Informes de la Construcción Vol. 20, nº 198
Marzo de 1968

II índices de confort

A. ALAMAN, Dr. Ingeniero Industrial

070 - 4

sinopsis

En este artículo se describen los índices de confort utilizados con mayor frecuencia y se dan unas temperaturas de confort, normales en viviendas y oficinas.

El artículo es un resumen de la parte correspondiente a «Indices de confort», que figura en la Monografía número 268 de este Instituto, publicada recientemente.

En un artículo anterior expusimos algunas generalidades sobre el confort higrotérmico del cuerpo humano. Al apreciar en aquellas líneas la complejidad de los factores que intervienen en el confort térmico del hombre, se desprende la dificultad que entraña ligar todos estos factores en una fórmula para que su resultado nos proporcione un índice inequívoco de la confortabilidad del ambiente creado. Esta fórmula, a nuestro juicio, todavía no ha sido descubierta y no vemos posibilidad de que sea lograda.

Una prueba de esta complejidad y de la dificultad en resolverla, la tenemos en los múltiples trabajos que sobre el particular se han realizado con objeto de compensar lagunas de los anteriores. Muchos de estos trabajos han dado como resultado la aparición de índices de confort nuevos, que en la mayoría de los casos no han mejorado los anteriores, sino que han recogido condiciones límites que aquéllos no abarcaban.

Existen, como decimos, varios índices de confort, de los que podríamos separar nueve de ellos, los cuales, manejados cada uno en su ámbito de aplicación, nos pueden proporcionar una idea bastante aproximada de las condiciones higrotérmicas necesarias para un determinado ambiente. Si ésta la complementamos con la aplicación de conceptos no traducibles a fórmulas, sobre distribución de temperaturas, diferencias y gradientes en el campo habitable, etc., podemos llegar a obtener un ambiente confortable para la mayoría de los sujetos que lo habitan. Pretender que esta mayoría de personas coincida con la totalidad de ellas (cuando el número de personas es elevado) es una ambición loable, cuyo logro es prácticamente imposible de conseguir, ya que en los múltiples estudios realizados sobre el particular no se ha llegado a encontrar un ambiente confortable para todos ellos.

Los índices mencionados anteriormente son los reseñados en la tabla adjunta, en la que se indican los límites de aplicación:

INDICE	CAMPO DE APLICACION		
	Temperatura seca	Temperatura húmeda	Velocidad del viento (m/s)
Temperatura efectiva (1), (2) y (3)	0-48	0-48	0,1-3,5
Temperatura equivalente (2) y (3)	0-48	0-48	0,1-3,5
Calor equivalente (3)	5-37	5-27	0-0,50
Temperatura resultante (1) y (3)	18-45	18-45	0,1-3,0
Temperatura operativa (3)	10-37	—	0-2,5
Predicción de sudor en 4 horas	27-55	15-36	0,05-2,5
Indice de efecto fisiológico	19-35	10-30	0,5-1,5
Indice de tensión por calor	27-60	15	0,25-10
Indice de tensión térmica	25-50	15-36	0-4

(1) No utilizable cuando el efecto de la radiación es grande, salvo que se emplee un termómetro global en lugar del de temperatura seca.

(2) No recomendable para estancias prolongadas.

(3) Sólo para personas en reposo o trabajo muy ligero.

© Consejo Superior de Investigaciones Científicas
Licencia Creative Commons 3.0 España (by-nc)
http://informesdelaconstruccion.revistas.csic.es

De estos índices describiremos los más utilizados: temperatura efectiva, temperatura resultante y el índice de tensión por calor.

Temperatura efectiva

Este índice está basado en las sensaciones de confort o inconfortabilidad producidas en las personas, teniendo en cuenta el efecto de la temperatura seca, la humedad y el movimiento del aire.

