



ALAEE

Asociación Latinoamericana de Educación
y Estimulación - www.alaee.org

Aportes de la Ingeniería a la Estimulación

Ing. Juan Ripoll

Curso de Profundización en Estimulación Temprana I

Coordinador Académico: Bertolino Nobre

Presidente ALAEE

- 16 de Octubre 2004 -

1. Introducción

En este trabajo vamos a referirnos desde un punto de vista de ingeniería a una serie de fenómenos físicos que ocurren habitualmente en nuestro entorno y que podemos considerar estímulos, entendiendo estímulo como cualquier “acontecimiento o cambio que produce una actividad fisiológica en un órgano sensoriomotor”.

El objetivo planteado es dar una explicación intuitiva de estos estímulos que el entorno permanentemente nos ofrece, y presentar además en líneas generales, las herramientas utilizadas para el análisis físico-matemático correspondiente a cada uno de ellos, desde el punto de vista de la ingeniería, o siendo más exactos, desde el punto de vista de la física y la matemática que ésta aplica.

2. Estímulos

En todo momento recibimos del ambiente distintos tipos de estímulos de origen físico, siendo más precisos, podemos decir que todo estímulo que percibimos involucra necesariamente procesos físicos, sin los cuales no es posible que el estímulo exista.

Entre los estímulos así considerados podremos diferenciar según el medio por el cual son percibidos por el individuo en:

- Estímulos auditivos: son estímulos percibidos por el órgano del oído y los constituyen las ondas sonoras, que no son otra cosa que ondas de presión y depresión transportadas a través del aire u otro medio material.
- Estímulos táctiles: estos son los estímulos percibidos a través del sentido del tacto, el cual radica en la piel. Entre ellos se pueden contar los estímulos térmicos, los de percepción de superficies, los de presión (provocados por el contacto con cuerpos sólidos, líquidos o gaseosos), etc.
- Estímulos visuales: son los percibidos por los ojos y están constituidos por el espectro visible de las ondas electromagnéticas.
- Estímulos olfativos: son percibidos por los órganos olfativos ubicados en la nariz, dependen de la composición química de las sustancias que se encuentren en el aire que respiramos.
- Estímulos gustativos: son los percibidos por el sentido del gusto, el cual se encuentra en la lengua, y dependen de la composición química de las sustancias solubles en agua que entran en contacto con la misma.

3. Estímulos Auditivos

Como ya se ha dicho estos estímulos son percibidos por los órganos de la audición, que se encuentran a ambos lados de la cabeza. Son órganos muy específicos y agudos, compuestos por elementos muy delicados y su parte externa consiste en los pabellones auditivos u orejas. Con ellos podemos percibir el sonido u ondas sonoras.

3.1. Sonido

El aire que nos rodea se encuentra a una presión de aprox. 760 mm de mercurio, 101.300 Pa (Pascuales), 0,1013 MPa, o presión atmosférica. Si se provocan movimientos a este aire se producen ondas de sobrepresión y depresión que se propagan por él con una velocidad variable, según las condiciones atmosféricas, pero en general del orden de los 340 m/s, o sea, unos 1220 km/h. Estas ondas se propagan por el aire y se van atenuando a medida que se trasladan.

Si estas ondas se generan por la vibración de algún cuerpo, éstas que se transportarán a la velocidad ya indicada y con la frecuencia de la vibración del objeto causante (es decir, cuantas veces oscila el objeto por segundo). Su longitud de onda estará determinada por la velocidad de traslación y la frecuencia según la siguiente relación:

$$c = \lambda \cdot f ,$$

donde:

c - velocidad del sonido en el medio

λ - longitud de onda

f - frecuencia

Dado un punto del espacio, por él pasan sucesivamente frentes de onda de sobrepresión y depresión, del orden de 0,00002 Pa (20 μ Pa), en el caso del mínimo sonido audible, a 20 Pa, en el caso de un sonido lo suficientemente fuerte como para causar daños al oído. Aún en este caso, la sobrepresión comparada con la presión atmosférica es de 20 contra 101.300 Pa, o sea, muy pequeña.

Las frecuencias que son capaces de ser detectadas por el oído humano van desde los 20 Hz a los 20 kHz, o sea, 20 vibraciones por segundo a 20.000 vibraciones por segundo, variando estos límites según la persona.

3.2. Fuentes de ruido

En una ciudad de nuestros días la cantidad de ruido generada es importante, las fuentes de ruido son: fábricas, automóviles, viento, aparatos sonoros, personas hablando, etc. El efecto que puede tener en nosotros los estímulos sonoros dependen de varias de sus características, como por ejemplo, su nivel sonoro, el origen del mismo, si es un ruido monótono o variable o si es ruido o música.

3.3. Alto nivel sonoro

El nivel de ruido se calcula a partir de la amplitud de la presión de la onda sonora (presión sobre la presión atmosférica) con respecto a una presión de referencia que se sitúa en 20 microPascuales, que, como ya vimos, es el umbral inferior de captación sonora humana promedio. Las unidades del nivel sonoro son los decibeles (dB). Se calcula el nivel de presión sonora o nivel sonoro según la siguiente fórmula:

$$L_p = 20 \cdot \log_{10} \left(\frac{P}{2 \cdot 10^{-6}} \right) ,$$

donde:

p - amplitud de sobrepresión de la onda sonora

L_p - Nivel de presión sonora en decibeles

En el caso del nivel sonoro de un ruido, si éste es muy alto y supera los 85 decibeles, puede causar además de molestias, daños a la audición temporarios o permanentes, dependiendo del nivel sonoro en cuestión y de la duración de la exposición al mismo.

