

## 1. EL CONFORT EN EL ACONDICIONAMIENTO BIOCLIMÁTICO

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 que las llamadas ingenieras domésticas subrayaron la eficiencia y la comodidad como la idea de confort y, en los años siguientes, cuando se planteó el confort como algo que podía ser cuantificado, analizado y estudiado [Rybczynski, 1992].



Fig.1. Primeros muebles para el baño diseñados por los romanos



Fig.2. Pintura de finales del siglo XIX. Interior de vivienda modernista

Como podemos apreciar, el sentido de este término ha variado notablemente con los siglos. Hoy en día, es concebido por muchos como una invención verbal, un artificio cultural y, también, como una experiencia objetiva que se experimenta personalmente y que incluye ideas de comodidad, eficiencia, domesticidad e intimidad [Parsons, 1993]. Al mismo tiempo, como lo establece Sánchez (1997), el confort es una sensación óptima compleja, que depende de factores físicos, fisiológicos, sociológicos y psicológicos, donde el cuerpo humano se siente satisfecho y no necesita luchar contra el frío, el calor, la humedad, el viento, el ruido o la incandescencia usando los mecanismos propios de su cuerpo ya que se encuentra en completo equilibrio con el entorno.

Por su parte, Serra y Coch (1995) señalan que el confort o el discomfort, por ser una sensación propia del inconsciente, podemos no reconocerla, a menos que alguna circunstancia nos obligue a fijarnos en esa sensación de bienestar o de incomodidad. De hecho, como el organismo tiende a responder automáticamente a través de reacciones químicas o físicas, el hombre en condiciones ambientales totalmente desfavorables puede no llegar a sentir ningún tipo de malestar.

Han sido muchos los especialistas y los organismos internacionales que se han dedicado al estudio de este tema. Por ejemplo, la Organización Mundial de la Salud define el confort como "un estado de completo bienestar físico, mental y social" [Roset, 2001]. Pero, estos estudios no solamente se han orientado a conceptualizar el término confort, sino que también han formulado clasificaciones en función de las energías que lo afectan

(lumínico, térmico, acústico...). Así mismo, han analizado tanto los distintos parámetros como los factores que inciden en las sensaciones de bienestar, elaborándose tablas, fórmulas e incluso han marcado algunas pautas de diseño, tomando en cuenta los niveles de confort que se deben alcanzar para satisfacer a los usuarios. Sin embargo, en la determinación de esos niveles de confort se han obviado algunos factores tan difíciles de cuantificar como pueden ser los factores sociales y culturales.

En función de lo anterior, se puede afirmar que el análisis del confort resulta muy valioso al momento de plantear soluciones en la rehabilitación de viviendas unifamiliares acordes con los objetivos planteados en este trabajo. Sin duda, el estudio de los niveles de confort permite tener en cuenta los parámetros y factores que intervienen en la edificación con el objeto de lograr que la vivienda se encuentre dentro de la llamada zona de bienestar mediante el diseño adecuado.

Asimismo, debemos destacar que para elaborar un diseño, que tome en cuenta la relación del hombre con la edificación y con su entorno, es fundamental la aplicación de algunos de los parámetros ya establecidos, así como el análisis de otros que son de gran relevancia para el diseño y la rehabilitación de viviendas, sobre todo desde la perspectiva de la arquitectura bioclimática, la que busca el equilibrio entre el hombre y su medio. En el presente estudio, específicamente, se tomarán en consideración los resultados de algunas investigaciones llevadas a cabo en el ámbito del confort térmico, acústico y lumínico.

### **1.1. Parámetros y Factores del Confort.**

En esta investigación, se reconocen como parámetros y factores del confort aquellas condiciones de tipo ambiental, arquitectónico, personal y sociocultural que pueden afectar la sensación de confort de un individuo. Estos pueden influir en los distintos tipos de confort, afectando las sensaciones térmicas, lumínicas, visuales y/o acústicas de una persona y, por consiguiente, su estudio resulta de vital importancia en la rehabilitación de viviendas. En este estudio, por ejemplo, se evalúan las condiciones actuales de las edificaciones para determinar los rangos de confort en los que se encuentran y, de este modo, precisar los aspectos que satisfacen o no las condiciones de habitabilidad de modo continuo en las diferentes estaciones del año. Esto es fundamental en un cambio de uso de segunda residencia a vivienda permanente.

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:

<b>Parámetros del Confort</b>		
Parámetros Ambientales	Temperatura del aire Humedad relativa Velocidad del aire Temperatura radiante Radiación solar Niveles de ruido	Todos tienen variabilidad temporal y espacial
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. Puppo (1980) llega a definir los parámetros ambientales, temperatura del aire, temperatura de radiación, movimiento del aire y la humedad, como condiciones biotérmicas del confort.

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.

Por otra parte, distinguimos 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:

<b>Factores del Confort</b>		
Factores Personales	Metabolismo (Alimentación, Actividad)	Base o Basal De trabajo o Muscular
	Ropa. Grado de aislamiento	
	Tiempo de permanencia (Aclimatación)	
	Salud y color de la piel	
	Historial térmico, lumínico, visual y acústico	Inmediato Mediato (Situación geográfica, época del año)
	Sexo, edad, peso (constitución corporal)	
Factores Socio-culturales	Educación Expectativas para el momento y lugar considerados	

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,

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.

Debemos señalar que en esta investigación se aborda la medición de los parámetros ambientales y arquitectónicos, los cuales son comparados con valores recomendados por diversos autores y con los establecidos por las normativas con el objeto de determinar los rangos de confort en que se ubican las viviendas y, de este modo, establecer los requerimientos que se deben tomar en cuenta en el reacondicionamiento. A continuación se describen los principales parámetros y factores de confort, aunque para el desarrollo del presente estudio se tomarán los datos y se observará la influencia directa de sólo algunos de ellos.

### 1.1.1. Confort térmico.

El confort térmico es una de las variables más importantes a tomar en consideración en el reacondicionamiento bioclimático de viviendas. Se refiere básicamente 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 de 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.

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. Según Fanger (Roset, 2001), son seis los factores y parámetros básicos que influyen directamente en los porcentajes de pérdida de calor del cuerpo humano, afectando el bienestar térmico:

- Temperatura del aire ( $T_a$ ),
- Temperatura media radiante ( $T_{mr}$ ),
- Humedad relativa (HR),
- Velocidad del aire ( $V$ ),
- Tasa metabólica ( $M$ )
- La ropa ( $Clo$ ).