Fue deducido en 1925 por Houghten, Yaglon y Muller, partiendo de experiencias con sujetos a los cuales se les hacía pasar de un ambiente a otro, anotando sus sensaciones. Dos ambientes tienen la misma temperatura equivalente, cuando al pasar de uno a otro un individuo no aprecia diferencia térmica entre los dos.

El hecho de que la medida se haya efectuado momentos después de entrar los sujetos en el segundo ambiente, hace que este índice no sea recomendable para fijar la sensación de los sujetos en estancias largas, ya que, para tiempos de permanencia superiores, la influencia de cada una de las variables mencionadas varía y el gráfico, como veremos más adelante, se deforma.

El índice viene dado en forma de temperatura. El valor del índice para un ambiente dado es la temperatura de un ambiente saturado de humedad, con el aire en reposo, cuya sensación térmica sea igual a la del ambiente estudiado.

El valor de la temperatura efectiva se deduce del gráfico de la figura 1. Los mejores resultados son los conseguidos para ambientes en los que las paredes están a una temperatura sensiblemente igual a la del aire, y es más preciso en la zona de temperaturas elevadas.

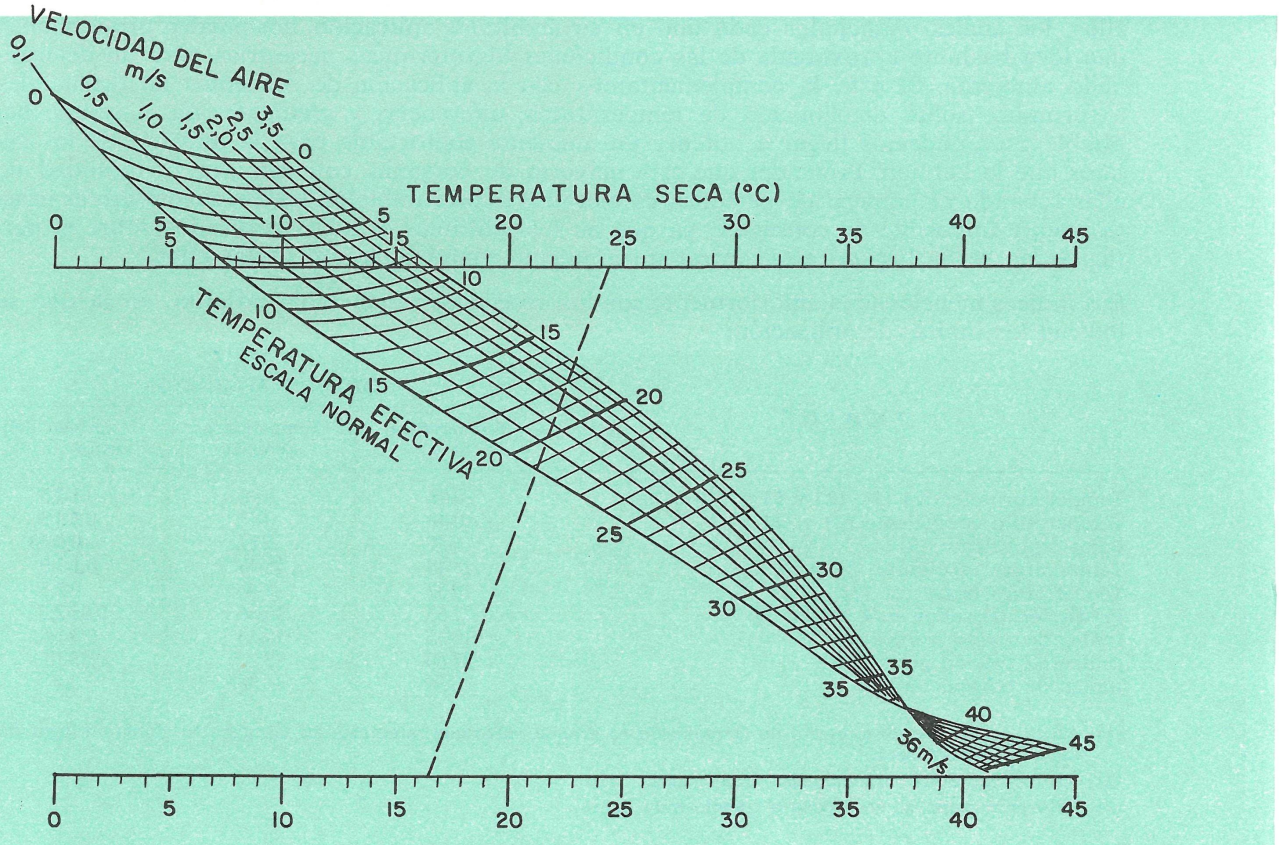

Fig. 1. Temperatura efectiva.

© Consejo Superior de Investigaciones Científicas
Licencia Creative Commons 3.0 España (by-nc)
http://informesdelaconstruccion.revistas.csic.es

Temperatura resultante