Asimismo las molestias por alto nivel sonoro nos provocan dificultad de concentración y pueden llegar a alterarnos los nervios.

3.4. Forma del ruido

Por otro lado, un ruido continuo y monótono es más fácilmente soportable que uno variable o repetido a intervalos regulares, es clásico el ejemplo: es más fácil dormirse con un ruido de fondo continuo que con uno que se repita a ciertos intervalos, ya que si el ruido es permanente, nuestro cerebro puede regular la atención a cierto espectro de sonido y no atender al mismo. Esto es lo que sucede cuando estamos hablando con alguien cuando hay ruido de fondo, si la persona nos habla en frecuencias o tonos comunes con este ruido de fondo es difícil entender ya que ambas señales se mezclan, sin embargo, si nos habla en un tono diferente al del ruido de fondo, podemos concentrar nuestra atención en el intervalo de esos tonos y entender con más facilidad.

En caso que el ruido sea repetitivo a intervalos no nos es posible desviar la atención, ya que cuando no hay ruido nuestro oído se adapta a escuchar todo el espectro sonoro, el cual se ve súbitamente excitado por un sonido de alto nivel.

Este efecto se aprovecha en forma positiva en los timbres, sobretodo los antiguos, que generaban un ruido agudo e inarmónico, que al ser inesperado y fuerte llamaba nuestra atención. Diferente es lo que ocurre con los timbres más modernos, que emiten una melodía o series de sonidos armónicos entre sí, los cuales no suenan al oído humano tan inesperados. Si bien logran ser agradables muchas veces no cumplen la función de llamar la atención de la persona, lo cual es el principal objeto de un timbre.

3.5. Materiales con respecto al ruido

También tienen influencia en los efectos del ruido sobre nosotros los materiales del recinto en el cual nos encontremos. Si las paredes o pisos se encuentran recubiertos de materiales porosos y deformables, como alfombras, o hay muebles tapizados con este tipo de materiales, el sonido tiende a ser absorbido por los mismos, dando ambientes más tranquilos y calmos.

Sin embargo, si las superficies que nos rodean son rígidas, las ondas sonoras pueden reflejarse en ellas sin atenuar su nivel de potencia sonora, dando ambientes que propagan el ruido con gran facilidad, generando una atmósfera menos tranquila.

Estos efectos pueden ser utilizados para el diseño de salas según el uso que se les quiera dar. Si una sala está dedicada a la audición de música, es conveniente que no sea muy absorbente, ya que, a estos fines, es agradable al oído cierta cantidad de reflexión del sonido.

En cambio, en habitaciones dedicadas a la comunicación verbal, como salones de clase o salas de conferencias, es conveniente atenuar las reflexiones, así se mejora la comprensión de la voz humana.

4. Estímulos Táctiles

Nuestra piel, que es en gran porcentaje de nuestra superficie corporal el límite entre nosotros y el medio exterior, está en contacto con el medio circundante desde el momento en que nacemos, y aún desde antes, y durante toda nuestra vida, sin interrupción. En consecuencia permanentemente está recibiendo estímulos táctiles de diferentes tipos.

4.1. Térmicos

Entre los estímulos que percibimos a través de la piel los de características térmicas son algunos de los más notorios. Los estímulos térmicos son de gran importancia para el ser humano, ya que pueden causar incomodidad por frío o calor y hasta eventualmente enfermedades.

En estos estímulos interviene preponderantemente la energía térmica, la que se puede definir como aquella energía que depende de la temperatura de los cuerpos, y su transferencia entre nosotros y el medio ambiente.

Nuestro cuerpo es una fuente de energía permanente, además de otras energías produce particularmente energía térmica, la cual se manifiesta en nuestra temperatura corporal. En condiciones de salud normales ésta se sitúa en el entorno de los 36 °C, con muy pequeñas variaciones.

Sin embargo, el aire que nos rodea y los objetos con que habitualmente entramos en contacto en general presentan temperaturas muy variadas, desde temperaturas superiores a los 500 °C que podemos encontrar en la leña que se quema en una estufa, a temperaturas inferiores a cero que puede haber en un refrigerador o en el propio aire ambiente en días de invierno.

En general, podemos decir que nuestro organismo intenta por todos los medios a su alcance, mantener su temperatura constante en 36 °C, en caso contrario nuestra integridad física se pone en riesgo. Uno de estos mecanismos son las sensaciones de frío y calor que sentimos en ciertas circunstancias.

4.1.1. Frío y calor

Considerando el frío, éste se produce al entrar en contacto nuestro cuerpo con sustancias a temperaturas inferiores a la nuestra, así, ocurre una transferencia de calor desde nuestro cuerpo al exterior, la cual depende de: cuál sea la sustancia que se encuentre en contacto con nuestra piel, a qué temperatura se encuentre ésta, si se trata de un sólido, un líquido o un gas y en estos últimos casos si está o no en movimiento.

