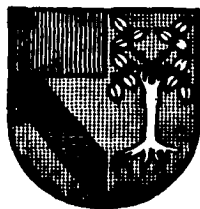


308917

13



UNIVERSIDAD PANAMERICANA

Con Estudios Incorporados a la U.N.A.M.

ESCUELA DE INGENIERIA

**DISEÑO DE UN LABORATORIO DE PRUEBAS PARA
SISTEMAS DE AIRE ACONDICIONADO**

T E S I S

Que para obtener el Título de
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA

p r e s e n t a

MARIANO HERRERA HERNANDEZ

México, D. F.

2002

**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.

" Busca y tal vez no encuentres;
esfuérzate y quizá no llegues.
Pero para un hombre con coraje y decisión,
el mundo entero está abierto y lleno de fascinación."

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

A Dios: sendero luminoso que alienta mi esperanza

A mis padres y a mis hermanos: por su amor, apoyo y comprensión

A la Universidad Panamericana: como testimonio de cariño, agradecimiento
y lealtad

A mis compañeros y amigos: por todos esos buenos momentos que hemos
pasado juntos

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

DISEÑO DE UN LABORATORIO DE PRUEBAS PARA SISTEMAS
DE AIRE ACONDICIONADO

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

INDICE

- INTRODUCCION -----	1
1.- PRINCIPIOS DE LOS SISTEMAS DE AIRE ACONDICIONADO -----	3
1.1.- Psicrometría y procesos psicrométricos -----	5
1.2.- Estimación de la carga aplicada -----	15
1.3.- Ciclo del aire y sistema de distribución -----	21
2.- DISEÑO DEL LABORATORIO -----	27
2.1.- Especificaciones que debe cumplir el laboratorio --	29
2.2.- Pruebas a realizar en el laboratorio -----	32
2.3.- Selección de equipo e instrumental -----	33
2.4.- Metodología de medición -----	42
2.5.- Diseño del laboratorio -----	63
3.- CONCLUSIONES -----	80
- REFERENCIAS -----	84
- VOCABULARIO -----	85

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

INTRODUCCION

En México, todas las normas de calidad son establecidas por la Dirección General de Normas (DGN). Varias de estas normas son adaptaciones de -- normas extranjeras, lo que en esencia no constituye un error, pero sería de seable que las muchas otras normas que se establezcan sean a través de investigaciones y desarrollos nacionales, no como simples transcripciones de normas ya existentes en otro lugar, sino con un sentido crítico que las haga aplicables a la realidad nacional.

Aún hay muchas ramas de la industria nacional en las que no se tienen normas de calidad que definan como debe fabricarse un determinado producto, ó que características debe cubrir para que se considere "producto de calidad". Tal es el caso de la industria del aire acondicionado, que tanto ha - crecido en los últimos años en nuestro país.

No existe en México norma alguna que dicte criterios para la produc--- ción de rejillas, difusores, compuertas y demás dispositivos terminales que se usan en las instalaciones de aire acondicionado. Esto fué el motivo para realizar este trabajo, que constituye un primer paso en lo que se refiere a la parte operativa de la respuesta a la carencia de mecanismos de normaliza ción, estandarización y control de calidad en la situación particular de la industria del aire acondicionado.

El laboratorio que aquí se propone tiene como principal objetivo probb ar los diversos dispositivos terminales mencionados anteriormente, para po der determinar las características que cada producto debe tener. Este traba jo está basado en dos normas americanas:

- Certification, rating and test manual 1062-R4, del Air Diffusion Co uncil (ADC), y
- Method of testing for rating the air flow performance of outlets and inlets 70-82, de The American Society of Heating, Refrigerating and

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Air Conditioning Engineers, Inc. (ASHRAE).

En estas normas se indican las características que el laboratorio debe tener para poder realizar las diversas pruebas.

El trabajo está dividido en tres capítulos: el primero, que trata de los principios de los sistemas de aire acondicionado; el segundo, del diseño del laboratorio; y el tercero, que son las conclusiones. Aquí no se hace ningún estudio económico, no se analizan costos ni se hacen estudios de inversión y rentabilidad porque tales cuestiones constituyen una base para el desarrollo de otra tesis. Este trabajo cubre la parte técnica, cuando alguien se interese en la construcción del laboratorio tendrá necesariamente que hacer un estudio de tal naturaleza, pero independientemente del costo, laboratorios como este deben fomentarse porque constituyen los medios a través de los cuales puede mejorarse la calidad de la producción y disminuir al mismo tiempo la dependencia tecnológica.

3

CAPITULO 1

PRINCIPIOS DE LOS SISTEMAS DE AIRE ACONDICIONADO

1.- PRINCIPIOS DE LOS SISTEMAS DE AIRE ACONDICIONADO

El aire acondicionado es uno de los elementos esenciales de confort en la vida moderna. En ciertos locales, el acondicionamiento del aire pretende satisfacer necesidades de higiene, como es el caso de locales habitacionales, salas de hospital, lugares de trabajo, etc. El aire acondicionado también es necesario en algunos procesos de fabricación que exigen humedad, -- temperatura y pureza del aire determinadas y controladas, como sucede por ejemplo en: la fabricación de productos farmacéuticos y alimenticios, ambientes en los que se manejan productos tóxicos ó inflamables, etapas de -- producción que requieren el control de reacciones químicas, laboratorios de control y prueba de materiales, etc.

Se ha podido comprobar que en ambientes con aire acondicionado las personas trabajan más y más eficientemente, disfrutan más de sus actividades y por más tiempo. Puede decirse que el clima óptimo de trabajo es el resultado de una serie de factores que se complementan y comprende principalmente: buenas condiciones del aire en cuanto a su pureza, temperatura y humedad, - una buena iluminación y ausencia de ruido. Para llegar a estas condiciones es necesario calentar ó enfriar el aire, limpiarlo, hacerlo circular adecuadamente y controlar la cantidad de vapor de agua disuelta en dicho aire.

Existe una zona de bienestar físico que implica, en relación con la -- temperatura del aire, un cierto contenido de humedad de éste y un determina do movimiento del mismo; Es en esta zona en la que son más favorables la sa lud y la capacidad de trabajo del hombre. El bienestar, es decir, el equili brio completo de todo el régimen térmico, no suele ser sentido por el indivi duo. Pero, por el contrario, nota una cierta perturbación en cuanto se -- romp» ese equilibrio, tanto más acentuadamente cuanto más pronunciada sea.

La zona de bienestar del cuerpo humano está comprendida entre 22°C y - 26.4°C, con contenidos de humedad en el aire que van de 45% a 50% de hume dad relativa. (1)

1.1.- Psicrometría y procesos de acondicionamiento del aire.

La psicrometría estudia las propiedades del aire. En el análisis y pro yecto del aire acondicionado la psicrometría se emplea para establecer las condiciones más adecuadas del aire en determinadas aplicaciones, compren diendo la medida y determinación de las propiedades del aire existente en el recinto que se va a acondicionar.

Para eliminar calculos tediosos se tiene la carta ó gráfica psicromé-- trica (fig.1.1), que es una carta que simplifica la medida de las propieda des del aire mediante la información en ella contenida, dicha información comprende condiciones del aire tales como temperatura, humedad y punto de - escarcha. Para poder manejar la carta psicrométrica deben conocerse los tér minos utilizados en psicrometría, que son los siguientes:

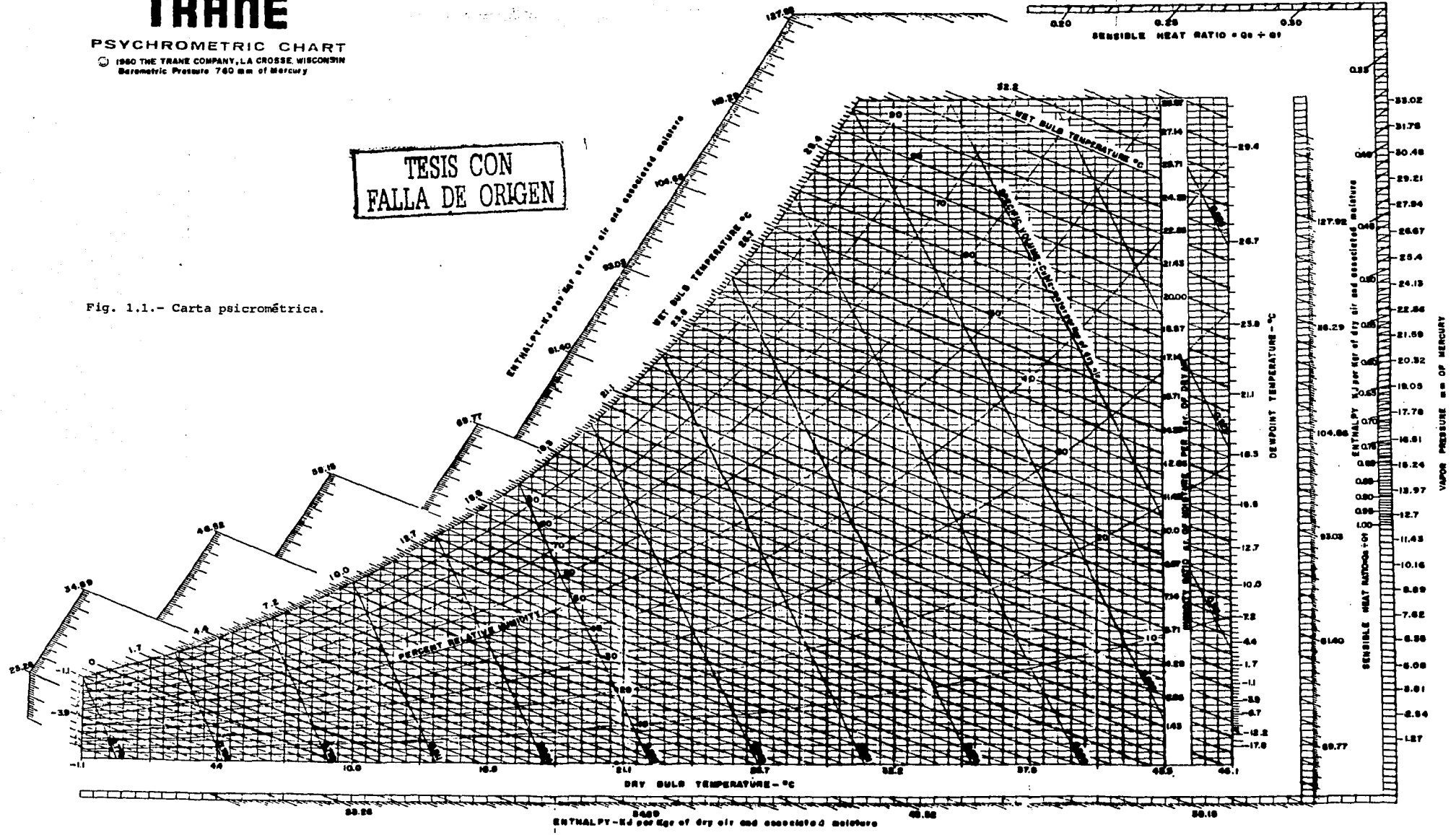
- Humedad relativa (h.r.).- Se llama humedad al vapor de agua que con tiene el aire y se mide en términos de humedad relativa. La humedad relativa se define como la razón entre la cantidad de humedad exis-- tente en el aire y la cantidad máxima que éste puede contener a la - misma temperatura. (1)
- Temperatura de bulbo seco (t.b.s.).- Es la temperatura del aire medi

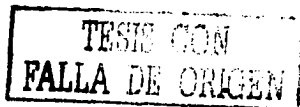
TRANE

PSYCHROMETRIC CHART
© 1980 THE TRANE COMPANY, LA CROSSE, WISCONSIN
Barometric Pressure 760 mm of Mercury

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Fig. 1.1.- Carta psicrométrica.





da con un termómetro común.

- Temperatura de bulbo húmedo (t.b.h.). - Es la temperatura del aire medida con un termómetro común cuyo bulbo de vidrio haya sido cubierto con una gasa húmeda. La temperatura se mide después de haber agitado rápidamente el termómetro en el aire y se llama así (t.b.h.) por el hecho de estar húmedo el bulbo del termómetro en el momento de hacer la medición. Al tener la gasa húmeda en el termómetro, la t.b.h. y la t.b.s. difieren (esto se debe a que al evaporarse la humedad de una superficie extrae calor de ella).

La diferencia entre la t.b.s. y la t.b.h. se obtiene directamente de un psicrómetro de honda, que es un tipo de termómetro combinado - un termómetro seco y uno húmedo -, que tiene un mango acoplado y permite un movimiento circular y rápido del aparato. Una vez determinada la diferencia de temperaturas entre los bulbos seco y húmedo, puede hallarse la humedad relativa mediante tablas ó usando la carta psicrométrica.

La reducción de la t.b.h., depende del contenido de humedad del aire (cuando sea menor el contenido de humedad, mayor será la reducción). El aire seco, de bajo contenido de humedad, tendrá una baja t.b.h., mientras que el aire húmedo tendrá una alta t.b.h. En realidad, cuando el contenido de humedad llega al 100% de h.r., la t.b.s. y la t.b.h. son iguales.

- Temperatura de punto de escarcha (t.p.e.). - El punto de escarcha puede definirse como la menor temperatura a la que se puede enfriar el aire sin que se produzca condensación del vapor de agua ó humedad. La temperatura a la cual se tiene condensación se llama punto de niebla.

Al recorrer un ciclo de acondicionamiento, el aire queda sometido a -- procesos de calentamiento, enfriamiento, humidificación y dehumidificación, para que pueda actuar como transportador de calor y humedad desde el ambiente hasta el acondicionador ó viceversa. El análisis de las propiedades termodinámicas del aire, aunque a primera vista parece muy complejo, puede realizarse de manera sencilla mediante la carta psicrométrica. En relación con

esta carta, las siguientes consideraciones pueden explicar algunos conceptos referentes a determinadas condiciones del aire:

- Si se conocen la t.b.s. y la t.b.h., se puede determinar la h.r.;
- si se conocen la t.b.s. y la h.r., se puede determinar la t.b.h.;
- si se conocen la t.b.h. y la h.r., se puede determinar la t.b.s.;
- si se conocen la t.b.s. y la t.b.h., se puede determinar la t.p.e.;
- si se conocen la t.b.h. y la h.r., se puede obtener la t.p.e.;
- los gramos de humedad se pueden obtener mediante las siguientes combinaciones:
 - a) t.b.s. y h.r.
 - b) t.b.s. y t.p.e.
 - c) t.b.h. y h.r.
 - d) t.b.h. y t.p.e.
 - e) t.b.s. y t.b.h.
 - f) t.b.h. sola

En la fig.1.2, se muestran las diversas líneas que forman la carta psicrométrica. La fig.1.2.a, representa los límites de la carta. La fig.1.2.b, indica las líneas de las temperaturas de bulbo seco. La fig.1.2.c, muestra la disposición diagonal de las líneas de temperaturas de bulbo húmedo y la localización de los puntos de lecturas de ellas. La escala del punto de escarcha, ó escala de condensación, es la misma que la de temperaturas de bulbo húmedo, aunque en este caso las líneas se prolongan horizontalmente, como puede observarse en la fig.1.2.d. Las líneas de humedad relativa están situadas conforme se indica en la fig.1.2.e, la línea límite de la carta corresponde al 100% de humedad relativa. Los gramos de humedad en g/Kg de aire seco pueden leerse tal como se indica en la fig.1.2.f. Las líneas de volumen específico se pueden leer como se indica en la fig.1.2.g. Las líneas de entalpía corresponden a las mismas que las líneas de bulbo húmedo.

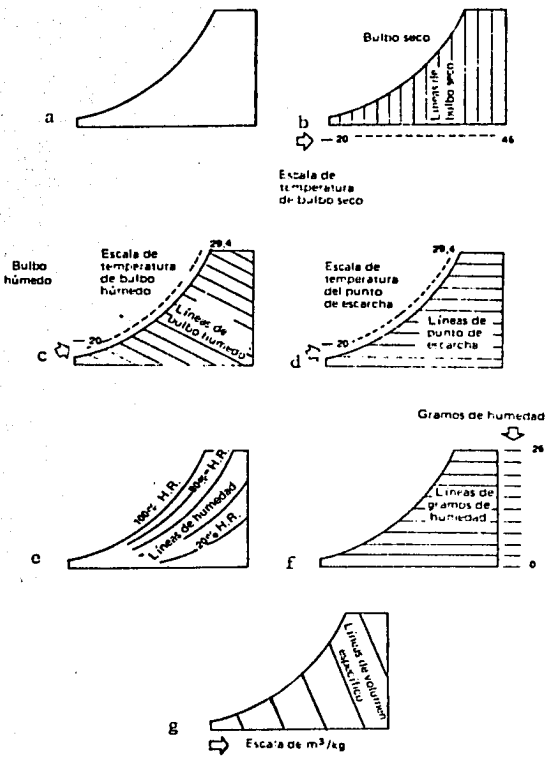


Fig.1.2.- Líneas de la carta psicrométrica. (1)

Procesos psicrométricos.

Los procesos psicrométricos indican, de forma sencilla y gráfica, la variación de las condiciones del aire que tiene lugar en un proceso de acondicionamiento del aire. Estos procesos incluyen el calentamiento, el enfriamiento y la adición ó extracción de humedad.

En algunos sistemas, el aire se extrae del recinto y se lleva a las unidades acondicionadoras, donde sufre un proceso después del cual se devuelve al ambiente. En otros sistemas, el aire de retorno del ambiente acondicionado se mezcla con aire exterior, el cual se añade con fines de ventilación. El patrón psicrométrico para un proceso de acondicionamiento demuestra que cuando se le agrega ó extrae calor al aire, también se le añade ó quita humedad. Para tener una comprensión total de cada uno de los procesos psicrométricos, hay que conocer los tipos de cambios debidos al calentamiento y al enfriamiento, que se pueden interpretar en la carta psicrométrica.

