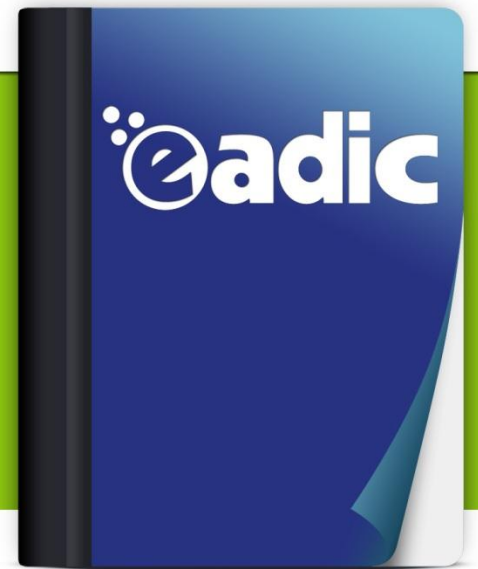


**Cuadernos de
formación**



**Tema 3.
Arquitectura
bioclimática**

TEMA 3. CONFORT AMBIENTAL

1. Confort ambiental. Conceptos generales
2. Confort térmico
3. Confort lumínico
4. Confort acústico
5. Confort olfativo
6. Confort psicológico

1 CONFORT AMBIENTAL. CONCEPTOS GENERALES

1.1 MEDIO AMBIENTE

Según la definición de Louis Goffin, (La Problematique de l'environnement, Bruselas, F.U.L. 1984.) *“Medio Ambiente es el sistema dinámico definido por las interrelaciones físicas, biológicas y culturales, percibidas o no, entre el hombre y los seres vivientes y todos los elementos del medio, ya sean naturales, transformados o creados por el hombre”* en un lugar y tiempo determinados.

Partiendo de este concepto, el medio ambiente, aunque está integrado por todos los elementos y variables, puede dividirse a su vez en:

- Medio ambiente natural: El cual incluye todos los elementos bióticos y abióticos en los que no interviene el hombre.
- Medio ambiente social o humano: El medio en el que se desarrolla el hombre y que incluye factores sociales, culturales, políticos, económicos, etc.
- Medio ambiente artificial: El que ha sido creado o modificado por el hombre.

El hombre interactúa constantemente con el medio ambiente, tanto con el natural, como con el social y el artificial, modificándolo constantemente, de ahí la vital importancia de un equilibrio en las interrelaciones con los medios.

El medio ambiente determina el comportamiento físico y psicológico del hombre, por lo que además se convierte en un factor clave, determinante en la salud, bienestar y confort del individuo.

1.2 SALUD Y CONFORT

El término "confort" es un galicismo cuyo significado puede asimilarse al concepto de bienestar, aunque éste parece ser más amplio y relacionado directamente con la salud.

La Organización Mundial de la Salud define la salud como *“el estado de completo bienestar físico, mental y social del individuo y no solamente la ausencia de afecciones o enfermedades”*.

Por otra parte, podemos describir el confort como el estado físico y mental en el cual el hombre expresa satisfacción (bienestar) con el medio ambiente circundante.

Como se puede apreciar no existe diferencia significativa entre las dos definiciones, sin embargo conceptualmente la primera se refiere a un estado temporal más amplio (aunque no permanente) y además abarcando aspectos que no son considerados por el segundo.

La palabra confort se refiere, en términos generales, a un estado ideal del hombre que supone una situación de bienestar, salud y comodidad en la cual no existe en el ambiente ninguna distracción o molestia que perturbe física o mentalmente a los usuarios.

No obstante, a lo largo de la historia, la idea de confort ha evolucionado de manera que en distintos períodos ha asumido diferentes significados. Inicialmente, el término confort fue sinónimo de confortar, consolar o reforzar, pues éste era el significado de su raíz latina “confortare”. En el siglo XVII, la idea de confort estuvo vinculada con lo privado, con la intimidad y, a su vez, se relacionaba con la domesticidad. En el siglo XVIII, esta palabra dio más relevancia al ocio y a la comodidad, mientras que en el siglo XIX se tradujo como la calidad y el comportamiento de los elementos en los que intervenía lo mecánico: luz, calor y ventilación. Fue en los primeros años del siglo XX cuando las llamadas ingenieras domésticas subrayaron la eficiencia y la comodidad como la idea de confort y, en los años siguientes se planteó el confort como algo que podía ser cuantificado, analizado y estudiado [Rybczynski, 1992].

El confort se refiere de manera más puntual a un estado de percepción ambiental momentáneo (casi instantáneo), el cuál ciertamente está determinado por el estado de salud del individuo, pero además por muchos otros factores, los cuales se pueden dividir en forma genérica en dos grupos:

Los factores endógenos, internos o intrínsecos del individuo, y factores exógenos o externos y que no dependen del individuo; entre los cuales podemos destacar los siguientes:

Factores internos que determinan el confort

Raza, sexo, edad, características físicas y biológicas, salud física o mental, estado de ánimo, grado de actividad metabólica, experiencia y asociación de ideas, etc.

Factores externos que determinan el confort

Grado de arropamiento, tipo y color de la vestimenta, factores ambientales como temperatura del aire, temperatura radiante, humedad del aire, radiación, velocidad del viento, niveles lumínicos, niveles acústicos, calidad del aire, olores, ruidos, elementos visuales, etc.

Bajo éste concepto el término «*Confort Ambiental*» puede parecer un pleonasma, ya que por definición se incluye la interrelación del individuo con el medio ambiente. Sin embargo, confort ambiental es un término que excluye algunos factores psicológico-sociales determinantes del confort, tales como la tensión y el estrés ocasionados por la falta de trabajo, dinero o adecuadas condiciones laborales, etc.

Es decir que el confort ambiental define sólo a aquellos factores ambientales naturales o artificiales que determinan un estado de satisfacción o bienestar físico o psicológico.

Si bien el confort se obtiene a través de la integración de todos los factores, con fines prácticos, se divide en varios tipos de acuerdo al canal de percepción sensorial que se involucra; de tal forma se cuenta con los siguientes tipos de confort: Térmico, Lumínico, Acústico, Olfativo y Psicológico.

De estos tipos de confort, los tres primeros, el confort térmico, el lumínico y el acústico son los que principalmente influyen en la percepción de un individuo de un espacio, y pueden ser tratados y modificados por la arquitectura. El confort olfativo tiene que ver con la arquitectura en alguna medida, sobre todo en la limitación de la existencia de

humedades o infiltraciones que puedan provocar malos olores. En cuanto al confort psicológico, se refiere a la percepción global que tiene el cerebro de toda la información sensorial que recibe del medio ambiente y por tanto interactuando los demás tipos de confort.

La contaminación influye de manera directa en la salud del individuo, en su percepción ambiental y por lo tanto en la obtención del confort. Ésta es percibida a través de los distintos sentidos, afectándolos fisiológicamente, interfiriendo con su funcionamiento en forma temporal o permanente o afectando y modificando la interpretación de los estímulos sensoriales. En algunos casos la afectación del confort se da de forma directa, en otras es indirecta, ya que en primera instancia se afecta a la salud y consecuentemente al confort.

1.3 CALIDAD TÉRMICA DEL AMBIENTE

El Reglamento de Instalaciones Térmicas de la Edificación (RITE) determina que la calidad térmica del ambiente se considera satisfecha en el diseño y dimensionado de la instalación térmica si los parámetros que definen el bienestar térmico, se mantiene en la zona ocupada dentro de los valores establecidos.

Los parámetros que definen el bienestar son por una parte los parámetros propios del ambiente, temperatura, humedad relativa, corriente de aire, etc., y por otra parte los relacionados con las personas, cómo están vestidas, qué actividad están desarrollando, qué sensación térmica tienen, etc.

Lo primero es definir lo que el RITE entiende por "Zona ocupada" en el interior de la cual se deben mantener las condiciones térmicas: es el volumen destinado para la ocupación humana, delimitado por planos verticales paralelos a las paredes y un plano horizontal que define la altura a las siguientes distancias de las superficies interiores del local:

- Límite inferior desde el suelo: 5 cm
- Límite superior desde el suelo: 180 cm
- Paredes exteriores con ventanas o puertas: 100 cm
- Paredes interiores y exteriores sin ventanas: 50 cm
- Puertas y zonas de tránsito: 100 cm

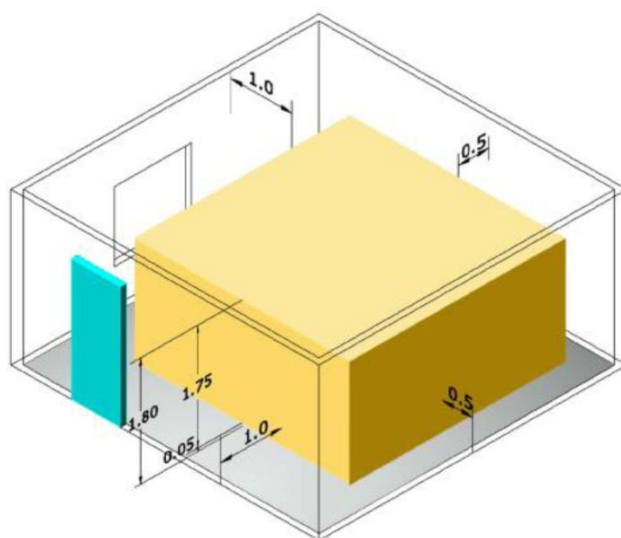


Figura 1. Volumen de la zona ocupada

No se considera zona ocupada los lugares donde puede haber importantes variaciones de temperatura con respecto a la media y corrientes de aire en la cercanía de las personas, como: zonas de tránsito, zonas próximas a puertas de uso frecuente, zonas próximas a cualquier tipo de unidad terminal que impulse aire y zonas próximas a aparatos con fuerte producción de calor.

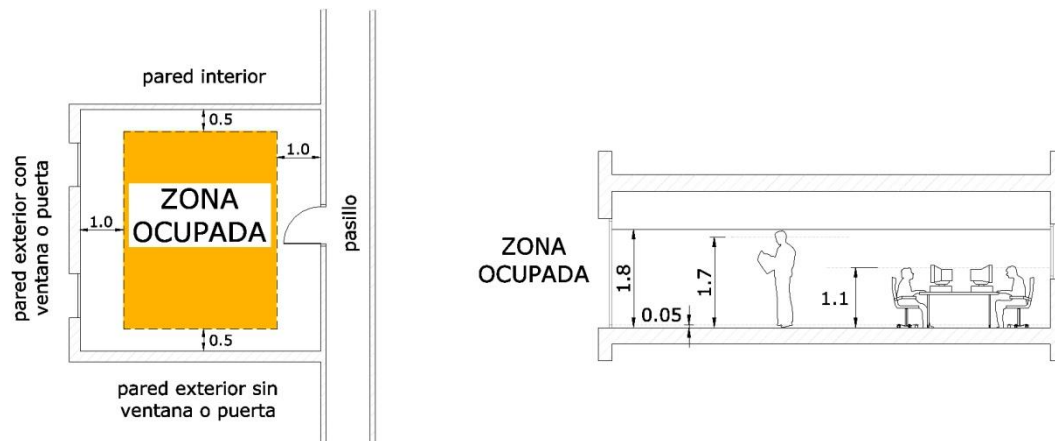


Figura 2. Zona ocupada

1.4 PARÁMETROS Y FACTORES DE CONFORT

Los parámetros de confort son aquellas condiciones propias del lugar que inciden en las sensaciones de los ocupantes. Se sostiene que estas condiciones pueden variar con el tiempo y el espacio y, pueden clasificarse en:

1. Parámetros Ambientales:

- Temperatura seca del aire
- Temperatura relativa
- Humedad relativa
- Velocidad media del aire
- Temperatura radiante media

2. Parámetros Arquitectónicos:

- Adaptabilidad del espacio
- Contacto visual y auditivo

Los parámetros ambientales son muy importantes y quizás son los que se han estudiado con mayor énfasis, ya que como pueden ser medidos se han determinado rangos y valores estándar dentro de los cuales se pueden mantener unas condiciones de bienestar para el individuo. Además, resulta evidente la influencia directa que

tienen sobre las sensaciones de las personas y sobre las características físicas y ambientales de un espacio, sin ser determinante el uso y las actividades que allí se generan.

Los parámetros arquitectónicos están directamente relacionados con las características de las edificaciones y la adaptabilidad del espacio, el contacto visual y auditivo que le permiten a sus ocupantes.