Sin embargo, el calor es ligeramente más particular, si bien en él intervienen mecanismos de transferencia de calor de la misma naturaleza. Para que sintamos calor no es necesario que el medio que nos rodea esté a mayor temperatura que nuestro cuerpo. Por ejemplo en un ambiente a unos 30 °C seguramente la mayoría de nosotros dirá que

siente calor. En este caso el medio está a menor temperatura que nuestro cuerpo, por lo tanto el calor se dirige desde nosotros al medio ambiente. Lo que sucede es que el calor que entregamos es menor al que estamos permanentemente produciendo como organismo vivo. Esto genera una tendencia en nuestro organismo a elevar su temperatura global, lo cual es indeseable. Por mecanismos biológicos de regulación de temperatura, por lo tanto, el organismo intentará aumentar la pérdida de calor. Uno de estos mecanismos es la sensación de calor.

Veremos los modelos de cálculo de algunos de los fenómenos mencionados.

4.1.2. Transferencia de calor de un cuerpo con el ambiente

Si colocamos un objeto cualquiera en una habitación o espacio físico lleno de aire, de dimensiones pequeñas con relación a la habitación, pasado un cierto tiempo éste adquiere la misma temperatura que el aire ambiente.

Simplificando el problema, asumiendo temperatura uniforme en el objeto y condiciones de intercambio térmico con el exterior uniformes en su superficie, una forma de modelar matemáticamente este proceso es mediante la siguiente ecuación:

$$m \cdot c \cdot \frac{dT(t)}{dt} + A \cdot h \cdot (T(t) - T_{\infty}) = 0,$$

donde:

m – masa del objeto

c – calor específico del material del objeto

T(t) – temperatura del objeto en el instante t

A – Área de la superficie exterior del objeto

h – coeficiente de convección del aire

t - tiempo

La solución de esta ecuación nos da la evolución de la temperatura del objeto en función del tiempo:

$$T(t) = T_{\infty} + (T_0 - T_{\infty}) \cdot e^{\frac{-A \cdot h}{m \cdot c} \cdot t},$$

siendo T_0 la temperatura inicial del objeto y T_{∞} la temperatura del aire ambiente.

Esta fórmula nos indica que la temperatura del objeto tiende asintóticamente a ser igual a la temperatura ambiente y que el tiempo que tarda en alcanzar esa temperatura depende de su masa y su capacidad calorífica y de la temperatura del medio exterior.

4.1.3. Sensaciones al tocar diferentes sólidos

De acuerdo con lo visto anteriormente, si colocamos un objeto de madera y otro de metal en la misma habitación o espacio físico, pasado un cierto tiempo, adquieren la misma temperatura que el aire ambiente, la cual es en general menor que la temperatura corporal.

Un objeto de madera aparece al tacto más cálido que un objeto metálico aunque ambos estén a la misma temperatura, esto se debe a la alta conductividad térmica del metal frente a la madera.

Para estudiar este fenómeno, suponiendo que el objeto es una esfera, se plantean las siguientes ecuaciones:

$$\frac{1}{r^2} \cdot \frac{\partial}{\partial r} \left(k \cdot r^2 \cdot \frac{\partial T(r, t)}{\partial r} \right) = \rho \cdot c \cdot \frac{\partial T(r, t)}{\partial t},$$

$$k \cdot \frac{dT(r_0, t)}{dr} + \frac{1}{R_T} \cdot (T(r_0, t) - 36) = 0$$

donde:

k – conductividad térmica del material

ρ – densidad del material que compone el objeto

c – calor específico del material

T – temperatura del objeto

r – radio como coordenada

r_0 – radio del objeto

R_T – resistencia térmica de contacto entre la mano y el objeto

t – tiempo

La solución de estas ecuaciones para diferentes materiales nos indica que la velocidad de absorción de calor en el momento que nosotros tocamos el objeto es mayor cuanto mayor sea la conductividad del material en cuestión.

Al tocar uno de estos objetos nuestro cuerpo trasmite calor al mismo, lo que es debido al segundo principio de la termodinámica que dice que la entropía del universo o de un sistema cerrado debe aumentar. En este caso el aumento de entropía se da al pasar la energía térmica desde una fuente caliente (nosotros) a una fuente fría (el objeto en cuestión).

Cuando tocamos un objeto metálico la tasa de transferencia de calor es mayor que cuando tocamos uno de madera y esto nos da la sensación que uno está más frío que el otro, pero en realidad lo que sucede es que uno nos quita calor más velozmente que el otro.

Debido a que este concepto se adquiere intuitivamente por el hecho del contacto con los materiales se forma en nosotros la idea de que los metales son más fríos y que las maderas son más cálidas. Sin embargo en días de alta temperatura o estando ambos objetos a alta temperatura (la misma) el metal será más caliente que la madera ya que es capaz de darnos calor más rápido que ésta.

En especial los muebles de madera o de materiales con baja conductividad térmica, contribuyen a brindar una sensación de confort desde el punto de vista térmico, ya que al

entrar en contacto con ellos por más que estén fríos no nos enfrían demasiado a nosotros, y estando calientes no nos dan tanto calor. En general los objetos metálicos dan los efectos opuestos.

