
Condicions ergonòmiques de l'ambient físic de treball

PID_00249780

Germán Cañavate Buchón

Temps mínim de dedicació recomanat: 4 hores



Índex

Introducció	5
Objectius	6
1. Il·luminació	7
1.1. El confort visual	7
1.2. Magnituds d'il·luminació	9
1.3. El nivell d'il·luminació	10
1.4. El contrast	13
1.5. Els enlluernaments	14
1.6. Les facultats visuals	15
1.7. Els sistemes d'il·luminació	17
2. Ambient tèrmic	21
2.1. Paràmetres ambientals	21
2.2. Mecanismes d'intercanvi tèrmic	24
2.3. Determinació del confort tèrmic	24
2.4. Referència normativa	24
2.5. Mesures preventives	26
3. Soroll	27
3.1. Conceptes generals	27
3.2. La freqüència	28
3.3. Nivell de pressió acústica (NPA)	28
3.4. Fisiologia del sistema auditiu	29
3.5. Efectes del soroll en la salut	30
3.6. Interferència conversacional	31
3.7. Tipus de soroll	32
3.8. Referència normativa	32
3.9. La reverberació	34
3.10. Actuacions preventives	35
4. Vibracions	36
5. Qualitat de l'aire interior	37
5.1. Contaminants de l'aire interior	38
5.2. Efectes sobre la salut	39
5.3. Normativa de referència	40
5.4. Mesures preventives	41
Resum	43

Bibliografia..... 45

Introducció

Un dels aspectes que més poden influir en la concepció de llocs de treball són els factors ambientals.

L'ambient de treball té una relació directa amb l'individu, de manera que es fa necessari controlar-lo perquè els factors ambientals estiguin dins dels límits de confort, fet que millora el grau de benestar i de satisfacció de les persones.

Els factors ambientals més rellevants són:

- il·luminació
- soroll
- temperatura
- vibracions
- qualitat de l'aire interior

Podem definir el confort com el control de les molèsties i incomoditats que produeixen els agents que intervenen en l'equilibri de la persona.

El confort és una sensació agradable que percep l'ésser humà i que produeix benestar.

Objectius

Al final d'aquest mòdul l'estudiant haurà d'haver estat capaç d'assolir els objectius principals següents:

- 1.** Aprendre els aspectes físics ambientals que poden provocar disconfort a les persones: il·luminació, temperatura, soroll, vibracions i qualitat d'aire interior.
- 2.** Identificar els factors de riscos associats amb l'ambient físic dels llocs de treball.
- 3.** Aprendre alguna tècnica d'avaluació d'aquests riscos i la normativa associada.
- 4.** Capacitar en l'avaluació d'aquests riscos mitjançant una normativa específica.
- 5.** Donar una orientació adequada en les estratègies preventives d'aquests riscos.
- 6.** Adquirir les habilitats per relacionar-se amb altres professions que participin en l'àrea de disseny i de la prevenció de riscos laborals.

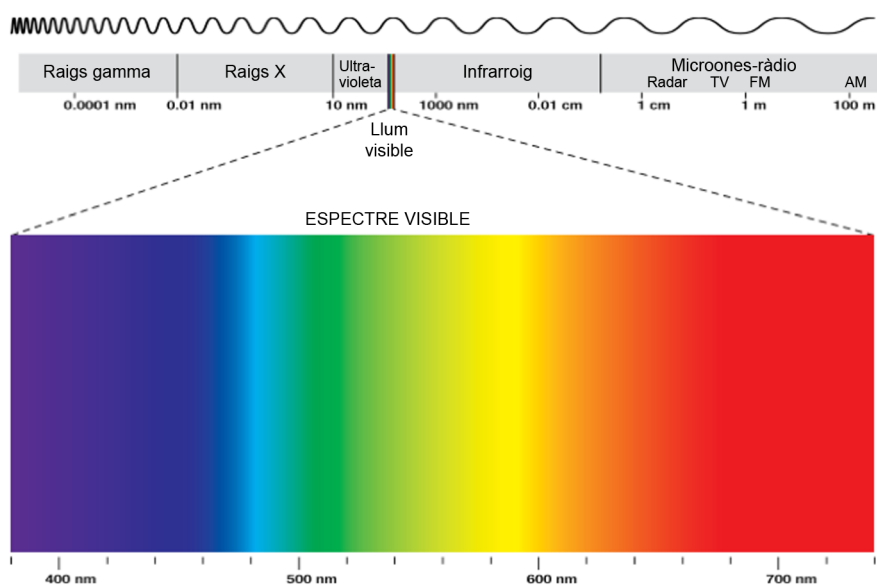
1. Il·luminació

La llum és el tipus d'energia més utilitzat per l'home. A més de ser la principal font d'energia per a la vida, és fonamental per a la nostra capacitat de veure.

Més del 80% de la informació sensorial rebuda en un àmbit laboral la rebem per mitjà de la vista. S'han de complementar la capacitat de visió de les persones (característica personal) amb la il·luminació dels llocs de treball (característica ambiental). No obstant això, atès que la nostra capacitat visual pot adaptar-se a diferents nivells d'il·luminació, no sempre li donem la importància que mereix.

La llum és una emissió de radiació electromagnètica les propietats físiques de la qual són semblants a les de la resta de les radiacions de l'espectre. La llum visible està compresa entre 380 nm i 760 nm de longitud d'ona. Els nostres ulls poden diferenciar dins d'aquest espectre les diferents longituds d'ona, i d'aquesta manera es diferencien els colors.

Figura 1. L'espectre visible



Font: INSHT.

1.1. El confort visual

Per dur a terme una tasca, es requereix que hi hagi una il·luminació adequada, és a dir, un bon equip d'il·luminació que ens aporti confort visual i la capacitat de visualitzar la tasca sense dificultat. Així doncs, és necessari que en el pla de

treball incideixi la **quantitat** de llum adequada, i una **qualitat** de llum (tant difusa com directa) que permeti percebre la forma i posició dels objectes, els contrastos i les textures, que generen ombres suaus.

S'han d'evitar, per tant, la generació de reflexes molestos, els enlluernaments i les ombres excessives que dificulten la percepció dels detalls. Per a això, farem servir làmpades en lluminàries que ocultin la seva visió directa, que es distribuïran de manera uniforme pel sostre, i s'utilitzaran colors de parets clars, de manera que es difongui la llum de manera uniforme.

A més, també s'ha de dur a terme un manteniment de les lluminàries adequat. Sigui quin sigui el tipus de lluminària utilitzat, totes tenen una vida limitada tant en durabilitat com en eficiència del flux lluminós. Les lluminàries s'han de canviar quan el seu flux lluminós es redueix entre un 20% i un 30%. Les empreses han de preveure un manteniment adequat que inclogui la neteja de làmpades, a més de preveure el mètode i els elements per a aquest manteniment (escales, plataformes, etc.).

Es defineixen una sèrie de paràmetres per determinar la vida d'un llum que hem de saber:

- **Vida individual:** és el nombre d'hores d'encesa d'un llum abans de fer-se malbé.
- **Vida mitjana:** és un valor estadístic que determina el temps transcorregut fins que el 50% de les làmpades d'una instal·lació falla.
- **Vida útil:** valor fixat en funció de les corbes de depreciació i supervivència d'un llum, fins que aquestes dues corbes sumen entre un 20% i un 30%. És el valor més important, perquè a partir d'aquest valor s'establiran els períodes de reposició de làmpades.

Vida útil i vida mitjana

B50 és el valor que fa referència a la vida mitjana d'un llum. L70 és el valor que fa referència a la vida útil del llum, amb una pèrdua de flux lluminós del 70%.

Quan un fabricant ens dona el valor L70B10 de 50.000 hores, vol dir que el 50% de les làmpades mantindran el flux lluminós almenys en un 70% durant aquest temps.

Taula 1. Vida mitjana i vida útil dels diferents tipus de làmpades

Làmpada	Vida mitjana (hores)	Vida útil (hores)
Incandescència	1.000	1.000
Incandescència halògena	2.000	2.000
Fluorescència tubular	12.500	7.500
Fluorescència compacta	8.000	6.000
Vapor de mercuri d'alta pressió	24.000	12.000
Llum barreja	9.000	6.000
Vapor de mercuri de baixa pressió	22.000	12.000
Vapor de sodi d'alta pressió	20.000	15.000

Làmpada	Vida mitjana (hores)	Vida útil (hores)
LED	50.000	50.000

Per tant, s'ha de preveure el canvi de làmpades de forma periòdica, segons la seva vida útil.

Exemple

S'instal·la en un despatx d'oficines un sistema de lluminàries amb tecnologia LED, el fabricant ens dona la referència B50L70 de 45.000. Al taller, es van instal·lar tubs fluorescents per a les taules de treball amb un valor de referència de B50L70 de 7.500 hores. Les dues lluminàries estan enceses dotze hores al dia.

El canvi de lluminàries previst haurà de ser de:

- LED: 45.000 h / 12 h = 3.750 dies / 365 ~ 10 anys
- Fluorescent: 7.500 h / 12 h = 625 dies / 365 ~ 2 anys

A part, s'haurà de fer un manteniment i una neteja periòdics dels dos tipus de lluminàries.

1.2. Magnituds d'il·luminació

La magnitud fonamental en la il·luminació és el **flux lluminós**, que és l'energia lluminosa emesa per una font de llum per unitat de temps. Es mesura en lúmens (lm o Φ). El flux lluminós també és conegut com la potència (W) emesa per una font de llum a la qual l'ull humà és sensible.

A la relació entre watts i lúmens se l'anomena **equivalent lluminós**, i es correspon amb l'energia d'1 watt de llum a 555 nm, que produeixen 683 lm.

El flux lluminós no es distribueix per igual en totes les direccions, per això es defineix la **intensitat lluminosa**, que és el flux lluminós d'una font en una direcció donada. La intensitat es mesura en candelas (cd o I). El **nivell d'il·luminació** és el flux lluminós rebut per unitat de superfície, i es mesura en lux (lx o E).

El flux lluminós

Un llum normal incandescent de 100 watts té un flux lluminós d'uns 1.700 lúmens.

L'ull humà

L'ull humà pot veure aproximadament entre 0,2 lx i 100.000 lx.

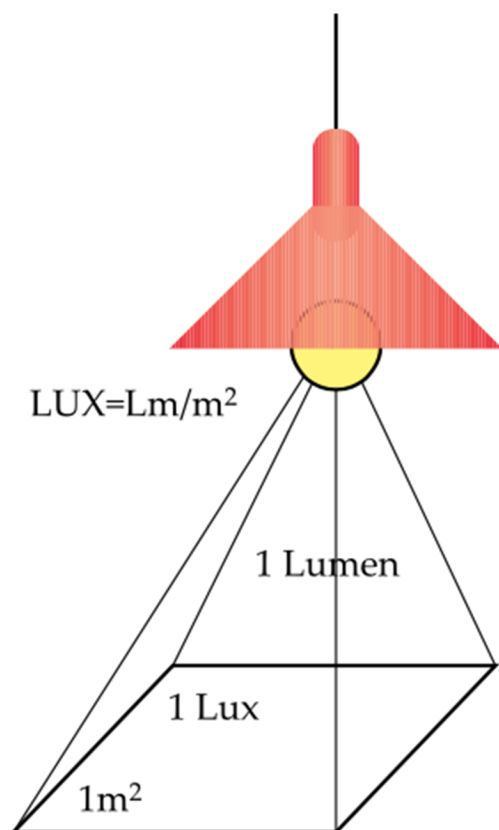
Una nit de cel clar amb lluna nova tenim 0,001 lux, una sala d'estar té uns 50 lux i un dia normal de sol sense núvols, 100.000 lux.