Missenard en Francia, tratando de corregir las anomalías que presentaba la temperatura efectiva para estancias prolongadas, puso a punto un nuevo índice, basado en las mismas sensaciones que el anterior, pero preguntando la sensación sentida por los sujetos inmersos en el ambiente que estudiaba, después de 3 horas de permanencia en él.

La hipótesis de Missenard de que la influencia de la humedad y de la velocidad del viento en la sensación térmica es distinta cuando se lleva cierto tiempo en un ambiente que cuando se acaba de entrar en él, se vio confirmada por los resultados. En la figura 2 se refleja la sensación térmica de personas vestidas con trabajo ligero. Su discrepancia con la temperatura efectiva se aprecia fácilmente comparando las figuras 1 y 2.

La diferencia se comprende fácilmente, sobre todo para temperaturas elevadas. Por ejemplo, una persona vestida, sudando, aunque sea ligeramente, no nota los efectos debidos a la evaporación del sudor hasta que sus vestidos, saturados más o menos, no han llegado a un equilibrio con el nuevo ambiente.

Las limitaciones de este ábaco son las mismas que el de la temperatura efectiva, salvo, naturalmente, el tiempo de permanencia.

Tanto para este índice como para la temperatura efectiva, pueden utilizarse para confort las temperaturas que se indican en la tabla que se incluye al final.

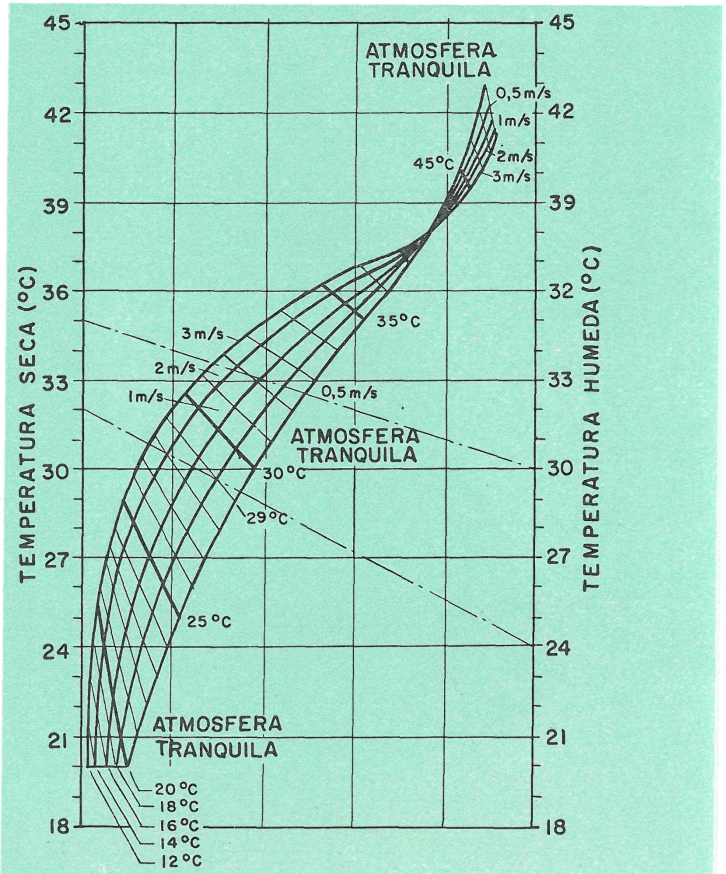

Fig. 2. Temperatura resultante.