- Entalpía de evaporación.- Cuando el contenido de humedad del aire aumenta pero la temperatura no se modifica se dice que se incrementa la entalpía de evaporación. En cualquier condición en que se produzca evaporación sin modificar la temperatura se dirá que se ha incrementado la entalpía de evaporación. Si el contenido de humedad disminuye, aunque la temperatura del aire siga siendo la misma, se dice que se decrementa la entalpía de evaporación. En cualquier condición en que se produzca condensación sin alterar la temperatura del aire se dirá que se ha decrementado la entalpía de evaporación. El incremento y decremento de entalpía de evaporación se indica en la fig. 1.3.
- Entalpía de líquido.- Cuando la temperatura del aire aumenta sin que se altere su contenido de humedad se dice que se ha incrementado la entalpía de líquido. Si la temperatura del aire disminuye, pero no hay alteración en su contenido de humedad, se dice que se ha decrementado la entalpía de líquido. El incremento y decremento de ental-

pfa de líquido se indica en la fig.1.4.

En la carta psicrométrica puede observarse que los procesos de incremento ó decremento de entalpía de líquido modifican la t.b.s. del aire. Cuando se incrementa la entalpía de líquido el punto de niebla no varía, la t.b.h. aumenta y la h.r. disminuye; cuando se decreta, el punto de niebla no varía, la t.b.h. disminuye y la h.r. aumenta.

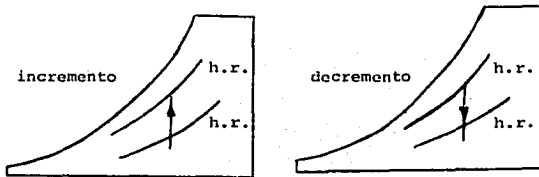


Fig.1.3.- Incremento y decremento de entalpía de evaporación.

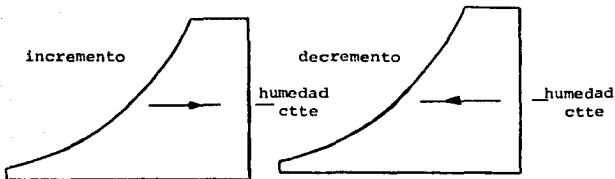


Fig.1.4.- Incremento y decremento de entalpía de líquido.

En un proceso de acondicionamiento de aire, en el cual se incrementan al mismo tiempo las entalpías de líquido y de evaporación, se tiene un proceso de calentamiento y humidificación. Esto es lo que ocurre con más frecuencia en los procesos invernales, cuando el aire está más frío y seco. El incremento en la entalpía de líquido sólo reduce la h.r. y produce aire seco; debido a la escasa humedad, hay que incrementar la entalpía de evaporación para aumentar la h.r.

El proceso de calentamiento y humidificación se puede representar en la carta psicrométrica por una línea diagonal, como se indica en la fig.1.5.

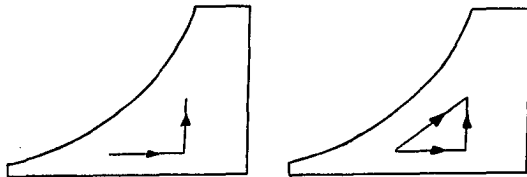


Fig.1.5.- Calentamiento y humidificación.

Por otra parte, el aire que hay que enfriar y dehumidificar tiene que pasar por un serpentín de enfriamiento; en este proceso se decreta la entalpía de líquido y cuando el aire se acerca a la temperatura final se procede al decremento de entalpía de evaporación.

El proceso de enfriamiento y dehumidificación se produce de un modo simultáneo, por lo que se puede representar en la carta psicrométrica como una línea diagonal, como puede observarse en la fig.1.6.

Además de los procesos de calentamiento y humidificación y enfriamiento y dehumidificación existen otros procesos importantes de acondicionamiento de aire: el enfriamiento evaporativo y la mezcla de aire. El enfriamiento evaporativo es el proceso mediante el cual se decreta las entalpías de líquido y de evaporación, a la vez que se le añade humedad al aire. En

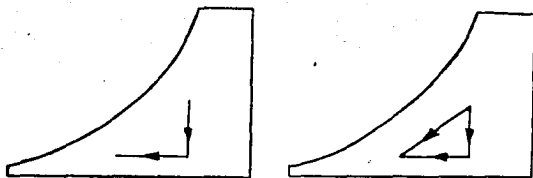


Fig.1.6.- Enfriamiento y dehumidificación.

este proceso se necesita un rociador, y conforme va pasando el aire por el agua del rociador le va cediendo calor, parte de esa agua se evapora (extrañando calor del aire), con lo que éste se enfría y humidifica.

El enfriamiento evaporativo puede representarse en la carta psicrométrica por una línea diagonal ascendente de derecha a izquierda, como se indica en la fig.1.7.

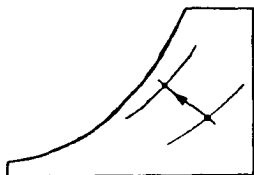


Fig.1.7.- Enfriamiento evaporativo.

La mezcla de aire es otro de los procesos que tienen lugar en el acondicionamiento del aire que puede indicarse con facilidad en la carta psicrométrica.

métrica. Como se sabe, el aire que vuelve del espacio acondicionado se recondiciona y se hace regresar a él, y el aire exterior se necesita en el proceso de ventilación y sirve para suministrar oxígeno. Una mezcla de aire exterior y de retorno puede representarse en la carta psicrométrica y determinarse con facilidad la temperatura de la mezcla resultante utilizando el siguiente procedimiento:

Se localizan las condiciones del aire de retorno y del exterior en la carta psicrométrica, después se unen con una línea. A continuación se determina el porcentaje de aire de retorno usado y se obtiene la diferencia de temperaturas de bulbo seco entre el aire de retorno y el exterior. Con estos datos se buscan las temperaturas de bulbo seco y de bulbo húmedo de la mezcla, multiplicando la diferencia de temperaturas de bulbo seco del aire de retorno y del exterior por el porcentaje del primero, y restando el resultado obtenido de la temperatura de bulbo seco del aire exterior. El valor resultante representa la temperatura de bulbo seco de la mezcla y trazando una línea desde este valor hasta cortar la línea que une las condiciones del aire de retorno y del exterior se determina la temperatura de bulbo húmedo de la mezcla. Una vez conocidas la t.b.s. y la t.b.h. de la mezcla se puede determinar el tratamiento necesario que hay que dar al aire y los cambios que hay que llevar a cabo para mantener las condiciones ambientales buscadas.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

1.2.- Estimación de la carga aplicada.

Por carga aplicada ó carga térmica se entiende la cantidad de calor -- que hay que añadir ó extraer de un recinto para mantener las condiciones -- previstas de temperatura y humedad (la carga aplicada debe expresarse en -- kJ/hr ó kW). Para lograr una buena estimación de la carga aplicada se re-- quiere tener un buen conocimiento de los factores que influyen en ello, así como experiencia y sentido común. (2)

Las cargas térmicas pueden dividirse en dos: carga de enfriamiento y - carga de calentamiento. Para cada una de ellas deben hacerse diferentes con sideraciones, tales como las fuentes de calor, la transferencia del calor - por las superficies circundantes, la orientación del edificio, etc. A conti nu ación se analiza cada una de estas consideraciones para cada tipo de carga térmica.

- Carga de enfriamiento.-

- Fuentes de calor exterior.- La mayor fuente de calor es el sol, y el calor solar penetra en la estructura de dos formas diferentes (fig.- 1.8):

- 1.- Por transferencia normal, a través de ventanas, paredes, divisio nes, claraboyas, techos y tejados. La transferencia comprende ra diación ó infiltración.
- 2.- Por conducción, a través de ventanas, paredes, puertas exterior- res y tejados.

El calor solar que penetra a través de los vidrios queda absorbido in- mediatamente en el espacio acondicionado, por lo que su efecto se hace sentir instantáneamente. El que entra por conducción a través de pare- des y techos no se absorbe inmediatamente: según el tipo de material - de construcción usado, el efecto del calor solar conducido puede no -- ser percibido hasta transcurridas varias horas.

La cantidad de calor que penetra a través de la estructura depende del tipo de material usado y se mide con un factor k , el cual es un valor-

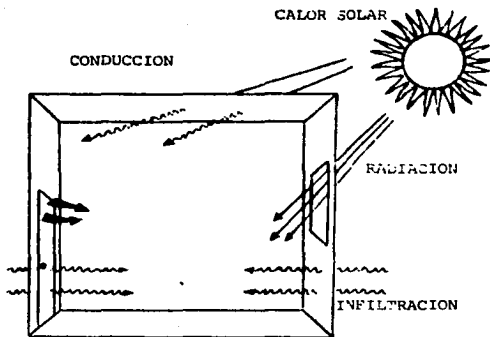


Fig.1.8.- Transferencia de calor.

que determina la cantidad de calor que pasa por $1m^2$ de superficie de pared en determinado tiempo.

La conducción de calor se efectúa en los materiales de construcción como resultado de la diferencia entre las temperaturas exterior e interior. Cuanto mayor es esta diferencia, mayor es el flujo de calor, pero depende también de la resistencia que al paso del calor oponga el material, así como de la superficie del mismo.

Para realizar el cálculo del calor conducido a través de una superficie hay que multiplicar el factor k por el área (en m^2), y el resultado se multiplica a su vez por la diferencia de temperaturas entre los aires exterior e interior. El flujo total de calor, medido en kJ/hr ó kW , se representa por la letra Q .

- Orientación del edificio.- Como el sol sale por el este, la carga solar de los vidrios situados en las paredes de esta orientación es ma

yor durante la mañana. Durante el día la incidencia de los rayos solares en las paredes de un edificio va cambiando con el trayecto del sol, por lo que el efecto solar deberá basarse en este trayecto durante el tiempo que el sistema de aire acondicionado este funcionando, y sólo se considerará en las paredes en que se tenga incidencia solar. Es conveniente comprobar rigurosamente la forma de la incidencia solar en cada instalación, con el fin de obtener la carga solar adecuada.

- Paredes y techos.- El calor solar penetra en la estructura de las paredes y techos en forma más lenta que a través de los vidrios. Los rayos solares, al incidir en la superficie de paredes y techos de una estructura la atraviesan en parte, mientras que otra parte queda reflejada hacia la atmósfera. Como este proceso es continuo, el calor solar penetra cada vez más profundamente en los materiales del edificio, hasta llegar a la superficie interior.

- Infiltración.- El calor debido a la infiltración está contenido en el aire que entra en el edificio ó espacio acondicionado a través de puertas y juntas por paredes, pisos, revestimientos y cualesquiera otras aberturas existentes, tales como conductos de aire exterior para ventilación.

La infiltración se da por la diferencia de presión entre el exterior y el interior acondicionado, causada por el viento y por la diferencia de temperatura.

La humedad es otra fuente de calor exterior que debe tomarse en cuenta y que penetra en el espacio acondicionado por infiltración formando parte de la carga.

- Fuentes de calor interior.- Las fuentes de calor interior están constituidas por personas, luces, motores y cargas especiales. Las personas constituyen una fuente considerable de calor, el producido por una persona depende de la cantidad de energía que consuma. Un estado

de reposo produce, como es natural, menos calor que otro de gran actividad.

Por otra parte, todos los tipos de luz producen calor. El generado por una lámpara incandescente es directamente proporcional a su potencia eléctrica, en tanto que el de las lámparas fluorescentes es aproximadamente un 25% menor que el indicado por la potencia. (1) Los motores, aparatos eléctricos y máquinas de oficina son también fuentes adicionales de calor. El de los motores suele ser proporcional a su potencia nominal, aunque varía con las condiciones de arranque y parada. El calor procedente de otros aparatos suele estar relacionado directamente con su consumo de combustible ó de potencia.

- Almacenamiento.- El calor puede tardar un cierto tiempo en llegar a la cara interna de las paredes ó techo del espacio acondicionado. En ocasiones este efecto no se aprecia hasta después de haberse puesto el sol. Además, todos los objetos del espacio acondicionado retienen calor (muebles, paredes, etc.). Si se tiene este calor cuando por la noche se desconecta el equipo de aire acondicionado, una parte de él queda retenida, formando parte de la carga térmica, hasta que empiece al día siguiente a funcionar el equipo otra vez. Esta porción de carga puede reducirse haciendo funcionar el equipo por la noche ó en las primeras horas del día, antes de ocuparse el espacio. Como durante esos períodos no está presente el sol, la carga de dicho espacio es bastante menor que la carga que el equipo puede eliminar.

De esto resulta claro que se puede reducir la temperatura de paredes y techo, así como la de los objetos situados en la zona acondicionada, hasta un punto que no quede muy lejos de la carga térmica constituyendo así una fuente de almacenamiento de la capacidad de refrigeración. Esta capacidad almacenada se puede usar para compensar parte de la carga de calor solar de la mañana, ó la resultante de la ocupación del espacio acondicionado.

- Carga de calentamiento.-

En la carga térmica de calentamiento se pretende compensar las pérdidas de calor, debidas a la diferencia de temperaturas entre el aire interior y exterior, que se manifiestan en un escape de calor del espacio acondicionado. El calor se escapa por conducción o infiltración -- por las ranuras alrededor de puertas y ventanas, y al abrir éstas.

- Conducción.- El proceso de la pérdida de calor es similar al de ganancia de calor: el calor se pierde por conducción en vidrios y ciemientos (fig.1.9). Por consiguiente, la carga de calentamiento consiste en el calor perdido por conducción a través de los materiales y por infiltración en rendijas, juntas y aperturas de puertas. La cantidad de calor perdido depende de los materiales de construcción y de la diferencia de temperaturas entre el aire exterior e interior. También se usa el factor k para determinar la cantidad de calor Q que se pierde a través de los materiales.

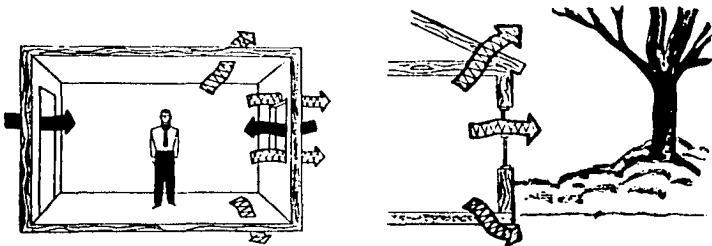


Fig.1.9.- Conducción de calor.

El calor también se pierde a través de los pisos situados al nivel del suelo o inferiores a él (fig.1.10). Por lo general, hay una pér-

dida mayor en los pisos y paredes que están por debajo del nivel -- del suelo que en los que están sobre él. Esto se debe principalmente a la diferencia de temperatura existente entre la superficie de la tierra y las capas subterráneas de ella. La temperatura superficial de la tierra varía con la del aire, y esta variación disminuye uniformemente con la profundidad hasta unos 2.5 m. (1)

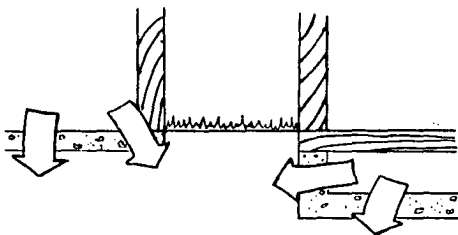


Fig.1.10.- Pérdida de calor a nivel del piso ó niveles inferiores.

- Ventilación.- El calor necesario para aumentar la temperatura del aire usado para la ventilación constituye otra pérdida de calor. - El calor añadido para aumentar la temperatura del aire de ventilación no se pierde en realidad, ya que vuelve al espacio acondicionado.
- Reducción de la carga de calor.- Pueden utilizarse diferentes métodos para reducir las pérdidas térmicas: se pueden aislar paredes, piso y techos; usar ventanas de vidrios dobles e incluso recurrir al empleo de elementos portátiles en ventanas y puertas, en el caso de climas extremos.

1.3.- Ciclo del aire y sistema de distribución.

El ciclo del aire acondicionado se muestra en la fig. 1.11. La descripción del ciclo puede iniciarse con el ventilador, dado que es ésta la parte del equipo que acciona ó mueve el aire a través del ciclo. El ventilador empuja el aire por un conducto, el cual está unido a las aberturas de entrada, situadas en el ambiente que se trata de acondicionar. Generalmente estas aberturas se llaman salidas ó terminales. El conducto aporta aire puro al ambiente por esas salidas. Al llegar este aire al ambiente lo enfría ó lo calienta, según las necesidades. Las partículas de polvo procedentes del ambiente pasan a integrarse en el flujo de aire, siendo arrastradas por él.

El flujo de aire que viene del ambiente entra en otro conducto, denominado de retorno, donde las partículas de polvo ó de cualquier otra especie se dejan depositadas en un filtro. Tras haber limpiado el aire, éste puede calentarse ó enfriarse, según las necesidades del ambiente a acondicionar. Si se necesita aire frío, se le hace pasar por la superficie de un serpentín de enfriamiento; si hay que calentarlo, se pasa por un serpentín de calentamiento, una cámara de combustión ó una resistencia eléctrica. Por último, el aire pasa al ventilador, que lo impulsa al interior, completando así el ciclo.

Como puede apreciarse, los sistemas de distribución del aire tienen como función enviar éste desde el equipo de acondicionamiento hasta el espacio que se trata de acondicionar y hacerlo volver después al equipo.

El mejor sistema será el resultante de un proyecto sencillo de ventilador, conductos y salidas (entradas). El sistema deberá tener un conducto de alimentación con el mínimo de curvas y cambios de sección, mientras que el conducto de retorno deberá ser recto, desde las rejillas ó salidas de retorno hasta la entrada del ventilador. El sistema se complica cuando se le añaden codos, curvas, reducciones de sección y otros elementos tales como registros (para el control del volumen de aire), persianas, etc., cada uno de los cuales constituye una nueva resistencia al paso del aire.

La resistencia total que estos componentes ofrecen al flujo de aire, - además de la debida a la fricción en la superficie interior de los conductos, es uno de los factores más importantes en la determinación del tamaño y potencia del ventilador, así como de la presión necesaria del aire. (1,2)

A continuación se tratan con detalle las principales partes del sistema de distribución.