#### • Parámetros Ambientales del Confort Térmico

##### 1. Temperatura del aire ( $T_a$ ):



Fig.3. Principales factores y parámetros que afectan el Confort térmico

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.

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. También debemos mencionar que diversos autores señalan límites de confort diferentes para cada período estacional. Entre estos, podemos destacar los valores propuestos por Mascaró (1983, ver anexo 1), quien diferencia los valores límites de temperatura para un rango determinado de humedad relativa y para una temperatura media  $X$ . Asimismo, [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.

## **2. La humedad relativa (HR).**

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 (Ver anexo 2) y, además, indican diferentes valores según el tipo edificatorio, según sus espacios y las actividades que se estén realizando.

### 3. La temperatura radiante ( $T_{mr}$ ).

Este es probablemente uno de los parámetros ambientales que es menos frecuentemente es tomado en consideración en la evaluación de 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.

Es definida como la temperatura media irradiada por las superficies envolventes de 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 cualidad 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

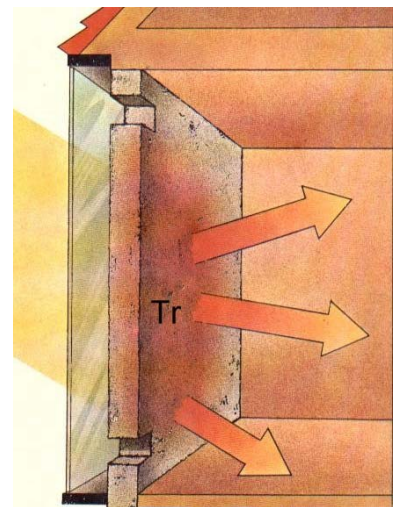


Fig.6. Ejemplo de temperatura irradiada por un muro al interior de un espacio.



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.

#### 4. La velocidad del aire (V).

Para el reacondicionamiento pasivo de viviendas, la velocidad del aire constituye un parámetro muy valioso, pues ella produce corrientes que pueden ser aprovechadas para refrescar o calentar los espacios. Sin embargo, hay que tener presente que, dependiendo de las velocidades alcanzadas por las corrientes de aire que llegan a la vivienda y de su procedencia, estas corrientes pueden ser apreciadas más como un inconveniente que como una ventaja, especialmente en invierno, y, por lo tanto, el objetivo del reacondicionamiento será el de resguardar 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 aire provocará una pérdida de calor que generará una sensación de frescura pero, si es al revés, el cuerpo tomará calor del aire.



Fig.7. Movimiento 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 evidentemente 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 (anexo 3).

### • FACTORES DE CONFORT TÉRMICO

#### 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" [p. 662]. 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. En los anexos 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11 y 12 se presentan algunos ejemplos de los establecidos por las normativas españolas.

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.

De acuerdo a la clasificación de variables manejada en este estudio, debemos señalar que se trata un factor de confort de tipo personal, entendido como un flujo continuo de energía producida por el cuerpo humano. En esta investigación no se analizan específicamente las características personales de quienes habitan estas viviendas ni tampoco el nivel de actividad que se lleva a cabo, pero se toman los valores estándar de confort considerados para viviendas en los cuales se ha previsto el tipo de actividad y unas condiciones personales estándar para garantizar que los valores de temperatura, humedad y velocidad del aire que se indiquen sean adecuados a un elevado porcentaje de personas en determinadas condiciones de trabajo y producción 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 ( $r_{\text{ropa}}$ ) en  $\text{m}^2 \text{ }^\circ\text{C}/\text{W}$  y de conductancia ( $k$ ) en  $\text{W}/\text{m}^2\text{ }^\circ\text{C}$  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  $1 \text{ clo} =$



0,16 m<sup>2</sup>°C/ W, y que equivale al traje de un oficinista. Por otra parte, Mondelo y otros (1997) definen la unidad clo "como el aislamiento necesario para mantener confortable a una persona que desarrolle una actividad sedentaria (menos de 60W/m<sup>2</sup>) a una temperatura de 21°C" [p. 66]. 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. Estas investigaciones 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., por lo que se pueden encontrar tablas, como las que podemos ver en los anexos 13,14,15 y 16, que nos permiten un cálculo aproximado del nivel de arropamiento de un individuo.

### 3. Sexo, Edad y Peso (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 sofocamiento, 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 de las formas de 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. Además, Dubois y Dubois, citado por Mondelo, Gregori y Barrau, 1999, han desarrollado la siguiente expresión matemática para su cálculo:

$$S . C= 0 , 202 \cdot P^{0,425} \cdot h^{0,725}$$

De donde,

P      peso expresado en Kg.  
h      altura en metros.

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.

#### 4. 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. Según Ramón (1980), 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. "El enfriamiento por radiación, cuando la temperatura del aire se mantiene por encima de la de las superficies en rededor, puede llegar a irritar los tejidos más profundos del cuerpo; el aire inhalado, más caliente, bloquea los mecanismos termorreguladores corporales" [Ramón, 1980, p. 15].

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 y, por ende, no es incluido en este estudio.

#### 5. 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 titiriteos 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.

## 6. 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.

Según Ramón (1980), y de acuerdo a los resultados obtenidos durante las investigaciones desarrolladas por Davis, a principios de los años 60, el hombre al ser expuesto repentinamente a una temperatura de 13,5°C genera un 64% más de calor que cuando está en condiciones de confort. No obstante, al mantenerse a esta temperatura por 31 días, el nivel desciende a un 30 y 40% de producción de calor. De acuerdo con esto, se puede afirmar que en la medida en que transcurren los días el cuerpo ya no necesita generar tanto calor para poder adaptarse al medio frío ante el que está expuesto.

En cuanto a los efectos del calor sobre el metabolismo, debemos decir que no se han dado grandes aportes en este sentido. En los textos, a lo único de lo que se hace referencia es al aumento de la producción metabólica de las personas cuando aumenta la temperatura ambiente, llegando a registrarse incrementos de 11°C en la temperatura corporal. Este crecimiento se atribuye al aumento del ritmo circulatorio, la actividad de las glándulas sudoríparas y a la temperatura de los tejidos.

Se puede entonces afirmar que 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.

**Tabla 1. Sensaciones térmicas de diferentes temperaturas del aire dependiendo de la época del año**

Sensación	primavera	invierno	otoño	verano
Tórrido	35	28	35	40
Calor	24	22	26	27
Tibio	19	18	22	23
Confortable	15	14	18	20
Fresco	12	11	14	16
Muy fresco	10	8	11	14
Frío	8	6	8	11
Muy frío	5	3	5	8
Helado	2	0	2	4

Fuente: Puppo, 1980, p. 40.