1.4.1 Parámetros Ambientales

TEMPERATURA SECA DEL AIRE

La temperatura del aire constituye uno de los parámetros principales para determinar el grado de confort térmico de un espacio y se refiere básicamente al estado térmico del aire a la sombra. Es uno de los parámetros fundamentales, ya que para poder determinar si las personas sienten frío o calor en un lugar es necesario contar con los datos de temperatura y humedad. Estos datos se remiten a gráficas ya desarrolladas en las cuales se puede estimar con cierta fiabilidad la zona en la cual la mayor parte de las personas se encontrarían confortables. Además, con estos datos se puede determinar si un espacio de la vivienda, o la vivienda en general, se mantiene dentro de rangos adecuados o no.

Se entiende por temperatura seca del aire, la temperatura del aire, prescindiendo de la radiación calorífica de los objetos que rodean ese ambiente concreto, y de los efectos de la humedad relativa y de los movimientos de aire.

Distintos especialistas han definido los valores de la temperatura del aire que consideran como aceptables en el interior de los diferentes espacios de la vivienda, aunque en algunos casos estos valores varían según el tipo de actividades que se realizan. ITEC, OCT-COAC i Departament de Construccions Arquitectòniques I ETSAB,1998 recomienda valores de temperatura según la estación del año: 21°C en invierno y 26°C en verano, aunque admite una cierta fluctuación de acuerdo a las características de los usuarios y de las actividades desarrolladas en el espacio, así como de los valores de la humedad relativa.

Media de % de HR	T media mensual superior a 20°C		T media mensual de 15 a 20°C		T media mensual inferior a 15°C	
	Día	Noche	Día	Noche	Día	Noche
0-30	26-34	17-25	23-32	14-23	21-30	12-21
30-50	25-31	17-24	22-30	14-22	20-27	12-20
50-70	23-29	17-23	21-28	14-21	19-26	12-19
70-100	22-27	17-21	20-25	14-20	18-24	12-18

Tabla 1. Límites de confort térmico según Mascaró (1983)

Fuente: Mascaró, Lucía R. (1983) Luz, clima y arquitectura. La Plata, Argentina: Facultad de arquitectura y urbanismo de la Universidad Nacional de la Plata. p. 183.

TEMPERATURA OPERATIVA

Según la norma UNE-EN 12792, es la temperatura teórica uniforme de un recinto en el que un ocupante intercambiaría la misma cantidad de calor por radiación y convección que en el recinto real no uniforme.

La temperatura operativa es el parámetro utilizado para obtener el índice PMV (voto medio estimado) en las tablas del anexo C (normativo) de la Norma UNE-EN ISO 7730, para distintas combinaciones de actividad metabólica, ropa, temperatura operativa y velocidad relativa del aire.

La temperatura operativa (TO), se obtiene como la media aritmética entre la temperatura seca del aire (TS) y la temperatura radiante media (TR) de los cerramientos del local:

$$TO = \frac{TS + TR}{2}$$

Los valores de la temperatura operativa (°C), según las categorías del Informe CEN CR 1752 Y DE LA NORMA UNE-EN 15251, para una actividad metabólica de 1,2 met, una humedad relativa del 50% y baja velocidad del aire se indican en la tabla siguiente, en comparación con los valores fijados por el RITE.

Norma	UNE-EN 15251	CR 1752	PPD (%)	Clo 0,5	Clo 1
Categoría	I	A	<6	25,5	21,0
	II	B	<10	26,0	20,0
	III	C	<15	27,0	19,0
	IV	NO EXISTE	> 15		

Tabla 2. Valores de la temperatura operativa
Fuente: Informe CEN CR 1752 y UNE-EN 15251 (°C)

RITE	Clo 0,5	Clo 1
	23,0	21,0
	24,0	22,0
	25,0	23,0

Tabla 3. Valores de la temperatura operativa Informe RITE (°C)

En la siguiente figura se indican, según la norma UNE-EN 15251, los límites de temperatura operativa en verano, sin sistema mecánico de ventilación, de tres categorías de ambiente térmico en un edificio con ventanas operables, considerando una actividad sedentaria (1 a 1,3 met) y libre elección de grado de vestimenta (clo):

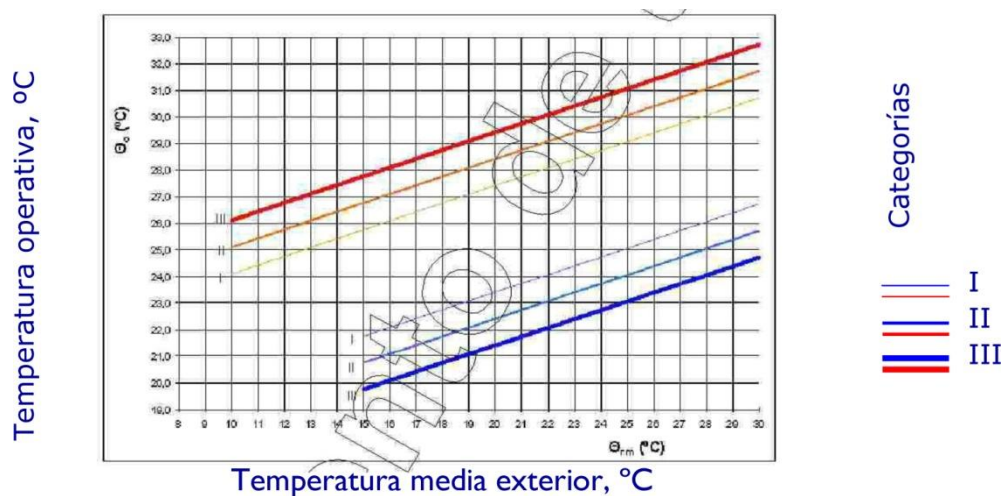


Figura 3. Límites de temperatura operativa en verano

HUMEDAD RELATIVA

La humedad relativa es otro de los parámetros de importancia para determinar el nivel de confort de un espacio, ya que afecta en gran medida la sensación térmica. Asimismo, es uno de los parámetros sobre el que se puede incidir directamente a través de la aplicación de una serie de correcciones en el diseño o bien con la incorporación de determinados sistemas de acondicionamiento.

Es entendida como la cantidad de agua que contiene el aire, por lo que si su valor es elevado durante un día de calor puede afectar negativamente la sensación térmica de un espacio ya que impide que las personas pierdan calor por evaporación de agua, generando cierta incomodidad por el sudor. Pero, si este porcentaje de humedad relativa es muy bajo, el organismo también responde negativamente debido a que se puede deshidratar. No obstante, en algunos casos la elevación de la humedad relativa hasta alcanzar valores medios hace que la humedad de la piel se evapore más fácilmente y el vapor cedido al respirar sea mayor incidiendo positivamente en el proceso de refrigeración del cuerpo al ceder el calor.

Los rangos de humedad relativa considerados apropiados, al igual que los de temperatura del aire, suelen ser muy discutidos. Algunos investigadores consideran cierto rango a lo largo de todo el año y en todo tipo de edificación, mientras que otros señalan que, debido a los cambios estacionales y a la reacción psicológica y fisiológica del hombre, es lógico pensar que los valores considerados apropiados varían del invierno al verano y, además, indican diferentes valores según el tipo edificatorio, según sus espacios y las actividades que se estén realizando.

En la tabla siguiente se indican, de acuerdo con la norma UNE-EN 15251, los criterios de diseño, recomendados para la humedad relativa en espacios ocupados si están instalados los sistemas de humidificación o deshumidificación, según la categoría:

Norma	UNE-EN 15251	HR con deshumectación	HR con humidificación
Categoría	I	50%	30%
	II	60%	25%
	III	70%	20%
	IV	> 70%	< 20%

Tabla 4. Humedad relativa según UNE-EN 15251

Los valores indicados son válidos en espacios donde la humedad relativa viene impuesta por la ocupación humana.

Por razones de bienestar e higiene son inadmisibles los valores por debajo del 35% y por encima del 65%. Según la norma UNE-EN 15251, el valor de la humedad específica en el interior de los edificios nunca debe superar 12 g/kg.

TEMPERATURA RADIANTE MEDIA

Se trata de un parámetro ambiental que con frecuencia se minusvalora a la hora de evaluar las edificaciones existentes, así como en el diseño de nuevas viviendas. No obstante, en espacios cerrados puede ser un parámetro determinante, ya que influye directamente en el nivel de la temperatura de sensación.

Según la norma UNE-EN 12792, es la temperatura superficial teórica uniforme de un recinto en el que un ocupante intercambiaría la misma cantidad de calor radiante que en el recinto real no uniforme.

Es definida como la temperatura media irradiada por las superficies envolventes desde un espacio a su interior. Teniendo presente que el calor por radiación se intercambia cuando existen diferencias de temperaturas, generalmente desde un cuerpo caliente a uno frío, la temperatura radiante de las paredes, el suelo y la cubierta de una habitación puede dar una sensación de calor o frío a sus ocupantes independientemente de la temperatura del aire contenido en su interior. Es por esta circunstancia que la temperatura radiante no solamente debe ser considerada en la evaluación de las viviendas, sino que además puede ser aprovechada como un principio para prever sistemas de calefacción o refrigeración que se tengan que introducir en el reacondicionamiento.

Cuando la radiación de calor, que puede ser producida por un elemento puntual o por toda una serie de superficies de la vivienda, excede significativamente la temperatura ambiente, aumenta la incomodidad y reduce la capacidad de trabajo de los usuarios en verano. Sin embargo, durante el invierno, esta situación puede ser aprovechada para mejorar las condiciones interiores. Si la suma de la temperatura de las superficies de un espacio es mayor que la temperatura de una persona, ésta sentirá calor, pero

por el contrario si es más baja, sentirá frío. En este caso lo que sucederá es que el calor corporal será irradiado hacia las superficies envolventes. No obstante, en épocas de frío, ésta es una de las formas de transmitir calor de un modo más confortable, ya que no se trata de calentar el aire sino de irradiar energía infrarroja de un modo muy similar a como recibimos la radiación solar.

Como puede apreciarse, la temperatura radiante es un parámetro muy valioso para el análisis del comportamiento térmico de un espacio, la determinación de los posibles niveles de confort, así como para el posterior acondicionamiento de las viviendas. No son muchos los rangos establecidos para la temperatura radiante en viviendas, aunque el programa Life [ITEC, OCT-COAC i Departament de Construccions Arquitectòniques I ETSAB,1998] sostiene que ésta debe equivaler a un valor muy cercano al de la temperatura del aire, de donde la diferencia entre la temperatura ambiente y las paredes no debe ser superior a 3°C, mientras que con el techo no debe ser mayor a 2°C, a excepción de las superficies vidriadas, puertas o claraboyas.

VELOCIDAD DEL AIRE

Para el reacondicionamiento pasivo de viviendas, la velocidad del aire constituye un parámetro muy valioso, pues produce corrientes que pueden ser aprovechadas para refrescar o calentar los espacios. Sin embargo, hay que tener presente que, dependiendo de la velocidad y la procedencia del aire que llega a la vivienda, estas corrientes pueden resultar un inconveniente más que una ventaja, especialmente en invierno. Por lo tanto, el objetivo del reacondicionamiento será proteger los diferentes espacios de estas masas de aire. En el caso de que la temperatura del aire esté por debajo de la temperatura de la piel, la velocidad del mismo provocará una pérdida de calor que generará una sensación de frescura pero, si es al revés, el cuerpo tomará calor del aire.

Además, la velocidad del aire es una preexistencia ambiental que puede ayudar a reducir la humedad y favorecer la ventilación de los espacios de la vivienda, modificando, con su frecuencia y con su fuerza, la sensación térmica de las personas.

Las sensaciones pueden ser positivas o negativas, dependiendo de la relación de este parámetro con la temperatura y la humedad del lugar, así como de las condiciones de los habitantes. Asimismo, hay que tener presente que diferentes velocidades del movimiento del aire pueden ser apreciadas de modos muy distintos por las personas.

