

MEDIO AMBIENTE

Según la definición de Goffin¹ *“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.

Si bien es cierto que el medio ambiente está integrado por todos los elementos y variables que lo componen, por razones prácticas suele dividirse 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 está interactuando en todo momento con el medio ambiente, tanto con el natural, como con el social y el artificial; el medio ambiente determina su comportamiento físico y psicológico, es un factor determinante de la salud, bienestar y confort del individuo.

SALUD Y CONFORT

El término confort, es de hecho un galicismo, que puede ser substituido por el de bienestar, aunque éste parece ser más amplio y relacionado directamente con la salud. La Organización Mundial de la Salud² define a la salud como *“el estado de completo bienestar físico, mental y social del individuo y no solamente la ausencia de afecciones o enfermedades”*. Por otro lado entendemos por Confort al 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.

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:

1 Goffin, Louis. La Problematique de l'environnement, Bruselas, F.U.L. 1984.

2 Constitución de la Organización Mundial de la Salud. 1946. New York. USA. OMS.

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:

- Confort Térmico,
- Confort Lumínico,
- Confort Acústico,
- Confort Olfativo,
- Confort Psicológico.

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.

CONFORT TÉRMICO

Se refiere a la percepción del medio ambiente circundante que se da principalmente a través de la piel, aunque en el intercambio térmico entre el cuerpo y el ambiente los pulmones intervienen de manera importante.

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.

De este modo, del total de la energía producida solamente se utiliza alrededor del 20% para las necesidades internas del cuerpo, mientras que el 80% restante debe disiparse al medio ambiente, de hecho para que exista balance térmico, es necesario que la totalidad de éste calor restante sea disipada. Esta disipación se lleva a cabo a través de la piel y los pulmones. Los datos de producción de calor por metabolismo, dependiendo del grado de actividad del individuo son enlistados en la tabla 1.

GRADO METABÓLICO PROMEDIO PARA UN HOMBRE ADULTO³ (Watts)

Actividad	total	basal	muscular
Sueño Profundo	70	70	0
Descanso acostado	88	88	0
Descanso sentado	115	92	23
Trabajo ligero sentado	130	92	38
Trabajo ligero de pie	150	92	58
Caminar despacio	160	92	68
Trabajo de escritorio	210	93	117
Trabajo de oficina de pie	235	93	142
Trabajo medio	265	93	172
Trabajo medio pesado	300	93	207
Trabajo pesado	400	94	306
Trabajo pesado durante 8 hrs.	440	94	346
Trabajo muy pesado (max 30 min)	1,500	94	1,160

El metabolismo es uno de los factores internos más importantes que intervienen en la obtención del confort. Algunos otros son la edad, el sexo, forma y superficie corporal, acumulación de grasa, condición de salud, tipos de alimentos y bebidas etc.

3 Datos basados en Szokolay, Steven. *Envirnmental Science Handbook*, The Construction Press, Lancaster, England 1981. y complementados por Fuentes Freixanet, Víctor y Figueroa Castrejón, Anibal. Criterios de Adecuación Bioclimática No. 7300 IMSS. 1989.

Por otro lado los factores externos más importantes son:

Grado de arropamiento

Dependiendo de éste, la transferencia de calor entre el cuerpo y el medio ambiente tendrá mayor o menor resistencia, es decir, el cuerpo podrá disipar mayor o menor cantidad de energía calorífica.

Temperatura del aire

Este es uno de los factores más importantes ya que entre mayor sea la diferencia entre la temperatura del aire y la del cuerpo, mayor será el flujo de calor.

La temperatura del aire óptima en la cuál el cuerpo disipa adecuadamente el calor generado depende de varios factores, entre ellos la aclimatación del individuo juega un papel importante, ya que, por ejemplo, una persona acostumbrada a vivir en un clima frío soporta temperaturas más bajas que otra que no lo está.

Esta temperatura óptima (la cuál es llamada comúnmente «*temperatura neutra*») representa un punto en la escala térmica, por ello es más conveniente hablar de un rango de temperatura en el cual el individuo expresa satisfacción (térmica) con el ambiente. El rango de confort térmico ha sido definido de distinta manera por varios autores. Los estudios más actuales a éste respecto son los de S. Szokolay⁴ y Auliciems, a través de los cuales se ha elaborado la tabla número 2, en donde se definen los rangos de confort térmico para varias ciudades de la República Mexicana.