• **BALANCE TÉRMICO.**

Es importante tener presente que el confort térmico busca esencialmente el equilibrio térmico entre el hombre y su medio para lo cual se requiere de una serie de mecanismos reguladores como la producción o la pérdida de cierta cantidad de calor, dependiendo de los procesos metabólicos, del desprendimiento de calor por evaporación o de los intercambios por radiación, convección o conducción que se dan entre el cuerpo humano y los elementos que conforman el entorno inmediato (Fig. 10 y 11).

Este equilibrio térmico se ha llegado a expresar de la siguiente manera:

$$O = M + Cd + Cv + R + E$$

Donde:

- O = Equilibrio Térmico
- M = Calor metabólico por unidad de tiempo.
- Cd= Ganancia o pérdida de calor por conducción.
- Cv= Ganancia o pérdida de calor por convección.
- R = Ganancia o pérdida de calor por radiación.
- E = Pérdida de calor por evaporación.

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.

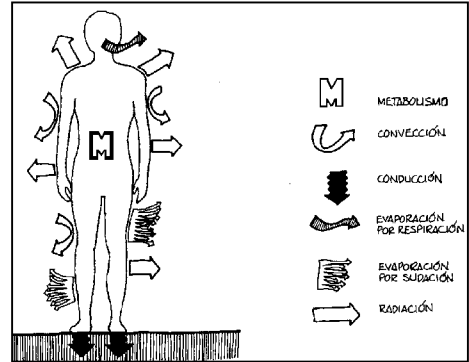


Fig. 11. Mecanismos de Equilibrio Térmico. Fuente: Izard, J.L. y Guyot, A. 1983.

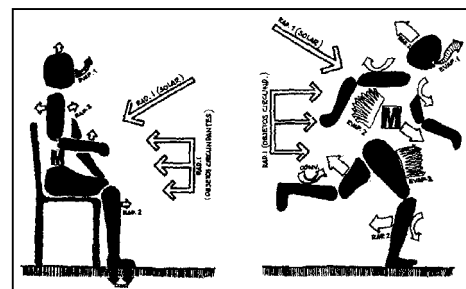
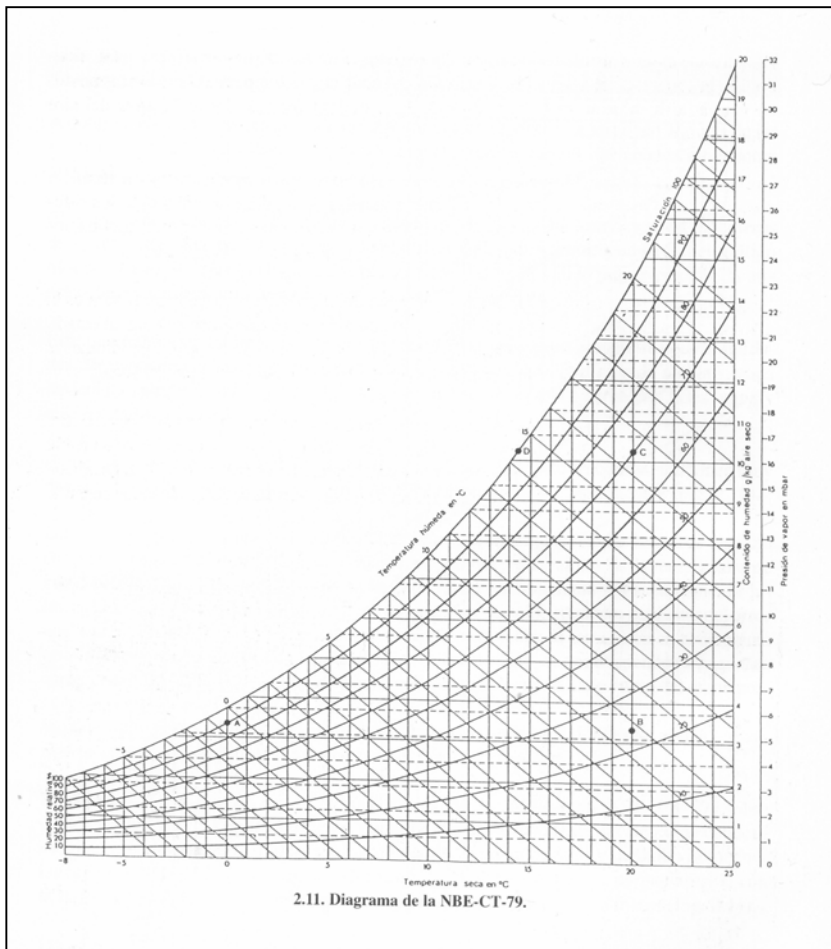


Fig.10 . Balance Térmico del Cuerpo Humano. Fuente: Izard, J.L. y Guyot, A. 1983.

• TÉCNICAS PARA EVALUAR UN AMBIENTE TÉRMICO.



Graf.1. Ábaco psicrométrico 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.

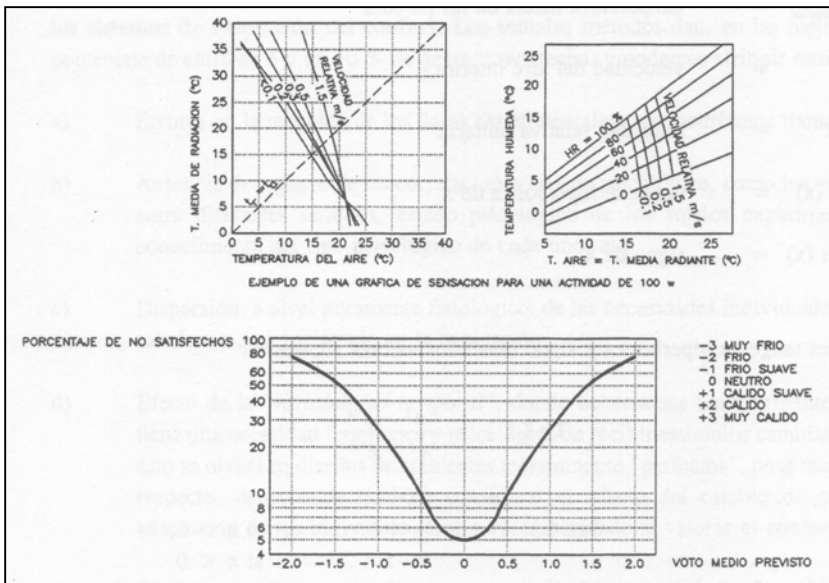
El estudio del confort térmico ha permitido el desarrollo de diferentes índices térmicos subjetivos y objetivos, así como gráficas que pretenden identificar el modo de incidencia de los diferentes factores y parámetros sobre el equilibrio térmico. De estos, se pueden destacar algunos como :

**EL ÁBACO PSICOMÉTRICO**

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 (Graf.1).