VELOCIDAD DEL AIRE	SENSACIÓN
Menos de 15/18 km/h (4/5 m/s)	no se percibe
De 18 a 30 km/h (5/8 m/s)	agradable
De 30 a 60 km/h (8/16 m/s)	agradable con acentuada percepción
De 60 a 90 km/h (16/25 m/s)	corriente de aire desde soportable a molesta
Más de 90 km/h (más de 25 m/s)	no soportable

Tabla 5. Relación velocidad del aire y percepción

Al respecto Olgyay (1998) señala que los límites convenientes de la velocidad del aire se definen por los efectos generados en el hombre. Estos límites pueden observarse en la tabla 6, en la cual se indican las percepciones del hombre a determinadas velocidades del viento:

VELOCIDAD DEL AIRE	IMPACTO PROBABLE
Hasta 15m/min.	Inadvertido
15 a 30m/min.	Agradable
30,5 a 61m/min.	Generalmente agradable, pero se percibe constantemente su presencia.
61 a 91m/min.	De poco molesto a muy molesto
Por encima de 91m/min	Requiere medidas correctivas si se quiere

Tabla 6. Efectos del viento sobre el hombre

1.4.2 Factores Ambientales

Definimos los factores de confort como aquellas condiciones propias de los usuarios que determinan su respuesta al ambiente. Son independientes de las condiciones exteriores y, más bien, se relacionan con las características biológicas, fisiológicas, sociológicas o psicológicas de los individuos. Se pueden clasificar del modo siguiente:

FACTORES PERSONALES:

- Metabolismo o actividad metabólica (Alimentación, Actividad)
- La Ropa (Grado de aislamiento)
- Porcentaje estimado de insatisfechos, PPD
- Sexo, Edad y Peso (constitución corporal)
- Aclimatación (Tiempo de permanencia)
- Color de la piel
- Salud
- Historial térmico, lumínico, visual y acústico Mediato e Inmediato (Situación geográfica, época del año)
- Tiempo de permanencia

FACTORES SOCIO-CULTURALES

- Educación
- Expectativas para el momento y lugar considerados

FACTORES PERSONALES

1. METABOLISMO O TASA METABÓLICA (M).

El metabolismo es un factor térmico que está relacionado con la capacidad del cuerpo humano de producir calor de un modo semejante al de un motor. Uno de los conceptos más explícitos sobre el mismo es el que aparece en el diccionario Larousse (1999), en el cual se afirma que el metabolismo es el “*conjunto de transformaciones que experimentan las sustancias absorbidas por un organismo vivo: reacciones de síntesis, llamadas anabólicas, y reacciones de degradación que liberan energía, catabólicas*”. Es a esta producción continua de energía la que se denomina metabolismo, metabolismo energético o tasa metabólica, la cual corresponderá a valores diferentes según la influencia de variables como el nivel de actividad de la persona, la edad, el sexo, el color de la piel u otras.

En los diversos estudios sobre el nivel de actividad y el metabolismo, que se han llevado a cabo hasta hoy, se han llegado a establecer algunos valores del gasto energético, por lo que se pueden encontrar una gran cantidad de tablas. Estas tablas son muy utilizadas por los especialistas, ya que permiten un cálculo bastante aproximado del metabolismo y del gasto energético, según la intensidad del trabajo, la posición, los movimientos del cuerpo y las actividades específicas.

Es de destacar que en las investigaciones llevadas a cabo hasta el presente se ha analizado el metabolismo en función del desarrollo de actividades que requieren un esfuerzo físico considerable o de una total inactividad, pero no se ha tomado en cuenta en el desarrollo de estas tablas la energía consumida por esfuerzos de tipo intelectual.

Según la norma europea UNE-EN 12792, la actividad metabólica se define como la tasa de producción de energía del cuerpo que varía con cada tipo de actividad.

Unidad metabólica: $1 \text{ met} = 58,2 \text{ W/m}^2$ superficie piel

Factor metabólico de una persona adulta en descanso

Un adulto normal tiene una superficie de $1,7 \text{ m}^2$ y una persona en el confort térmico con un nivel de actividad de 1 met tendrá una pérdida de calor de aproximadamente 100 W.

En nuestra vida cotidiana, estamos continuamente disipando energía calorífica producida por nuestro organismo, normalmente con el fin de desarrollar infinidad de trabajos mecánicos (respirar, levantarse de la silla...)

Mientras dormimos nuestra actividad metabólica es de 0,8 met y durante actividades deportivas se llega frecuentemente a 10 met. La norma UNE-EN ISO 8996:2005 contiene valores aplicables a las distintas actividades.



Figura 4. Ejemplos de Factor metabólico

El proceso metabólico convierte energía química en calor, y lo hace en una cantidad suficiente para que nuestro cuerpo siga funcionando. Esta energía también se destina a la ejecución de trabajos mecánicos externos (levantar peso, desplazar objetos...) pero en su mayor parte se transformará en calor interno, por lo que se suele desechar su valor.

Por tanto, se puede considerar:

- Balance interno de calor = Energía metabólica - Trabajo externo
- Balance interno de calor ~ Energía metabólica

Es práctica habitual utilizar el met como unidad de medida de la tasa de actividad metabólica. Como hemos visto antes, el met se define como el metabolismo de una persona sentada y sin una actividad especial y su equivalencia con otras unidades es:

$$1 \text{ met} = 58,15 \text{ W/m}^2 = 50 \text{ kcal/h}\cdot\text{m}^2$$

Se puede apreciar que en la anterior expresión que el met es la relación entre la potencia térmica (W ó kcal/h) y la superficie corporal. Para el cálculo de una aproximación a nuestra superficie corporal "SC" podemos emplear la ecuación de DuBois & DuBois, usando como parámetros, nuestra altura "H" y el peso "P":

$$SC = 0,202 \times P^{0,425} \times H^{0,725}$$

Se estima que la superficie corporal media de la población es de 1,8 m², aunque por supuesto, varía de un individuo a otro. Por ejemplo, dos personas con una altura H igual a 1,70 m., pero con distinto peso P de 60 y 100 kg, tendrán superficies corporales SC de 1,69 y 2,10 m² respectivamente.

Es decir, el met no es una unidad absoluta de la actividad metabólica, sino una unidad de tasa metabólica (más bien de potencia térmica) relativa a la superficie de piel de nuestro cuerpo.

De forma aproximada, y relativizando, podemos decir que el metabolismo de cualquier persona sentada y sin una actividad especial será:

$$\text{Producción metabólica} / SC = 1 \text{ met} = 58,15 \text{ W/m}^2 = 50 \text{ kcal/h}\cdot\text{m}^2$$

Sin embargo, en términos absolutos, y siguiendo con el ejemplo anterior, podemos observar cómo una persona obesa tiene un gasto energético muy superior debido a su metabolismo, aunque en principio no afecte a la sensación térmica de modo significativo:

H = 1,70 m, P = 60 kg.

Producción metabólica = 1,69 met·m² = 98,27 W = 84,5 kcal/h

H = 1,70 m., P = 70 kg.

Producción metabólica = 1,80 met·m² = 104,67 W = 90,0 kcal/h (valor medio)

H = 1,70 m., P = 100 kg.

Producción metabólica = 2,10 met·m² = 122,12 W = 105,0 kcal/h

La norma UNE-EN ISO 7730, citada por el Reglamento de Instalaciones Térmicas de Edificios (RITE), presenta una relación de los valores para la producción de energía metabólica en función de la actividad desarrollada por el individuo.

PRODUCCIÓN DE ENERGÍA METABÓLICA			
Actividad	Valor		
	met	W/m ²	kcal/h·m ²
Tendido y en reposo	0,8	46,5	40
Sentado y en reposo	1,0	58,2	50
Actividad ligera, sentado (oficina, hogar, escuela, laboratorio)	1,2	69,8	60
Actividad ligera, de pie (de compras, laboratorio, industria ligera)	1,6	93,0	80
Actividad media, de pie (vendedor, tareas domésticas, trabajo con máquinas)	2,0	116,3	100
Marcha en llano a 2 km/h	1,9	110,5	95
Marcha en llano a 3 km/h	2,4	139,6	120
Marcha en llano a 4 km/h	2,8	162,8	140
Marcha en llano a 5 km/h	3,4	197,7	170

Tabla 7. Producción de energía metabólica

2. LA ROPA

La ropa constituye un factor de protección y obstaculización energética frente a la radiación solar, las bajas temperaturas y el viento, por ello incide en el equilibrio térmico entre una persona y el medio que le rodea. En algunos casos el efecto puede ser positivo, pero en otros negativo, debido a las disminuciones o a los incrementos de los efectos del exterior sobre un individuo. Esto dependerá de las características de las telas y de la cantidad de ropa que influyen en el grado de aislamiento del cuerpo.

A pesar de la importancia que pudieran tener las características de las telas sobre el confort térmico, no existen estudios en los cuales se haya llegado a determinar los valores exactos de la influencia de la ropa, pues las investigaciones se han orientado hacia el nivel de aislamiento o la cantidad de ropa que protege al cuerpo. Son muchas las investigaciones que se han hecho al respecto; algunas de ellas han llegado a determinar los valores de resistencia (r -ropa) en $m^2 \text{ } ^\circ\text{C}/ \text{W}$ y de conductancia (k) en $\text{W}/m^2\text{ } ^\circ\text{C}$ según el nivel de arropamiento.

Aunque, como se puede ver la unidad más utilizada es la del nivel de arropamiento o de aislamiento térmico, que se conoce como *clo*, de donde $1 \text{ clo} = 0,155 \text{ m}^2\text{ } ^\circ\text{C}/ \text{W}$, y que equivale al traje de un oficinista.

Según la norma europea UNE-EN 12792, se define el grado de arropamiento como la resistencia a la pérdida de calor sensible del cuerpo proporcionada por el conjunto de la vestimenta. El vestido se clasifica según su valor de aislamiento.

La escala del Clo va desde una persona desnuda $\text{Clo} = 0,0$ a alguien que lleva un traje comercial típico que tiene un $\text{Clo} = 1,0$. Según la norma UNE-EN ISO 10551, una vez conocida la vestimenta de las personas y los valores del Clo de las prendas individuales, el Clo total es su suma.

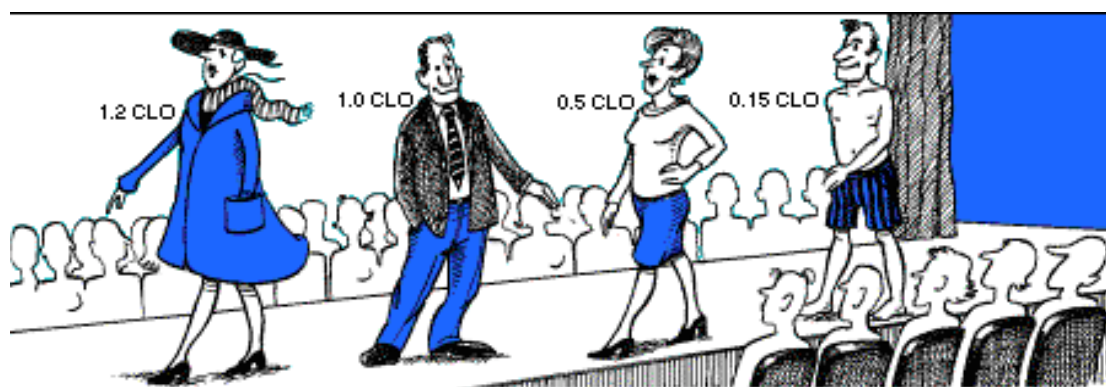


Figura 5. Ejemplos de grado de arropamiento.

Rodríguez Mondelo (1997) define la unidad *clo* “como el aislamiento necesario para mantener confortable a una persona que desarrolle una actividad sedentaria (menos de $60\text{W}/m^2$) a una temperatura de 21°C ”. Esto se puede calcular si se conoce la vestimenta de las personas, ya que al sumar los valores Clo de cada una de las prendas tendremos el nivel de arropamiento total de una persona.

Al igual que para el cálculo del metabolismo, también se han elaborado tablas con valores para las distintas prendas. Se han llegado a determinar algunos valores de clo según el tipo de ropa, la resistencia térmica de las distintas prendas, el grado de conductividad del calor, etc.

3. PORCENTAJE ESTIMADO DE INSATISFECHOS, PPD.

El índice PPD (Porcentaje Estimado de Insatisfechos, del inglés “Predicted Percentage of Dissatisfied”), es el valor que indica el porcentaje de un grupo numeroso de personas que se sienten insatisfechos por la sensación térmica corporal y proporciona datos sobre la incomodidad o insatisfacción térmica basándose en la estimación del porcentaje de personas susceptibles de sentir demasiado calor o demasiado frío en unas condiciones ambientales dadas.

El porcentaje de insatisfechos debido a la falta de bienestar del local se mide en %.

En función del porcentaje de insatisfechos y de acuerdo con el Informe CEN CR 1752 y la norma UNE-EN 15251, el ambiente térmico se define por las categorías incluidas en la tabla siguiente:

Norma	UNE-EN 15251	CR 1752	PPD (%)	DESCRIPCIÓN
Categoría	I	A	< 6	Nivel elevado, recomendado para espacios ocupados por personas muy sensibles y delicadas, como enfermos, niños, mayores, etc.
	II	B	< 10	Nivel normal; debería ser usado para edificios nuevos y reformas
	III	C	< 15	Nivel aceptable, a usar para edificios existentes
	IV	NO EXISTE	> 15	Valores fuera de los criterios de bienestar, que se pueden emplear durante un período limitado de tiempo

Tabla 8

Para cada espacio existe una temperatura operativa óptima correspondiente a un porcentaje de insatisfechos inferior al 5%, dependiendo de la actividad y la ropa de los ocupantes, en la figura se muestran los límites de bienestar para distintas temperaturas operativas óptimas en función de los parámetros de actividad y ropa.

