



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO

FACULTAD DE QUIMICA

« ESTUDIO PARA LA ELABORACION DE UNA
CARTA DE CONFORT PARA EL
DISTRITO FEDERAL »

TESIS PROFESIONAL

PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO QUIMICO
P R E S E N T A :
BENJAMIN ALBERTO GIRON RUIZ

MEXICO, D. F.

1977



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.

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MEXICO

M.C. 178



FACULTAD DE QUIMICA

ESTUDIO PARA LA ELABORACION DE UNA
CARTA DE CONFORTE PARA EL

Tesis

1977

M.C. 178

GLA
ADC
FEC
PRO



QUIMICA

TESIS PROFESIONAL

PARA OBTENER EL GRADO DE

INGENIERO QUIMICO

A

BENJAMIN ALBERTO GIRON RUIZ

1977

MEXICO D.F.

JURADO ASIGNADO

PRESIDENTE	ING. JOSE E. GALINDO FUENTES
VOCAL	ING. RUDI P. STIVALET CORRAL
SECRETARIO	ING. JULIO GARCIA STAHL
1er SUPLENTE	ING. GUILLERMO ALCAYDE LACARTE
2do SUPLENTE	ING. ALEJANDRO CARPY GUILLEN

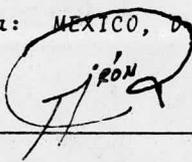
Sitio donde se desarrolló el tema: MEXICO, D.F.

Sustentante:

B. ALBERTO GIRON RUIZ

Asesor del tema:

RUDI P. STIVALET CORRAL



A handwritten signature in black ink, appearing to read 'GIRON', is written over a horizontal line. The signature is enclosed in a hand-drawn oval shape.

" . . . A MIS PADRES
quienes con su apoyo y
esfuerzo me han ayudado
a conseguir mis metas . "

" ESTUDIO PARA LA ELABORACION DE UNA CARTA DE
CONFORT PARA EL DISTRITO FEDERAL ".

	INDICE		PAGINA
Capítulo	1	INTRODUCCION	1
Capítulo	2	PRINCIPIOS TERMOFISIOLOGICOS E HIGIENICOS	
	I	Bienestar Térmico	5
	II	Regulación física de la temperatura	6
	III	Cesión de calor por el cuerpo humano	
		A. Sistemas de transmisión de calor	9
		B. Cantidad de calor disipado	12
		C. El calor húmedo cedido	16
Capítulo	3	CARTAS DE CONFORT	
	I	El clima del local como magnitud compleja y su acción sobre las personas	19
		A. Componentes físicos del clima del local	
		1.- Temperatura del aire	20
		2.- Temperatura y posición geométrica de las superficies del local	21
		3.- Magnitudes derivadas de las temperaturas del aire t_L y de las superficies del local t_u	
		a) Temperatura resultante	29
		b) Influencia t_L/t_u en el equilibrio térmico ...	34
		c) El campo de bienestar según GHAI.....	35
		d) La uniformidad en el tiempo de t_L y t_u	37
		4.- Magnitud compleja de t_L y humedad relativa	38
		5.- Magnitud compleja de t_L , y velocidad del aire w	42
		6.- Magnitud compleja de t_L y w	42

	B. Acción conjunta e interferencia de los factores físicos del clima del local	48
II	Impurezas del aire del local y medidas contra las mismas	52
	A. Impurezas pulverulentas	53
	B. Impurezas gaseosas	
	1.- Malos olores	54
	2.- Anhídrido carbónico	57
	3.- Gases y vapores industriales	59
	C. Agentes patógenos	61
Capítulo 4	ORGANIZACION DE LA ENCUESTA	66
Capítulo 5	RESULTADOS	72
	A. Análisis de resultados	83
Capítulo 6	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	84
	BIBLIOGRAFIA	87

C A P I T U L O I

I N T R O D U C C I O N

El crecimiento constante de nuestras ciudades ha hecho posible que se operen continuos cambios, en todo sentido ya sea en el aspecto económico, en el político, en lo social, en lo cultural o en las artes. En estas últimas en el plano arquitectónico se han dado pasos agigantados, buscando siempre el detalle estético que demuestre el buen gusto y el ingenio del arquitecto que diseña tal o cual edificio, cine, restaurant, banco o centro nocturno. Procurando que a la vista del usuario siempre se sienta a gusto de lo que está viendo. Que se esté confortable con respecto al mobiliario, a la decoración, a los espacios bien aprovechados, a la atinada localización etc.

Pero desafortunadamente no se ha fijado en un aspecto IMPORTANTISIMO que es el de sentirse a gusto con el sistema de aire acondicionado que se coloca en los nuevos edificios. Se diseña un complejo sistema o se utilizan sencillos aparatos de clima artificial. En los primeros simplemente se basan en datos tomados de otros países " ACOMODANDOLOLOS " a las condiciones de la capital y en los segundos como son diseñados en otros países se toman las normas del lugar donde provienen. A fin de cuentas no se tiene unas normas apropiadas para el lugar en que se van a usar.

Se sufre al pensar el momento en que se llegue la época calurosa porque lejos de sentirse cómodo en el local con clima artificial donde se trabaja, estudia o se realiza cualquier actividad, se encuentra en una verdadera " hielera " que a la postre da resultados no sólo de incomodidad sino que produce graves trastornos

a las vías respiratorias y a la salud en general.

La aversión del capitalino a estos sistemas de clima artificial se debe al hecho de sentir frío en los locales en los que se usan.

El autor tratará de mostrar en el curso de esta tesis que los sistemas de aire acondicionado que se utilizan en la capital están basados en datos tomados para condiciones de clima y para personas muy específicas de otros países que no tienen el mismo " MODUS VIVENDI " de los capitalinos de la clase media para arriba, debido a que no se ha hecho un estudio de estos datos que vienen conjuntados en una carta de confort y no se ha modificado los parámetros ajustándolos a las condiciones del Distrito Federal.

C A P I T U L O I I

PRINCIPIOS TERMOFISIOLÓGICOS E
HIGIENICOS

I BIENESTAR TERMICO

El procedimiento térmico de la ventilación tiende a crear un " CLIMA " en el interior de los locales de habitación y trabajo para las personas que en ellos buscan protección frente a la acción de las circunstancias climáticas exteriores, clima adecuado a las necesidades térmicas del cuerpo humano sano, condicionados fisiológicamente.

El BIENESTAR TERMICO tiene que estar garantizado como una de las condiciones más importantes para la comodidad y la plena capacidad de trabajo. Además el aire ambiente debe estar desprovisto de toda clase de impurezas, teniendo en cuenta que una parte del mismo pasa a los pulmones al través de las vías respiratorias.

En el interior de un local, el cuerpo humano cede calor por radiación a todos los parámetros cuya temperatura es inferior a la suya o a la de sus vestidos - por ejemplo, ventanas, pared exterior -, recibiendo calor, por el contrario, de todas las superficies más calientes (superficies de calefacción). Ahora las superficies de calefacción transmiten calor por CONVECCION, por calentamiento y movimiento de la masa de aire, a todas las zonas de la sala alcanzadas por la corriente de aire, por su parte los ocupantes actúan como CONVECTORES, cediendo calor al ambiente. Por el suelo debe de perderse una cantidad apreciable de calor, debido al contacto directo de los pies. En los locales ventilados, los ocupantes están expuestos a un enfriamiento

por convección más o menos grande, según las temperaturas y velocidad del aire del local.

Para considerar Termofisiológicamente la relación de intercambio de calor CUERPO HUMANO \longleftrightarrow LOCAL, se tomará el primero como base de referencia.

Para resolver el problema de la ventilación y acondicionamiento no basta con fijar unas cantidades de aire o frecuencias de renovación, y efectuar el cálculo del balance de pérdidas de calor para la refrigeración. El proyecto y la realización cuidadosas de la distribución del aire en la zona de permanencia de los ocupantes son decisivos para el BIENESTAR TERMICO, ya que el aire en movimiento influye sensiblemente en el equilibrio térmico del cuerpo.

Por ello, el ingeniero en acondicionamiento de aire podrá sacar tanto mayor provecho de sus conocimientos térmicos si, además de los conceptos físico-matemáticos puede aportar también la comprensión de los principios termofisiológicos, que toman al hombre como punto de partida.

II REGULACION DE LA TEMPERATURA DEL CUERPO HUMANO.

Todas las reacciones del cuerpo dependen de la temperatura. Los fermentos celulares que actúan como catalizadores tienen como TEMPERATURA NORMAL la de 37°C con una tolerancia de $\pm 1/2$ °C. Como esta temperatura, de 37°C suele ser superior a la temperatura

del aire ambiente y de los parámetros del local, se produce -- una partida de calor constante. Se consigue contrarrestar ésta, mediante una activa producción de calor por oxidaciones, con lo cual se establece un equilibrio perfecto.

Esta producción regulada de CALOR corporal se llama REGULACION QUIMICA DE LA TEMPERATURA, que sigue los procesos íntimos de - combustión y puede modificarse algo con un vestuario y una -- vivienda adecuada.

En relación con ella se haya la REGULACION FISICA DE LA TEMPERATURA que aumenta o disminuye el calor cedido por el cuerpo - al ambiente, de modo que el organismo, en cuanto al cambio -- total de energía, no depende en modo alguno de la temperatura ambiente. El cuerpo no reacciona sencillamente en el sentido de la transmisión física del calor, sino que regula su equilibrio térmico de manera que el organismo pueda actuar con el -- mínimo gasto de energía posible.

El fundamento de LA REGULACION FISICA DE LA TEMPERATURA en la CIRCULACION SANGUINEA POR LA PIEL, que pone de manifiesto la - diferencia y superioridad de una transmisión de calor regulada fisiológicamente sobre una regulación puramente física. Junto con sus restantes funciones, la sangre asume también la del -- transporte convectivo del calor entre el centro y la periferia del cuerpo. La cantidad de calor que pasa del torrente sanguíneo a las paredes de los vasos sanguíneos, puede representarse por - la ecuación:

$$Q = \alpha (t_w - t_b) F$$

α : Coeficiente de paso de calor $\alpha = f$ (velocidad de --
circulación w , del calor específico c , de la conductividad
 λ y de la viscosidad ν de la sangre).

T_w : Temperatura de la pared de los vasos sanguíneos.

T_b : Temperatura constante de la sangre.

F : Superficie de contacto.

La regulación del transporte de calor puede hacerse por variación de α ó de F ya que T_b es constante, y T_w debe tener valor lo más bajo posible; como los valores de la sangre que determinan - - -
 α (c , λ y ν) son constantes en un organismo sano, hay que-
considerar, en primer lugar, una variación de la velocidad de ---
circulación w . Para una persona sana, con buena capacidad de --
adaptación, w tiene siempre un valor óptimo tal, que para valores
de F y de $(T_w - T_b)$ dados no se retenga por rebasar la capacidad
de la sangre que fluye demasiado lentamente, ni, al circular dema-
siado rápido evacue todo el calor, pero cargando innecesariamente
la circulación. La segunda posibilidad todavía más eficaz, de -
aumentar el transporte de calor, consiste en hacer mayor la super-
ficie de contacto entre la sangre y los tejidos. Esta condición
física se consigue por la dilatación de los vasos y, ante todo, -
incluyendo vasos nuevos, por CAPILARIZACION. La superficie total
disponible de capilares en el tejido muscular equivale a unos --
6300 m². Sirve, ante todo, para el intercambio de substancias -
entre la sangre y los tejidos, aunque puede utilizarse en cualquier
momento para la transmisión de calor. Pese atodo esta - - - -

regulación del calor es limitada ya que cuando el calor es -
excesivo se dilatan tanto los capilares, que los órganos que
almacenan la sangre (hígado, músculos) se agotan y baja la -
presión de la sangre, pudiéndose llegar, al colapso (conges
tión por calor).

El bienestar térmico de los ocupantes de un local presupone -
que la regulación de la temperatura del cuerpo, no debe llevar
se al exceso, de modo que el calor cedido al local se mantenga
a un nivel adecuado desde el punto de vista fisiológico, mediante
una calefacción y ventilación bien determinadas en el espacio
y en el tiempo.

III CESION DE CALOR POR EL CUERPO HUMANO

A SISTEMAS DE TRANSMISION DE CALOR

La cesión de calor, necesaria biológicamente, del cuerpo al --
ambiente se efectua por:

- a) Radiación de la superficie de la piel y los vestidos a -
las paredes y muebles más fríos.
- b) Conducción y convección de la superficie de la piel y los
vestidos al aire del local.
- c) Emisión, perceptible o imperceptible, de vapor de agua de
la piel y los vestidos (evaporación).
- d) El aire de respiración, caliente y prácticamente saturado
de humedad.

La suma de las partes transmitidas por radiación conducción y -

convección, se denomina CALOR SENSIBLE ó SECO Q_{tr} ; y la suma de las diferentes cantidades transmitidas por evaporación y -- respiración, CALOR HUMEDO ó LATENTE Q_f . Para las personas en reposo corporal y mental y en ayunas, con una temperatura del local de 20°C se obtiene el reparto del calor transmitido por diferentes sistemas representado en la figura 1.

Los sumandos constituyentes de la " pérdida de calor del cuerpo " enumerados de a-d, se hayan equilibrados de tal manera por la regulación física de la temperatura, que su suma permanece -- sensiblemente constante dentro de un campo de variación bastante amplia de los factores de ambiente. Por ejemplo, si la temperatura ambiente baja, el calor cedido por radiación, conducción y convección aumenta, disminuyendo, por el contrario el calor -- cedido por evaporación del agua. El fenómeno opuesto se produce al subir la temperatura del aire.

El órgano de esta regulación de temperatura es la PIEL. El -- calor que transmite al aire depende de la temperatura y velocidad de éste.

Toda variación de estos factores recibe, como respuesta de los nervios de la piel, la extensión o contracción de las fibras -- musculares que rodean los capilares. De esta manera aumenta -- o disminuye la circulación por la piel, y con ello la temperatura de la misma.

Esta regulación de la temperatura de la piel se realiza siempre en el sentido de contrarrestar toda variación del calor cedido-

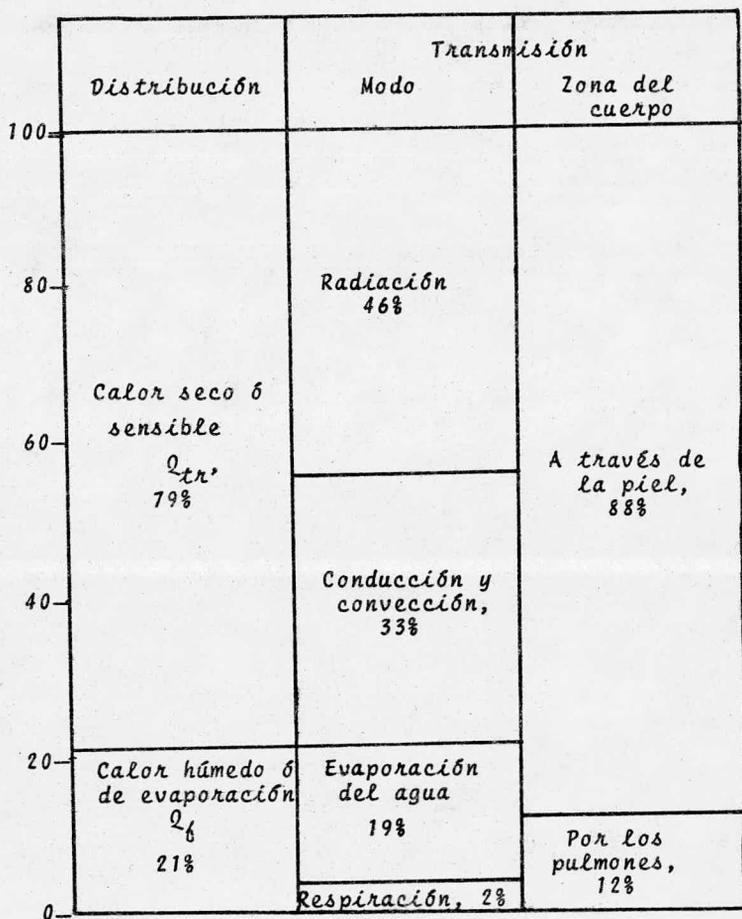


Fig. 3.1 Reparto del calor desprendido por las personas en reposo, a 20°C de temperatura del aire.

causada por el cambio de las condiciones ambientales.