Relació entre lumen, luxes i candelas

1 lux = 1 lumen/m²

1 lumen = 1 candela × estereoradiant

Figura 2. Nivell d'il·luminació d'una font



Font: INSHT

La **luminància** o **brillantor fotomètrica** d'una superfície en una direcció determinada és la relació entre la intensitat lluminosa en aquesta direcció i la superfície vista per l'observador situat en la mateixa direcció (superfície aparent). Es mesura en candel·les per unitat de superfície (cd/m^2). El **contrast** és la diferència entre luminàncies d'un objecte i el seu entorn o a diferents parts d'un objecte.

El **factor de reflexió** és la relació entre la llum rebuda i reflectida. Valor que està entre 0 (absorció total) i 1 (reflexió total).

1.3. El nivell d'il·luminació

El nivell d'il·luminació requerit per a una determinada activitat depèn de diferents factors:

- La mida dels detalls que han de visualitzar-se
- La distància entre l'ull i l'objecte observat
- El factor de reflexió
- El contrast
- L'edat de l'observador

L'edat i la pèrdua de visió

Luminància i contrast

La qualitat d'un projector es mesura per la seva brillantor, contrast i flux lluminós (lm). Així, es requerirà un mínim de 1.600 lm per veure bé la imatge en una habitació amb la llum encesa o 1.000 lm si està apagada.

El contrast també serà important per determinar la qualitat de la imatge. Com més gran sigui el contrast, més gran és la puresa dels blancs i negres. La qualitat mínima és de 1500:1, i és recomanable un contrast de 2000:1.

Amb l'edat es perden qualitats visuals, un fet que dificulta la visió i s'ha de tenir en compte en el disseny de llocs de treball:

- **Presbícia:** amb l'edat, es va perdent l'habilitat d'enfocar a distàncies curtes.
- **Luminància:** la quantitat de llum que arriba a la part posterior de l'ull es redueix amb l'edat. La gent gran rep llum reduïda a través d'una pupila més petita, per la qual cosa necessiten més il·luminació.
- **Sensibilitat a la llum intensa:** tot i que les persones grans necessiten més llum, són més sensibles a l'excés de llum brillant (fulgor), cosa que dificulta la distinció d'objectes i rostres.
- **Dificultat d'adaptació claredat/fosc:** aquesta habilitat d'adaptar-se a la foscor es redueix significativament amb l'edat.
- **Color i contrast:** amb l'edat, es requereixen més contrastos per visualitzar objectes i es disminueix l'habilitat d'identificar colors (taronja/vermell, blau/verd). Els impresos per a gent gran han de tenir grans contrastos i lletres nítides i grans.
- **Percepció de profunditat:** amb l'edat, es dificulta la percepció de la llunyania o proximitat d'objectes, cosa que pot fer difícil, per exemple, baixar escales.

En definitiva, es pot afirmar que una bona il·luminació i l'ús d'alts contrastos i brillantors adequats són més importants per a les persones grans que per als joves.

Mesura del nivell d'il·luminació

La il·luminació es mesura amb un luxòmetre, aparell que transforma l'energia lumínica en un senyal elèctric que, després de ser amplificada, proporciona una lectura en escala calibrada en lux.

Per determinar el nivell d'il·luminació requerit per a una determinada tasca, hem d'utilitzar l'annex IV del RD 486/1997 sobre disposicions mínimes de seguretat i salut en els llocs de treball. A més, també podem utilitzar com a guia allò que disposa la norma UNE-EN 12.464-1:2012, «Iluminación de los lugares de trabajo», que conté taules detallades sobre nivells d'il·luminació recomanats per a diferents activitats.

Taula 2. Vida mitjana i vida útil dels diferents tipus de làmpades

Reial Decret 486/97			Normes UNE	
Exigències de la tasca	Nivell mínim requerit (lx)	Categoria de la tasca visual	Exemples	Nivell mínim requerit (lx)
Baixes	100	D (fàcil)	Manipulació d'eines pesades, rentat d'automòbils, etc.	200
Moderades	200	E (normal)	Treballs comercials, reparació d'automòbils, planxa i tall en confecció, etc.	500
Altes	500	F (difícil)	Esriptura i dibuix amb tinta, ajust en mecànica, selecció industrial d'aliments, etc.	1.000
Molt altes	1.000	G (molt difícil)	Esriptura i dibuix amb llapis, costura en confecció, etc.	2.000
		H (complicada)	Muntatge sobre circuits impresos, rellotgeria, igualació de colors, etc.	5.000

Perquè hi hagi equilibri d'il·luminacions quan hi ha un enllumenat localitzat i un enllumenat general, ha d'haver-hi una relació entre ambdues que tingui l'equilibri següent:

$$I_g = 3 \cdot \sqrt{I_l} \quad 4.1$$

On:

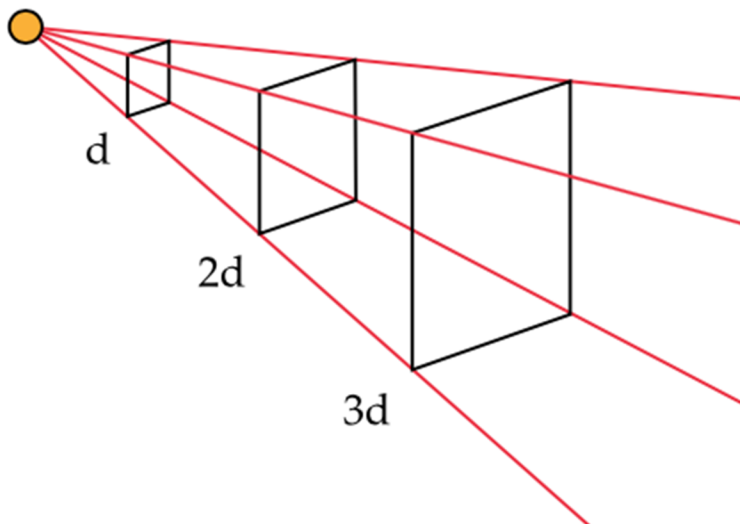
- I_g = il·luminació general en lux
- I_l = il·luminació localitzada en lux

Exemple

En un taller de mecànica, s'utilitza un banc de treball amb enllumenat localitzat que disposa un nivell d'il·luminació de 1.000 lux. El nivell d'il·luminació global del taller contigu a aquest lloc de treball ha de disposar d'una il·luminació de $3\sqrt{1.000} \approx 100$ lux.

També hem de conèixer la llei de la inversa del quadrat de la distància, segons la qual el nivell d'il·luminació és proporcional a la intensitat lumínica i inversament proporcional al quadrat de la distància.

Figura 3. Llei de la inversa del quadrat de la distància



Font: INSHT

Com a conseqüència, el nivell d'il·luminació es redueix a la meitat, però es manté la mateixa intensitat lluminosa:

$$E = \frac{I}{d^2} \quad 4.2$$

On:

- E = nivell d'il·luminació en lux.
- I = intensitat lluminosa en candeles.
- d = distància en metres.

Així, per exemple, una font de llum que emeti 1.000 candeles en una determinada direcció (dada que ens pot facilitar el fabricant), s'atenua amb la distància en aquesta proporció:

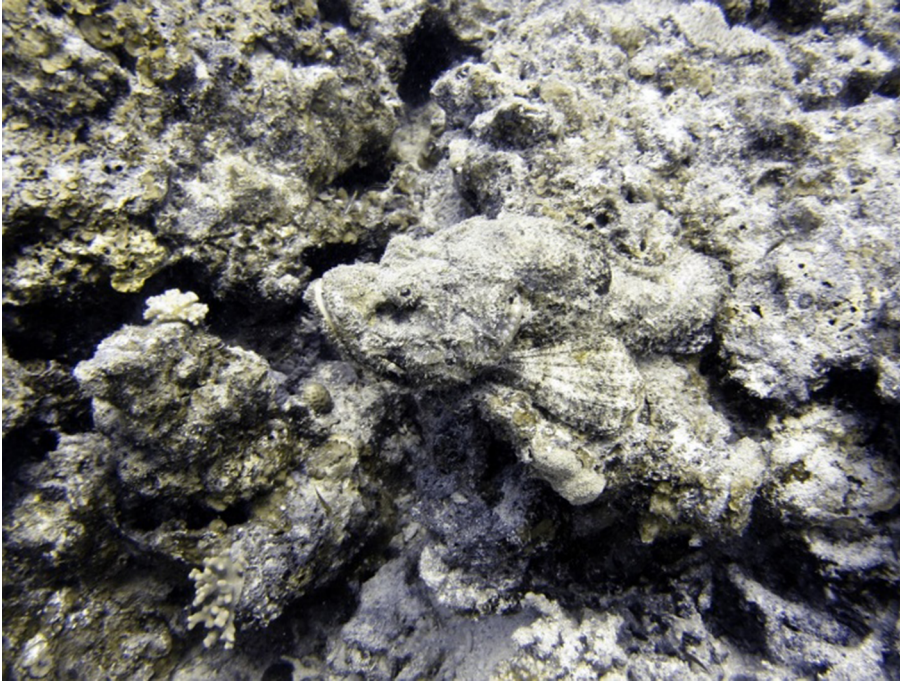
- A 1 metre de distància, serà $E = 1.000 \text{ cd} / 1^2 = 1.000 \text{ lx}$
- A 2 metres de distància, serà $E = 1.000 \text{ cd} / 2^2 = 250 \text{ lx}$
- A 3 metres de distància, serà $E = 1.000 \text{ cd} / 3^2 = 111 \text{ lx}$

1.4. El contrast

És un dels factors més importants en la discriminació d'objectes. Depèn de les diferències de luminàncies i color entre l'objecte que volem observar i el seu entorn circumdant.

En realitat, allò que el nostre ull aprecia són diferències de luminàncies o diferències de colors entre l'objecte i l'entorn. Per aquest motiu, també se l'anomena *contrast de luminàncies*. També se'l pot denominar *contrast de colors*, si el que es tracta és la relació entre els colors de l'objecte visualitzat i el color de fons.

Figura 4. Camuflatge per contrast: peix pedra



Font: Pixabay.



Figura 5. Contrast de colors en ordre decreixent

1.5. Els enlluernaments

Provocats per una font brillant en el camp visual, produeixen molèsties i dificultats per distingir objectes. Aquest fenomen es produeix en l'ull per una potent reacció fotoquímica que l'insensibilitza durant uns moments, per tornar a recuperar-se al poc temps.

Els enlluernaments poden ser de dos tipus:

- **Enlluernament directe:** visualització directa de la font de llum (finestra, llum, focus, etc.).
- **Enlluernament indirecte:** pel reflex de fonts de llum sobre superfícies molt reflectants. Aquest tipus és menys incapacitant que el directe, però

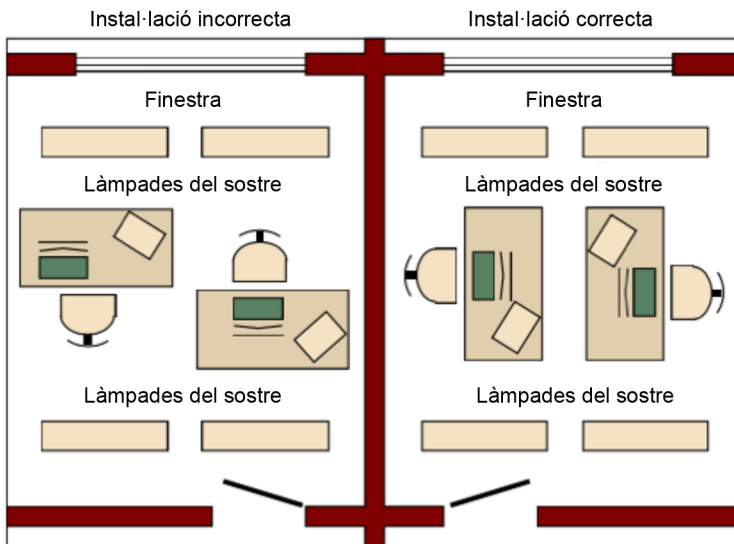
té gran influència en el deteriorament del confort visual. Anul·la els contrastos dels objectes examinats.