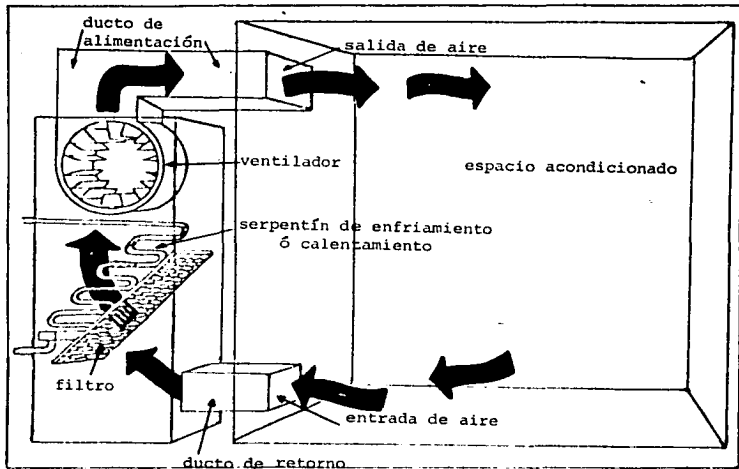


Fig.1.11.- Ciclo típico del aire.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

- Ventilador.- En todos los sistemas de aire acondicionado se emplea el ventilador para producir el movimiento del aire, este aire tiene que pasar por varios equipos antes de entrar en el recinto acondicionado. Dichos equipos ofrecen una cierta resistencia al paso del aire, resistencia que habrá que vencer y para lo cual hay que elegir un ventilador de capacidad suficiente para alimentar la cantidad de aire exigida y al que habrá de ir acoplado un motor de potencia adecuada.

Por lo general, cuanto mayor sea la resistencia del sistema, más alta deberá ser la velocidad del ventilador.

- Conductos.- A través de ellos se envía el aire al recinto acondicionado y se extrae también de él. Los conductos pueden ser de sección circular, rectangular ó cuadrada. Desde el punto de vista económico es preferible el conducto de sección circular, ya que puede transportar la mayor cantidad de aire ocupando el mínimo de espacio, con la consecuencia de tener menos material, menor superficie, menor fricción y menor cantidad de aislamiento. Por lo que se refiere a la estética, el conducto de sección rectangular resulta mucho mejor, dado que su superficie plana admite un mejor acabado y es más fácil de trabajar. Lógicamente, el conducto rectangular es la solución para las ocasiones en que se tiene que atravesar por lugares muy estrechos.

En la práctica es muy común usar secciones rectangulares en los ramales principales y circulares en los de distribución. Los conductos se construyen generalmente de lámina galvanizada, y en algunas ocasiones se hacen de aluminio ó algún otro material.

Cuando en un sistema de conductos haya que realizar cambios de medida ó de forma se procurará que sean progresivos. No deberán hacerse combinaciones que no sean necesarias, ya que ésto sólo ocasionará un aumento en el costo de la instalación y en las pérdidas por fricción.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

- Salidas y entradas de aire.- Después de llevar a un punto determinado el aire por el sistema de conductos, se distribuye en el recinto a través de rejillas y/o difusores. Las rejillas y los difusores son dispositivos que se utilizan para asegurar una buena difusión del aire en el recinto acondicionado, a una altura adecuada por encima del piso, de manera que se consiga que las corrientes de aire se formen más arriba de la línea de respiración, la cual se fija a 1.50 m del piso. Para lograr ésta difusión adecuada del aire es importante hacer una buena selección de las dimensiones y tipos de rejillas y difusores. (1,2)

Una rejilla simple es aquélla que está situada en las salidas (ó entradas) de aire, destinada para la distribución del aire, pero que carece de medios para el control del volumen de aire. Las rejillas con registro sí permiten controlar el volumen de aire que pasa por ellas mediante láminas móviles que constituyen el registro propiamente. Tanto unas como otras pueden usarse para introducir aire en el recinto ó para extraerlo de él.

Los difusores son dispositivos que se colocan en el techo, a diferencia de las rejillas, que se colocan en las paredes laterales. El difusor sirve para aportar aire al recinto y puede utilizarse también para la extracción y retorno del aire al acondicionador.

Los diferentes tipos de rejillas y difusores cumplen la función de realizar una distribución adecuada del aire en los ambientes acondicionados, pero al mismo tiempo, deberán cumplir otras funciones:

- a) Disimular en forma eficaz y atractiva el orificio del conducto;
- b) enviar el aire por lo menos a 3/4 de la distancia existente entre las paredes opuestas del espacio acondicionado;
- c) desviar ó difundir el aire;
- d) controlar el flujo de aire;
- e) no producir ni propagar ruidos.

Las rejillas y registros se fabrican de acero, aluminio y otros materiales, con varios tipos de acabado. La longitud y la anchura de las rejillas se expresan en mm ó cm, y el producto de las dos dimensiones da su área total; ésta área total, disminuída en la de los bordes, corresponde al aire libre, que es a través de la cual circula el aire y, por tanto, la que habrá de tomarse en cuenta.

En la fig.1.12., se representan algunos tipos de rejillas y registros.

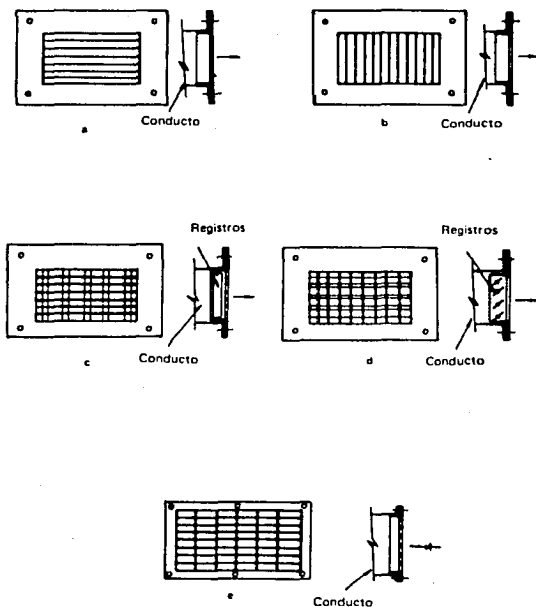


Fig.1.12.- Rejillas y registros. (1)

a) Rejilla simple con láminas horizontales fijas o ajustables; b) rejilla simple con láminas verticales fijas o ajustables; c) rejilla con láminas deflectoras horizontales y registro ajustable con láminas verticales por detrás; d) rejilla con láminas deflectoras verticales delante y registro ajustable con láminas horizontales por detrás; e) rejilla de retorno con láminas horizontales fijas y verticales.

TESIS CON
FOLIA DE ORIGEN

Para elegir las rejillas de alimentación de un sistema de aire acondicionado ha de tenerse ya una idea de cómo distribuir uniformemente el aire en el espacio acondicionado, de manera que no se produzcan movimientos escasos de aire ó corrientes en dicho espacio. La primera selección de las rejillas es probable que no resulte muy apropiada y se necesiten ciertos arreglos una vez instalado el sistema. Por esto, para hacer frente a esta modificación conviene usar tipos de rejillas que la permitan.

CAPITULO 2
DISEÑO DEL LABORATORIO

2.- DISEÑO DEL LABORATORIO

En este capítulo se analizan todos los aspectos importantes para el diseño del laboratorio, agrupándose estos aspectos en las siguientes secciones:

- Especificaciones que debe cumplir el laboratorio;
- Pruebas a realizar en el laboratorio;
- Selección de equipo e instrumental;
- Metodología de medición;
- Diseño del laboratorio.

Para la selección de equipo e instrumental, y para la determinación de procedimientos para probar los diversos dispositivos terminales, se hace referencia a los manuales 1062-R4 Certification, rating and test manual, y - 70-82 Method of testing for rating the air flow performance of outlets and inlets, del ADC de Estados Unidos de Norteamérica y de la ASHRAE respectivamente.

Estos manuales establecen las especificaciones que debe cumplir el laboratorio, y señalan las características que debe tener tanto el equipo como el instrumental.

Por su parte, las pruebas a realizar pueden agruparse en los siguientes

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

tes grupos: mediciones de gasto de aire, presión, velocidad, tiro, temperatura y ruido; y pueden realizarse, de acuerdo a su complejidad, en tres diferentes recintos:

- Cámara para pruebas de tiro;
- Cámara para mediciones de velocidad e índice de difusión de aire; y
- Cámara para mediciones de ruido.

En la sección 2.1., se tratan las especificaciones que debe cumplir el laboratorio, en cada uno de los recintos que se han mencionado, para poder realizar las pruebas. Estas pruebas se listan en la sección 2.2. En la sección 2.3., se trata lo referente a la selección del equipo de aire acondicionado y el instrumental requerido. La metodología de medición, es decir, los procedimientos para realizar las pruebas se analizan en la sección 2.4. El diseño físico del laboratorio se trata en la sección 2.5.

2.1.- Especificaciones que debe cumplir el laboratorio.

De acuerdo con el manual 1062-R4 de ADC, el sistema de aire acondicionado del laboratorio debe tener los siguientes elementos, con las características que se indican:

- Ventilador de baja velocidad, con un gasto mínimo de $1.0 \text{ m}^3/\text{s}$ a una presión de 500 Pa, con atenuador de ruido y eliminador de vibración;
- Ventilador de alta velocidad, con un gasto mínimo de $1.0 \text{ m}^3/\text{s}$ a una presión de 1000-1500 Pa, con atenuador de ruido y eliminador de vibración;
- Equipo de enfriamiento, con una capacidad mínima de $0.75 \text{ m}^3/\text{s}$ para bajar 10°C ;
- Equipo de calentamiento, con una capacidad mínima de $0.75 \text{ m}^3/\text{s}$ para subir 10°C ;

Además debe haber: bombas, tanques de expansión, y serpentines para -- agua helada y agua caliente con características compatibles con el equipo mencionado.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Por lo que respecta al instrumental, el manual 1062-R4 establece cuales deben ser sus características, y dicho instrumental comprende:

- Tubos de Pitot (varios tamaños);
- Manómetros inclinados con divisiones de 0.25 mm y 0.5 mm;
- Manómetros verticales con divisiones de 2.5 mm;
- Manómetros de tubo en U;
- Velómetros (para alta y baja velocidad);
- Barómetros;
- Psicrómetros;
- Dispositivos para medición de flujo (placas de orificio y toberas de flujo);
- Sonómetro (que cumpla la norma ANSI-S1.4- 1971);
- Filtro de frecuencias (que cumpla la norma ANSI-S1.6- 1967);
- Calibrador para sonómetro;
- Fuente de referencia;
- Accesorios varios para el equipo de medición de ruido.

por lo que se refiere a las cámaras de prueba, éstas deben cumplir con los siguientes requisitos:

- Cámara para pruebas de tiro.- Este recinto deberá tener unas dimensiones mínimas de 9.0 m de largo, 5.5 m de ancho y una altura de --- 2.75 m. Debe ser independiente de cualquier factor externo (velocidad ó temperatura) que pueda influir en los patrones de distribución del aire. Además, el recinto deberá tener una temperatura constante (entre 20°C y 28°C) durante las mediciones. El manual de ADC no espe cifica característica alguna para materiales de construcción.
- Cámara para medición de velocidad e índice de difusión de aire.- Las dimensiones mínimas para este recinto deberán ser 7.3 m de largo, -- 3.7 m de ancho y 2.75 m de alto, pero una de las paredes deberá ser desplazable para cuando se hagan mediciones con diferentes patrones de flujo, por lo que las dimensiones del recinto deberán ajustarse -

en tales casos a 3.7 m X 3.7 m X 2.75 m. Durante las mediciones, la temperatura del recinto debe ser constante (entre 20°C y 28°C). Como en el caso anterior, no se especifican materiales de construcción.

- Cámara para mediciones de ruido.- Deberá tener unas dimensiones tales que cumpla con las especificaciones de la norma ISO 3741 Acústica. Determinación de niveles de potencia sonora de fuentes de ruido. Métodos de precisión para fuentes de banda ancha en cuartos reverberantes.

El recinto deberá ser reverberante con un coeficiente de absorción menor ó igual a 0.06, y no deberá tener superficies con propiedades absorbentes significativamente diferentes una de otra. El nivel de ruido de fondo del recinto deberá ser menor, por lo menos 6 dB y preferentemente más de 12 dB, del nivel de ruido que se vaya a medir en cada frecuencia.

La norma 1062-R4 indica como dimensiones mínimas las siguientes: 6 m de largo, 4.2 m de ancho y 2.9 m de alto.

El manual de ADC no especifica característica alguna para la disposición de los cuartos de prueba ni detalles especiales de construcción para cada uno, pero si se indica como deben estar colocados algunos dispositivos terminales (rejillas, difusores, etc.) y como debe ser la acometida del ducto para tal efecto, pero ésto se analizará en las secciones 2.4 y 2.5.

2.2.- Pruebas a realizar en el laboratorio.

En esta sección sólo se mencionan las pruebas que deben hacerse para - salidas y entradas de aire, dispositivos de alta y baja velocidad/presión - y unidades reductoras de presión, que constituyen la totalidad de pruebas a realizar en el laboratorio. (3,4)

Estas pruebas se describen con detalle en la sección 2.4 y son las siguientes:

A.- Salidas de aire

- A.1.- Requerimientos de presión
- A.2.- Velocidad y área
- A.3.- Tiro, velocidad terminal y caída de aire
- A.4.- Velocidad terminal, velocidad en la cámara e índice de difusión de aire
- A.5.- Mediciones de ruido

B.- Entradas de aire

- B.1.- Requerimientos de presión
- B.2.- Velocidad y área
- B.3.- Mediciones de ruido

C.- Dispositivos de alta/baja velocidad/presión y unidades reductoras de presión

- C.1.- Requerimientos de presión y hermeticidad (pérdidas)
- C.2.- Mediciones de ruido
- C.3.- Medición de temperatura
- C.4.- Medición de volumen

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

2.3.- Selección de equipo e instrumental.

- Selección de equipo

Siempre al seleccionar cualquier equipo deben tenerse en cuenta factores tales como capacidad, eficiencia, costo, tamaño, servicio que ofrece el fabricante ó distribuidor, etc. En este caso, las características que deberá tener el equipo de aire acondicionado y el instrumental, deben determinarse partiendo de las especificaciones que marca ADC en la norma 1062-R4.

Es importante destacar que la mayoría de catálogos y folletos técnicos que se consultaron para seleccionar el equipo e instrumental, indicaban las características de los productos en el sistema de unidades inglés. Esto no es más que una muestra del retraso existente en la unificación de criterios para el uso de un sistema de unidades, y aunque el Sistema Internacional -- (SI) ha sido adoptado por casi todos los países -incluyendo a los Estados Unidos de Norteamérica-, todavía en muchas áreas técnicas se siguen usando por comodidad unidades inglesas ó en su defecto unidades obsoletas (como es el caso de las toneladas de refrigeración ó los BTU/hr en el aire acondicionado).

En este trabajo los datos técnicos de algunos de los equipos seleccionados se han convertido de unidades inglesas, en las que originalmente estaban, a unidades del SI, por lo que si se confrontan los catálogos consultados con lo que aparece aquí tendrán que hacerse las conversiones correspondientes para verificar los resultados.

Para el caso de los ventiladores, se tiene que el ventilador de baja velocidad debe tener un gasto mínimo de $1.0 \text{ m}^3/\text{s}$ a una presión de 500 Pa (50.8 mm de columna de agua -c.a.), y el de alta velocidad un gasto mínimo de $1.0 \text{ m}^3/\text{s}$ a una presión de 1000-1500 Pa (101.6 mm c.a.). Si se observa un catálogo de ventiladores puede notarse que existen muchos tipos diferentes que dan el gasto requerido a la presión requerida, pero cada equipo tiene una eficiencia determinada. La selección apropiada de un ventilador de--

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

pende de la eficiencia y velocidad requeridas, de limitaciones de espacio y costo y del nivel de ruido que produce (sobre todo si se utiliza con fines de calefacción y/o ventilación de recintos en los que laboran personas).

Para la selección de los ventiladores del laboratorio se utilizó el boletín A-106E de Equipos Electromecánicos, S.A., que distribuyen equipo de la marca ARMEE-Chicago. En el boletín mencionado se especifican las características de ventiladores centrífugos de álabes aerodinámicos de diversas entradas y para las clases I,II,III,IV y V. La clase indica la velocidad tangencial máxima y la presión para cada tipo, de acuerdo con la siguiente tabla:

Trabajo normal		
Clase	Velocidad tangencial (m/s)	Presión (mm c.a.)
I	50.80	127
II	71.12	254
Trabajo pesado		
III	86.36	381
IV	101.60	381
V	127.00	762

En el boletín (5), todas las tablas de características tienen una línea negra gruesa, arriba de la cual las características indicadas representan la zona de operación más eficiente de un ventilador, zona que está asociada con el mínimo nivel de ruido producido por el ventilador.

Para la selección del ventilador de baja velocidad se busca entonces uno que aporte $1.0 \text{ m}^3/\text{s}$ a una presión de 50.8 mm c.a. En la página 18 del boletín se encuentra que para una presión de 50.8 mm c.a., y un gasto aproximado a $1.0 \text{ m}^3/\text{s}$ (en el boletín se tienen $1.324 \text{ m}^3/\text{s}$), el ventilador debe tener un motor de 0.932 kW y una velocidad de 1128 rpm, pero esto no es lo más eficiente, por lo que se continúa sobre esa misma columna de gasto y se encuentra que lo más eficiente es tener un gasto de $1.766 \text{ m}^3/\text{s}$, lo que im-

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

plica un ventilador con un motor de 1.305 kW y una velocidad de 1250 rpm. Sin embargo, como en el laboratorio se harán pruebas para dispositivos que requieren un mayor gasto de aire, la selección es un ventilador que aporta $2.428 \text{ m}^3/\text{s}$ con un motor de 2.237 kW y una velocidad de 1497 rpm que es tan eficiente como el de $1.324 \text{ m}^3/\text{s}$ y da todo el rango de velocidad, entonces la selección es:

- Ventilador para baja velocidad:

Marca ARMEE

Tipo AES (ARMEE Entrada Sencilla)

Clase I (V.T. 50.80 m/s, rpm: 1772 máxima)

Tamaño 20 (Rotor de ϕ 547.7 mm, succión de ϕ 560.4 mm, salida de 498.5 mm x 447.7 mm)

Arreglo 9, THWC (Envolvente fija)

Para manejar desde $1.324 \text{ m}^3/\text{s}$ a 50.8 mm c.a., y 1128 rpm hasta $2.428 \text{ m}^3/\text{s}$ a 50.8 mm c.a., y 1497 rpm con motor de 2.237 kW y transmisión de velocidad variable.

