona ahulada que ayudará a evitar las vibraciones. Es recomendable seleccionar equipos con bocas en la parte de abajo, ya que además de hacer más eficiente el recorrido de

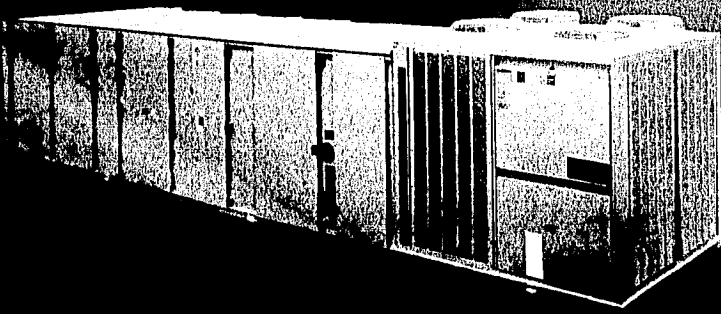
ductos al evitar los codos, también elimina las líneas de ductos en la azotea evitando problemas de espacio o estéticos.

La mayoría de los equipos de aire acondicionado reciclan el aire que se encuentra en el interior del local al que le están dando servicio, con el fin de disminuir los gastos de consumo. Para explicar esto, hay que suponer que el equipo necesita inyectar aire a 52°F para neutralizar el calor producido en el interior y lograr una temperatura de confort de 72°F. El trabajo requerido por el equipo para enfriar aire que se encuentra en el exterior a 86°F, hasta 52°F que es la temperatura de inyección, es con mucho, mayor al trabajo requerido para enfriar aire de retorno de 72°F a 52°F.

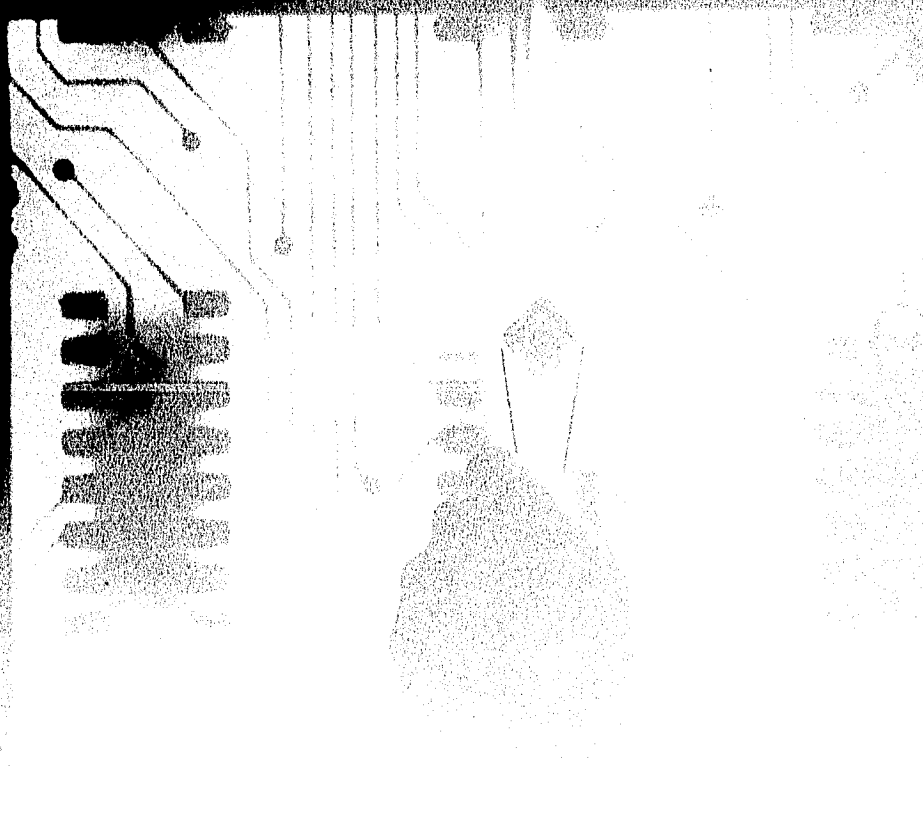
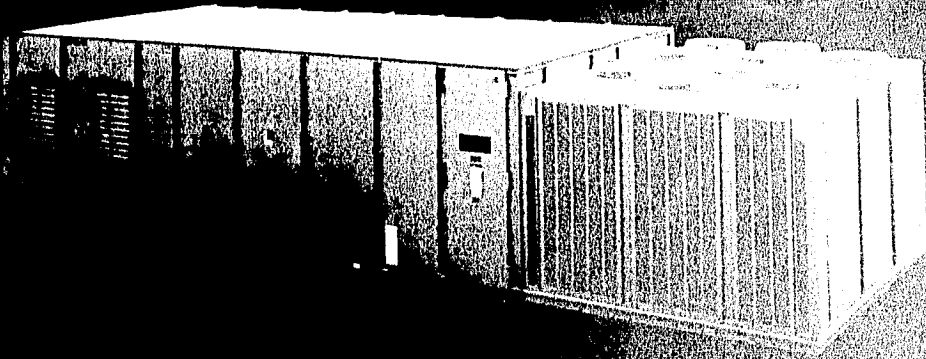
En el cálculo de cargas térmicas se mencionó que no todo el aire del interior del local se retorna, ya que esto causaría problemas de envenenamiento de aire y malos olores. Un porcentaje de aire de inyección se va renovando con aire tomado del exterior. La boca de toma de aire exterior del equipo, normalmente tiene una rejilla que se dimensiona de acuerdo al volumen de aire que se requiere y además impide la entrada de basura y animales.

Aunque existe gran variedad de marcas y modelos de equipos paquete en el mercado como Carrier, York, McQuay, Mitsubishi, etc., se seleccionarán equipos "Intellipak Rooftops" fabricados por la compañía Trane (figura 5). Esta línea incluye microprocesadores en sus equipos para reemplazar partes electromecánicas como relevadores y retardadores utilizados en los antiguos modelos, facilitando así, el proceso de configuración y conexión con los programas de Administración de Edificios de los que se habló en el capítulo 1.

El uso de este tipo de equipos, se considera por su facilidad de instalación y desmontaje así como la posibilidad de aumentar gradualmente el servicio. Tienen un funcionamiento eficiente y silencioso con capacidad de autodiagnóstico. Cuenta con un módulo opcional de filtros para purificación de aire que cumplen con las más altas normas y un tiempo de entrega de 2 semanas. El tamaño de la unidad suele estar determinado por la capacidad de refrigeración y caudal de aire que sus ventiladores pueden inyectar. Dicha selección se hace a través de tablas de capacidad o paquetería que cada fabricante desarrolla para sus equipos. A continuación se



**Acondicionador de Aire
Tipo Paquete Ultra
Convencional, Inteligente**



enumeran los pasos para la selección de un equipo paquete marca Trane, aunque cabe mencionar que la selección para otras marcas se hace de forma muy similar.

1) Se realiza una selección preliminar del modelo con la capacidad nominal para vencer la carga térmica total y sensible obtenida en el balance. En este caso, como cada nivel contará con su propio paquete, se necesita un balance térmico que incluya todos los espacios a acondicionar por nivel. Como se vió, un balance térmico global por nivel, dará la carga máxima que se puede presentar en cualquier día del año considerando la simultaneidad.

Los niveles 2,3 y 4 tendrán prácticamente la misma carga térmica, por lo que el equipo seleccionado será el mismo modelo para los tres. El nivel 1 tendrá una carga mayor a los anteriores si se considera que su piso colinda con un área que no está acondicionada como lo es el estacionamiento. Por otro lado, el nivel 5 tendrá la máxima carga ya que la transmisión y el asoleamiento recibido en el techo incrementan considerablemente la ganancia.

Para el nivel 5 donde se tiene una carga total de 1,192,785 BTU/hr (Anexo 2) COLD_TOTAL_LOAD), la regla indica que se debe seleccionar un paquete con capacidad nominal de 105 t.r.

$$1 \text{ tonelada de refrigeración} = 12000 \text{ BTU/hr}$$

sin embargo, la experiencia recomienda escoger uno o dos modelos siguientes en capacidad (130 t.r.) para no quedar limitados.

2) Para determinar la cantidad de calor que puede vencer el equipo de 130 t.r., es necesario entrar a las tablas de capacidad (tabla No.1) conociendo la temperatura de mezcla. Esto es, la temperatura del aire que pasa a través del serpentín del equipo y que resulta de la mezcla del aire de retorno con el aire de toma exterior. Dicha temperatura se obtuvo en la corrida del balance térmico. (Anexo 2 COIL_ENTERING_AIR_TEMP).