Els principals factors que afecten l'enlluernament són:

- La **il·luminació** de la font de llum o de les superfícies reflectides, en què 7.500 cd/m^2 és el màxim tolerable per a la visió directa.
- La **posició de la font de llum**, ja que els enlluernaments apareixen quan hi ha un angle de 45° respecte a la vertical.

Per això, és de gran importància la col·locació de les fonts de llum pel que fa als llocs de treball. El més important és que la llum incideixi lateralment sobre el pla de treball:

Figura 6. Instal·lació correcta de làmpades



Font: Nogareda, S. (2008). *Ergonomia* (5a. ed.). Madrid: INSHT-MTIN.

1.6. Les facultats visuals

L'**agudesia visual** és la capacitat que té l'ull de distingir petits objectes pròxims entre ells.

L'agudesia visual depèn principalment de:

- L'edat
- La luminància: com més luminància, més agudesia visual. No obstant això, els ulls han d'adaptar-se primer al nivell de luminància existent.
- El contrast: com més contrast, més agudesia visual

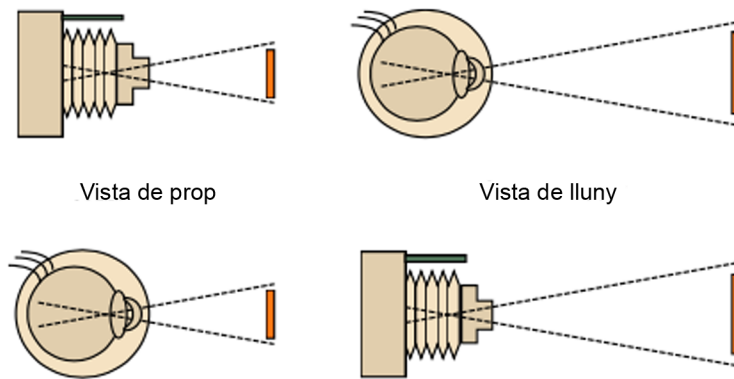
- El color de la llum: l'agudesia augmenta amb colors com groc-verd i disminueix amb el blau.

L'**acomodació** és la facultat de l'ull de formar imatges nítides d'un objecte que es troba a una distància determinada. És capaç de fer-ho gràcies a l'augment o la disminució de la curvatura del cristal·lí.

Com menys il·luminació, més es dificulta l'acomodació de l'ull. A més, la presència de reflexos o superfícies brillants també afecta negativament l'acomodació de l'ull.

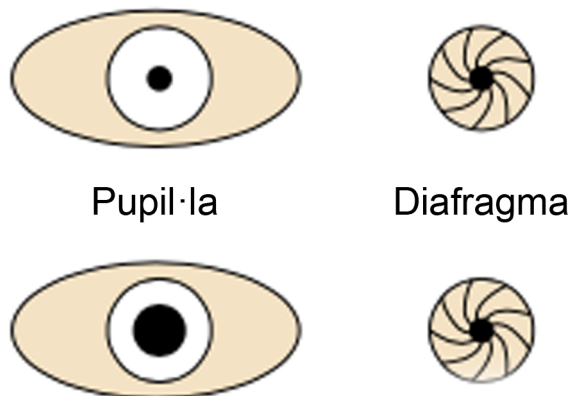
Amb l'edat, l'ull va perdent elasticitat en el cristal·lí, de manera que també influeix en els temps d'acomodació de l'ull.

Figura 7. Acomodació de l'ull en funció de la distància d'un objecte



L'**adaptació** és la capacitat de l'ull d'ajustar-se automàticament a diferents nivells d'il·luminació dels objectes. Aquest ajust el fa gràcies a la pupil·la, que pot obrir-se o tancar-se per graduar l'entrada de llum a l'ull.

Figura 8. Adaptació de l'ull



Quan passem d'un local ben il·luminat a un altre completament a les fosques, es produeix un procés d'adaptació que pot durar fins a trenta minuts. No obstant això, quan es passa d'un lloc a les fosques a un altre ben il·luminat, el procés d'adaptació dura només uns segons.

1.7. Els sistemes d'il·luminació

Un dels aspectes fonamentals en els llocs de treball és fer una bona elecció de la il·luminació artificial. Per a això, és important conèixer els tipus de làmpades existents i les seves característiques. Les lluminàries són els dispositius on es col·loquen els llums, juntament amb un altre tipus de components, com els reflectors, les lents, les pantalles, els difusors, etc. Al conjunt de lluminàries se'l denomina **enllumenat**.

Tipus de làmpades

Es pot definir una làmpada com aquell dispositiu que genera llum. Actualment, totes les làmpades són elèctriques. S'han de conèixer els diferents tipus per determinar-ne el nombre i la distribució en funció de la tasca que cal desenvolupar.

Un dels aspectes fonamentals d'un llum és el flux lluminós, però no és l'únic. Hi ha altres aspectes que cal tenir en compte:

1) Color aparent

És la característica cromàtica de la làmpada utilitzada. Es mesura per la temperatura de color i consisteix a comparar la temperatura emesa per un llum amb la temperatura que emet un «cos negre» que emeti radiació amb un espectre cromàtic igual al de la llum considerada.

Taula 3. Classificació de color aparent en funció de la temperatura de color

Classe de color aparent	Color aparent	Temperatura de color aproximada K	Recomanació
1	càlid	< 3.300	Locals residencials
2	mitjà	3300-5300	Llocs de treball
3	fred	> 5.300	Nivells d'il·luminació elevats Ambients calorosos Tasques particulars

2) Rendiment de color

És la capacitat que té un llum de reproduir fidelment els colors dels objectes il·luminats. Per identificar-lo, s'utilitza l'índex de rendiment del color (IRC o Ra). La llum diürna té un Ra = 100, cosa que significa que els colors es reproduïen fidelment. Com més proper a cent, més reals seran els colors. Els llums es poden classificar segons aquest índex:

Taula 4. Classificació de làmpades segons el seu índex cromàtic

Classe	IRC (Ra)	Classe	IRC (Ra)
1 A	≥ 90	2 B	60-69
1 B	80-89	3	40-59
2 A	70-79	4	< 20

Per saber aquestes característiques, hem de revisar les especificacions del fabricant:

Figura 9. Especificacions d'un llum



Font: INSHT

En aquest cas, es tracta d'un llum de 18 watts que emet 1.300 lúmens. Però, a més, també podem deduir que el seu índex cromàtic és de 80-90 (classe 1B), i que la seva temperatura de color és de 6.500 K. Això es pot deduir del nombre 865, on 8 = 80 de Ra i 65 = 6.500 K. Aquest Ra és adequat per a interiors, i la

seva temperatura de color indica que el seu color aparent és fred i, per tant, està indicat per a llocs amb un nivell d'il·luminació elevat, ambients calorosos o tasques en què sigui necessària la distinció de colors.

Els diferents tipus de llums que es poden utilitzar en els llocs de treball són:

1) Llums incandescents

A les làmpades incandescents, la llum és produïda per la incandescència d'un filament, generalment de tungstè, pel pas del corrent. Tenen molt baixa eficiència energètica (8-18 lm/W) i una vida mitjana molt limitada. Per aquesta raó, des del 2016 ja no es fabriquen.

No obstant això, posseeixen un avantatge important: emeten en l'espectre cromàtic continu i la seva capacitat de reproduir colors és excel·lent ($R_a = 100$), amb una temperatura de color de 2.700 K (color càlid).

Les **làmpades halògenes** són un tipus especial de làmpades incandescents que poden funcionar a una temperatura de filament més gran, fet que proporciona una tonalitat més blanca i una eficiència energètica més elevada (35 lm / W). Tenen una vida mitjana més llarga.

2) Llums de descàrrega

Les **làmpades fluorescents** són un dels tipus de làmpades de descàrrega; en elles es genera una pel·lícula fluorescent a la paret interior del tub, en incidir radiació ultraviolada generada per una descàrrega elèctrica al vapor de mercuri de l'interior. La tonalitat de la llum depèn del material fluorescent. Amb una eficiència energètica molt més elevada (80 lm/W) que les d'incandescència, també tenen una vida mitjana molt més gran.

Els llums fluorescents tenen un rendiment de color de R_a entre 70 i 90 segons models, vàlid per a llocs de treball. El flux de llum emès per aquests llums fluctua amb una freqüència igual al doble de la freqüència de la xarxa elèctrica (50 Hz a Europa), que dona lloc a pampallugues i efectes estroboscòpics que han de ser compensats amb dispositius electrònics auxiliars, els quals converteixen aquest corrent elèctric de 50 Hz en una altra de diversos milers de Hz.

Han estat molt emprades en llocs de treball gràcies a la facilitat amb la qual es permeten dissenyar sistemes d'il·luminació homogenis, amb nivells d'il·luminació moderats i que provoquen pocs enlluernaments.

Les **làmpades de vapor de mercuri** estan formades per un tub de vidre de quars amb vapor de mercuri a alta pressió. Quan es produeix una descàrrega elèctrica mitjançant un circuit elèctric auxiliar, comença l'emissió del flux de llum visible. Aquests llums necessiten un cert temps per aconseguir un règim de funcionament normal. La seva eficiència energètica (60 lm/W) i vida mit-

Efectes estroboscòpics

Efecte òptic que es produeix en il·luminar mitjançant centelleigs un objecte que es mou de forma ràpida i periòdica.

Vegeu vídeo a Youtube:

https://youtu.be/9l_C2aahVUk.

jana és semblant a la dels fluorescents, però es poden fabricar per a potències més elevades i tenen baixa reproducció cromàtica ($R_a = 40$) i una temperatura de color de 3200-4000 K (blanca).

Les **làmpades de vapor de sodi** tenen un funcionament similar a les de vapor de mercuri, però en aquest cas el gas de l'interior és vapor de sodi. Tenen una temperatura de color de 2000-2300 K (groc). N'hi ha de baixa pressió, amb una eficiència energètica molt alta (200 lm/W), però de llum monocromàtica, que no permet distingir els colors ($R_a = 0$), de manera que es fan servir per il·luminar grans espais que no requereixin apreciació de colors (il·luminació de carreteres). Les d'alta pressió no són tan eficients (100 lm/W), però l'espectre cromàtic permet certa distinció de colors ($R_a = 25$). Es fan servir per a enllumenat públic, àrees industrials, etc.

Les **làmpades LED**¹ utilitzen díodes, que són uns components electrònics que permeten el pas del corrent elèctric a través d'uns materials semiconductors fotoluminiscent que produeixen energia lluminosa en una longitud d'ona determinada. La combinació de diferents semiconductors permet generar diferents longituds d'ona i que es produeixi, finalment, llum blanca. Són de ràpida resposta d'encesa/apagat, llarga durada, robustesa mecànica, mida petita, baix escalfament i menor manteniment, en general. Tenen una gran eficiència energètica (10-80 lm/W), bona qualitat cromàtica ($R_a = 90$) i una temperatura de color que oscil·la entre 2.700 i 5.000 K (de càlida a freda).