Para el caso del ventilador de alta velocidad el proceso de selección es similar, y en la misma página 18 del boletín se encuentra que para una presión de 101.6 mm c.a., el gasto mínimo es de $1.876 \text{ m}^3/\text{s}$ con un ventilador que tiene un motor de 2.983 kW y 1596 rpm, ya que para esa presión no se tiene equipo con un gasto menor. Como en el caso anterior se decide elegir un ventilador que de un rango de velocidad adecuado, y la selección es la siguiente:

- Ventilador para alta velocidad:

Marca ARMEE

Tipo AES (ARMEE Entrada Sencilla)

Clase II (V.T. 71.12 m/s, rpm: 2481 máxima)

Tamaño 20 (Rotor de ϕ 547.7 mm, succión de ϕ 560.4 mm, salida de 498.5 mm x 447.7 mm)

Arreglo 9, THWC (Envolvente fija)

Para manejar desde $1.876 \text{ m}^3/\text{s}$ a 101.6 mm c.a., y 1596 rpm hasta

2.428 m³/s a 152.4 mm c.a., y 1983 rpm, con motor de 5.593 kw y transmisión de velocidad variable.

Los dos ventiladores deben tener base antivibratoria y controles de -- descarga y succión.

Para la selección de los equipos de enfriamiento v calentamiento se -- tiene que utilizar la siguiente fórmula (2):

$$Q = 3348.16 G \Delta T$$

donde: Q está en kJ/hr,

G es el gasto en m³/s,

ΔT está en °C, y

el factor 3348.16 corresponde al trabajo, al calor específico y a la corrección de la densidad del aire por la altura de la Ciudad de México.

Para el caso del equipo de enfriamiento se utilizó el catálogo de en-- friadores de líquido CAW F.F150SA76-1, marca York, y para la selección de - los serpentines de enfriamiento y calentamiento se utilizó el manual técni-- co de York-Recold, 268 f.105.16-TM(A-101e). De acuerdo con las especifica-- ciones de ADC, el equipo de enfriamiento debe tener una capacidad mínima de 0.75 m³/s para bajar 10°C, por lo que para seleccionarlo se debe utilizar-- el gasto máximo que proporciona el ventilador de alta velocidad, y se tie-- ne:

$$Q = 3348.16 G \Delta T$$

$$G = 2.428 \text{ m}^3/\text{s} \text{ y } \Delta T = 10^\circ\text{C} \text{ por lo que:}$$

$$Q = 3348.16 (2.428)(10) = 81293.33 \text{ kJ/hr}$$

Como en el catálogo se utilizan toneladas de refrigeración (T.R.), se-- tiene que convertir de kJ/hr a T.R., lo que da:

$$Q = 81293.33 \text{ kJ/hr} = 6.77 \text{ T.R.}$$

Con este dato se entra en la "Guía de selección rápida" del catálogo - (6) y se tiene:

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

Güfa de selección rápida

Unidad Modelo	Toneladas de refrigeración	Rango de capacidad (T.R.)		Ver tabla
		40/95	50/95	
CAW-91	5.5	4.9 ---	6.3	1
CAW-121	9.28	8.25 ---	10.64	2
CAW-181	12.72	11.64 ---	14.42	3

De esta güfa se pasa a la tabla 2 que indica los rendimientos de la unidad CAW-121 y se encuentra que para los datos que se tienen, la mejor selección es una unidad que tenga una capacidad de 9.38 T.R., con una temperatura del agua a la salida del evaporador de 6.67°C. Por lo tanto la selección es la siguiente:

- Enfriadora de agua:

Marca York

Modelo CAW-121-25C

Capacidad 10 T.R. (126679.13 kJ/hr, 35.189 kW)

Compresor 220 VCA - 3 f - 60 Hz

... Como complemento del equipo de enfriamiento es necesario elegir un serpentín que sea compatible con la unidad enfriadora, y este serpentín se escoge de acuerdo al procedimiento de selección del catálogo de York-Recold - (7).

Este procedimiento es el siguiente:

a) Se necesita conocer los siguientes datos:

- temperatura inicial del aire,
- temperatura final del aire,
- capacidad térmica en kJ/hr (δ kW),
- gasto de aire en m^3/s ,
- temperatura inicial del agua,
- temperatura final del agua, y
- gasto de agua en lt/min.

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

- b) Con estos datos se selecciona el área de la tabla de la página 11,-- procurando que la velocidad en esta área no exceda los 3.048 m/s -- (en el catálogo se utilizan velocidades de 2.032, 2.540 y 3.048 -- m/s).
- c) Se selecciona el número de circuitos requeridos de las tablas de -- las páginas 8 y 9, usando el menor número de circuitos.
- d) Basándose en los kJ/hr (kW) totales requeridos y en el área del ser-
pentín, se determinan los kJ/hr (kW) por m².
- e) Finalmente se selecciona el serpentín requerido con la combinación-
apropiada de temperaturas.

Para este caso, los datos son los siguientes:

- a) Temperatura inicial del aire: 24°C,
temperatura final del aire: 13°C,
kJ/hr: aproximadamente 126600 (35.167 kW),
gasto de aire: 2.429 m³/s ,
temperatura inicial del agua: 13°C,
temperatura final del agua: 8°C, y
gasto de agua: aproximadamente 91 lt/min (a criterio del que selec-
ciona el equipo).

- b) El área requerida es:

$$\frac{2.429 \text{ m}^3/\text{s}}{2.54 \text{ m/s}} = 0.956 \text{ m}^2$$

y se elige un serpentín con unas dimensiones de 914.4 mm x 1016 mm-
que da un área de 0.929 m².

- c) El número de circuitos que se decide que tenga el serpentín es de -
10, lo que da un gasto de agua por circuito de 9.1 lt/min.
- d) Los kJ/hr por m² son:

$$\frac{126600 \text{ kJ/hr}}{0.956 \text{ m}^2} = 132426.78 \frac{\text{kJ/hr}}{\text{m}^2} \quad (36.785 \text{ kW/m}^2)$$

- e) Finalmente de la página 26 se elige un serpentín con 4 hileras, en-

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

el que se tienen 146605 $\frac{\text{kJ}}{\text{hr}}$ (40.724 kW/m^2), 11.356 lt/min y una capacidad de 136201 $\frac{\text{kJ}}{\text{hr}}$ (37.834 kW/hr), esto es lo más aproximado para los datos que se tienen.

Por lo tanto la selección es la siguiente:

- Serpentín de agua helada:

Marca Recold

Tipo MC

Dimensiones 914.4 mm x 1016 mm

Hileras 4

Capacidad 136201 $\frac{\text{kJ}}{\text{hr}}$ (37.834 kW/hr)

Con aire entrando a 24°C , saliendo a 13°C y agua entrando a 13°C y saliendo a 8°C , con gasto de 91 lt/min.

Para la selección del equipo de calentamiento, incluido el serpentín, el procedimiento es el mismo y la selección es la siguiente:

- Caldera (8):

Marca HESA

Modelo Calorific 110-42

Capacidad 175130 $\frac{\text{kJ}}{\text{hr}}$ (48.647 kW/hr)

- Serpentín de agua caliente (7):

Marca Recold

Tipo MC

Dimensiones 914.4 mm x 1016 mm

Hileras 2

Capacidad 136201 $\frac{\text{kJ}}{\text{hr}}$ (37.834 kW/hr)

Similar al serpentín de agua helada

Para completar el equipo del laboratorio se necesitan bombas, tanques de expansión (para agua caliente y agua helada), y un sistema de control eléctrico. Los tanques pueden ser de cualquier tipo (hechizos) y se propone que tenga cada uno una capacidad de 500 litros. El sistema de control eléctrico para agua caliente y agua helada, debe tener los siguientes elemen---

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

tos: válvula de tres vías, acoplamiento para válvulas, modutrol (control eléctrico), transformador, control de temperatura y un interruptor de flujo en la línea de agua.

La selección de las bombas depende de los gastos de agua helada y agua caliente en los serpentines, y para dicha selección se utilizó el boletín - 320E de la marca Aurora (9), y la selección es:

- Dos bombas, una para agua helada y una para agua caliente, con las siguientes características:

Marca Aurora-PICSA

Serie 321

Modelo 19.05 mm x 25 mm x 101.6 mm (descarga, succión e impulsor - respectivamente)

Montadas directamente a motor eléctrico horizontal de 0.373 kW, a -- 3500 rpm para manejar 91 lt/min a una presión de 13.716 m c.a.

- Selección de instrumental

En el caso del instrumental, como ya se mencionó antes, el manual ---- 1062-R4 de ADC establece cuales deben ser sus características y para su selección se consultó el catálogo 4C 1982 de Economy Gauge and Instrument Supply, de Dallas, Texas (10); para los instrumentos de medición de ruido se consultó el catálogo 1984 de Brüel and Kjær, de Dinamarca. Todos los instrumentos que se mencionan a continuación se pueden conseguir en México, -- así como el equipo mencionado en la primera parte de esta sección.

La lista de instrumentos seleccionados es la siguiente:

- Tubos de Pitot, marca Dwyer de 203.2 mm, 304.8 mm, 609.6 mm y 914 mm de longitud de inserción (dos ó tres de cada uno), modelos 160-8, -- 160-12, 160-24 y 160-36.
- Manómetro inclinado de 2.5 mm a 25.0 mm, de agua, con divisiones de 0.25 mm, marca Dwyer, modelo 200.5.
- Manómetro inclinado de 25.0 mm a 50.0 mm, de agua, con divisiones de 0.5 mm, marca Dwyer, modelo 202.

- Manómetro inclinado mayor de 50.8 mm (de 0 a 101.0 mm), de agua, marca Dwyer, modelo 244.
- Manómetro en U, marca Dwyer, modelos 8(404), 1223-8.
- Manómetro inclinado vertical de 254 mm, marca Dwyer, modelo 422.23.
- Velómetro Anemotherm, modelo 60, serie 8500 (6 posteriores), 6 velómetro Alnor 3002 G, modelo 6000P
- Barómetro, marca Taylor, modelo 6204M.
- Psicrómetro de honda, marca Taylor, modelo 1328.
- Juego de termómetros certificados, marca Taylor, número de catálogo-21009 (16 termómetros con graduación de 0.05°C).
- Dispositivos para medición de flujo (placas de orificio y toberas de flujo): deberán hacerse de acuerdo a los planos que tiene la norma -1062-R4 en las páginas 23 y 24.
- Sonómetro, marca Brüel & Kjær, modelo 2218 ó equivalente (2230, ---2233, etc.). (11)
- Calibrador de sonómetro, marca Brüel & Kjær, modelo 4230 (94 dB, --1000 Hz). (11)
- Filtro de tercios de octava, marca Brüel & Kjær, modelo 1616 ó equivalente (1624,1625). (11)
- Micrófono para medición omnidireccional, marca Brüel & Kjær, modelo 4165. (11)
- Graficador de nivel de ruido, marca Brüel & Kjær, modelo 2306, conpotenciómetros de 50 y 25 dB (ZR0015-50dB, ZR0015-25dB). (11)
- Fuente de referencia, marca Brüel & Kjær, modelo 4204. (11)
- Extensión giratoria de micrófono, marca Brüel & Kjær, modelo 3923,- con trípode tipo UA0587. (11)

2.4.- Metodología de medición.

Esta sección junto con la 2.5 constituyen la parte primordial de la tesis, en ella se analizan los métodos de prueba que hay que aplicar para realizar las pruebas que se mencionaron anteriormente. Es importante hacer notar que todos los instrumentos que se utilicen en las mediciones deberán ca librarse, antes de hacer estas y con cierta regularidad, para que se tengan resultados confiables. (3)

En las diferentes mediciones que se describen se hace referencia a algunos términos comunes en el ambiente del aire acondicionado, si se tuviera alguna duda respecto a estos términos, al final de la tesis se tiene un vocabulario que contiene dichos términos. La descripción de las mediciones se hará en el orden que se indicó en la sección 2.2, esto es, primero las medi ciones correspondientes a las salidas de aire, después las correspondientes a las entradas y al final las de los dispositivos de alta/baja velocidad/-- presión y unidades reductoras de presión.

Todos los productos a ser probados deberán instalarse como se indica - en la norma 1062-R4 de ADC, y se indicarán todos los detalles de instala--- ción. Todos los datos que se obtengan como resultado de las mediciones debe rán reportarse en formas de reporte estándar para simplificar el análisis - de dichos datos.

2.4.1.- Salidas de aire y accesorios.

Todas las salidas de aire (rejillas, difusores, etc.), solas ó en combinación con accesorios, que vayan a ser probadas deberán tener un ducto de acometida igual al tamaño de la salida en cuestión. Las salidas y acceso--- rios deberán colocarse como recomienda el fabricante antes de ser probadas. Deberá colocarse una estación de medición de flujo en la que se pueda medir presión, gasto, velocidad y temperatura del aire, antes del ducto de acometida correspondiente. Puede haber varias estaciones de medición, pero por -

lo menos debe haber una a la salida del cuarto de máquinas y una antes de cada cámara de prueba, esto es, por lo menos debe haber cuatro estaciones de medición.

Cada producto deberá probarse por lo menos en cuatro tamaños diferentes, y los datos correspondientes a tamaños no probados pueden interpolarse ó extrapolarse de los datos que se obtengan, previendo las relaciones geométricas ó modulares de los diferentes tamaños. Los resultados deberán indicar cuales fueron los tamaños probados y cuales se obtuvieron indirectamente mediante interpolación ó extrapolación.

Si se utiliza algún dispositivo ajustable en la unidad que se esté probando, deberá indicarse la posición de ajuste en la salida.

1.- Requerimientos de presión.

- a) Las pruebas de presión para las salidas, solas ó en combinación con accesorios, deben realizarse para establecer la mínima presión estática requerida - P_{2SD} - en Pa para un determinado gasto de aire - Q - en m^3/s . El dispositivo debe colocarse en alguna de las formas que se indican en b ó c. Las mediciones de la presión estática - P_s - deberán ser hechas procurando que los accesorios que tenga la salida estén en posición normal abierta. En las mediciones de presión de salidas que tengan controles de volumen ajustables, deberá especificarse claramente la posición de ajuste con la que se realizó la medición.

- b) El ducto de acometida para las pruebas de presión deberá ser igual al tamaño nominal de la salida que se pruebe y deberá tener una longitud mínima de tres veces el diámetro (De), con un rectificador de flujo (puede ser una reja pequeña) a la entrada. El plano de medición de presión debe ubicarse a 1.5 veces el diámetro (De) antes de la salida. Debe tomarse una medición de presión transversal en el plano de medición, antes de probar cualquier producto, para determi

nar si la distribución de la presión estática es uniforme y que los valores locales de dicha presión están dentro de $\pm 10\%$ de la medición máxima con un gasto de aire que esté entre el máximo y el valor medio.

En la figura 2.1 se muestra este ducto de acometida.

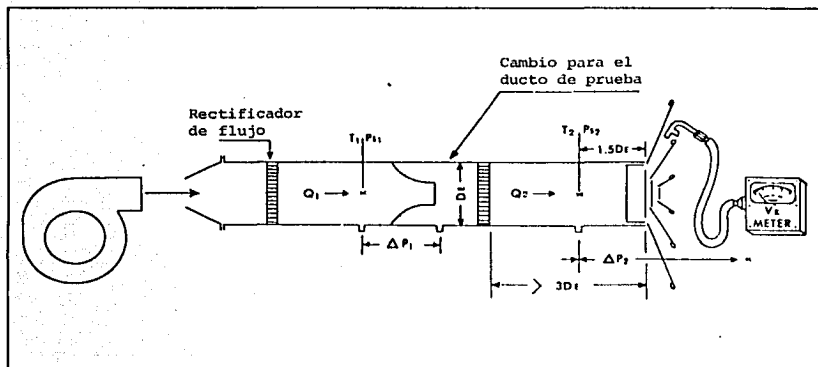


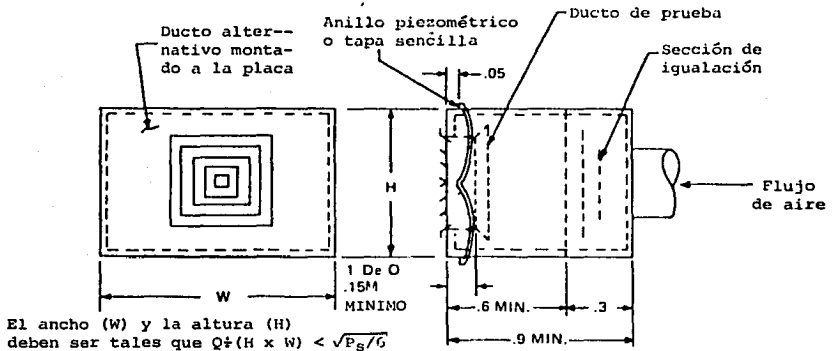
Fig.2.1.- Montaje del ducto de acometida para pruebas de salida de aire (para determinar el factor de área y la velocidad de salida del aire).

- b.1) La presión estática mínima en Pa debe ser medida en el plano de medición para un mínimo de tres gastos para cada producto que se vaya a probar.
- b.2) La presión estática medida (P_s) debe ser corregida para condicio-

nes estándar (P_{2SD}) mediante la multiplicación de P_S por la razón de la densidad estándar del aire (1.025 Kg/m^3) a la densidad del aire en el plano de medición.

- b.3) La presión por velocidad (P_v) que corresponde a un promedio de la velocidad del aire en el ducto, expresada también en Pa, y corregida de acuerdo a las condiciones estándar, debe añadirse a P_{2SD} para determinar la presión total (P_{tSD}) que existe en la salida del aire.
- c) El ducto alternativo de prueba que se muestra en la fig. 2.2 debe - construirse con una sección de entrada igual al tamaño nominal de - la salida. El plano de medición debe ubicarse como se muestra en la fig.2.2. La presión estática debe medirse con un anillo piezométrico conectado a por lo menos cuatro puntos localizados en un plano - paralelo y a una distancia máxima de 50.0 mm del montaje de la rejilla. El tamaño y las condiciones de entrada del ducto de prueba deben ser tales que exista un flujo uniforme en el ducto cuando no se monte salida alguna en él.
- c.1) La presión en Pa debe ser medida para un mínimo de tres gastos para cada producto a probar.
- c.2) La presión estática P_S deberá considerarse la presión total P_t y deberá corregirse para condiciones estándar mediante la multiplicación de la presión medida por la razón de la densidad estándar del aire a la densidad en el plano de medición para determinar -- P_{tSD} .
- c.3) La presión por velocidad (P_v), corregida de acuerdo a las condiciones estándar deberá restarse de P_{tSD} para determinar la presión estática P_{2SD} que existe en la salida de aire.
- d) Los resultados de las mediciones de presión (P_{2SD} y P_{tSD}) deben gra

ficarse con los diversos gastos Q_2 (en m^3/s). Los datos que se obtengan de la gráfica deberán considerarse como los mínimos requeridos de presión (estática ó total) para suministrar los gastos específicos y serán una característica de funcionamiento de cada producto.