Las zonas sombreadas corresponden a la zona de bienestar alrededor de la temperatura óptima con el margen de tolerancia indicado.

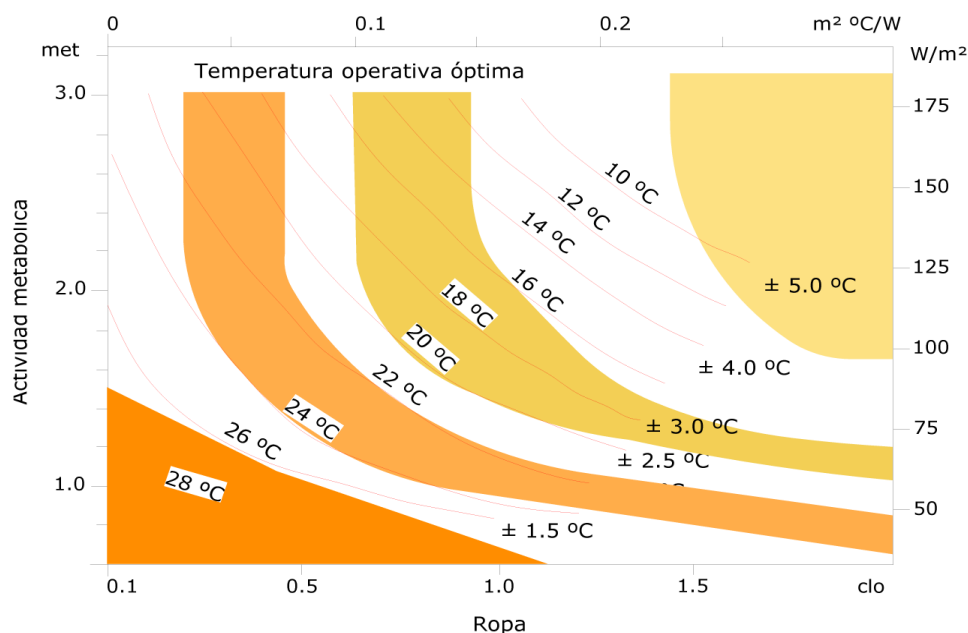


Figura 6

4. SEXO, EDAD Y PESO (Y/O CONSTITUCIÓN CORPORAL)

Estos tres factores pueden ser considerados como factores de tolerancia, ya que llegan a determinar el nivel de adaptación térmica de las personas y sus sensaciones térmicas. Estas sensaciones a su vez se manifiestan a través del calor, frío o sofoco, los cuales pueden llegar a imposibilitar la recuperación física de un individuo ante cualquier trabajo mental o físico.

De los tres, hasta la actualidad, el peso o la constitución corporal es el único empleado en el cálculo del intercambio de calor entre una persona y su medio; no obstante, éste es utilizado en razón de la superficie, donde el valor de la superficie corporal está dado en razón del peso y la altura de la persona.

La edad y el sexo han sido estudiados en diversas investigaciones sobre el confort térmico. Sin embargo, los resultados obtenidos no se han incorporado a las fórmulas de balance térmico. De hecho, existen discrepancias entre los diversos estudios elaborados, pues mientras algunos sostienen que hay diferencias en las sensaciones térmicas según la edad o el sexo, hay quienes manifiestan que estas diferencias son poco significativas.

5. EL COLOR DE LA PIEL

El color de la piel es un factor que no ha sido muy estudiado, pero se sabe que éste influye en la forma como se intercambia calor en forma de radiación. Existen estudios que indican que la piel blanca refleja un 50 o 60% de las radiaciones de onda larga y un 20 o 30% las de onda corta, mientras que la piel negra lo hace en porcentajes inferiores.

Además, en la medida en que la piel es más oscura más se calienta por el sol, pero menos radiación deja pasar, dispersando el calor por radiación, así como por conducción, convección y evaporación del sudor al exterior, y por conducción al interior.

Como puede notarse, este factor puede ser muy relevante, pero no ha sido estudiado en profundidad y, de hecho, no se han establecido valores que puedan incidir directamente sobre la fórmula de bienestar térmico. Hasta hoy, en ninguna de las tablas o gráficas de cálculo de confort térmico se toma en consideración esta variable.

6. SALUD:

Cuando se habla de la salud como un factor personal que incide en el confort térmico es porque las enfermedades pueden provocar un aumento de la temperatura del cuerpo humano, como en el caso de la fiebre, que puede llevar a una persona a temperaturas corporales de 40-44°C, valores que pueden generar daños irreversibles.

Del mismo modo, la salud es importante frente a estimulaciones de frío o de calor, ya que, como se ha mencionado anteriormente, el organismo ante ellas responde con una serie de mecanismos fisiológicos de regulación térmica como pueden ser la vasoconstricción ante el frío o la vasodilatación frente al calor; la sudoración, producto de una respuesta de las glándulas sudoríparas; los temblores o tiritonas que permiten que el cuerpo eleve su temperatura corporal de modo natural, etc. Por tanto, para que el hombre sea capaz de soportar grandes diferencias de temperatura o condiciones térmicas extremas es necesario que posea una buena salud que le garantice una respuesta adecuada a estos cambios o estas exigencias ambientales sin afectar en gran medida su organismo.

Como puede observarse en las gráficas de confort, la salud es una variable que no es tomada en cuenta y, por lo tanto, hasta el momento, no incide en los rangos de confort establecidos por los diferentes especialistas o por las normativas. Por consiguiente, no se incluye en el presente trabajo de investigación.

7. ACLIMATACIÓN

La aclimatación es un factor de tipo personal importante en el análisis de las respuestas fisiológicas del hombre al clima, ya que puede incidir en la producción metabólica de calor durante el período en que se está expuesto ante determinadas condiciones de frío o calor. Sin embargo, es un aspecto para el que no se han establecido valores que puedan ser utilizados en las fórmulas de estimación del índice de confort.

El hombre al ser expuesto a elevadas o bajas temperaturas, en un primer momento, muestra un aumento considerable de su metabolismo basal, pero con el tiempo puede ir reduciendo la producción de calor al acostumbrarse o aclimatarse a ciertos valores de temperatura, llegando incluso a modificar sus niveles de confort.

Aunque se desconocen datos específicos referidos a la aclimatación del cuerpo humano al calor, que puedan ser utilizados en el índice de confort, algunos estudios

han llegado a establecer que en países con climas como el tipo mediterráneo, donde se dan las cuatro estaciones, las personas modifican su sentido de apreciación del calor o del frío según la variación del ritmo vital en la medida en que se adaptan al nuevo período estacional. Serra y Coch (1995), por ejemplo, sostienen que la situación geográfica influye en la sensibilidad térmica de una persona, pues si vive en un país frío tolerará más las bajas temperaturas y menos las altas. Asimismo, de acuerdo a la época del año, una misma temperatura puede generar sensaciones muy distintas; en efecto, el frío se tolerará mejor en invierno que en verano cuando se sentirá más.

Dentro de este grupo, los más analizados, e incluso cuantificados, han sido los factores personales; tal vez, porque ha sido más fácil ver y cuantificar su repercusión en el confort. De hecho, se han establecido algunas fórmulas y formas de medición que han ayudado a parametrizar estos factores con el objetivo de evaluar las condiciones de un lugar en función de las características del usuario y de las actividades que lleva a cabo.

Por su parte, los socio-culturales, por ser factores más subjetivos, El confort en el reacondicionamiento bioclimático son más difíciles de medir y solamente han permitido una evaluación cualitativa. En concreto, hasta hoy no se han elaborado parámetros que permitan de un modo o de otro cuantificar la influencia de estos factores en los requerimientos de confort, aunque existen estudios, más bien de tipo sociológico, que aseguran una marcada influencia de estos factores en las sensaciones de confort.

8. HISTORIAL TÉRMICO.

Por historial térmico se entiende la estancia espacial y temporal en distintos ambientes térmicos, la cual influye en la percepción actual del ambiente térmico. Esto debido a que en parte nuestros sentidos funcionan por comparación o contraste.

En una escala inmediata esto se da cuando por ejemplo entramos en un sitio climatizado a 25° C y nosotros venimos del exterior a 30° C o más, en el primer momento los 25° C nos causan una sensación de frío, cuando después de unos minutos la misma temperatura la percibimos como comfortable.

En una escala mediata están los cambios ambientales estacionales, en los que el organismo se va aclimatando conforme el tiempo cambia lo que hace que toleremos más el frío o el calor.

9. TIEMPO DE PERMANENCIA.

El tiempo de permanencia afecta a la percepción del ambiente en el sentido de que el organismo al exponerse a condiciones de calor o de frío, tiene que realizar una labor para obtener un equilibrio térmico, ya sea para disipar más calor o evitar la pérdida de este. Esto implica un desgaste físico que el cuerpo no puede mantener indefinidamente. Y si la cantidad de calor perdida o ganada es inferior a la que puede producir o disipar el cuerpo, la masa de este incrementara o disminuirá su temperatura lo que por supuesto no se puede mantener indefinidamente. Mientras más extremas sean las condiciones más rápido se llegara a este límite, llamado Estrés Térmico.

Pero no solo las condiciones extremas causan el estrés térmico, también un tiempo de permanencia prolongado puede llevar a situaciones semejantes, por ejemplo, si nos exponemos a un ambiente con una temperatura de 5°C por 5 minutos, con vestimenta media y con una actividad ligera soportaremos esto sin ningún problema, pero si el tiempo de permanencia fuera 1 u 8 horas la mayoría de las personas tendríamos problemas para soportarlo.

Si hacemos un cálculo para los diferentes índices de confort podemos observar como el tiempo de permanencia afecta la percepción del ambiente.

FACTORES SOCIO-CULTURALES.

1. EXPECTATIVAS DE CONFORT.

Las expectativas de confort dependen de varias circunstancias, primero, del lugar en que se esté, si es interior o exterior, si se está en un interior nuestras expectativas serán mucho más altas que si estamos en un exterior por lo que tenderemos a notar más la pérdida o ganancia de calor, la velocidad del aire, la temperatura radiante incluida la del sol, la humedad relativa etc.

Otra circunstancia que influye en nuestra percepción del ambiente térmico es si nosotros decidimos exponernos a unas condiciones ambientales determinadas. Los ejemplos más claros los tenemos en las actividades de esparcimiento y deportivas, por ejemplo, tomar el sol en una playa ó esquiar en nieve, en estas dos actividades nos exponemos por periodos de tiempo considerables a condiciones que están muy lejos de lo que se considera confort pero las aceptamos o incluso más, las disfrutamos cuando estas mismas no las toleraríamos en un espacio cerrado o impuestas por otras circunstancias ajenas a nosotros.

Es claro que en situaciones extremas como puede ser una guerra o un desastre natural, nuestra tolerancia a las condiciones ambientales adversas aumenta extraordinariamente, siendo en estos momentos nuestras prioridades otras, como mantenernos con vida o a los nuestros. Con la época del año también cambian nuestras expectativas de confort, especialmente en las regiones del planeta donde las condiciones entre unas y otras épocas del año son más acentuadas, 18° C en un interior en invierno pueden ser bastante tolerables mientras que en verano talvez necesitemos 4 ó 5 grados más para sentirnos confortables. Y también tenemos el caso contrario que 30° C en verano lo podemos tomar como normal y en invierno nos parecería demasiado caluroso.

Evidentemente no en todas las sociedades se tienen o se pueden tener las mismas expectativas de confort, debido a las diferencias culturales y económicas. Parece que mientras más urbana y más rica sea una sociedad tendrá unas expectativas de confort más altas.

2 CONFORT TÉRMICO

El confort térmico es una de las variables más importantes a tomar en consideración en el reacondicionamiento bioclimático de los edificios. Se refiere principalmente a las condiciones de bienestar en el individuo, pero desde el punto de vista de su relación de equilibrio con las condiciones de temperatura y humedad en un lugar determinado. No obstante, además de la temperatura y humedad del aire se ha de evaluar el estado del movimiento del aire y la temperatura de las superficies envolventes de las viviendas, ya que estas variables no solamente influyen sobre las primeras, sino que además afectan directamente a quienes las habitan.

Para comprender el comportamiento térmico del cuerpo humano ante los factores ambientales es necesario conocer algunos aspectos fisiológicos. El cuerpo humano es un organismo sumamente complejo que tiene que desarrollar múltiples funciones para mantener su equilibrio e interactuar adecuadamente con su entorno. En oposición a los animales de sangre fría, cuya temperatura se adapta a la del medio ambiente, el hombre debe mantener constante su temperatura corporal (entre 36.5 °C y 37.5 °C) bajo cualquier condición climática. La energía necesaria para lograr ésta autorregulación se obtiene a través de la oxidación de los alimentos.