4.1.4. Transferencia de calor a través de aislantes térmicos

Plantearemos ahora, a título de ejemplo de materiales con diferente conducción del calor, el comportamiento de la madera y el metal como elementos aislantes, para ello se pueden utilizar las ecuaciones de transferencia de calor a través de un muro plano con convección de ambos lados:

$$\dot{Q} = A \cdot \frac{k}{L} \cdot (T_{\text{int}} - T_{\text{ext}}) = A \cdot h_{\text{ext}} \cdot (T_{\text{ext}} - T_{\infty}) = A \cdot h_{\text{int}} \cdot (T_{\text{amb}} - T_{\text{int}}),$$

donde,

k – conductividad térmica del material

L – espesor de la pared

A – área de la pared

h_{ext} – coeficiente de convección del lado externo de la pared

h_{int} – coeficiente de convección del lado interno de la pared

T_{int} – temperatura de la cara interior de la pared

T_{ext} – temperatura de la cara exterior de la pared

T_{amb} – temperatura del aire dentro de la casa

T_{∞} – temperatura del aire exterior a la casa

Una evaluación de los resultados de estos cálculos nos indica que cuanto mejor conductor sea un material más fácilmente se pierde el calor de dentro de una casa hacia el exterior.

Una casa con paredes con buena aislación térmica, en un día promedio (templado o fresco) dificulta la transferencia de energía hacia el exterior dando un ambiente más cálido o más fácil de calentar, lo cual nos da una sensación de confort o bienestar asociada a la temperatura del ambiente. Por otro lado en un día caluroso dificultará el ingreso de calor al ambiente interior de la vivienda dando un ambiente más fresco.

4.1.5. Lana como aislante

El mismo fenómeno de aislación térmica sucede con la lana. En general se tendería a pensar que los buzos de lana nos dan calor, lo cual no es así.

La explicación es la siguiente: la lana, al igual que la madera aísla térmicamente debido a su poca conducción del calor. Por lo tanto, dificulta la salida de energía de nuestro cuerpo al exterior, lo cual nos facilita mantener una temperatura corporal estable si el entorno es frío.

En un entorno cálido realiza el mismo efecto, ya que nos impide dar energía al exterior, por lo tanto provoca o facilita el ascenso de nuestra temperatura corporal.

Por otra parte, esta aislación térmica también se da a la inversa, o sea un buzo de lana dificulta el ingreso de calor a nuestro cuerpo.

4.1.6. Igloo

Un ejemplo de cómo un material frío puede llegar a favorecer la creación de un ambiente a temperatura soportable para el ser humano es el caso de los igloos, vivienda construida de hielo que usan los esquimales. En este caso el hielo, que en otros casos actúa como fuente fría, cumple una función de conservación del calor dentro de la vivienda.

Favorece este hecho, por un lado, impidiendo que el viento incida sobre los ocupantes, lo que haría que perdieran calor en gran cantidad. La transferencia térmica se ve en gran medida aumentada cuando el aire que está en contacto con nosotros está en movimiento.

La cuantificación de este fenómeno se puede realizar en forma aproximada, tomando en cuenta las condiciones del aire, mediante la siguiente fórmula que modela el calor entregado por un objeto de hielo de forma esférica a un flujo de aire frío que pasa por él:

$$\dot{Q} = A \cdot \frac{k}{L} \cdot (2 + 0,4 \cdot \text{Re}_D^{1/2} + 0,06 \cdot \text{Re}_D^{2/3}) \cdot \text{Pr}^{0,4} \cdot \left(\frac{\mu}{\mu_s} \right)^{1/4} \cdot (T_o - T_\infty),$$

donde:

Q - calor entregado por el objeto al fluido por unidad de tiempo

A - área superficial del objeto expuesta al flujo de aire

k - conductividad térmica del hielo

L - longitud equivalente del objeto

Re - número de Reynolds del objeto

Pr - número de Prandtl del objeto

μ - viscosidad dinámica del aire a temperatura T_o

μ_s - viscosidad dinámica del aire a la temperatura de la superficie del objeto

T_∞ - temperatura del flujo de aire

Además, aísla térmicamente el interior de la vivienda del exterior, ofreciendo una resistencia al pasaje de calor del interior del igloo al exterior. Por lo tanto si bien las paredes del igloo están a 0° C, como sucede con el hielo a presión atmosférica, la temperatura del aire en el interior del mismo puede ser sensiblemente superior, posibilitando que una persona bien abrigada, con gran cantidad de pieles como utilizan los esquimales, pueda permanecer en su interior sin experimentar un descenso de su temperatura corporal que pueda afectar su salud.

En conclusión, en casos donde no se puede acceder a fuentes de calor, es favorable para el acondicionamiento térmico evitar las corrientes de aire. Inversamente, donde se quiera lograr refrigeración es conveniente que haya flujo de aire.

4.1.7. Desiertos

En cambio las personas que viven en el desierto, de manera contraria a como estamos acostumbrados nosotros en verano, cubren totalmente sus cuerpos cuando están expuestos al sol. Esto, que parecería absurdo, tiene su explicación.

En el caso de la exposición de una persona al sol existen dos maneras por las cuales el cuerpo recibe calor del exterior, una de ellas es por radiación, la otra es por el calor que el aire en contacto con su cuerpo le trasmite.

La radiación que emite un cuerpo depende de su temperatura y se calcula con la siguiente fórmula:

$$\dot{Q} = A \cdot \varepsilon \cdot \sigma \cdot T^4 ,$$

donde,

Q - Calor radiante emitido por la fuente por unidad de tiempo

A - área de la superficie emisora

ε - emisividad de la superficie

σ - constante de Stefan-Boltzmann ($5,67 \times 10^{-8} \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}^4$)

T - Temperatura absoluta de la fuente radiante

Este fenómeno ocurre sin que intervenga el aire circundante, ya que la radiación consiste en ondas energéticas que se transmiten sin necesidad de un medio conductor.