Dimensiones en metros

Ejemplos de secciones de entrada

A) Cónica para difusor de techo B) Rectangular

Fig.2.2.- Ducto alternativo de prueba.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

2.- Velocidad y Área.

El factor de área A_k , es un factor empírico, el cual cuando se multiplica por un promedio de la velocidad de salida V_k determina el gasto de aire a la salida ($Q = A_k \cdot V_k$). Estos datos son necesarios en las mediciones de campo para el balanceo del sistema. Los gastos de aire no necesitan correcciones por la densidad estándar.

- a) Se debe usar cualquiera de los velómetros que se señalaron en la sección anterior para la determinación de los factores A_k , V_k . El instrumento debe ser revisado y calibrado tantas veces como sea necesario para mantener sus características de exactitud y precisión.
- b) La instalación de la salida a ser probada debe ser similar a la que se indica en las mediciones de presión. El factor de área A_k debe determinarse mediante la medición de la velocidad a la salida (V_k), en un número predeterminado de colocaciones respecto a la salida. El factor de área A_k es el cociente del gasto dividido entre la velocidad promedio V_k . En los resultados deben indicarse claramente, mediante un diagrama, los puntos de medición y la disposición del velómetro para cada producto.
- c) Para determinar un promedio del factor A_k , deben utilizarse un mínimo de tres gastos (los valores máximo, medio y mínimo, ó próximos a ellos), para cada tamaño de la salida a probar. Para cada gasto, el factor A_k no debe desviarse más de $\pm 5\%$ del valor promedio de A_k para cada tamaño de salida.
- d) Los resultados de las mediciones deben graficarse con el factor A_k como ordenada, relacionada con el tamaño de la salida mediante un parámetro definido (tamaño del ducto, área libre, etc.). Los valores de A_k para tamaños no probados pueden extrapolarse ó interpolarse.

- e) Las mediciones de velocidad en la salida deben hacerse procurando - que los accesorios que tenga la salida estén en la posición normal-abierta, y que la distribución de velocidad en el ducto sea uniforme. En las determinaciones del factor A_k de salidas que tengan controles de volumen ajustables, deberá especificarse claramente la posición de ajuste en que se realizó la medición de velocidad.

3.- Tiro, velocidad terminal y caída de aire.

El tiro (T) debe ser considerado como la distancia horizontal que alcanza una corriente de aire y depende del tipo de salida y del ajuste que esta tenga. La dirección del tiro y la posición de ajuste de los accesorios de la salida deberán indicarse claramente. Si se desea, puede determinarse también la caída del flujo de aire (D).

- a) El tiro (T) y la caída (D) pueden ser medidos para cualquiera de las siguientes salidas:
- Difusores instalados al ras del techo.
 - Rejillas y registros colocados en las paredes de tal forma que la parte más alta de la salida esté 225.0 mm abajo del techo. Se pueden hacer mediciones para las salidas colocadas en otras posiciones indicando dicha posición y las condiciones de la medición.
 - Rejillas colocadas en el piso ó repisas, y registros que estén -- instalados a una altura de 2.75 m del piso. En los resultados de la medición deberá indicarse la colocación de la salida y la ubicación de las paredes adyacentes.
 - Ranuras que estén colocadas en el techo, en paredes, repisas ó en el piso. La ranura puede estar incorporada a:
 - 1) plenos relativamente grandes que funcionan como cámaras presurizadas para sistemas de ventilación forzada;
 - 2) a plenos menores que junto con la ranura constituyen un ensamble para difusor;
 - 3) a ductos continuos de tal forma que el ducto y la ranura constituyen un ensamble para difusor; ó

4) a ductos específicos prefabricados que también constituyen, junto con la ranura, un ensamble para difusor.

Exceptuando el primer arreglo (pleno presurizado), todos los demás deben considerarse como tamaños de salida que deben tener un tramo de ducto para la prueba (cómo se ha mencionado anteriormente). En el caso del pleno presurizado, este debe considerarse como el ducto de prueba. En cada medición debe especificarse el tipo de arreglo que tenga la ranura.

b) El tiro (T) debe medirse preferentemente con corrientes de aire isotérmicas.

c) Las dimensiones de la cámara de prueba deberán ser por lo menos las que se señalaron en la sección 2.1 : 9.0 m de largo, 5.5 m de ancho y 2.75 m de alto. Y, como se dijo, deberá ser independiente de cualquier factor externo (velocidad ó temperatura) que pueda influir en los patrones de distribución del aire. Para cumplir con este requisito puede colocarse un difusor en el techo que tenga un patrón de descarga de 360° y que esté descentrado, que evita interferencias por recirculación de aire.

d) El tiro debe determinarse mediante la medición de velocidades a diferentes distancias de la salida, en un rango de 0.4 a 2.0 m/s. Los datos de velocidad que se obtengan en el plano de velocidad máxima, 1.0 - 1.5 m/s, se utilizarán para la determinación de los patrones de tiro de las salidas.

Deberán hacerse mediciones con un mínimo de tres gastos diferentes para cada tamaño de salida que se vaya a probar (valores próximos - al gasto máximo, al medio y al mínimo).

- La medición de la velocidad para determinar el tiro, debe hacerse colocando el sensor del velómetro en posición horizontal y haciéndolo rotar horizontalmente para obtener la lectura más fiel posi-

ble. El velómetro deberá utilizarse para obtener las velocidades del aire a por lo menos 1.25 mm del techo ó de una pared, y deberán elegirse puntos de medición en el recorrido del aire a 25, 75, 150, 225 mm; 0.3, 0.6, 0.9 m, etc., para determinar la lectura máxima.

- Las mediciones de velocidad deberán tomarse en un mínimo de ocho puntos, pero estos deberán estar a intervalos de 0.3 m, en el plano de velocidad máxima, empezando en un punto en el cual la velocidad máxima sea por lo menos 0.5 m/s mayor que la velocidad terminal máxima.
- Dividiendo v_c entre v_k y T entre $\sqrt{A_k}$ se obtienen valores que al graficar, v_c/v_k contra $T/\sqrt{A_k}$, dan las rectas que indican los cambios de velocidad para diferentes gastos para una línea particular de productos.

e) Los tamaños de las salidas a probar se limitarán a aquéllos volúmenes de aire que den una velocidad terminal máxima de 0.5 m/s en la dirección de dimensión máxima de la salida.

f) El tiro para difusores de techo deberá corregirse para que se considen patrones de flujo horizontales, de acuerdo al montaje del ducto y del difusor.

g) Los datos de la caída (D) junto con los de tiro (T) deberán graficarse mediante las siguientes relaciones, para determinar la línea de comportamiento D·T particular para cada línea de productos: como abscisa se tendrá la razón $T/\sqrt{A_k}$ y como ordenada $D \cdot N_B/\sqrt{A_k}$, T es tiro, A_k es el factor de área, D es la caída y N_B es el número de Buoyancy que es una razón de fuerzas de inercia a fuerzas gravitacionales:

$$N_B = \frac{T_0 (v_k)^2}{9.8 \sqrt{A_k} \Delta T_0}$$

En la fórmula del número de Buoyancy T_0 es la temperatura en °Kelvin.

- h) Para probar salidas con corrientes de aire no isotérmicas, la cámara de pruebas deberá tener una temperatura de entre 20°C y 28°C, y deberá permanecer constante (con una variación máxima de $\pm 1^\circ\text{C}$) durante la medición. Cuando se realicen mediciones con carga de enfriamiento, esta deberá estar igualmente distribuida en toda la cámara.

4.- Velocidad terminal, velocidad en la cámara e índice de difusión de aire.

- a) Para la determinación de la velocidad terminal (V_t), la velocidad en el cuarto (V_x) y la relación de ambas, las salidas a probar deberán colocarse en la cámara de mediciones de velocidad de aire y de índice de difusión de aire, que deberá tener unas dimensiones mínimas de 3.6 m de largo, 3.6 m de ancho y 2.75 m de alto cuando se hagan mediciones con patrones de flujo simétricos, y de 7.3 m de largo, 3.6 m de ancho y 2.75 m de alto cuando se tengan patrones no simétricos. El aire de retorno deberá extraerse de la cámara en algún punto que esté alejado del orificio de alimentación y fuera del plano de medición de velocidades. Deberá indicarse la localización correspondiente en un diagrama.
- b) Las salidas de aire y los dispositivos accesorios deberán instalarse de manera tal que permitan un flujo uniforme.
- c) Las mediciones deberán realizarse con aire que tenga un diferencial máximo de 10°C $\pm 1^\circ\text{C}$ abajo de la temperatura de la cámara, la cual - deberá mantenerse constante entre 20°C y 28°C $\pm 1^\circ\text{C}$. Para lograr mantener esta temperatura pueden usarse calefactores (resistencias) dentro de la cámara.
- La temperatura de la cámara deberá medirse en cada punto en que se mida la velocidad del aire, excepto sobre los calefactores. Los calefactores deben ser de un tipo tal que produzca la energía requerida-

para mantener la temperatura de la cámara produciendo el mínimo de velocidades convectivas.

- d) Las velocidades de aire, para cada salida a probar, deberán medirse en la dirección del tiro máximo, de acuerdo a las recomendaciones del fabricante.
- e) Las velocidades en la cámara deberán medirse con el mismo instrumento con el que se mida la velocidad terminal, en un plano vertical que sea paralelo al plano de la salida. Las mediciones deben hacerse en puntos ubicados en los planos, en los que el movimiento del aire sea máximo, en las siguientes posiciones relativas a las paredes adyacentes (excepto sobre los calefactores):
- bajo el techo a intervalos de 25, 75, 150, 225, 300 mm y 0.3 m, y a una altura por abajo de los 2.4 m;
 - sobre el piso a intervalos de 75 y 150 mm;
 - junto a las paredes a intervalos de 25, 150, 300 mm y 0.3 m, moviéndose hacia la pared contraria.

Los resultados que se obtengan de las mediciones, particularmente en las áreas cercanas a los intervalos de 150 mm, a 1.80 m sobre el piso y a 1.50 mm de la pared constituyen los datos con los que se determinará la velocidad en la cámara, V_r , para cada salida. Este valor de V_r se obtiene promediando las velocidades más alta y más baja, para una velocidad dada V_c .

Para la determinación del índice de difusión de aire deben hacerse los siguientes cálculos:

- Para cada punto dentro de la zona ocupada se calcula el factor de temperatura efectivo, definido por:

$$\theta = (t_x - t_c) - 7.66 (V_x - 0.15) \quad (3)$$

donde t_x es la temperatura particular en determinado punto ($^{\circ}\text{C}$), V_x es la velocidad particular en ese punto (m/s), y t_c es la temperatura de control ($^{\circ}\text{C}$).

La temperatura de control t_c es el promedio de 6 temperaturas, --

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

las que se miden a 2.1 m y 2.4 m del techo, y a 0, 0.3 y 0.6 m -- del eje central de la salida. El número de puntos que tengan velo cidades menores a 0.36 m/s y factores de temperatura entre -3 y 2, multiplicados por 100 y divididos entre el número total de puntos de medición en la zona ocupada es el valor del índice de difusión de aire.

En los resultados deberán indicarse los montajes de la salida, el a juste de los accesorios, la dirección del tiro, gradientes de tempe ratura y cualquier otra información pertinente.

5.- Mediciones de ruido.

a) Las mediciones de ruido para todas las salidas se harán de acuerdo a la norma ISO 3741 Acústica. Determinación de niveles de potencia-sonora de fuentes de ruido. Métodos de precisión para fuentes de -- banda ancha en cuartos reverberantes.

Para las mediciones de ruido deberán tomarse en cuenta el tiempo de reverberación y las dimensiones de la cámara (las mediciones deben- hacerse en el campo libre). La posición del micrófono deberá ser -- tal que éste no se encuentre a distancias menores de 0.92 m de cual quier pared ó cualquier superficie reflectante. Las mediciones debe rán realizarse haciendo girar el micrófono (giros de 360°), colocán dolo en línea diagonal a la fuente de referencia, y midiendo los ni veles de presión para todas las bandas de frecuencia de interés (la gama de frecuencias es aproximadamente 160 Hz a 16 kHz).

b) Deberán medirse los niveles de presión sonora para por lo menos cua tro tamaños de cada salida y tres diferentes gastos por cada tama-- ño. Para cada salida deberá indicarse la posición de ajuste de los- accesorios que tenga.

c) Los datos que se obtengan por octavas deberán corregirse aplicando- el criterio NC, esto es, a los resultados que se obtengan por octa-

va se les restarán 10 dB (referidos a 10^{-12} watts), y se graficarán en curvas NC para indicar el nivel que corresponda.

2.4.2.- Entradas de aire y accesorios.

Las entradas de aire, solas ó en combinación con accesorios, pueden -- ser probadas cuando:

- Se instalen con un ducto recto de sección igual al tamaño de la entrada, ó
- Quando se instalen con un ducto alternativo como el de la figura -- 2.2.

Quando se use el ducto alternativo, las entradas deben ser probadas -- del lado de alimentación, invirtiendo el montaje de la entrada de tal manera que el flujo sea normal cuando pase a través de la entrada (fig.2.3).

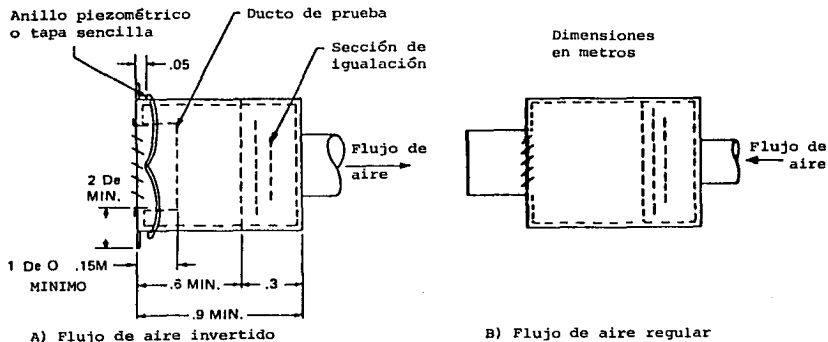


Fig. 2.3.- Ducto alternativo de prueba para entradas de aire.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Deberán probarse por lo menos cuatro tamaños diferentes de cada tipo de entrada. Para los tamaños que no se prueben, podrán interpolarse ó extrapolarse los datos tomando en cuenta la relación de parámetros geométricos ó modulares. De no ser así deberán probarse todos los tipos de entradas.

1.- Requerimientos de presión.

a) Las mediciones de presión para entradas, solas ó en combinación con accesorios, se harán para determinar la mínima presión estática requerida ($-P_s$). Las mediciones deberán hacerse procurando que las entradas y sus accesorios estén en posición normal abierta. En las mediciones de presión de entradas que tengan controles de volumen ajustables, deberá especificarse claramente la posición de ajuste -- con la que se realizó la medición.

b) Las mediciones de presión estática deberán hacerse a intervalos de 0.3 m en el eje del ducto, atrás de la entrada, hasta que la razón de cambio de la presión medida a lo largo del ducto sea aproximadamente cero. La presión en ese punto deberá considerarse la presión estática $-P_s$.

Las mediciones deberán hacerse para un mínimo de tres gastos para cada tamaño de entrada que se vaya a probar. La presión estática -- ($-P_s$) deberá corregirse para condiciones estándar mediante la multiplicación de la presión P_s por la razón de la densidad estándar del aire a la densidad del aire en el plano de medición.

c) Cuando se use el ducto alternativo de prueba, las presiones que se midan deberán considerarse como presiones totales ($-P_t$). También en este caso, deberá medirse para un mínimo de tres gastos.

La presión $-P_t$ deberá corregirse para condiciones estándar mediante la multiplicación de P_t por la razón de densidad estándar del aire a la densidad del aire en el plano de medición.

La presión por velocidad (P_v) también debe ser corregida, para condiciones estándar, para que restándola a la presión total (P_t), se-

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

obtenga la presión estática ($-P_{SD}$).

2.- Velocidad y área.

- a) Para la determinación de los factores de velocidad y área, se procederá de manera similar al caso de salidas de aire (no es necesario hacer correcciones por la densidad del aire). El velómetro que se utilice para la determinación de V_k deberá ser revisado y calibrado antes de hacer las mediciones.
- b) La entrada de aire a probar deberá estar adecuadamente instalada antes de hacer las mediciones. El factor de área se obtiene dividiendo el gasto correspondiente (Q) entre el factor V_k . Es recomendable que en los resultados se especifiquen detalladamente los puntos de medición y la colocación del velómetro.
- c) Deberán hacerse mediciones con un mínimo de tres gastos para cada tamaño de entrada para obtener un factor de área promedio (los valores de los gastos deberán ser próximos al máximo, al medio y al mínimo). El factor A_k , para cada gasto, no deberá desviarse más de $\pm 5\%$ del valor promedio de A_k para cada tamaño de entrada.
- d) Las mediciones de velocidad en la entrada deberán hacerse procurando que los accesorios que tenga la entrada estén en la posición nomal abierta. En las determinaciones del factor A_k , de entradas que tengan controles de volumen ajustables, deberá especificarse claramente la posición de ajuste en que se realizó la medición.

3.- Mediciones de ruido.

En el caso de entradas de aire, las mediciones de ruido se realizan de manera similar a las de las salidas, por lo que se sugiere ver la sección 2.4.1 para cualquier duda que se tenga (todas las mediciones de ruido, para salidas y entradas, están referidas a la norma ISO 3741).

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

2.4.3.- Dispositivos de alta/baja velocidad/presión y unidades reductoras de presión.

Antes de probar cualquier dispositivo de alta/baja velocidad/presión ó unidad reductora de presión, deberán ensamblarse adecuadamente todos los -- controles (neumáticos ó eléctricos), las cubiertas, los ductos y cualquier otro accesorio que lleve la unidad. El funcionamiento del dispositivo se de terminará con relación a los detalles específicos de instalación de los com ponentes.