La mayoría de los procesos bioquímicos implicados en la formación de tejido, en la conversión de energía y el trabajo muscular (procesos metabólicos) son exotérmicos, es decir, producen calor. La producción total de calor metabólico puede dividirse en: metabolismo basal, es decir, la energía calorífica producida por todas las transformaciones implícitas en los procesos automáticos y vegetativos; y el metabolismo muscular que es la energía calorífica producida por los músculos al llevar a cabo un trabajo controlado de manera consciente.

La cantidad de energía calorífica producida por metabolismo basal varía muy poco sea cual sea la actividad que desarrolle el individuo, sin embargo la energía producida por metabolismo muscular depende directamente del grado de actividad que se tenga.

Son múltiples los estudios sobre el confort térmico; de hecho, se han llegado a desarrollar fórmulas, tablas y gráficas que permiten de un modo o de otro hacer aproximaciones sobre las posibles condiciones de confort térmico de un lugar si se tienen algunos datos de los factores y de los parámetros ambientales ya mencionados.

2.1 MODELOS DE CONFORT TÉRMICO

Cuando se habla de confort térmico es necesario considerar las relaciones que existen entre el medio ambiente térmico y las sensaciones fisiológicas y psicológicas que experimentan las personas frente las condiciones impuestas por ese ambiente.

Los estudios de estas relaciones se han desarrollado bajo dos enfoques distintos:

- A partir modelos de balance térmico del cuerpo. Este método de cálculo se basa en el confort térmico en estado estable, obtenido a partir de investigaciones en cámaras climáticas de ambiente controlado. Es decir que estos estudios se basan, de manera preponderante, en las respuestas fisiológicas del organismo.

- A partir de modelos de adaptación. Los cuales se derivan de estudios “en campo” es decir en condiciones reales y en relación al confort térmico de estado estable. Este método asume que la gente se adapta o trata de adaptarse a las condiciones térmicas modificando su comportamiento o las condicionantes ambientales inmediatas; es decir que hace ajustes en su arropamiento, postura, horario de actividades, niveles de actividad, dieta, bebidas, ventilando, etc. Además de ajustes psicológicos inconscientes. A continuación se muestran algunas de las acciones de adaptación y sus efectos en términos de los parámetros determinantes del confort.

COMPORTAMIENTO	EFEECTO	COMP.
Quitarse o ponerse una saco	Cambio de arropamiento ± 0.35 Clo	± 2.2 K
Usar ropa holgada o ajustada	Cambio de arropamiento ± 0.26 Clo	± 1.7 K
Quitarse la corbata y desabotonar la camisa	Cambio en arropamiento ± 0.13 Clo	± 0.8 K
Cambiar tipo de silla de oficina	Cambio en arropamiento ± 0.05 Clo.	± 0.3 K
Permanecer sentado o caminar alrededor	Variación en metabolismo ± 0.4 Met	± 3.4 K
Nivel de estrés	Variación en metabolismo ± 0.3 Met	± 2.6 K
Vigor en las actividades	Variación en metabolismo ± 0.1 Met	± 0.9 K
Diferentes posturas	Variación en metabolismo $\pm 10\%$ Met	± 0.9 K
Consumir bebidas frías	Variación en metabolismo $- 0.12$ Met	$+ 0.9$ K
Consumir bebidas o alimentos calientes	Variación en metabolismo $+0.12$ Met	$- 0.9$ K
Encender un ventilador de mesa	Variación en velocidad del aire $+ 2.0$ m/s	$+ 2.8$ K
Encender un ventilador de techo	Variación en velocidad del aire $+ 1.0$ m/s	$+ 2.2$ K
Abrir una ventana	Variación en velocidad del aire $+ 0.5$ m/s	$+ 1.1$ K

Tabla 9. Efectos de distintos comportamientos de adaptación sobre las temperaturas óptimas de confort.

Fuente: Oseland, N. *Adaptive Thermal Comfort Models*, BRE, Building Services Journal, Dec 1998

En ambos modelos el movimiento de aire o la ventilación es un factor importante en la percepción de confort.

En el campo del diseño bioclimático y del reacondicionamiento de edificaciones, el conocimiento y la utilización de los elementos de transmisión térmica son de primera importancia y, en modo alguno deben ser ignorados, ya que para mantener la temperatura corporal interior se debe dar un proceso de búsqueda del equilibrio entre

la cantidad de calor producido y ganado por el cuerpo y el disipado hacia el ambiente gracias a los mecanismos de transferencia necesarios.

Es con este fin que, previo a la realización de propuestas de reacondicionamiento de las viviendas, se plantea la necesidad de observar su comportamiento, en lo que a la transmisión térmica se refiere, para prever los posibles intercambios de calor a los que podría enfrentarse una persona en diferentes épocas del año y, de este modo, desarrollar propuestas que permitan mejorar las condiciones del lugar.

2.2 TÉCNICAS PARA EVALUAR UN AMBIENTE TÉRMICO.

El estudio del confort térmico ha permitido el desarrollo de diferentes índices térmicos subjetivos y objetivos, así como gráficas que pretenden identificar el modo de incidencia de los diferentes factores y parámetros sobre el equilibrio térmico.

Los siguientes son los más utilizados:

ÁBACO PSICOMÉTRICO

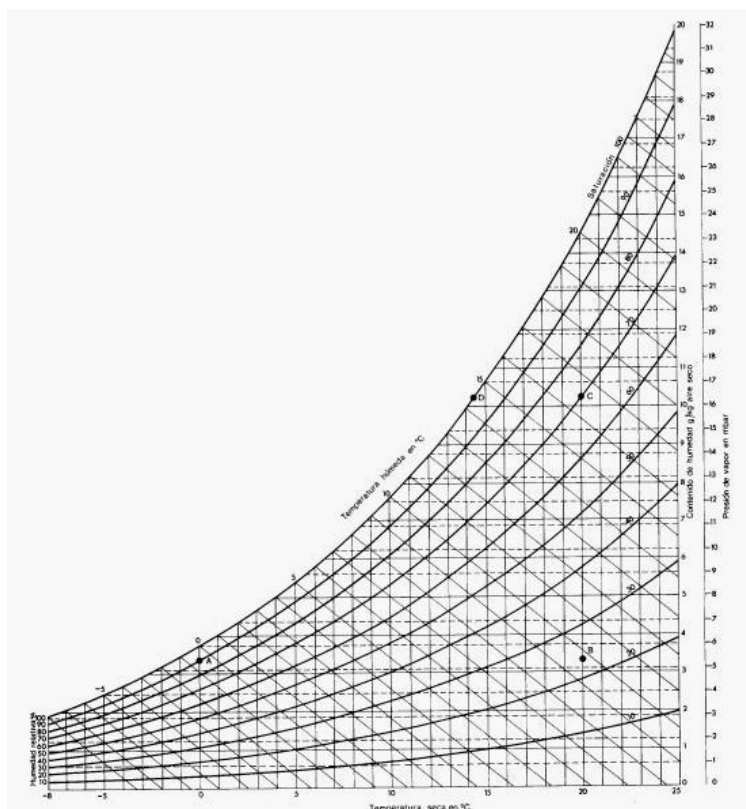


Figura 7. Ábaco psicométrico de la Normativa Española NBE-CT-79. Esta gráfica permite tener referencia sobre el contenido de agua en el ambiente y la temperatura ambiente de un lugar.

Es uno de los esquemas más utilizados para la evaluación del confort térmico debido probablemente a la sencillez en su manejo. Se trata de una gráfica que nos muestra la relación entre la temperatura del aire y su contenido de vapor de agua. En las normativas españolas aparece reseñado como un punto de referencia para el cálculo de confort térmico de edificaciones ubicadas en la península (Figura 7).

ÍNDICE DE FANGER

Es probablemente uno de los métodos numéricos de evaluación de confort térmico más usados a nivel internacional. Se analiza desde el punto de vista de la percepción de las personas. Las variables independientes para el ambiente exterior son la temperatura del aire, temperatura media radiante, presión del vapor de agua y el viento; mientras que para las personas son la actividad, la resistencia térmica de la ropa y el factor cubierto de la misma. Entre las variables dependientes se incluyen la temperatura de la piel y la cantidad de energía debida a la secreción de sudor.

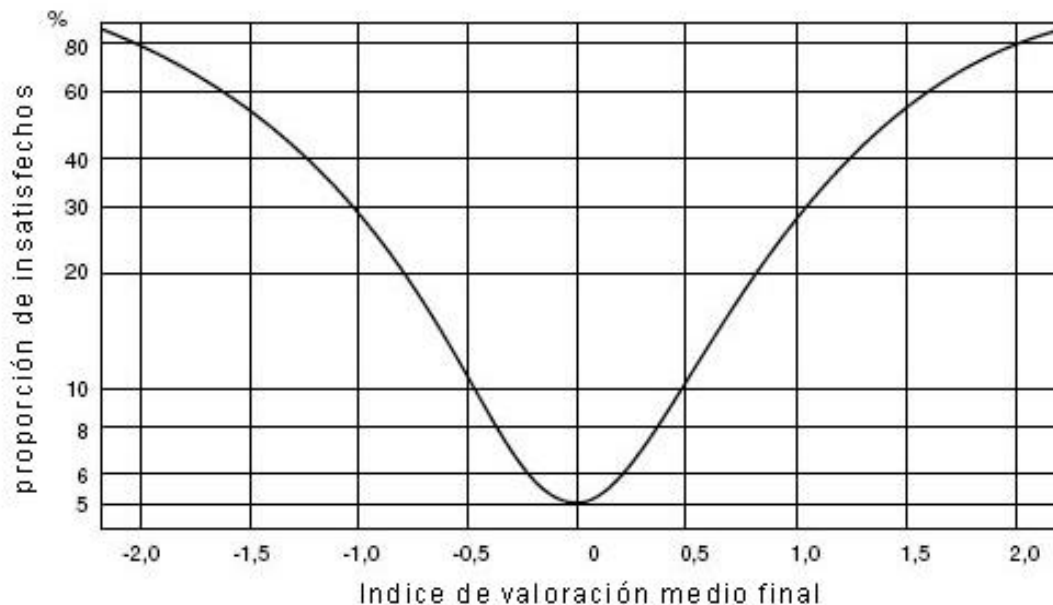


Figura 8.

En el desarrollo de la ecuación de equilibrio de Fanger, este investigador demuestra que siempre existirá un 5% de insatisfechos y llega a diseñar tres gráficas que, en conjunto, permiten ver cuál es el porcentaje de personas insatisfechas con unas determinadas condiciones climáticas mientras desarrolla una actividad de 100w (Figura 8).

ANÁLISIS DEL ÍNDICE Y DEL ÁBACO PSICOMÉTRICO DE GIVONI:

Con el índice de Givoni y su ábaco psicométrico (Imagen 3) se puede determinar la llamada zona de confort la que, según este investigador, coincide con aquella zona dentro de la cual se mantienen unos rangos climáticos en los cuales una persona manifiesta estar térmicamente confortable. Este método permite evaluar las condiciones térmicas de un lugar o de un espacio en función de los diferentes parámetros ambientales (T_a , H_R , V , T_r).

Sin embargo, nuevas investigaciones han cuestionado su universalidad, ya que otros parámetros como la edad, el sexo, la tensión nerviosa y las diferencias individuales, que pueden ser raciales, culturales o de aclimatación, no han sido considerados e incluidos por estimarse que tenían escasa influencia.