En la tabla de selección para el paquete de 130 t.r. se tendrán que realizar algunas interpolaciones para los datos de entrada de 86°F de temperatura ambiente de bulbo seco, 73.1°F de temperatura de mezcla de bulbo seco y 60.1°F de temperatura de mezcla de bulbo húmedo.⁷

		85				95			
		61		67		61		67	
ENT		CAP	SHC	CAP	SHC	CAP	SHC	CAP	SHC
4600 P C M	75	1505	1268	1662	968	1426	1232	1576	933
	80	1522	1488	1661	1202	1449	1440	1575	1167

⁷PACKAGED ROOFTOP AIR CONDITIONERS

The Trane Company
 Clarksville, TN 37040
 August 1993
 p.32

Performance 115, 130 Tons Data

Table 32-1 — 115 Ton Gross Cooling Capacity With Two 50-Ton R Compressors and 5-Row I-F Evaporator Coil — 100% Load

ENT		Ambient Temperature																							
		85						95						105						115					
		DB		61		67		73		61		67		73		61		67		73		61		67	
CFM	(F)	CAP	SHC	CAP	SHC	CAP	SHC	CAP	SHC	CAP	SHC	CAP	SHC	CAP	SHC	CAP	SHC	CAP	SHC	CAP	SHC	CAP	SHC	CAP	SHC
31000	75	1266	997	1410	785	1563	570	1197	963	1334	752	1480	538	1127	930	1256	720	1395	507	1056	896	1178	687	1309	476
	80	1271	1164	1408	952	1562	737	1204	1129	1333	919	1479	705	1137	1092	1255	886	1394	673	1070	1053	1177	854	1308	642
	90	1368	1368	1413	1284	1560	1068	1310	1310	1340	1249	1477	1036	1249	1249	1267	1212	1392	1004	1187	1187	1193	1172	1306	972
35000	75	1295	1053	1440	818	1595	579	1224	1020	1361	785	1509	548	1151	986	1281	752	1421	517	1078	961	1199	719	1332	485
	80	1304	1236	1439	1004	1594	765	1236	1198	1360	971	1508	733	1168	1156	1280	937	1420	701	1103	1103	1198	904	1331	669
	90	1423	1423	1449	1368	1591	1133	1361	1361	1375	1329	1505	1100	1298	1298	1302	1287	1418	1068	1232	1232	1232	1232	1329	1036
39000	75	1319	1108	1465	850	1621	589	1248	1073	1384	817	1532	575	1172	1038	1301	783	1442	525	1097	1002	1217	750	1350	494
	80	1334	1301	1464	1053	1620	792	1266	1257	1383	1020	1531	760	1201	1201	1300	986	1441	728	1137	1137	1218	953	1349	698
	90	1472	1472	1483	1443	1617	1195	1407	1407	1409	1399	1529	1163	1340	1340	1339	1339	1439	1130	1271	1271	1271	1271	1349	1097
43000	75	1340	1150	1486	880	1643	598	1265	1124	1402	847	1552	566	1190	1088	1318	813	1459	534	1114	1060	1232	780	1366	502
	80	1364	1356	1485	1101	1642	818	1298	1298	1401	1067	1551	786	1233	1233	1317	1033	1458	753	1166	1166	1231	1000	1365	721
	90	1514	1514	1515	1508	1639	1255	1446	1446	1446	1549	1223	1376	1376	1378	1378	1457	1189	1305	1305	1304	1304	1366	1156	
44000	75	1345	1173	1490	887	1648	600	1270	1137	1407	854	1556	568	1194	1100	1321	820	1463	536	1118	1061	1235	787	1369	504
	80	1371	1368	1489	1113	1648	824	1306	1306	1406	1079	1555	792	1240	1240	1320	1045	1462	760	1172	1172	1235	1011	1368	728
	90	1524	1524	1524	1521	1644	1270	1455	1455	1455	1553	1237	1385	1385	1384	1384	1462	1204	1313	1313	1312	1312	1369	1170	
46000	75	1354	1197	1499	902	1657	604	1279	1181	1415	868	1564	572	1202	1123	1328	835	1471	540	1126	1083	1241	801	1376	508
	80	1387	1387	1498	1136	1656	837	1321	1321	1413	1102	1563	804	1254	1254	1328	1068	1469	772	1185	1185	1241	1033	1375	740
	90	1464	1464	1504	1364	1654	1068	1396	1423	1326	1562	1036	1327	1327	1341	1286	1468	1003	1256	1256	1280	1241	1374	971	
90	1543	1543	1542	1542	1654	1299	1473	1473	1472	1472	1562	1266	1401	1401	1401	1401	1470	1232	1327	1327	1327	1327	1377	1198	

Table 32-2 — 130 Ton Gross Cooling Capacity With Two 60-Ton R Compressors and 5-Row I-F Evaporator Coil — 100% Load

ENT		Ambient Temperature																							
		85						95						105						115					
		DB		61		67		73		61		67		73		61		67		73		61		67	
CFM	(F)	CAP	SHC	CAP	SHC	CAP	SHC	CAP	SHC	CAP	SHC	CAP	SHC	CAP	SHC	CAP	SHC	CAP	SHC	CAP	SHC	CAP	SHC	CAP	SHC
31000	75	1403	1065	1556	849	1720	632	1333	1029	1480	815	1637	599	1259	993	1400	780	1550	565	1183	956	1317	745		
	80	1404	1065	1556	849	1720	632	1333	1029	1480	815	1637	599	1259	993	1400	780	1550	565	1183	956	1317	745		
	90	1480	1480	1555	1351	1716	1130	1422	1422	1481	1316	1633	1097	1360	1360	1403	1279	1546	1063	1296	1296	1323	1241		
35000	75	1437	1122	1592	883	1757	641	1364	10897	1512	849	1671	608	1287	1050	1429	814	1581	574	1208	1013	1343	778		
	80	1441	1309	1591	1069	1756	826	1370	1271	1511	1035	1669	793	1296	1232	1428	999	1580	760	1221	1190	1342	963		
	90	1469	1468	1589	1255	1755	1011	1409	1409	1510	1220	1668	9783	1345	1345	1428	1185	1578	944	1279	1279	1343	1148		
39000	75	1465	1177	1621	915	1788	650	1389	1141	1539	881	1699	617	1311	1104	1454	845	1606	584	1230	1066	1365	809		
	80	1473	1379	1620	1119	1787	854	1400	1339	1538	1084	1697	820	1326	1296	1452	1049	1605	786	1251	1247	1364	1012		
	90	1519	1519	1620	1323	1785	1056	1456	1456	1538	1287	1696	1022	1390	1390	1454	1251	1604	988	1320	1320	1367	1213		
43000	75	1489	1230	1646	946	1814	659	1412	1194	1562	911	1722	628	1332	1156	1474	875	1627	592	1249	1117	1383	829		
	80	1502	1443	1645	1167	1812	880	1429	1400	1560	1132	17620	846	1355	1350	1473	1096	1626	812	1284	1284	1382	1060		
	90	1563	1563	1645	1388	1811	1099	1497	1497	1562	1352	1719	1066	1428	1428	1477	1314	1624	1031	1356	1356	1389	1274		
44000	75	1494	1243	1652	953	1718	661	1417	1206	1567	918	1727	628	1336	1169	1478	883	1632	594	1253	1129	1387	846		
	80	1509	1459	1650	1179	1818	886	1435	1414	1565	1144	1726	852	1363	1361	1477	1108	1630	818	1291	1291	1386	1071		
	90	1653	1653	1669	1613	1815	1333	1585	1585	1590	1567	1723	1299	1513	1513	1513	1512	1628	1264						
46000	75	1505	1268	1662	968	1830	665	1426	1232	1576	933	1737	632	1345	1193	1487	897	1640	598	1262	1153	1395	861		
	80	1522	1488	1661	1202	1829	898	1449	1440	1575	1167	1735	865	1378	1378	1486	1131	1639	831	1306	1306	1394	1094		
	90	1593	1593	1663	1435	1827	1131	1525	1525	1579	1398	1734	1097	1454	1454	1492	1359	1638	1063	1380	1380				
90	1674	1674	1684	1646	1826	1362	1604	1604	1606	1597	1733	1328	1531	1531	1531	1531	1637	1293							

Notes:
 1. All capacities shown are gross and have not considered indoor fan heat.
 2. CAP = Total gross cooling capacity.
 3. SHC = Sensible heat capacity.

Después de interpolar se puede asegurar que un equipo de 130 t.r. inyectando 46,000 PCM a 52°F llega a vencer una carga sensible de 1,270,000 BTU/hr y una carga total de 1,470,000 BTU/hr.

3) Como los equipos paquetes tienen integrado el motor del ventilador de inyección de aire, es necesario restarle el calor producido por éste. Es claro que el trabajo que realizará el motor para impulsar el aire desde el equipo hasta los difusores de inyección, dependerá de la longitud y recorrido de los ductos. Entre más largo sea el recorrido y más accesorios se usen, llamando accesorios a los codos, reducciones, filtros, etc., mayor será el trabajo realizado por el motor y mayor su consumo de energía.

Para obtener el calor generado por el motor, es necesario calcular la caída de presión que tiene que vencer para impulsar el aire hasta el difusor más lejano o con el recorrido más crítico. El cálculo de la caída de presión se ilustra en el inciso de diseño y cálculo de ductos de aire.

La caída de presión obtenida es de 4.25". Con este valor y 46,000 PCM se entra a la tabla de comportamiento del ventilador de inyección (tabla No.2) y se obtiene 58.63 BHP con 812 RPM. Los 58.63 BHP deben ser convertidos a Btu/hr para poderse los restar a la capacidad total y sensible calculadas en el inciso 2.

$$1 \text{ BHP} = 2546.28 \text{ BTU/hr}$$

$$58.63 \text{ BHP} = 149,289 \text{ BTU/hr}$$

Una vez convertido a BTU/hr, se obtiene la capacidad neta que el equipo puede vencer..

$$\text{Capacidad sensible} = 1,270,000 - 149,289 = 1,120,711 \text{ BTU}$$

$$\text{Capacidad total} = 1,470,000 - 149,289 = 1,320,711 \text{ BTU}$$

Ambas capacidades son mayores a las requeridas por el balance térmico en las partidas de COIL_SENSIBLE_LOAD y COIL_TOTAL_LOAD del Anexo 2 por lo que podemos concluir que el paquete seleccionado es capaz acondicionar eficientemente el quinto nivel del edificio.