Indice de tensión por calor (Heat stress index)

Este índice, debido a Belding y Hatch (1933), se funda y viene valorado por la relación E/E_{max}, siendo E la cantidad de calor que el sujeto debe evacuar por evaporación, para mantener su equilibrio térmico, y E_{max}, la máxima cantidad de calor que puede eliminar por este concepto en el ambiente.

La cantidad de vapor E que un individuo debe evacuar depende del clima ambiental y del metabolismo. La cantidad E_{max} que puede evacuar viene fijada por la tensión del vapor de agua del ambiente y la velocidad del aire. Si estos dos últimos parámetros permiten una evaporación superior a la que permite el límite fisiológico, entonces E_{max} viene determinada precisamente por este límite, cuyo valor, según los autores, es de 600 calorías/hora para una jornada de 8 horas.

Para la confección de este índice se partió de cálculos teóricos de intercambio de calor entre el hombre y el ambiente.

© Consejo Superior de Investigaciones Científicas
Licencia Creative Commons 3.0 España (by-nc)
http://informesdelaconstruccion.revistas.csic.es

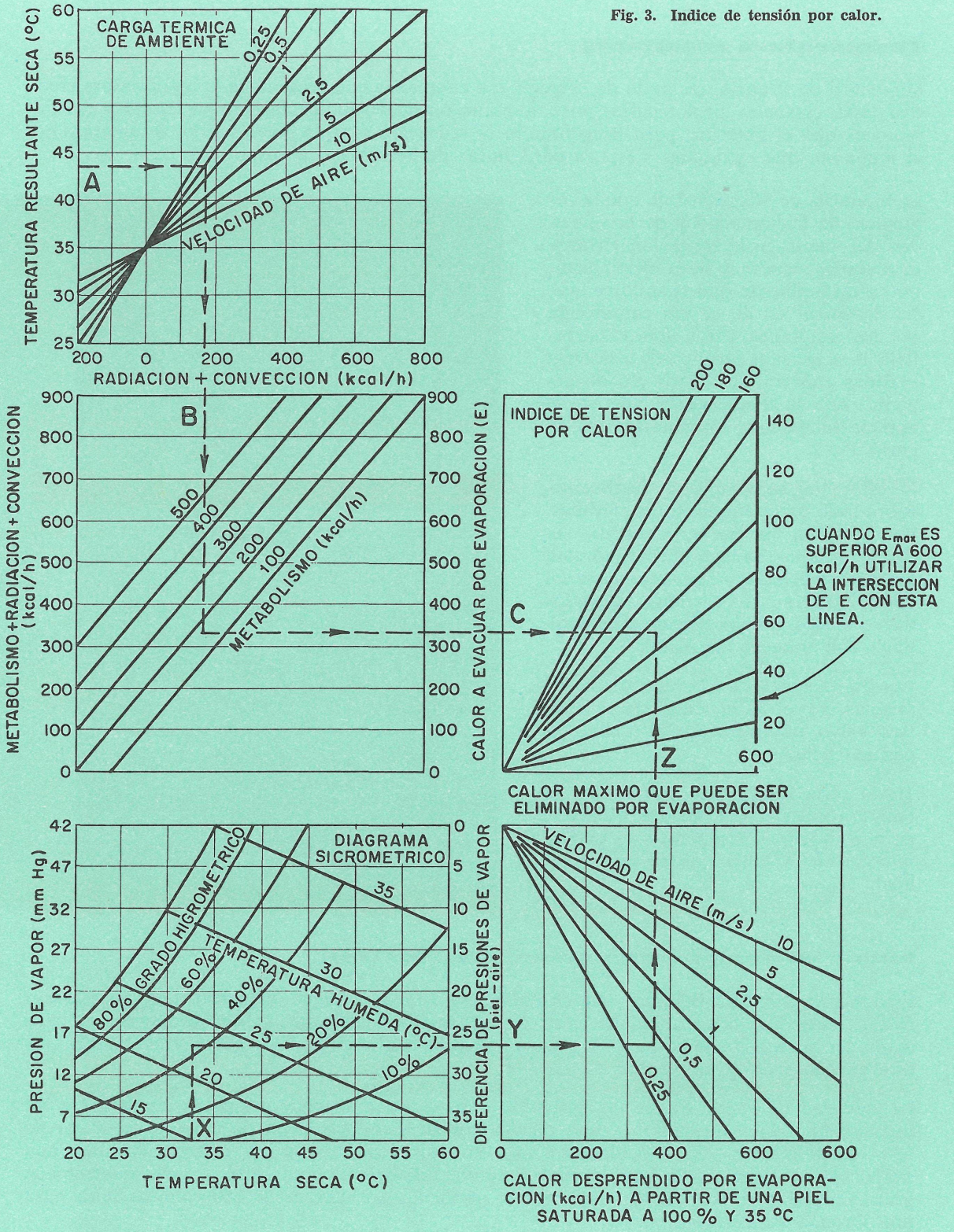

Fig. 3. Indice de tensión por calor.

En la figura 3 se ha dibujado un ábaco con el que se puede determinar este índice de tensión por calor.

© Consejo Superior de Investigaciones Científicas
Licencia Creative Commons 3.0 España (by-nc)
http://informesdelaconstruccion.revistas.csic.es

En este ábaco, la cantidad de calor que un hombre debe eliminar por sudor viene dada de acuerdo con los gráficos A y B, utilizados conjuntamente. En estos dos gráficos se tiene en cuenta la temperatura resultante seca, la velocidad del aire y el metabolismo.