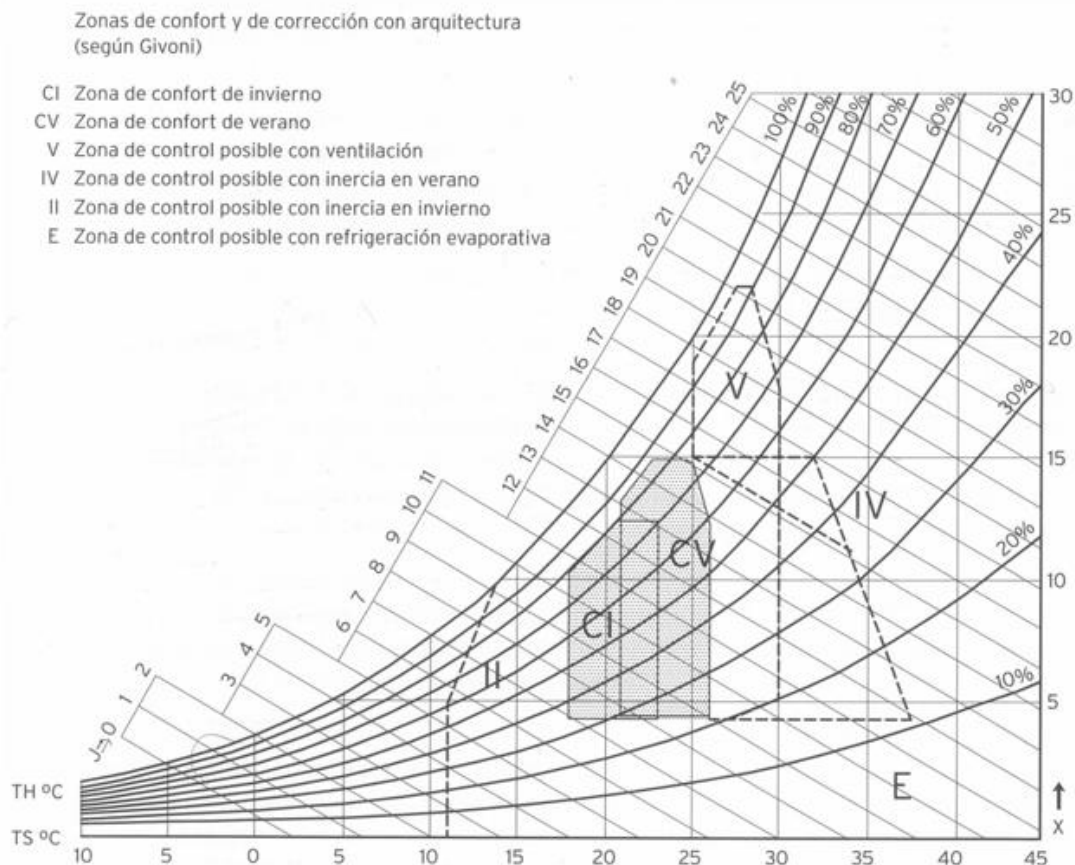


Figura 9. Ábaco psicrométrico de Givoni, donde además de la zona de confort se observan las zonas que pueden corregirse con la aplicación de determinados principios térmicos. Fuente: Serra y Coch, 1995, p.88.

En este caso no solamente aparecen las zonas de confort de invierno y verano, en función del análisis higrotérmico, sino también las zonas que con ciertas actuaciones arquitectónicas podrán ser mejoradas; es decir, se establecen unos límites de las zonas de posible corrección por efecto del movimiento del aire, de radiación, inercia térmica o refrigeración evaporativa (Figura 9).

Según Givoni, la fórmula general para hallar el punto de confort es:

$$S = [(M - W) \pm C \pm R] \cdot (1re)$$

Donde:

S: Grado de sudación requerido, en equivalente kcal/h.

M: Metabolismo. kcal/h.

W: Energía metabólica transformada en trabajo mecánico kcal/h.

C: Intercambio de calor por convección. kcal/h.

R: Intercambio de calor por radiación. kcal/h.

re: Rendimiento Evaporativo del sudor. Sin dimensión.

GRÁFICA DE OLGAY:

Se trata de una carta bioclimática en la cual se define gráficamente la zona de confort, las variables que la afectan y los mecanismos correctores. Para esto, se señalan los valores medios de temperatura, humedad relativa, temperatura radiante, w de radiación y velocidad del viento que estarían dentro o fuera de esta zona.

Para trabajar con ella se deben introducir los valores medios de los parámetros climáticos de cada mes del año y unir con líneas para ver en qué parte de la gráfica se encuentran (Figura 10).

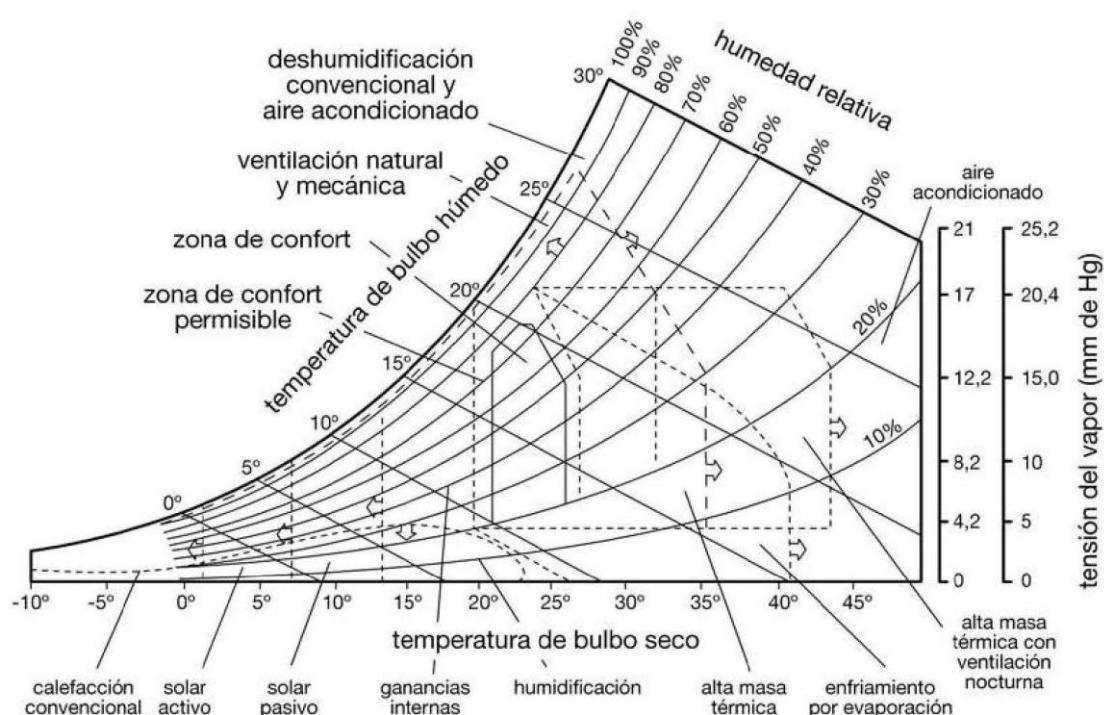


Figura 10. Carta Bioclimática de Olgay

Es importante señalar que estas tablas permiten determinar las decisiones a tomar en el diseño para responder adecuadamente al contexto desde el punto de vista térmico.

PROGRAMAS INFORMÁTICOS

También existen algunos programas computarizados a través de los cuales se puede obtener un resumen sobre las características que debe tener la edificación al introducir una serie de datos sobre el sitio, pueden desarrollar un análisis térmico sobre el comportamiento de la edificación ante determinadas condiciones ambientales, o bien, evaluar el grado de confort de un espacio.

Entre los programas tenemos THERMIE, CLACA (Climatic Análisis for Comfortable Architecture), ARCHISUN y el ACT, etc.

3 CONFORT LUMÍNICO

El confort lumínico se refiere a la percepción de la luz a través del sentido de la vista. Se hace notar que el confort lumínico difiere del confort visual, ya que el primero se refiere de manera preponderante a los aspectos físicos, fisiológicos y psicológicos relacionados con la luz, mientras que el segundo principalmente a los aspectos psicológicos relacionados con la percepción espacial y de los objetos que rodean al individuo.

La radiación solar tiene dos componentes, la térmica y la lumínica; de tal forma la luz natural es uno de los recursos más abundantes en nuestro planeta, en contraste con otras fuentes de energía convencional; sin embargo ésta se encuentra disponible solo durante el día.

Prácticamente desde que el hombre descubrió el fuego descubrió, al mismo tiempo, la iluminación artificial. Antorchas, velas, lámparas de aceite y posteriormente de petróleo y gas fueron utilizados durante cientos de años hasta que Thomas A. Edison, a finales del siglo pasado, inventó la bombilla eléctrica. Desde entonces el hombre ha inventado una gran variedad de lámparas y sistemas de alumbrado, utilizando la iluminación eléctrica de manera intensiva, obteniendo de esta forma la posibilidad de ampliar su horario de actividades las 24 horas del día. Esto evidentemente acarrea consigo la ruptura o alteración de los ciclos biológicos naturales (sueño-vigilia, entre otros), pero además puede provocar otras alteraciones fisiológicas y psicológicas.

Suele asumirse que si se provee una cantidad suficiente de luz, según algunas normas, se puede desarrollar cualquier tipo de trabajo; sin embargo es necesario considerar la calidad de la luz además de la simple cantidad. La calidad se relaciona con las características de iluminación que facilitan la visión. Normalmente todas estas características están interrelacionadas.

CALIDAD DE LA LUZ

Quizá la primera característica lumínica determinante de la calidad es el tipo de luz o cualidad cromática; es decir el tipo de energía que se está recibiendo. Dentro del amplio espectro de radiación electromagnética, se percibe como luz visible sólo una estrecha banda que va desde los 380 a los 780 nanómetros ($1 \text{ nm} = 10^{-9} \text{ m}$) de longitud de onda. La sensibilidad del ojo humano varía con la longitud de onda, presentándose la máxima sensibilidad alrededor de los 550 nm. (Correspondiente al color verde). Por otra parte si se analiza la emisión de radiaciones electromagnéticas del sol se encontrará que la longitud de onda de máxima emisión se da alrededor de los 500 nm. (Correspondiente al color azul). Ambos valores, la máxima sensibilidad del ojo y la máxima emisión solar, se encuentran muy cercanos; esto es indicativo de que el ojo humano está diseñado para percibir de manera más sensible la luz emitida por el Sol.

Por su lado la radiación electromagnética emitida por los sistemas de iluminación artificial está muy alejada de la eficiencia visual del ojo; por ejemplo, una lámpara incandescente tiene su máxima emisión con una longitud de onda de 966 nm. (Correspondiente a los rayos infrarrojos, fuera del espectro de luz visible).

El esfuerzo que tiene que realizar el ojo ante exposiciones prolongadas y constantes de luz artificial ocasionará deformaciones y trastornos ópticos, pero además puede haber otros impactos sobre la salud del individuo, tal como lo muestran algunos estudios realizados en el laboratorio neuroendocrino del Instituto de Tecnología de Massachusetts, donde se encontró que la luz artificial puede ocasionar disminución en la absorción de calcio en el organismo. Otros estudios muestran que la luz fluorescente normal emite rayos ultravioleta la cual puede llegar a incrementar hasta 5 % la exposición normal del sol; la exposición prolongada y continua a esta radiación ultravioleta puede ocasionar en personas sensibles la generación de cáncer en la piel. Por otro lado también es necesario mencionar que la luz puede ser utilizada como cromoterapia.

Además de los factores cromáticos existen otros factores que determinan la calidad de la percepción lumínica, entre ellos los más importantes son el contraste y el deslumbramiento.

El ojo percibe los objetos gracias al contraste, el cual se define como toda diferencia cualitativa o cuantitativa de luz percibida en un campo visual. Es decir que es necesario que existan diferencias de color, iluminación, luz y sombra, etc. para poder percibir cualquier objeto. A mayor contraste, mayor diferenciación entre los objetos; sin embargo, el excesivo contraste en un espacio puede ocasionar deslumbramiento, debido a la gran diferencia de iluminación entre la fuente lumínica y el espacio circundante; por ejemplo el tener una ventana pequeña con una gran iluminación exterior y pobre iluminación en el interior, bajo estas circunstancias, la ventana será una fuente de deslumbramiento.

CANTIDAD DE LUZ.

El ojo humano está diseñado para percibir un enorme rango de variación lumínica, puede percibir desde 0.1 lux a la luz de la luna llena, hasta 100,000 luxes en un día muy claro con luz solar brillante.

La pupila se ajusta automáticamente a los cambios de luz, sin embargo cambios bruscos en los niveles de iluminación puede provocar, además de una sensación muy desagradable en ocasiones acompañada de dolor, lesiones del sentido de la vista, a veces transitoria y otras permanentes. La eficacia visual aumenta proporcionalmente con el incremento de la iluminación, esto se da de manera más marcada con niveles bajos de iluminación y no es tan significativo con niveles altos.

Los niveles óptimos de iluminación que se establecen como normativos son muy variados dependiendo de la fuente que se consulte y también varía según el país o Estado.

Evidentemente estos valores también están determinados por las estrategias y políticas para la utilización de la energía. Y el aspecto energético, aunque no está relacionado con el confort, también es muy importante desde el punto de vista ambiental. Resulta difícil de creer que la mayoría de los edificios utilicen de manera preponderante la iluminación artificial durante el día desperdiciando la iluminación natural, que es un recurso tan valioso y necesario para la salud y el confort, y además

gratuito. La iluminación artificial debe emplearse durante la noche, y durante el día solo como complemento, compensando las variaciones de la luz natural.