Los dispositivos deberán ajustarse antes de las mediciones y permane-- cer sin cambio alguno durante estas. Se deberán probar todos los tamaños de dispositivos, y en caso de que se hagan mediciones para unidades reductoras de presión, se podrán interpolar ó extrapolar los datos, siempre que se hayan probado por lo menos cuatro tamaños diferentes de cada tipo de unidad - (entre ellos el máximo y el mínimo).

Los dispositivos con salidas de aire integradas deberán probarse de a-- cuerdo a las recomendaciones del fabricante. Si se usan dispositivos con va rias salidas, estos pueden considerarse como con terminación abierta (sali da abierta), sólo para las pruebas de ruido. Los resultados que se obtengan en las mediciones de ruido, para salidas de igual tamaño, deberán corregir-- se para aplicar el criterio NC a la medición.

En todas las mediciones que se hagan deberán indicarse las posiciones-- de ajuste de los accesorios y, se presentarán diagramas con toda la informa ción necesaria.

1.- Requerimientos de presión y hermeticidad (pérdidas).

Las mediciones de presión se hacen para determinar la mínima presión - estática diferencial (ΔP_s), y la mínima presión total diferencial ---- (ΔP_t), requeridas para un gasto determinado (Q_z), que pasa a través -- del dispositivo en cuestión (reductor de presión u otro), y para un ta

maño específico de este. El flujo de aire debe ser a través de un ducto sencillo que entra a la caja (dispositivo) y descarga a la atmósfera. Como mínima presión estática se considera a aquella presión que existe a la entrada de la caja, y que es la mínima requerida para operar con los volúmenes de aire máximo y mínimo (la presión requerida p_d para vencer la resistencia de corrientes de aire externas al dispositivo no se incluye como parte de las mediciones).

- a) Para cada tamaño de dispositivo, el ducto de acometida deberá tener una longitud mínima de tres veces el diámetro (D_e). Antes de probar cualquier dispositivo deberá medirse la presión estática, transversalmente al plano de medición, para determinar la distribución de presión estática (P_s) de dicho producto, y deberá hacerse con un gasto que esté entre el máximo y el medio.
- b) La presión estática debe ser corregida para condiciones estándar mediante la multiplicación de P_s por la razón de la densidad estándar del aire a la densidad del aire en el plano de medición.
- c) Para cada tamaño de dispositivo deberán hacerse las mediciones con un mínimo de tres gastos (máximo, medio y mínimo). A la presión por velocidad (P_v), que corresponde a un promedio de la velocidad del aire en el ducto de acometida, debe añadirse el valor de P_{2SD} para obtener el valor de P_t a la entrada del dispositivo. Para determinar el valor de ΔP_t , se deberá determinar la presión por velocidad en el ducto de salida del dispositivo y se restará el valor de P_t a la entrada. Los resultados de la medición de ΔP_t deberán graficarse para mostrar la máxima presión diferencial total ΔP_t .
- d) Para hacer la medición de pérdidas en cada dispositivo, se deberá hacer con la máxima presión recomendada por el fabricante. Por pérdidas deberá entenderse pérdidas de volumen de aire en el dispositivo, lo que implica pérdidas de presión.

- e) Las pérdidas se determinarán como un porcentaje de la capacidad nominal del dispositivo. Esta capacidad nominal se determina multiplicando el área del ducto de entrada al dispositivo por un factor de velocidad que corresponde a un promedio de las velocidades máxima y mínima en los dispositivos de acuerdo a los datos de los fabricantes (si no se conocen estos, se puede utilizar un factor de velocidad de 15.3 m/s). (3)
- f) Las pérdidas se determinarán para las secciones de alta y baja presión de cada dispositivo. En cada caso, las secciones que se vayan a medir deberán especificarse claramente y se procurará que estén adecuadamente aisladas. Para las secciones de alta presión, se utilizará la presión máxima permisible en el dispositivo; para las de baja presión se utilizará una presión de 125 Pa. (3)

2.- Mediciones de ruido.

Las mediciones de ruido para las salidas de los dispositivos, se harán de acuerdo a la norma ISO 3741, como en los casos anteriores.

Para las mediciones de ruido deberán tomarse en cuenta el tiempo de reverberación y las dimensiones de la cámara (las mediciones deben hacerse en el campo libre).

- a) La posición del micrófono deberá ser tal que este no se encuentre a distancias menores de 0.92 m de cualquier pared ó cualquier superficie reflectante. Las mediciones deberán realizarse haciendo girar el micrófono (giros de 360°), colocándolo en línea diagonal a la fuente de referencia, y midiendo los niveles de presión para todas las bandas de frecuencia de interés (la gama de frecuencias es aproximadamente 160 Hz a 16 kHz).
- b) El ducto que una los dispositivos a la cámara de pruebas deberá tener una longitud de 0.92 m y una sección igual a la abertura de descarga del dispositivo.

El aire alimentado a la cámara no deberá exceder en volumen al de esta, para lograr esto se utilizará un ramal adecuadamente balanceado (sólo en casos necesarios).

- c) Los resultados de las mediciones se entenderán como correspondientes a los ensambles, y no se corregirán por el uso de conductos adicionales de descarga ó silenciadores, a menos que estos formen parte integral del producto.

Para el caso de unidades de salidas múltiples, deberá indicarse el número de estas.

- d) Para cada tamaño de ensamble, las mediciones deberán hacerse con los gastos máximo, medio y mínimo, y con las presiones máxima, media y mínima. En los resultados deberán indicarse los valores correspondientes de gasto y de presión de cada unidad.

- e) Para cada ensamble puede medirse el nivel de ruido radiado, de acuerdo también a la norma ISO 3741. Para tal caso, deberán aislarse los ductos de alimentación y descarga del ensamble para asegurarse de que el ruido radiado corresponde sólo al dispositivo en cuestión.

- f) Los datos que se obtengan deberán corregirse aplicando el criterio NC y graficarse para indicar el nivel correspondiente.

3.- Mediciones de temperatura.

La medición de la temperatura se hará para determinar el nivel de equilibrio térmico que se alcanza en el dispositivo, esto es, el grado de mezcla de las temperaturas de las corrientes de aire que llegan a él, bajo diversas condiciones de operación.

- a) Las mediciones de la temperatura deberán hacerse en un ducto unido a la salida, el cual deberá tener una sección igual a la de la salida del dispositivo que se esté probando y una longitud de 3 veces -

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

el diámetro. El plano de medición deberá ubicarse a una distancia de 2.5 veces el diámetro; esta distancia nunca deberá ser mayor de 3.0 m. A la salida deberá existir un ducto que tenga una longitud mínima de la mitad del diámetro para poder medir la temperatura del aire inducido.

Los puntos de medición de temperatura se indicarán claramente en los resultados, y se ubicarán uniformemente en el plano de medición y a una distancia de 25mm de la pared del ducto de salida. El número mínimo de mediciones que deberán hacerse a la salida del dispositivo se indican en la tabla siguiente.

Si el dispositivo está equipado con salidas múltiples se harán un mínimo de cuatro mediciones para cada salida.

Número de mediciones a la salida

m ³ /s (nominal)	número
0.05	4
0.10	5
0.14	7
0.19	9
0.26	11
0.33	13
0.57 y más	15

- b) La temperatura diferencial (entre las entradas del dispositivo) deberá indicarse claramente, y deberá ser como mínimo 2°C. Las mediciones a la entrada del dispositivo deberán hacerse en el eje de los ductos adyacentes a dicha entrada. Las mediciones de la mezcla de temperatura deberán hacerse con las mismas presiones en los ductos, con las presiones estáticas (máximas y mínimas) recomendadas a la entrada de los ductos.
- c) Las mediciones deberán hacerse con los gastos máximo y mínimo, y los porcentajes de los flujos de aire caliente-frío deberán aproximarse a 25-75%, 50-50% y 75-25% en volumen de aire.
- d) Como temperatura diferencial de descarga, para cada medición, se --

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

considerará a la diferencia, en °C, entre la máxima y la mínima temperatura en el plano de medición. El promedio de mezcla de temperatura se define como el promedio de temperaturas diferenciales para todas las mediciones y deberá indicarse como una variación en °C para diferencias de 5°C a la entrada.

4.- Medición de volumen.

La medición de volumen se hará para determinar el cambio en el volumen de aire como resultado de variaciones en el ducto de acometida del dispositivo, en la presión estática y/o en el ajuste de accesorios (compuertas u otros).

La medición deberá hacerse con tres gastos diferentes (mínimo, medio y máximo permisibles), variando la presión en incrementos de 250 Pa iniciando con la mínima presión estática. La medición se hará haciendo circular el -- 100% del aire por una sola acometida.

Deberán hacerse un número suficiente de mediciones para determinar la mínima presión requerida para un volumen de aire determinado (volumen de referencia); este aire deberá calentarse procurando abrir la válvula de aire-caliente 25, 50 y 100% (de acuerdo a lo que indique el termostato).

La variación de volumen respecto al volumen de referencia para cada -- dispositivo, se indicará como un promedio y se especificará la desviación -- como porcentaje.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

2.5.- Diseño del laboratorio.

En esta sección se analiza el diseño físico del laboratorio basándose en las especificaciones mencionadas en la sección 2.1. Se trata la disposición de las cámaras de prueba, sus dimensiones, las acometidas de los ductos y detalles especiales de construcción de cada cámara.

La disposición de las cámaras de prueba es la que se muestra en la --- fig. 2.4.a. En ella se muestran los accesos a las cámaras, algunas dimensiones y la ubicación del cuarto de máquinas. Este cuarto de máquinas tendrá unas dimensiones de 4 m (largo) x 4 m (ancho) x 3 m (alto) y dentro de este cuarto se encontrará todo el equipo, excepto la unidad enfriadora, que estará fuera; como no se especifica característica alguna que deba tener este cuarto, se propone construirlo de ladrillo (28x14x7 cm), procurando que en el piso se instalen soportes especiales para los ventiladores para evitar la vibración. La disposición del equipo en el cuarto de máquinas es la que se muestra en la fig. 2.5.

Después de los serpentines se propone colocar una estación de medición para saber exactamente que presión, temperatura y gasto se tiene a la salida de los ventiladores. La otra estación de medición que se muestra es la que estaría a la entrada de cada cámara, ó en el ducto común para las tres cámaras antes de los cambios de sección correspondientes.

El ducto que se propone utilizar, desde la salida del cuarto de máquinas hasta la estación de medición correspondiente a cada cámara, es cuadrado de 101.6 cm x 91.44 cm. El ducto que se utilice para las acometidas será redondo de ϕ 50.8 cm. En ambos casos el aislamiento correspondiente será de fibra de vidrio con un espesor de entre 5.08 y 10.6 cm.

- Cámara para pruebas de tiro.

Las dimensiones de esta cámara serían las mínimas indicadas por ADC,-- esto es: 9 m (l) x 5.5 m (a) x 2.75 m (al). Se propone construirla también-

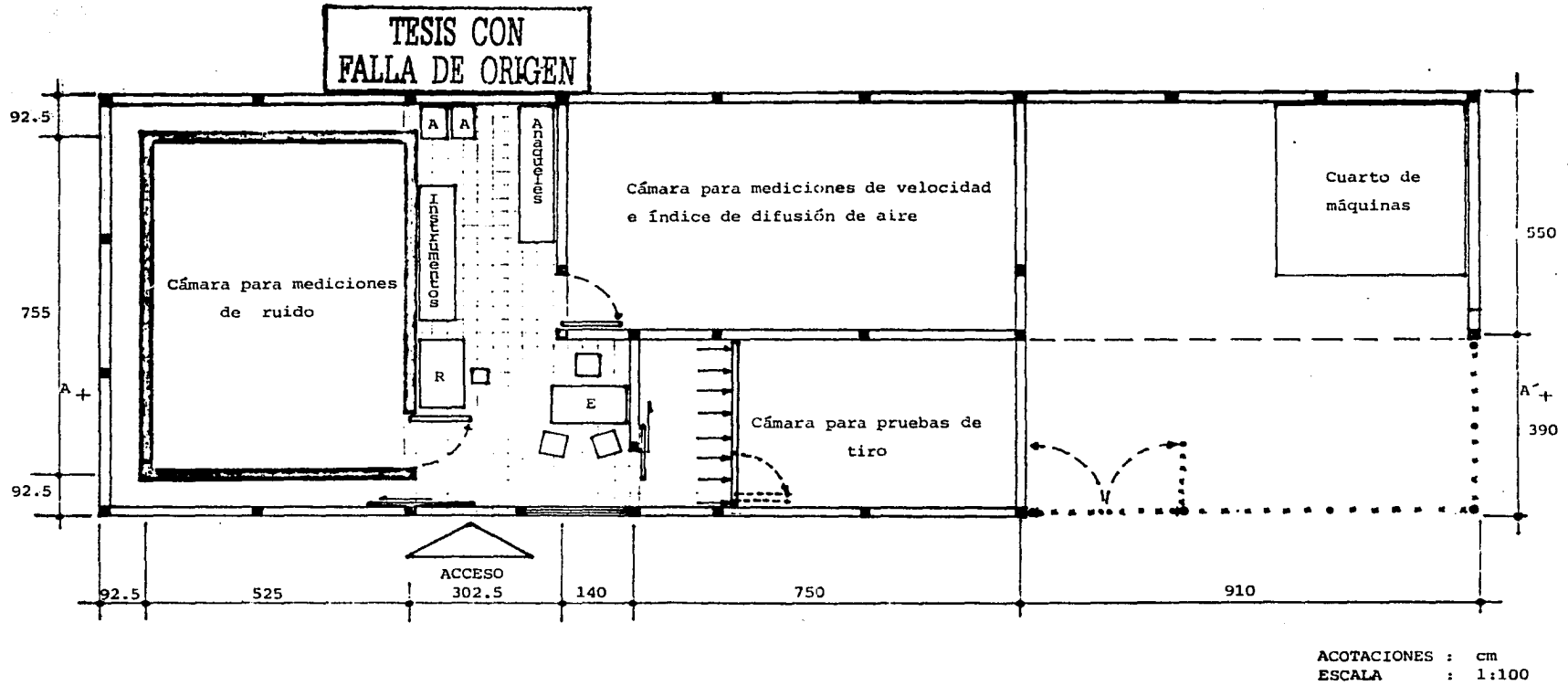


Fig. 2.4.a.- Disposición de las cámaras de prueba.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

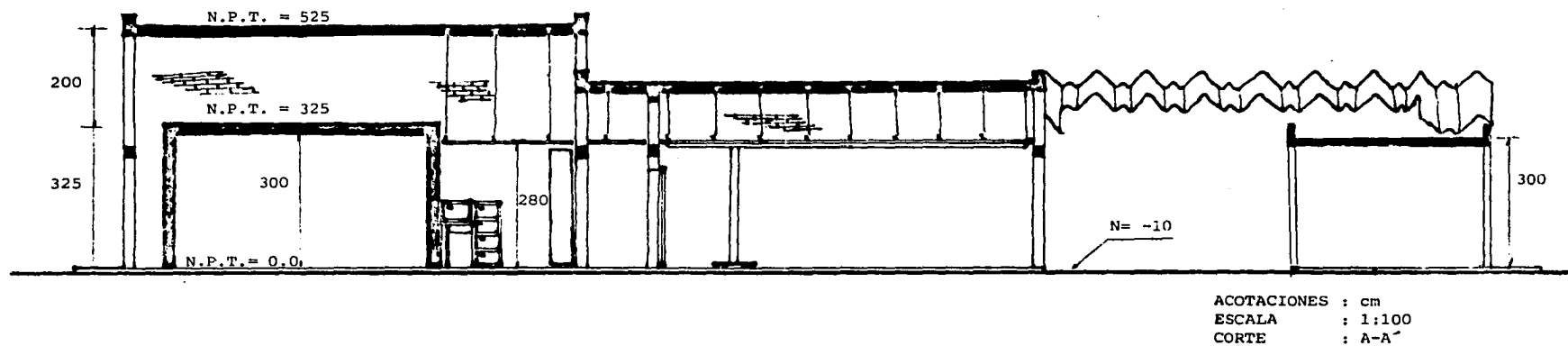


Fig. 2.4.b.- Disposición de las cámaras de prueba. Corte A-A'

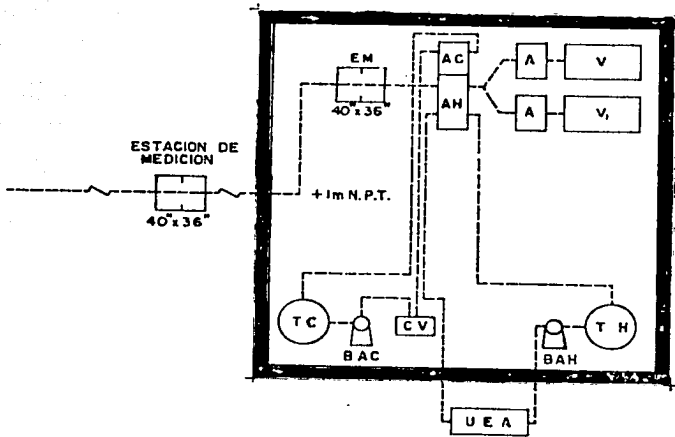


Fig. 2.5.- Cuarto de máquinas.

- | | | | |
|----------------|------------------------------|-----|---------------------------|
| V | Ventilador de baja velocidad | TC | Tanque para agua caliente |
| V ₁ | Ventilador de alta velocidad | TH | Tanque para agua helada |
| A | Atenuadores de sonido | BAC | Bomba para agua caliente |
| AC | Serpentín de agua caliente | BAH | Bomba para agua helada |
| AH | Serpentín de agua helada | CV | Caldera |
| UEA | Unidad enfriadora de agua | | |

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

con ladrillo y acabado interior en yeso.

La cámara deberá tener aberturas en las paredes y en el techo que permitan la colocación de los diversos productos que se vayan a probar (habrá que distribuirlos de acuerdo a las características de las rejillas ó difusores: de 2, 3, 4 vías, con aletas fijas para deflexión, etc.). Estas aberturas serán de dimensiones iguales al tamaño máximo del producto a probar, y cuando se instalan productos de menor tamaño se cubrirá el espacio libre -- con alguna placa (pudiera ser tablaroca) procurando que la abertura quedara bien sellada.

Las aberturas se instalarán a 1 m y 2.5 m del nivel del piso para rejillas de inyección ó extracción de aire colocadas en la pared, mientras que las aberturas para las pruebas de difusores, se harán en el techo, tal como se indica en las figuras 2.6, 2.7 y 2.8, que muestran los ductos de acometida para cada caso. Para facilitar la instalación de difusores y/u otros dispositivos podrían utilizarse plafones en el techo, tanto en la cámara para pruebas de tiro como en la de mediciones de velocidad e índice de difusión de aire.