La posibilidad de evacuación del sudor viene obtenida por los gráficos X e Y del ábaco. Para obtener esta posibilidad de evaporación se parte de la humedad absoluta del ambiente, obtenida en el ábaco psicométrico (X) a partir de los datos de que dispongamos (temperatura seca, temperatura húmeda, humedad relativa), la que juntamente con la velocidad del viento (Y) nos determina la posibilidad de evaporación.

Los datos de intercambio de calor individuo-ambiente se han tomado partiendo de un individuo medio, de 1,72 metros de estatura y un peso de 70 kilogramos.

Los valores del metabolismo según las distintas actividades pueden obtenerse de la siguiente tabla:

EVALUACION DEL METABOLISMO ENERGETICO PARA DIFERENTES ACTIVIDADES
(hombre de 70 kg y 1,86 m² de superficie del cuerpo)

ACTIVIDAD		kcal/hora
	Sueño	63
	Reposo sentado	100
Trabajo ligero	Sentado, con movimientos moderados de brazos y tronco (trabajo de oficina, escritura a máquina)	113 a 138
	Sentado, con movimientos moderados de brazos y piernas (por ejemplo, conducción de un coche)	138 a 163
	Derecho, trabajo ligero con una máquina, especialmente con los brazos	138 a 163
Trabajo moderado	Sentado, movimientos enérgicos de pies y manos	163 a 200
	Derecho, trabajo ligero con una máquina o en banco, con desplazamiento a pie	163 a 200
	Desplazamiento a pie con manejo de una carga moderada	250 a 350
Trabajo duro	Elevación, empuje o tracción intermitente (por ejemplo, trabajo con una pala)	350 a 500
	Trabajo muy duro ininterrumpido	500 a 600

En cuanto al significado de los índices obtenidos, reproducimos aquí el indicado por los propios autores. Las sensaciones señaladas corresponderían a la de sujetos con 8 horas en el ambiente, con la actividad que se indica:

Indice de tensión de calor	Efectos en un individuo con 8 horas en el ambiente
— 20	Molestias ligeras por frío. Condiciones frecuentes en ambientes en donde los hombres se recuperan de una exposición al calor
0	No existe molestia térmica
+ 10 + 20 + 30	Molestia térmica de ligera a moderada. Descenso más o menos grande en el rendimiento si se hacen trabajos de tipo intelectual o que requieren atención. Débil descenso de la capacidad para la realización de trabajos pesados (a menos que la capacidad del individuo sea ya marginal sin que exista tensión térmica alguna)

© Consejo Superior de Investigaciones Científicas
Licencia Creative Commons 3.0 España (by-nc)
http://informesdelaconstruccion.revistas.csic.es

Indice de tensión de calor	Efectos en un individuo con 8 horas en el ambiente
+ 40 + 50 + 60	Molestia importante que puede amenazar la salud si los hombres no están en buena forma física. Necesidad de un descenso para hombres no aclimatados. Descenso en la capacidad médica para eliminar a hombres que padezcan trastornos cardiovasculares, o respiratorios, o dermatitis crónica. Estas condiciones no son adecuadas para un trabajo intelectual permanente
+ 70 + 80 + 90	Molestia muy pronunciada. Soportable únicamente por un pequeño porcentaje de individuos. Selección necesaria por examen médico, o por ensayo en el lugar de trabajo (después de aclimatación). Necesidad de realizar medidas de las pérdidas de agua y de sal para reponerlas. Es recomendable mejorar, por todos los medios posibles, las condiciones de trabajo, lo cual disminuirá los riesgos contra la salud y mejorará el rendimiento. Una ligera indisposición que no tendría importancia en otras actividades, puede inutilizar al trabajador para estas condiciones
+ 100	Molestia máxima soportable cotidianamente por hombres jóvenes, robustos y aclimatados

Cuando la exposición de un individuo es intermitente, el índice de tensión puede obtenerse hallando una media ponderada según el tiempo de cada índice parcial. Así, si un obrero está trabajando 3 horas con un índice de 70, 2 con uno de 20 y 3 reposando, el índice total equivalente será:

$$\frac{70 \times 3 + 20 \times 2}{8} = 31 .$$

Estas medidas hay que hacerlas con cierta precaución, ya que, sobre todo si la diferencia entre unos y otros índices utilizados es grande, no puede evaluarse el resultado como una media.

Se refiere este índice a hombres sanos, y para un hombre tipo medio. El índice crece con la talla y el peso.

TEMPERATURAS RECOMENDABLES EN INVIERNO

TIPO DE LOCAL	Temperatura
— Espacios generales a varios edificios:	
Hall de entrada	17
Huecos escalera	17
Pasillos	17
Retretes	17
Baños	20
— Bancos:	
Hall general	20
Oficinas	20
Almacenes no ocupados	10
Cajas fuertes	10
— Bares	18
— Bibliotecas:	
Salas de lectura	20
Almacén de libros	16
— Cafeterías	18
— Cantinas	17
— Cines	18
— Colegios:	
Clases	18
Salas de reunión	17
Gimnasio	15
Laboratorio	18
Salas de estudio	19
Comedores	18
Vestuarios	17
Entradas, escaleras y pasillos	17
— Cuarteles:	
Dormitorios generales	15
Salas de estar	19
Comedores	18

© Consejo Superior de Investigaciones Científicas
Licencia Creative Commons 3.0 España (by-nc)
http://informesdelaconstruccion.revistas.csic.es