**EL 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



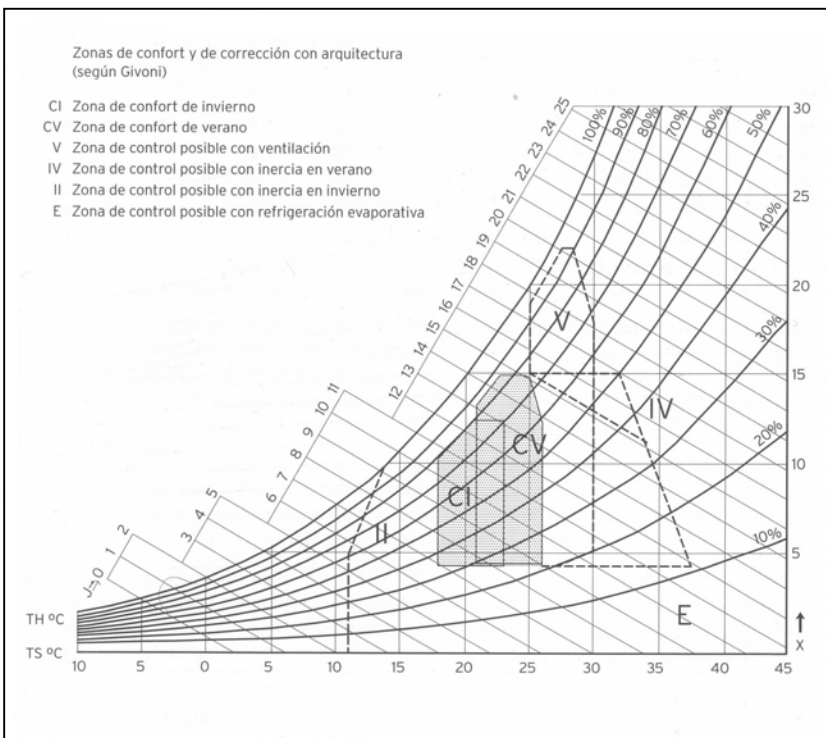
Graf.2. Gráfica de Confort de P.O. Fanger. Fuente: Serra y Coch, 1995, p.89.

debida a la secreción de sudor.

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 (Graf.2).

### ANÁLISIS DEL ÍNDICE Y DEL ÁBACO PSICOMÉTRICO DE GIVONI:

Con el índice de Givoni y su ábaco psicométrico (Graf.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.



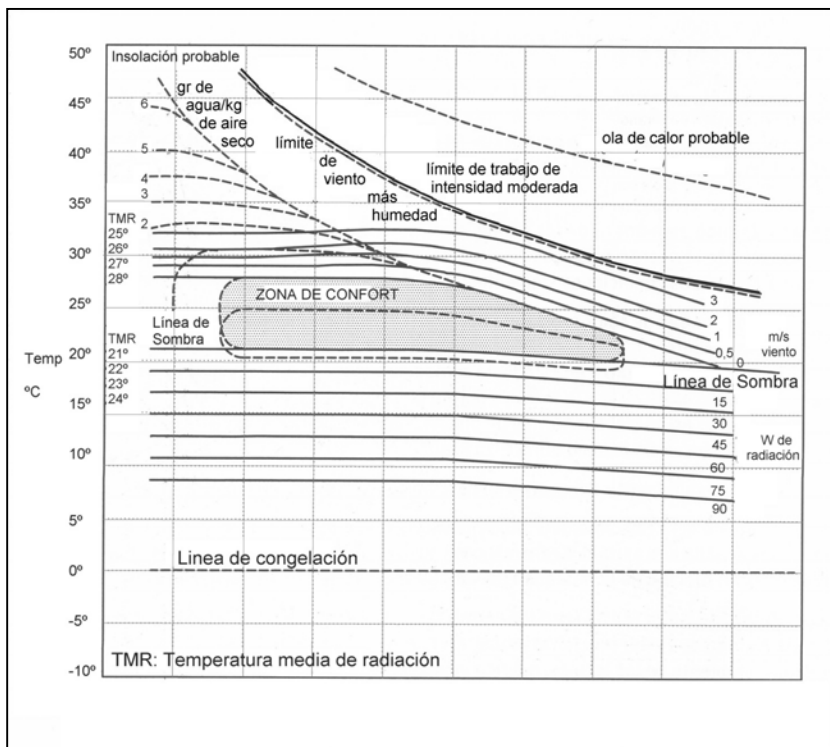
Graf.3. Ábaco psicométrico de Givoni, donde además de la zona de confort se observan las zonas que pueden corregirse con la aplicación de determinados principios térmicos. Fuente: Serra y Coch, 1995, p.88.

En este caso no solamente aparecen las zonas de confort de invierno y verano, en función del análisis higratérmico, 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 (Graf.3). Según Givoni, la fórmula general para hallar el punto de confort es:

Donde:

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

- 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.



Graf.4. Carta Bioclimática de Olgay

**GRÁFICA DE OLGAY:**

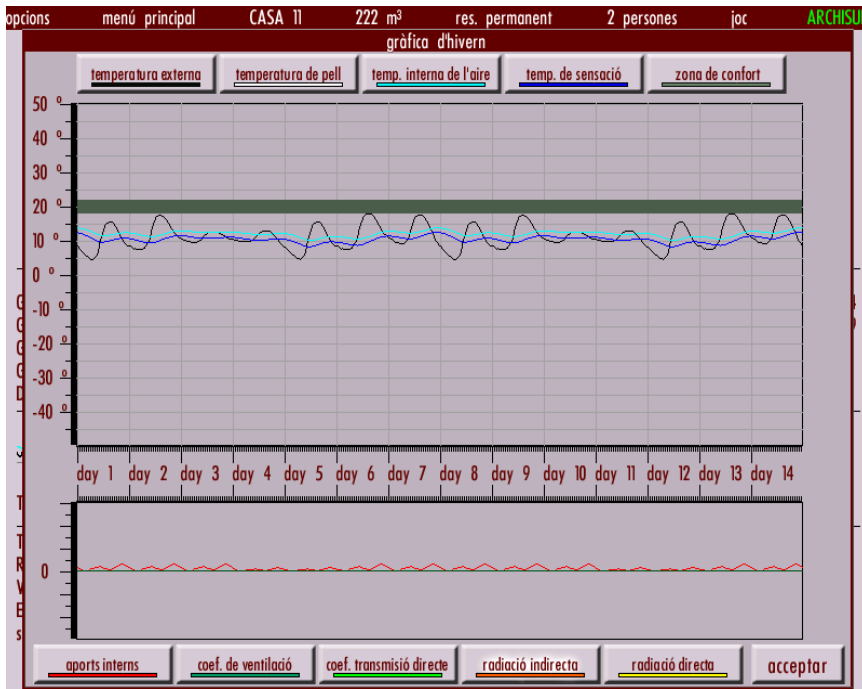
Se trata de una carta bioclimática en la cual se grafica y define la zona de confort, las variables que la afectan y los mecanismos correctores. Para esto, se señalan los valores medios de temperatura, humedad relativa, temperatura radiante, w de radiación y velocidad del viento que estarían dentro o 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 (Graf.4).