⁽¹⁾LED: *light emitting diode* o díode emissor de llum.



LED convencional
Font: Globered.

2. Ambient tèrmic

L'ambient tèrmic s'entén com una combinació de variables ambientals (temperatura, radiació, humitat, etc.) i individuals (metabolisme, activitat, roba, etc.) que afecten l'individu, de manera que hem d'adaptar-nos per aconseguir un equilibri tèrmic.

La **temperatura interna** de l'home es manté constant, al voltant dels 37 °C, gràcies al nostre centre de control de la temperatura, l'hipotàlem.

Quan una persona està en un ambient tèrmic calorós fent un esforç físic important, pot patir estrès tèrmic. Els receptors de la pell i altres parts del cos (termoreceptors) informen el cervell d'aquesta situació, i l'hipotàlem ordena una sèrie de reaccions per compensar aquests canvis: augmentant el ritme cardíac, el flux de sang a la superfície del cos i la sudoració. Quan una persona s'exposa al fred, es produeix el procés invers: es redueix el flux sanguini cap a la perifèria i es produeix calor muscular (tremolors) i metabòlic.

La capacitat d'adaptació de l'ésser humà a aquest tipus de situacions és molt àmplia, però les situacions laborals on les variables individuals i ambientals ens fan sentir confortables són molt més reduïdes.

El confort tèrmic implica una sensació neutra en l'individu respecte a l'ambient tèrmic.

S'accepta el fet que, per òptimes que siguin les condicions termohigromètriques, sempre hi haurà un 5% de persones que sentiran certa insatisfacció per fred o calor, com a conseqüència de les diferències biològiques individuals.

2.1. Paràmetres ambientals

Els factors ambientals que influeixen directament en les condicions de treball, des del punt de vista tèrmic, són:

- la temperatura de l'aire,
- la temperatura radiant mitjana,
- la humitat relativa,
- la velocitat de l'aire.

També cal tenir en compte altres paràmetres individuals, com l'activitat metabòlica del treball (sedentària, lleugera, moderada o intensa), la vestimenta i les característiques individuals.

La temperatura de l'aire

També denominada **temperatura seca**, és la temperatura de l'aire circumdant de l'individu. És la que ens marcaria un termòmetre situat en el mateix lloc que ocupa la persona exposada.

La temperatura de la pell, que es queda constant al voltant dels 35 °C, intercanvia calor amb l'ambient. Com més velocitat d'aire, més gran serà aquest intercanvi de calor per convecció.

La temperatura radiant mitjana

Tots els cossos absorbeixen i emeten calor per mitjà de radiacions electromagnètiques. La temperatura radiant mitjana es defineix com la temperatura que tindrien les parets d'un local imaginari en el qual aquesta temperatura fos uniforme, i els intercanvis de calor per radiació fossin iguals als intercanvis de calor per radiació en l'ambient real.

Per mesurar aquesta temperatura cal un termòmetre de globus, instrument que permet obtenir la temperatura de globus (T_g) a partir de la qual es pot calcular la TRM.

La roba és una barrera aïllant de la temperatura entre la persona i l'ambient. Aquesta resistència tèrmica rep el nom de **resistència tèrmica de la roba**, i es mesura en clo.

La humitat relativa

La humitat és el contingut d'aigua en l'aire. Com més gran és la temperatura de l'aire, més aigua pot contenir. La humitat relativa és la relació entre la quantitat d'aigua que conté l'aire a una temperatura donada la quantitat màxima que podria contenir.

La suor es compon principalment d'aigua. L'evaporació d'aquesta aigua és el sistema més efectiu que té el cos humà per eliminar la calor de l'organisme. Perquè la suor es pugui evaporar, ha de passar d'estat líquid a vapor i formar part de l'aire. Perquè això passi, la humitat de l'aire ha de ser menor que la humitat de la pell. Per això, en ambients molt humits o amb humitats relatives del 100% no podem evaporar la suor i, per tant, no podem refredar el cos mitjançant aquest mecanisme, per molt que suem. No obstant això, en ambients secs, és un sistema molt eficaç.

Temperatura seca

També la veurem com a T_a (temperatura de l'aire) o T_s (temperatura seca).

Temperatura radiant mitjana

També la veurem com T_r (temperatura radiant) o TRM (temperatura radiant mitjana).

Aïllament de la roba (clo)

1 clo = 0,155 m² K/W
Unitat d'aïllament de la roba.

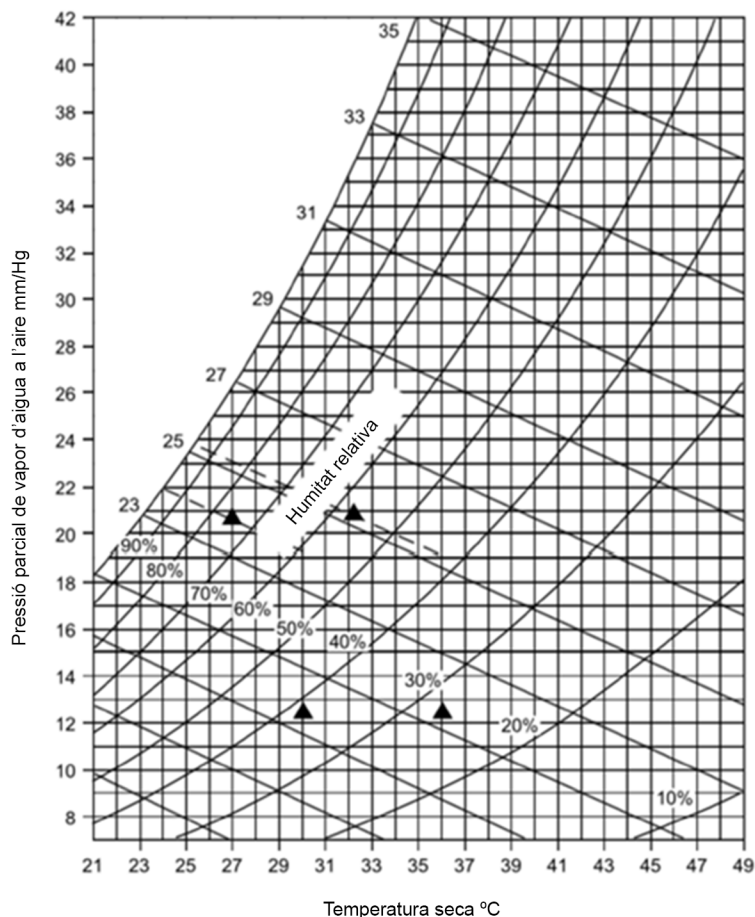


Termòmetre de bulb
Font: SATO.

La humitat es pot mesurar mitjançant un psicròmetre, a partir del qual obtenim la temperatura humida psicromètrica. Un psicròmetre consisteix en un termòmetre embolicat en una mussolina mullada en aigua. En generar un corrent d'aire, l'aigua s'evapora (en funció de la humitat de l'aire) i refreda el termòmetre.

Amb la combinació de la temperatura seca i la temperatura humida, i un diagrama psicromètric, es pot calcular la humitat relativa.

Figura 10. Diagrama psicromètric



Temperatura humida

No s'ha de confondre la **temperatura humida psicromètrica** amb la **temperatura humida natural**. A la primera, s'empra un corrent d'aire forçat (1 m/s), mentre que a la humida natural no és necessari.

Exemple de càlcul

Amb una temperatura seca de 29 °C i una temperatura humida psicromètrica de 23 °C, tenim una humitat relativa del 60%. I una pressió parcial de vapor d'aigua de 18 mmHg.

La velocitat de l'aire

La velocitat de l'aire incideix de manera directa sobre la situació tèrmica de l'individu. Com més gran és la velocitat de l'aire, més ràpid és l'intercanvi de temperatura per convecció entre l'ambient i la persona. Alhora, també augmenta la velocitat d'evaporació de la suor.

Per tant, la velocitat de l'aire és un paràmetre que s'ha de mesurar per determinar el confort tèrmic. Es mesura amb un velòmetre o anemòmetre, i normalment els resultats es donen en metres per segon (m/s).

2.2. Mecanismes d'intercanvi tèrmic

Els mecanismes d'intercanvi tèrmic entre la persona i l'entorn on treballa es produeixen per:

- **Conducció:** intercanvi de calor per contacte directe
- **Convecció:** intercanvi de calor per mitjà de l'aire. La temperatura i la velocitat de l'aire són els paràmetres més rellevants.
- **Radiació:** intercanvi de calor per mitjà de radiació electromagnètica. No cal, com en els altres dos casos, que hi hagi un medi material de transport de l'energia. El sol, un radiador o un forn calent en són exemples.
- **Evaporació:** mecanisme d'intercanvi de calor que sempre produeix pèrdua de calor per mitjà de l'evaporació. La velocitat de l'aire també hi influeix i afavoreix el procés.

2.3. Determinació del confort tèrmic

Hi ha una metodologia per determinar el confort tèrmic anomenada *índex tèrmic PMV* (vot mitjà previst) i *PPD* (percentatge previst d'insatisfets), proposada per Fanger i objecte de la norma tècnica UNE EN ISO 7730:2006, «Determinación analítica e interpretación del bienestar térmico mediante el cálculo de los índices PMV y PPD y los criterios de bienestar local».

Es tracta d'un mètode que té en compte els factors objectius que influeixen en la sensació tèrmica, i que prediu la sensació tèrmica general que poden tenir les persones a l'interior dels edificis.

2.4. Referència normativa

A partir de l'entrada en vigor del **RD 1027/2007**, pel qual s'aprova el **Reglament d'instal·lacions tècniques d'edificis (RITE)**, els índexs PPD i PMV tenen una importància especial. Aquest reglament forma part de la normativa legal de prevenció de riscos laborals, en virtut de l'article 1 de la Llei 31/1995 de PRL. Concretament, la «Instrucción técnica 1.1.4.4. Exigencia de calidad térmica del ambiente», inclosa en la «IT 1. Diseño y dimensionado», que és on es donen els valors de consigna per dissenyar les instal·lacions tèrmiques dels edificis en funció del PPD i dels paràmetres que intervenen per al seu càlcul.

El RITE marca les temperatures i humitats màximes dels llocs de treball:

Lectura recomanada

La *NTP 779* desenvolupa el mètode de Fanger:

Hernández, A. (2007). «Bienestar térmico: criterios de diseño para ambientes térmicos confortables». *NTP 779*. Madrid: INSHT.

També es poden utilitzar els calculadors de l'INSHT per al seu càlcul.

Taula 5. Rangs de temperatures i humitats segons RITE

Paràmetre termohigromètric	Valors segons RITE
Temperatura d'hivern (local calefactat)	≤ 21 °C
Temperatura d'estiu (local refrigerat)	≥ 26 °C
Humitat relativa	30-70%

A més, també hi ha una referència legal al **RD 486/1997**, sobre disposicions mínimes de seguretat i salut en els llocs de treball, desenvolupada posteriorment per la *Guía técnica complementaria*, en la qual es determina la necessitat d'evitar temperatures i humitats extremes, canvis bruscos de temperatures, corrents d'aire molestos, olors desagradables, irradiació excessiva i, en particular, la radiació solar a través de finestres, llums i lluernes.

Aquest reglament fixa els intervals de temperatures màxims i mínims, per a locals de treball tancats, en funció del tipus de treball:

Nota de l'abast del RD 486/1997

Les temperatures màximes i mínimes del RD 486/1997 només s'apliquen a locals de treball tancats l'activitat dels quals sigui sedentària o lleugera. És a dir, no s'apliquen a treballs a l'aire lliure ni en el cas de locals de treball tancats amb activitats metabòliques moderades o pesades.