A nivel internacional, la CIE (International Commission on Illumination) en el informe Nº 29 (Gandolfo, s.f.), junto con otras recomendaciones, incluye los siguientes valores de iluminancias para actividades que tienen lugar en el interior de las viviendas. Se refieren a valores de servicio para las tareas, es para iluminación de todo el interior y generalmente a 85cm del suelo, es decir el plano de trabajo. En todo caso se tratan de valores pensados para iluminación artificial.

ZONAS DE LA VIVIENDA		ILUMINANCIA (lux)
Dormitorios	General	50
	En la cabecera de la cama	200
Cuartos de Aseo	General	100
	Afeitado, maquillado	500
Cuarto de Estar	General	100
	Lectura, costura	500
Cocina	General	300
	Zona de trabajo	500
Comedor	General	100
	Comida	300
Escalera		100
Cuarto de trabajo o estudio		300
Cuartos de niños		150

Tabla 10. Recomendaciones internacionales de iluminancia en la vivienda
Fuente: Datos tomados de Gandolfo, s.f., p.122.

ASPECTOS PSICOLÓGICOS

Además de los aspectos fisiológicos mencionados anteriormente, tanto la calidad como la cantidad de luz tienen importantes impactos psicológicos sobre el individuo.

El tipo de luz, ya sea natural o artificial, y su intensidad afectan directamente la percepción del medio ambiente y por lo tanto tiene repercusiones en el estado de ánimo y en general en muchas respuestas del individuo.

A través del manejo adecuado de la luz se pueden obtener aumentos en la eficiencia y productividad, se puede estimular el apetito, se puede provocar atracción visual hacia determinados objetos o espacios, que pueden lograr distintas sensaciones.

La luz es un factor determinante del confort humano.

La necesidad de tomar en consideración los factores y parámetros que intervienen en el diseño lumínico y visual viene dada por el efecto que estos pueden tener en la capacidad de visualización de los objetos, superficies, personas y otros elementos que se encuentren dentro del campo visual.

Esta capacidad depende de los siguientes factores:

- La acomodación
- La fatiga visual
- La agudeza visual
- El contraste
- Tiempo de percepción

4 CONFORT ACÚSTICO

El confort acústico forma parte del confort ambiental; sin embargo, es uno de los temas todavía poco desarrollado. Es un concepto que se aplica en diversos campos del conocimiento relacionados con el hombre y con su entorno como es la psicología ambiental, la ingeniería y el diseño industrial; aunque, en la mayoría de los textos de acústica no se hace referencia al mismo.

El confort acústico se refiere a las sensaciones auditivas, tanto en contar con niveles sonoros adecuados (aspectos cuantitativos), como contar con una adecuada calidad sonora (aspectos referidos al timbre, reverberación, enmascaramiento, etc.).

La acústica se encarga del diseño de los espacios, dispositivos y equipos necesarios para contar con una buena audición. Esto es sumamente importante para determinados géneros de edificios y espacios abiertos, ya que contar con una buena audición (percepción) entraña procesar adecuadamente la información adquirida interactuando de manera más eficaz con el medio ambiente (ligado directamente con la comunicación). Cuando el sonido es desordenado o demasiado intenso, se convierte en un factor contaminante, que denominamos ruido (aunque en general podemos definir al ruido como cual tipo de sonido indeseable, sea éste ordenado o desordenado, tenue o intenso).

El grado de confort acústico depende, al igual que el confort térmico, de los distintos parámetros y factores de confort, aunque debemos afirmar que, en este caso, depende muy directamente de los parámetros ambientales relacionados concretamente con el ruido: nivel sonoro, intensidad sonora (db), tono o timbre (calidad del sonido), altura o frecuencia (Hz = ciclos/seg.), etc. Además, se deben tomar en cuenta los parámetros arquitectónicos relacionados con el contacto auditivo y algunos factores personales y socio-culturales como el tiempo de permanencia, la salud, la edad y el sexo, así como la educación y las expectativas personales.

No obstante, pensamos que el confort acústico debe asociarse también con la calidad acústica de los espacios, y se podrá afirmar que es alcanzado cuando se logren unas adecuadas condiciones de reproducción sonora, evitando los ruidos o sonidos no deseados dentro de las habitaciones, pero además presentando unos sonidos de carácter y magnitud compatibles con el uso y las actividades que tienen lugar en él.

Una de las causas principales del aumento de los niveles sonoros es el incremento cada vez mayor del tráfico automotor y aéreo, además de la mecanización de la vivienda, el uso de radios, televisores, sistemas de aire acondicionado, de calefacción, lámparas de luz fluorescente, entre otros. Este aumento ocurre a pesar de que se vienen aplicando algunas normativas nacionales e internacionales cuyo objeto es reducir los niveles de ruido en ambientes interiores y exteriores.

En el caso de las grandes concentraciones urbanas las fuentes de contaminación por ruido se han multiplicado en proporción a su población. Los niveles de ruido que se presentan cotidianamente en estas grandes urbes son francamente nocivos para la salud de sus habitantes. Con los nuevos tiempos se impone entender que es el ruido y que repercusiones a corto, mediano y largo plazo puede tener.

Otra de las razones del incremento sonoro en el interior de las edificaciones es la utilización de materiales constructivos cada vez más ligeros, cuya característica principal es la presencia de tabiques excesivamente delgados, los cuales no pueden proteger óptimamente los interiores de los ruidos provenientes del exterior o de otras habitaciones de la misma vivienda, como lo hacían, en un pasado, de modo natural, las gruesas paredes de las construcciones antiguas.

El confort acústico es un elemento de gran importancia en el estudio del comportamiento ambiental de una edificación en función de su futuro reacondicionamiento, ya que el ruido no solamente genera molestias en los usuarios al interferir en la audición de la palabra, sino que además puede incidir en el desarrollo de ciertas enfermedades o en ciertos malestares que van en detrimento del rendimiento de las personas, así como en variaciones del sueño. Aunque en general hay que decir que los investigadores aún no se ponen de acuerdo en el grado de influencia del mismo, ya que se hace muy difícil cuantificar la fatiga o el cansancio producido por el ruido, se han realizado algunas experiencias para ver el número de veces que una persona es despertada por el ruido en las horas de sueño y cuáles son estos ruidos (ladrido de perros, sirenas de ambulancias, pitidos de bocinas de automóviles, el sonido de los pájaros o el imprevisto de una llegada tarde tanto de algún miembro de la familia como de un vecino), sin embargo estos estudio no han determinado el costo de estas pérdidas de sueño en la calidad del nivel de vida de una persona.

4.1 PARÁMETROS DE CONFORT ACÚSTICO

El sonido en sí no es más que una alteración, que puede ser física o mecánica, y que puede ser detectada por el oído humano. Es por esto que para poder evaluar un ambiente sonoro en función de los niveles de confort debemos tener en cuenta una serie de indicadores o parámetros acústicos como el **tono**, la **intensidad** y la **velocidad del sonido**. Estos parámetros y otros, que consideraremos al analizar las viviendas seleccionadas en el presente estudio, constituyen una serie de valores que permiten evaluar las situaciones de ruido generadas en los recintos al identificar el tipo de ruido según su nivel y espectro; además del contenido informativo del sonido que nos permite distinguir un sonido deseado de uno que resulta molesto.

EL TONO

El tono permite básicamente ordenar los sonidos en función de cuán graves o cuán agudos son, ya que es una cualidad que depende de la frecuencia, es decir, del número de vibraciones o de ciclos por segundo.

Sin embargo, existen algunos sonidos que pueden variar su frecuencia. Además, se puede deducir que en la medida en que se incrementa la frecuencia se distingue un aumento de tono, aunque la percepción de la intensidad acústica puede ser la misma.

En efecto, nos podemos encontrar con sonidos que, a pesar de poseer diferentes frecuencias, mantienen la misma presión sonora.

Por otra parte, hay que enfatizar que los sonidos normalmente percibidos en el entorno difícilmente son simples o de tono puro, pues no poseen una sola frecuencia, sino que, por el contrario, su espectro está formado por múltiples frecuencias (sonidos complejos). Asimismo, no es usual que las frecuencias de estos sonidos posean la misma presión acústica, pero sí que sean variables en el tiempo.

LA PRESIÓN SONORA (P)

Aunque este parámetro no es habitualmente utilizado como un indicador, suele representarse con la unidad de medida conocida como Pascal (Pa). Sin embargo, lo que comúnmente se maneja cuando se analiza el comportamiento acústico de una vivienda es el nivel de presión sonora, ya que su unidad permite reducir el rango de medidas y comparar más fácilmente con la forma como el oído humano percibe los ruidos.

En cuanto a la escala de presiones sonoras, de $20\mu\text{Pa}$ a 20Pa , que representa aproximadamente el umbral de audición y el umbral de dolor del oído humano a la frecuencia de 1kHz , se reduce al rango de 0 a 120dB en la escala de nivel de presión, correspondiendo 0dB al nivel de referencia y 120dB al nivel máximo. De acuerdo a esto, podemos afirmar que se han establecido unos límites de la presión sonora. Se señala, por ejemplo, el del umbral de dolor, el cual indica que en las proximidades de ciertos valores de presión sonora preestablecidos se genera cierta sensación de dolor en los oídos, pudiendo generarse daños irreversibles a niveles superiores. Pero, la pérdida de la audición de modo permanente u otros daños, se pueden dar a niveles inferiores del umbral del dolor si estos ruidos se presentan de modo prolongado.

LA INTENSIDAD ACÚSTICA (L ó I)

La intensidad es vista como una propiedad de un fenómeno acústico que determina sus condiciones de audición y que es dependiente de la amplitud de sus ondas. Dentro de los aspectos que interesan conocer de este parámetro para la evaluación de las viviendas, así como en el diseño de las medidas a tomar en el reacondicionamiento, es que la intensidad acústica tiende a amortiguarse con la distancia, aunque depende también de la velocidad de transmisión del sonido, la cual varía según sea el medio por el que se transmite la onda. Como se puede ver la velocidad de transmisión del sonido es un aspecto importante a tomar en cuenta en la selección de los materiales constructivos, puesto que su capacidad de absorción, reverberación o transmisión del sonido resulta esencial para lograr el confort acústico de una vivienda.

Por otra parte, debemos decir que, en el análisis acústico de las edificaciones, la intensidad y la presión sonora se consideran propiedades representativas del sonido, pero no indicadores. En el análisis cuantitativo del sonido se suelen tomar en cuenta el nivel de intensidad sonora y el nivel de presión acústica, los cuales son, básicamente, dos escalas de mediciones desarrolladas en función de las frecuencias que pueden o no ser oídas por el humano. Se miden en dB y corresponden a la forma en que el oído humano responde a la intensidad y la presión de los sonidos. Estos niveles son los descriptores más comunes de los sonidos conocidos, aunque los cambios ocurridos en su nivel pueden no percibirse si el aumento o el descenso no es significativo.

Desde el punto de vista de los posibles problemas que pueden generar determinados niveles de intensidad sonora en los oyentes, y en sus oídos, algunos autores han realizado clasificaciones de los tipos de ruido en función del nivel sonoro. Entre estas clasificaciones tenemos la de Serra y Coch [1995], ITEC [1998] y Szokolay [citado por Rodríguez, 2001] quienes distinguen los ruidos de tipo y los posibles efectos que pueden ir generando en el hombre.

Por otra parte, han sido muchos los especialistas que se han dedicado al estudio del ruido con el objeto de determinar unos valores acordes con el tipo de espacio que se requiere acondicionar. De acuerdo con esto, se han establecido algunos límites del nivel de sonido admisible dentro de las diferentes edificaciones. En algunos casos, se ha tomado en cuenta la frecuencia de estos ruidos. Según Serra (1996), en una vivienda los ruidos no deben superar los 51dB con frecuencia de 125Hz, los 37dB con 500Hz y los 30dB si son sonidos de 2000Hz. Recuero y Gil (1991), por otra parte, en su libro sobre Ergonomía nos ofrecen una tabla de la cual se destacan los siguientes valores recomendados para la vivienda por algunos especialistas y organizaciones (Tabla 7).

4.2 TIPOS DE RUIDO SEGÚN LA FUENTE

Un aspecto importante a tener presente en el análisis del comportamiento acústico de las viviendas es el tipo ruido que suele percibirse, para ello se tiene en cuenta su clasificación dependiendo de la naturaleza de la fuente, la ubicación de la misma con respecto a la edificación o el medio de propagación de la energía acústica. Se han hecho otras clasificaciones de los tipos de ruido. Una de ellas es la elaborada por Rodríguez Mondelo, Gregori y Barrau [1999], quienes la hicieron en función del modo y del tiempo que inciden los sonidos en un espacio de trabajo, aunque pueden generalizarse a cualquier tipo de edificación o de espacio (anexo).