Aplicando la fórmula de Auliciems:

$$T_n = 17.6 + 0.31 T_m$$

$$Z_c = T_n \pm 2.5 \text{ } ^\circ\text{C}$$

donde:

T_n = Temperatura Neutra

T_m = Temperatura media anual o mensual

Z_c = Zona de Confort

RANGOS DE CONFORT
térmico anual para varias ciudades de la República Mexicana:

Ciudad	rango		
	min.	T _n	max.
Toluca, México	18.9°	21.4°	23.9°
La Bufa, Zacatecas	19.3°	21.8°	24.3°
Ciudad de México (Tacubaya)	19.8°	22.3°	24.8°
Puebla, Puebla	20.2°	22.7°	25.2°
Chihuahua, Chihuahua	20.8°	23.3°	25.8°
Guadalajara, Jalisco	21.0°	23.5°	26.0°
Cuernavaca, Morelos	21.6°	24.1°	26.6°
Monterrey, Nuevo León	21.9°	24.4°	26.9°
Hermosillo, Sonora	22.6°	25.1°	27.6°
Veracruz, Veracruz	22.9°	25.4°	27.9°
Villahermosa, Tabasco	23.6°	26.1°	28.6°

⁴ Szokolay, Steven. «*Passive and low energy design for thermal and visual comfort*» Passive and low Energy Ecotechniques Applied to Housing (PLEA'84) Pergamon Press, New York, U.S. 1984.

Temperatura radiante (Radiación)

Junto con la temperatura, la radiación afecta enormemente la sensación térmica del organismo, incluso algunos estudios recientes sugieren que la temperatura radiante es más significativa que la temperatura del aire. Esto es fácil de entender si imaginamos estar en un ambiente con aire frío pero expuestos a la radiación del sol o a la emitida por una chimenea o fogata.

Humedad del aire

A pesar que la humedad tiene pocos efectos en la sensación de confort térmico, sí juega un papel importante en los mecanismos de intercambio térmico del cuerpo, tanto en la sudoración como en la evaporación e intercambio térmico pulmonar (evotranspiración).

Movimiento del aire

El movimiento del aire también tiene efectos térmicos en el individuo, aún sin cambiar su temperatura, ya que a través del movimiento del aire se incrementa la disipación de calor del organismo de dos maneras: incrementando las pérdidas convectivas de calor y acelerando la evaporación. El movimiento del aire también tiene efectos no térmicos (mecánicos) en la sensación de confort. Algunas reacciones subjetivas para varias velocidades del aire son las siguientes:

SENSACIONES SUBJETIVAS DE ACUERDO A LA VELOCIDAD DEL VIENTO⁵

rango de velocidad		sensación
menor a	0.25 m/seg.	imperceptible
de	0.25 a 0.50 m/seg.	agradable
de	0.50 a 1.00 m/seg.	perceptible
de	1.00 a 1.50 m/seg.	desagradable
mayor a	1.50 m/seg.	muy molesto

La falta de condiciones térmicas adecuadas provoca trastornos fisiológicos, cuyos efectos pueden ir desde los temporales de poca significación hasta los graves que pueden dañar seriamente al organismo e incluso provocar la muerte.

Las principales alteraciones se presentan en el aparato circulatorio y en los demás órganos que intervienen directamente en el intercambio de calor. Bajo condiciones de alta temperatura la presión arterial aumenta así como el ritmo cardiaco y respiratorio; los vasos sanguíneos se dilatan, se incrementa la evotranspiración, aumentando la demanda de oxígeno e ingestión de líquidos además de otros efectos secundarios.

A bajas temperaturas los efectos se invierten, la presión arterial disminuye al mismo tiempo que el ritmo cardiaco y respiratorio, los vasos sanguíneos se contraen disminuyendo la actividad general de todos los órganos.

5 Szokolay, Steven. Environmental Science Handbook. The Construction Press, Lancaster, England 1981.

La falta de humedad o exceso de ella provoca alteraciones en el intercambio energético normal de los pulmones, interfiere con la capacidad evaporativa de la piel y provoca cambios en la fauna normal de la piel, lo cual aunado con la contaminación física, química y biológica del aire puede provocar enfermedades de las vías respiratorias o en la superficie cutánea o subcutánea.

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. La tabla de abajo muestra algunas de las acciones de adaptación y sus efectos en términos de los parámetros determinantes del confort.