Estas radiaciones pueden ser absorbidas o reflejadas por las superficies, dependiendo del material del cual estén hechas, cuanta más radiación absorba un objeto a través de su superficie mayor temperatura alcanzará.

El sol como emisor de radiaciones posee su mayor potencia energética en las longitudes de onda de la luz visible.

El color de una superficie está determinado por la porción de ondas del espectro visible que son reflejadas por ella y por lo tanto percibidas por nosotros. En el caso de las superficies blancas estas reflejan todo el espectro visible, dando el color blanco que es mezcla de todos los colores. Esto implica que gran parte de la energía radiante solar es reflejada y no absorbida.

Las superficies negras, en cambio, no reflejan ondas en el espectro visible, y por lo tanto, absorben mucha más parte de la energía radiante del sol.

Las superficies de otros colores reflejan selectivamente cierta zona del espectro visible, dando los diferentes colores, absorbiendo cantidades de radiación intermedias. Por ejemplo las superficie que percibimos rojas reflejan en el rango del espectro visible solamente las ondas del rojo.

Las ondas que no son reflejadas por la superficie son absorbidas por la misma, provocando un ingreso de energía térmica en el objeto en cuestión. Por lo tanto, las superficies blancas son óptimas para evitar calentamiento por luz solar, ya que reflejan gran parte de la misma, en cambio las negras son favorables para absorber calor del sol, ya que tienden a absorber gran parte del mismo. Debido a esto es que en los desiertos las casas suelen ser de colores blancos o claros y asimismo las vestimentas.

El otro fenómeno que aparece al estar en los desiertos es el ingreso de calor al cuerpo por contacto con el aire caliente. Este aire en principio transfiere calor a las vestimentas de las personas y estas a su vez a la persona. Si la ropa impide el pasaje de calor por ser mala conductora del mismo logramos evitar que buena parte del calor externo ingrese a

nuestro cuerpo. Asimismo si evitamos el contacto directo de nuestros cuerpos con el aire, protegiéndolos con ropa, también evitamos que ingrese calor al mismo.

Por estos motivos podemos explicar el hecho de que las personas que viven en los desiertos utilicen ropas largas y que los cubren totalmente y que además predomine en éstas vestimentas el color blanco.

Como aplicación a nuestro medio podemos concluir que en los días de invierno es conveniente utilizar vestimenta oscura, ya que ello nos proporciona más absorción del calor solar. En cambio en los días de calor es conveniente usar vestimenta de colores claros.

Por otro lado, también puede ser útil en días fríos cerrar las ventanas pero no las cortinas, ya que con esto se impide el ingreso del aire frío pero no de la radiación solar, no siendo ésta una conclusión válida para todos los casos.

4.1.8. Humedad ambiente y distribución de temperatura según la fuente

El hecho de que haya una fuente de calor en una casa provoca diferentes distribuciones de temperatura, dependiendo del tipo de fuente de calor. En particular una estufa a leña o a gas provoca una distribución de temperaturas en el ambiente que se puede calcular usando la fórmula:

$$\frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{\partial T(t)}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{\partial T(t)}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(\frac{\partial T(t)}{\partial z} \right) = \frac{\rho}{k} \cdot c_p \cdot \frac{\partial T(t)}{\partial t},$$

donde,

k – conductividad térmica del medio

T(t) – temperatura en el instante t

t – tiempo

x, y, z – coordenadas espaciales

ρ - densidad del medio

c_p – capacidad calorífica a presión constante del medio

Una estufa a leña es un foco térmico y luminoso más o menos concentrado, por lo cual se genera en la casa una distribución de temperaturas, tal que cerca de la estufa hay una temperatura mayor que a unos metros de la misma, en el caso de una casa medianamente grande o que la estufa no haya estado prendida demasiado tiempo.

Al producirse la combustión de la madera reaccionan químicamente sus compuestos ricos en carbono e hidrógeno con el oxígeno, consumiéndolo de la habitación, y lográndose como producto monóxido de carbono, bióxido de carbono y agua, gases que en su mayoría se van por la chimenea, lo que resta pasa al ambiente.

En el caso que la fuente de calor la constituyan losas radiantes, las cuales entregan calor a través del piso el efecto que se obtiene es diferente. En primer lugar no existe un lugar preferencial en el cual se concentre el calor, sino que se reparte uniformemente en toda la casa, por otro lado las losas radiantes elevan la temperatura del lugar sin entregar humedad al ambiente. Al subir la temperatura y no aumentar la cantidad de vapor de

agua en el aire sentimos que el aire queda más seco. Esto se explica porque al calentarse el aire este se vuelve más receptivo a la humedad, lo que provoca que al estar en contacto con fuentes de agua, como puede ser nuestra garganta, mucosas nasales, etc., tienda a extraer agua de las mismas evaporándola. Nosotros sentimos que se nos seca la garganta, que en el caso de tener catarro se nos obstruyen los pulmones y en general una sensación de ambiente seco que puede llegar a ser bastante desagradable.

También en este caso el hecho de que el calor ingrese a la casa por el piso tiene sus inconvenientes, ya que el piso está a más temperatura que el resto de la casa (paredes, muebles, etc.). Por este motivo sentimos que se nos calientan los pies, lo cual configura una sensación que puede llegar a ser incómoda.