Performance Data

105, 115, 130 Tons

Table 52-1 — Supply Fan Performance WITHOUT INLET VANES — 105, 115, 130 Ton

Cfm Std. Air	Total Static Pressure															
	.250		.500		.750		1.000		1.250		1.500		1.750		2.000	
	RPM	BHP	RPM	BHP	RPM	BHP	RPM	BHP	RPM	BHP	RPM	BHP	RPM	BHP	RPM	BHP
27000	307	5.00	353	6.57	391	8.02	423	9.33	451	10.54	481	12.02	507	13.42	533	14.87
28000	315	5.46	360	7.09	398	8.61	431	10.00	459	11.22	488	12.79	514	14.28	540	15.69
29000	322	5.92	367	7.63	404	9.23	438	10.79	466	12.00	492	13.44	519	15.05	547	16.56
30000	329	6.43	374	8.21	411	9.88	444	11.50	472	12.80	497	14.18	524	15.84	554	17.48
31000	336	6.96	381	8.82	418	10.55	450	12.21	479	13.77	504	15.05	529	16.67	561	18.42
32000	343	7.52	388	9.46	425	11.26	457	12.99	486	14.69	510	16.03	534	17.51	568	19.34
33000	350	8.11	395	10.13	432	12.01	464	13.80	493	15.66	516	17.04	539	18.44	575	20.24
34000	357	8.74	403	10.83	439	12.78	470	14.64	500	16.68	522	18.11	544	19.44	582	21.18
35000	364	9.40	410	11.56	446	13.59	477	15.62	507	17.76	528	19.25	549	20.51	589	22.22
36000	371	10.09	418	12.33	453	14.43	484	16.64	514	18.91	534	20.46	554	21.66	596	23.39
37000	378	10.82	425	13.14	460	15.31	491	17.70	521	20.15	540	21.74	559	22.89	603	24.70
38000	385	11.59	433	13.98	467	16.23	498	18.57	528	21.40	546	22.98	564	24.10	610	26.10
39000	392	12.39	440	14.86	474	17.18	505	19.40	535	22.14	552	23.63	569	25.27	617	27.56
40000	399	13.23	448	15.78	482	18.17	512	20.27	542	22.88	558	24.83	574	26.42	624	29.03
41000	406	14.11	456	16.73	489	19.20	519	21.57	549	23.85	564	26.08	579	27.61	631	30.48
42000	413	15.03	463	17.73	496	20.28	526	22.71	556	25.07	570	27.36	584	28.80	638	31.92
43000	420	15.99	471	18.77	504	21.39	533	23.90	563	26.33	576	28.69	589	30.01	645	33.34
44000	427	16.98	479	19.85	511	22.54	540	25.13	570	27.63	582	30.06	594	31.24	652	34.76
45000	434	18.04	487	20.97	519	23.74	548	26.40	577	28.98	589	31.48	599	32.51	659	36.32
46000	441	19.13	495	22.14	526	24.99	555	27.72	584	30.37	596	32.94	606	33.84	666	37.92

Cfm Std. Air	Total Static Pressure															
	2.250		2.500		2.750		3.000		3.250		3.500		3.750		4.000	
	RPM	BHP	RPM	BHP	RPM	BHP	RPM	BHP	RPM	BHP	RPM	BHP	RPM	BHP	RPM	BHP
27000	613	16.30	589	17.68	613	18.02	638	20.42	663	21.97	684	23.71	706	25.66	728	27.75
28000	620	17.18	597	18.65	618	20.06	640	21.40	665	22.82	686	24.53	708	26.34	730	28.34
29000	627	18.07	603	19.62	618	21.12	643	22.67	668	24.02	689	25.55	710	27.22	732	29.08
30000	634	19.01	609	20.59	621	22.19	646	23.73	669	25.22	691	26.73	713	28.32	734	30.04
31000	641	20.01	615	21.61	624	23.25	648	24.89	671	26.47	693	28.01	715	29.57	736	31.21
32000	648	21.06	621	22.68	627	24.35	650	26.05	673	27.74	696	29.35	718	30.94	738	32.55
33000	655	22.10	627	23.80	631	25.49	653	27.23	676	28.99	698	30.71	720	32.37	741	34.01
34000	662	23.13	633	24.96	636	26.70	657	28.45	679	30.26	701	32.07	723	33.83	743	35.53
35000	669	24.15	621	26.13	642	27.96	662	29.73	682	31.56	704	33.42	725	35.28	746	37.09
36000	676	25.21	627	27.27	648	29.24	667	31.08	687	32.92	707	34.81	728	36.73	748	38.64
37000	683	26.36	632	28.41	653	30.52	673	32.47	692	34.35	711	36.26	731	38.21	751	40.19
38000	690	27.66	638	29.59	659	31.77	679	33.87	697	35.84	716	37.77	734	39.74	754	41.76
39000	697	29.11	644	30.87	664	33.02	684	35.26	703	37.36	721	39.35	739	41.34	758	43.37
40000	704	30.66	650	32.31	670	34.33	690	36.62	709	38.87	727	40.98	744	43.01	762	45.05
41000	711	32.28	657	33.91	676	35.76	695	37.99	715	40.36	733	42.61	750	44.74	767	46.82
42000	718	33.93	664	35.62	682	37.35	701	39.45	720	41.83	739	44.23	756	46.49	773	48.65
43000	725	35.58	672	37.41	689	39.11	707	41.04	726	43.34	744	45.82	762	48.23	779	50.51
44000	732	37.20	679	39.24	696	41.00	713	42.81	731	44.95	750	47.41	767	49.95	784	52.38
45000	739	38.81	686	41.07	704	42.96	720	44.74	737	46.72	755	49.07	773	51.64	790	54.22
46000	746	40.41	693	42.89	711	44.97	728	46.80	744	48.68	761	50.86	778	53.38	796	56.03

Cfm Std. Air	Total Static Pressure															
	4.250		4.500		4.750		5.000		5.250		5.500		5.750		6.000	
	RPM	BHP	RPM	BHP	RPM	BHP	RPM	BHP	RPM	BHP	RPM	BHP	RPM	BHP	RPM	BHP
27000	749	29.93	769	32.15	790	34.38	809	36.59	828	38.75	847	40.89	866	43.00	884	45.09
28000	756	30.49	771	32.73	791	35.03	811	37.34	830	39.65	848	41.91	867	44.14	885	46.35
29000	762	31.13	773	33.33	792	35.64	812	38.00	831	40.40	850	42.79	868	45.16	886	47.49
30000	768	31.95	774	34.04	794	36.29	813	38.65	832	41.08	851	43.55	869	46.03	887	48.50
31000	774	32.99	776	34.94	796	37.07	815	39.36	834	41.77	852	44.25	871	46.79	888	49.36
32000	779	34.25	779	36.07	798	38.05	817	40.22	836	42.54	854	44.99	872	47.53	890	50.13
33000	785	35.67	781	37.42	800	39.28	819	41.29	838	43.48	856	45.84	874	48.33	891	50.91
34000	790	37.22	783	38.93	803	40.72	821	42.62	840	44.67	858	46.88	876	49.26	893	51.78
35000	795	38.84	786	40.57	805	42.34	824	44.17	842	46.11	860	48.17	878	50.40	895	52.80
36000	800	40.50	788	42.29	808	44.07	826	45.88	844	47.76	862	49.73	880	51.82	897	54.06
37000	805	42.14	791	44.04	810	45.89	829	47.72	847	49.58	865	51.49	882	53.49	899	55.61
38000	810	43.78	793	45.79	813	47.74	831	49.63	849	51.51	867	53.41	884	55.37	902	57.40
39000	815	45.44	796	47.52	815	49.58	834	51.58	852	53.53	870	55.46	887	57.40	904	59.39
40000	820	47.15	799	49.28	817	51.41	836	53.52	854	55.57	872	57.57	889	59.55	906	61.54
41000	825	48.92	802	51.08	820	53.26	839	55.45	857	57.61	875	59.71	892	61.77	909	63.80
42000	830	50.78	806	52.94	824	55.15	841	57.39	859	59.63	877	61.84	894	64.01	911	66.11
43000	835	52.70	811	54.89	828	57.11	845	59.38	862	61.67	880	63.97	897	66.23	914	68.45
44000	840	54.67	816	56.91	832	59.15	849	61.43	865	63.76	882	66.11	899	68.45	916	70.77
45000	845	56.66	822	58.99	838	61.28	853	63.57	869	65.91	886	68.29	902	70.69	919	73.09
46000	850	58.63	828	61.09	843	63.46	858	65.79	874	68.14	889	70.53	905	72.97	922	75.42

Cuando se definió el sistema de acondicionamiento se mencionó, que los paquetes estarán ubicados en la azotea, por lo que es conveniente checar la distribución y el espacio que ocuparán los cinco equipos juntos. Es importante tomar en cuenta que todas las partes de los mismos, deben ser fácilmente accesibles para su mantenimiento (limpieza, engrasado, reparación y conservación en general). Se debe poder sustituir los componentes sin que sea necesario desmontar toda la unidad. En particular, deberá de existir fácil acceso a serpentines, motores, cojinetes, acoplamientos y válvulas.

E) DISEÑO Y CALCULO DE LOS DUCTOS DE AIRE

La misión principal de un sistema de ductos, es conducir el aire desde el equipo acondicionador hasta el espacio que va a ser acondicionado. Para cumplir esta misión de forma práctica, el sistema debe proyectarse dentro de ciertas limitaciones establecidas de antemano relativas al espacio disponible, pérdidas por rozamiento, velocidad, niveles de ruido y fugas.

El espacio disponible para los ductos de inyección y de retorno, así como el aspecto decorativo, presentan con frecuencia las limitaciones más grandes para el paso de ductos en el interior del edificio. Por regla general, en el diseño de cualquier sistema de ductos, se procura que el tendido esté oculto y sea lo más sencillo y simétrico posible, colocando los difusores de inyección en puntos adecuados para proporcionar una correcta distribución de aire. Una buena instalación desde el punto de vista económico y funcional, no es sólo la que dispone de equipos

dimensionados correctamente, sino aquella que permita una distribución correcta de aire en los locales a los que da servicio.

La red de ductos que se utilizará en este edificio estará integrada por dos sistemas: uno de alta velocidad y uno de baja velocidad. El primero, se considerará desde el paquete acondicionador, hasta las válvulas de volumen variable (VAV) que regulan el flujo de aire en cada local. Los ductos de este sistema estarán dimensionados de tal forma, que el aire fluya en su interior a una velocidad bastante alta con el fin de reducir el tamaño del ducto.

El segundo sistema se considera desde las válvulas de volumen variable hasta los difusores de inyección de aire que se encontrarán en el interior de las oficinas. Si bien es cierto que el emplear ductos dimensionados a baja velocidad y presión constante trae consigo el incremento del tamaño del ducto, también es cierto que los niveles de ruido a la salida del difusor de inyección disminuyen considerablemente. Las válvulas evitan las corrientes de aire directas y los constantes zumbidos por la velocidad de salida en el interior de una local.