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

Efectos de distintos comportamientos de adaptación sobre las temperaturas óptimas de confort⁶:

Comportamiento	Efecto	Comp.
Quitarse o ponerse una chamarra o 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

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

Modelo de Balance Térmico

La ecuación de confort de Fanger involucra términos relacionados con:

Variables ambientales:

- Temperatura del aire
- Temperatura radiante media
- Velocidad relativa del aire
- Presión de vapor del agua

Variables fisiológicas:

- Calor metabólico producido (interno)
- Energía metabólica producida (trabajo externo)
- Temperatura superficial de la piel
- Sudoración
- Intercambio de calor evaporativo y convectivo a través de la respiración
- Pérdidas de calor seco del cuerpo por radiación, convección y conducción

Arropamiento:

- Grado de aislamiento de la ropa (flujo conductivo a través de la ropa)
- Relación entre área arropada y área superficial desnuda
- Temperatura superficial de la ropa

La fórmula de confort para determinar PMV es ⁷:

$$PMV = (0.303 e - 0.036M + 0.028) * [(M - W) - H - E_c - E_{res}]$$

donde:

PMV = Voto medio pronosticado

M = Tasa metabólica (W/m²)

W = Energía mecánica efectiva (trabajo) (W/m²)

H = Pérdidas de calor seco

E = Intercambio de calor evaporativo de la piel (W/m²)

E_c = Intercambio calor convectivo respiratorio (W/m²)

E_{res} = Intercambio evaporativo respiratorio (W/m²)

PMV para diferentes temperaturas y humedades de acuerdo a la fórmula estadística.

T (°C)	Humedad Relativa (%)						
	30	40	50	60	70	80	90
15	-2.43	-2.40	-2.36	-2.33	-2.30	-2.26	-2.23
16	-2.17	-2.14	-2.10	-2.07	-2.03	-1.99	-1.96
17	-1.92	-1.88	-1.84	-1.80	-1.76	-1.72	-1.69
18	-1.66	-1.62	-1.58	-1.53	-1.49	-1.45	-1.41
19	-1.40	-1.35	-1.31	-1.27	-1.22	-1.18	-1.14
20	-1.14	-1.09	-1.04	-1.00	-0.95	-0.91	-0.86
21	-0.87	-0.83	-0.78	-0.73	-0.68	-0.63	-0.58
22	-0.61	-0.56	-0.51	-0.45	-0.40	-0.35	-0.30
23	-0.35	-0.29	-0.24	-0.18	-0.13	-0.07	-0.02
24	-0.08	-0.02	0.04	0.09	0.15	0.21	0.27
25	0.19	0.25	0.31	0.37	0.43	0.50	0.56
26	0.45	0.52	0.59	0.65	0.72	0.78	0.85
27	0.72	0.79	0.86	0.93	1.00	1.07	1.14
28	0.99	1.07	1.14	1.22	1.29	1.37	1.44
29	1.27	1.35	1.42	1.50	1.58	1.66	1.74
30	1.54	1.62	1.71	1.79	1.88	1.96	2.04
31	1.82	1.90	1.99	2.08	2.17	2.26	2.35
32	2.09	2.19	2.28	2.37	2.47	2.56	2.66
33	2.37	2.47	2.57	2.67	2.77	2.87	2.97
34	2.65	2.76	2.86	2.97	3.07	3.18	3.28
35	2.93	3.05	3.16	3.27	3.38	3.49	3.60
36	3.22	3.34	3.45	3.57	3.69	3.81	3.93
37	3.51	3.63	3.75	3.88	4.00	4.13	4.25
38	3.79	3.93	4.06	4.19	4.32	4.45	4.58
39	4.08	4.22	4.36	4.50	4.64	4.78	4.92
40	4.38	4.52	4.67	4.82	4.96	5.11	5.25

En esta fórmula intervienen varios factores a veces difíciles de estimar, por lo que de manera simplificada, se puede asumir que para un arropamiento de 1 clo, con una actividad metabólica de 1 Met (58.2 W/m²), con una velocidad de viento de 0.13 m/s, y con una presión barométrica de 1,013 hPa, y así se puede estimar con relativa precisión el PMV teniendo como variables únicamente la Temperatura y la Humedad Relativa, de acuerdo a la siguiente fórmula estadística⁸:

$$PMV = ((1.362135869 \cdot 10^{-6})T^3 - (3.1031221 \cdot 10^{-8})T^2 + 0.001191847633229 T + 0.0112635095137) \cdot ((0.1HR)+1) + (0.000040T^3 - 0.0000451T^2 + 0.24709914T - 6.27580002)$$

donde:

PMV = Voto Medio Pronosticado

T = Temperatura (°C)