Taula 6. Rangs de temperatures segons el RD 486/1997

Tipus de treball	Temperatura
Sedentari (oficines o similar) < 130 W / m ²	17-27 °C
Lleuger (laboratori, de peu) < 200 W / m ²	14-25 °C

La **humitat relativa** se situa entre el 30-70%, excepte en els locals amb riscos per electricitat estàtica, on el límit inferior serà del 50% (és a dir, del 50-70%).

Els treballadors no estaran exposats a **corrents d'aire** de manera freqüent o continuada:

Taula 7. Rangs de velocitat dels corrents d'aire segons el RD 486/1997

Tipus de treball	Velocitat de l'aire
Ambient calorós	$\leq 0,25$ m/s
Sedentari, ambient calorós	$\leq 0,50$ m/s
No sedentari, ambient calorós	$\leq 0,75$ m/s

El reglament estableix, a més, la renovació mínima d'aire en els locals de treball:

Taula 8. Renovacions d'aire segons el RD 486/1997

Tipus de treball	Renovació d'aire
Sedentari, ambient no calorós ni contaminat	≥ 30 m ³ h/treballador
Resta dels casos	≥ 50 m ³ h/treballador

També s'ha de consultar el RD 488/1997 pel que fa a les disposicions mínimes de seguretat i salut relativa a la feina, amb equips que inclouen pantalles de visualització de dades. S'estableixen les condicions termohigromètriques recomanades per desenvolupar aquest tipus d'activitats:

Taula 9. Rangs de temperatura i humitat segons el RD 488/1997

Paràmetre termohigromètric	Valors segons RD 488/97
Època d'estiu	23 °C a 26 °C
Època d'hivern	20 °C a 24 °C
Humitat relativa	45% al 65%

En aquest cas, les humitats relatives recomanades estan entre els valors més discrets, amb l'objecte de prevenir la sequedat d'ulls i mucoses.

2.5. Mesures preventives

Perquè les condicions termohigromètriques d'un lloc de treball estiguin dins d'uns paràmetres controlats, s'han de controlar les qüestions següents:

- **Activitat física:** en ambients calorosos i amb gran activitat física, s'hauran de preveure pauses regulars o rotació de personal.
- **Vestimenta:** depenent de la sensació tèrmica, s'hauria de poder canviar la roba de treball.
- **Climatització:** adequada i regulable.
- **Finestres i obertures exteriors:** són focus d'asimetria radiant, per entrada de llum solar o per fred, per la qual cosa s'haurien aïllar convenientment.
- **Focus calents:** hauran d'estar aïllats dels focus calents parets de forns, conduccions, sostres, etc.
- **Humitat relativa:** s'ha de controlar, juntament amb la velocitat de l'aire.
- **Renovació de l'aire:** ha de ser adequada segons l'ocupació del local.

3. Soroll

3.1. Conceptes generals

Des del punt de vista ergonòmic, podem dir que el soroll és un so no desitjat i molest. En general, aquesta molèstia està relacionada amb la interferència que produeix amb la nostra feina, especialment amb la comunicació de les persones. Aquests efectes molestos tenen a veure en gran mesura amb el nostre estat fisiològic o anímic.

La interferència que pot provocar el soroll a la nostra feina pot produir-se en tres àmbits:

- Interferència amb la comunicació.
- Interferència en la concentració.
- Interferència amb la recepció d'estímulsonors.

En general, l'anomenem *so* quan ens resulta agradable, i *soroll* quan ens resulta molest.

El so és un fenomen físic que es caracteritza per la generació d'ones que es propaguen per un medi físic, ja sigui aire, aigua o altres materials. El so es pot mesurar gràcies als canvis de pressió que produeix i que són perceptibles per l'oïda.

El so és un factor ambiental amb unes dimensions físiques molt caracteritzades i fàcilment mesurables, com ara: nivell de pressió sonora, durada, freqüència, timbre, etc. No obstant això, el so té un component subjectiu important i difícil d'avaluar: les sensacions de benestar, alegria o, per contra, d'irritació, enuig, etc.

Se sap que el soroll pot provocar lesions amb uns efectes coneguts en l'aparell auditiu (pèrdua d'audició), per sobre dels 80 dBA amb temps d'exposició de 8 hores. Aquest tema es tracta, dins el camp de la prevenció de riscos laborals, en l'apartat d'higiene industrial.

Component subjectiu del soroll

Per exemple: si preguntem als usuaris d'una discoteca, ens diran que la música és agradable i els provoca sensacions de benestar i alegria. No obstant això, els veïns de la discoteca que intenten dormir diran que aquest mateix so és molt molest, el qualificaran de *soroll* i els provocarà irritació i enuig.

3.2. La freqüència

L'oïda humana és capaç de distingir sons de diferents freqüències. L'hertz (Hz) és la unitat de mesura de la freqüència, i la majoria de les persones són capaces de sentir entre 20 i 20.000 Hz. Aquesta capacitat no és igual per a totes les freqüències: les freqüències que millor sentim són les mitjanes, després les altes, i les freqüències baixes són les que pitjor sentim.

Per uniformar els diferents tipus de sorolls, s'apliquen filtres de correcció al so mesurat. El filtre «A» és el que s'utilitza per ponderar el so real amb el so captat per la nostra oïda. De manera que la unitat de mesura utilitzada normalment serà el dBA.

La veu humana oscil·la en un rang de freqüències que va des dels 250 Hz fins als 3.000 Hz, encara que alguns fonemes poden arribar als 8.000 Hz.

3.3. Nivell de pressió acústica (NPA)

El nivell de pressió sonora es mesura en decibels (dB). Tenint en compte que es tracta d'una pressió, hauria de mesurar-se en pascals (μPa), però per poder gestionar els nivells de pressió acústica que les persones són capaços de sentir, hauríem de treballar amb una escala que va des dels 20 μPa fins als 100.000.000 μPa , una cosa poc intuïtiva i manejable. Per resoldre aquest problema s'utilitzen els decibels, que consisteixen a aplicar logaritmes a la pressió sonora, de manera que es treballa en rangs que van des dels 0 dB als 140 dB (mínim i màxim audible, respectivament).

El decibel és molt més còmode de gestionar, però cal tenir en compte que no segueix les regles aritmètiques clàssiques. És a dir, no és possible sumar ni restar decibels aritmèticament, sinó de forma logarítmica.

80 dB + 80 dB \neq 160 dB

Per sumar el so produït per dos equips que emeten 80 dB cada un, s'ha d'aplicar la seqüència de càlculs següent:

$$10^{p_1^{0,1}} + 10^{p_2^{0,1}} = P \quad 4.3$$

$$P = 10^{800,1} + 10^{800,1} = 200.000.000 \quad 4.4$$

$$\text{Soma} = 10 \cdot \log(P) = 10 \cdot \log(200.000.000) = 83 \text{ db} \quad 4.5$$

On p_1 i p_2 són els valors que cal sumar o restar. Com es pot observar, cada tres decibels es duplica o divideix el nivell de pressió sonora.

L'hertz

És la unitat de freqüència i rep el nom del físic alemany Heinrich Rudolf Hertz, que va descobrir la propagació de les ones electromagnètiques.

1 hertz = 1 cicle per segon.

També es pot caracteritzar en 1/s o s⁻¹.

Filtre de freqüències «A»

El filtre de freqüències «A» suma o resta decibels al nivell de pressió acústica mesurat segons la freqüència:

- 63 Hz se suma -26,2 dB
- 125 Hz se suma -16,1 dB
- 250 Hz se suma -8,6 dB
- 500 Hz se suma -3,2 dB
- Se suma 0 dB
- 2.000 Hz se suma +1,2 dB
- 4.000 Hz se suma +1 dB
- 8.000 Hz se suma -1,1 dB

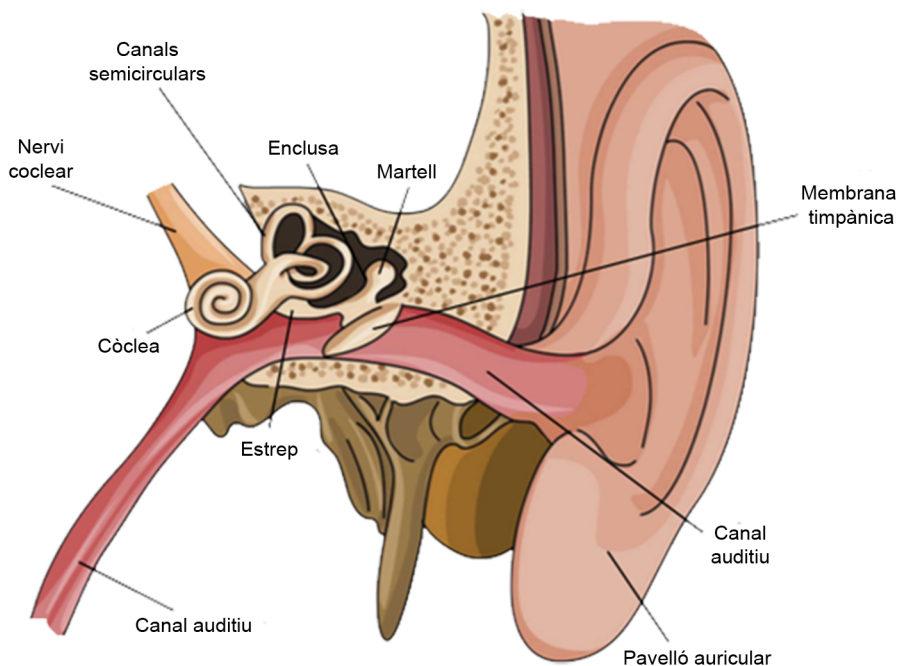
... amb l'objectiu d'imitar el so real rebut per la nostra oïda.

3.4. Fisiologia del sistema auditiu

L'orella és l'òrgan del cos humà encarregat de transmetre els sons al cervell, mitjançant les seves diferents parts:

- **L'orella externa:** formada pel pavelló auditiu, el conducte auditiu i el timpà, és la part encarregada de recollir les ones sonores i dirigir-les a l'interior de l'oïda.
- **L'orella mitjana:** és la part situada entre el timpà i la finestra oval. S'encarrega de transmetre els sons de l'orella externa a l'interior mitjançant tres ossos diminuts (martell, enclusa i estrep), la finestra oval i la trompa d'Eustaqüi.
- **L'orella interna:** és la part més interna de l'orella, formada per la còclea, l'òrgan de l'equilibri i el nervi auditiu.

Figura 11. Parts de l'orella



El so és captat gràcies al pavelló auditiu, que s'encarrega de dirigir-lo a l'interior de l'oïda per mitjà del canal auditiu, fins arribar al timpà. El timpà és una membrana acústica elàstica que vibra amb la pressió de les ones i que està al costat d'una cadena d'ossos encarregats de transmetre aquesta vibració amplificada a l'interior de la membrana oval. Aquesta finestra oval recobreix l'entrada de la còclea, on les ones sonores amplifiades es transformen en impulsos elèctrics que s'envien al cervell.

Amb l'edat, es va perdent capacitat auditiva (presbiacúsia). És una pèrdua gradual i significativa que afecta especialment les freqüències sobre els 1.000 Hz, de manera que es necessita un volum més gran dels sons d'aquestes freqüències per poder percebre'ls.

3.5. Efectes del soroll en la salut

El nostre organisme respon davant del so com ho fa davant de qualsevol altra agressió, ja sigui de tipus física o psíquica, mitjançant modificacions cardiovasculars, hormonals, digestives o psíquiques.