Con lo que respecta al retorno de aire se utilizará un ducto que entrará a la boca de retorno del equipo y penetrará dos o tres metros en el interior del plafón. La idea es sellar completamente el plafón de cada nivel, de manera que se forme una cámara plena que sirva como un gigantesco ducto por el cual regrese el aire al equipo. En el interior de cada local habrá rejillas conectadas al plafón por las que retornará el aire.

El dimensionamiento de los ductos se puede hacer con la ayuda de un ductulador o con programa llamado Duct Size de Carrier. El programa toma las cantidades de aire calculadas en los balances térmicos del E20-II para cada local y permite al usuario definir el método por el cual se dimensionarán los ductos y los niveles de ruido que se considerarán. Además, cuenta con una interface con Autocad, de tal forma que es posible trazar únicamente el recorrido de los ductos de forma unifilar en el plano arquitectónico para que la computadora los dimensione y los dibuje a escala, incluyendo codos, reducciones, difusores y válvulas.

1) Sistema de alta velocidad

Los sistemas de distribución de aire a alta velocidad, utilizan presiones estáticas mayores que las adoptadas por un sistema de baja velocidad o convencional. El proyecto de un sistema de alta velocidad, implica el empleo de ductos de menores dimensiones, con el consiguiente ahorro de espacio y material con respecto al que normalmente se destina a los ductos de un sistema convencional de aire acondicionado.

El aumento de presión estática en los ductos de alta velocidad, hace que normalmente se utilicen ductos de sección circular por su mayor rigidez. Siempre que sea posible, debe utilizarse tubo Spiro, que está construido de lámina galvanizada más delgada que la utilizada para ductos circulares y rectangulares convencionales; además, no necesita abrazaderas, sino que se emplean piezas suplementarias y adhesivos para juntar secciones de Spiro. Con esto, el sistema de ductos suele estar diseñado para evitar fugas de aire que producirían un ruido demasiado molesto.

En los sistemas de alta velocidad, los ductos de inyección que van desde la boca del equipo hasta las válvulas de volumen (VAV) se aíslan por el interior con una pulgada de fibra de vidrio y se limitan generalmente a una velocidad máxima de 6000 ft/min. Por encima de esta velocidad, se presentan problemas de ruido y aumento de consumo eléctrico. Una velocidad muy alta, requiere ductos más pequeños y por lo tanto menor costo de material, pero en cambio, los gastos de explotación serán mayores y posiblemente se necesitará un ventilador de inyección con un motor más potente. Si se emplea una velocidad menor, los ductos serán mayores, pero los consumos de energía serán inferiores.

Para el dimensionamiento de los ductos circulares de alta velocidad, se deben considerar las siguientes velocidades recomendadas por Carrier para diferentes caudales de aire⁸:

CAUDAL PCM	VELOCIDAD Ft x min.
1 a 2,999	2,500
3,000 a 5,999	3,000
6,000 a 9,999	3,500
10,000 a 14,999	4,000
15,000 a 24,999	4,500
25,000 a 39,999	5,000
40,000 a 60,000	6,000

8 HANDBOOK OF AIR CONDITIONING SYSTEM DESIGN

Carrier Air Conditioning Company

Mc Graw Hill

New York, USA.

1978

p.p. 750

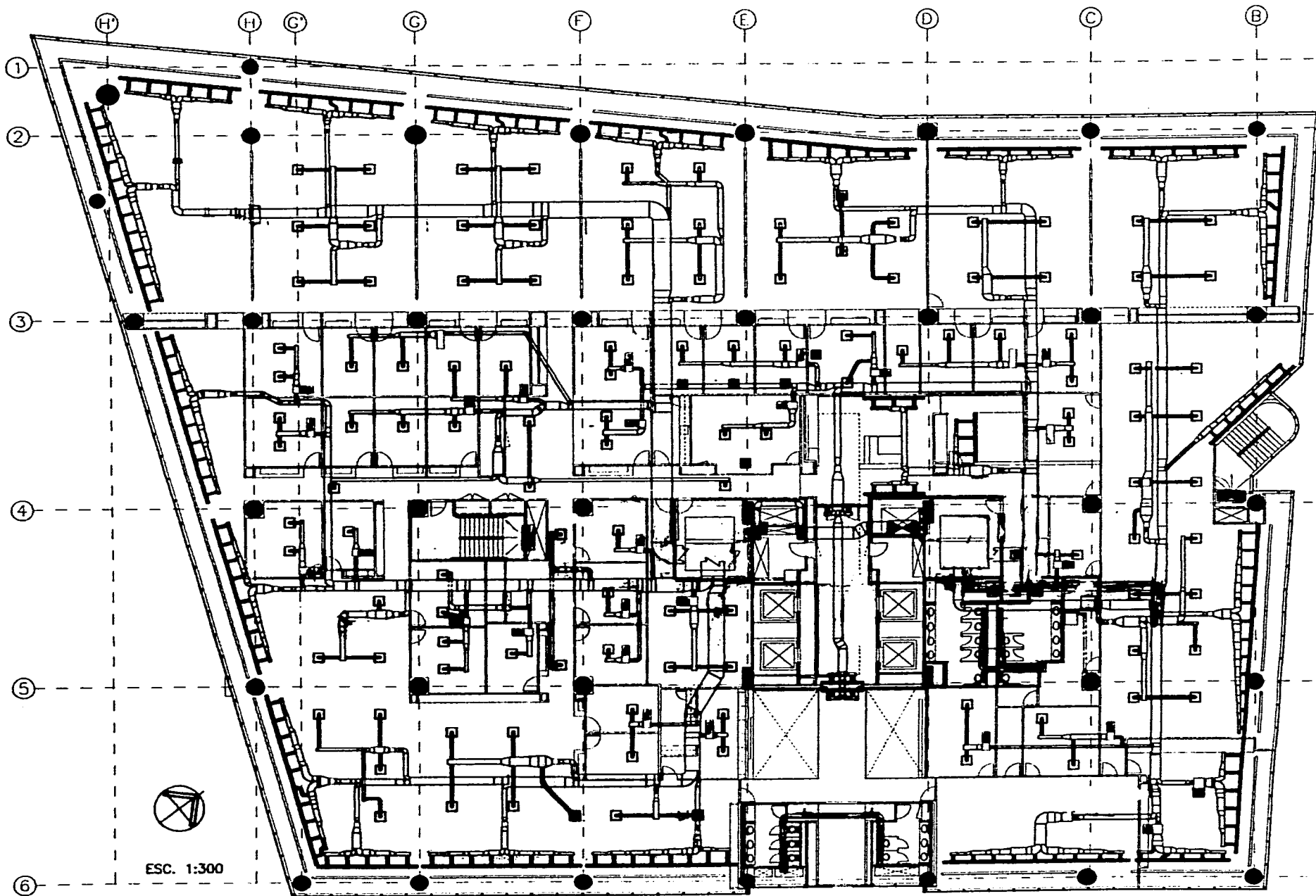
Es conveniente trazar completamente el recorrido de los ductos de forma unifilar antes de empezar a dimensionarlos, ya que es probable que el sistema de ductos interfiera con otras instalaciones (iluminación, hidrosanitaria, incendios, etc.), por lo que se debe poner a revisión con el coordinador del proyecto para hacer los cambios necesarios.

El recorrido de ductos debe permitir fluir fácilmente el aire, hay que evitar codos de 180° o trazos muy forzados. En la medida en que sea posible, es recomendable situar las válvulas de volumen (VAV) fuera del local al que darán servicio, ya que la reducción de velocidad producida en las mismas es muy brusca y podría causar ligeros problemas de ruido.

En la figura 6 se muestra un plano arquitectónico con el diseño definitivo en AutoCad de la red de ductos que servirá para transportar el aire desde el equipo hasta el interior del edificio. Las válvulas de volumen son representadas mediante rectángulos que une los ductos circulares y rectangulares.

Una vez aceptado el recorrido de ductos, se procede a dimensionarlos. Para dimensionar un ducto es necesario calcular el volumen de aire que maneja, considerando el aire que se repartió en cada derivación o ramal. Por ejemplo, para dimensionar el ducto principal de Spiro que sale del equipo paquete con 46000 PCM de inyección, se debe utilizar una velocidad de 6000 ft/min. Con este caudal y velocidad se obtiene un ducto de 40" de diámetro en el ductulador.

Para dimensionar el ducto de Spiro que llega a la sala de juntas que se ha venido estudiando, se utilizará una velocidad de 2500 ft/min., ya que maneja un volumen de aire de 1986 PCM.



Con esta velocidad y volumen, se entra al ductulador y se obtiene un ducto circular de 12" de diámetro (Anexo 3).

Este procedimiento se repite para cada tramo de Spiro si se dimensionan con un ductulador. Sin embargo, si se utiliza el Duct Size el recorrido será dimensionado en cuestión de minutos.

2) Sistema de baja velocidad

En los sistemas de baja velocidad, es buena norma proyectar secciones de ducto rectangular de lámina galvanizada a partir de las válvulas de volumen (VAV). Dichas secciones deben tener una relación pequeña entre sus dimensiones con el objeto de disminuir al máximo las ganancias de calor en el ducto. Se llama relación de forma, a la relación entre la dimensión mayor y menor de un ducto de sección rectangular. Al aumentar esta relación, aumenta el costo del ducto, ya que éste depende de la cantidad de material que se utilice y de la dificultad en la fabricación y colocación del ducto.