Cuando las temperaturas son altas, este medio ya no basta para conseguir el enfriamiento necesario biológicamente, en este momento entran en acción las glándulas sudoríparas de la piel en número aproximado de 2'500,000.00 -, segregando la humedad necesaria para que su calor de evaporación, tomado de la piel, basta para mantener constante el total de calor que se ha de disipar. Los vasos capilares de la piel y las glándulas sudoríparas son tan eficaces para la regulación física de la temperatura, que la capacidad de transmisión de calor de la epidermis seca aumenta varias veces al humedecerse.

B CANTIDAD DE CALOR DISIPADO

La magnitud de la cesión de calor necesaria biológicamente --- Q_{ges} , y sus dos partes constituyentes Q_{tr} y Q_t depende del:

- Tipo de la ocupación o dureza del trabajo.
- Valor de la temperatura efectiva.
- Velocidad del aire.
- Edad y sexo.

El calor cedido aumenta con la potencia muscular desarrollada.

HOUGHTEN (1) ha desarrollado los datos que se presentan en la figura 2 donde se muestra que el trabajador que realiza tareas pesadas cede al ambiente varias veces más calor que una persona en reposo. Cuanto mayor es la temperatura del aire del local -

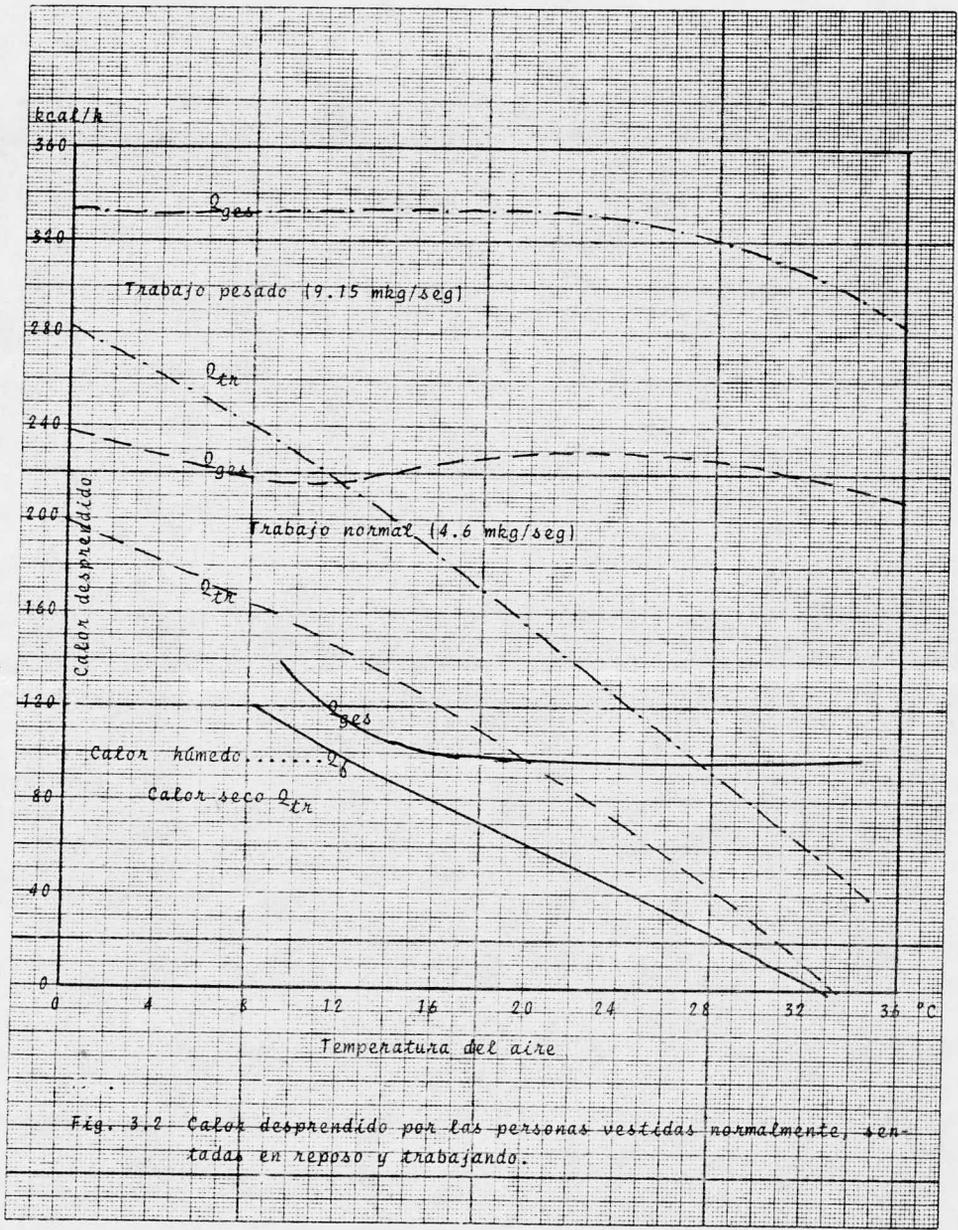


Fig. 3.2 Calor desprendido por las personas vestidas normalmente sentadas en reposo y trabajando.

mayor es la porción de calor humano y, por tanto menor la de -- calor seco, con lo que la evaporación del agua al través de la piel se ve dificultada con la humedad relativa alta. Con estas condiciones hay una importante merma en el bienestar. Se observa en la figura 2 que para las personas en reposo por debajo de una temperatura del aire de 16°C, la cesión de calor húmedo ya no disminuye; sin embargo, el calor total cedido sigue aumentando debido al aumento del calor seco.

En el cálculo de la carga de refrigeración de locales suelen utilizarse los valores correspondientes al estado de reposo de los ocupantes, lo cual es cierto, por ejemplo, en oficinas, -- salas de conferencia, restaurantes, teatros etc. BERESTNEFF (2) obtuvo la tabla 1.

TABLA 1

Movimiento del aire	Calor cedido kcal/h	Temperatura del aire (°C)										
		10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30
Aire en reposo	Q_{tr}	117	108	99	91	81	79	73	66	59	50	40
	Q_f	18	18	18	18	20	23	28	35	42	51	59
	$Q_{ges} = Q_{tr} + Q_f$	135	126	117	109	101	102	101	101	101	101	99
$w = 1,0$ m/seg	Q_{tr}	130	121	112	101	96	89	83	75	69	59	17
	Q_f	16	16	16	16	16	17	21	27	33	12	52
	$Q_{ges} = Q_{tr} + Q_f$	116	137	128	120	112	106	104	102	102	101	99

El aumento del calor seco y del calor total cedido, a bajas temperaturas del aire, puede advertirse en las tres últimas líneas de la tabla que corresponden a una velocidad del aire de 1^m /seg que ya suele ser excesivamente alta para la zona de permanencia. Si no se puede evitar, por motivos técnicos, que la velocidad del aire sea cercana a la unidad y, no obstante, quiere evitarse una carga superior al valor normal de unas 100 kcal/h, se necesita una elevación en varios grados de la temperatura del local .

En la práctica la variación de la carga durante un tiempo relativamente corto, es más importante que la determinación exacta del calor cedido por una persona. También se ha de tener en cuenta que en una sala completamente llena, con hileras estrechas de butacas, el enfriamiento disminuye, al ser muy pequeña la radiación lateral. En estas condiciones ambientales desfavorables, la regulación física de la temperatura tal vez no basta para disipar todo el calor interno producido. En tal caso sobreviene el ACALORAMIENTO que, según la sensibilidad y constitución de cada individuo puede provocar trastornos y disminuir la capacidad de trabajo. Puede citarse como ejemplo un auditorio abarrotado e insuficientemente ventilado en el que la incomodidad física altera las facultades intelectuales. Para corregir este inconveniente, tiene una importancia decisiva la evacuación del calor por convección, con ayuda de una buena conducción y atemperamiento del aire en la zona de permanencia. Finalmente se compara en la tabla 2, el calor cedido por las personas con relación al transmitido por superficies de calefacción, partiendo del calor seco cedido por una persona vestida, sin actividad corporal, -

a 20°C de temperatura del aire, $Q_{tr} = 79$ kilocalorias por hora.

TABLA 2

	kcal	
	Calor desprendido $m^2 h$	
	Total	Por radiación
Persona (Q_{tr})	50	23
Radiador de gas	60 000-90 000	55 000-85 000
Estufa de combustión superior ...	4000	3000
Estufa de azulejos	600-800	120-250
Radiadores	400-600	60-120
Calefacción por el techo (25°45°C)	35-150	30-130

C EL CALOR HUMEDO CEDIDO, EXPRESADO EN PESO DE VAPOR DE AGUA.

Resulta más práctico, trabajar directamente con el peso de vapor de agua G en g/h, que con el calor Q_f en kcal/h. Para ésto se utiliza la fórmula:

$$G = \frac{Q_f}{r} \cdot 1000 \text{ (g/h)}$$

Siendo r el calor de vaporización, en kilocalorias por kilogramo -

deducido de la ecuación.

$$r = 595 - 0.54 t$$

Donde t : Temperatura en °C.

Para una temperatura superficial media de las partes del cuerpo vestidas y descubiertas que vale entre 25° y 33°C, $r = 580$ kcal/kg de donde:

$$G = Q_f \cdot \frac{1000}{580} \quad (\text{g/h})$$

Con ello, para una persona que no efectúa trabajo corporal, con el aire en reposo y una humedad relativa entre 30 y 70 % se obtienen los siguientes valores, mostrados en la tabla 3, en función de la temperatura del aire.

TABLA 3

Temperatura del aire t_L °C	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30
Vapor de agua emitido G g/h	31	31	31	31	31	40	48	60	73	88	102

Cuando la humedad relativa es superior al 70 % y la temperatura del aire es alta, el vapor de agua que se emite es muy poco; cuando aquella es menor del 30 % y la temperatura del aire es baja, la eliminación del vapor de agua aumenta extraordinariamente.

C A P I T U L O I I I

CARTAS DE CONFORT

I EL CLIMA DEL LOCAL COMO MAGNITUD COMPLEJA Y SU ACCION SOBRE LAS PERSONAS.

Los factores determinantes de la sensación de calor y frío en el interior de los locales, son, esencialmente, los siguientes:

- a) La temperatura del aire t_L y su uniformidad en el tiempo - y el espacio en la zona de permanencia.
- b) La temperatura media de las superficies que encierran el local t_u y la relación angular de radiación, bajo la cual está la persona, respecto a cada una de las superficies a diferentes temperaturas.
- c) La humedad relativa del aire del local.
- d) La velocidad del aire w en la zona de permanencia.
- e) La dirección de la corriente del aire o la parte del cuerpo alcanzada.
- f) El tipo de trabajo que se realiza en el local.
- g) El vestuario.

Estos factores influyen en el BIENESTAR TERMICO, y pueden denominarse COMPONENTES DEL CLIMA en el sentido estricto de la palabra. Según la definición de A.v. HUMBOLDT, se entiende por clima " las variaciones de las circunstancias atmosféricas que afectan en forma apreciable nuestros sentidos ". En esta definición entran:

- h) Impurezas del aire a causa del polvo, gases y vapores .
- i) Perturbaciones acústicas, siempre que estén directamente -- relacionadas con el funcionamiento de ventilación.

Los ingenieros en acondicionamiento de aire suelen esperar del higienista valores bien definidos del clima óptimo, a ser posible en forma de un esquema único. Es difícil dar este tipo de datos - no sólo en atención al gran número de factores, sino también por la

influencia mutua, complicada y no del todo conocida. En primer lugar, se tiene que ver que en el BIENESTAR TERMICO NO HAY VALORES MEDIOS O NORMALES, COMO OCURRE EN LAS PROPIEDADES FISICAS DE LAS SUBSTANCIAS, ya que, a pesar de que los factores del clima del local son los mismos, varían la necesidad de disipar calor y la sensación de bienestar para cada individuo, y principalmente entre países distintos. Como causa de ello se tiene el tipo y duración de la ocupación, ritmo de trabajo, grado de fatiga, edad sexo, clima exterior, vestuario, etc. Hay que añadir a éstas las diferentes costumbres y modos de vivir en los distintos países y continentes. Por ello, las estadísticas y resultados experimentales recogidos en Estados Unidos sobre las magnitudes óptimas del estado del aire en los locales acondicionados, no se pueden adaptar al clima y " modus vivendi " de los demás países sin un estudio cuidadoso.

A COMPONENTES FISICOS DEL CLIMA DEL LOCAL.

1. TEMPERATURA DEL AIRE

A la pregunta de cuál es la temperatura interior " correcta " desde el punto de vista termofisiológico, por muchos motivos no puede contestarse citando unas magnitudes normales comprendidas dentro de unos límites relativamente estrechos. Partiendo de -- juicios SUBJETIVOS, por ejemplo, mediante una encuesta la respuesta varía, de uno a otro individuo e incluso para una misma persona, según las circunstancias.

En la figura 3 se da el resultado de una encuesta realizada en 5400 mujeres y 5200 hombres en dos edificios de oficinas en Londres (3). Incluso para una temperatura que se considera generalmente normal para el aire en reposo, de unos 20°C, sólo aproximadamente el 45 % de los hombres y el 40 % de las mujeres lo consideran "agradable" en el sentido del bienestar térmico.

En otros países la DISPERSION de las cinco zonas de sensación sería parecida, aunque la posición de estas zonas sería quizá distinta debido a la diferencia del vestuario.

Hay que aclarar, en relación con estos juicios subjetivos, que una temperatura "agradable" no siempre es idéntica a la OPTIMA TERMOFISIOLOGICAMENTE o al valor más ventajoso para el estado general de la salud. Sin embargo, se debe insistir en que los factores climáticos del local, TEMPERATURA DEL AIRE, TEMPERATURA DE LAS SUPERFICIES QUE LIMITAN EL LOCAL Y VELOCIDAD DEL AIRE, no deben valorarse en sí mismos, sino como magnitudes complejas. Así la cifra de 20°C sólo rige cuando la temperatura media de los parámetros del local es del mismo orden y no existe un movimiento apreciable del aire.

2. TEMPERATURA Y POSICION GEOMETRICA DE LAS SUPERFICIES DEL LOCAL.

Se entenderá por "superficie de cierre del local" aquellas que por radiación, ceden calor a los ocupantes o lo reciben de los mismos. Además de las paredes, puertas, ventanas, suelo y techo

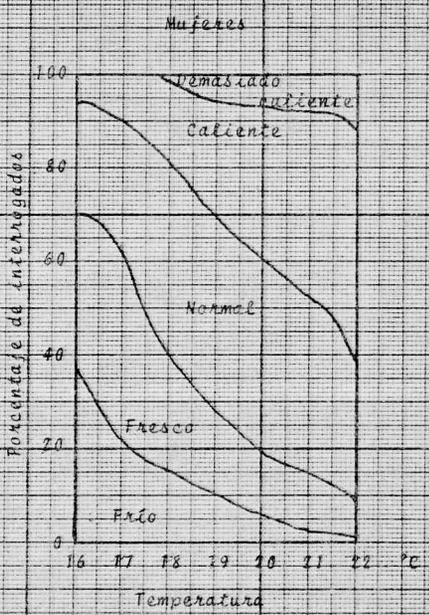
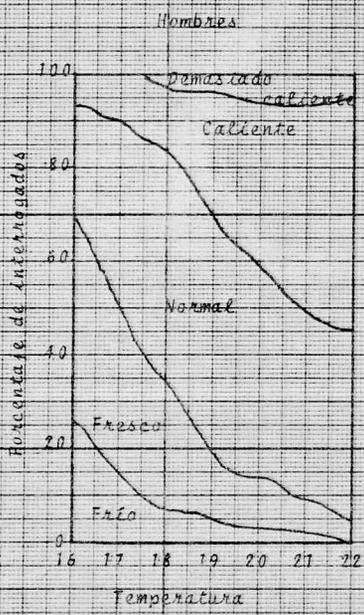


Fig. 3.3 Resultado de una encuesta sobre la sensación de temperatura.

hay que incluir también las superficies de calefacción y los muebles.

Para una temperatura del aire del local de 20°C , el promedio de temperaturas de las superficies vestidas y, en pequeña parte, - descubiertas del cuerpo de los ocupantes es de 25°C o 27°C . La temperatura de la parte interior de las paredes exteriores no - sujeta directamente a la radiación de las superficies de calefacción, es del orden de 10 a 15°C , según la temperatura del aire - exterior en invierno y el coeficiente de transmisión del calor - (fig. 4); la de las ventanas, de 0 a 15°C ; de acuerdo con esto el ocupante del local "Cede Calor" por radiación, según la - ley de STEFAN-BOLTZMANN a las superficies más frías que las de su cuerpo, mientras que, a la vez recibe calor de las más calientes. No obstante el calor que cede por radiación tiene que mantenerse para asegurar el bienestar (fig. 2 y tabla 1).

Es decir, que hay que fijar la temperatura de las superficies -- del local de manera que no impida la eliminación de calor necesaria biológicamente, (acaloramiento) ni la acelere (enfriamiento).

Cuando el aire está en reposo, el bienestar térmico suele ser -- óptimo, cuando todas las superficies y el aire del local están -- a una temperatura de 20°C . Ahora, puesto que, el cuerpo humano - se encuentra en intercambio constante de calor con las superficies del local que tienen diferentes temperaturas, se tendrá que determinar una media de éstas; para conseguirlo se hará uso de la siguiente ecuación, siempre que las diferencias de temperatura entre las superficies no sean excesivas:

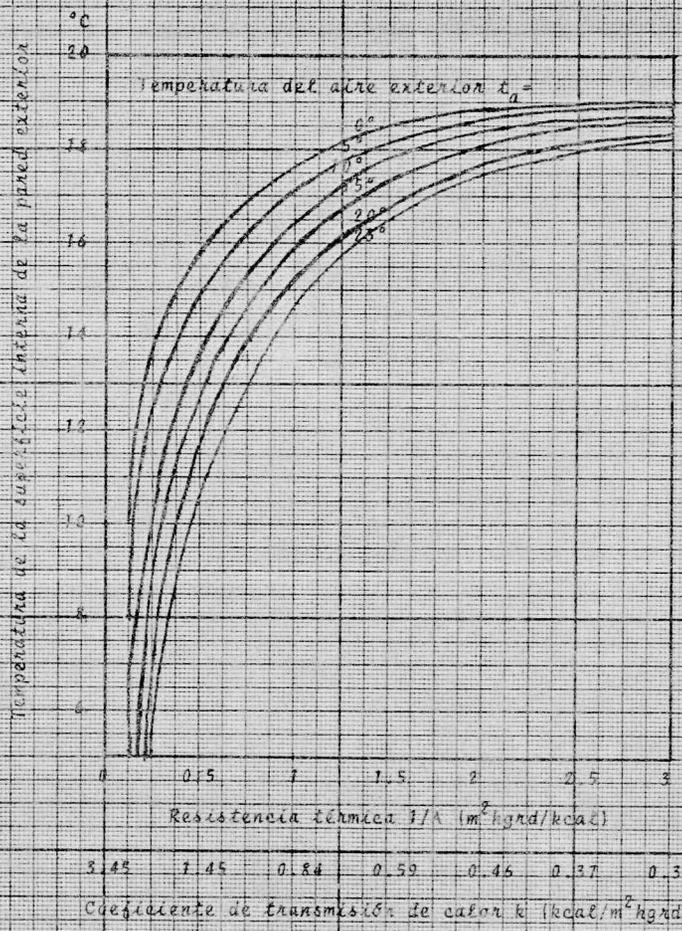


Fig. 3.4 Temperatura de la superficie interior de paredes exteriores.

$$t_u = \frac{\delta_1 \cdot t_1 + \delta_2 + \dots + \delta_n \cdot t_n}{\delta_1 + \delta_2 + \dots + \delta_n}$$

$\delta_1, \delta_2, \dots, \delta_n$: SUPERFICIES DEL LOCAL INCLUYENDO LAS DE CALEFACCION.

t_1, t_2, \dots, t_n : TEMPERATURAS DE LAS SUPERFICIES.

Durante el verano, la temperatura media de las superficies del local, t_u , es aproximadamente igual a la temperatura del aire-
 t_L .

Además de la temperatura de cada una de las superficies del local tiene una gran importancia termofisiológica, la POSICION GEOMETRICA A LA RADIACION, la figura 5 representa la disposición en el -- espacio de una superficie de calefacción en el techo, irradiando hacia la cabeza del ocupante del local, una superficie fría de -- ventana, una superficie de calefacción irradiando hacia la parte delantera del cuerpo y un radiador dirigido hacia el costado derecho según la posición de la persona y su actividad, varía el --- equilibrio térmico en sus distintos, componentes, radiando el -- cuerpo hacia algunas superficies y recibiendo calor de ellas (4).

Con ello varía la sensación de bienestar.

Para caracterizar la disposición en el espacio de superficies -- radiadas y radiantes, se utiliza el " factor de ángulo o relación angular de la radiación γ ". Para el caso de transmisión de -- calor entre una superficie plana (techo) y una esfera relativa-- mente pequeña (cabeza) la " relación angular " es igual al ángulo sólido " ω " bajo el cual se ve esta superficie de la esfera, -- dividido por 4π , o sea:

$$\gamma = \frac{\omega}{4\pi}$$

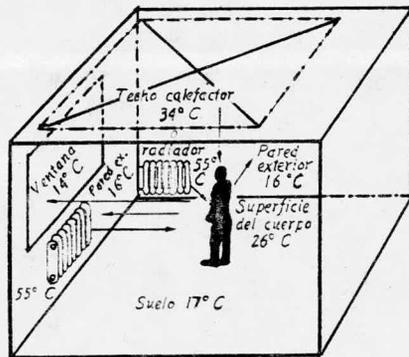


Fig. 3.5 Ejemplo de disposición en el espacio de superficies del local y del cuerpo humano, expuestos a radiación mutua.

Dentro del estudio de la temperatura de las superficies del -- loca-, hay que considerar también la importancia termofisiológica del suelo o de su recubrimiento. Al andar y especialmente al estar quieto sobre el suelo, pasa calor por contacto directo, de la planta del pie, al través de la suela, al suelo que normalmente esta más frío. Las sensaciones de frío o de calor en los pies, son muy significativas y constituyen el resultado del calor perdido ó absorbido por las extremidades inferiores.

La pérdida de calor de las piernas depende, del tipo y tamaño de los vestidos, así como de la temperatura y movimiento del aire en zona cercana al suelo. Los factores citados en último lugar pueden causar frío en las piernas por corriente de aire. El paso del calor de los pies al suelo depende de la resistencia que ofrecen los calcetines o medias y la suela del zapato, así como la temperatura superficial del suelo. Por numerosas experiencias se sabe - que para un contacto constante y pies calzados, las temperaturas - del suelo inferiores a 16°C dan la sensación de frías; de 17 a 18°C de templadas, y por encima de 25°C , de desagradablemente calientes. En suelos en que se deba permanecer poco rato, como en vestíbulos, pueden admitirse temperaturas de 28 a 29°C .

CAMMERER y SEHULE han investigado la disminución de temperatura -- de la planta del pie al permanecer sobre suelos de diferentes materias (5). La figura 6.a da las temperaturas superficiales en el punto de apoyo de la planta del pie para distintas personas, después de mantener el pie descalzo sobre varios tipos de suelos con una temperatura ambiente de 20°C y de 17°C en la superficie del suelo. Se --

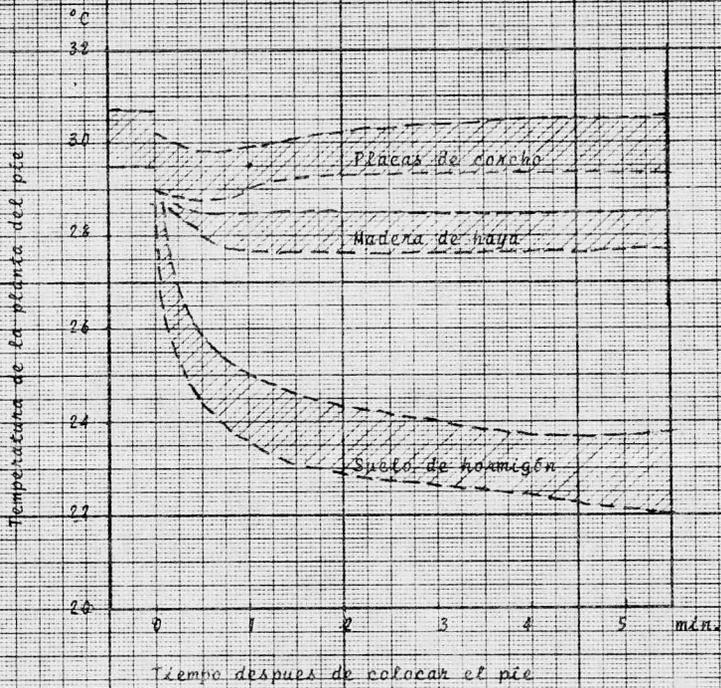


Fig. 3.6a Disminución de temperatura de la planta del pie descalzo.

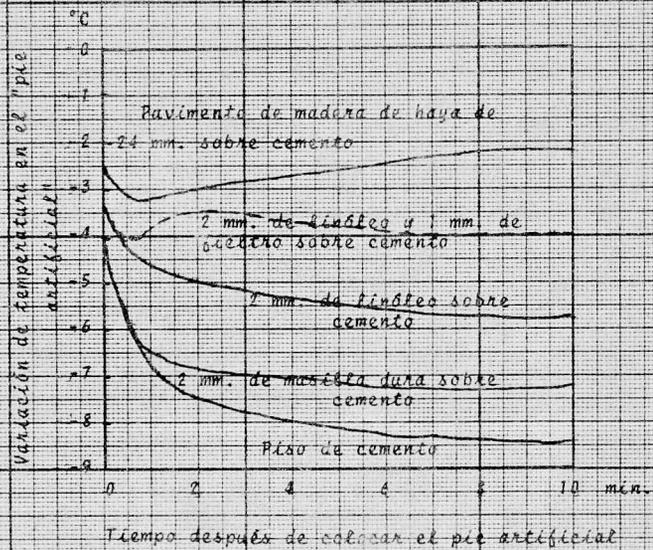


Fig. 3.66 Disminución de la temperatura del "pie artificial" para diferentes tipos de suelo.

sabe por experiencia que una disminución de 4 a 5°C causa siempre sensación de frío debido a la gran cantidad de calor perdido. Con ayuda de un " pie artificial " que mide por procedimientos físicos el calor transmitido al suelo, puede reproducirse con suficiente - aproximación el comportamiento térmico del pie humano. La figura 6.6 facilita el resultado de estas mediciones. Cuando el suelo - es de madera, la disminución de temperatura es nula o sólo temporal, mientras que el pavimento de cemento aunque tenga un recubrimiento de plástico, resulta frío para los pies.

La sensación térmica de bienestar del pie descalzo (cuarto de baño, dormitorio) está determinado principalmente por la acertada elección de material del suelo. No se puede esperar que los errores de este tipo se pueden compensar mediante calefacción excepto de la calefacción por el suelo.

3 MAGNITUDES DERIVADAS DE LAS TEMPERATURAS DEL AIRE

t_L Y DE LAS SUPERFICIES DEL LOCAL t_u .

- a) TEMPERATURA RESULTANTE O SENSIBLE t_e (ó t_{res}). Designando por α_k y α_s los coeficientes de paso del calor por convección y radiación " una magnitud deducida de t_L y t_u , que vale:

$$t_e = \frac{\alpha_k \cdot t_L + \alpha_s \cdot t_u}{\alpha_k + \alpha_s}$$

DONDE t_L : TEMPERATURA DEL AIRE
 t_u : TEMPERATURA MEDIA DE LAS SUPERFICIES DEL LOCAL

Esta magnitud se conoce:

En Francia y en Suiza como temperatura resultante (MISSENARD, A., " THEORIC DES RESULTIERENDEN THERMOMETERS UND THERMOSTANTEN " --- GESUND.- ING., VOL. 56 (1935), pags. 596-599).

En Italia, como temperatura efectiva (GINI, A., " DIE PHYSIKALISCHE BEDEUTUNG DER EFFEKTIVEN TEMPERATURLINIEN ", GESUND.-ING., VOL. 63 (1940), pags. 449-453).

En los Estados Unidos, como temperatura eficaz o efectiva (WINSLOW, C.E., " THERMAL INTERCHANGES BETWEEN THE HUMAN BODY AND ITS ATMOSPHERIC ENVIRONMENTAL AMER. J. Hyg., Julio 1937).

Cuando el movimiento del aire es muy pequeño y dentro del campo -- normal de temperaturas, puede tomarse $\alpha_k = \alpha_s$ de modo que --

$$t_e = \frac{t_L + t_u}{2} \quad (3)$$

es decir, que la temperatura resultante es igual a la media aritmética de la temperatura del aire y la temperatura media de las superficies del local. Esta igualdad, basada en consideraciones -- físicas, sólo cubre el complejo concepto fisiológico de sensación

de calor en determinadas circunstancias:

- 1.- Aire practicamente en reposo, como se suele admitir en una sala sin ventilación con ventanas de hermeticidad usual.
- 2.- Temperatura del aire t_L comprendida entre 15°C y 25°C .
- 3.- Campo de temperaturas relativamente equilibrado en el local tanto para t_L como para t_u .
- 4.- Humedad relativa comprendida entre 30 y 70 %.
- 5.- La superficie radiante de calefacción debe estar incluida en el cálculo de la temperatura media de las superficies t_u .

Para el aire practicamente en reposo, se considera agradable un -- local cuyas temperaturas del aire y de las paredes valgan unos 20°C .

(4)

$$t_L = t_u = t_e \approx 20^\circ\text{C}$$

La ecuación ⁽³⁾ demuestra que el mismo bienestar puede alcanzarse aún siendo diferentes las temperaturas del aire y de las superficies del local. Las mismas temperaturas resultantes t_e suponen el mismo calor total cedido por el cuerpo por radiación más -- convección.

Sin embargo, las temperaturas t_L y t_u no pueden variar sin límites según la condición 2, la temperatura del aire t_L tiene que estar -- comprendida entre 15 y 25°C . En la figura 7 se ha dibujado la -- recta $t_e = 20^\circ\text{C}$ en esta campo de temperaturas de aire; paralelamente

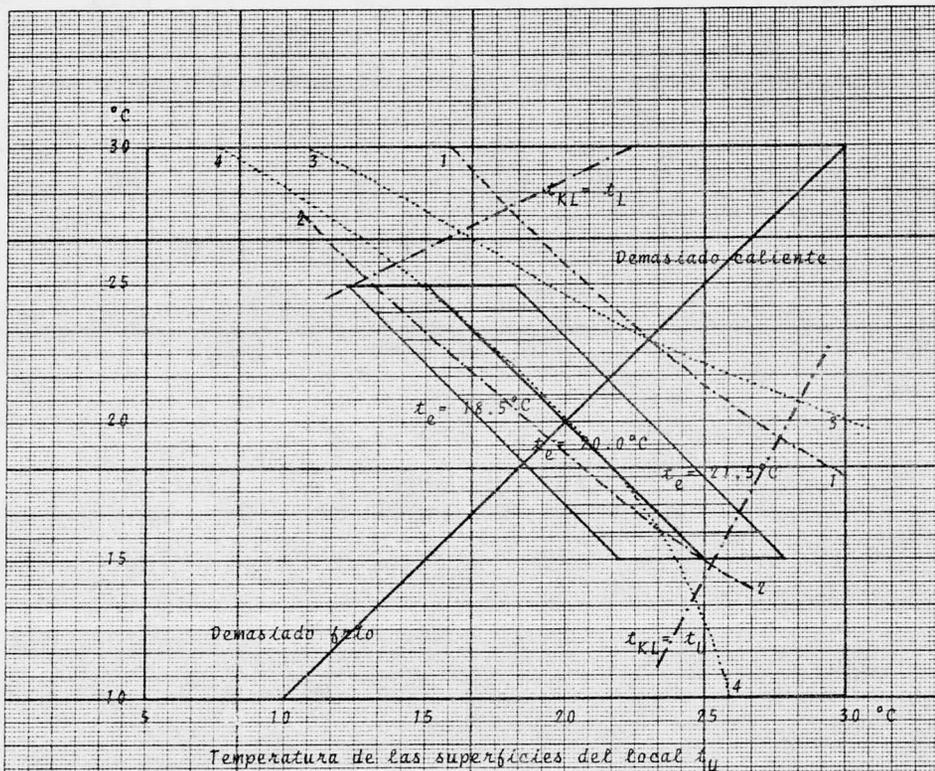


Fig. 3.7 Efecto complejo de las temperaturas del aire y de las superficies del local.

Campo de temperaturas resultantes $t_e = 18.5^\circ\text{C}$ a 21.5°C .

Campo del calor cedido según Nielsen-Pedersen. $Q_s + k = 56$ a 71 kcal/h, temperatura de la piel, $t_{p1} = 34^\circ\text{C}$ a 35°C , $t_{kes} = 23^\circ\text{C}$ a 19°C , el primero corresponde a la línea 1; el otro a 2.

Campo según Ghai para una velocidad del aire de 15 cm/seg.

te a ella se han trazado las rectas $t_e = 18.5^\circ\text{C}$ y $t_e = 21.5^\circ\text{C}$ - correspondientes a una tolerancia de $\pm 2.5^\circ\text{C}$ hallada fisiológicamente, las cuales limitan un campo de bienestar que tiene forma de paralelogramo.

Las nuevas normas Suizas para el cálculo del calor necesario en los edificios toman como base la temperatura resultante t_e en vez de la temperatura del aire t_L ⁽⁸⁾. Así, para las viviendas-oficinas y aulas, se recomienda una temperatura resultante $t_e = 18^\circ\text{C}$ en lugar de la temperatura del aire $t_L = 20^\circ\text{C}$ de las normas Alemanas DIN 4701; la temperatura t_e debe medirse a 1.5 m del suelo en el centro del local, con las puertas y ventanas cerradas y habiendo alcanzado el estado de equilibrio. En las normas DIN-4701 la influencia de las temperaturas superficiales de las paredes exteriores se ha tenido en cuenta en el cálculo del valor D ⁽⁹⁾. Las normas Francesas incluyen la influencia de varias paredes y ventanas frías, aumentando de 1 a 8°C el valor calculado de la temperatura del aire del local ⁽⁴⁾. Esta diversidad de métodos empleados para tener en cuenta la magnitud resultante de las temperaturas del aire y de las superficies del local, indica que se ha reconocido la importancia de la influencia de las paredes y ventanas frías en la sensación de bienestar aunque todavía no se ha sentido la preocupación de buscar el procedimiento de cálculo más sencillo y seguro para unificarlo.

b) INFLUENCIA t_L/t_u EN EL EQUILIBRIO TERMICO DE LAS PERSONAS.

La influencia de la magnitud compleja t_L/t_u en el enfriamiento del cuerpo humano vestido fué estudiada por NIELSEN y PEDERSEN, de COPENHAGUE ⁽¹⁰⁾ encontrando una dependencia directa entre el calor Q_{tr} cedido por radiación + convección y la diferencia entre las temperaturas media de la piel t_H y la de las partes vestidas y en parte descubiertas del cuerpo t_{kl} .

$$Q_{te} = Q_s + Q_k \quad (t_H - t_{KL})$$

En varias series de mediciones se investigó en qué combinaciones de t_L y t_u , para una persona sentada e inmóvil se tenía un valor constante para ($t_H = t_{KL}$) y por tanto, para Q_{tr} . La línea 1 --- (fig. 7). Correspondía a todas las combinaciones de t_L y t_u para las cuales $Q_{tr} = 56.5$ kcal/h ó $t_H = 34^\circ\text{C}$, mientras que la línea 2 se caracteriza por $Q_{tr} = 71$ kcal/h ó $t_H = 33^\circ\text{C}$.

Estos valores de Q_{tr} y t_H deben tomarse como límites de bienestar. El campo limitado por las líneas 1 y 2 coincide aproximadamente con el de las temperaturas resultantes $t_e = 19.5^\circ\text{C}$ a 23°C . Las dos rectas trazadas con línea y punto fino dan los pares de valores t_L/t_u , para los cuales la temperatura de los vestidos t_{ke} coincide con lo del aire t_L -no hay transmisión de calor por convección -- o con la de las superficies del local t_u -no hay transmisión de calor por radiación, siempre que t_u sea constante en el espacio.- La velocidad del aire en el local de ensayos fué de 2 a 10 cm/seg;

la presión parcial del vapor de agua, 8 a 11 mm.Hg. NIELSEN y PEDERSEN han calculado también " temperaturas resultantes " a raíz de sus ensayos. Su temperatura resultante t_{res} designa -- un valor común de t_h y t_u , para el cual se tiene el mismo enfriamiento por convección más radiación que en la combinación t_L/t_u que se trate de valorar. La línea 1 corresponde a $t_{res} = 23^\circ\text{C}$, la línea a $t_{res} = 19^\circ\text{C}$.

c) EL CAMPO DE BIENESTAR SEGUN GHAI.- EN AMERICA, GHAI (11)

Ha determinado también por procedimientos empíricos en -- función de t_L y t_u , los campos de bienestar para distintas velocidades del aire. En la figura 7 las líneas de puntos 3 y 4 determinan, el campo correspondiente a una velocidad de 15 cm/seg. Este se ha comprobado en vehículos y en locales industriales. Coincide substancialmente con las zonas descritas en los párrafos a y b y puede servir de orientación mientras no se tengan datos más completos (12). Sólo en muy raras ocasiones las temperaturas del aire, inferiores a 10°C , pueden ser compensadas por altas temperaturas de las superficies del local; lo mismo puede decirse de la compensación de bajas temperaturas de las superficies con altas temperaturas del aire.

Con respecto a la refrigeración del local por techo, RONGE y LOFSTEDT (13) han investigado en veinte series de ensayos, la tem-

peratura de la piel en los hombros, como característica de bienestar, variando la temperatura del aire con distintas intensidades de refrigeración por el techo, para las condiciones siguientes:

- A 7 personas desnudas de la cintura para arriba.
- A 6 personas en reposo, vestidas con camisa.
- A 7 personas normalmente vestidas dedicadas a un ligero trabajo corporal.

En el segundo caso aparecieron escalofríos duraderos unidos, en general, a una sensación de aire frío en los hombros y en el cuello cuando la temperatura de la piel en los hombros era inferior a 31.5°C . El valor límite de escalofríos para una temperatura del aire de 23° a 25.5°C , fué una temperatura del techo de 15.5° a 16°C . Estos datos sólo pueden ser un punto de partida provisional para los habituales climas de locales centroeuropeos y hacen hincapié en el hecho de que no debe llegarse por debajo del límite fisiológico de frío del par de valores temperatura del aire del local/temperatura del techo, ni siquiera por razones físicas y constructivas, ya que de otro modo, el aire húmedo acumulado en la capa debajo del techo sería causa de condensación de agua. No obstante, para conseguir una buena refrigeración del local desde el techo puede acudirse a la acumulación de frío durante el período anterior a la utilización del local.

d) LA UNIFORMIDAD EN EL TIEMPO DE LAS TEMPERATURAS DEL AIRE
Y DE LAS SUPERFICIES DEL LOCAL.

Esta uniformidad depende de la clase de servicio de ventilación así como del aislamiento térmico y capacidad de acumulación de las superficies del local.

El bienestar térmico sólo puede esperarse en el estado de equilibrio de una ventilación, no durante el período de encendido sino después de que las temperaturas de las superficies y del aire del local, que han aumentado durante una pausa en el funcionamiento de la ventilación, hayan bajado de nuevo a un nivel armónico -- absoluta y relativamente correcto. Es decir, que los valores --- uniformes en el tiempo, tanto de t_l como t_u , suponen en general, un funcionamiento continuo o muy poco interrumpido.

La radiación solar más o menos brusca penetrando a través de --- grandes ventanas-fachadas de cristal puede; constituir una fuente de perturbaciones para la uniformidad en el tiempo, de las temperaturas del aire y de las superficies del local; en verano la radiación solar directa sobre personas sentadas en reposo, en la zona cercana a las ventanas, significa una carga muy alta termofisiológicamente que en las salas muy llenas puede causar el acoloramiento, el colapso por aumento de la temperatura de la piel y de los vestidos. Cuando las ventanas son mayores de lo necesario para la iluminación diurna, hay que prever algún elemento de protección exterior (14). Las cortinas interiores y los cristales

aislantes no resuelven completamente el problema. En este aspecto no conviene abusar de la capacidad de instalación de acondicionamiento del aire. El lema "aire, luz, sol" mal empleado a menudo, no debe hacerse extensivo del clima exterior al clima del local ⁽¹⁵⁾.

La idea de que una uniformidad excesiva de la temperatura en el tiempo puede ser fatigosa por lo monótono sugiere hacer oscilar la temperatura del aire en una instalación de acondicionamiento, con una amplitud de $\pm 1^\circ\text{C}$, por ejemplo, y un período de una hora por medio de un regulador programado.

4. MAGNITUD COMPLEJA DE LA TEMPERATURA DEL AIRE t_L y HUMEDAD RELATIVA Φ (BOCHORNO).

La relación de calor húmedo Q_g al seco Q_{tr} cedidos por el cuerpo humano, es tanto mayor cuando más alta es la temperatura del aire (fig. 2). Por otra parte, al aumentar la humedad relativa disminuye la evaporación del agua sobre la piel, disminuyendo también su efecto refrescante y provocando la sensación de bochorno. Cuando coinciden una elevada temperatura con una gran humedad relativa, debe corregirse el aire mediante su acondicionamiento en un aparato aclimatador. La figura 8 muestra la curva límite del bochorno según LANCASTER-CASTENS, modificado por RUGE, valedera para personas inactivas con el aire en reposo y con carencia de radiación apreciable. Como resultado de las diferencias personales de sensación, igual que todos los límites de bienestar, debe conside

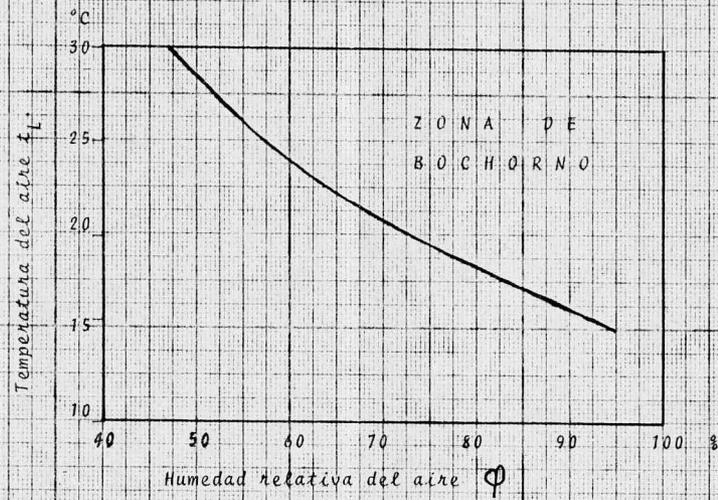


Fig. 3.8 Curva de bochorno, según LANCASTER-CASTENS-RIJGE.

rarse como una franja estrecha. Todas las combinaciones de t_L y Φ por encima de la curva son de molesto bochorno. Es decir, - que para determinar el bochorno es necesario dar un par de valores de los componentes t_L y Φ .

Para valorar practicamente la curva límite en el servicio de una instalación de acondicionamiento, hay que tomar en cuenta que el vapor de agua cedido por una persona al aire del local aumenta - a un 50 % cuando la temperatura del aire sube de 20° a 24°C. Por Ésto es recomendable mantener la temperatura del aire lo más baja posible dentro de lo factible, de otro modo el clima del local cae fácilmente dentro de la zona de bochorno. BRADTKE ⁽¹⁶⁾ ha - señalado como límite de bochorno un contenido absoluto de agua - $X = 11.5$ g/kg de aire seco, mientras que, SCHSRLAU ⁽¹⁷⁾ ha prefe rido dar la presión parcial del vapor de agua en:

$$p_d = 14.08 \text{ mm Hg} \approx 11.9 \text{ g de agua/Kg de aire seco}$$

Sin embargo, algunas medidas y observaciones en locales muy llenos han demostrado que para temperaturas del aire inferiores a 23°C, - el límite de bochorno se ha llevado algo lejos; en cambio, la curva LANCASTER-CASTENS puede considerarse válida para todo el campo de temperaturas del aire de la fig. 8.

Como límite inferior de bienestar puede tomarse para la humedad -- relativa un 30% independientemente de la temperatura del aire, -- siempre que éste no esté impurificado por materias en suspensión -- como humo de tabaco o polvo. El aire seco es inofensivo, siempre que esté limpio porque, en caso contrario, irrita las mucosas de la laringe. Cuando no pueden evitarse ni filtrarse las impurezas conviene trasladar el límite inferior de la humedad relativa del aire a la zona de 50% para disminuir el secado del polvo.

En casos especiales, como en las clínicas de otorrinolaringología muy raras veces es necesario humidificar el aire para disminuir - el secado de polvo. Sería más lógico combatir directamente la -- causa de la molestia (acumulación de polvo) en lugar de querer impedir luego que quede en suspensión en el aire por una serie de procedimientos de humectación poco eficaces.

Se tendrá que adaptar una curva con mayores valores del par, t_L/ϕ para personas que trabajan físicamente, en lugar de utilizar la curva límite de bochorno para personas inactivas de la figura 8.

Como primera aproximación puede darse una temperatura de 25°C en el termómetro de bulbo húmedo, sin embargo, fisiológicamente son nece sarias modificaciones según el tipo y duración del trabajo, así -

como los focos de calor presentes (radiación), duración del turno de trabajo, etc.

5. MAGNITUD COMPLEJA DE LA TEMPERATURA DEL AIRE t_L HUMEDAD RELATIVA Φ Y VELOCIDAD DEL AIRE w .

Cuando el aire está en movimiento la sensación de bochorno empieza cuando la humedad y la temperatura del aire son altas. LEISDEN-- y FREYMARIC (18) han llevado a cabo investigaciones del efecto -- de estas tres componentes del clima del local sobre el bienestar, cuyo resultado se da en la figura 9.

La zona I es agradable, la zona II soportable, y la III mala. Se distingue entre trabajo sentado y trabajo corporal duro. La diferente posición y forma de los polígonos (fig 9 a-d) permite reconocer - inmediatamente la influencia del movimiento del aire y del esfuerzo corporal en la sensación de bienestar. Así por ejemplo, para trabajo sentado y una humedad relativa del orden del 65%, el límite superior de la temperatura agradable se corre de 22°C (campo a) a 23°C (campo b), cuando la velocidad del aire excede de 20 cm/seg.

6. MAGNITUD COMPLEJA DE LA TEMPERATURA DEL AIRE t_L Y VELOCIDAD DEL MISMO w .

(CORRIENTE DE AIRE)

Una característica termofisiológica decisiva en el proyecto y -

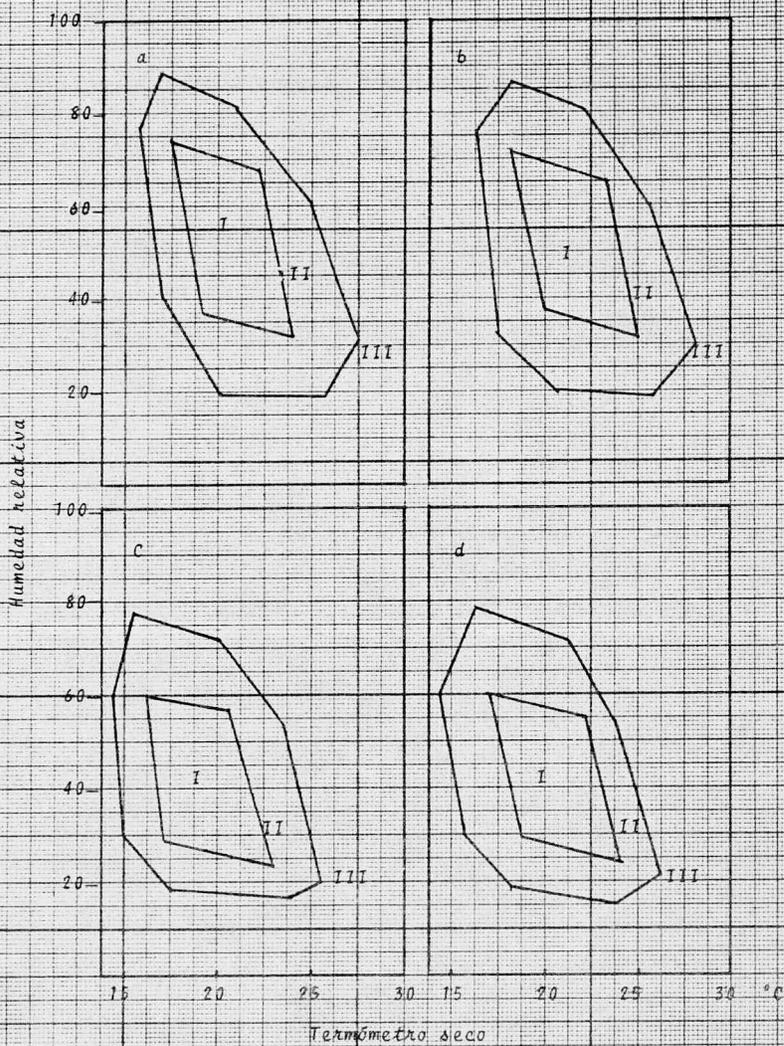


Fig. 3.9 Campos de bienestar, según Leusden-Freytag, para t_a y w . a) Trabajo sentado: $w = 20$ cm/seg. b) Trabajo sentado: $w = 20$ a 30 cm/seg. c) Trabajo corporal pesado $w = 20$ $\frac{\text{cm}}{\text{seg}}$ d) Trabajo corporal pesado: $w = 20$ a 30 cm/seg.

funcionamiento de las instalaciones de acondicionamiento de aire es la elección del par correcto de valores de la temperatura t_1 y velocidad del aire w en la zona de permanencia ya que una relación correcta de estos parámetros es indispensable para evitar " corrientes de aire ".

Se entiende por " corriente ", la molestia térmica que consiste en un efecto refrigerante del aire en movimiento sobre la piel. Cuanto más enérgico es el movimiento del aire y más baja la temperatura del mismo mayor es la sensación de frío. Para provocar esta sensación hay que rebasar un valor umbral, distinto para cada individuo. Las impresiones de frío inapreciables, por ser inferiores al umbral de percepción, son a veces las más peligrosas, ya que impiden adoptar medidas de protección. Mientras que la persona al aire libre soporta bien y, por los vestidos, está " adaptada " a un movimiento variable y más enérgico del aire, que incluso percibe como sensación agradable, en cambio en un local cerrado, --- especialmente si está sentado la capacidad de regulación térmica no responde como es debido. Mientras que el movimiento del aire al exterior es, en general, continuo y con intensidad variable, de manera que los capilares " hacen gimnasia " (según expresión de KISSKALT), en un local cerrado por la acción uniforme de la corriente del aire, la sensación de frío es constante, aún por debajo del umbral de percepción, provocando la contracción duradera de los capilares. Por estas razones, hay que evitar con cuidado las corrientes del aire en el interior de un local.

La tarea de conseguir un curso de aire sin corrientes en una -- instalación de ventilación es mucho más difícil cuando el aire de entrada tiene que servir para la refrigeración en verano. -

En la ecuación:

$$Q_k = L_z \cdot C \cdot (t_i - t_z)$$

de la carga de refrigeración,

DONDE:

L_z : Caudal de aire entrante

t_e : Temperatura de aire entrante

t_i : Temperatura de la zona de permanencia

C : C_p del aire;

Al aplicarla a un local público, tendrán que estar relacionados el caudal de aire entrante L_z , y la diferencia entre su temperatura t_z y la que tiene en la zona de permanencia.

Tanto los grandes caudales y velocidades del aire como las temperaturas de entrada bajas pueden provocar sensación de corriente.

La figura 10 muestra el campo de bienestar para el par de valores t_i/w . El campo LMNO es válido para:

- a) Los ocupantes, vestidos normalmente, sentados y en reposo.

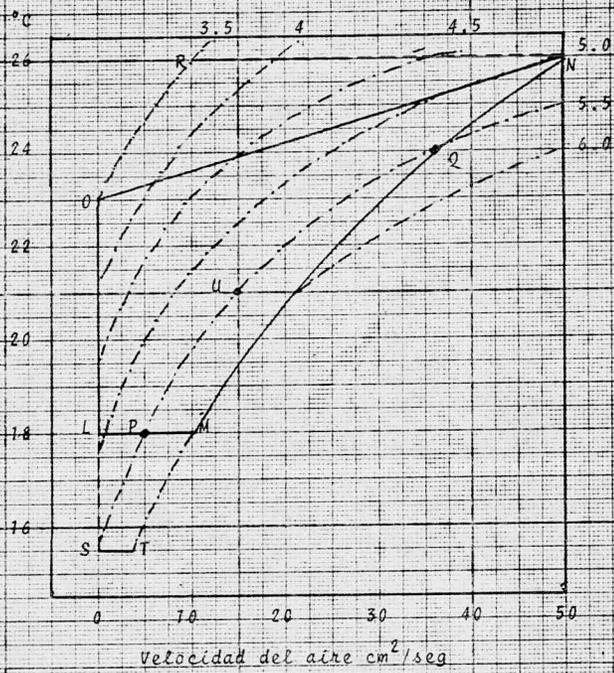


Fig. 3.10 Campo de bienestar para el par de valores t_L/w .

- b) La corriente de aire está dirigida de frente hacia las personas.
- c) La temperatura del aire t_l y la temperatura media de las superficies del local t_u están dentro del campo de bienestar de la figura 7.
- d) La humedad relativa φ se haya por debajo de la curva de -- bochorno de la fig. 8.

Si falta la condición b, hay que reducir el campo LMNO. Como la sensibilidad de la persona es mayor para una corriente de aire -- dirigida contra el cielo o los pies que para otra dirigida a la cara -Este efecto se conoce como el que produce una ventana abierta en un vehículo -, en el primer caso es recomendable tomar como --- límite superior de velocidad la línea PON, en lugar de la MN. Cuando se introduce aire de refrigeración a la altura de los tobillos, la baja temperatura de ésta, frente al aire del local, exige una -- buena conducción del mismo.

Por el contrario, en los casos siguientes es posible una ampliación del campo LMNO.

1. Las temperaturas del aire inferiores a 18°C son aún soportables cuando la temperatura media de las superficies del local, t_u , - es elevada (fig. 7) y ninguno de sus valores particulares -- (ejem. temperatura de las ventanas), se apartan demasiado del valor medio. En estas condiciones hay que considerar, además - el campo LSTM.

2. Las temperaturas superiores a 23°C , en general sólo son -- soportables, y aún agradables, con un mayor movimiento del aire; por tanto, aumentando la velocidad del mismo según -- la línea ON, para los días de verano (temperatura exterior $t_a \gg 25^{\circ}\text{C}$) es válido el campo suplementario ONR. Para -- evitar en estos días una sensación persistente de frío al entrar, en un local relativamente más frío, debido a la -- gran diferencia de temperatura ($t_a - t_l$) se consideran soportables como solución de compromiso, temperaturas del -- aire del local hasta 26°C incluso para pequeño movimiento -- del aire; o pequeño movimiento del aire pese a una mayor -- temperatura del mismo.

B. ACCION CONJUNTA E INTERFERENCIA DE LOS FACTORES FISICOS DEL CLIMA DEL LOCAL.

Al considerar la influencia de los distintos componentes del -- clima del local en el bienestar térmico del hombre se ha visto -- que no basta con valorar cada factor por separado sino la resul-- tante de dos o tres de ellos; así por ejemplo, para el concepto de bochorno el par t_l / Φ ; para las corrientes de aire, el -- par t_l / w ; para la sensación de calor el par t_l / t_u . Para el efec-- to complejo de un clima agradable los cuatro valores, t_l, t_u, Φ , y w han de estar relacionados. De aquí se deduce la dificultad -- de disponer de una escala práctica de valores para la magnitud -- compleja " clima del local " (20).

Entre las numerosas propuestas para una "magnitud suma del --- clima" en forma de una función más o menos empírica de t_L, t_u, x, w , etc se encuentra la ecuación de bienestar VAN ZUILEN⁽²¹⁾:

$$\text{Bienestar} \quad B = C + 0.25 (t_L + t_u) + 0.1x - 0.1 (37.8 - t_L) \cdot w$$

$$\text{donde: } -3 \leq B \leq 3$$

C : Constante que en invierno tiene un valor -9.2 y -10.6 en verano.

t_L : Temperatura del aire en $^{\circ}\text{C}$.

t_u : Temperatura de las superficies del local, $^{\circ}\text{C}$.

x : Contenido absoluto de agua en el aire del local, en gramos de agua por kilogramo de aire seco.

w : Velocidad del aire en m/seg.

Valoración : $B = -3$, excesivamente frío

$B = -2$, bastante frío.

$B = -1$, fresco agradable.

$B = 0$, agradable

$B = +1$, templado agradable

$B = +2$, bastante caluroso

$B = +3$, excesivamente caluroso.

El cálculo de esta ecuación puede hacerse con ayuda de una tabla⁽²²⁾.

En Holanda esta magnitud compleja de t_L , t_u , x ó φ y w ha dado muy buen resultado para juzgar el bienestar en el clima del local.

La figura 10 es un esquema de conjunto de las múltiples interacciones de los factores físicos del clima del local. Para dar una mayor claridad se da una selección de las combinaciones más típicas. Su orden no es de prioridad sino que es el que permite una mejor percepción de las combinaciones favorables y desfavorables, de los componentes. La relación angular del local w , tiene que servir de medida de cómo está la persona rodeada de superficies frías o calientes, dando el ángulo sólido bajo el cual ve una persona cuya cabeza ocupa el vértice, las superficies de calentamiento o enfriamiento del local.

El esquema se ha dispuesto de manera que para cada uno de los factores se define un campo agradable (columna 3), por debajo y por encima del cual (columnas 2 y 4) se obtiene, generalmente estados desagradables o de malestar, lo cual se ha indicado en cada campo por medio de ejemplos:

- 1.- La combinación de componentes individuales correctos suele dar una buena magnitud compleja, así $t_L = 20^\circ$ a 22°C , con aire de ligero movimiento y $\varphi = 30$ a 70% .
- 2.- El aire demasiado caliente puede llegar a ser agradable, dentro de ciertos límites, si se mueve rápidamente. La magnitud compleja de ambos componentes excesivos, t_L y w está en la zona (columna 3).
- 3.- Si el aire es demasiado caliente, a la vez que húmedo, se

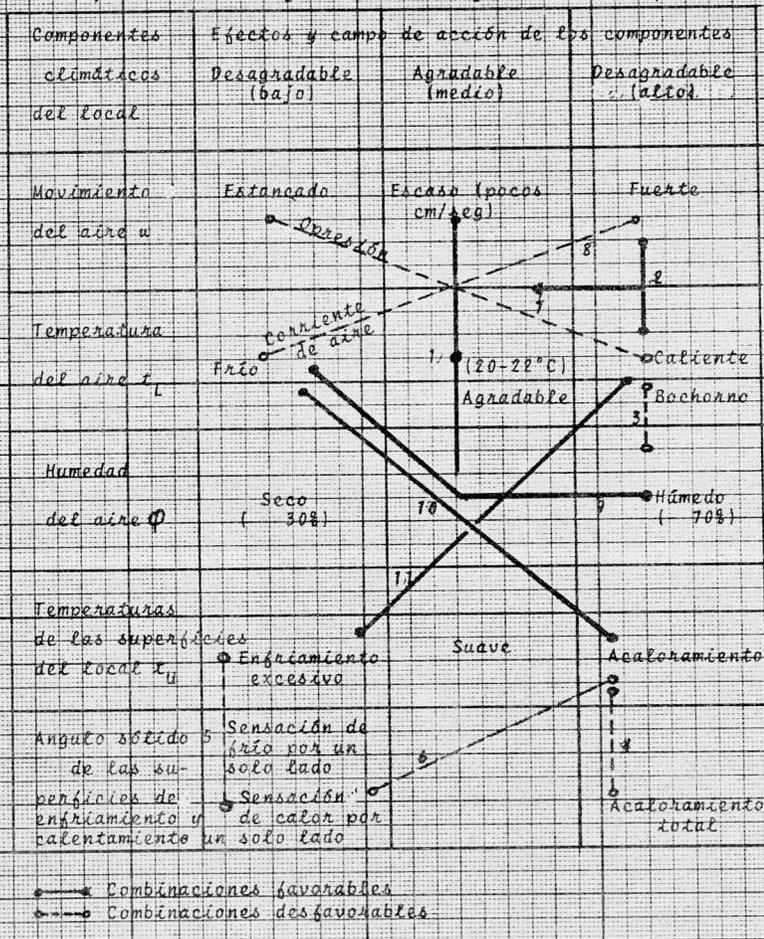


Fig. 3-11 Ejemplos de la acción conjunta e interferencia de los componentes físicos del clima del local

percibirá como bochorno, es decir, desagradable. La magnitud compleja de los componentes desagradables sigue siendo desagradables.

- 4.- Altas temperaturas superficiales, radiando desde grandes zonas del local, es decir, con un gran ángulo sólido ω , pueden provocar el acaloramiento. (techo demasiado caliente).
- 5.- Bajas temperaturas en superficies poco extensas (ejem. - - ventanas) causan pérdida de calor por un lado (sensación de frío).
- 6.- Pequeñas superficies a alta temperatura provocan sensación de calor por un lado (ejem. radiadores parabólicos).
- 7.- El aire estancado a alta temperatura causa sensación de pesadez.
- 8.- Aire demasiado frío en bastante movimiento causa sensación de corriente.
- 9.- El aire de humedad relativa elevada puede hacerse soportable manteniendo baja su temperatura, sin caer, no obstante, en el extremo del local " frío y húmedo " .
- 10.- Se puede admitir una temperatura baja del aire si las superficies del local, al menos en parte (calefacción por techo), tienen temperaturas más elevadas, sin llegar a ser incómodas.

- 11.- La influencia de las bajas temperaturas de paredes y ventanas pueden compensarse dentro de ciertos límites por -- mayores temperaturas del aire, ó bien una temperatura elevada del aire puede compensarse por refrigeración superficial (ejem.- desde el techo).

II IMPUREZAS DEL AIRE DEL LOCAL Y MEDIDAS CONTRA LAS MISMAS.

Mientras que los factores climáticos del local son magnitudes -- físicas decisivas para el bienestar térmico, la limpieza del aire debido a su aspiración parcial por los ocupantes del local, es -- muy importante para el proceso de combustión en el cuerpo. El -- aire impuro motiva una respiración superficial, insuficiente entrada de oxígeno a los pulmones, retardo de los procesos de ---- combustión, falta de apetito, cansancio prematuro, etc. El aire del local debe mantenerse libre de impurezas como alimento y elemento vital que es, en lo que se refiere a polvo, sustancias fétidas, microorganismos y sustancias químicas nocivas. Las impurezas constantes son especialmente dañinas, teniendo en cuenta que el -- hombre en reposo inspira unos $0.5 \text{ m}^3/\text{h}$ de aire para mantener el -- intercambio gaseoso ($\approx 250,000 \text{ m}^3$ a lo largo de una vida media), mientras que el que trabaja -en una tarea corporal, según la dureza de la misma, puede necesitar hasta $5 \text{ m}^3/\text{h}$. La pureza del aire es, además una exigencia de la comodidad y la estética. Como el -- permanecer en un local mal ventilado embota el sentido del olfato, tiene que tomarse como criterio subjetivo el que al entrar a una -

sala no debe percibirse sensación alguna de aire viciado.

A IMPUREZAS PULVERULENTAS.

La sequedad del aire, es decir, su pequeña humedad relativa, facilita el que las partículas de polvo se dispersen y queden en suspensión en el aire y que entren en las vías respiratorias ocasionando sensación de sequedad y tos. Por esto es importante en estos casos una limpieza regular y cuidadosa del local, en especial de los radiadores y rejillas de salida del aire.

En todos los locales provistos de instalaciones de ventilación tanto el aire de entrada como el recirculado tienen que ser lo más limpios posibles. Incluso en las instalaciones más sencillas de ventilación es indispensable un dispositivo para limpiar el aire. En los locales de reunión y de permanencia en los que se puede fumar, con ventilación por recirculación, hay que tener un cuidado especial en la separación del humo del tabaco, para evitar las molestias, especialmente la inhalación involuntaria de los no fumadores, la fijación del humo de tabaco al mobiliario y vestidos así como la contaminación de canales, pasos de aire y locales. En la valoración de estos inconvenientes no sólo tienen que intervenir criterios higiénicos sino también estéticos. La lucha eficaz contra el polvo exige un gran cuidado ya en la elección del filtro, valorando la cantidad y composición del polvo. Para reducir el ensuciamiento del aire del local y de

los canales de evacuación, en las superficies horizontales que han de utilizarse como estantería, por ejemplo, guardarropas, no tiene que haber aberturas de entrada ni de salida del aire.

B IMPUREZAS GASEOSAS

1. MALOS OLORES

Entre los olores desagradables -en ocasiones también perjudicales -mas frecuentes figuran los de las cocinas y retretes; en locales llenos las sustancias fétidas que resultan de la descomposición - de restos de células epiteliales y secreciones acumulados sobre -- la piel; olores de los vestidos y abrigos mojados por la lluvia, -- de muebles y materiales textiles; en las instalaciones industriales materias primas y productos de fabricación.

Como las sustancias aromáticas y fétidas constituyen complicados enlaces orgánicos ⁽²³⁾, resulta prácticamente imposible una valoración diferenciada y una determinación de valores límite. Para juzgar si es soportable un determinado " aroma " hay que tener en cuenta el uso a que se destina el local y la duración de la permanencia en el mismo ⁽²⁴⁾.

En los locales públicos, en el sentido de las normas de ventilación VDI, la proporción mínima de aire exterior, de 20 m³/h, suele bastar

para evitar los olores molestos, a condición de que sea puro. En las grandes cocinas, la lucha contra los malos olores se hace manteniendo la graduación de presiones respecto a los demás locales que hagan imposible el paso de los malos olores a éstos teniendo en cuenta la acción del viento.

Como en las aulas la ventilación suele ser por las ventanas, la renovación constante del aire sólo es posible cuando las circunstancias climáticas son muy favorables; por esto, la disposición de la planta debería permitir una ventilación transversal intensiva durante los recreos. En las cocinas, cuartos de baño y lavadoras la ventilación natural con ayuda de una chimenea de ventilación no basta para una rápida eliminación de los olores. Sin embargo la ventilación por chimenea cumple en este caso una buena misión de higiene doméstica, impidiendo la humedad de (paredes) muebles. En las cocinas que están enlazadas directamente con comedores, en los cuartos de baño con inodoro sin ventanas, así como los retretes sin ventana al exterior, es recomendable instalar una ventilación eléctrica que sólo debe pararse por la noche.

Para disminuir los malos olores en los locales provistos de ventilación se emplean distintos sistemas de desodorización entre ellos, la ozonización del aire de entrada. Sin embargo es un error considerar al ozono (O_3) como un gas saludable. La ozonización del aire ambiente no significa desde el punto de vista higiénico, ninguna mejora del aire, ya que no destruye -

los malos olores, sino que enmascara un cierto campo de percepción de los nervios olfativos ⁽²⁵⁾. Los olores habituales en los locales -olor de humo de tabaco, olor desprendido por el cuerpo humano- desaparecen con una concentración 0.02 mg de ozono/m³ de aire ($\approx 0.01 \text{ cm}^3/\text{m}^3$). Para este mismo valor empieza la percepción del olor más o menos agradable, propio de la ozonización. - La dosis límite admisible higiénicamente es de 0.22 mg ⁰³/m³ aire $\approx 0.1 \text{ cm}^3 \text{ } ^03/\text{m}^3$ aire que ya puede empezar a producir irritaciones en las mucosas de los ojos y la nariz. La dosificación correcta en la zona de permanencia y su comprobación son difíciles. -- Por ésto, la ozonización del aire debería limitarse por el momento, a aquellos casos en los que no se puede tener la proporción suficiente de aire exterior, por motivos locales, económicos, ó de otro tipo especial.

Tampoco constituye ninguna mejora auténtica del aire su aromatización por pulverización de una mezcla tal como clorofila y aceites esenciales o vaporizando productos contenidos en frascos especiales. Por la adecuada combinación de distintas substancias aromáticas pueden conseguirse efectos complementarios en determinadas zonas del espectro del olfato humano. Con una buena vigilancia, estos procedimientos de mejorar el aire son inofensivos pero siempre se tienen que considerar como recursos auxiliares ya que la auténtica renovación del aire sigue siendo una necesidad higiénica.

2. ANHIDRIDO CARBONICO

Como consecuencia del proceso de respiración o proceso vital, cada persona en reposo, con el volumen de respiración citado, $V=0.5 \text{ m}^3/\text{h}$ desprende unos 20 l de anhídrido carbónico (CO_2) por hora. Es decir que el contenido de CO_2 del aire expedito es:

$$k_1 = \frac{20}{500} \approx 4 \text{ \% en volumen.}$$

El contenido de CO_2 del aire exterior en una gran ciudad es, - en promedio $k_2 = 0.04 \text{ \%}$.

Con las proporciones mínimas del aire exterior propuestas por DIN 1946, de $L = 20 \text{ m}^3/\text{h}$, aumenta el contenido de CO_2 en el - aire del local, en el estado de equilibrio, a un valor máximo de:

$$k_{R\text{máx}} = \frac{v k_1}{L} + k_2 = \frac{0.5 \times 4}{20} + 0.04 = 0.14 \text{ \% en volumen.}$$

El mismo grado de impurificación máxima del aire se establece, - cuando manteniendo la misma proporción indicada del aire exterior, la instalación de ventilación trabaja completamente con aire -- recirculado, aunque, desde luego, en este caso se facilita el ----

enfriamiento del cuerpo, debido a la mayor renovación de aire y a la más alta velocidad del mismo; sin embargo, la pureza química del aire para una determinada escala del foco de impurificación, sólo depende de la proporción del aire exterior.

El límite tolerable de CO_2 , desde el punto de vista fisiológico es $k_{\text{max}} = 0.5\%$ en volumen. Sin embargo, el aire del local empieza a ser perceptiblemente menos agradable que el aire fresco, cuando con el incremento proporcional de las sustancias malolientes, se llega a un contenido de CO_2 de 0.15% en volumen, de modo que este valor según las normas de ventilación VDI, es el que determina la renovación del aire en los locales de permanencia.

El enriquecimiento del aire del local en CO_2 , expelido en la respiración, supone la correspondiente disminución del contenido de O_2 en el aire del local. A un contenido de CO_2 de 0.5% en volumen, corresponde una proporción de 20.5% de O_2 . Como que desde un 16% de O_2 para arriba no se aprecia ninguna disminución del bienestar, las quejas sobre " molestias respiratorias por falta de O_2 " en los locales mal ventilados, están fundadas en el concepto erróneo, prescindiendo de escasas excepciones, (buques de carga, submarinos, etc), las perturbaciones del bienestar en locales de permanencia muy llenos e insuficientemente ventilados, tienen que atribuirse a " perturbaciones del enfriamiento ", es decir, excesiva temperatura ó humedad, aunque más adelante pueden aparecer molestias secundarias por un excesivo contenido de CO_2 -

3. GASES Y VAPORES INDUSTRIALES

En las instalaciones industriales, especialmente en la industria química, es frecuente la formación de gases y vapores nocivos -- durante los procesos. Estos elementos nocivos deben captarse lo más cerca posible del punto de desprendimiento, mediante dispositivos de aspiración, eliminándolos de la zona de permanencia ⁽²⁶⁾.

En muchos casos, esto no se consigue en la medida suficiente, de manera que el objetivo de la ventilación, combinarla con la instalación de aspiración, es el de diluir los gases nocivos presentes en el local hasta que en la zona de permanencia no rebasen una determinada " concentración de substancias nocivas ". La American Conference of Governmental Industrial HYGIENISTS, publicó en 1947 un resumen de " MAXIMUM ALLOWABLE CONCENTRATION " o valores MAC, - el cual ha sido corregido y aumentado por el intercambio de experiencias internacionales.

En Alemania estos valores se conocen como valor MAK (" MAXIMALE ARBEITSPLATZKONZENTRATIONEN ", concentraciones máximas en el lugar de trabajo) y dan el límite máximo tolerado de concentración de una substancia nociva en una jornada de ocho horas de trabajo.

La tabla adjunta de valores MAK es un extracto de la lista publicada anualmente en Alemania por el ministerio Federal de Trabajo y Ordenación Social, que comprende unas 300 substancias nocivas ⁽²⁷⁾.

CONCENTRACIONES MAXIMAS EN EL LUGAR DE TRABAJO (VALORES MAK)

SUBSTANCIA	VALOR MAK	
	$\frac{\text{cm}^3 \text{ substancia (}^2)}{\text{m}^3 \text{ aire}}$	$\frac{\text{mg substancia}}{\text{m}^3 \text{ aire}}$
1 GASES NOCIVOS		
Amoniaco	100	70
Arsenamida	0.05	0.2
Acido cianhidrico	10	11
Cloro	1	3
Acido clorhidrico	5	7
Monóxido de carbono	100	110
Dióxido de carbono (anhídrido carbónico)..	5000	9000
Gases nitrosos (NO ₂)	5	9
Ozono	0.1	0.2
Fosgeno	0.1	0.1
Fosfamida	0.1	0.15
Anhídrido sulfúrico	5	13
Acido sulfhídrico	20	30
Acido selenhídrico	0.03	0.2
2. DISOLVENTES QUE EMITEN VAPORES NOCIVOS.		
Acetona	1000	2100
Eter etílico	100	1200
Alcohol etílico	1000	1900
Cloruro de etilo	1000	2600
Anilina	5	19
Bencina	500	2000
Benzol	25	80
Cloroformo	100	190
Alcohol metílico (melanol)	200	260
Cloruro de metilo	50	105
Cloruro de metileno	500	1750
Sulfuro de carbono	20	60
Tetracloroetano	1	7
Tetracloruro de carbono	25	160
Tricloroetileno	200	1050
3. PÓLVOS, HUMOS Y NIEBLAS NOCIVOS		
Berilio		0.002
Plomo		0.2
Cadmio		0.1
Cromo		0.1
Manganeso		6
Fósforo		0.1
Selenio		0.1
Mercurio		0.01
Combinaciones de uranio solubles		0.05
insolubles.....		0.25

La cantidad de aire necesario para diluir las sustancias nocivas se puede calcular por la ecuación :

$$V = \frac{K}{k_i - k_a} \quad (m^3/h)$$

K : Cantidad de sustancias nociva (m^3 gas/h).

k_i : Valor MAK (m^3 gas/ m^3 aire)

k_a : Concentración de sustancias nocivas que eventualmente puede tener el aire de entrada (m^3 gas/ m^3 aire)

La cantidad de sustancias nociva suele ser desconocida, por lo cual hay que determinarla mediante análisis cuidadosos y repetidos en el puesto de trabajo, en condiciones normales, y también desfavorables de trabajo y clima.

C. AGENTES PATOGENOS

En el local público se reúnen personas de estado de salud desconocido a poca distancia unas de otras, y hay que admitir la posibilidad de una eventual difusión de agentes patógenos provocada por la corriente de aire.

Por eso, a veces existe la preocupación de eliminar los gérmenes del aire (28). Lo primero que se le ocurre al ingeniero en acondicionamiento de aire es un tratamiento químico de éste, directamente en el aparato acondicionador pulverizando un desinfectante.

Teniendo en cuenta que el aire exterior es bastante estéril, --
bastaría con el tratamiento del aire recirculado.

Las substancias químicas mas eficaces por el momento son el ---
AEROSEPT y TRIETILENGLICOL. Lo mismo puede decirse de otros pro
ductos, aunque sean apropiados para la desinfección ocasional de
la habitación de un enfermo o de una aula escolar. El ozono, no
es apropiado como desinfectante (29). Las bacterias y virus pro
cedentes de la cavidad bucal y fosas nasales están recubiertas de
una capa protectora orgánica, y otros gérmenes, por una capa de -
polvo, que exigen concentraciones de ozono que rebasan el valor -
MAK.

Se podrá hacer una desinfección del aire del local por medios ---
físicos exponiendo los gérmenes a la radiación ultravioleta dentro
de la zona del espectro de 250 a 270 m μ . Sin embargo, la dis-
posición de la lámpara UV en la red de canales no es tan eficaz
como colocarla directamente en el local, independientemente de la
ventilación. No obstante, el campo de aplicación de este sistema
es muy limitado -cámaras de cultivo, laboratorios farmacéuticos
etc.. -Teniendo en cuenta los costos propios y de los dispositivos
para proteger de las radiaciones a los ocupantes del local.

La desinfección del aire por UV sólo se puede considerar como un
procedimiento defensivo suplementario, que no justifica ni una -
disminución de la proporción del aire fresco en los locales públi
cos, ni la eliminación de medidas de desinfección química en salas
de hospitales, laboratorios etc (30).

Sería recomendable el uso de filtros electrónicos que trabajan con electrodos de ionización que son capaces de filtrar una -- cantidad de aire de 500 a 200,000 m³/h, reteniendo partículas de 0.001 m μ en adelante, con un grado de eficacia de 90% y más (31) A pesar de que para éstos tamaños apenas es posible la comprobación, se afirma que separan el humo y algunos tipos de virus.

Otra posibilidad para eliminar gérmenes es la separación mecánica por medio de finísimos filtros de polvo del tipo de los filtros - para suspensiones. Empleando como medio filtrante (32), finísimas fibras de plástico, se puede aumentar su eficacia por carga electrostática hasta el punto de que cada 10000 gérmenes sólo - pase uno.

A pesar de que los esfuerzos realizados para conseguir un procedimiento de esterilización del aire recirculado directamente en la instalación de ventilación, no han tenido mucho éxito hasta ahora, no hay motivo para resignarse a la eventual propagación de gérmenes por el movimiento del aire de los locales. El peligro de contagio directo (tos, estornudos, habla) no sólo - es proporcionalmente grande en estas salas de permanencia y de trabajo, sino también en el resto de la vida normal, por ejemplo en el uso de vehículos públicos, mientras no se puedan evitar - estas posibilidades inmediatas de infección, la desinfección - del aire en las instalaciones de ventilación sólo tendrá verdadera importancia en algunos casos especiales como en salas de operación, laboratorios etc.

En Estados Unidos los estudios que se han hecho para las condiciones de confort, se realizaron por laASHAE (American Society of HEATING AND AIR CONDITIONING ENGINEERING), y se conjuntaron en la figura 12. Esta carta es válida para velocidades del aire entre 15 y 25 pies por minuto. Se observa en ésta que se encuentran zonas de confort tanto para invierno como para verano. En la primera la aplicación es con calentamiento por metodos de -- convección y no por metodos de radiación. En verano es conveniente para períodos de ocupación de más de tres horas.

FIGURA 11

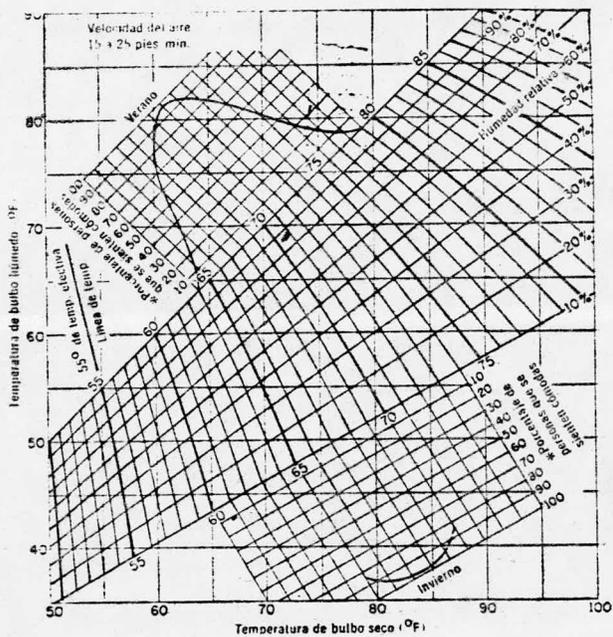


Fig. 3.12 Carta de comodidad de la ASHAE.

C A P I T U L O I V

ORGANIZACION DE LA ENCUESTA

En vista de la gran cantidad de capitalinos, con los que se platicó antes de realizar esta tesis, que se quejaban de las anomalías de los sistemas de aire acondicionado, se pensó en organizar una encuesta en " forma ", para - tratar de investigar cuántas, cuáles y en qué medida las variables de estos conjuntos se separan de las condiciones agradables para los habitantes de la Ciudad.

Va que en la mayoría de los comentarios a prioride la encuesta se notó que las quejas radicaban en la sensación de frío, se decidió hacer un estudio estadístico, basado en ciertas -- condiciones tales como:

- Zonas del Distrito Federal.
- Tipo de locales.
- Para cada local que se visitara ¿ que se pensaba obtener ?
- Epoca del año.
- Hora del día.
- Parámetros que se medirían y con que se cuantificarían.
- Restricciones que se tendría.
- Tipo de preguntas que tendría el cuestionario y como sería redactado.
- Cuanta gente se entrevistaría para que la muestra fuese -- representativa.
- Tipo de personas a las que se les preguntaría sus impresiones al estar percibiendo los efectos del aire acondicionado.
- Tipo de vestuario.
- Edad y Sexo.

Con éstas condiciones se tiene un criterio, aunque restringido pero que en realidad nos aísla el problema para hacer el "Estudio para la Elaboración de una Carta de Confort para el Distrito Federal".

Porque de hecho no se está haciendo la elaboración de la Carta de Confort en sí, sino que se trata de ver cuáles son las magnitudes que afectan la comodidad y así, sea éste estudio una -- introducción a futuros trabajos que se lleven a cabo en laboratorios bien equipados en los que se puedan variar todos los -- parámetros que entran en juego en el "bienestar térmico".

Entre las zonas, se deberían tomar lugares donde el acaloramiento fuese extremoso y diera origen al uso de Clima artificial, por ejemplo, en reforma centro y presidente mazaryk. El tipo de -- local serían, oficinas, tiendas y bancos previstos para estancias de 15 a 90 minutos, cines y restaurants.

Para cada local que se visitaría se pensaba obtener :

- Respuestas de malestar por frío en oficinas.
- Incomodidad por frío en tiendas y bancos.
- Malestar por acaloramiento en cines y frío en restaurants.

La época por ser la más extremosa con respecto al calor, es la de verano.

Se debe tomar como base de las 12 hrs a las 16 hrs. por ser el intervalo de tiempo con un máximo de temperatura.

Entre los parámetros que se medirían se encuentran la temperatura del local y su humedad. Estos se cuantificarían con la -

ayuda de un PSICROMETRO.

Las restricciones serían el no poder variar la temperatura del local, la humedad del aire y la velocidad del mismo.

Debido a que los entrevistados no se podían encontrar en un -- laboratorio en el cual se estuviesen haciendo diferentes pruebas para saber cuales eran sus reacciones a distintos rangos -- de estas variables, sería esta otra restricción.

El tipo de preguntas serían concisas y precisas de manera tal que no se tuviera duda al hacer la primera lectura del cuestionario. Al redactar éste se tendría que informar que era lo que se buscaba. A continuación decir en que forma se quería la cooperación, por ejemplo marcando diferentes escalas. Y por último las preguntas.

En la siguiente pagina se muestra el cuestionario.

Para que la muestra fuese representativa se tendría que tomar -- cuando menos a la población que está acostumbrada a percibir los efectos del clima artificial.

El tipo de personas sería, de la clase media para arriba, debido a que esta gente está mas relacionada a locales con aire acondicionado y puede en un momento dado dar una opinión acerca de éste.

El tipo de vestuario es el normal para época de verano en nuestra capital.

La edad y el sexo son importantes puesto que se tendría que preguntar a personas entre los 15 y los 45 años suponiendo que éstas tienen un promedio de salud más alto que el de -- aquellas que rebasan los 45.

El límite inferior de 15 se toma debido al criterio más desarrollado de gente de éste tipo que el de menos edad.

Mucho le agradeceré su cooperación en la realización de una encuesta sobre el clima acondicionado de éste local.

Le ruego que marque con una " X " el cuadro que mejor describa las condiciones del aire en cuanto a los tres parámetros siguientes:

TEMPERATURA, HUMEDAD Y VELOCIDAD

1.- TEMPERATURA

Aire frío

Aire agradable

Aire caliente

2.- HUMEDAD

Aire seco

Aire agradable

Aire húmedo

3.- VELOCIDAD

Aire estancado

Aire agradable

Chiflón

C A P I T U L O V

R E S U L T A D O S

Para poder interpretar los datos obtenidos, y con ellos formarse un criterio de las condiciones reinantes en los locales con clima artificial en el Distrito Federal, se hizo uso de una carta psicrométrica a la presión de 585 mm de mercurio.

Esta carta se calculó en base al criterio de TREYBAL en su libro " MASS-TRANSFER OPERATIONS ".

Por otro lado, de las cartas de confort mostradas en el capítulo III se tomaron en cuenta ciertas condiciones para poder elegir la carta de comodidad que se ajustara a la naturaleza de nuestra capital:

- En principio de cuentas se tenía que elegir un trabajo que se hubiese realizado en este continente.
- Que los parámetros climatológicos del lugar donde se realizó el estudio se asemejaran más o menos a los de la ciudad.
- Y que la mentalidad de los habitantes del sitio en el que se elaboró la investigación, esté cercana a la de los capitalinos.

Asumiendo estas restricciones se eligió la publicación de la ASHAE (AMERICAN SOCIETY OF HEATING AND AIR CONDITIONING ENGINEERS) por:

- Haberse hecho en los Estados Unidos.
- La afinidad de las variables ambientales de ciertas ciudades norteamericanas con nuestra metrópoli.
- Y por último, puesto que esta carta es la que se está empleando en los conjuntos de acondicionamiento de aire se pretende observar sus fallas en la capital.

A continuación se presentan los cálculos para el desarrollo de la Carta Psicrom-Étrica:

CALCULO DE y'

$$y' = 0.622 \frac{\frac{\%}{100} P_{\text{agua}}}{585 - P_{\text{agua}}}$$

t °F	P_{agua} mm. Hg	y'_{Δ} 100% $\frac{\text{lb agua}}{\text{lb a.s.}}$
32	0.4499	0.00048
41	6.6500	0.00715
50	9.2796	0.01003
59	12.7908	0.01390
68	17.5560	0.01924
77	23.7652	0.02634
86	31.8559	0.03582
95	42.2028	0.04836

y' 90% $\frac{\text{lb a.}}{\text{lb a.s.}}$	y' 80% $\frac{\text{lb a.}}{\text{lb a.s.}}$	y' 70% $\frac{\text{lb a.}}{\text{lb a.s.}}$
0.00043	0.00038	0.00034
0.00643	0.00571	0.00499
0.00901	0.00799	0.00698
0.01249	0.01107	0.00967
0.01727	0.01530	0.01335
0.02360	0.02089	0.01821
0.03050	0.02833	0.02465
0.04319	0.03810	0.03308

$y' \ 60\% \frac{\text{lb a.}}{\text{lb-as}}$	$y' \ 50\% \frac{\text{lb a.}}{\text{lb as}}$	$y' \ 40\% \frac{\text{lb a.}}{\text{lb as}}$
0.00029	0.00024	0.00019
0.00427	0.00356	0.00284
0.00598	0.00497	0.00397
0.00827	0.00688	0.00549
0.01141	0.00948	0.00756
0.01554	0.01290	0.01027
0.02101	0.01741	0.01385
0.02814	0.02328	0.01848
$y' \ 30\% \frac{\text{lb a.}}{\text{lb as}}$	$y' \ 20\% \frac{\text{lb a.}}{\text{lb as}}$	$y' \ 10\% \frac{\text{lb a.}}{\text{lb as}}$
0.00014	0.00010	0.00005
0.00213	0.00142	0.00071
0.00297	0.00198	0.00099
0.00411	0.00273	0.00136
0.00565	0.00376	0.00187
0.00767	0.00510	0.00254
0.01033	0.00685	0.00341
0.01376	0.00911	0.00452

CALCULO DE VOLUMEN HUMEDO

$$v_H = (0.0252 + 0.04051y') \frac{t_g + 460}{585/760}$$

$t_g \text{ } ^\circ\text{F}$	$y' \frac{\text{lb a.}}{\text{lb as}}$	$v_H \frac{\text{ft}^3}{\text{lb as}}$
32	0.00048	16.11878
41	0.00715	16.58951
50	0.01003	16.96482
59	0.01390	17.36991
68	0.01924	17.81951
77	0.02634	18.32391
86	0.03582	18.90343
95	0.04836	19.58131

CALCULO DE VOLUMEN ESPECIFICO DE AIRE SECO ($Y = 0$)

$$v = (0.0252) \frac{t_g + 460}{585/760}$$

t_g °F	v_s ft ³
32	16.10635
41	16.40098
50	16.69561
59	16.99024
68	17.28487
77	17.57949
85	17.87412
95	18.16875

CALCULO DE CALOR HUMEDO

$$C_s = 0.24 + 0.45Y \frac{\text{BTU MEZCLA}}{\text{lb as. } ^\circ\text{F}}$$

Y , $\frac{\text{lb a.}}{\text{LB as}}$	C_s
0.00048	0.240216
0.00715	0.243218
0.01003	0.244514
0.01390	0.246295
0.01924	0.248648
0.02634	0.251853
0.03582	0.256119
0.04836	0.261762

CALCULO DE ENTALPIA DE AIRE SATURADO

$$H' = (0.24 + 0.45 y) (t_g - 32) + 1075.8 y \frac{\text{BTU}}{\text{lb}}$$

t °F	$y_s \frac{\text{lb agua}}{\text{lb a.s.}}$	H'
32	0.00048	0.516384
41	0.00715	9.88093
50	0.01003	15.19152
59	0.01390	21.60251
68	0.01924	29.65008
77	0.02634	39.66996
86	0.03582	52.36558
95	0.04836	68.51669

CALCULO DE ENTALPIA DE AIRE SECO

$$H' = C_b (t_g - t_o)$$

$$H' = 0.24 (t_g - 32)$$

t °F	H'
32	0
41	2.16
50	4.32
59	6.48
68	8.64
77	10.8
86	12.96
95	15.12

CALCULO DE LAS CURVAS DE SATURACION ADIABATICA

$$t_{gl} = (y_{as} - y_1) \frac{as}{C_{s1}} + t_{as}$$

$$\begin{aligned} t_{as} &= 32 \\ y_{as} &= 0.00048 \\ as &= 1075.8 \end{aligned}$$

$$y_1' \frac{\text{lb v.a.}}{\text{lb a.s.}} \quad t_{g1} \text{ } ^\circ\text{F}$$

0.0004	32.3583
0.00035	32.5823
0.0003	32.80640
0.00025	33.03049
0.0002	33.25463
0.00015	33.47881
0.0001	33.70303
0.00005	33.92729
0.00000	34.15160

$$\begin{aligned} t_{as} &= 41 \text{ } ^\circ\text{F} \\ y_{as} &= 0.00715 \\ as &= 1070.41 \end{aligned}$$

$$y_1' \frac{\text{lb v.a.}}{\text{lb a.s.}} \quad t_{g1} \text{ } ^\circ\text{F}$$

0.007	41.66034
0.006	46.07203
0.005	50.50011
0.004	54.94466
0.003	59.40580
0.002	63.88359
0.001	68.37815
0.000	72.88956

$$\begin{aligned}
 t_{as} &= 50 \\
 y_{as} &= 0.01003 \\
 a_s &= 1058.13
 \end{aligned}$$

y_1'	$\frac{\text{lb v.a.}}{\text{lb a.s.}}$	t_{g1} °F
0.009		54.46581
0.008		58.81781
0.007		63.18592
0.006		67.57023
0.005		71.97082
0.004		76.38780
0.003		80.82124
0.002		85.27125
0.001		89.73792
0.000		94.22133

$$\begin{aligned}
 t_{as} &= 59 \text{ °F} \\
 y_{as} &= 0.0139 \\
 a_s &= 1059.7541
 \end{aligned}$$

y_1'	$\frac{\text{lb v.a.}}{\text{lb a.s.}}$	t_{g1} °F
0.013		62.87951
0.0121		66.77183
0.0112		70.67702
0.0103		74.59513
0.0094		78.52624
0.0085		82.47041
0.0076		86.42770
0.0067		90.39818
0.0058		94.38192
0.0056		95.26900

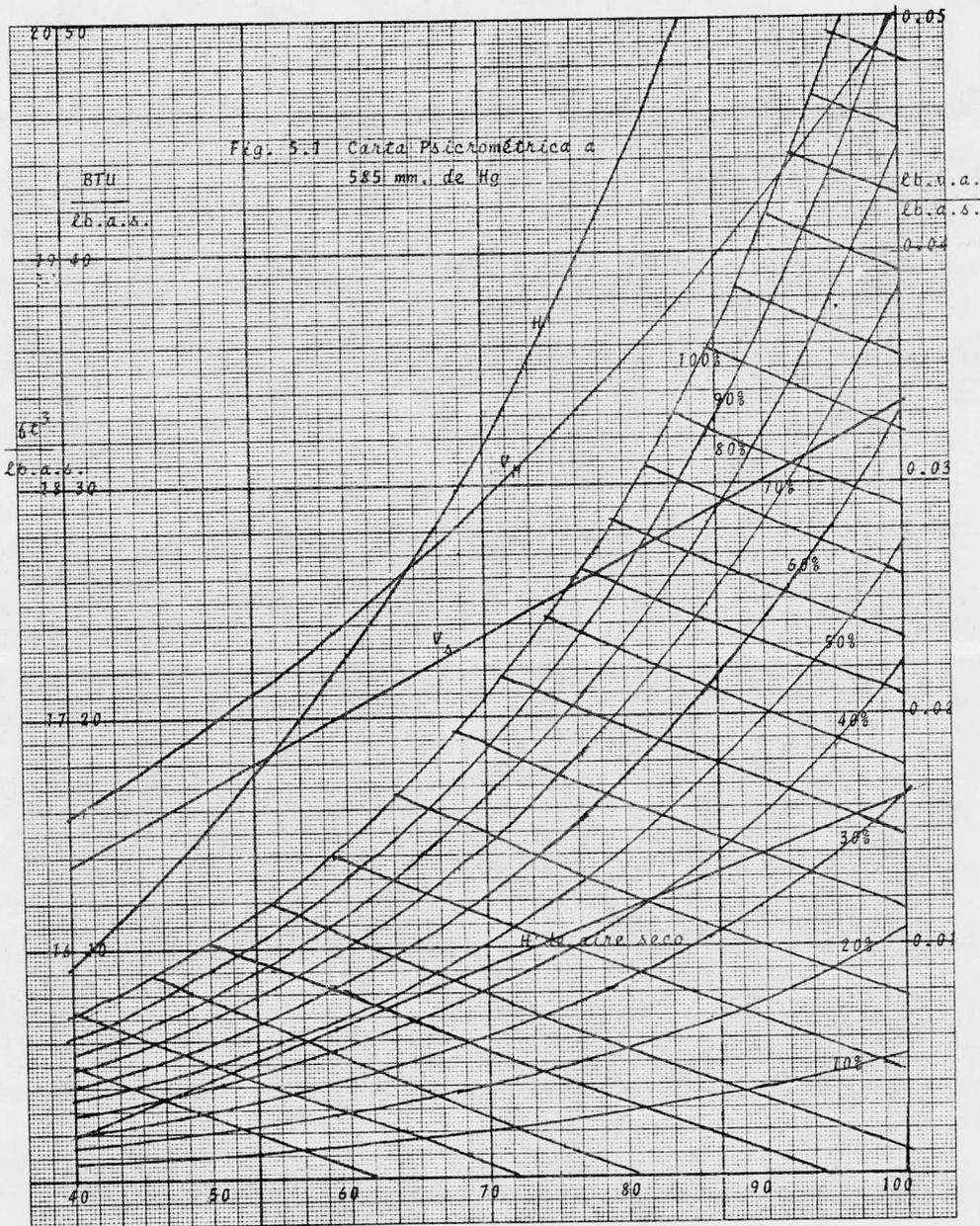


$$\begin{aligned}
 t_{as} &= 68 \text{ } ^\circ\text{F} \\
 y_{as} &= 0.01924 \\
 as &= 1055.1269
 \end{aligned}$$

y_1'	$\frac{\text{lb v.a.}}{\text{lb a.s.}}$	t_{g1} $^\circ\text{F}$
	0.13	62.87951
	0.0121	66.77183
	0.0112	70.67702
	0.0103	74.59513
	0.0094	78.52624
	0.0085	82.47041
	0.0076	86.42770
	0.0067	90.39818
	0.0058	94.38192
	0.0056	95.26900

$$\begin{aligned}
 t_{as} &= 77 \\
 y_{as} &= 0.02634 \\
 as &= 1050.135
 \end{aligned}$$

y_1'	$\frac{\text{lb. v.a.}}{\text{lb a.s.}}$	t_{g1} $^\circ\text{F}$
	0.026	78.41854
	0.0255	80.50776
	0.025	82.60072
	0.0245	84.69744
	0.024	86.79792
	0.0235	88.90217
	0.023	91.01020
	0.02225	93.12203
	0.022	95.23765
	0.0215	97.35710



$$\begin{aligned}
 t_{as} &= 86 \\
 y_{as} &= 0.03582 \\
 as &= 1045.05
 \end{aligned}$$

y_1'	$\frac{\text{lb v.a.}}{\text{lb a.s.}}$	$t_{g1} \text{ } ^\circ\text{F}$
0.0357		86.48974
0.0352		88.53256
0.0346		90.98870
0.0340		93.45003
0.0334		95.91657
0.0328		98.38834

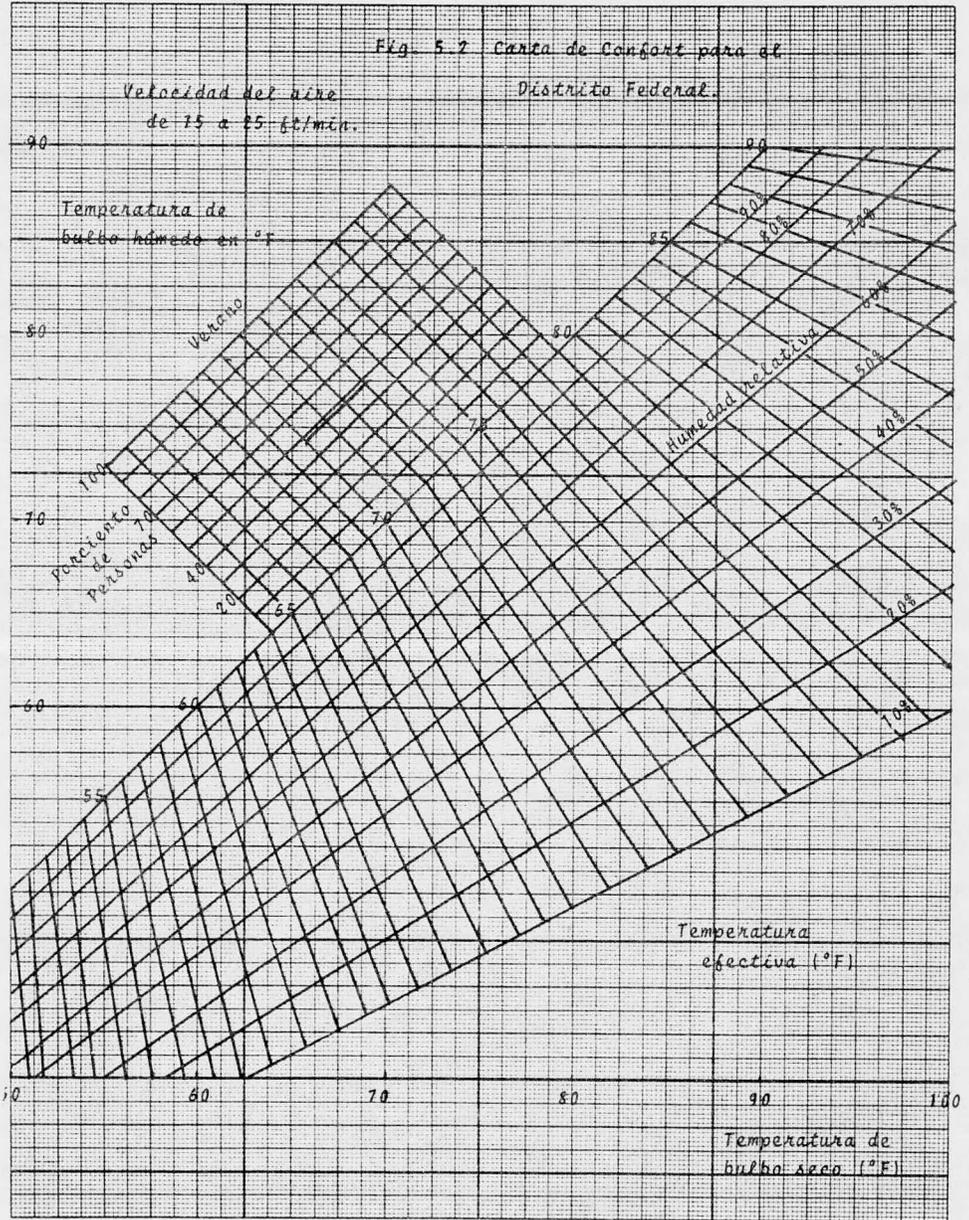
Una vez calculada la carta de humedad se procedió al cálculo de la carta de confort de la siguiente manera:

- Se trazaron las curvas de humedad relativa tomando temperaturas de bulbo seco y de bulbo húmedo para diferentes saturaciones -- relativas.
- Puesto que la temperatura efectiva es un índice empírico entonces lo que interesa son las desviaciones de la carta publicada por la ASHAE, con respecto a la presión atmosférica ya las condiciones de comodidad, de la carta hecha en México. Por lo que se dibujaron " TAL CUAL " LAS CURVAS DE TEMPERATURA EFICAZ.
- En base a las investigaciones que se hicieron en casas especializadas y con personas expertas en el ramo se fijó la velocidad del aire entre 15 y 25 pies por minuto.

EN LA SIGUIENTE TABLA SE MUESTRA LOS RESULTADOS OBTENIDOS EN LA ENCUESTA

LOCAL	t_{ba} EXT. °C	t_{ba} INTER. °C	ϕ	t_{ef} °C	# DE PERS.	DATOS TOMADOS DE 13 A 16 HRS. % DE ENTREVISTADOS								
						TEMPERATURA			HUMEDAD			VELOCIDAD		
						FRIO	AGRAD.	CALIEN.	SECO	AGRAD.	HUM.	ESTAN.	AGRAD.	CHIFLON
OFICINA:														
OAXACA # 56	28	23	68	21	153	77	23	0	2	85	13	1	13	86
MEDELLIN 43	27.5	24	58	21.4	221	82	18	0	3	89	8	2	23	75
TIENDA:														
LIVERPOOL POLANCO	27	25	55	22	325	0	33	67	1	72	27	17	65	18
BANCO:														
NAL DE MEX. POLANCO	27	24.5	50	21.7	174	76	24	0	1	78	22	0	42	58
RESTAURANT:														
WINGS (MARINA)	26	24	52	23	237	44	56	0	1	81	18	0	16	84
INMECAFE:														
	26.5	24.5	68	22.5	76	8	40	42	4	73	23	1	59	40
CINE:														
S. BUNUEL	25.5	23	70	21.7	217	0	16	84	3	76	21	28	62	10
TOTAL:					1403	41	30	27.5	2.14	79.14	19	7	40	53

Fig. 5.7 Carta de Confort para el Distrito Federal.



De donde se observa que al promediar las condiciones agradables de temperatura, humedad y velocidad del aire se encuentra sólo un 49.71 % en condiciones de confort.

ANALISIS DE RESULTADOS

De los datos obtenidos en la tabla 5.1 se observa que un gran número de personas sintió frío en locales provistos con clima artificial. Para ser exactos, fué en edificios de oficinas, en el banco y en el restaurant en los que se percibieron estos efectos.

En el local comercial, en el café y en el cine, se recibieron impresiones de calor.

Se objetó que la velocidad del aire era alta en oficinas, en el banco, en el restaurant y en el café. En el caso del cine y de la tienda se dijo, en un 28 y 17% respectivamente, que el aire estaba estancado.

Se hace notar que en todo sitio investigado se encontró, que la gran mayoría de la gente se sentía ajusto con la humedad reinante en éstos.

Si ahora se promedian los estados de confort para cada una de las funciones analizadas, se descubrirá que sólo un 49.7% de los interrogados se siente bien.

C A P I T U L O V I

CONCLUSIONES
Y
RECOMENDACIONES

De lo estudiado en los capítulos anteriores se llegan a confirmar las premisas postuladas al principio del presente -- trabajo.

Como se observa en el capítulo V la gran mayoría de los entrevistados sentían frío en los locales, después de pasado algún tiempo (en éstos). Un alto porcentaje coincidió en afirmar -- que la temperatura del sitio era baja y que la velocidad del aire era alta.

Se puede establecer con toda certeza que si la temperatura del aire fuese unos 3°C más alta, la velocidad del aire no tendría las características de " chiflón " y por lo tanto sería agradable.

Se hace notar que estas sensaciones se percibieron en oficinas, donde la permanencia es superior a los 45 minutos, en bancos -- con una estancia de menos de 45 minutos y restaurants donde la estadía es entre 45 y 90 minutos.

Por el contrario no es el caso de cines y tiendas ya que en -- éstos se recibieron efectos de calor y baja velocidad del aire.

Un detalle bastante curioso fué, de que en todo sitio, un elevado porciento de interrogados estuvieron a gusto con la humedad del aire, en cambio, hay una gran discrepancia en lo que se refiere a temperatura y velocidad del aire.

Se recomienda que en oficinas, bancos y restaurants se aumente -- en 2 y 3°C la temperatura del local bajando un 10% la humedad --

relativa y mantener fija la velocidad del aire.

Para tiendas y cines bajar la humedad de un 10 a 15%, incrementar la velocidad del aire y mantener constante la temperatura del local.

Una de las grandes fallas encontradas fué de que no toman en cuenta la temperatura de las superficies del local y estas tienen gran influencia en el " bienestar térmico ".

Por último, en la " CARTA DE CONFORT " del capítulo 5 no se puede trazar una curva continua de GAUSS con sus regiones críticas, debido a que no se podían variar los parámetros.

BIBLIOGRAFIA

- (1) HOUGUTEN, F.C., *Heating Piping* 1931, pag. 193
- (2) BERESTNEFF, A., *Neue amerikanische Heizungs, Khlung und Luftungsmethoden fur gosse offentliche Raume, -- Gesundh.- Ing., vol. 55 (1932), pags. 503-506.*
- (3) BLACK, F.W., *Desirable Temperatures in Offices., J. Instn. Heat. and Vent. Engrs., vol. 22 (1954), pag.- 319.*
- (4) KOLINAR, A., *Die Strahlungsverhultnisse im beheizten --- Wohuraum. R. Oldenboug. Munich 1950.*
- (5) CAMMERER, J.S., y W. SCHULE, *Vergleichsmessungen zwischen Physiologischem und Physikalischem Prufverfahren der -- Warmeableitung Von Fussboden, Gesundh-Ing., vol. 78 (1957) pags. 251-252 y pags 266-270.- Die Fussbodentemperatur: warmetechnische Untersuchungen bei Versuchs- und Vergleichsbauten in Pforzheim, Bundes-Baubl., vol 7 (1958), fase 3, pags. 136-138.*
- (6) CAEMMERER, W., *Warmeschutz, aber richtig, Dtsch. Bauzentrum Colonia, 1958.*
- (7) DIN 4108: *Aislamiento térmico en la construcción, número 7.23.*
- (8) KAMM, H., *Die franzosischen und schweizerischen Regeln., Gesundh.-Ing. vol. 79 (1958) pags. 369-376.*
- (9) KRISCHER, O., *Neufassung der DIN 4701- wesentliche Anderungen und ihre Begrundung, Gesundh,- Ing.vol. 79 (1958), pags. 376-384.*

- (10) NIELSEN, M., y L. PEDERSEN, *Studies on the Heat Loss by Radiation and Convection from the Clothed Human Body - Acta Physiologica Scandinavica*, vol. 27, fase, 2-3, pags. 272-292 Estocolmo 1953
- (11) GHAI, M.A., *Principles of radiant heating for Comfort in Passenger Cars*. Rly Age. vol. 128, núm. 8, pag. 48, febrero 1950.
- (12) WENZEL, H.-G., y E.A. MULLER, *Untersuchungen der Bechaglichkeit des Raumklimas bei Deckenheizung*, *Int. Z. Physiol. einschl. Arbeitsphysiol.* vol. 16 (1957). pags. 335-355.
- (13) RONGE, H.E. y B.E. LOFSTEDT, *Radiant drafts from cold -- ceilings*, *Heat. Pip. Air Conditio.*, ASHAE, J. Sect. 29 - (1957), núm. 9, pag. 167.
- (14) TONNE F. *Schutzvor Hitze Handbuch des Bauwesens*, Deutsche Verlagsanstalt, Stuttgart, 1958, AYOUB. R. *controle Thermique naturel des locaux dans les tropiques et les regions temperees*. *Techniques et architecture*. 20 . Serie núm 2 - febrero 1960.
- (15) ROEDLER, F., *Die wahre Snneneinstrahlung auf Gebaude, ihre Ermittlung. Ausnutzung und Abwehr*. *Gesundh-Ing.* vol. 69 (1948) pags. 217-224 y vol. 74 (1953) pags. 337-350
- (16) BRADTKE, F. *Grundlagen für Planung und Entwurf von Klimaanlage*n, *Z. VDI* vol. 82 (1938) pags. 1473-1480.

- (17) SCHARLAU, K.Z., HYG, vol. 123 (1942), pag. 511.
- (18) LEUSDEN, F.P., y H. Freymark, Darstellungen der Raumbegleichheit für den einfachen praktischen Gebrauch, Gesundh.-Ing. vol. 72 (1951), pag. 271-273.
- (19) LINKE, W., Strömungsvorgänge in zwangsbelüfteten Räumen. VDI-BERICHTE. vol. 21 (1957) pgs. 29-39.
- (20) LIESE, W. Kritik und Praxis der Behaglichkeitsmessung, - Gesundh.- Ing. vol. 71 (1950), pags. 286-288.
- (21) ZUILEN, D., Klimaatregeling in Woningen en Werkruimten primer informe, II Ausg. Der Commissie Voor de Klimaatregeling in Gebouwen, Amsterdam, 1945.
- (22) ROEDLER, F., Hygienische Grundlagen der Klimatechnik, --- Gesundh.- Ing. vol. 78 (1957) pag. 7 figura 12.
- (23) PLANK, R. Der gegenwertige Stand der Klassifikation und objektiven Bewertung von Geschmacks- und Geruchsempfindungen. Die Chemie, Z. Ver. dtsh. Chem, fase 52, ed chemie Berlin, 1945.
- (24) LIESE, W. Bemessung der Lüftrale bei Lüftungsanlagen --- Gesundh.-Ing. vol. 71 (1953) pags. 254-255.
- (25) Gesundheitslechnische Gesellschaft Diskufiert Ozonisierung und Lüftung. Gesundh.-Ing. volumen 77 (1956) pags. 123-124
 EVER, H. Möglichkeiten und Grenzen der Lüfthygienischen ---- Ozonanwendung. Wehrdienst und Gesundheit, vol. 1 (1960) -- pags. 231-239.

- (26) KOCH. H. *Luftungs- und Absaugungsfragen im Betrieb*, 3 ed 1957. Verlag Bundesinstitut für Arbeitsschutz-Industrial Ventilation. Committee on Industrial Ventilation. Michigan (USA), P.O. BOX 453-Norma VDI 2051 *Ventilación de laboratorios* (1958).
- (27) *Informe del BMA (I-XII-1958)*. Arbeitsschutz 1958, fase 12, pag. 233.
- (28) GRUN, L., *Zum Problem der Luftdesinfektion unter besonderer Berücksichtigung neuer Physikalischer und chemischer Verfahren*, Weichh. Erg. Hyg. Vol. 29 (1955), pag. 623 y W.F. *Airborn contagion and aire hygiene*, Havard Univers Press, 1955 (abundantes datos).
- (29) ELFORT, W.J. y J.v.d. ENDEN, *Untersuchungen über den Wert des Ozons als Luftdesinfektionsmittel*, J. Hyg, vol. 42 (1942) pag. 240.
- (30) LIESE, W. *Luftdesinfektion vom Standpunkt der Luftungstechnik* Gesundh.- Ing. vol. 79 6 (1955), pags. 97-98.

BURGESS H. Jennigs & Samuel H Lewis " *Air Conditioning and Refrigeration*.-4o. Edition International TEXTBOOK Company Gabriel Barceco Ron-Avello " " *Sistemas de Aire Acondicionado y cálculo de Cargas* ".- Madrid-1969.

Eduardo Hernández Goribar " *Fundamentos de Aire Acondicionado --- y Refrigeración* " 1973 Editorial Lutusa.

ATLHOUSE, TURMUUIST BRAICLANO " Modern " Refrigeration and Air Conditioning.

Treybal E. Robert " Mass Transfer Operation " Edition 2nd Ed.
McGRAW-HILL KOGAKUSHA, Ltd.

- McCABE & SMITH " United Operation of Chemical Engineering Ed.
McGRAW- HILL Novaro.
- Rietsschel H. " Tratado de Calefacción, Ventilación y Acondicionamiento de Aire " Editorial Ed. Labor.

Entre las personas especializadas en la materia a quienes se consultó para la elaboración del estudio se encuentran:

ING. EDUARDO HERNANDEZ GORIBAR Prof. de la Facultad de Ingeniería de U.N.A.M. en Acondicionamiento de Aire.

ING. FERNANDO MAIZUI y al ING. JOEL HERNANDEZ de " Aire Ingeniería S.A. " División Proyectos e Instalaciones.

ING. ALEJANDRO ORTEGA de "Aire Acondicionado y Refrigeración".

ING. VICTOR MANUEL SERRATO de " Constructores Técnicos Unidos S.A. " .

ING. JORGE SIERRA de la IEM " División Aire Acondicionado " .

ING. LEMEN MEYER de " Climas y Refrigeración S.A. " .

ING. MARQUEZ de " Clima Confort S.A. " .

ING. ANGELES DE I.R.S.A. " División Aire Acondicionado " .