4.2. Mecánicos

Con casi todos los objetos que nos rodean y que manejamos en nuestra vida diaria tenemos en algún momento contacto físico, lo cual nos permite sentir entre otras cosas su aspereza o suavidad, su dureza o ductilidad, su temperatura, etc.

Desde el punto de vista de la ingeniería se estudian diversas propiedades de los materiales. Estas propiedades de los materiales pueden ser útiles en el momento de elegir materiales para los objetos de uso diario.

Veremos alguna de ellas con relación al tema que nos ocupa.

4.2.1. Módulo de Young o Módulo de Elasticidad

Un parámetro que es de consideración al utilizar los materiales para ingeniería es su Módulo de Young o Módulo de Elasticidad, que se define como la relación entre el esfuerzo aplicado a un material y la deformación unitaria que se logra aplicándolo.

$$E = \frac{\partial \sigma}{\partial \varepsilon}$$

Donde,

E - módulo de elasticidad

σ - esfuerzo unitario

ε - deformación unitaria

Un objeto con constante de elasticidad alta se deformará muy poco al aplicarle una fuerza, uno con módulo de elasticidad baja sufrirá gran deformación con poco esfuerzo.

Un ejemplo de material con bajo módulo de elasticidad es la espuma de poliuretano, esto quiere decir que se deforma con poco esfuerzo, en cambio tenemos una pieza de acero cuyo módulo de Young es mucho mayor, por lo tanto para deformarla tenemos que hacer gran fuerza. La madera presenta un valor de elasticidad intermedio, más cercano al del hierro que al de la espuma de poliuretano. El plástico por ejemplo presenta un módulo de elasticidad mayor que la espuma de poliuretano y menor que la madera.

4.2.2. Ductilidad y fragilidad

Otro parámetro de los materiales de interés para los ingenieros es su ductilidad, esta propiedad nos indica cuanto se deforma permanentemente un material antes de romperse. Si un material es muy dúctil se deforma en buena cantidad antes de romperse, en cambio uno poco dúctil (o frágil) se rompe con muy poca deformación.

Por ejemplo una pieza de aluminio o acero se deformará en gran medida antes de romperse, por tratarse de materiales de gran ductilidad.

La tiza, en cambio, es un material de poca ductilidad, ya que después de romperse no presenta deformación permanente apreciable. Otro ejemplo de material frágil es el vidrio, que se rompe sin deformación.

En el caso del acrílico, tenemos un material intermedio, ya que se rompe con cierta deformación previa.

4.2.3. Aplicaciones a la vida diaria

Estas propiedades de los materiales pueden ser útiles en el momento de elegir materiales para los objetos de uso diario.

Por ejemplo un almohadón debe ser muy elástico y deformable, para que podamos sentarnos o apoyarnos en él con comodidad, ya que se adapta perfectamente a nuestro cuerpo.

Sin embargo una silla o una mesa deben ser de materiales con constantes elásticas mayores, ya que deben brindar un soporte no deformable para cumplir la función para la que están hechas.

En el caso de objetos que puedan ser utilizados por los niños para jugar u otras actividades es aconsejable que estos no sean frágiles, de manera que admitan deformación antes de romperse. Si se rompen fácilmente pueden generarse pedazos pequeños que son peligrosos para los niños. Por eso es usual que los juguetes sean de plástico y que se deformen en gran medida antes de romperse.

5. Estímulos Visuales

Los estímulos visuales son aquellos percibidos a través de los ojos. En éstos interviene la energía luminosa o luz, la cual estimula los receptores que se encuentran en la retina de nuestros ojos, formando una imagen, y permitiendo posteriormente que la misma sea recibida e interpretada por el cerebro.

5.1. Luz

Una de las concepciones físicas de la luz la considera una onda electromagnética. Las ondas electromagnéticas consisten en un par de campos eléctrico y magnético interactuando entre sí, los cuales se desplazan por el espacio sin necesitar un medio conductor, con una velocidad en el vacío de aproximadamente 300.000.000 m/s. Estas ondas electromagnéticas pueden tener diferentes frecuencias y longitudes de onda, lo cual determina diferentes características según estos parámetros. Tenemos, por ejemplo,

los rayos gama, los rayos X, las ondas de radio, los rayos ultravioletas, las ondas infrarrojas y finalmente la luz visible.

Como todo fenómeno ondulatorio, dada la velocidad de traslación y la frecuencia, se determina su longitud de onda, o sea, la distancia entre dos oscilaciones sucesivas. En el caso de la luz visible estas longitudes de onda son de entre 4000 y 6500 Å (Armstrong), 0,4 a 0,65 μm (micrómetros), 0,0000004 a 0,00000065 metros o 0,0004 a 0,00065 milímetros.

El sol es un gran emisor de ondas electromagnéticas, teniendo una temperatura de aproximadamente 5600 K. Esto determina que la máxima potencia de su emisión electromagnética se encuentre en la frecuencia de los 600 THz (TeraHertz, o billón de ciclos por segundo, entendiendo billón por millón de millones), emitiendo con menos energía en frecuencias mayores y menores a ésta.

5.2. Percepción de la luz

Posiblemente debido a que la frecuencia predominante de la emisión solar es entre 450 y 750 THz aproximadamente, nuestros ojos son capaces de detectar las ondas electromagnéticas de esas frecuencias como luz visible. Según la frecuencia tenemos los colores de la luz:

Color	Frecuencia (THz)	Longitud de onda en μm
Violeta	732	0,41
Azul	638	0,47
Verde	545	0,55
Amarillo	517	0,58
Naranja	492	0,61
Rojo	455	0,66

El color blanco está formado por la mezcla de todos los colores (es el que emite el sol) y el negro es el percibido en ausencia de luz.