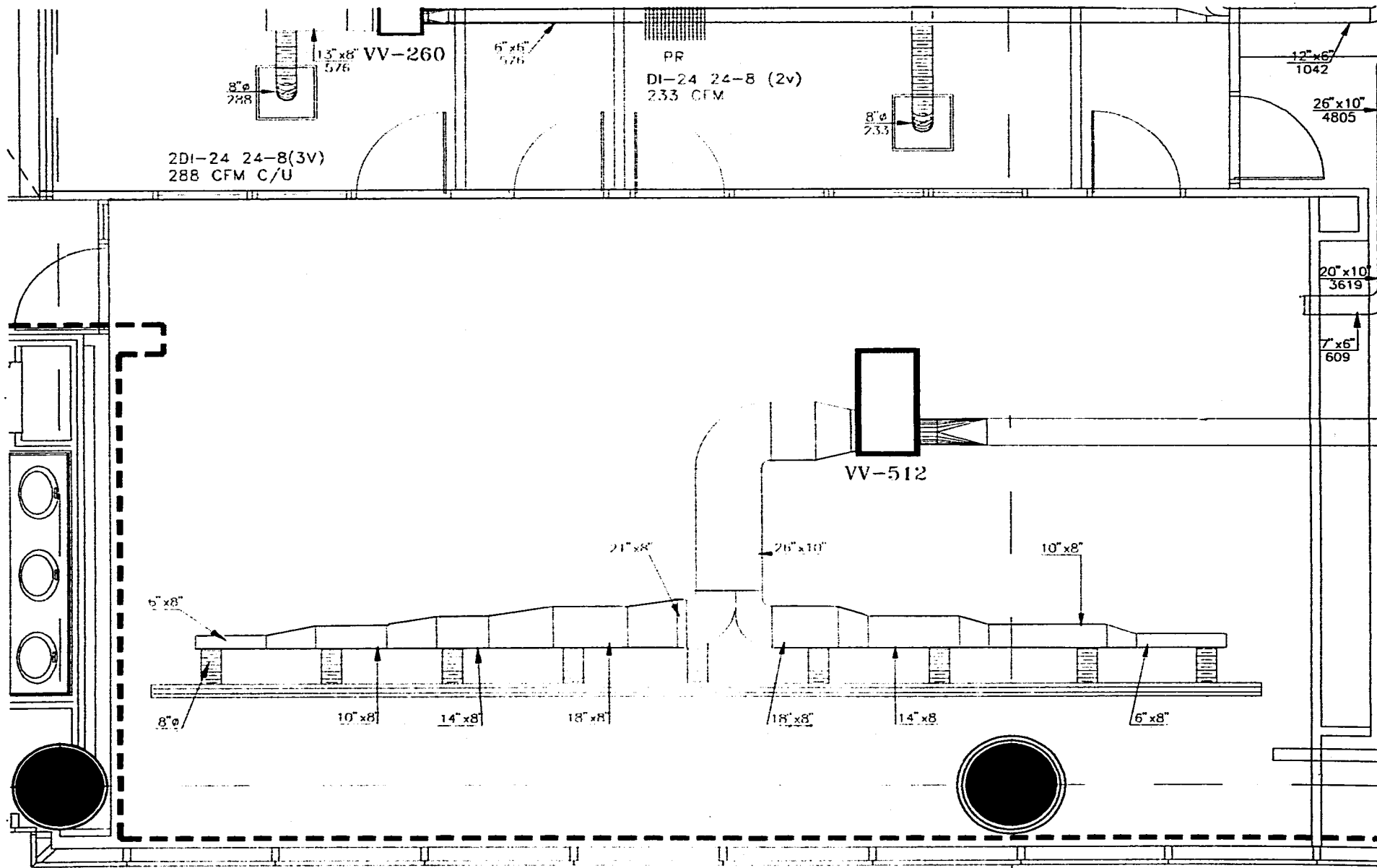
Para el dimensionamiento de los ductos de baja velocidad, se empleará el método de pérdida de carga constante, que consiste en calcular los ductos de manera que tenga la misma caída de presión por unidad de longitud a lo largo de todo el sistema. En este caso, se dimensionarán todos los ductos rectangulares con 0.1" c.a.

Este método de dimensionamiento de ductos, exige una reducción de tamaño después de cada difusor y cada derivación. No obstante, si esta reducción es inferior a 2", no es conveniente modificar la sección del ducto primario, ya que pueden reducirse los gastos de instalación hasta un 25%, aprovechando la misma sección del ducto para distintas salidas de aire.

Al igual que en el sistema de alta velocidad, en el sistema de baja, el utilizar un ductulador facilitará en dimensionamiento de los ductos. Para dimensionar el ducto principal de inyección de la sala de juntas que se conecta después de la VAV, se entra al ductulador con un volumen de aire de 1986 PCM y una caída de presión de 0.1" c.a. para obtener un ducto de 26" x 10" (Anexo 4).

El ducto de 26" x 10" se deriva más adelante en 2 ramales, uno con 882 PCM y otro con 1104 PCM teniendo ductos de 18" x 8" y 21" x 8" respectivamente. Este método se aplica para todos los ramales de baja velocidad incluyendo las mangueras que conectan los ductos rectangulares a los difusores de inyección (Figura 7).

La elección del tipo de la boca de inyección, es de gran importancia para lograr distribuir el aire en el local a acondicionar y provocar un movimiento satisfactorio de aire. Existen diferentes modelos de difusores y rejillas para inyectar aire, los hay cuadrados, lineales, circulares, rectangulares; pero la selección dependerá de la distribución interior, la construcción del edificio y de los gustos de cada proyectista.



2DI-24 24-8(3V)
288 CFM C/U

PR
DI-24 24-8 (2v)
233 CFM

8"φ
23.3

12" x 6"
1042

26" x 10"
4805

20" x 10"
3619

7" x 6"
609

VV-512

10" x 8"

21" x 8"

26" x 10"

10" x 8"

8"φ

10" x 8"

14" x 8"

18" x 8"

18" x 8"

14" x 8"

6" x 8"

DIF. LIN. DE INY. DE 11.20 M. DE LONG.

ESC. 1:50

Es común que en edificios de oficinas se utilice difusor lineal con deflectores ajustables por ser un diseño capaz de dirigir la corriente de aire. Son difusores estéticos que se conectan al ducto a través de mangueras de aluminio aisladas por el exterior con un recubrimiento de fibra de vidrio.

Para la sala de juntas se realiza una distribución equitativa del aire total para cada manguera conectada al difusor lineal. Dividiendo los 1986 PCM de inyección entre las 9 mangueras propuestas, se tienen 220 PCM por cada una. Con este caudal se ductula con un caída de presión de 0.1" c.a. obteniendo mangueras de 8" de diámetro (Anexo 5).

3) Cálculo de la caída de presión

Una vez dimensionado todo el recorrido del sistema de ductos, se podrá calcular la caída de presión a la que está sujeto el aire desde que sale de la boca del equipo hasta que regresa al mismo para poder calcular el consumo del motor del ventilador del equipo.

Para determinar la caída de presión del sistema, se considera el recorrido que va desde la boca del equipo hasta el difusor lineal de inyección que estará instalado sobre el eje H' y eje 2-3 (figura 6). El método consiste en considerar la longitud total equivalente de ducto, incluyendo codos, acoplamientos, compuertas y difusores del recorrido más crítico de todo el sistema.

ALTA VELOCIDAD

Filtros a la salida del equipo = 1.0 " c.a.

12 mts de ducto de 40" = (12m)(3.28ft)(1.12 in c.a/100ft) = 0.44" c.a.

1 codo de 40" = (1) (25 ft) (1.12 in c.a/100ft) = 0.28" c.a.

(1 codo equivale a 25 ft de ducto)

14 mts de ducto de 30" = (14m)(3.28ft)(0.80 in c.a/100ft) = 0.3673" c.a.

1 codo de 30" = (1) (25 ft) (0.80 in c.a/100ft) = 0.2" c.a.

4 mts de ducto de 28" = (4m)(3.28ft)(0.75 in c.a/100ft) = 0.098" c.a.

1 codo de 28" = (1) (25 ft) (0.75 in c.a/100ft) = 0.1875" c.a.

12 mts de ducto de 26" = (12m)(3.28ft)(0.68 in c.a/100ft) = 0.2676" c.a.

8 mts de ducto de 24" = (8m)(3.28ft)(0.68 in c.a/100ft) = 0.1784" c.a.

6 mts de ducto de 22" = (6m)(3.28ft)(0.63 in c.a/100ft) = 0.1239" c.a.

1 codo de 22" = (1) (25 ft) (0.63 in c.a/100ft) = 0.1575" c.a.

11 mts de ducto de 20" = (11m)(3.28ft)(0.58 in c.a/100ft) = 0.2092" c.a.

14 mts de ducto de 18" = (14m)(3.28ft)(0.52 in c.a/100ft) = 0.2387" c.a.

5 mts de ducto de 16" = (5m)(3.28ft)(0.48 in c.a/100ft) = 0.0787" c.a.

TOTAL EN ALTA VELOCIDAD = 3.83" c.a.

BAJA VELOCIDAD

Válvula de volumen variable = .05 " c.a.

18 mts de ducto a fricción cte = (18 mts)(3.28ft)(0.1 in c.a/100ft) = 0.059" c.a.

4 codos de 90° (4) (25 ft) (0.1 in c.a/100ft) = 0.1" c.a.

Difusor de inyección lineal = 0.15 in c.a.

TOTAL EN BAJA VELOCIDAD = 0.36" c.a.

DUCTO DE RETORNO

7 mts a fricción cte = (7 mts)(3.28ft)(0.1 in c.a/100ft) = 0.023" c.a.

TOTAL EN RETORNO = 0.023" c.a.

TOTAL EN EL SISTEMA = 4.24" c.a.

La caída de presión de 4.24 in c.a. es la que se utilizó para calcular el calor generado por el motor del ventilador de inyección de aire del equipo paquete.

ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA

IV. CONTROL INTELIGENTE

Una vez que se ha seleccionado el equipo acondicionador y planificado el recorrido de ductos, se tendrá que idear un sistema que permita mantener en equilibrio la carga térmica del local y la capacidad del equipo, a fin de lograr las condiciones de proyecto al menor costo posible.

Se mencionó que el sistema inteligente de un edificio está compuesto por un procesador central llamado NCU y un módulo de control para cada instalación que se desea administrar. Aunque cada módulo tiene control independiente sobre el funcionamiento de sus equipos, es necesario que estén conectados al NCU para dos funciones básicas. La primera para tomar decisiones en base a los datos históricos que almacena, información que recibe de los mismos módulos o ciertos parámetros fijados por el jefe de mantenimiento. La segunda como enlace con los demás módulos de administración de instalaciones.

Para el aire acondicionado se requiere de un módulo llamado AHU (Air Handling Unit), que será el encargado de ordenar y monitorear las condiciones de operación de todos los equipos, sensores, terminales y válvulas de la instalación (Figura 9).