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. 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.

El programa ARCHISUN, ha sido diseñado para el análisis arquitectónico de una edificación, aunque toma en cuenta la fórmula de confort diseñada para el programa ACT,



la cual se hace tomando como base un rango de temperatura que varía en función del tiempo. Es preciso introducir una serie de datos referidos a la ubicación y situación de la vivienda, materiales constructivos, características espaciales y de las superficies envolventes (Graf.5). Asimismo, este cálculo tiene presente la temperatura de sensación que consiste en un dato único de la temperatura sentida a partir de los datos climatológicos que se darían dentro del edificio en un lapso de 15 días (Roset, 2001, p.8).



Graf.5 . Ejemplo de gráfico de comportamiento de una vivienda en invierno según el ARCHISUN, donde se puede ver que la temperatura se mantiene fuera de la zona de confort.

### 1.1.2 Confort lumínico y visual.

El confort lumínico y visual es una variable de importancia indiscutible tanto para el diseño de edificaciones como para el reacondicionamiento de viviendas. Esta variable depende fundamentalmente del ojo humano, el cual es considerado en gran medida como el medio de comunicación más importante del hombre para el desempeño de cualquier actividad.

Para que la luz sea apreciada por una persona es necesario estimular el ojo por la luz que reflejan los objetos. Si no existe una superficie que la refleje este fenómeno no tiene lugar. De este modo, debemos entender que el ojo humano es un complejo órgano sensorial de percepción, capaz de convertir la energía luminosa reflejada por los objetos en información para el cerebro. Específicamente, es el llamado "*nervio óptico*" el encargado de llevar las señales al cerebro para que las interprete, de modo que el hombre pueda apreciar distancias, intensidades, colores, volúmenes, tiempo y espacio.

En el caso concreto del confort lumínico y visual se han tener en cuenta las influencias negativas o positivas que pueden ejercer las diferentes condiciones sobre las respuestas del ojo humano. Para ello, en el análisis deben tomarse en cuenta tanto los factores personales como los parámetros fotométricos presentes en el sitio, así como los valores preestablecidos como adecuados e inadecuados para el desarrollo de ciertas actividades por diversos especialistas.

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. Capacidad que, además, depende de las siguientes respuestas:

- La acomodación
- La fatiga visual
- La agudeza visual
- El contraste (K)
- Tiempo de percepción.

#### • PARÁMETROS FOTOMÉTRICOS Y COLORIMÉTRICOS.

Del mismo modo que el confort térmico se ve afectado por una serie de factores personales, parámetros ambientales y arquitectónicos, el confort visual y lumínico también recibe la influencia de estas variables. En el caso de los factores personales, los más destacables son la situación geográfica, la edad y la capacidad visual de la persona, mientras que en los parámetros ambientales y arquitectónicos han de considerarse los fotométricos y colorimétricos. Aunque estos son varios, los más estudiados e importantes son la cantidad de luz o iluminancia, el

"La luz del día, nos llueve verdaderamente del cielo. La energía lumínica, que es casi uniforme en cualquier punto de la bóveda celeste, penetra en aberturas por su poder de difusión; es suficiente un agujero en la pared, cielorraso o piso de una habitación totalmente cerrada, para que se difunda luz en su interior".

Ernesto Puppo



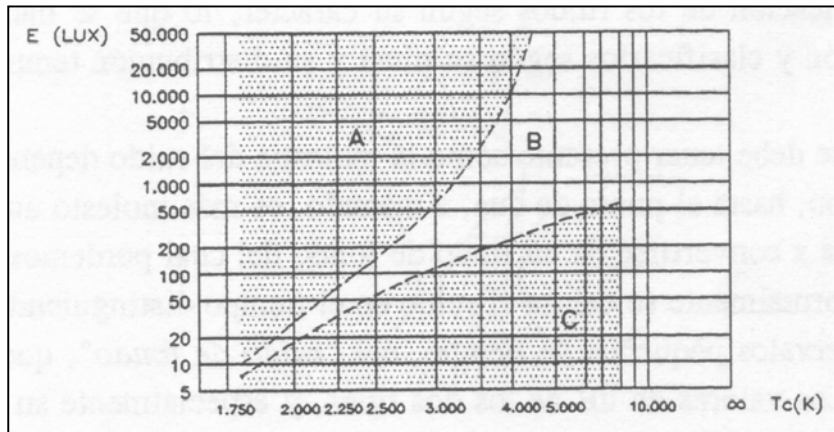
Fig.12. Intensidad luminosa, entendida como la cantidad de luz emitida por una fuente

deslumbramiento y el color de la luz [ITEC, OCT-COAC I DEPARTAMENT DE CONSTRUCCIONS ARQUITECTÒNIQUES I. ETSAB, 1998].

Como puede apreciarse, los parámetros son básicamente los principios físicos de la luz que intervienen de modo directo sobre la percepción de la luz y, por ende, sobre el bienestar visual y lumínico de los usuarios. Algunos de los más significativos y que se tomarán en cuenta en el análisis de las viviendas seleccionadas en la presente investigación son los siguientes:

### ***Intensidad Luminosa (I).***

Es entendida como la cantidad de luz que puede emitir una fuente en una determinada dirección. Suele ser medida a razón de 1lumen/estereorradián y su unidad de medida es la **candela** (cd). Según Steegmann (1986), la adaptación visual del ojo humano a las diversas intensidades de iluminación está íntimamente relacionada con el color de la luz manejado, sobre todo si se trata de luz artificial; aunque también con los medios utilizados para oscurecer una habitación o para tamizar la luz natural. Este autor hace énfasis en la necesidad de considerar las recomendaciones que se exponen en el libro *Las medidas en Arquitectura*, en el cual se indican las temperaturas de color más adecuadas según diferentes intensidades de iluminación en las llamadas curvas de Kruithof (Graf. 1).