HR = Humedad Relativa (%)

El PMV se relaciona con la siguiente escala de sensación térmica:

-3 -2 -1 0 +1 +2 +3
 frío fresco fresco ligero neutro caluroso ligero caluroso cálido

PPD para diferentes temperaturas y humedades de acuerdo a la fórmula estadística de PMV

T (°C)	Humedad Relativa (%)						
	30	40	50	60	70	80	90
15	91.9	91.0	90.1	89.2	88.1	87.1	85.9
16	84.0	82.6	81.1	79.7	78.1	76.5	74.8
17	72.8	70.9	69.0	67.1	65.1	63.1	61.0
18	59.4	57.2	55.0	52.8	50.6	48.4	46.2
19	45.3	43.1	40.8	38.6	36.4	34.3	32.2
20	32.2	30.1	28.0	26.0	24.1	22.3	20.6
21	21.1	19.4	17.7	16.1	14.7	13.3	12.1
22	12.8	11.5	10.4	9.3	8.4	7.6	6.9
23	7.5	6.8	6.2	5.7	5.3	5.1	5.0
24	5.1	5.0	5.0	5.2	5.5	5.9	6.5
25	5.7	6.3	7.0	7.9	8.9	10.2	11.6
26	9.3	10.6	12.2	13.9	15.9	18.0	20.3
27	16.0	18.3	20.7	23.4	26.3	29.3	32.6
28	25.9	29.1	32.5	36.1	39.8	43.7	47.7
29	38.5	42.6	46.8	51.1	55.4	59.7	63.9
30	53.1	57.6	62.2	66.6	70.8	74.9	78.6
31	67.8	72.3	76.4	80.3	83.8	87.0	89.7
32	80.8	84.4	87.7	90.4	92.8	94.7	96.2
33	90.3	92.8	94.8	96.3	97.5	98.4	99.0
34	96.1	97.4	98.3	99.0	99.4	99.7	99.8
35	98.8	99.3	99.6	99.8	99.9	100.0	100.0
36	99.7	99.9	99.9	100.0	100.0	100.0	100.0
37	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
38	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
39	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
40	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0

El porcentaje pronosticado de insatisfacción se estima mediante ⁹:

$$PPD = 100 - 95 e^{-(0.03353 PMV^4 + 0.2179 PMV^2)}$$

donde:

PPD = Predicted Percentage of Dissatisfied (%)
 PMV = Predicted Mean Vote

⁹ Thermal Comfort. Innova, ibid.

Para la estimación de PMV y PPD, las formulas anteriores usan como valores constantes, entre otros, la velocidad del viento, usando como valor 0.13 m/s. En estos cálculos de confort se debe tomar en cuenta la velocidad relativa media del aire, es decir, la velocidad relativa del aire con respecto al ocupante, la cual incluye los movimientos corporales. Esto significa que una velocidad de 0.13 es la velocidad mínima que considera casi únicamente los movimientos de la persona. En los cálculos de confort difícilmente podría considerarse una velocidad de aire igual a cero, ya que significaría considerar a un ocupante inmóvil.

CONFORT LUMÍNICO

El confort lumínico se refiere a la percepción 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 lo 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 Massachusetts¹⁰, 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 cuál 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 de país a país; véase la siguiente tabla:

10 Ponte, Lowell. «How artificial Light affects your health» Reader's Digest R.D. New U.S. 1981.

NORMAS DE ILUMINACIÓN ALTA EN VARIOS PAÍSES¹¹.

	trabajo delicado (iluminación alta)	trabajo excepcionalmente severo.(ilum. especial).
URSS	50 - 100 lux	150 - 300 lux
Hungría	150 - 300	300 - 500
Reino Unido	600	2,000 - 3,000
USA	1,500	5,000 - 10,000
México ¹²	300 - 400	600

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.

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, se pueden lograr sensaciones de melancolía, romanticismo, alegría, erotismo o agresividad. La luz es un factor determinante del confort humano.

CONFORT ACÚSTICO

Se refiere a la percepción que se da a través del sentido del oído, donde se incluyen, además de los factores acústicos, los factores del ruido.

Las fuentes sonoras están siempre presentes tanto en zonas urbanas como rurales, incluso en los lugares «silenciosos» como un campo abierto o una casa aislada. En sí, la existencia de sonidos es necesaria para la percepción del entorno; de hecho la ausencia total de sonidos puede afectar seriamente la salud física y mental del individuo.

¹¹ Szokolay, Steven. Op.cit.