La luz es un elemento de gran importancia para el ser humano, ya que en ausencia de ella carecemos de uno de nuestros sentidos fundamentales, que nos permite ubicar los objetos en el espacio, y evitar riesgos al movernos en cualquier lugar, además nos permite observar el mundo y las personas, animales y objetos que se encuentran en él.

5.3. Fuentes de luz

La fuente luminosa más importante es el sol, fuente de energía de nuestro planeta. También poseemos otras fuentes de luz, como puede ser el fuego en sus diversas manifestaciones (hogueras, lámparas de querosén o gas, etc.), metales incandescentes (por ejemplo, en una fundición), arcos eléctricos (como, por ejemplo, los rayos de tormenta, las máquinas de soldar), lámparas incandescentes, lámparas fluorescentes,

etc. Todos estos elementos de una manera u otra emiten ondas electromagnéticas en las frecuencias perceptibles por nuestros ojos.

Por ejemplo, una lámpara incandescente, como su nombre lo indica, entrega luz al estar su filamento, habitualmente de tungsteno, a muy alta temperatura. La energía radiante que emite la calculamos en función de su temperatura de trabajo con la fórmula ya mencionada cuando se trató el tema de la radiación térmica. Parte de esta energía se transforma en luz, y una parte mayor se transforma en calor. La luz que emiten estas lámparas, al depender de que estén a cierta temperatura, no varía a lo largo del tiempo.

Sin embargo, los tubos fluorescentes generan luz de otra manera, en su interior hay gases que, al pasar por ellos una descarga eléctrica, emiten luz. En general estos tubos se conectan a corriente alterna, la cual invierte su polaridad permanentemente a razón de 50 veces por segundo (50 Hz). Este efecto genera que el gas se apague cuando la corriente cambia de sentido, o sea, el tubo se apaga y se prende 50 veces por segundo.

Este efecto es extremadamente rápido por lo cual no nos damos cuenta del mismo, sin embargo nuestro ojo automáticamente se adapta al nivel luminoso del ambiente, por lo cual tiende a dilatar la pupila y a cerrarla 50 veces por segundo. Un efecto de esto es que experimentemos cansancio al leer con luz de tubos fluorescentes. Una solución muy usada para este fenómeno es colocar dos tubos juntos y desfasados medio ciclo, de manera que cuando uno se apaga el otro se prende, logrando así una frecuencia de 100 ciclos por segundo que es más cercana a una luz continua para nuestros ojos.

5.4. Luz directa y luz difusa

La luz, como toda onda electromagnética, en ciertas condiciones puede ser reflejada. La luz se refleja fácilmente en cualquier superficie no transparente, por lo tanto, en cualquier lugar iluminado que nos encontremos recibimos luz en forma directamente de una fuente o luz reflejada en alguna superficie y que posteriormente llega a nosotros. La primera se denomina luz directa y la segunda luz difusa.

Con respecto a los ambientes de trabajo o vivienda es útil considerar el tipo de luz que es más conveniente en cada caso. Por ejemplo, la luz directa puede ser muy útil bien empleada, pero si impacta directamente en los ojos de la persona puede provocar severas molestias e incluso daños irreversibles en los ojos. Es conocido lo extremadamente dañino que resulta mirar directamente al sol. Desde el otro punto de vista, si estamos leyendo o realizando tareas de precisión, puede ser beneficioso que la luz llegue directamente sobre el libro o mesa de trabajo.

La luz difusa, en general, es la más indicada para los ambientes donde se desarrollan las actividades habituales. Si la fuente es el sol, se logra luz difusa por medio de tragaluces con cierta opacidad o no orientados directamente al sol, con cortinas, etc. Si usamos fuentes como lámparas, las pantallas o plafones cumplen la función de difundir la luz y evitar el camino directo.

5.5. Intensidad de la luz

Además de si es difusa o directa importa la intensidad de la luz. Esta dependerá de la actividad que se esté realizando.

En lugares donde hay poca intensidad de luz, se puede dar un clima adecuado para el descanso y la descontracción, sin embargo, para realizar actividades que involucren precisión visual, puede afectar nuestra capacidad de concentración o provocarnos equivocaciones, cansancio en la vista, dolores de cabeza, etc.

El extremo opuesto, o sea el exceso en intensidad de la luz, en general favorece la atención y la realización de tareas de precisión visual, sin embargo su exceso también es nocivo para los órganos de la visión y para la realización de actividades.

En lugares cerrados iluminados con luz artificial permanentemente, sin vista al exterior, se crea la sensación de que siempre es de noche. Por este motivo es conveniente que cualquier habitación tenga ventanas al exterior.

6. Estímulos Olfativos

Los estímulos olfativos son aquellos percibidos por los órganos del olfato que poseemos en la nariz.

El olor como tal lo constituyen partículas o gases que se encuentran en el aire que respiramos. Estas partículas llegan a nuestra nariz y son reconocidas por nuestros órganos olfativos, que según la persona son capaces de detectar gran cantidad de aromas u olores diferentes.