L'exposició laboral al soroll produeix efectes negatius en el sistema auditiu, a més d'efectes no auditius com estrès, interferència en la comunicació, dificultats de concentració a l'hora de treballar i altres tipus de molèsties subjectives.

Taula 10. Efecte del so sobre les persones

Nivell sonor (dBA)	Efecte per a les persones
30-60	Pèrdua de l'atenció, l'interès, la irritabilitat, etc.
60-90	Lesions de l'oïda interna. Augment de la pressió arterial i del ritme cardíac, reducció del camp visual, fatiga, etc.
120	Límit de tolerància al dolor
160	Ruptura del timpà, rampa i fins i tot la mort

Perquè hi hagi lesió auditiva per soroll, s'han de combinar tres factors:

- Pressió sonora: més de 80 dBA.
- Freqüència: són més perjudicials les freqüències altes.
- Temps d'exposició

Com més gran és la pressió sonora i el temps d'exposició diari, més gran és el dany auditiu, i les freqüències altes i mitjanes són més perjudicials que les baixes.

La hipoacúsia laboral comença amb una pèrdua auditiva en la freqüència dels 4.000 Hz de fins a 40 dB; com que no es tracta d'una freqüència conversacional, moltes de les persones que la pateixen la desconeixen. Per a la seva detecció precoç, es requereix una audiometria tonal. Si l'exposició al soroll continua, aquesta hipoacúsia progressa a la zona conversacional i és quan parlem de sordesa professional.

En l'actualitat, hi ha altres fonts de «soroll» d'origen no laboral, com els auriculars de música. És una pràctica molt estesa passar diverses hores al cap del dia escoltant la música a través d'auriculars. En general, quan s'utilitzen aquests auriculars amb alts nivells de soroll de fons (el carrer, el metro, etc.), s'utilitzen

Síntomes de la pèrdua auditiva

Els indicadors que s'està produint dany auditiu, identificables per l'afectat, són, entre d'altres:

- Presència d'acúfens: es tracta de xiulets o brunzits en l'oïda.
- Fatiga auditiva en finalitzar la jornada: es tradueix en un augment sobtat del llinard auditiu (com quan se surt d'una discoteca), que es recupera en unes hores.
- Dificultats per escoltar una conversa normal.
- Pujar el volum de la ràdio o la televisió per sobre del que és habitual.

volums massa alts, que poden arribar fins als 115 dBA (l'equivalent a un concert en viu). En condicions normals, s'utilitzen nivells de volum que oscil·len entre els 80 i els 95 dBA, que poden provocar pèrdues auditives en pocs anys.

Hi ha diversos fabricants que permeten regular el volum màxim dels auriculars per evitar exposicions continuades, o es poden utilitzar auriculars amb tecnologia d'atenuació del soroll de fons, que evita haver de pujar el volum tant.

3.6. Interferència conversacional

Un dels efectes del soroll més estudiats en ergonomia és la interferència conversacional. Un ambient on la comprensió de missatges i paraules resulti difícil serà esgotador, i generarà fatiga i malestar pel plus d'atenció que s'ha de posar i per la incertesa sobre el contingut del missatge. Es considera que una conversa s'entén satisfactòriament quan es comprèn, almenys, el 95% de les frases.

A la norma UNE EN ISO 9921:2004 s'estableix una taula amb les distàncies mínimes requerides per a la comunicació verbal entre persones, en funció del nivell d'interferència conversacional (L_{SIL}), que es calcula com a mitjana aritmètica del nivell de pressió sonora de les freqüències que afecten la conversa (500, 1.000, 2.000 i 4.000 Hz). Aquests nivells han de mesurar-se amb un sonòmetre integrador-mitjanador que mesuri en bandes d'octava.

Taula 11. Distància màxima a la qual es considera que la comunicació és satisfactòriament intel·ligible

L_{SIL}	Crítiques (m)	Normal per-llongada (m)
35	22,3	3,16
40	12,5	1,77
45	7,07	1,00
50	3,98	0,56
55	2,23	0,31
60	1,25	0,17
65	0,70	0,10

Per al càlcul del L_{SIL} , s'han de dur a terme mesuraments de soroll en els moments de més pressió acústica, per la qual cosa podem prendre dues estratègies: mesurar durant tot l'interval d'exposició (tota la jornada, per exemple) o fer un mostreig representatiu del mesurament. Per dur a terme adequadament aquest mostreig, s'ha de caracteritzar el soroll de manera que la nostra estratègia de mostreig sigui representativa. De tots els valors obtinguts, s'ha de prendre el L_{SIL} més alt.

Estudi de l'ASHA

Segons una enquesta duta a terme per l'American Speech-Language-Hearing Association (ASHA), la meitat dels estudiants enquestats tenien almenys un dels símptomes de pèrdua auditiva, a causa de l'abús dels auriculars amb música alta.

Mesura de soroll

Els mesuraments de soroll s'han de fer amb un instrument de mesura que satisfaci els requisits marcats pel RD 286/2006.

3.7. Tipus de soroll

Segons el RD 286/06, el soroll es pot caracteritzar com a estable, aleatori o periòdic, i en funció del tipus de soroll que tinguem, s'establirà una estratègia de mostreig per al mesurament.

- El **soroll estable** és el que es manté constant durant tota la jornada laboral i en el qual la diferència entre el valor màxim i mínim mesurat és inferior a 5dB ($L_{max} - L_{min} < 5$ dB). En aquests casos, es pot optar per fer, almenys, tres mesuraments de cinc minuts o més durant la jornada laboral.
- El **soroll diari** és el que fluctua periòdicament en el temps. A més de tenir una cadència cíclica, la diferència entre el $L_{max} - L_{min} \geq 5$ dB. S'han de fer, almenys, tres mesuraments de cinc minuts cadascun. Aquests mesuraments hauran de tenir un nombre de cicles complet (es recomana un mínim de tres cicles complets per mesurament).
- Els **sorolls aleatoris** són aquells que fluctuen de forma aleatòria durant tot el període de temps estudiat. A més de tenir una cadència aleatòria, la diferència entre el $L_{max} - L_{min} \geq 5$ dB. És relativament senzill caracteritzar els sorolls aleatoris a partir de les fonts que els generen (per exemple, el soroll del carrer o una trucada de telèfon). En aquests casos, es durà a terme un mostreig aleatori d'un mínim de tres mesuraments de cinc minuts. Si els resultats entre els valors màxim i mínim difereixen en més de 5 dB, es faran dos mesuraments addicionals.

Lectura recomanada

Es poden obtenir les fórmules i la metodologia de càlculs en la *NTP 794*:

C. González; M. Gómez-Cano (2008). «Evaluación de la comunicación verbal: método». *NTP 794*. Madrid: INSHT.

Exemple

Es van fer en una oficina tres mesuraments de soroll, mitjançant un sonòmetre integrador-mitjanador i de cinc minuts cadascun. Com que es tracta d'una oficina ubicada a la planta baixa al costat de un carrer amb trànsit (soroll exterior), i que com a única font de soroll interior té les impressores, els telèfons i les converses dels ocupants, es van dur a terme els mesuraments en períodes aleatoris obtinguts d'una taula de nombres aleatoris per a un interval de 480 min (les vuit hores de la jornada laboral). Es van obtenir els valors següents: $L_{SIL1} = 42$ dB; $L_{SIL2} = 38$ dB i $L_{SIL3} = 58$ dB.

Per avaluar si la distància de comunicació és adequada, s'utilitza el valor màxim de $L_{SIL3} = 58$ dB. El valor obtingut està entre els 55 i 60 dB, per la qual cosa s'ha de interpolar el resultat a la taula obtenint una distància crítica de 1,64 m i una distància normal perllongada de 0,23 m.

Interpolació lineal

Per a la interpolació lineal, utilitzarem la fórmula següent:

$$i_x = i_0 + \frac{x - x_0}{x_1 - x_0} \cdot (i_1 - i_0)$$

4.6

On $x = 58$; $x_1 = 60$ i $x_0 = 55$; $i_1 = 1,25$; $i_0 = 2,23$ per al cas de l'exemple de distància crítica.

3.8. Referència normativa

La referència normativa més destacada en temes d'exposició al soroll laboral és el RD 286/2006, sobre protecció de la seguretat i salut dels treballadors contra riscos relacionats amb l'exposició al soroll (transposició de la Directiva 2003/10/CE).

L'objectiu d'aquesta normativa és protegir els treballadors dels riscos de l'exposició al soroll, establint els valors límit d'exposició diària i els valors d'exposició màxima a sorolls d'impacte. Aquests valors són:

- Valor límit d'exposició: LAeq, d = 87 dBA i 140 dBC de valor de pic
- Valors superiors d'exposició que donen lloc a una acció: LAeq, d = 85 dBA i 137 dBC de valor de pic
- Valors inferiors d'exposició que donen lloc a una acció: LAeq, d = 80 dBA i 135 dBC de valor de pic

El RD 286/06 té com a objecte evitar els danys del sistema auditiu com a conseqüència de l'exposició al soroll. No obstant això, en ergonomia es valoren a més situacions de disconfort o malestar provocades pel soroll (efectes no auditius) i que també tenen conseqüències per a la salut: malestar, interferències en la comunicació, problemes de concentració, etc., els nivells de pressió acústica estan molt allunyats dels valors màxims referenciats per aquest reglament.

També s'ha de tenir en compte el RD 1027/2007, pel qual s'aprova el Reglament d'instal·lacions tècniques d'edificis (RITE). El reglament RITE diu que les instal·lacions tèrmiques dels edificis han de complir l'exigència del document «DB-HR. Protección frente al ruido» del Codi tècnic de l'edificació (CTE) que els afecti. Això comporta no sobrepassar una sèrie de límits que estableix l'esmentada norma per equips situats a l'interior de les instal·lacions (bombes, ventiladors, cremadors, maquinària, etc.). A l'exterior, aquests equips mai no han de superar els 70 dB; per a interiors, hi ha una sèrie de valors màxims de referència que es resumeixen a continuació:

«DB-HR. Protección frente al ruido»

El RD 1371/2007 va aprovar el document «DB-HR. Protección frente al ruido» del Codi tècnic de l'edificació (CTE). Aquest document representa un avanç respecte a la normativa bàsica, ja que s'augmenten significativament les exigències d'aïllament del soroll aeri i d'impacte que s'expressen en termes mesurables *in situ*.

Taula 12. CTE DB-HR. Valors del nivell sonor continu equivalent estandarditzat, ponderat A, LAeq, T per equips situats en recintes protegits (vegeu CTE)

Ús de l'edifici	Tipus de recinte	Valor de LAeq, T (dBA)
Sanitari	Estades	35
	Dormitoris i quiròfans	30
	Zones comuns	40
Residencial	Dormitoris i estances	30
	Zones comuns i serveis	50
Administratiu	Despatxos professionals	35
	Oficines	30
	Zones comuns	40
Docent	Aules	40
	Sales de lectura i conferències	35
	Dormitoris i estances	50

Notes importants: els equips s'instal·laran sobre suports elàstics antivibratoris quan es tracti d'equips petits i compactes. Quan es tracta d'equips que no posseeixin una base pròpia i necessiten l'alineació dels seus components (per exemple, un motor i un ventilador o una bomba), es necessitarà una bancada prou rígida. Els equips es connectaran a les conduccions mitjançant connexions flexibles. En les reixes de presa o expulsió d'aire d'una sala de màquines o d'unitats de tractament d'aire o climatitzadors, s'instal·laran silenciadors quan sigui necessari; per exemple, si es supera el nivell de soroll (dBA) permès de la zona.