¹² Normas Técnicas del Instituto Mexicano del Seguro Social, IMSS, México, D.F. 1985.

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) 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).

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. Lo primero es entender que es el ruido y que repercusiones a corto, mediano y largo plazo puede tener.

Todo sonido tiene su origen en la vibración de un cuerpo, la cuál se transmite a través del aire, es percibida por el sentido del oído e interpretada por el cerebro. El sonido es entonces una forma de energía que presenta dos características básicas: sonoridad e intensidad.

La intensidad es la cantidad de energía transmitida a través del aire. La cuál varía en función de la distancia entre la fuente sonora y el individuo receptor; se mide en Decibeles «A» (dBa) que incluye todos los rangos de frecuencia. La sonoridad es la fuerza con la que se percibe el sonido, la presión que hace vibrar al tímpano o que llega a romper un vidrio. Se mide en niveles de presión acústica (NPA).

Cuando el sonido perturba de alguna manera al individuo, se convierte en ruido. El grado de ésta perturbación depende de muchos factores, entre ellos están: el sexo, la edad, la experiencia y relación de sonidos, el estado de ánimo, etc. Sin embargo, se han establecido parámetros que definen un rango de confort o bienestar general. La Organización Mundial de la Salud ¹³ establece los siguientes rangos:

rango de intensidad			
Muy silencioso	de	0	a 25 dBa
Silencioso	de	25	a 35 dBa
Moderado	de	35	a 45 dBa
Ruidoso	de	45	a 55 dBa
Muy ruidoso	más de	55	dBa
Límite de la OMS		90	dBa
Umbral de dolor		130	dBa

(En la Ciudad de México se ha detectado que por lo menos el 50% de los autobuses urbanos y el 90% de los foráneos sobrepasan el límite de los 90 dBa.)¹⁴.

13 El Ruido, Criterios de salud ambiental 12. Organización Mundial de la Salud, ONU, Washington DC. 1983.

14 Marcó del Pont, Luis. *El crimen de la Contaminación* Biblioteca de Ciencias Sociales y Humanidades. UAM - Azcapotzalco, CSH, México, D.F. 1984.

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 tanto para el parlante como para el oyente. Además la comunicación por otros medios se dificulta; tal como hablar por teléfono, entender los mensajes de un sistema de sonido, etc.

Pérdida de la audición

La exposición ocasional o constante al ruido puede provocar pérdida temporal o permanente en forma gradual, parcial o total de la capacidad auditiva. De hecho con el paso del tiempo, 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

Todas las personas han experimentado alguna vez la interrupción del sueño producida por sonidos intensos o ruidos. La exposición a fuentes de ruido ocasiona perturbación del sueño. Puede suceder que un ruido nos despierte al momento, que afecte el nivel de profundidad y duración del sueño o provocar dificultad para conciliarlo; éstos 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 los que podemos tolerar durante las horas de vigilia o actividad. La Organización Mundial de la Salud recomienda para dormir un máximo de 35 dBa. (En muchas zonas de la Ciudad de México difícilmente se encuentran niveles inferiores a 55 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.

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, cigarros, 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.¹⁵

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.

15 García, Roberto y Fuentes Freixanet, Víctor. *Viento y Arquitectura* Editorial Trillas, México D.F. 1995.

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.

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, el disconfort 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 es disconfort 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. A este respecto, quizá los estudios más serios y completos sean los del arquitecto Javier Covarrubias¹⁶ quien ha desarrollado metodologías y extensos estudios acerca de la contaminación visual y la complejidad en la arquitectura.

En términos muy generales, estos estudios tratan 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.

16 Cf. Javier Covarrubias, *Complejidad Visual en la Arquitectura*, U.A.M. Azcapotzalco, México, 1987.

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 discomfort, enfermedad y disfunción del organismo; abundan las edificaciones frías, cálidas o extremosas, ruidosas, mal iluminadas, con fuerte contaminación electromagnética, desagradables, etc. Sin embargo, como bien señala Reyner Banham¹⁷: *“Evidentemente, es demasiado tarde ahora para comenzar a culpar a los arquitectos por el hecho de que exista esta situación, especialmente ya que la culpa corresponde también a la sociedad en su totalidad, por no haber exigido que ellos fueran algo más que los creadores de esculturas, ambientalmente ineficientes, no obstante su hermosura.”*

17 Banham, Reyner. *La arquitectura del entorno bien climatizado*. Ediciones Infinito. Buenos Aires 1975. p.299