Si bien se puede considerar al olfato como un sentido más lento que la vista o el oído, éste nos aporta gran cantidad de información que los otros sentidos por sí solos son incapaces de detectar. Por ejemplo, por este medio nos damos cuenta que un alimento está en estado de descomposición, nos alerta de pérdidas de gases, nos permite percibir el aroma de las flores, perfumes, el aroma de las comidas, etc. A todos nos ha pasado que al ingresar a cierto recinto el aroma que percibimos nos aporta información de mayor o menor importancia, llegando en algunos casos a definir en nosotros determinadas percepciones o sensaciones.

6.1. Difusión gaseosa

Enunciando el segundo principio de la termodinámica de manera muy libre, el universo tiene una tendencia natural a establecer un perfecto desorden. Es decir, la tendencia universal es que todas las diferencias sean eliminadas, que todos los sistemas lleguen a un equilibrio.

En el caso de las partículas o moléculas de un gas, el equilibrio consiste en que la concentración de partículas sea la misma en todo el volumen disponible, entendiendo por concentración a la cantidad de partículas por unidad de volumen. Por lo tanto, decimos que un gas tiende a difundirse en un ambiente, de manera que la concentración del gas en el sistema sea uniforme, o sea, estado de equilibrio.

Podemos ver en la fórmula de difusión gaseosa la forma en que el gas se va difundiendo a medida que transcurre el tiempo, de manera que se dispersa gradualmente por todo el medio.

$$\frac{\partial^2 \cdot \rho_A}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \cdot \rho_A}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 \cdot \rho_A}{\partial z^2} = \frac{1}{D_{AB}} \cdot \frac{\partial \rho_A}{\partial t} ,$$

donde,

ρ_A – densidad del componente A

D_{AB} – coeficiente de difusión del componente A en el medio B

x, y, z – coordenadas espaciales

t – tiempo

Esta difusión gaseosa establece que al inicio del proceso muy cerca de la fuente tendremos gran concentración gaseosa, o sea, un olor muy fuerte, el que se irá atenuando a medida que nos alejamos de la fuente. Al pasar el tiempo el gas llegará a todo el recinto, en concentración constante, no distinguiremos diferencias en la concentración gaseosa en todos los puntos de la habitación, a menos que dejemos una abertura para el ingreso de aire fresco.

7. Conclusiones

Analizando el tema que tratamos podemos ver que factores de origen puramente material o físico pueden ser capaces de influir en nosotros, pudiendo sus influencias tener consecuencias en nuestro bienestar o malestar, en nuestras sensaciones, en nuestro comportamiento y en nuestras costumbres.

La conciencia de lo antedicho indica que sería muy adecuado que en el diseño, proyecto o construcción de productos industriales, artesanales o de cualquier objeto o espacio que interactúe con el ser humano u otros seres vivos, sea tomada en cuenta la influencia que pueda causar en el mismo.

En muchas ocasiones se toma en cuenta que el objeto proyectado o construido cumpla con eficiencia y exactitud determinada función principal, para la que se lo construye o diseña, sin tomar en cuenta los múltiples factores que pueden ser de importancia, además de esta función principal.

En especial, es de importancia la consideración de estos elementos en los ámbitos educacionales, ya que el fenómeno educativo implica permanentemente el manejo de estímulos. Yendo a un planteo extremista, todo estímulo excesivo puede ser inadecuado o contraproducente, lo cual reafirma la importancia de saber manejar estos elementos.

Por otro lado, y no por repetido menos verdadero, parece adecuado que otras disciplinas se sirvan de los conceptos tecnológicos que maneja la ingeniería y demás disciplinas técnico-científicas, para mejorar las condiciones de vida del ser humano y el ámbito donde desarrolla sus actividades, lo cual es sin duda la causa última de su existencia.

Los estimuladores y educadores en general no manejan comúnmente los parámetros de disciplinas técnico-científicas, sin embargo en el entorno común de cualquier persona ocurren fenómenos que pueden ser abordados desde un punto de vista físico-tecnológico, y en muchos casos éste puede brindar soluciones o alternativas que aporten o apoyen a la labor del docente o educador.

8. Índice

1. Introducción	1
2. Estímulos	1
3. Estímulos Auditivos	1
3.1. Sonido	2
3.2. Fuentes de ruido.....	2
3.3. Alto nivel sonoro	2
3.4. Forma del ruido	3
3.5. Materiales con respecto al ruido.....	3
4. Estímulos Táctiles	4
4.1. Térmicos.....	4
4.2. Mecánicos	11
5. Estímulos Visuales	12
5.1. Luz.....	12
5.2. Percepción de la luz	13
5.3. Fuentes de luz	13
5.4. Luz directa y luz difusa	14
5.5. Intensidad de la luz.....	14
6. Estímulos Olfativos.....	15
6.1. Difusión gaseosa.....	15
7. Conclusiones	16
8. Índice	17

Este trabajo fue elaborado en agosto de 2004 para su presentación en los cursos "Profundización en Estimulación Temprana I", dictados por ALAEE en agosto y octubre de 2004. Tiene como base uno realizado y presentado por el autor, en los años 2000 y 2001, en la cátedra del Prof. Psc. Bertolino Nobre en el área de Estimulación Temprana y Desarrollo Humano para estudiantes del CIEP.

Montevideo, octubre de 2004

Se autoriza exclusivamente la impresión de este trabajo para uso personal de los asistentes al curso "Profundización en Estimulación Temprana I". Sin consentimiento expreso por escrito está prohibida cualesquiera otra forma de utilización, edición, difusión, publicación, modificación y/o comercialización por cualquier medio.