De acuerdo al tipo de fuente existen los llamados **ruidos naturales** y los **ruidos artificiales**. Los primeros son parte de la naturaleza y normalmente aceptados, resultando molestos sólo a exposiciones de elevada duración e intensidad. Si su intensidad no es muy elevada, en ocasiones solamente producen malestar en los primeros momentos, mientras las personas se acostumbran.

Dentro de ellos se pueden incluir la voz, la lluvia, las rompientes de las olas, el silbido del viento, las cascadas de agua, etc. A nivel arquitectónico, es muy difícil determinar sus intensidades y al reacondicionar un espacio es necesario tomar decisiones con respecto a ellos, bien sea aceptando su presencia o descartándolos, si se puede, edificando en otro lugar.

Los ruidos llamados **artificiales** provienen de automóviles, aviones, tranvías, motores, radios u otras causas ocasionales intermitentes. Son típicos de las ciudades, ruidos que por su intensidad y frecuencia en constante aumento, constituyen, como manifestaban ya Puppo y Puppo en 1979, “una grave enfermedad de todos los centros habitados” [p. 43] y que hoy en día son vistos de modo preocupante por el nivel de contaminación acústica que generan.

Hagamos una reflexión sobre el análisis de los ruidos desde el punto de vista de la ubicación de la fuente generadora del sonido y su incidencia en las edificaciones. Con relación a esto, tenemos la siguiente clasificación:

FUENTES DE RUIDOS EXTERNAS:

Se trata de todos aquellos sonidos que, aunque son producidos en el exterior de la edificación, la afectan al causar molestias en sus ocupantes debido a los niveles de presión sonora que suelen alcanzar. Estos pueden influir en el diseño y acondicionamiento acústico de las viviendas incidiendo, fundamentalmente, en la situación y disposición de cada una de las habitaciones en la fase de diseño y en la ubicación de los cerramientos. En cuanto a la rehabilitación, debemos decir que es necesario determinar con claridad el nivel de intensidad y la recurrencia de estos sonidos para poder seleccionar las medidas de control tanto pasivas como activas. Dentro de este tipo de sonidos podemos encontrar los producidos por automóviles, aviones, trenes, construcciones, los agentes atmosféricos, etc.

FUENTES DE RUIDOS INTERNAS:

En este caso, la fuente causante del ruido se encuentra en el interior de la edificación. En algunos casos, los sonidos se producen por la ocupación y utilización de las edificaciones, aunque también pueden ser causados por las instalaciones y los servicios de las mismas. Si existen continuidades constructivas, estos ruidos pueden ser apreciados en puntos alejados de la fuente propiamente dicha a niveles considerables. En su evaluación deben distinguirse claramente las fuentes, ya que el efecto de molestia puede variar dependiendo de la posibilidad de control y del modo de utilización de la fuente, lo que afectaría la aceptación subjetiva del ruido.

De acuerdo con esto, se han formulado algunas clasificaciones en las cuales se separan los ruidos producidos por las actividades de los ocupantes de las producidas por el propio edificio. Dentro de estos grupos, algunos de los ruidos más comúnmente percibidos son las pisadas, las conversaciones, arrastre de muebles, niños jugando, etc.

En cuanto a los tipos de ruido, según la forma como se propagan, se distinguen los ruidos aéreos y de impacto o de choque. Los primeros se conocen como sonidos aéreos pues se propagan, como su nombre lo indica, por el aire, aunque en algunas ocasiones, éstos pueden dar origen a los segundos, al hacer entrar en vibración los elementos constructivos de la edificación u otros objetos y, por ende, originar sonidos en los sólidos.

Dentro de estos dos tipos de ruido podemos encontrar tanto sonidos generados en el exterior como en el interior de las edificaciones, o bien sonidos naturales o artificiales.

La voz, por ejemplo, es un ruido aéreo, mientras que las vibraciones de un vidrio en una ventana son consideradas como un sonido de impacto, aunque la mayor parte del tiempo es una excitación causada por un ruido aéreo.

4.3 EFECTOS DEL RUIDO

El ruido tiene diversos efectos tanto fisiológicos como psicológicos, entre los más importantes se pueden mencionar los siguientes:

INTERFERENCIA EN LA COMUNICACIÓN

En lugares con niveles de ruido superiores a los 55 dBa la comunicación oral entre dos personas implica el levantar la voz para hablar, lo que representa un esfuerzo adicional y molestias a lo largo de las interlocuciones tanto para el hablante como para el oyente.

PÉRDIDA DE LA AUDICIÓN

La exposición ocasional o constante al ruido puede provocar pérdida temporal o permanente de la capacidad auditiva en forma gradual, parcial o total. Con la edad, el hombre pierde gradualmente su capacidad para escuchar los sonidos en intensidad y frecuencias variadas, sin embargo, los efectos patológicos de sonidos intensos son fácilmente apreciables en personas expuestas constantemente a ruidos en sus medios laborales, tales como: operadores de maquinaria pesada, músicos etc.

PERTURBACIÓN DEL SUEÑO

Todos hemos experimentado alguna vez la interrupción del sueño producida por sonidos intensos o ruidos. Puede suceder que un ruido nos despierte al momento, que afecte al nivel de profundidad y duración del sueño o provocar dificultad para conciliarlo; estos efectos pueden producirse de manera instantánea a la generación del ruido o de manera desfasada, es decir, que un individuo expuesto a fuentes de ruido durante el día, puede padecer sus efectos durante la noche. Evidentemente los niveles confortables e intensidad de ruido son mucho más bajos para dormir que aquellos otros que podemos tolerar durante las horas de vigilia o actividad. La Organización Mundial de la Salud recomienda para dormir un máximo de 35 dBa.

ESTRÉS

Algunos especialistas señalan un alto índice de personas neuróticas (98%) a causa del estrés, sobre todo en los grandes núcleos urbanos. Se ha demostrado que el ruido actúa directamente sobre el sistema nervioso autónomo, tiene efectos sobre el aparato circulatorio y cardiovascular y provoca hipertensión. El estrés puede provocar cefaleas, migrañas y dolores musculares, además de problemas psicológicos tales como ansiedad, irritación, desesperación, impotencia, etc., y problemas de relación social.

EFECTOS EN EL RENDIMIENTO

Se han hecho estudios que demuestran que exposiciones al ruido disminuyen la eficiencia del individuo, reduciendo su concentración en las actividades que realiza. Esto tiene repercusiones en la productividad y seguridad de los trabajadores, ya que muchos de los accidentes laborales se deben a distracciones por causa de ruidos.

PROBLEMAS PSICOLÓGICOS

Algunos investigadores relacionan el ruido ambiental con la salud mental, y aún cuando no es posible establecer una relación directa, algunas estadísticas realizadas en otros países determinan que un alto índice de casos con problemas mentales presentaban exposición a distintas fuentes de ruido.

Además de los problemas psicológicos que puede provocar el ruido es necesario mencionar que a través de sonidos, es posible producir distintas sensaciones psicológicas sobre el individuo; por ejemplo, a través de un adecuado manejo del sonido (o música en algunos casos), es posible crear ambientes que propicien el relajamiento, tranquilidad, concentración, o en otros casos, dispersión, excitación, etc.

5 CONFORT OLFATIVO

Se refiere a la percepción a través del sentido del olfato. Aunque éste tipo de confort pocas veces es considerado, es un factor importante que debe ser considerado sobre todo en lugares con índices de contaminación.

El confort olfativo tiene dos vertientes de análisis, la primera referente a la utilización de olores agradables con el fin de producir una cierta sensación psicológica en el individuo. Este punto ha sido tradicionalmente utilizado por la arquitectura del paisaje a través de distintas plantas aromáticas, sin embargo actualmente se está generalizando el uso de productos químicos para eliminar o enmascarar olores desagradables.

Esto último nos conduce a la segunda vertiente, el manejo que se debe dar a los olores desagradables, aspecto directamente relacionado con la contaminación ambiental.

La solución parece obvia, eliminar la fuente contaminante; ya sea cualquier tipo de desechos sólidos, líquidos, químicos, naturales etc.; así como tratar de eliminar cualquier aparato de combustión o productor de gases contaminantes.

Aunque esta solución es obvia, es muy difícil de llevarse a cabo, principalmente en las grandes concentraciones urbanas; pero además de este tipo de macro-contaminación, en el ámbito doméstico se encuentran una gran cantidad de productos y elementos contaminantes de uso cotidiano, tales como estufas, hornos, calentadores, productos químicos de limpieza, insecticidas, solventes, detergentes y jabones, medicamentos, cigarrillos, etc. que contaminan el interior de los espacios.

Todos estos productos deben ser manejados de manera especial, almacenándolos en lugares adecuados y controlados, además es necesario proveer la ventilación suficiente a todas las habitaciones, principalmente a las que de alguna manera son contaminantes.

Si bien es cierto que las plantas ayudan a absorber sustancias contaminantes y a producir oxígeno, en realidad se les exige demasiado, ya que se olvida que también son organismos vivos que son de igual manera afectados por la contaminación y que no son capaces de procesar tal variedad y cantidad de contaminantes.

En ocasiones es posible utilizar filtros selectivos de agua, químicos, electromagnéticos, sintéticos, etc., sin embargo éstos solo son paliativos que no solucionan el verdadero problema.

El confort olfativo se refiere únicamente al manejo de los olores, pero es necesario considerar que a través de la nariz se introducen también muchas sustancias y partículas no aromáticas que no son percibidas por el sentido del olfato, pero que sí lo afectan disminuyendo su capacidad perceptiva, perjudicando a todo el sistema respiratorio, alterando la salud y consecuentemente el confort del individuo.

6 CONFORT PSICOLÓGICO

El confort psicológico se refiere a la percepción global que tiene el cerebro de toda la información sensorial que recibe del medio ambiente; ésta es analizada y procesada en función de la información residente (conocimiento y experiencias), de tal forma que el individuo responderá de una u otra manera, expresando satisfacción o desagrado ante los estímulos ambientales. Evidentemente los aspectos psicológicos están involucrados en todos los medios de percepción descritos anteriormente además de muchos otros factores determinantes del comportamiento humano. Todos ellos interactúan entre sí estableciendo una red sumamente compleja, es por ello que son analizados de manera independiente.

Es curioso como los aspectos psicológicos interactúan con los factores térmicos, lumínicos, acústicos y olfativos; por ejemplo, la falta de confort fisiológico térmico y lumínico puede ser compensado a través de los factores visuales involucrados en el diseño de los espacios, tales como el manejo de los colores, texturas, espacios, volúmenes, vacíos, macizos, etc.

Por su parte, el grado de disconfort acústico u olfativo disminuye al perder la ubicación o percepción visual directa de la fuente contaminante; por ejemplo si se coloca una barrera vegetal angosta, pero suficientemente densa para obstruir la vista entre una avenida (contaminante de ruido) y un edificio, es posible que en las personas disminuya la percepción del ruido (Psicológica) a pesar que los niveles de intensidad sonoros disminuyen de manera insignificante. Del mismo modo la falta de confort se incrementa drásticamente si se percibe visualmente la fuente de contaminación.

Lo anteriormente señalado sirve de introducción a uno de los aspectos más importantes del confort psicológico: el confort visual.

En términos muy generales, el confort visual trata de cómo percibe el individuo los objetos y espacios que lo rodean, su legibilidad, como se interpretan en función de su complejidad (formal, cromática, de su textura, de su orden, secuencias, proporciones, etc.) en función de la ubicación espacial y del tiempo que tiene el sujeto receptor para leer, percibir y procesar la información que da el objeto en particular o el ambiente en general.

Aunque aparentemente estos aspectos parecen bastante subjetivos, existen parámetros que pueden ser medidos y adecuadamente valorados, para proporcionar resultados cálidos que deban ser aprovechados por el diseño arquitectónico.

El hombre puede estar incómodo pero saludable; por el contrario, si está enfermo, no puede sentirse cómodo. Por ello, el primer paso para obtener el confort es estar saludable. Estar en confort nos aporta grandes beneficios, ya que de esta forma el hombre se puede relacionar adecuadamente con el entorno y con sus semejantes, es más eficiente en todas las actividades que realiza, y por lo tanto, incrementa su productividad, pero lo más importante es que puede desarrollarse en lo personal de manera adecuada.

En estudios realizados a principios de los años 80s, la Organización Mundial de la Salud determinó que el 70 % de las enfermedades de las vías respiratorias se deben a

los diseños inapropiados de las edificaciones, y de hecho se señala en forma indirecta, que los arquitectos somos responsables en gran medida de la salud de los ocupantes de nuestras obras.

La arquitectura interviene directamente en la percepción ambiental del individuo. Un espacio mal diseñado puede provocar, además de falta de confort, enfermedad y disfunción del organismo; abundan las edificaciones frías, cálidas o extremosas, ruidosas, mal iluminadas, con fuerte contaminación electromagnética, desagradables, etc.