Ús de l'edifici	Tipus de recinte	Valor de LAeq, T (dBA)
Comercial	Cinemes i teatres	30
	Sales d'exposició	45

Notes importants: els equips s'instal·laran sobre suports elàstics antivibratoris quan es tracti d'equips petits i compactes. Quan es tracta d'equips que no posseïxin una base pròpia i necessiten l'alineació dels seus components (per exemple, un motor i un ventilador o una bomba), es necessitarà una bancada prou rígida. Els equips es connectaran a les conduccions mitjançant connexions flexibles. En les reixes de presa o expulsió d'aire d'una sala de màquines o d'unitats de tractament d'aire o climatitzadors, s'instal·laran silenciadors quan sigui necessari; per exemple, si es supera el nivell de soroll (dBA) permès de la zona.

A més, cada Administració autonòmica o local podrà sobreposar normes o complimentes addicionals pel que fa al soroll i a les vibracions.

3.9. La reverberació

Quan les ones sonores xoquen contra un objecte, una part és absorbida i l'altra és reflectida amb menor energia, i poden tornar a xocar, en un procés en el qual les ones van perdent cada vegada més energia. El so rebut pel treballador és una combinació del xoc inicial i dels reflexos que se segueixen produint, encara que el so inicial hagi deixat d'emetre.

El temps de reverberació (TR) d'un local, per a una freqüència donada, es defineix com el temps necessari (en segons) perquè el nivell de pressió acústica disminueixi 60 dB un cop suprimit el focus que el va originar. Aquest temps dependrà de la geometria del local, dels seus materials, etc.

El document «DB-HR» del CTE, en el seu apartat 2.2, estableix uns valors límit per al TR:

Taula 13. Valors de condicionament acústic d'aules i sales de conferències de $V \leq 350 \text{ m}^3$ i menjadors i restaurants de qualsevol mida segons «DB-HR»

Tipus de recinte	Condicionament acústic
Aules i sales de conferències buides	$T \leq 0,7 \text{ s}$
Aules i sales de conferències buides, però amb butaques fixes	$T \leq 0,5 \text{ s}$
Restaurants i menjadors	$T \leq 0,9 \text{ s}$

Una altra normativa de referència és el RD 488/1997, sobre disposicions mínimes de seguretat i salut relatives al treball amb equips que inclouen pantalles de visualització de dades, i més concretament la guia tècnica de l'INSHT que el desenvolupa, que fa referència als sorolls de nivell moderat, entre els quals hi ha els que produeixen pertorbacions de l'atenció i de la comunicació. El document afirma que aquestes pertorbacions poden arribar a ser inadmissibles en moltes activitats amb PVD, i estableix com a valor límit, per a tasques difícils i complexes (que requereixin concentració), un nivell sonor continu equivalent de LAeq, T de 55 dBA.

3.10. Actuacions preventives

Per resoldre els problemes de soroll ambiental, s'han de tenir en compte tres elements: la font que genera el soroll (una màquina), el mitjà que els transmet (l'aire, una estructura) i el receptor (audició de la persona). Així, per millorar les condicions acústiques, s'haurà d'actuar sobre els elements següents:

- Substituir equips, materials o màquines sorollosos per altres de més silenciosos.
- Instal·lar elements d'amortiment i silenciadors en equips i superfícies que vibren.
- Dur a terme un programa de manteniment preventiu que inclogui la reparació, el greixatge i la substitució d'elements.
- Aïllar els equips i les màquines sorollosos en locals o recintes separats de la resta dels locals.
- Redistribuir els equips sorollosos perquè resulti afectat el menor nombre de persones possibles.
- Recobrir equips sorollosos amb materials absorbents acústics.
- Instal·lar plafons absorbents en parets, terres o teulades de locals.

Figura 12. Panells d'absorció acústics



Font: Leroy Merlin.

4. Vibracions

S'entén per vibració qualsevol moviment oscil·lant que efectua una partícula al voltant d'un punt fix, moviment que pot ser regular o aleatori en una direcció, freqüència o intensitat. Són més habituals les vibracions aleatòries.

En l'actualitat, la normativa estatal que regula l'exposició dels treballadors a vibracions és el RD 330/2009, que modifica el RD 1311/2005, sobre protecció de la seguretat i salut dels treballadors davant riscos derivats o que puguin derivar de l'exposició a vibracions mecàniques.

En relació amb l'ergonomia, no hi ha gaire publicacions sobre aquest tema, tot i que comencen a aparèixer alguns criteris harmonitzats, com les normes UNE EN ISO 263, «Evaluación de la exposición humana a las vibraciones de cuerpo entero», i UNE EN ISO 5349, «Medición y evaluación de la exposición humana a las vibraciones transmitidas por la mano».

Les vibracions es propaguen pel cos i provoquen lesions en el sistema nerviós i en la circulació perifèrica de la sang: insensibilitat als dits, pèrdua de coloració (malaltia de Raynaud), pèrdua de control i necrosi. Altres problemes són els de tipus gastrointestinal, de la columna vertebral, les deficiències visuals, etc.

Les vibracions produeixen moviment i tremolor de les extremitats. Per compensar-ho, es tendeix a posar els músculs en tensió, la qual cosa provoca, com a mínim, fatiga.

Hi ha dos tipus d'exposició a vibracions:

- **Cos sencer:** es tracta de vibracions que afecten la persona per l'ús de maquinària o mitjans de transport (vehicles, tractors, vaixells, carretons elevadors, etc.).
- **Mà-braç:** es tracta de vibracions que entren per les mans i els braços durant l'ús d'eines vibràtils (trepants, radials, percussors, etc.).

Els mesuraments i l'avaluació dels riscos derivats de les vibracions s'aborden amb més profunditat en l'àrea d'higiene industrial.

5. Qualitat de l'aire interior

La majoria de les persones que treballen en una ciutat passen entre el 80% i el 90% del temps en espais interiors, amb activitats de tipus sedentari. Per aquest motiu, s'han anat creant espais interiors cada vegada més confortables i homogenis en comparació amb les condicions climàtiques canviant que es donen en els exteriors. Per aconseguir-ho, es climatitzen aquests espais per mantenir una temperatura confortable durant tot l'any.

Perquè aquesta climatització resultés rendible i eficaç, es van haver de controlar i limitar les entrades d'aire exterior, que presenten característiques tèrmiques contràries a les desitjades. Això ha conduït a l'hermeticitat dels edificis i a un control més elevat de la quantitat i de la qualitat de l'aire de ventilació que ve de l'exterior (que només s'usa com a renovador d'atmosferes viciades).

Aquesta hermeticitat ha comportat una reducció dels costos de la climatització, però, a canvi, ha implicat un augment de la concentració dels contaminants generats a l'interior dels edificis, moltes vegades contaminants que provenen dels propis materials aïllants emprats per l'estanquitat de els edificis.

La poca ventilació dels edificis i l'estalvi energètic són els responsables del deteriorament de la qualitat d'aire dels interiors.

Això ha provocat un augment de les malalties i de les molèsties relacionades amb aquests espais interiors, a més de l'augment de l'absentisme entre les persones que treballen en edificis hermètics.

El deteriorament de l'aire interior és la causa, entre altres factors, de la coneguda síndrome de l'edifici malalt, el qual es defineix com el conjunt de diferents símptomes que presenten, de manera predominant, els individus en aquests edificis i que no van, en general, acompanyats de cap lesió orgànica o signe físic, i que sovint es diagnostiquen per exclusió. Els seus ocupants presenten queixes, generalment, amb una proporció més elevada de la que es podria esperar (> 20%), i les causes són difícils d'identificar: la majoria dels casos són d'origen multifactorial.

Els factors que desencadenen la síndrome de l'edifici malalt, a part de la mala qualitat de l'aire interior -que engloba tant contaminants químics com biològics-, són tant físics (com el soroll, la il·luminació, la temperatura, la humitat relativa), com psicosocials, entre els quals destaquen l'organització del treball, les relacions laborals, les càrregues de treball, etc.

Lectures recomanades

Berenguer, M. J. (1993). «Síndrome del edificio enfermo: factores de riesgo». *NTP 289*. Madrid: INSHT.

Solé, M. D. (1991). «Síndrome del edificio enfermo: cuestionario para su detección». *NTP 290*. Madrid: INSHT.

Martí, M. C.; Obiols, J. (1991). «Síndrome del edificio enfermo: enfermedades relacionadas y papel de los bioaerosoles». *NTP 288*. Madrid: INSHT.

5.1. Contaminants de l'aire interior

Els contaminants generats en atmosferes interiors tenen menys oportunitats de diluir-se que els emesos en exteriors. La concentració de qualsevol contaminant està determinada per la seva taxa d'emissió menys la seva taxa d'eliminació, sense oblidar que pot sumar-s'hi l'entrada de contaminants de l'exterior.

El nombre de contaminants és enorme, i pot tenir orígens molt diferents:

- Els **ocupants de l'edifici** mateixos, que emeten majorment el diòxid de carboni (CO₂), vapor d'aigua i partícules, i aerosols biològics (esternut).
- Els **materials de construcció** i elements de decoració i mobiliari, que són font de contaminants com en els casos del formaldehid, els vapors orgànics volàtils, les pols i les fibres (tèxtils, de vidre o amiant).
- Els **materials d'oficina**, com poden ser impressores, productes utilitzats per al manteniment, productes de neteja, aerosols o ambientadors.
- Els **contaminants de l'exterior**, com poden ser els fums dels cotxes, el diòxid de sofre o el radó.

Els **contaminants biològics** són una altra font que cal tenir en compte: virus, bacteris i fongs són els que normalment podem trobar en ambients interiors. Perquè puguin causar problemes, han de trobar-se en l'ambient en un nombre elevat i amb unes condicions termohigromètriques específiques.

Aquests agents biològics necessiten aigua, nutrients i una temperatura i humitat adequades per propiciar la seva colonització i creixement. Habitualment provenen de l'aire exterior, dels sistemes de ventilació (conductes), dels humidificadors, dels materials de l'edifici i del mobiliari, i dels ocupants. Aquests microorganismes els trobarem a la brutícia i la pols, a les restes d'aliments, en els bassals d'aigua (de la pluja, d'humidificadors, de fonts ornamentals, etc.), en plantes de decoració i en materials de l'edifici.

Altres contaminants de l'aire són els àcars, els paràsits, el pol·len, el pèl de persones o animals, les plomes i els excrements d'aus, etc. Poden provocar problemes de tipus al·lèrgic que es manifesten en persones amb sensibilitat especial.

Tampoc no s'ha d'oblidar les molèsties que comporten les males olors a l'interior d'edificis, provinquin de les persones, de desguassos, de restes d'aliments en putrefacció, etc.: tot i que no són tòxics, sí que produeixen molèsties als ocupants.

5.2. Efectes sobre la salut

Els símptomes de la síndrome de l'edifici malalt són els següents:

- irritació d'ulls i vies respiratòries,
- sensació de sequedat en mucoses i pell,
- ronquera,
- respiració dificultosa,
- eritemes a la pell i picors,
- mals de cap,
- hipersensibilitats específiques,
- nàusees, marejos i vertígens,
- augment d'infeccions respiratòries.

A més, aquests símptomes tenen una relació directa amb l'edifici. Comencen en el moment d'entrar a l'edifici i comencen a desaparèixer quan se'n surt.

Un altre dels símptomes relacionats és la **lipoatròfia semicircular**, una patologia associada a unes condicions ambientals determinades:

- Condicions termohigromètriques: temperatura, humitat, ventilació
- Camps electromagnètics i càrregues electrostàtiques

La lipoatròfia és una pèrdua sobtada del greix subcutani de la zona anterolateral externa de la cuixa, en forma de banda semicircular deprimida, produïda per una atròfia del teixit adipós i derivada d'un procés inflamatori. Habitualment és bilateral i simètrica, i les bandes són visibles a simple vista.