- Cámara para mediciones de velocidad e índice de difusión de aire.

Las dimensiones de esta cámara serían las mismas indicadas por ADC, esto es: 7.3 m (l) x 3.7 m (a) x 2.75 m (al) ajustables a 3.7 m (l) x 3.7 m (a) x 2.75 m (al). Se propone construirla también con ladrillo, y la pared-desplazable (véase fig. 2.4.a) sería de tablaroca.

En este caso, las aberturas para la colocación de los productos a probar y las acometidas son similares a las de la cámara para pruebas de tiro, por lo que se debe consultar el párrafo correspondiente a esa sección.

- Cámara para mediciones de ruido.

De acuerdo a la norma ISO 3741, que marca los requisitos que deben cubrirse para realizar mediciones adecuadas de sonido en cuartos reverberan--

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

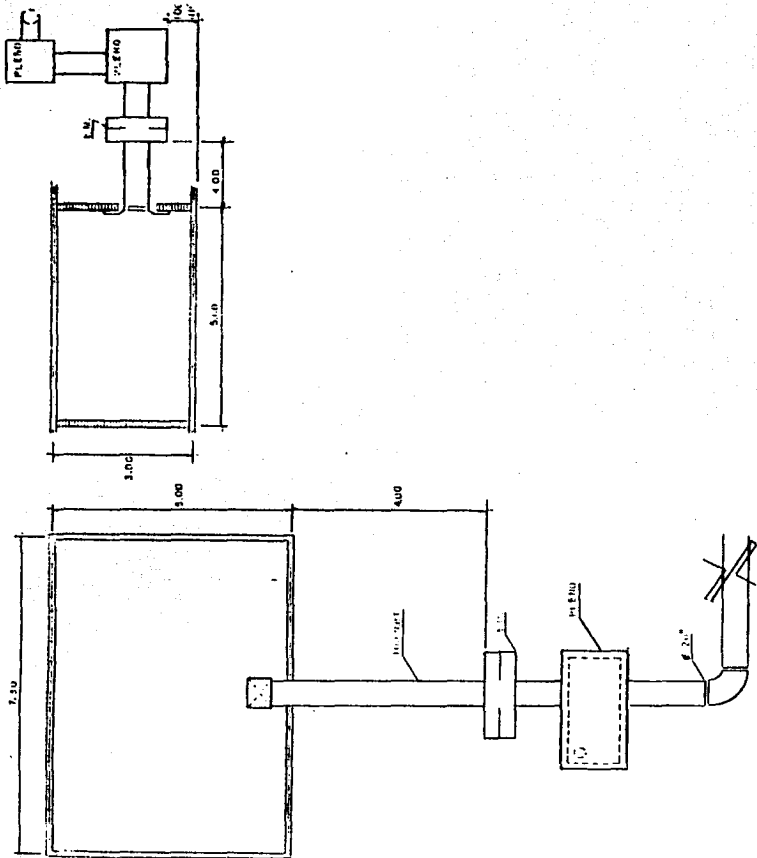


Fig. 2.6.- Acometida para pruebas de rejillas de inyección ó extracción a 1.0 m N.P.T.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

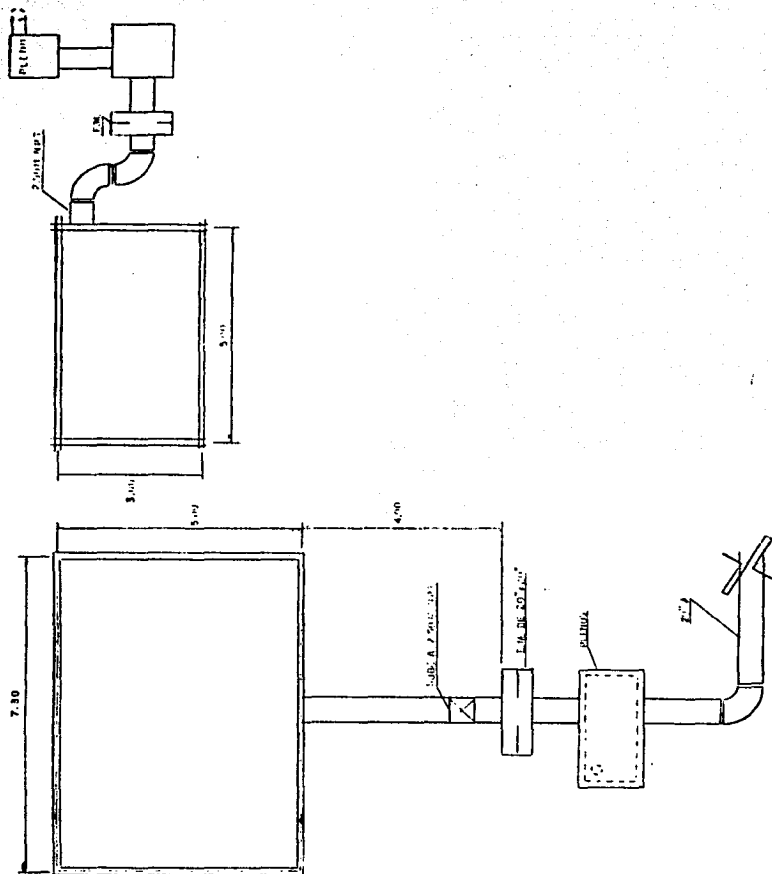
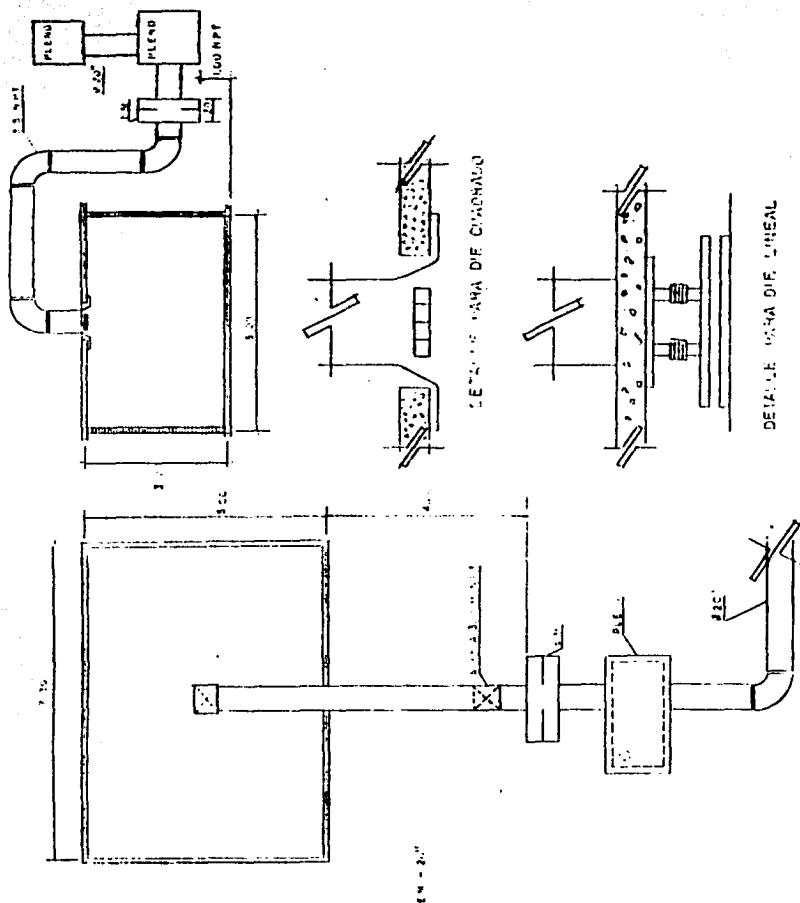


Fig. 2.7.- Acometida para pruebas de rejillas de inyección y extracción a 2.5 m N.P.T.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



TESIS CON FALLA DE ORIGEN

tes, las dimensiones de la cámara deben elegirse considerando las frecuencias de interés, el volumen y la superficie de la cámara, el coeficiente de reverberación, el nivel del ruido de fondo y la disposición de las paredes para producir reflexiones aleatorias. En el caso particular de este laboratorio, las frecuencias en las que se va a trabajar van de 160 Hz a 16 kHz, por lo que, de la sección 4.2 de la norma ISO 3741 (Room volume) se saca como volumen mínimo de la cámara 100 m^3 , que corresponde al menor volumen que debe tenerse para trabajar en una frecuencia mínima de 160 Hz (en tercios de octava). (12)

En la norma 1062-R4 se indica que el coeficiente de absorción de las paredes no deberá exceder de 0.06, esto influye en el tiempo de reverberación de la onda, el cual debe ser mayor que la razón volumen/área de la cámara. Este tiempo de reverberación se puede obtener de la relación:

$$T_r = \frac{0.161 V}{\sum S_i \alpha_i}$$

donde: T_r es tiempo de reverberación (en segundos),

V es volumen (en m^3)

S_i es el área de cada pared de la cámara (en m^2), y

α_i es un factor que corresponde a la energía absorbida en la reflexión del sonido. En este caso α puede tomar el valor de 0.1, con lo que se asegura que el error absoluto al calcular T_r es menor del 15%. (13)

Una vez conocido el tiempo de reverberación, se puede calcular la distancia mínima que debe haber entre el micrófono y la fuente de ruido utilizando la relación:

$$d = 0.08 \sqrt{V/T_r}$$

donde: d es la distancia mínima (en m),

V es el volumen del cuarto (en m^3), y

T_r es el tiempo de reverberación.

Para conseguir que las paredes del cuarto tengan un coeficiente de absorción de 0.06 (esto es, un coeficiente de reflexión de 0.94) se propone - construir la cámara de concreto (13), con acabado interior aplanado y alguna capa de pintura metálica; el espesor de las paredes de concreto sería de 25 cm.

Además, la cámara estará cubierta por un colchón de aire y después con paredes de ladrillo, como puede apreciarse en la fig. 2.4.a, para evitar al máximo la introducción de ruido del exterior. El colchón de aire será de aproximadamente 92.5 cm, pero en el techo se dejará un espacio de 2.0 m para la colocación de difusores y otros dispositivos, como se indica en la fig.- 2.4.b.

Por lo que respecta a la disposición de las paredes para producir reflexiones aleatorias, se propone que la cámara sea de forma regular (paralelepípedo), en vez de una cámara irregular sin superficies paralelas, ya que la primera opción es mucho más fácil de construir. Sin embargo, para poder conseguir las reflexiones aleatorias las dimensiones deben ser de tal forma que estas reflexiones en la cámara produzcan un campo difuso. En la norma - ISO 3741 se recomienda que las dimensiones de la cámara no guarden relaciones enteras, se sugieren relaciones del tipo $1 : 2 \frac{1}{3}$, $1 : 4 \frac{1}{3}$, ó similares.

En la tabla 8 de la norma ISO 3741 se dan algunas relaciones entre dimensiones que pueden utilizarse. De ahí se decidió tomar las siguientes:

$$Ly / Lx = 0.68$$

$$Lz / Lx = 0.42$$

Tomando Lx como el largo y poniendo arbitrariamente 7.3 m en esta dimensión se obtiene 4.96 m para el ancho Ly y este se redondea a 5.0 m. Finalmente - se obtiene para la altura Lz = 3.06 m y se redondea a 3 m, por lo que las - dimensiones de la cámara son: 7.3 m x 5 m x 3m.

Con estas dimensiones, el volumen de la cámara resulta ser 109.5 m^3 , - el área 146.8 m^2 , el tiempo de reverberación 1.2 s (que es mayor que la relación V/S : $1.2 \cdot 0.746$), y la distancia mínima entre fuente y micrófono - 76 cm, por lo que la distancia que se marcó en la sección 2.4 (92 cm) es válida y se cumplen así todos los requerimientos marcados por la ISO 3741.

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

Para completar esta sección faltaría indicar algunos detalles de instalación y el recorrido de los ductos, desde el cuarto de máquinas hasta las cámaras. Dicho recorrido es el que se indica en la fig. 2.9 (véanse figuras 2.6, 2.7 y 2.8) y en las figuras 2.10, 2.11, 2.12, 2.13 y 2.14 se indican algunos detalles de instalación.

Cuando se vaya a construir el laboratorio se tendrá que hacer un cálculo del costo con un desglose de precios unitarios, se diseñara la instalación eléctrica y deberán considerarse otros detalles como puertas, tipo de iluminación, tipo de anaqueles y otros muebles, etc., pero lo principal, la concepción del laboratorio de acuerdo a las necesidades técnicas correspondientes, ya se ha planteado aquí.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

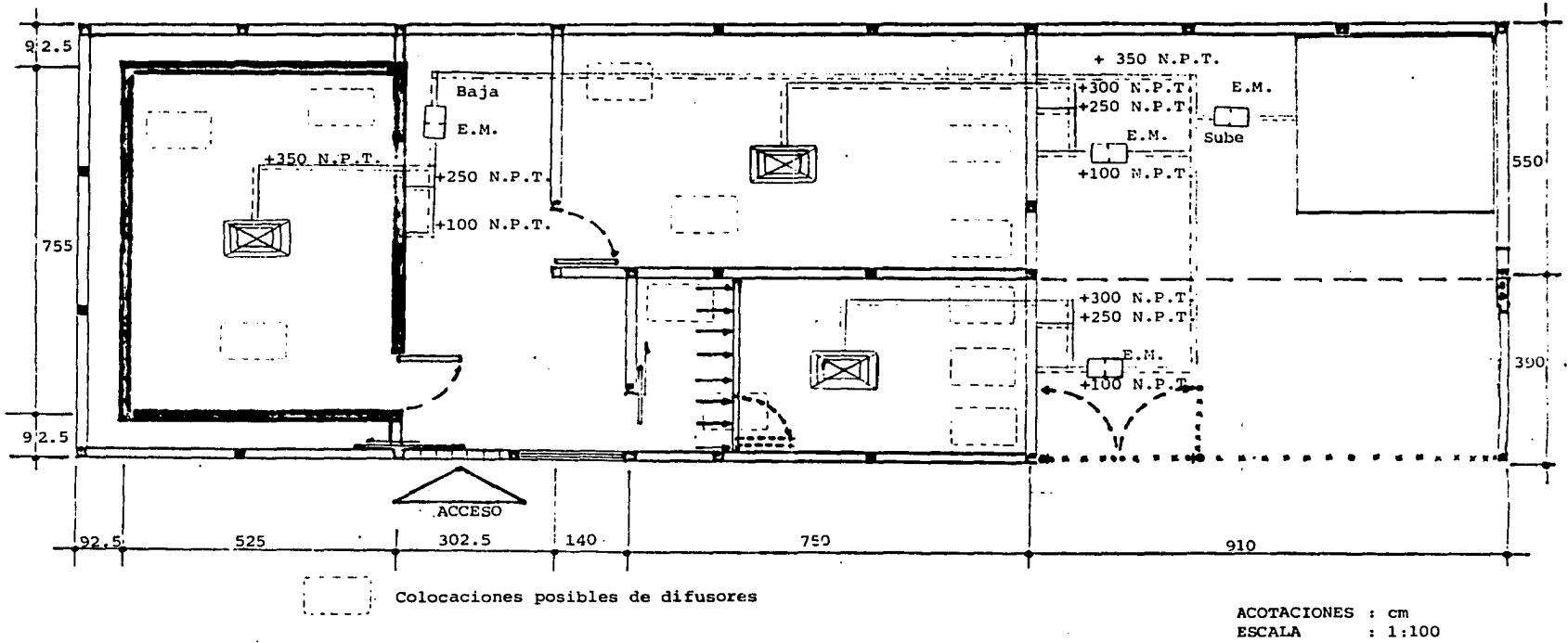


Fig. 2.9.- Recorrido de los ductos de alimentación

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

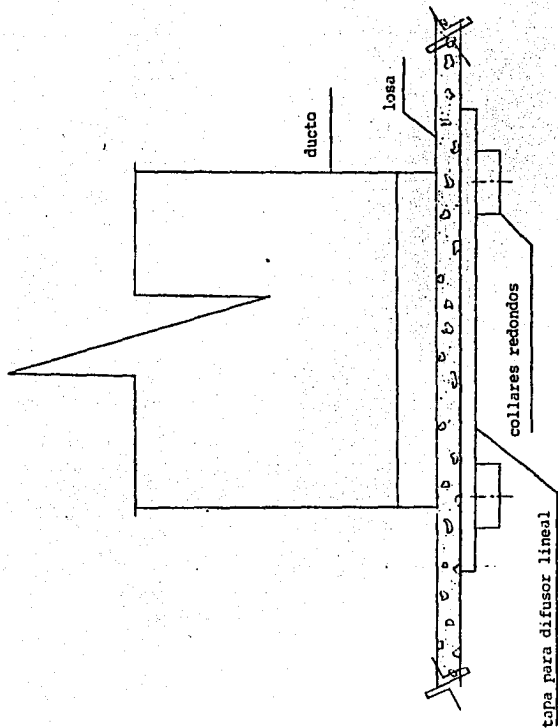


Fig. 2.10.- Tapa para acometida en pruebas de difusor lineal.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

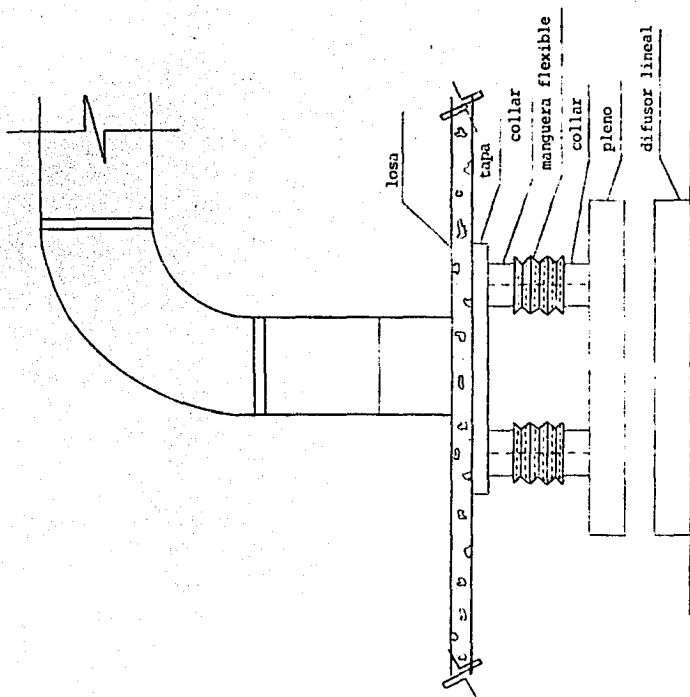


Fig. 2.11.- Detalle para prueba de difusor lineal en las cámaras de medición de ruido y tiro.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