Graf.6. Gráfica de Kruithof, en la cual se relaciona la iluminancia con la temperatura de color y define una zona de mayor compatibilidad entre ambas.

### ***Iluminancia (E)***

La iluminancia es interpretada como el nivel de iluminación de un espacio, aunque en realidad se trata de la cantidad de luz o flujo luminoso<sup>13</sup> (lm) que incide sobre un cuerpo. Suele expresarse con la unidad conocida como **lux**, según el Sistema Internacional de Unidades. Como parámetro de confort es manejado para

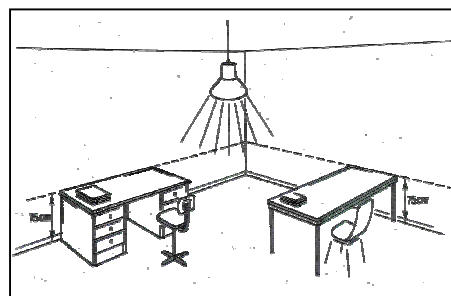


Fig.13. Medición de Iluminancia en interiores. Fuente: Gandolfo, s.f. p.21

<sup>13</sup> El **Flujo Luminoso** es la cantidad de energía radiante visible (luz) en la unidad de tiempo de su flujo. Se mide en lumens (lm). De donde decimos que 1 lumen es el flujo luminoso emitido por una fuente puntual con una intensidad unitaria (1cd) en un ángulo sólido unitario de estereorradián.

Tabla 2. Niveles lumínicos para la vivienda

Espacio	Mínim a	Recomendabl e	Óptima
Habitación	150	200	600
Cocina	200	300	1000
Comedor	100	200	400
Estar	150	400	600
Baño	150	200	400
Lavadero, tendedero	150	300	600
Pasillos y pasos	100	150	200

Fuente: Steegmann, 1986, p.68.

determinar o indicar el nivel lumínico adecuado para un espacio según el tipo de actividad que allí se desarrolla.

Conocer los niveles de iluminancia en un espacio resulta vital si se quiere evaluar las condiciones actuales del mismo, así como establecer los requerimientos para poder ejecutar acciones que permitan mejorar las condiciones de trabajo o de desarrollo de ciertas actividades en el hogar.

La medición de la iluminancia es establecida desde la perspectiva de un espacio interior o exterior. En el primer caso, la iluminancia generalmente es medida a 75cm sobre el suelo (Fig.13), ya que es donde se estima que está la zona de trabajo; en el segundo caso, el valor de la iluminancia es analizado en el suelo, pues ésta es la superficie que interesa analizar o evaluar o bien acondicionar lumínicamente.

Para la evaluación de las condiciones actuales y el planteamiento de medidas a tomar en el reacondicionamiento de las viviendas se han de tener presente una serie de estándares y especificaciones internacionales que indican los niveles de iluminación aconsejables y las condiciones óptimas subjetivas y cualitativas para el hombre según la actividad visual desarrollada y el espacio donde se ejecutan las tareas (Ver anexos).

### ***Luminancia (L)***

Se refiere a la intensidad de luz emitida por una superficie en una dirección determinada. Es ésta la que en realidad percibe el ojo humano y no la iluminancia o la intensidad de luz, pues no es la luz procedente de una fuente la que se percibe sino la luz reflejada por el objeto o por la superficie que la recibe. Según Jiménez (1998), la luminancia puede ser directa, ya que es la cantidad de luz recibida por el ojo desde la fuente de luz (lámpara, sol), e indirecta, que es la cantidad de luz reflejada por una superficie u objeto que es recibida por el ojo (mesa, pared, etc).

Debemos señalar que el confort visual depende directamente tanto de los valores de iluminancia como de luminancia registrados en el interior de los diferentes espacios de la vivienda de acuerdo a los efectos que pueden provocar en los sujetos. En cuanto a la luminancia, se sostiene que la del objeto de trabajo siempre debe ser mayor que la de su entorno para evitar problemas de visualización o de cansancio en la vista.

En el reacondicionamiento de viviendas, manejar tanto los valores de iluminancia como el conocimiento de la capacidad de reflexión de las diferentes superficies resulta de gran ayuda, ya que esto incide notablemente en la selección y uso de determinados colores o materiales que pueden aumentar o reducir los niveles lumínicos que llegan al interior. Así también ayuda en el control de las diferencias lumínicas entre el interior y el exterior,

lo que nos lleva a los siguientes parámetros de confort visual y lumínico.

### ***Contraste y Deslumbramiento.***

Estos dos parámetros están muy interrelacionados por cuanto los dos tienen que ver con el brillo del objeto y el del fondo. Como sabemos, el contraste es necesario para poder distinguir los objetos del entorno, pues se trata de la relación entre el brillo del objeto y el brillo de su fondo. De modo general, se puede afirmar que a mayor contraste, menor será el tiempo necesario para poder distinguir el objeto, al tiempo que la percepción será mejor. Esta es una afirmación que debe orientar tanto el diseño como el reacondicionamiento, ya que si se generan contrastes demasiados elevados entre las diferentes superficies se puede caer en el deslumbramiento.

Cuando se habla de deslumbramiento se hace referencia a uno de los factores que afectan el sentido de la visión al dificultar o impedir la adecuada percepción dentro del campo visual debido a un elevado contraste entre la luminosidad de una superficie y su contorno. Este es un problema que la mayor parte de las veces es generado por una incorrecta iluminación y, según algunos autores [Muñoz, Rodríguez M., Gregori y Barrau], puede ser de dos tipos: perturbador o molesto. El primero de ellos tiene que ver con reflejos luminosos o la luz directa de una lámpara que llega a los ojos provocando ciertas limitaciones visuales. El segundo puede ser más fácilmente corregido o controlado con el diseño. En ciertos casos, da una falsa sensación de normalidad, ya que se produce debido a un exceso de contrastes entre los diferentes objetos, o bien por niveles lumínicos muy bajos. En este caso, los problemas generados están relacionados con una reducción de la agudeza visual y con el cansancio de la vista, el cual es potenciado en la medida en que se pasa un mayor tiempo en condiciones inadecuadas; incluso, en el observador se pueden llegar a presentar fuertes dolores de cabeza.

Un tipo de deslumbramiento muy presente dentro de las viviendas es el reflejado; llamado así, porque se trata de los reflejos de las lámparas, las ventanas u otras superficies brillantes que se ven en la pantalla del televisor o de un ordenador lo cual, además de provocar molestias para distinguir con claridad las imágenes o textos, ocasiona problemas de cansancio de la vista. Como puede apreciarse, éste es un aspecto fundamental dentro del diseño lumínico y muy relevante en el acondicionamiento de espacios donde se requieren unas determinadas condiciones para la ejecución de actividades que necesitan de un cierto esfuerzo visual. Sin embargo, hay que destacar que su valoración es difícil de hacer, aunque tomar en cuenta las relaciones de luminancias puede ser adecuado para evitar el deslumbramiento en el desarrollo de ciertas actividades.

Tabla 3. Colores y asociaciones

Colores	Asociaciones e influencia
Rojo (color cálido)	Como tal es asociado a la calidez, excitación y pasión, pero si se convierte en rosa se relaciona con la feminidad, absorción de la energía vital corporal, la ternura y la juventud.
Café (color neutro)	Presenta un carácter orgánico asociado al sentido de la protección y el arraigo.
Naranja (color cálido)	Es estimulante, excitante y produce entusiasmo. Se asocia al ardor, la atracción y la pasión, aunque puede resultar agresivo y violento.
Amarillo (color cálido)	Se asocia con la inteligencia y la arrogancia y con la intensidad de las emociones
Verde (color frío)	Junto con el azul y dependiendo de los tonos es relacionado y asociado a los diferentes tipos de clima. Además se utiliza por sus propiedades tranquilizantes, de adaptación, de expectativas positivas y por asociarse a la esperanza.
Azul (color frío)	Se asocia con las emociones profundas, la reflexión y el juicio. Propicia el relajamiento y la concentración.
Violeta (es el más frío y oscuro)	Se asocia con virtudes como la bondad, espiritualidad, humildad, lealtad, tolerancia y la paciencia.
Gris (color neutro)	Asociado a la imparcialidad y neutralidad
Blanco (suma de todos los colores)	Representa la pureza, la pulcritud y la perfección.

Fuente: Información de Rodríguez, 2001, p.130.



Fig.15. Ejemplo de Índice de rendimiento de color  
 Fuente: Muñoz,1994.

## Color.

La influencia del color ha sido estudiada por diversos investigadores sin llegar a una teoría definitiva. No obstante, se ha establecido que, aunque no todas las personas responden del mismo modo ante determinados colores, el color percibido por los ocupantes de un espacio está relacionado directamente con sus emociones, su estado anímico y sus respuestas fisiológicas y, por lo tanto, con las condiciones de confort psicológico, las cuales pueden llegar a determinar su eficiencia, productividad, estado de ánimo y hasta la salud (Tabla 4).

El color de la luz como parámetro de confort visual es frecuentemente analizado tomando en cuenta dos factores: la **temperatura del color** y el **índice de rendimiento** (Ver anexo). Las unidades de medida de ambos parámetros han sido establecidos y analizados por diferentes especialistas e incluso se han llegado a determinar los valores de diferentes tipos de lámparas y del cielo.

La temperatura de color puede tener unos efectos positivos o negativos sobre las personas, conforme al tipo de actividad que desarrollan, ya que ésta define la apariencia del color, tanto de la luz que es emitida por la lámpara como del ambiente mismo. Sin embargo, la elección final del color de la iluminación que se va utilizar dependerá, entre otras razones, de la presencia o ausencia de la luz natural, de las condiciones climáticas y de las preferencias personales.

El índice de rendimiento del color, por ser un parámetro que hace referencia a la capacidad de reproducción cromática de una fuente luminosa, ha de ser tomado en cuenta, especialmente, en la selección del tipo de lámparas a utilizar en el interior. Se debe prever que la reproducción de los colores no necesariamente es el mismo en todas las fuentes, por lo que la selección de las lámparas a utilizar también deberá considerar la calidad de la luz que emite en función de la capacidad de facilitar al ojo humano la diferenciación y el reconocimiento de los diferentes objetos que está iluminando.

### 1.1.3. 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 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 (Anexos).

Como puede verse, la sonoridad del espacio es un aspecto al que no se le ha prestado mucha atención, a pesar de que en los últimos tiempos las edificaciones de viviendas y de oficinas, que son las más utilizadas por el hombre y donde pasa períodos más largos, son cada vez más ruidosas; sobre todo si se comparan con las edificaciones de hace más de un siglo. Algo que evidencia esto es que las normativas y reglamentos que contemplan el tema acústico hablan básicamente de aislamiento. Asimismo, hay que destacar que el acondicionamiento acústico ha sido visto más como un aspecto propio de edificaciones diseñadas para albergar actividades relacionadas con la música o la oratoria, como lo son las salas de concierto y los teatros, que como una variable más a tomar en cuenta en el diseño de la vivienda.

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.

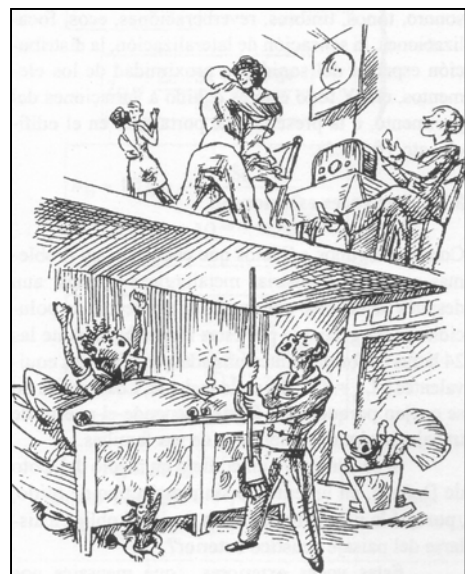


Fig.16. Las voces de los edificios. Fuente: Daumal, 2002, p.225.



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 la 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.

- **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. Si se observan algunas fuentes sonoras y sus correspondientes valores de frecuencia que aparecen en la tabla 4 y se ubican dentro de la tabla 5 se puede tener una idea del tono del sonido emitido, lo cual permite tener una visión general de algunos de los ruidos más frecuentemente percibidos.

Tabla 4. Rango de frecuencia de distintos sonidos

Fuente del Sonido		Frecuencia	
Rango del oído	Rango del piano	La oscilación del viento en los edificios	1
		Zumbido de las conexiones	50
			100
		Media C/ Media octava en el teclado	262
			500
		El despertador del radio	1000
			2000
			5000
			10000
			50000
	100000		

Datos tomados de McMullan, 2002 y R. Mondelo, Gregori y Barrau, 1999.