TIPO DE LOCAL	Temperatura
— **Escuelas:**	
Botiquín	20
Vestuarios duchas	19
Aulas	18
Salas de juego para niños	18
Habitaciones comunes	18
Habitaciones profesores	18
Salón de actos	17
Comedores	17
Guardarropas	16
Pasillos	17
Gimnasio	15
Retretes	17
— **Fábricas:**	
Oficinas	20
Vestuarios	17
Retretes	17
Comedores	17
Salas de trabajo:	
Trabajo sentado	19
Trabajo ligero de pie	17
Trabajo pesado	16
Fundiciones	15
— **Galerías de arte**	17
— **Gimnasios**	15
— **Hospitales:**	
Salas generales	22
Salas de recuperación	23
Dormitorios (estancia todo el día)	22
Dormitorios (estancia sólo por la noche)	15
Salas de estar	21
Salas para ancianos e impedidos	22
Comedores	21
Salas de estar (personal de plantilla del hospital)	21
Dormitorios (personal de plantilla del hospital)	15
Quirófanos	29-32
Salas Rayos X	22
Baños	20
Cocinas y lavaderos	16
Retretes	20
— **Hoteles:**	
Habitaciones generales	21
Comedores	20
Salas de baile	20
Dormitorios	18
Dormitorios-estar	20
Salas-estar	20
Retretes	18
Baños	20
Cocinas y lavaderos	16
Habitaciones de servicio	18

TIPO DE LOCAL	Temperatura
— **Hostales y posadas:**	
Comedores	19
Habitaciones comunes	20
Dormitorios	15
Dormitorios-estar	19
— **Iglesias y capillas**	18
— **Juzgados** (salas de juicio)	20
— **Lavanderías**	17
— **Museos**	17
— **Oficinas:**	
Oficinas generales	20
Oficinas privadas	20
Archivos	15
— **Pabellón de deporte:**	
Vestuarios	22
Piscinas	24
Gimnasio	15
Salas de baile	18
Comedores	18
— **Residencias:**	
Salas de reunión	17
Gimnasio	15
Salas de estudio	19
Biblioteca	19
Habitaciones comunes	19
Comedores	18
Dormitorios	15
Entrada, escaleras y pasillos	17
Baños	19
— **Restaurantes**	20
— **Salas de baile**	18
— **Salas de banquetes**	20
— **Salas de exposición**	17
— **Salas de reuniones y asambleas**	17
— **Teatros**	18
— **Tiendas de pintura**	22
— **Tiendas y salas de exposición:**	
Locales	18
Locales de prueba de vestidos	21
Almacenes	15
— **Viviendas:**	
Salas de estar	20
Dormitorios	15
Habitaciones servicio	18
Despensa	10
Vestíbulo y pasillo	18
Dormitorios-estar	20
Comedor	20
Retretes y aseos	18
Baño	20

© Consejo Superior de Investigaciones Científicas
Licencia Creative Commons 3.0 España (by-nc)
http://informesdelaconstruccion.revistas.csic.es

Indices de confort

A. Alamán, Dr. ingénieur industriel

Cet article décrit les indices de confort utilisés le plus fréquemment et donne des températures de confort normales pour les logements et bureaux.

C'est un résumé de la partie correspondant aux «Indices de confort», qui figure dans la monographie n.° 268, publiée récemment par cet Institut.

Comfort index

A. Alamán, Dr. industrial engineer

In this article a description is given of the comfort indexes most often adopted, and comfort temperatures that are usual in dwellings and offices are cited.

The article is a summary of part of the «Comfort Indexes» given in Monograph n.° 268, published by this Institute recently.

Indices für das Wohlbefinden

A. Alamán, Industrieingenieur

In diesem Artikel werden die am häufigsten verwendeten Indices für das Wohlbefinden beschrieben, und es werden geeignete Temperaturangaben für Wohnräume und Büros gemacht.

Der Artikel stellt eine Zusammenfassung des Berichtes «Indices für das Wohlbefinden» dar, der kürzlich in der Monographie Nr. 268 dieses Instituts veröffentlicht wurde.

© Consejo Superior de Investigaciones Científicas
Licencia Creative Commons 3.0 España (by-nc)
http://informesdelaconstruccion.revistas.csic.es