A part de les marques visibles a la pell, no té altres símptomes: ni dolor, ni picor, tot i que sí que s'han arribat a descriure sensacions de formigueig o ardor. És una patologia que no requereix cap tractament, ja que es resol de forma espontània quan cessa l'exposició als factors de risc.

Aquesta patologia és d'origen multifactorial:

- Microtraumatismes:
 - Pressió contra el mobiliari: per falta d'espai a les cames o pel procediment de treball (per netejar la zona més allunyada de les taules, es recolzen les cuixes a la vora)
 - Postures: per exemple, creuar les cames
 - Roba ajustada
 - Activitats esportives: gimnàs (associat a roba ajustada)
- Condicions ambientals:
 - Edificis nous
 - Climatització sense possibilitat d'obrir finestres
 - Baixa humitat relativa (per sota del 40%)

Lectura recomanada

Osalan. «Guía para la actuación de los servicios de prevención ante casos de lipoatròfia semicircular».

- Treball amb aparells elèctrics: PVD, ordinadors, telèfons, faxos, etc
- Cablejat de les taules i llocs de treball (que de vegades passa per sobre de les cuixes)
- Disseny del mobiliari: mobiliari metàl·lic sense subjeccions a terra

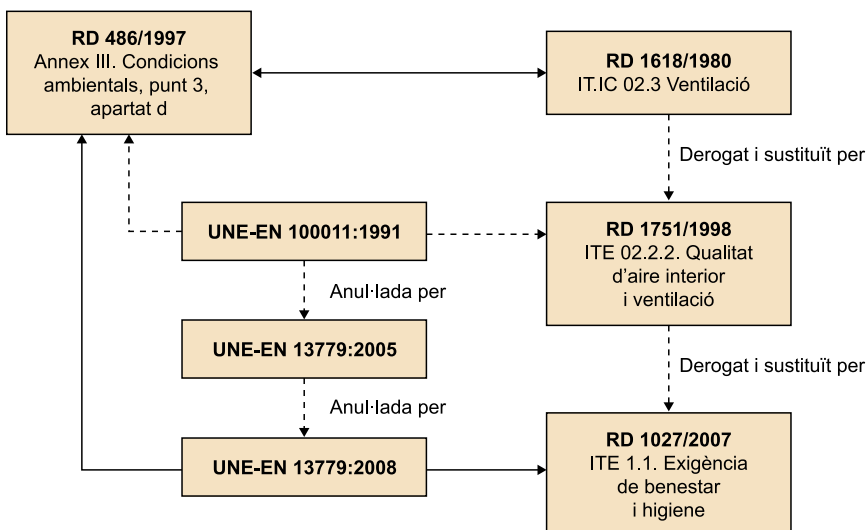
Les mesures preventives van encaminades a reduir o eliminar les causes que la provoquen:

- Garantir nivells d'humitat relativa de l'ordre del 50% que ajuden a reduir les càrregues electrostàtiques.
- Evitar materials que originen o acumulen càrregues electrostàtiques: existeixen teixits que els provoquen amb facilitat (vidre, pèl, niló, llana, moquetes, etc.).
- Millorar l'aïllament elèctric dels cables que transcorren per sota de les taules i connectar les taules a una presa de terra: si són metàl·liques, es poden connectar les unes amb les altres i connectar a terra només una taula.
- Utilitzar taules amb vores arrodonides.

5.3. Normativa de referència

El RD 486/1997, sobre disposicions mínimes de seguretat i salut en els llocs de treball, indica en el seu annex III les «Condiciones ambientales de los lugares de trabajo», sense perjudici del que disposa el RD 1027/2007 ITE 1.1, exigència de benestar i higiene.

Figura 13. Situació reglamentària de la normativa sobre climatització d'edificis



Segons el RD 486/1997, la renovació mínima d'aire en locals de treball serà de 30 m³ d'aire net per hora i treballador, en el cas de treballs sedentaris en ambients no calorosos ni contaminats per fum de tabac; i de 50 m³ en la resta de casos, per evitar un ambient viciat i olors desagradables. Així mateix, el sistema de ventilació d'aire emprat ha de garantir l'entrada d'aire net, i també sortides de l'aire viciat, per assegurar una efectiva renovació de l'aire del local de treball.

Un indicador de la qualitat d'aire interior és la concentració de diòxid de carboni (CO₂), gas que produeixen les persones quan respiren.

Quan la concentració de CO₂ supera les 1.000 ppm, es considera que el sistema de ventilació és inadequat.

5.4. Mesures preventives

Les mesures preventives que es poden aplicar per millorar la qualitat d'aire interior ja s'han anat veient, i poden ser molt diferents. A continuació, se n'enumeren algunes de les més importants:

- Seleccionar materials de construcció i decoració dels edificis i locals que produeixin baixes emissions de substàncies a l'ambient.
- Instal·lar sistemes de ventilació i climatització amb capacitat suficient per proveir de les renovacions d'aire apropiades.
- Utilitzar filtres adequats per als diferents tipus de contaminants: pols, fibres, microorganismes.
- Instal·lar adequadament els punts de captació d'aire exterior per evitar l'entrada d'aire contaminat.
- Evitar la difusió dels focus de contaminació coneguts.
- Dur a terme un manteniment preventiu de les instal·lacions i els sistemes de ventilació, que inclogui la neteja i la substitució de filtres, humidificadors, torres de refrigeració i zones humides.

Segons el RITE (RD 1027/2007 i RD 238/2013), les instal·lacions d'edificis amb més de 70 kW de potència útil nominal s'hauran de revisar amb una freqüència anual. Aquesta normativa no exigeix neteges periòdiques, però sí que disposa una revisió anual dels conductes i estableix que en cas que hi hagi un excés de matèria particulada o brutícia, s'ha de fer una neteja.

En qualsevol cas, es recomanarà dur a terme neteges de filtres d'aire condicionat almenys amb una periodicitat anual, i revisió de conductes de qualsevol instal·lació.

Resum

L'ergonomia ambiental és la branca de l'ergonomia que s'encarrega d'avaluar el confort dels factors ambientals en els llocs de treball. Parlem de paràmetres ambientals com la il·luminació, el soroll, la temperatura, les vibracions o la qualitat de l'aire interior, els efectes dels quals sobre la salut són ben coneguts.

Des del punt de vista de la higiene industrial, trobem per a tots aquests paràmetres ambientals una normativa específica que indica mètodes de control i nivells màxims d'exposició. No obstant això, des del punt de vista ergonòmic, s'analitza el disconfort que provoquen i els efectes negatius relacionats amb falta de concentració, malestar, pèrdua de productivitat, augment de la taxa d'errors i, en el cas de la qualitat de l'aire interior, augment de la taxa d'absentisme per problemes de salut.

Tot i que en molts casos no existeix una normativa específica, cal destacar que, amb la publicació del RD 1027/2007 que desenvolupa el Reglament d'instal·lacions tècniques d'edificis (RITE), es tenen en compte tots els factors de control de soroll, vibracions, temperatura, qualitat d'aire i il·luminació a l'interior d'edificis. El problema s'observa en edificis antics o en la manca de manteniment de les instal·lacions, sovint deficients.

Bibliografia

- AENOR** (2002). «Vibraciones mecánicas. Medición y evaluación de la exposición humana a las vibraciones transmitidas por la mano». *UNE EN ISO 5349*. Madrid.
- AENOR** (2006). «Determinación analítica e interpretación del bienestar térmico mediante el cálculo de los índices PMV y PPD y los criterios de bienestar térmico local». *UNE EN ISO 7730*. Madrid.
- AENOR** (2008). «Vibraciones y choques mecánicos. Evaluación de la exposición humana a las vibraciones de cuerpo entero». *UNE EN ISO 2631*. Madrid.
- AENOR** (2014). «Calidad ambiental en interiores». *UNE EN 171.330*. Madrid.
- Berenguer, M. J.** (1992). «Olores: un factor de calidad y confort en ambientes interiores». *NTP 358*. Madrid: INSHT.
- Berenguer, M. J.** (1993). «Síndrome del edificio enfermo: factores de riesgo». *NTP 289*. Madrid: INSHT.
- Carmona, A.** (2001). «Datos antropométricos de la población laboral española». *Prevenció, Treball i Salut* (pàg. 14, 22-35).
- Castejón, E.** (1983). «Confort térmico - Método de Fanger para su evaluación». *NTP 74*. Madrid: INSHT.
- Chavarría, R.** (1986). «Iluminación de los centros de trabajo». *NTP 211*. Madrid: INSHT.
- Chavarría, R.** (1987). «Ergonomía: análisis ergonómico de los espacios de trabajo en oficinas». *NTP 242*. Madrid: INSHT.
- González, C.; Gómez-Cano, M.** (2008). «Evaluación de la comunicación verbal: método». *NTP 794*. Madrid: INSHT.
- Hernández, A.** (1998). «Ambiente térmico: inconfort térmico local». *NTP 501*. Madrid: INSHT.
- Hernández, A.** (1998). «Confort acústico: el ruido en oficinas». *NTP 503*. Madrid: INSHT.
- Hernández, A.** (2007). «Bienestar térmico: criterios de diseño para ambientes térmicos confortables». *NTP 779*. Madrid: INSHT.
- INSHT** (2014). «Aspectos ergonómicos de las vibraciones». Madrid.
- INSHT** (2015). «Calidad del aire interior. Contaminantes biológicos (I): estrategia de muestreo».
- INSHT** (2015). «Iluminación en el puesto de trabajo. Criterios para la evaluación y acondicionamiento de los puestos». Madrid.
- INSHT** (s/d). «Aspectos ergonómicos del ruido: evaluación». Madrid.
- INSHT-MTAS** (2006). «Guía técnica para la evaluación y prevención de los riesgos relativos a la utilización de los equipos con pantallas de visualización» (RD 488/1997).
- INSHT-MTAS** (2011). «Guía técnica para la evaluación y prevención de los riesgos relativos a la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo» (2a. ed.). Madrid: Institut Nacional de Seguretat i Higiene en el Treball (INSHT).
- INSHT-MTAS** (2015). «Guía técnica para la evaluación y prevención de los riesgos relativos a la utilización de los lugares de trabajo» (RD 486/1997).
- Llaneza, F.** (2009). *Ergonomía y psicología aplicada. Manual para la formación del especialista* (14a. ed.). Valladolid: Lex Nova.
- Ministeri de Sanitat i Consum; Comissió de Salut Pública** (1999). «Protocolo de vigilancia sanitaria específica de los trabajadores. Pantallas de visualización de datos».
- Ministeri de Sanitat i Consum; Comissió de Salut Pública** (2000). «Protocolo de vigilancia sanitaria específica de los trabajadores. Posturas forzadas».

Mondelo, P.; Gregori, E.; Barrau, P. (1999). *Ergonomía 1. Fundamentos*. Barcelona: Edicions UPC.

Nogareda, S. (2008). *Ergonomía* (5a. ed.). Madrid: INSHT-MTIN.

Osalan: Institut Basc de Seguretat i Salut Laboral (s/d). «Guía para la actuación de los servicios de prevención ante casos de lipoatrofia semicircular». Bilbao.

R.D. 1027/2007 (2007). «Reglamento de instalaciones térmicas de edificios».

Solé, M. D.; Pérez, J. (1993). «El síndrome del edificio enfermo: cuestionario simplificado». *NTP 380*. Madrid: INSHT.