Se vió que del equipo paquete sale un ducto de inyección que se ramifica a lo largo de la planta del edificio, dejando ductos de aire de refrigeración en todos los cubículos u oficinas de la misma. Cada oficina cuenta con una compuerta o válvula reguladora de volumen (VAV) en su ducto de inyección de manera que exista control independiente. Todas las compuertas estarán controladas por el AHU quien recibe información de un termostato o sensor de zona que se encuentra en el interior de cada local y que está representado con una T en el diagrama de la figura 8.

Cuando en cierta oficina se ha alcanzado una temperatura de confort, el termostato manda inmediatamente una señal al AHU para que cierre gradualmente la válvula de volumen (VAV) y disminuya el caudal de aire que entra al local. De forma inversa, cuando el termostato del local sensa una temperatura que se encuentra por arriba de la deseada, el AHU abre la válvula para que entre la cantidad de aire necesaria para enfriar el local.

Las VAVs están compuestas por una compuerta circular de lámina galvanizada que gira sobre un eje conectado a un pequeño motor modulante a través de un acoplamiento. El AHU manda la información al motor de manera que se abra o cierre la compuerta de forma proporcional dependiendo del requerimiento de aire. Las VAVs se seleccionan de acuerdo al volumen de aire que manejan.

Existen diversos modelos de sensores de zona. La mayoría son programables y tienen la capacidad de trabajar como termostato y como sensor de presencia, de manera que cuando no se detecte a ninguna persona dentro del local en un cierto tiempo programado, el AHU cierra completamente la compuerta evitando el desperdicio de aire de refrigeración.

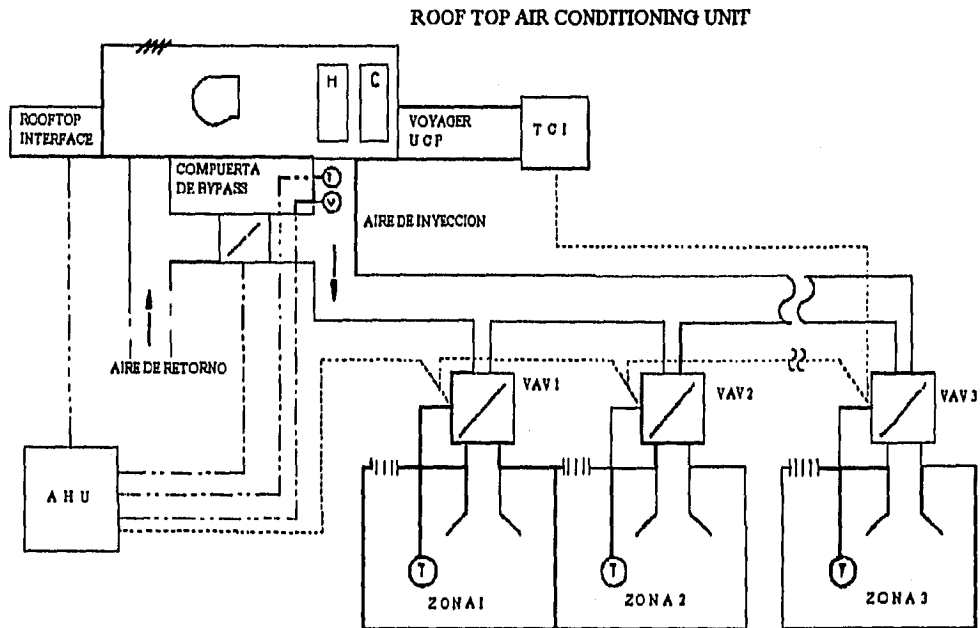


FIGURA 8 . DIAGRAMA DE CONTROL DE AIRE ACONDICIONADO

Al cerrarse las compuertas de volumen de algunos locales o zonas, los ductos empezarán a experimentar un incremento de presión, que será detectado por un sensor que se encuentra en el interior del ducto principal de inyección y que está representado con una V en el diagrama. El incremento de presión en el ducto, significa que el equipo esta generando aire acondicionado que no se está utilizando. Cuando esto sucede, el sensor de presión manda información al AHU para que module una compuerta llamada de bypass o alivio que conecta el ducto principal de inyección con el de retorno (figura 8). Esta compuerta funciona de forma similar a las de VAV, sólo que su funcionamiento está determinado por las señales que envía un sensor de presión y no uno de temperatura o presencia.

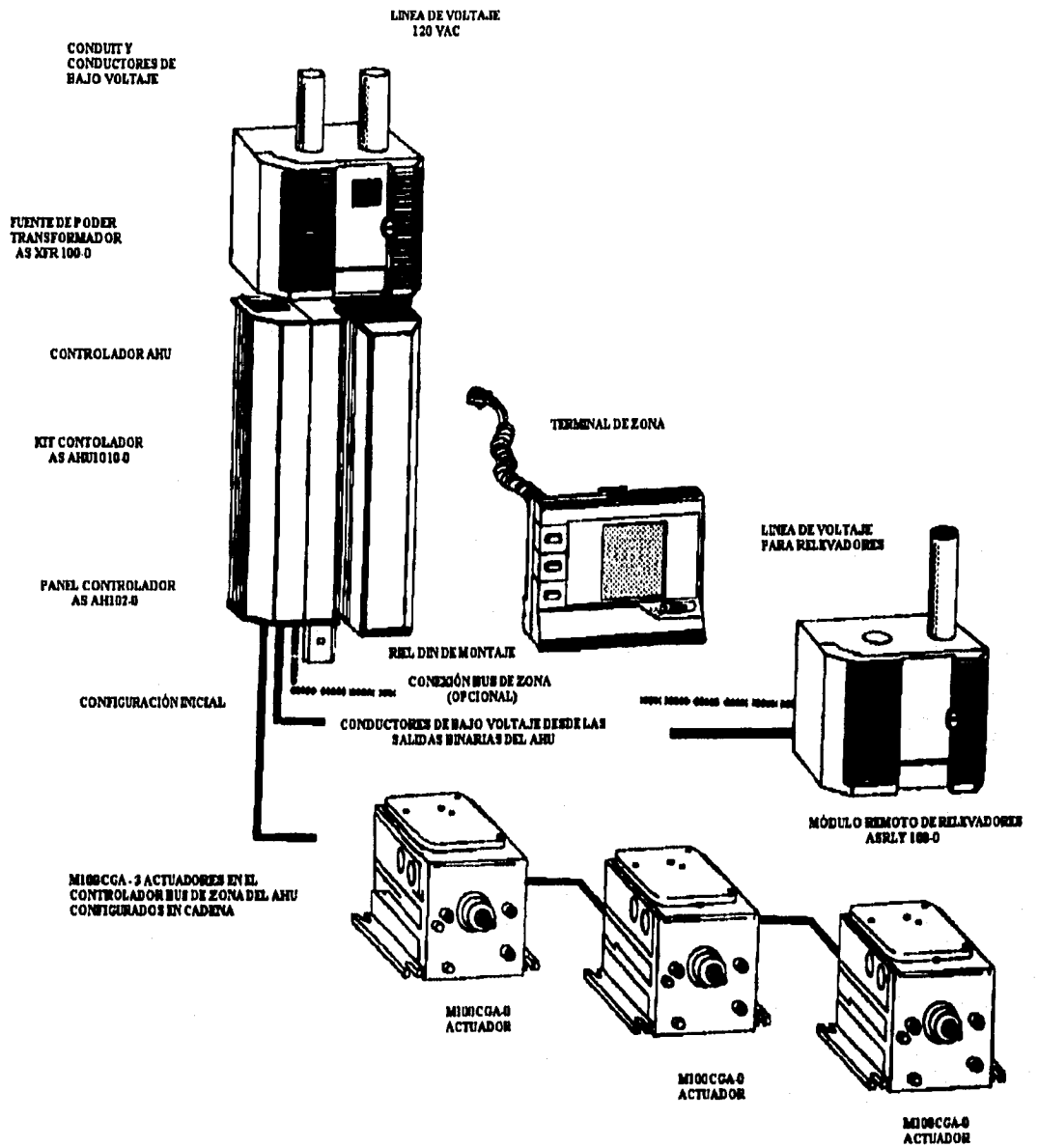


FIGURA 9. CONEXIÓN AHU CON VÁLVULAS DE VOLUMEN

Al detectarse un incremento de presión en el ducto, la compuerta de bypass se abre regresando el aire acondicionado hasta el paquete a través del ducto de retorno, disminuyendo considerablemente el trabajo realizado por el equipo para enfriar el aire.

Cuando el aire de inyección que no fue usado retorna al equipo, el propio microprocesador del equipo paquete a través de un sensor de temperatura situado en su caja de mezcla, envía información al AHU para que tome decisiones sobre el trabajo de los compresores y ventiladores del equipo. El AHU puede ordenar apagar uno o más compresores del equipo dependiendo los requerimientos de enfriamiento o disminuir las revoluciones de los motores de los ventiladores para reducir el caudal de aire. Hay que recordar que el trabajo realizado por los compresores para enfriar la mezcla de aire exterior y de retorno hasta la temperatura de inyección, es mucho mayor que el realizado para enfriar aire de refrigeración que no se utilizó hasta la temperatura óptima de inyección.

Gracias al microprocesador del equipo paquete y a los sensores situados dentro del mismo, el AHU cuenta con información sobre la temperatura y caudal de aire y refrigerante en cualquier sección del equipo, conoce las revoluciones y consumo eléctrico de los motores de inyección, el trabajo de los compresores, el estado de los filtros, etc., sin olvidar que tiene capacidad de autodiagnóstico.

El control inteligente de aire acondicionado considera las condiciones ambientales de manera que si la temperatura exterior es adecuada para inyectarse al interior del edificio, el AHU ordenará al procesador del equipo paquete abrir gradualmente las compuertas de toma exterior

hasta lograr una mezcla de aire en condiciones cercanas a las de inyección. El proceso inverso es igualmente controlable mediante el cierre de las compuertas de aire exterior respetando el caudal mínimo de aire de ventilación.

La importancia del ahorro de energía derivado de la aplicación de este ciclo, estriba en la gran cantidad de horas en las que las condiciones exteriores en la Ciudad de México (clima relativamente templados) son aptas para su utilización.

También es posible añadir al sistema de acondicionamiento de aire unidades de calefacción por resistencias eléctricas si es que se desea. Las resistencias se colocan a la salida de las VAVs de manera que si un local requiere calefacción, el AHU enviara una señal a la VAV para que cierre la compuerta al mínimo y prenda la resistencia. Este sistema permite calefacción y aire acondicionado simultáneamente sin necesidad de requerir de calderas.

La conexión entre el NCU y el AHU dará la posibilidad de interactuar con cualquier otro módulo que este conectado a la red. Podremos contar con información sobre el número de horas y las condiciones a las que operan los equipos en un determinado periodo desde cualquier lugar en el edificio. Los procesadores de los equipos paquete cuentan con dos contadores digitales. El primero lleva las horas de un periodo determinado, mientras que el segundo lleva las horas totales de funcionamiento desde su instalación sin que éstas puedan ser manipuladas. En función del tiempo de funcionamiento y del comportamiento registrado para cada equipo, se generan las órdenes automáticas de mantenimiento preventivo, incluyendo las piezas que será necesario substituir.

La totalización de datos que brinda el sistema hará que la mayoría de las decisiones que tomaba el jefe de mantenimiento, sean tomadas ahora por el computador.

Esta misma conexión permite interactuar al AHU con el módulo LCP (Lab and Central Plant Controller) de tal manera que cuando se suscita una falla en la alimentación de corriente, el LCP pondrá automáticamente en servicio ciertos subsistemas de aire acondicionado con un retraso entre los sucesivos arranques de sus equipos. Este módulo permite saber si las fallas de los equipos se debe a la mala calidad de la energía eléctrica al detectar picos de voltaje y deficiencias en la forma de la onda.

Es evidente que el diseño presentado en este proyecto tuvo que amoldarse a los requerimientos propios del edificio en el que se basó, sin embargo, lo importante es resaltar todos aquellos criterios que se usaron para calcular, seleccionar, trazar y conectar los diferentes elementos que constituyen la instalación inteligente.

Existe un sinnúmero de soluciones posibles encaminadas a satisfacer las necesidades de confort y ahorro de energía, sin embargo todas ellas dependerán de la imaginación y presupuesto con que cuente el proyectista

V. CONCLUSIÓN

La naturaleza competitiva de un negocio de oficinas o comercios hoy en día, demanda que sus instalaciones mantengan sus costos de operación al mínimo, responsabilidad que recae normalmente en los departamentos de Ingeniería y Mantenimiento.

El objetivo de diseñar cualquier tipo de instalación dentro de un Edificio Inteligente es el de brindar la mayor funcionalidad al menor costo posible. La instalación de aire acondicionado demanda cantidades considerables de energía por lo que el diseñar un sistema que mida y controle la operación de sus equipos, representará el ahorro energético más significativo dentro de la edificación.

No sólo ha sido acelerado el desarrollo de los equipos, procesadores y demás dispositivos que integran las instalaciones de un edificio inteligente, sino que las herramientas para su diseño como lo son la paquetería de cálculo, selección y dibujo, han sufrido una transformación radical en los últimos años. Los softwares de cálculo y selección de equipos permiten al proyectista realizar cálculos exactos a una velocidad impresionante. Y no sólo eso, sino que los programas de dibujo trazarán, dimensionarán y hasta cuantificarán el material que se requiere en la obra con gran exactitud.

En el caso de la instalación de aire acondicionado, los ahorros de energía se obtienen al lograr que el mismo equipo tome ciertas decisiones que le permitan optimizar la temperatura del aire de

mezcla que enfriará. El control sobre ciertas compuertas le permitirá mantener al mínimo dicha temperatura de manera que el trabajo realizado por sus compresores y motores disminuirá considerablemente.

Aunque cada edificio requiere de un saco a la medida para el diseño de sus instalaciones debido a su propia arquitectura, en este proyecto se propone una cierta metodología que ayudará al proyectista a considerar ciertos aspectos básicos sobre el cálculo de cargas térmicas, selección del sistema y del equipo y dimensionamiento de ductos, sin importar que habrá algunas variaciones dependiendo de la ubicación, distribución, orientación, tamaño y uso del edificio.

Actualmente los costos de instalación de un sistema inteligente de aire acondicionado por tonelada para un edificio, son de dos a tres veces mayores que los de una instalación normal. Sin embargo, una medición realizada en campo, enseña que el utilizar control inteligente en una instalación de aire acondicionado reduce en un 70% el consumo de energía, lo que garantiza que la inversión se recupera antes de los 5 años.

VI. BIBLIOGRAFIA

- **HANDBOOK OF AIR CONDITIONING SYSTEM DESIGN**

Carrier Air Conditioning Company

Mc Graw Hill

New York, USA.

1978

p.p. 25-1100

- **METASYS NETWORK RESOURCE MANUAL**

Johnson Controls.

Milwaukee, WI 53201 USA.

Julio 1992.

p.p. 15-30

- **METASYS**

Johnson Controls Systems and Services Division.

Milwaukee, WI 53201-0423, USA.

Publication No. 2457.

pp. 21.

- **PACKAGED ROOFTOP AIR CONDITIONERS**

PL-UN-RT-000-DS-8-893

The Trane Company.

Clarksville, TN 37040, USA.

Agosto 1993.

p.p. 3-87.

- **VARITRAC BYPASS VARIABLE AIR VOLUME DAMPERS AND CONTROLS**
 PL-TD-VAV-000-DS-8-1191
 The Trane Company.
 La Crosse, WI 54601-7599, USA.
 Diciembre 1992.
 pp. 2-23.
- **VARIABLE AIR VOLUME AND DOUBLE DUCT TERMINAL UNITS**
 Forma 130.10-EG 1 York International Corporation.
 Pennsylvania, USA.
 Mayo 1993.
 p.p. 6-43.
- **POCKET GUIDE FOR AIR CONDITIONING, HEATING, VENTILATION AND REFRIGERATION**
 ASHRAE, NE, Atlanta, GA, 30329 USA.
 ISBN 0-883413-01X.
 p.45, 50, 102-108, 117.
- **MAS ALLA DEL EDIFICIO INTELIGENTE**
 Johnson Controls de México, S.A de C.V.
 Octubre 27 de 1992.
 p.p.1-85.
- **VIDRIOS Y CRISTALES ARQUITECTÓNICOS**
 Vidrio Plano de México.
 San Pedro Garza García N.L.
 Febrero de 1994.
 p.16.

A N E X O 1

ZONE DESIGN LOAD SUMMARY

Location : México D.F.

12-11-95

Prepared By : A.L.B

6100190202

Carrier Hourly Analysis Program

 CALCULATION DATA:

Zone Name: SALA DE JUNTAS Calc Time: June 1600h
 Job Name : A.L.B. Amb db/wb 85.9/61.9 F

LOAD INFORMATION

LOAD COMPONENT	SENSIBLE	LATENT
	(BTU/hr)	(BTU/hr)

SOLAR LOAD	12158	0
GLASS TRANSMISSION	2098	0
WALL TRANSMISSION	1105	0
ROOF TRANSMISSION	3806	0
PARTITION TRANSMISSION	626	0
LIGHTING (2 631 W TOTAL)	8971	0
OTHER ELEC. (0 W TOTAL)	0	0
PEOPLE (15 PEOPLE TOTAL)	4200	3300
MISCELLANEOUS LOADS	0	0
COOLING INFILTRATION	0	0
PULLDOWN/WARM-UP	0	0

SUB-TOTALS	32964	3300
------------	-------	------

NET VENTILATION LOAD(225CFM)	2492	0
SUPPLY FAN LOAD	0	0
WALL LOAD TO PLENUM	0	0
ROOF LOAD TO PLENUM	0	0

TOTAL COOLING LOAD	35456	3300
--------------------	-------	------

COIL SELECTION PARAMETERS:

COIL ENTERING AIR TEMP. (DB/WB)	=	73.5/59.4 deg F
COIL LEAVING AIR TEMP (DB/WB)	=	52.0/51.3 deg F
COIL SENSIBLE LOAD	=	35456 BTU/hr
COIL TOTAL LOAD	=	38756 BTU/hr
COOLING SUPPLY AIR TEMPERATURE	=	52.0 deg F
TOTAL COOLING CFM (actual)	=	1986 CFM
TOTAL COOLING CFM (std. air)	=	1522 CFM
RESULTING ROOM REL. HUMIDITY	=	48.9 %
COIL BYPASS FACTOR	=	0.050

GENERAL INFORMATION:

TOTAL COIL LOAD	=	3.23 Tons
	=	292.26 sqft/Tons
TOTAL FLOOR AREA	=	944.20 sqft
COOLING CFM/sqft	=	2.10 CFM/sqft

A N E X O 2

ZONE DESIGN LOAD SUMMARY

Location : México D.F.

12-11-95

Prepared By : A.L.B

6100190202

Carrier Hourly Analysis Program

CALCULATION DATA:

Zone Name: PISO 5

Calc Time: June 1600h

Job Name : A.L.B.


Amb db/wb 85.9/61.9 F

LOAD INFORMATION

LOAD COMPONENT	SENSIBLE (BTU/hr)	LATENT (BTU/hr)
SOLAR LOAD	454004	0
GLASS TRANSMISSION	80173	0
WALL TRANSMISSION	39763	0
ROOF TRANSMISSION	129521	0
PARTITION TRANSMISSION	15050	0
LIGHTING (77 685 W TOTAL)	241130	0
OTHER ELEC. (0 W TOTAL)	0	0
PEOPLE (350 PEOPLE TOTAL)	98000	77000
MISCELLANEOUS LOADS	0	0
COOLING INFILTRATION	0	0
PULLDOWN/WARM-UP	0	0
<hr/>		
SUB-TOTALS	1057641	77000
<hr/>		
NET VENTILATION LOAD (5200CFM)	58144	0
SUPPLY FAN LOAD	0	0
WALL LOAD TO PLENUM	0	0
ROOF LOAD TO PLENUM	0	0
<hr/>		
TOTAL COOLING LOAD	1115785	77000

COIL SELECTION PARAMETERS:		
COIL ENTERING AIR TEMP. (DB/WB)	= 73.1/60.1 deg F	
COIL LEAVING AIR TEMP (DB/WB)	= 52.2/51.4 deg F	
COIL SENSIBLE LOAD	= 1115785 BTU/hr	
COIL TOTAL LOAD	= 1192785 BTU/hr	
COOLING SUPPLY AIR TEMPERATURE	= 52.0 deg F	
TOTAL COOLING CFM (actual)	= 67220 CFM	
TOTAL COOLING CFM (std. air)	= 51708 CFM	
RESULTING ROOM REL. HUMIDITY	= 49.2 %	
COIL BYPASS FACTOR	= 0.050	

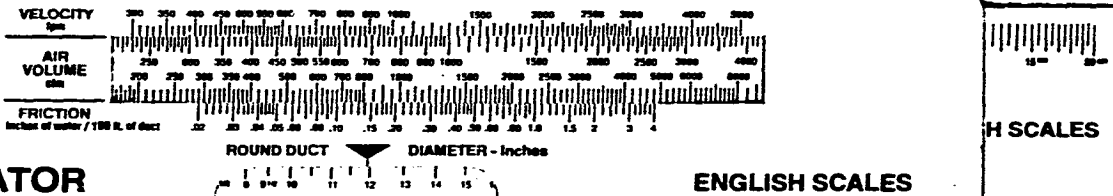
GENERAL INFORMATION:		
TOTAL COIL LOAD	= 99.40 Tons	
	= 368.04 sqft/Tons	
TOTAL FLOOR AREA	= 36584.12 sqft	
COOLING CFM/sqft	= 1.84 CFM/sqft	



VELOCITY
FPM

AIR VOLUME
CFM

FRICTION
Inches of water / 100 ft. of duct

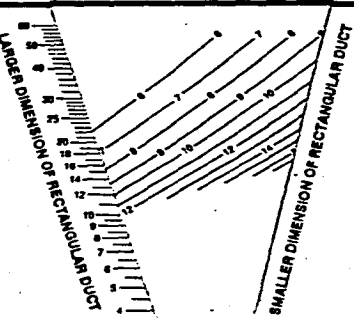


DUCT SIZING CALCULATOR

RECOMMENDED AND MAXIMUM DUCT VELOCITIES

DESIGNATION	Recommended Velocities, FPM			Maximum Velocities, FPM		
	Residences	Schools Theaters Public Buildings	Industrial Buildings	Residences	Schools Theaters Public Buildings	Industrial Buildings
Outside Air Intakes*	500	500	500	800	900	1200
Heating Coils*	450	500	600	500	600	700
Air Washers	500	500	500	500	500	500
Fan Outlets	1000 - 1600	1300 - 2000	1600 - 2400	1700	1500 - 2200	1700 - 2600
Main Ducts	700 - 900	1000 - 1300	1200 - 1600	800 - 1200	1100 - 1600	1300 - 2200
Branch Ducts	600	600 - 900	800 - 1000	700 - 1000	800 - 1300	1600 - 1800
Branch Risers	500	600 - 700	800	650 - 800	800 - 1200	1000 - 1600


* These velocities are for total face area, not the net free area; other velocities in table are for net free area.



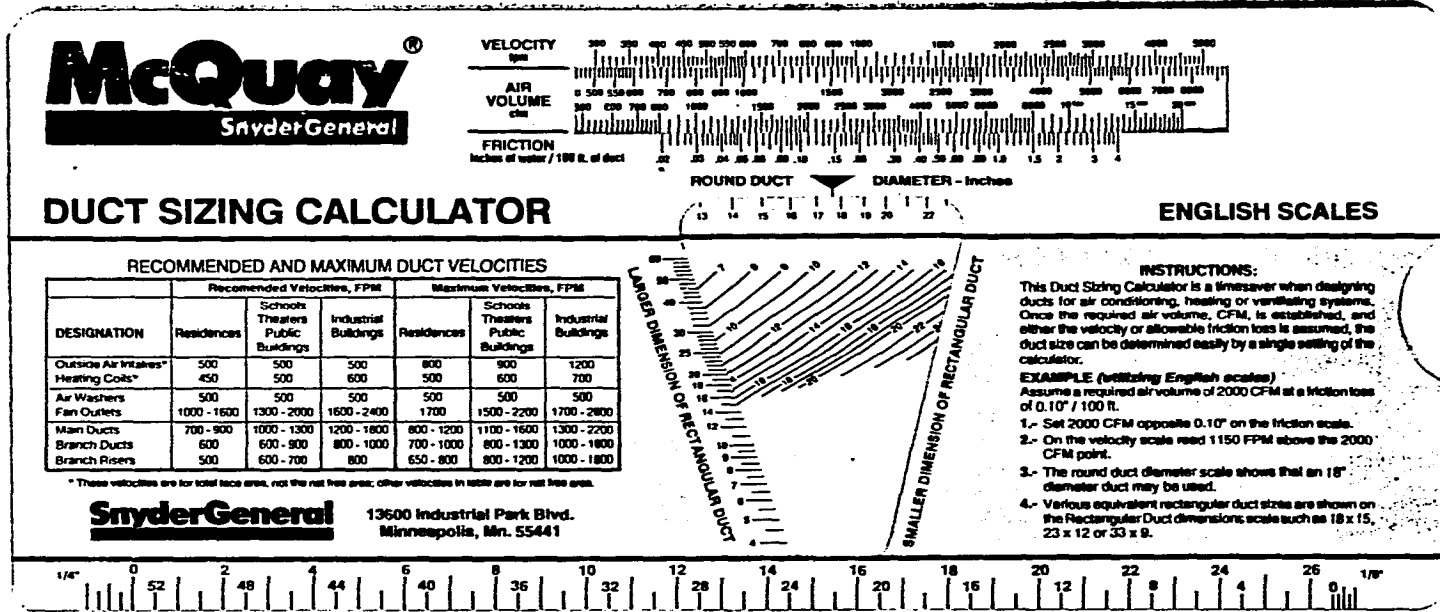
INSTRUCTIONS:
This Duct Sizing Calculator is a timesaver when designing ducts for air conditioning, heating or ventilating systems. Once the required air volume, CFM, is established, and either the velocity or allowable friction loss is assumed, the duct size can be determined easily by a single setting of the calculator.

EXAMPLE (utilizing English scales)
Assume a required air volume of 2000 CFM at a friction loss of 0.10" / 100 ft.

- Set 2000 CFM opposite 0.10" on the friction scale.
- On the velocity scale read 1150 FPM above the 2000 CFM point.
- The round duct diameter scale shows that an 18" diameter duct may be used.
- Various equivalent rectangular duct sizes are shown on the Rectangular Duct dimensions scale such as 18 x 15, 23 x 12 or 33 x 9.




ANEXO 4



DUCTULACIÓN A PRESIÓN CONSTANTE


ANEXO 5

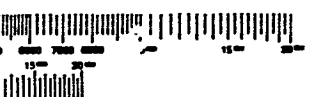


VELOCITY
ft/min

AIR VOLUME
CFM

FRICTION
Inches of water / 100 ft. of duct






ENGLISH SCALES

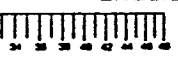
DUCT SIZING CALCULATOR

ROUND DUCT



DIAMETER - inches

ENGLISH SCALES



RECOMMENDED AND MAXIMUM DUCT VELOCITIES

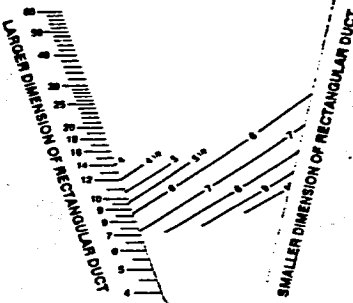
DESIGNATION	Recommended Velocities, FPM			Maximum Velocities, FPM		
	Residences	Schools Theaters Public Buildings	Industrial Buildings	Residences	Schools Theaters Public Buildings	Industrial Buildings
Outside Air Intakes*	500	500	500	800	900	1200
Heating Coils*	450	500	600	500	600	700
Air Washers	500	500	500	500	500	500
Fan Outlets	1000 - 1600	1300 - 2000	1800 - 2400	1700	1500 - 2200	1700 - 2800
Main Ducts	700 - 900	1000 - 1300	1200 - 1800	800 - 1200	1100 - 1600	1300 - 2200
Branch Ducts	600	600 - 900	800 - 1000	700 - 1000	800 - 1300	1000 - 1800
Branch Risers	500	600 - 700	800	650 - 800	800 - 1200	1000 - 1800

* These velocities are for total face area, not the net free area; other velocities in table are for net free area.

INSTRUCTIONS:
This Duct Sizing Calculator is a timesaver when designing ducts for air conditioning, heating or ventilating systems. Once the required air volume, CFM, is established, and either the velocity or allowable friction loss is assumed, the duct size can be determined easily by a single setting of the calculator.


EXAMPLE (utilizing English scales)
Assume a required air volume of 2000 CFM at a friction loss of 0.10" / 100 ft.

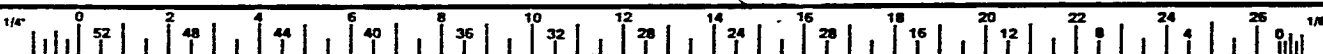
- Set 2000 CFM opposite 0.10" on the friction scale.
- On the velocity scale read 1150 FPM above the 2000 CFM point.
- The round duct diameter scale shows that an 18" diameter duct may be used.
- Various equivalent rectangular duct sizes are shown on the Rectangular Duct Dimensions scale such as 18 x 15, 23 x 12 or 33 x 9.



LARGER DIMENSION OF RECTANGULAR DUCT

SMALLER DIMENSION OF RECTANGULAR DUCT





SnyderGeneral 13600 Industrial Park Blvd.
Minneapolis, Mn. 55441

DUCTULACIÓN DE MANGUERA