Tabla 5. Frecuencias del sonido que indican el tono de un sonido

infrasonidos	Frecuencias audibles			ultrasonidos
	graves	Medios	agudos	
0	20	400	1.600	20.000
				Hz

De acuerdo a lo anterior, podemos destacar que 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 las misma presión acústica, pero sí que sean variables en el tiempo [Mondelo, Gregori y Barrau, 1999].

### - **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 20µPa 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. De hecho, en el análisis cuantitativo del sonido en el presente estudio se toman 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 (Tabla 6).

**Tabla 6. Respuesta subjetiva a los cambios de niveles sonoros**

Rango del cambio	Respuesta subjetiva
1 a 3 dB	Apenas perceptible en recintos típicos y laboratorios
3 a 5 dB	Claramente distinguibles en la mayoría de los espacios
5 a 10 dB	Percibido al doble o la mitad de la intensidad
20 dB	El sonido se percibe como mucho más intenso o mucho menos intenso

Tabla de Cavanaugh y Wilkes, 1999, p.17 En: Rodríguez, 2001, p. 186.

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 (Anexos).

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

Tabla 8. Niveles de algunos ruidos

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).

Tabla 7. Niveles de presión sonora recomendados para diferentes recintos.

Recintos	Kundsen 1953	Beraneck 1953	Beraneck 1957	Lawrence 1962	Kosten 1962	Ashrae 1967	Kryter 1970	Beraneck 1971	Doelle 1972	Wood 1972	Rettinger 1973
Residencia: Dormitorio	35-45	35	35-45	25	30	25-35	40	34-47	35-45	35	34-42
Sala de estar	35-45	35		40	35	30-40	40	38-47		40	

Fuente: Recuero y Gil, 1991, p. 739

### • 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.

En cuanto al 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 sonoras	Distancia ( m )	Nivel ( dB )
Máquina de coser	1	93-100
Taladros	1	96-103
Cepillo mecánico de madera	1	98-110
Sierras, pulidoras	10	90
Colectores	1	101-105
Maquina de remachar		110
Martillo neumático		100-110
Ferrocarril suburbano	6	90-100
Vaciado y llenado de aparatos sanitarios		75
Tráfico intenso	3-5	88
Tráfico calle silenciosa	10	60
Agentes atmosféricos		80
Sirena de ambulancia	15	90
Hablar a gritos	5	70-80
Conversación normal	5	60-70
Cerrar puerta	5	75
Gente andando		70-80
Pisadas		55
Conversaciones nivel normal		70
Conversaciones nivel medio		76
Conversaciones nivel fuerte		100
Vivienda con radio baja		40
Sala de estar		30-40
Equipos de sonido		90-100
Autobús grande	10	83
Reactancias y fluorescentes		60
Frigorífico		35
Lavadoras		70
Lavaplatos		90

Datos de Cavanaugh y Wilkes, 1999.

- **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 (Anexos). 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 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.

## **1.2. Comentarios**

**El confort como concepto ha evolucionado con el tiempo, asumiendo diversos significados e incluyendo diferentes ideas como salud, eficiencia, domesticidad, intimidad y comodidad. Hoy en día, además, se ha llegado a profundizar de tal modo en el tema que se han establecido unos rangos climáticos, lumínicos y acústicos, que en conjunto deberían garantizar dicho confort.**

**Sin embargo, en la actualidad ocurre que, al mismo tiempo que se desarrollan diversos métodos para evaluar un espacio, se establecen rangos de confort e incluso se dispone de reglamentaciones y normalizaciones de algunas de sus variables, son numerosos los profesionales de la arquitectura que día a día tratan de proporcionar el confort ambiental a través de la inserción de sistemas artificiales de control climático sin prever en el diseño de conjunto la minimización, e incluso la no utilización, de estos mecanismos que conllevan un elevado consumo de energías no renovables y, en muchas ocasiones, ni siquiera a satisfacer realmente las necesidades de confort de los habitantes de estas edificaciones cada vez más artificiales.**

**Como se ha podido observar son múltiples los métodos y las fórmulas elaboradas para el cálculo del confort térmico, no obstante vemos que en la mayoría de ellas se establecen rangos de temperatura, iluminación y nivel sonoro fijos a lo largo del tiempo donde, además, tampoco se toma en consideración aspectos tan importantes como la situación geográfica y otros factores socio culturales o personales. Asimismo, debemos señalar que algunas de las propuestas de las llamadas zonas de bienestar o confort han sido elaboradas previendo el acondicionamiento por medios artificiales, no teniendo en cuenta una posible variación diaria o estacional de los rangos de consigna establecidos.**

**Igualmente, hay que destacar que hasta el momento se ha prestado mayor atención al tema del confort térmico, dejando de lado el confort acústico**

**y lumínico que, después de todo, también inciden en la calidad de vida de las personas. Quizás las áreas en las cuales se ha estudiado más sobre estos últimos aspectos es en el diseño y acondicionamiento de edificios de oficina y fábricas, mientras las investigaciones en el ámbito de la vivienda se han relegado a un segundo plano. Así mismo, apreciamos que en raras ocasiones la idea de confort que abarque tanto el componente térmico como el acústico y el lumínico, se tome en consideración para el reacondicionamiento de las edificaciones; probablemente porque se enfatiza más en los aspectos constructivos relacionados con el deterioro de las edificaciones o en el aspecto estético de las reformas realizadas en los diferentes espacios de estas edificaciones.**

**Finalmente, podemos afirmar que el Confort Ambiental es una variable extrínseca de la edificación, pues está más directamente relacionado con las condiciones de bienestar en las que se encuentra una o más personas, que con el mismo edificio. Por consiguiente, consideramos que tanto el diseño como el reacondicionamiento de nuestras edificaciones deben incorporar como uno de sus objetivos esenciales el aporte de estas condiciones de bienestar a sus usuarios en el marco de la llamada arquitectura bioclimática, con el objeto de alcanzar una armonía entre arquitectura, hombre y ambiente. De hecho, consideramos que cuando se habla del ámbito del reacondicionamiento de edificaciones, estamos haciendo énfasis en una modificación de las condiciones presentes en la misma, por tanto y por cuanto se hace más evidentes la necesaria aplicación de métodos y sistemas que conlleven a la real modificación de las condiciones ambientales, ya no solamente desde el punto de vista estético o espacial, sino también el energético, gracias al cual se puedan mejorar las condiciones de confort de quienes habitan estas edificaciones.**