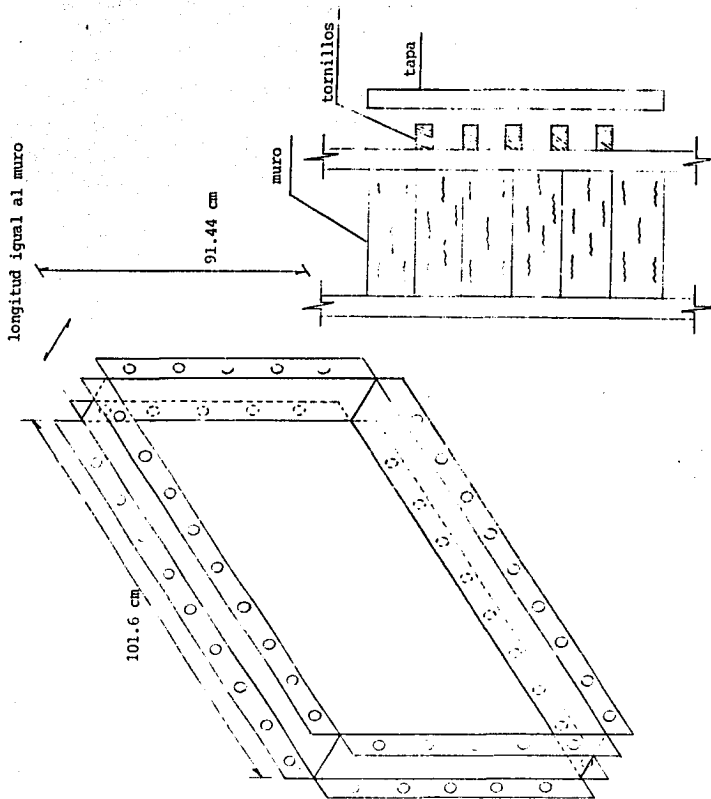
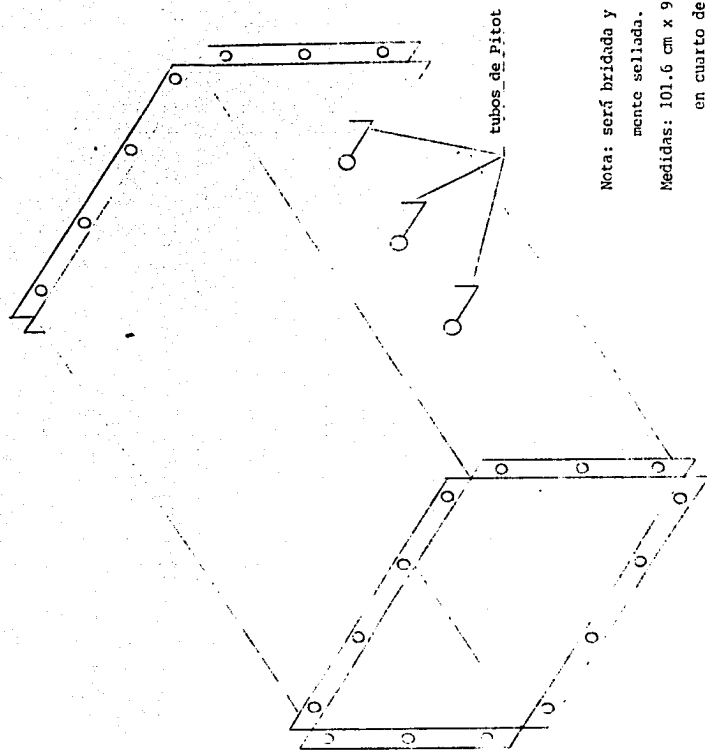


Fig. 2.12.- Bridas para acometidas en las cámaras de medición de ruido y tiro.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

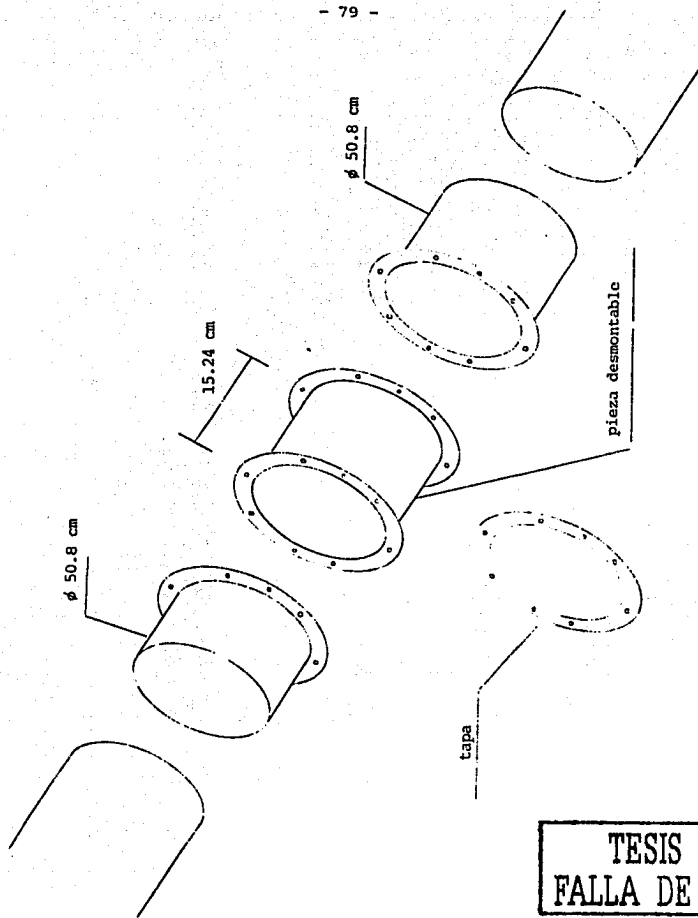


Nota: será bridada y completamente sellada.

Medidas: 101.6 cm x 91.44 cm
en cuarto de máquinas
50.8 cm x 50.8 cm
en las otras cámaras

Fig. 2.13.- Estación medidora (a la salida del cuarto de máquinas y a la entrada de cada cámara).

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Fig. 2.14.- Tapa para bloque de ductos. La tapa será de lámina galvanizada ó acrílico perfectamente sellado.

CAPITULO 3
CONCLUSIONES

3.- CONCLUSIONES

Al tener México una gran diversidad de climas, la instalación de sistemas de aire acondicionado en ciertos lugares se hace indispensable. En las regiones con climas extremos como el norte del país ó las costas, esto es evidente, tanto como en los grandes edificios de oficinas de la Ciudad de México.

Para instalar un buen sistema de aire acondicionado se requiere de un cuidadoso análisis para su diseño y selección. En el primer capítulo de este trabajo se describieron los aspectos técnicos básicos que intervienen en el cálculo y diseño de estos sistemas: los procesos psicrométricos, la estimación de la carga térmica aplicada y la distribución del aire en el recinto a acondicionar.

En el segundo capítulo, partiendo de los requerimientos indicados en las normas americanas de ADC y ASHRAE, se describió el proceso de selección de los equipos que integran el sistema de aire acondicionado del laboratorio, se estableció una metodología de medición para cada tipo de producto a probar y se hizo un diseño físico del laboratorio en el que se indicaban sus dimensiones y la disposición de las cámaras de prueba y los equipos.

Como se mencionó en la parte introductoria de este trabajo, la indus--

tria nacional del aire acondicionado no tiene la integración técnica deseada en lo que se refiere a mecanismos de normalización, estandarización y -- control de calidad; no hay normas de calidad que definan como debe fabricar se una rejilla, un difusor ó algún otro accesorio de los que se utilizan en un sistema de aire acondicionado.

Para lograr esta integración deben seguirse dos acciones bien definidas:

- a) Establecer las normas de calidad específicas, esto es, debe indicar se el cómo fabricar cada dispositivo ó accesorio, y
- b) Crear laboratorios que prueben los diversos productos, esto es, desarrollar la infraestructura necesaria para determinar si estos productos tienen la calidad que se desea.

Indudablemente, los fabricantes de equipo de aire acondicionado tienen métodos de producción y de comprobación de la calidad de sus productos bien definidos, pero no tienen los mismos criterios para la elaboración de dichos productos, ni todos están sometidos a las mismas pruebas de control de calidad. Si todos los fabricantes estuvieran obligados a cumplir determinadas pruebas, se preocuparían por aumentar la calidad de sus productos y con esto se harían más competitivos.

En México existe el "Sistema Nacional de Acreditamiento de Laboratorios de Pruebas (SINALP)", que fue creado en 1980 con la participación de los sectores público y privado, y tiene como objetivo la implantación de -- criterios de operación que garanticen nacional e internacionalmente, la confiabilidad de los resultados de las pruebas efectuadas en los laboratorios-nacionales. A través de SINALP, un laboratorio como el que se propone en este trabajo, obtendría el reconocimiento y la aceptación de los resultados de las pruebas realizadas en él, garantizando con esto la validez y confiabilidad de estos resultados.

Por otra parte, la carencia de mecanismos de normalización, estandarización y control de calidad, no es, como se dijo al principio, privativa de

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

la industria del aire acondicionado; en otros sectores productivos se tiene el mismo problema. Para aliviar un poco este problema, es necesario desarrollar un conjunto de acciones tales como:

- Fortalecer los institutos de investigación, propiciar su vinculación con el sector productivo y desarrollar la capacidad de generación tecnológica en las empresas.
- Fomentar el establecimiento de centros de investigación y desarrollo tecnológico dentro de las industrias del país.
- Establecer dentro de las diferentes industrias, procesos de normalización técnica.
- Promover la capacitación en el área de normalización, desarrollando un sistema de información para cada área productiva.

Con estas acciones, podría resolverse en gran parte el problema que se ha planteado en este trabajo.

México D.F., a 6 de septiembre de 1985.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

REFERENCIAS

- 1.- R. Peraqallo T.; Elementos basicos de ar condicionado; Hemus-Livraria - Editora Ltda; Sao Paulo, 1978.
- 2.- Carrier International Limited; Manual de aire acondicionado; Marcombo - Boixareu Editores; Barcelona, 1978.
- 3.- Air Diffusion Council (ADC); Certification, rating and test manual 1062 -R4; ADC; Chicago, 1977.
- 4.- The American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers, Inc. (ASHRAE); Method of testing for rating the air flow performance of outlets and inlets 70-82; ASHRAE; New York, 1982.
- 5.- Equipos Electromecánicos S.A.; Boletín A-106E: Ventiladores centrifugos de álabes aerodinámicos ARMEE-Chicago; Equipos Electromecánicos S.A.; - México D.F., 1975.
- 6.- York Aire S.A.; Catálogo F150SA76-1: Enfriadores de líquido CAW (91-121 -181); York Aire S.A.; México D.F., 1983.
- 7.- York Recold; Technical manual 105.16-TM(A-101e): Swirlfin cooling coils chilled water- Direct expansion; York Recold; Chicago, 1982.
- 8.- Hidro Electra S.A.; Catálogo HESA Calorific 110-42; HESA; México D.F., - 1984.
- 9.- Aurora Pump; Aurora Pump Bulletin 320E: 320 Series Single stage end suction pumps; Aurora Pump; Chicago, 1981.
- 10.- Economy Gauge & Instrument Supply; Catalog N. 4C; Economy Gauge & Instrument Supply; Dallas, 1982.
- 11.- Brüel & Kjær; 1984 Short form catalog (English DK); Brüel & Kjær; Naerum, 1984.
- 12.- International Standards Organization (ISO); Acoustics. Determination of sound power levels of noise sources. Precision methods for broad-band - sources in reverberation rooms. ISO 3741; ISO; Switzerland, 1975.
- 13.- G. Forges; Applied acoustics; E. Arnold Publishers Ltd.; London, 1979.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

V O C A B U L A R I O

ALETA: Tira de lámina que se coloca en rejillas y/difusores para lograr una determinada distribución del aire.

AREA EFECTIVA: El área medida de un difusor ó rejilla, basada en un porcentaje de velocidad medido entre aletas. Véase Factor de Área.

AREA LIBRE: El área medida perpendicularmente entre las aletas del difusor ó la rejilla.

AREA LIBRE DE CORAZA: Es el área total plana de una rejilla ó difusor al -- que se le ha quitado el cuerpo de aletas. Se obtiene midiendo el área total libre que queda entre lados internos de la coraza.

BARRIDO: Es la amplitud máxima de un flujo de aire a su velocidad terminal.

CAIDA: Es la distancia vertical entre la base de la rejilla y el punto donde el aire decae.

CAIDA DE PRESION: Es el término usado para indicar que cantidad de la presión total del aire se requiere para hacer pasar el aire a través de la rejilla ó difusor.

COMPUERTA: Mecanismo que controla el volumen de aire que pasa a través de un ducto variando el área seccional.

DIAMETRO EQUIVALENTE: Es la correspondencia circular de un ducto de forma -- no circular: $D_e = \sqrt{4 A/\pi}$ donde A es área del ducto.

DIFUSOR: Una salida que da un patrón de distribución de aire determinado y -- que generalmente se coloca en el techo.

DISPOSITIVOS TERMINALES: Son dispositivos colocados en las paredes del re--

cinto acondicionado para asegurar un movimiento determinado del aire dentro del mismo (rejillas, difusores, etc.).

EFFECTO DE TECHO: La tendencia de un flujo de aire, cuando se mueve en contacto a una superficie, a quedarse en contacto con ella. Este efecto extiende de el tiro y reduce la caída del flujo de aire.

ENSAMBLE DE ALTA/BAJA VELOCIDAD PRESION: Son ensambles fabricados para propósitos de distribución del aire que, sin alterar la composición del aire - tratado del sistema, cumplen algunas de las siguientes funciones: a) Controlan la velocidad, la presión ó la temperatura del aire; b) Controlan el gasto de aire; c) Mezclan corrientes de aire de diferentes temperaturas ó humedades; d) Mezclan el aire a alta velocidad y/ó alta presión con aire del re cinto acondicionado.

Para asegurar las funciones mencionadas anteriormente, estos ensambles son fabricados seleccionando adecuadamente los siguientes componentes:

- Carcasa.- Generalmente hecha de metal con aislamiento térmico y acústico, y que cubre a los otros componentes.
- Sección de mezcla.- Una sección donde se mezclan las corrientes de aire - de diferentes temperaturas ó humedades. Esta sección puede formar parte - de la carcasa y estar provista de aislamiento acústico para atenuar el -- ruido.
- Compuerta manual.- Un dispositivo que se usa para ajustar manualmente el flujo de aire.
- Intercambiador de calor.- Un componente localizado en el lado de baja pre sión del ensamble para cambiar la temperatura del aire que pasa.
- Sección de inducción.- Parte del ensamble que contiene compuertas, boqui llas y/u orificios donde el aire proveniente del espacio tratado es intro ducido por la acción del aire alimentado a alta velocidad.
- Controlador de gasto.- Dispositivo montado dentro de la carcasa para mantener un gasto constante de aire cuando la presión diferencial, entre los lados de alta y baja presión, varía dentro de los límites para los cuales fue diseñado el equipo.

ENSAMBLE DIFUSOR: Ensamble terminal que consiste en un ducto, caja ó pleno con una salida integrada.

ENTRADA DE AIRE: Un dispositivo a través del cual se extrae el aire del recinto acondicionado.

FACTOR DE AREA: Factor empírico que multiplicado por un promedio de la velocidad de salida del aire determina el gasto de este.

INDICE DE DIFUSION DE AIRE: Es un factor que indica como se distribuye el aire dentro de la zona ocupada. Se obtiene dividiendo las velocidades del aire dentro de la zona ocupada (velocidades menores a 0.36 m/s y con factores de temperatura efectiva entre -3 y +2), entre el número total de puntos de medición.

LINEA DE PRODUCTOS: Un grupo de dispositivos que tienen una función común (entradas de aire, salidas de aire ó unidades de alta presión).

PLENO: Sistema de ventilación forzada cuyo punto de entrada es una cámara presurizada a baja presión.

PRESION POR VELOCIDAD: Es la presión resultante por el avance del aire en un ducto.

PRESION TOTAL: Es la suma de las presiones por velocidad y estática del aire en los ductos.

RANURA: Es una salida alargada con aletas, localizada generalmente en las partes altas de las paredes ó en el techo y diseñada para distribuir el aire en varias direcciones y planos. Puede decirse que es una rejilla alargada de razón dimensional, generalmente, mayor que 10:1.

RAZON DIMENSIONAL (L/A): Es la razón de la longitud a la anchura de una salida ó entrada de aire rectangular.

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

REGISTRO: Es una rejilla provista de una compuerta.

REJILLA: Es una salida ó entrada de aire con aletas.

SALIDA DE AIRE: Un dispositivo a través del cual se alimenta el aire al recinto acondicionado.

SERIE DE PRODUCTOS: Un grupo de dispositivos dentro de una línea de productos normalmente identificados por detalles comunes de construcción ó instalación y que tienen tipos y tamaños determinados (difusores cuadrados, difusores redondos, etc.).

TIRO: Es la distancia que un flujo de aire alcanza hasta su decaimiento ó velocidad terminal.

UNIDAD REDUCTORA DE PRESION: Un ensamble que contiene un dispositivo para controlar manual ó automáticamente el volumen de aire.

VELOCIDAD DE SALIDA (O DE DESCARGA): Es la velocidad de salida del aire en una rejilla ó difusor, medida en el plano de dicha rejilla ó difusor.

VELOCIDAD EN EL RECINTO: Es la velocidad del aire en la zona ocupada del recinto.

VELOCIDAD TERMINAL: Es el punto en el cual una descarga de aire a través de un difusor ó rejilla decae hasta una velocidad dada, normalmente 15.2 m/min.

ZONA OCUPADA: La zona del recinto en que se considera que se encuentran las personas. Normalmente se utiliza una altura de 1.8 m para la zona ocupada.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN