
Ergonomia ambiental

PID_00248301

Germán Cañavate Buchón

Temps mínim de dedicació recomanat: 7 hores



Índex

| | |
|--|----|
| Introducció | 5 |
| Objectius | 6 |
| 1. Ambient lumínic | 7 |
| 1.1. Les facultats visuals | 8 |
| 1.2. Magnituds d'il·luminació | 10 |
| 1.3. Nivells d'il·luminació | 13 |
| 1.4. Efectes de l'edat | 18 |
| 1.5. Tipus d'enllumenats | 19 |
| 1.6. Els colors en els llocs de treball | 20 |
| 1.7. Avaluació del desconfort lumínic | 24 |
| 1.7.1. Presa de dades | 24 |
| 1.7.2. Avaluació de la intensitat lumínica | 25 |
| 1.7.3. Reproducció cromàtica | 26 |
| 1.7.4. Enlluernaments | 27 |
| 1.7.5. Uniformitat | 28 |
| 1.7.6. Contrast | 29 |
| 1.7.7. Ambient cromàtic | 29 |
| 1.7.8. Fluctuacions | 30 |
| 1.7.9. Valoració global del desconfort visual | 30 |
| 2. Desconfort tèrmic | 33 |
| 2.1. Resposta fisiològica a la calor | 33 |
| 2.2. Confort tèrmic | 34 |
| 2.3. Criteri tècnic | 35 |
| 2.4. Índex de valoració mitjà (IVM) de Fanger | 37 |
| 2.4.1. Equació de confort de Fanger | 38 |
| 2.4.2. Determinació de la taxa metabòlica (M) | 40 |
| 2.4.3. Determinació de la potència mecànica (W) | 42 |
| 2.4.4. Càlcul de la velocitat relativa de l'aire (v_a) | 42 |
| 2.4.5. Mesura de la temperatura de l'aire (t_a) | 42 |
| 2.4.6. Mesura de la temperatura radiant mitjana (TRM) | 43 |
| 2.4.7. Mesura de la humitat relativa (HR) | 43 |
| 2.4.8. Càlcul de l'aïllament de la vestimenta | 44 |
| 2.4.9. Càlcul de l'IVM mitjançant taules | 45 |
| 2.4.10. Càlcul de l'IVM mitjançant programes | 56 |
| 2.4.11. Exemple d'aplicació | 56 |
| 3. Ambient sonor | 59 |
| 3.1. Fonts de soroll en oficines | 60 |

| | | |
|-----------|---|-----------|
| 3.1.1. | Soroll exterior | 61 |
| 3.1.2. | Soroll de l'interior de l'edifici | 61 |
| 3.1.3. | Soroll dels equips d'oficina | 61 |
| 3.1.4. | Soroll produït per les persones | 61 |
| 3.2. | Resposta subjectiva al soroll | 61 |
| 3.2.1. | Nivell de pressió sonora | 62 |
| 3.2.2. | Freqüència | 62 |
| 3.2.3. | Variació temporal | 63 |
| 3.2.4. | Contingut d'informació | 63 |
| 3.2.5. | Predictibilitat | 63 |
| 3.2.6. | Actitud | 63 |
| 3.2.7. | Activitat | 63 |
| 3.3. | Mesurament del soroll | 64 |
| 3.4. | Avaluació de la comunicació verbal. El mètode SIL | 64 |
| 3.4.1. | El mesurament | 65 |
| 3.4.2. | Càlcul de l' L_{SIL} | 65 |
| 3.4.3. | Valors mínims recomanats | 65 |
| 3.4.4. | L_{SIL} en casos especials | 66 |
| 3.4.5. | Avaluació de la intel·ligibilitat | 67 |
| 3.4.6. | Exemple d'aplicació | 68 |
| 3.5. | Corbes <i>NC</i> i <i>PNC</i> | 70 |
| 3.5.1. | Exemple d'aplicació | 72 |
| 3.6. | Índex de soroll en oficines (<i>IRO</i>) | 73 |
| 3.6.1. | Exemple d'aplicació | 74 |
| 3.7. | Temps de reverberació (T_T) | 75 |
| 4. | Qualitat de l'aire interior | 79 |
| 4.1. | La ventilació general per dilució | 80 |
| 4.2. | Normativa vigent | 82 |
| 4.3. | Ventilació segons la norma UNE-EN 13779 | 82 |
| 4.4. | Avaluació de la qualitat d'aire interior | 84 |
| 4.4.1. | Determinació de la taxa d'aire exterior | 85 |
| 4.4.2. | El CO_2 com a contaminant | 86 |
| 4.4.3. | El CO_2 com a indicador de l'olor | 86 |
| 4.4.4. | Mesura directa del cabal d'aire exterior | 86 |
| 4.4.5. | Mesura del CO_2 en condicions d'equilibri | 87 |
| 4.4.6. | Estimació de la proporció de l'aire exterior | 87 |
| 4.4.7. | Exemple d'aplicació | 88 |
| | Resum | 90 |
| | Bibliografia | 91 |

Introducció

L'ergonomia ambiental és l'àrea de l'ergonomia que s'encarrega de l'estudi de les condicions físiques que envolten l'ésser humà i que influeixen en el seu acompliment a l'hora de realitzar diferents activitats. Aquestes condicions són, fonamentalment:

- l'ambient lumínic,
- l'ambient tèrmic,
- l'ambient sonor,
- la qualitat de l'aire interior.

En aquest mòdul s'aborden diferents metodologies d'avaluació ergonòmica, moltes relacionades amb la branca de la higiene industrial, però amb una perspectiva diferent: es dona per descomptat que no hi ha risc per a la salut dels treballadors (d'estrès tèrmic, soroll, falta d'il·luminació o edifici malalt), però s'han d'avaluar els paràmetres ambientals amb la finalitat de determinar si provoquen desconfort, la qual cosa afectarà significativament la seva concentració, benestar general i productivitat.

No es tracta de situacions ambientals que puguin provocar un dany imminent, però sí que poden arribar a provocar absentisme a mitjà i llarg termini per estrès, mala qualitat de l'aire, etc.

Objectius

Els objectius que es pretén que assoleixi l'alumne mitjançant l'estudi d'aquest mòdul didàctic són els següents:

- 1.** Conèixer els aspectes físics i ambientals que poden provocar desconfort en les persones: il·luminació, temperatura, soroll i qualitat de l'aire interior.
- 2.** Identificar els factors de riscos associats amb l'ambient físic dels llocs de treball.
- 3.** Conèixer les principals tècniques d'avaluació d'aquests riscos i la normativa associada.
- 4.** Capacitar en l'avaluació d'aquests riscos mitjançant normativa específica.
- 5.** Donar una orientació adequada a les estratègies preventives d'aquests riscos.

1. Ambient lumínic

Els llocs de treball han de disposar d'una il·luminació adequada perquè es pugui desenvolupar l'activitat amb eficiència, ja que una il·luminació òptima incrementa la capacitat de treball i la percepció visual, la qual cosa evita possibles errors i incrementa la productivitat.

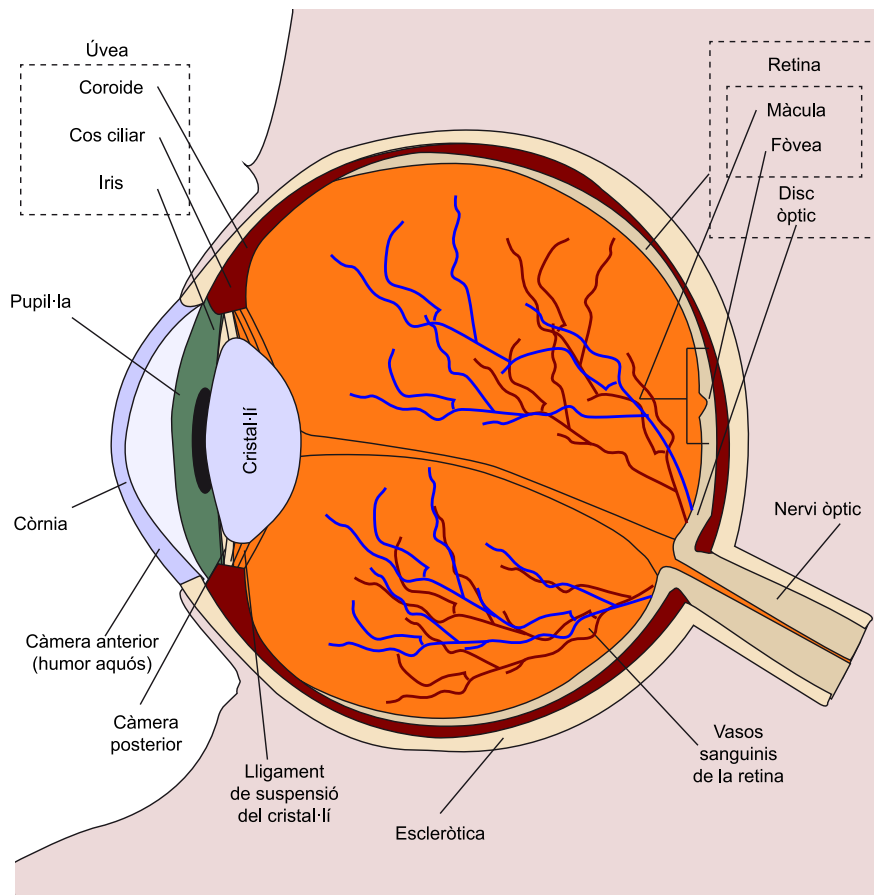
També cal recordar que és necessària una bona il·luminació per a la protecció enfront dels accidents, ja que el treballador diposita més confiança en la seva vista que en qualsevol altre dels seus sentits. Per aquest motiu, una bona il·luminació en el lloc de treball és indispensable per a la protecció del treballador.

El que es comenta en els paràgrafs anteriors sobre la importància de la llum en els llocs de treball hauria de ser suficient perquè es tingui en compte aquest factor a l'hora de dissenyar un lloc de treball. Ara bé, la gran capacitat d'adaptació que tenim les persones a condicions d'il·luminació insuficients afavoreix que, sovint, es descuri aquest factor.

La visió és un fenomen complex que relaciona aspectes físics, biològics i psicològics. El procés de la visió es realitza en quatre fases:

- **Percepció.** En aquesta primera etapa del procés, l'ull actua com una càmera fotogràfica: la llum entra a l'ull travessant òrgans transparents (còrnia, humor aquós, cristal·lí i humor vitri), on s'enfoca la imatge.
- **Transformació.** L'energia lluminosa arriba a la retina (a la màcula), on s'activen les cèl·lules sensorials (cons i bastons), que transformen la llum en energia nerviosa.
- **Transmissió.** Els impulsos nerviosos viatgen a través del nervi òptic fins a l'escorça cerebral.
- **Interpretació.** El cervell interpreta els impulsos nerviosos reconeixent i processant la imatge per saber què és el que estem veient.

Aquest procés requereix altres funcions addicionals, com l'acomodació (enfocament per veure amb nitidesa l'objecte segons es trobi a prop o lluny), la visió cromàtica (o facultat de l'ull per distingir els colors gràcies a unes cèl·lules anomenades cons), l'adaptació (capacitat que tenim d'adaptar-nos a la foscor, gràcies als bastons, un altre tipus de cèl·lules receptores), la visió binocular (que ens permet veure els objectes amb profunditat) o la visió perifèrica.



L'ull humà. Font: Wikipedia

La llum és refractada per la **còrnia** i el **crystal·lí**, i localitzada en un punt determinat de la retina. El cristal·lí fa la funció de lent òptica, modificant la seva curvatura mitjançant l'acció muscular per fer que la imatge aparegui sempre nítida (acomodació). La **retina** és l'element sensible de l'aparell ocular, mitjançant dos tipus de cèl·lules: els **cons**, de baixa sensibilitat i responsables de la visió diürna, i els **bastons**, d'alta sensibilitat i responsables de la visió nocturna.

L'aparell ocular ha d'ajustar la llum que entra mitjançant l'obertura o el tancament de la **pupila**; això ho fa amb l'ajuda de l'acció muscular, per adequar la quantitat de llum que entra a la retina.

1.1. Les facultats visuals

Les facultats més importants que cal estudiar en un lloc de treball són l'agudesa visual, l'acomodació i l'adaptació.

L'agudesa visual és la facultat de distingir objectes molt petits propers entre ells.

El grau d'agudeses visual està influenciat per:

- **L'edat:** l'agudeses disminueix amb l'edat.
- La **luminància:** com més il·luminació, més agudeses visual.
- El **contrast:** l'agudeses s'incrementa amb el contrast.
- El **color de la llum:** els colors de l'espectre groc i verd milloren l'agudeses, que disminueix amb els colors de l'espectre blau.

L'acomodació és la facilitat de formar una imatge nítida d'un objecte que està a una distància determinada. Això s'aconsegueix gràcies a canvis en la curvatura del cristal·lí.

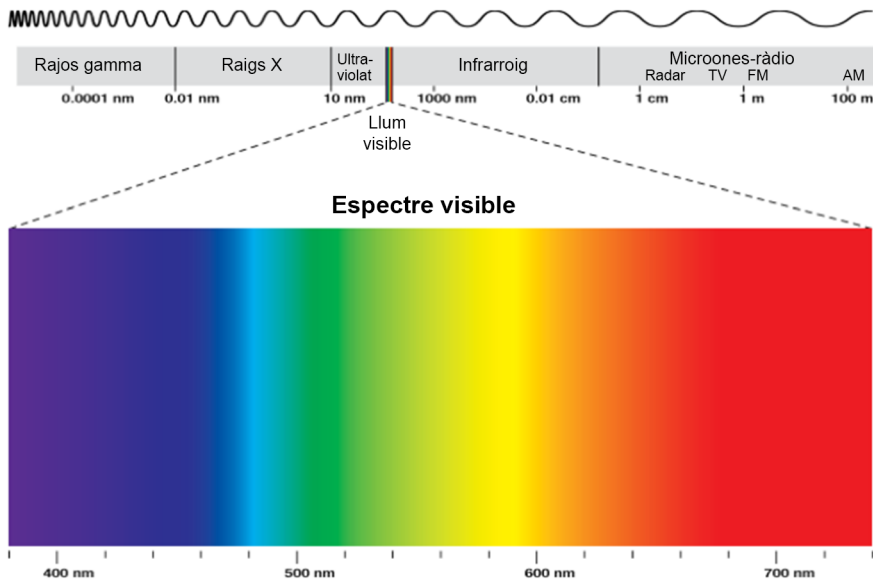
L'acomodació depèn també del nivell d'il·luminació. L'amplitud, és a dir, el camp nítid de visió entre objectes propers i llunyans, i el temps d'acomodació també empitjoren amb l'edat, principalment a causa de la pèrdua d'elasticitat del cristal·lí. La capacitat d'acomodació es veu influenciada negativament per l'existència de reflexos o superfícies brillants.

L'adaptació és la capacitat que té l'ull d'ajustar-se a la diferent quantitat d'il·luminació dels objectes. Gràcies a la pupil·la podem controlar la quantitat de llum que entra a l'ull, en funció del nivell d'il·luminació.

Es pot definir la llum com «una radiació electromagnètica capaç d'excitar la retina de l'ull i produir una sensació visual». Només som capaços de veure una part de la radiació del camp electromagnètic, la corresponent a les longituds d'ona que oscil·len entre els 380 nm (violeta) als 780 nm (vermell).

Adaptació a la llum

L'ull té una capacitat d'adaptació molt ràpida a l'augment sobtat de la quantitat d'il·luminació; no obstant això, la capacitat d'adaptació a il·luminacions molt baixes és un procés molt lent que pot durar fins a trenta minuts.



L'espectre visible. Font: INSHT

Nota

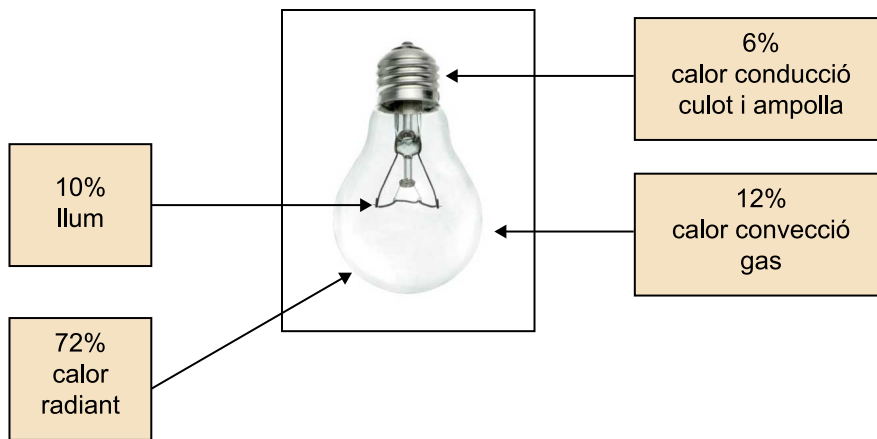
En la llum blanca totes les radiacions visibles estan barrejades en les mateixes proporcions. Així, un cos emet totes les radiacions rebudes. No obstant això, un cos negre absorbeix totes les radiacions de l'espectre visible rebudes; un cos acolorit és un cos opac que apareix acolorit quan està il·luminat i reflecteix totes les radiacions, excepte la del color que adopta.

Una font lluminosa és tot allò capaç de produir llum; pot ser natural (com el sol) o artificial (un llum).

1.2. Magnituds d'il·luminació

Les fonts lluminoses emeten energia per unitat de temps: és el que s'anomena flux radiant o potència de radiació, que és la quantitat total d'energia radiada per unitat de temps i es mesura en watts (W).

La fracció del flux radiant emesa a la zona de la radiació visible es denomina flux lluminós i es mesura en lúmens (lm).



Flux radiant (100%) i flux lluminós (10%) en un llum incandescent. Font: Pixabay

La **intensitat lluminosa** és el flux lluminós emès per una font de direcció donada; es mesura en candelas (Cd).

Una **candela** és la intensitat lluminosa en una direcció determinada que emet una radiació monocromàtica de freqüència $555 \times 1.012 \text{ Hz}$ ($\lambda = 555 \text{ nm}$) i la potència de la qual en aquesta direcció és d'1/683 watt per estereoradiant.

Exemple

La intensitat lluminosa d'una espelma és de 0,83 Cd, i el d'un llum d'incandescència de 40w/220v és de 35 Cd.

El **lumen** es defineix com la quantitat de llum que s'escapa d'una superfície d'1 m² retallada en una esfera d'1 m de radi i el centre del qual serà una font puntual d'una candela.

La **luminància** o lluentor 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 candelas per unitat de superfície (cd/m²).

Nota

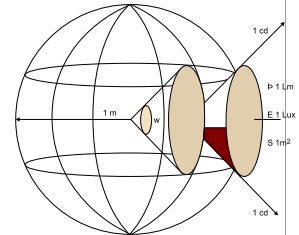
La superfície aparent a la qual es refereix la definició és un cercle per a una esfera, o un rectangle per a un tub fluorescent.

La luminància és important en els estudis ambientals, ja que per a no provocar fatiga, la luminància d'una font ha de ser inferior a 200 Cd/m².

La luminància d'una superfície il·luminada es correspon amb la quantitat de llum reflectida per aquesta. Atès que l'ull és sensible a la quantitat de llum reflectida per aquesta superfície en la direcció de l'ull, podem dir que l'ull és sensible a la luminància d'aquesta superfície.

Estereoradiant

Un estereoradiant equival a l'angle sòlid d'un con que, tenint el seu vèrtex al centre d'una esfera, retalla sobre la superfície d'aquesta esfera en una àrea equivalent al quadrat del radi d'aquesta.



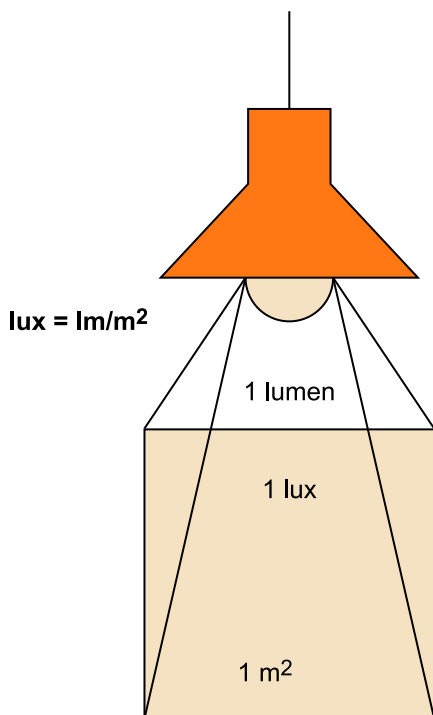
La luminància depèn del coeficient de reflexió de la superfície i del nivell d'il·luminació; mitjançant l'equació següent es pot veure la relació existent entre aquestes dimensions:

$$L = \frac{E \times \alpha}{\Pi} \quad 5.1$$

El nivell d'il·luminació o **luminància** és el flux lluminós rebut per unitat de superfície i es mesura en lux (lx o I): $1 \text{ lux} = 1 \text{ lumen/m}^2$. La luminància depèn del flux lluminós de la font i és inversament proporcional al quadrat de la distància:

Lectura de la fórmula

L : luminància Cd/m^2
 E : nivell d'il·luminació (lx)
 α : coeficient de reflexió
 $\Pi = 3,14$



Nivell d'il·luminació d'una font. Font: INSHT

Mesurament de la il·luminació

Si col·loquem el luxòmetre sobre el pla de treball, amb la cèl·lula dirigida cap a la font, la il·luminació mesurada s'anomena il·luminació incident.

Si col·loquem el luxòmetre a l'ull de l'observador, amb la cèl·lula dirigida al pla de treball, la il·luminació mesurada s'anomena il·luminació reflectida.



Luxòmetre. Font: Casella

La il·luminació reflectida depèn del coeficient de reflexió (α) del pla de treball i la distància pla-ull. Quan es realitza la presa de dades, han de tenir-se en compte les condicions d'emplaçament i postura del treballador.

La **claredat**, o factor de reflexió (no confondre amb coeficient de reflexió) és la relació entre la il·luminació reflectida i la il·luminació incident:

$$\text{Claredat} = \frac{\text{Il·luminació reflectida}}{\text{Il·luminació incident}} \quad 5.2$$

El factor de reflexió més habitual de sostres, parets i terres és el següent:

| Lloc | Color | Factor de reflexió (α) |
|--------|-----------------|---------------------------------|
| Sostre | Blanc molt clar | 0,7 - 70% |
| | Clar | 0,5 - 50% |
| | Mitjà | 0,3 - 30% |
| Parets | Clar | 0,5 - 50% |
| | Mitjà | 0,3 - 30% |
| | Fosc | 0,1 - 10% |
| Terra | Clar | 0,3 - 30% |
| | Fosc | 0,1 - 10% |

Coefficients de reflexió segons color

1.3. Nivells d'il·luminació

Com ja hem dit, 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 una escala calibrada en lux.

L'estudi de la il·luminació en un lloc de treball és complex, ja que cal tenir en compte també paràmetres fisiològics i psicofisiològics propis de cada individu. No obstant això, hi ha certes recomanacions referides als nivells d'il·luminació entre el pla de treball i l'entorn que han de respectar-se en un estudi d'il·luminació per evitar l'aparició de fatiga visual.

Per determinar el nivell d'il·luminació requerit per a una determinada tasca, hem d'utilitzar l'annex IV del Reial decret 486/1997 sobre disposicions mínimes de seguretat i salut en els llocs de treball. També podem utilitzar com a guia el que es disposa a la norma UNE-EN 12464-1:2012 sobre il·luminació dels llocs de treball, que conté taules detallades sobre nivells d'il·luminació recomanats per a diverses activitats:

| 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) | Maneig d'eines pesades, rentat d'automòbils... | 200 |
| Moderades | 200 | E (normal) | Treballs comercials, reparació d'automòbils, planxat i tall en confecció... | 500 |
| Altes | 500 | F (difícil) | Espectura i dibuix amb tinta, ajust en mecànica, selecció industrial d'aliments... | 1.000 |
| Molt altes | 1.000 | G (molt difícil) | Espectura i dibuix a llapis, costura en confecció... | 2.000 |
| | | H (complicada) | Muntatge sobre circuits impresos, rellotgeria, igualació de colors... | 5.000 |

Valors d'il·luminació requerits segons normativa i norma UNE 12464

A continuació, es presenten alguns valors recomanats per la norma UNE-EN 12464-1:2012:

| Tipus d'interior, tasca i activitat | I_x | UGR_l | U_o | R_a |
|---|-------|---------|-------|-------|
| Àrees de circulació i passadissos | 100 | 28 | 0,40 | 40 |
| Escales, escales automàtiques, cintes transportadores | 100 | 25 | 0,40 | 40 |
| Ascensors, muntacàrregues | 100 | 25 | 0,40 | 40 |

Nivells d'il·luminació recomanats. Font (UNE-EN 12464-1, 2012)

I_x : lux; UGR_l : índex d'enlluernament unificat límit; U_o : uniformitat de la luminància; R_a : índex de rendiment del color

| Tipus d'interior, tasca i activitat | I_x | UGR_l | U_o | R_a |
|--|-------|---------|-------|-------|
| Oficines: arxiu, còpies, etc. | 300 | 19 | 0,40 | 80 |
| Oficines: escriptura, escriptura a màquina, lectura, tractament de dades | 500 | 19 | 0,60 | 80 |
| Oficines: dibuix tècnic | 750 | 16 | 0,70 | 80 |
| Oficines: llocs de treball de CAD | 500 | 19 | 0,60 | 80 |
| Oficines: sales de conferències i reunions | 500 | 19 | 0,60 | 80 |
| Oficines: mostrador de recepció | 300 | 22 | 0,60 | 80 |
| Oficines: arxius | 200 | 25 | 0,40 | 80 |
| Cantines, rebosts | 200 | 22 | 0,40 | 80 |
| Sales de descans | 100 | 22 | 0,40 | 80 |
| Sales per a exercici físic | 300 | 22 | 0,40 | 80 |
| Vestuaris, sales de rentat, cambres de bany, serveis | 200 | 25 | 0,40 | 80 |
| Infermeria | 500 | 19 | 0,60 | 80 |
| Sales per a atenció mèdica | 500 | 16 | 0,60 | 90 |
| Sales de material, sales de màquines | 200 | 25 | 0,40 | 60 |
| Sala de fax, correus, quadre de comptadors | 500 | 19 | 0,60 | 80 |
| Magatzems i cambra de magatzem | 100 | 25 | 0,40 | 60 |
| Àrees de manipulació de paquets i d'expedició | 300 | 25 | 0,60 | 60 |
| Passadissos: sense guarnir | 20 | -- | 0,40 | 40 |
| Passadissos: guarnits | 150 | 22 | 0,40 | 60 |
| Estacions de control | 150 | 22 | 0,60 | 80 |
| Cara de la prestatgeria d'emmagatzematge | 200 | -- | 0,40 | 60 |

Nivells d'il·luminació recomanats. Font (UNE-EN 12646-1, 2012)

Lx: lux; UGR_l : índex d'enlluernament unificat límit; U_o : uniformitat de la luminància; R_a : índex de rendiment del color

L'índex d'enlluernament unificat (UGR , *unified glare rating*) és un indicador del nivell d'enlluernament d'una font lluminosa i el facilita el fabricant. Hi ha dos tipus d'enlluernament, el directe i el pertorbador o molest (més psicològic). L' UGR es basa solament en l'enlluernament pertorbador i consisteix en una percepció subjectiva de l'enlluernament en termes mesurables. L' UGR és un valor que oscil·la normalment entre 10 i 30:

- $UGR = 10$: no hi ha enlluernament.
- $UGR = 30$: hi ha enlluernament pertorbador.

UGR

Per simplificar el sistema, *UGR* s'ha desenvolupat en una escala de 3 en 3 dígits: 10, 13, 16, 19..., de manera que es correspon amb enlluernaments perceptibles. És a dir, som capaços de diferenciar entre una instal·lació amb *UGR*16 i una altra amb *UGR*19.

Una instal·lació d'il·luminació ha d'especificar-se amb un *UGR* límit (*UGR_l*). Per exemple, per a oficines l'*UGR_l* és 19.

La **uniformitat de la luminància** (U_0) és un paràmetre que defineix la relació entre la luminància (E) i la luminància mínima (E_{min}):

$$U_0 = \frac{E(Ix)}{E_{min}(Ix)} \quad 5.3$$

Per a la il·luminació d'un local, amb llum artificial o claraboies, la uniformitat de la luminància ha de ser:

- $U_0 \geq 0,40$ a l'àrea circumdant.
- $U_0 \geq 0,10$ a l'àrea de fons.

Quan es treballa amb il·luminació localitzada (per exemple, un flexo), s'ha de complir amb el requisit següent d'equilibri d'il·luminació:

$$Il \cdot \text{luminació del local} = 10 \times \sqrt{Il \cdot \text{luminació localitzada}} \quad 5.4$$

El **color aparent** és la característica cromàtica del llum utilitzat. Es mesura comparant la temperatura de color 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.

| Classe de color aparent | Color aparent | Temperatura de color aproximada (K) | Recomanació |
|-------------------------|---------------|-------------------------------------|---|
| 1 | Càlid | <3.300 | Locals residencials |
| 2 | Mitjà | 3.300 - 5.300 | Llocs de treball |
| 3 | Fred | >5.300 | Nivells d'il·luminació elevats Ambients calorosos Tasques particulars |

Classificació de color aparent en funció de la temperatura de color

El **rendiment de color** és la capacitat que té una llum de reproduir fidelment els colors dels objectes il·luminats. Per identificar-lo s'utilitza l'índex de rendiment de color (*IRC* o R_a). Els llums es poden classificar segons aquest índex (les especificacions del fabricant proporcionen aquesta dada):

Exemple

En un lloc de lectura/escriptura, la norma proposa una uniformitat d' $U_0 \geq 0,6$. Per tant, atès que es necessita un nivell d'il·luminació mínim de 500 lx, en l'entorn haurà d'existir un mínim de $500 \times 0,6 = 300$ lx.

Exemple

Treballar en un despatx amb la llum apagada (20 lx) i un flexo que aporti 500 lx és un equilibri de luminàncies molt desaconsellat, ja que hauria d'existir un llum de fons mínim de 223 lx ($10 \times 5000,5$).

Exemple

El rendiment de la llum diürna és 100, la qual cosa significa que els colors es reproduïxen fidelment. Com més proper estigui l'índex a 100, més reals seran els colors.

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

Classificació de llums segons el seu índex cromàtic

Especificacions d'un llum



Especificacions d'un llum. Font: INSHT

L'etiqueta descriu un llum de 18 watts, que emet 1.300 lúmens. Si ens fixem en el número 865, podrem saber altres dades: 8 = 80 d' R_a i 65 = 6.500 K. Això ens indica que el seu índex cromàtic és de 80-90 (classe 1B) i que la seva temperatura de color és de 6.500 K.

Aquest R_a és adequat per a interiors. La temperatura de color (6.500 K) indica que el seu color aparent és fred i, per tant, adequat per a llocs amb un nivell d'il·luminació elevat, ambients calorosos o tasques on sigui necessària la distinció de colors.

Les lluminàries s'han de canviar quan el seu flux lluminós es redueix entre un 20-30%. I les empreses han de preveure un manteniment adequat que inclourà la neteja de llums, així com preveure el mètode i els elements per a aquest manteniment (escales, plataformes, etc.).

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

- **Vida individual.** Nombre d'hores d'encesa d'un llum abans d'espallar-se.
- **Vida mitjana.** Valor estadístic que determina el temps transcorregut fins que el 50% dels llums 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 sobre la base d'aquest valor s'establiran els períodes de reposició de llums.

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 50.000 hores, vol dir que el 50% dels llums mantindran almenys un 70% del flux lluminós durant aquest temps.

| Tipus de llum | 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 mescla | 9.000 | 6.000 |
| Vapor de mercuri de baixa pressió | 22.000 | 12.000 |
| Vapor de sodi alta pressió | 20.000 | 15.000 |
| Led | 50.000 | 50.000 |

Vida mitjana i vida útil dels diferents tipus de llums

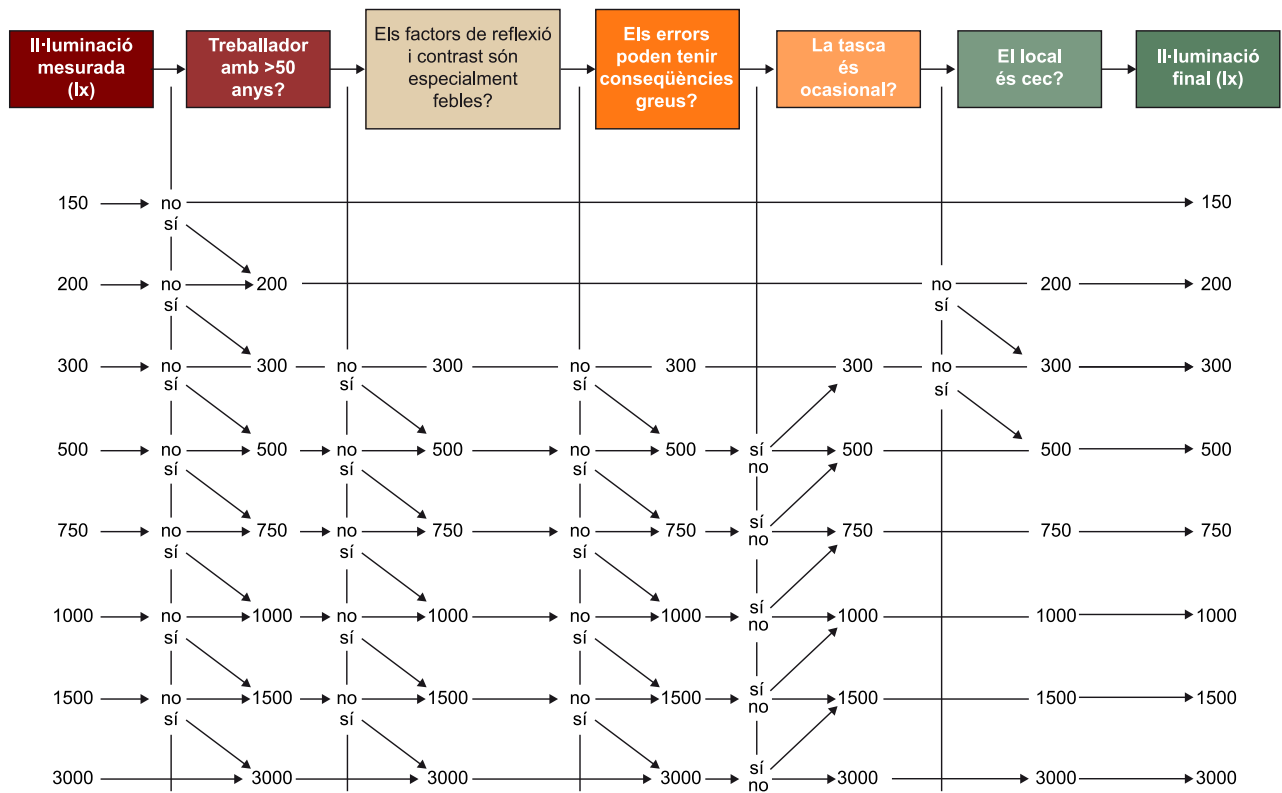
1.4. Efectes de l'edat

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

- **Presbícia.** Pèrdua d'habilitat per a enfocar a distàncies curtes.
- **Luminància.** Reducció de la quantitat de llum que arriba a la part posterior de l'ull. Les persones grans reben llum reduïda, a través d'una pupila més petita, per la qual cosa requereixen més il·luminació.
- **Sensibilitat a la llum intensa.** Encara que les persones grans necessiten més llum, són més sensibles a l'excés de llum brillant (fulgor), la qual cosa dificulta la distinció d'objectes i rostres.

- **Adaptació claredat/fosc.** Reducció de l'habilitat per adaptar-se a la foscor.
- **Contrast.** Necessitat de major contrast per visualitzar objectes i identificar colors (taronja/vermell, blau/verd).
- **Percepció de profunditat.** Dificultat per a percebre la llunyania o proximitat d'objectes.

Una bona il·luminació, l'ús d'alts contrastos i lluentors adequades són més importants per a les persones grans que per als joves. A partir dels cinquanta anys és necessari augmentar el nivell d'il·luminació.



Ajust dels nivells d'il·luminació en funció de l'edat

1.5. Tipus d'enllumenats

Hi ha diferents classes d'enllumenats dins dels locals de treball:

- **Enllumenat directe.** La totalitat del flux lluminós emès està concentrat sobre el pla de treball.

- **Enllumenat indirecte.** La totalitat del flux lluminós està dirigit cap al sostre o cap a la part alta de les parets. Té un rendiment menor que el directe, però provoca una llum difusa que genera menys reflexos i ombres.
- **Enllumenat mixt.** El més habitual; es combina enllumenat directe i indirecte. La seva facultat per a formar ombres i el seu rendiment lluminós varia segons la relació de flux lluminós directe respecte a l'indirecte.

1.6. Els colors en els llocs de treball

Els colors provoquen reaccions psíquiques i emocionals (CIE 139:2001; CIE 158:2004), per la qual cosa la decoració de l'entorn de treball és important. Podem diferenciar entre dues categories de colors:

- Colors bàsics: blau, vermell, verd, porpra, groc i taronja.
- Colors acromàtics: blanc, grisos i negre.

Segons es combinin els colors amb l'entorn, s'aconsegueixen diferents efectes:

| Categoria | Colors | Efectes |
|-----------|----------------------------------|--|
| Fred | Blau, turquesa, violeta | Relaxant, llunyà |
| Càlid | Groc, taronja, vermell | Dinàmic, excitant, proper |
| Neutre | Blanc, gris, negre, marró, plata | Adequat per a fons |
| Marginal | Verd, magenta | Inducció ¹ i assimilació ² |

Efectes d'alguns colors segons categories

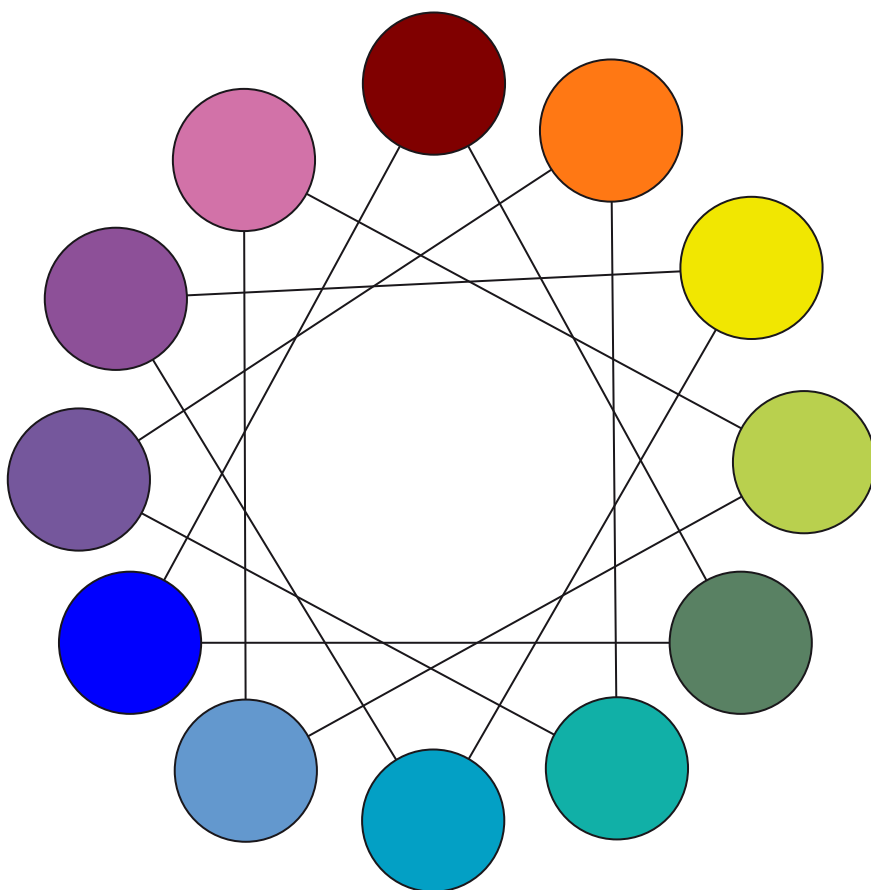
Es pot utilitzar la roda de colors per a localitzar els colors adjacents (un al costat de l'altre), els complementaris (separats per un altre color) i els oposats (un enfront de l'altre):

Bibliografia

La Comissió Internacional de la Il·luminació (CIE) ha publicat uns informes sobre l'efecte de la il·luminació i el comportament humà (CIE 158:2004).

⁽¹⁾El color es desvia cap al to oposat del fons.

⁽²⁾El color es desvia cap al to adjacent del fons.



Quan es dissenya un espai interior, l'objectiu és emular els colors de la natura, la qual cosa ens resultarà familiar i identificable:

- Colors terrosos per al terra.
- Colors fullatge per a parets.
- Colors atmosfera per al sostre.

La regla bàsica en la distribució de colors és que els colors més clars han de distribuir-se per sobre de l'observador, i els més foscos per sota.

Els colors virolats són més atrevits, els colors grisencs o pastissos són més reservats, i els intensos i clars són més adequats per als nens:

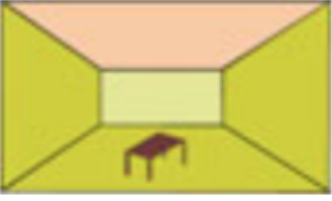




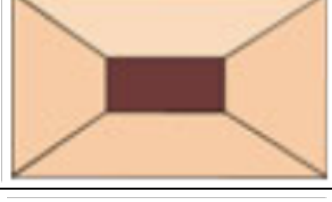
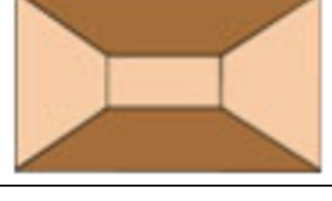
| Color | Qualitats positives | Qualitats negatives |
|-------|---|---|
| Blanc | Neu, puresa, innocència, pau, claredat i neteja | Fred, clínic, vulnerabilitat, pal·lidesa, rendició, esterilitat |
| Negre | Nit, carbó, potència, estabilitat, formalitat, solidesa | Por, buit, mort, secret, anonimat, maldat |

| Color | Qualitats positives | Qualitats negatives |
|---------|---|---|
| Gris | Intel·ligència, maduresa, riquesa, dignitat, dedicació, moderació | Confusió, decaïment concret, ombra, depressió, avorriment |
| Vermell | Victòria, passió, amor, intensitat, energia, sexualitat | Sang, guerra, foc, perill, còlera, satànic |
| Groc | Sol, estiu, serenitat, or, sega de la collita, innovació | Covardia, traïció, gelosia, enveja, risc, malaltia, bogeria |
| Verd | Vegetació, natura, primavera, fertilitat, esperança, seguretat | Decaïment, inexperiència, enveja, cobdícia, fugida, mala sort |
| Blau | Cel, mar, espiritualitat, estabilitat, pau, unitat | Fred, depressió, malenconia, obscenitat, misteri, conservació |

Qualitats dels colors bàsics

L'ergonomia de la decoració té un paper molt important, ja que depenent de com s'utilitzin els colors es poden aconseguir efectes molt interessants i canviar dràsticament l'aparença d'una sala o les proporcions de l'entorn, la qual cosa tindrà un efecte sobre les persones:

- Les parets amb colors freds i els colors lluminosos fan els espais més grans.
- Les parets pintades amb colors càlids o foscos aporten proximitat i fan que els espais semblin més petits.

| Efecte | Exemple |
|---|---|
| <p>Pujar un cel ras: pintar el sostre més clar.</p> |  |
| <p>Donar amplitud: pintar les parets més clares.</p> |  |
| <p>Baixar el cel ras: pintar el sostre més fosc.</p> |  |
| <p>Eixamplar l'ambient estret: pintar amb colors clars les parets i el mobiliari.</p> |  |
| <p>Donar calidesa a un ambient gran: colors càlids, forts i brillants en parets i sostre i més fosc al terra.</p> |  |
| <p>Acotar un passadís: pintar el fons més fosc i els laterals en colors pastel.</p> |  |
| <p>Allargar i eixamplar un passadís: pintar els laterals i el fons més clar, terra i sostre més foscos.</p> |  |
| <p>En un ambient amb formes irregulars: pintar amb un únic color clar.</p> | |
| <p>Ampliar l'ambient: utilitzar colors pastel, freds en habita- cions molt lluminoses i colors càlids en habitacions fosques.</p> | |

1.7. Avaluació del desconfort lumínic

A continuació, es presenta un mètode d'avaluació del desconfort lumínic basat en el *Manual per a la identificació i avaluació de riscos laborals de la Generalitat de Catalunya* (GenCAT versió 3.1.1). S'ha respectat el sistema d'avaluació aportant-hi algunes millores i correccions.

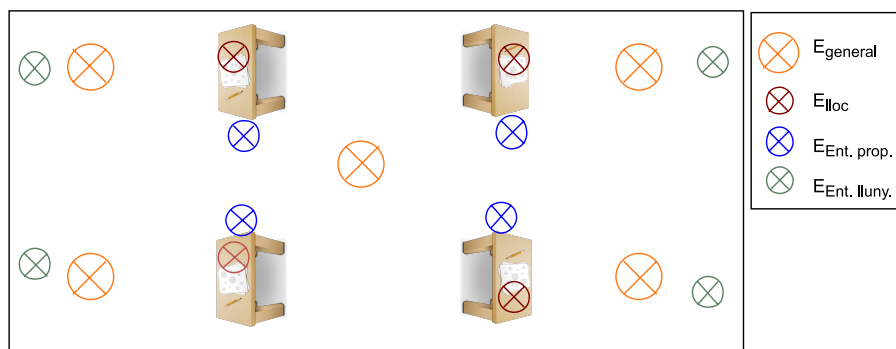
1.7.1. Presa de dades

Per començar amb l'avaluació del desconfort lumínic, s'hauran de prendre dades dels aspectes que enumerem a continuació.

En primer lloc, es realitzarà un mesurament de la **intensitat lumínica** (E) de cada lloc de treball, incloent-hi els valors d'il·luminació següents:

| Abreviatura | Punt de mesurament |
|--------------------------|---|
| E_{lloc} | Il·luminació del lloc de treball (pla de treball). |
| $E_{\text{Ent. prop.}}$ | Il·luminació de l'entorn de treball proper (fins a 50 cm allunyat del pla de treball). |
| $E_{\text{Ent. lluny.}}$ | Il·luminació de l'entorn de treball allunyat. Mesurat enfront del seu lloc, a la zona més allunyada. |
| E_{general} | Valor obtingut de la mitjana de totes les mesures de la sala de treball. Per al seu càlcul es distribuirà la sala en punts equidistants (per exemple, si té forma rectangular es mesurarà en les quatre cantonades i el centre, ampliant segons profunditat). |
| $E_{\text{màx}}$ | Valor de la intensitat màxima d'il·luminació en mesurar la il·luminació general. |
| $E_{\text{mín}}$ | Valor de la intensitat mínima d'il·luminació en mesurar la il·luminació general. |

Els nivells d'il·luminació es mesuren a l'altura del pla de treball i amb la seva mateixa inclinació, atès que els nivells d'il·luminació horitzontal, vertical o en qualsevol altre pla poden ser diferents.



Nota

A les àrees d'ús general, els nivells d'il·luminació es mesuraran a una altura de 85 cm del terra, i en el cas de vies de circulació es mesurarà al nivell del terra, amb la finalitat d'assegurar la visualització de possibles obstacles o discontinuïtats.

En segon lloc, haurem d'anotar totes les **característiques tècniques de les lluminàries**, per a això caldrà anotar:

- **Tipus de lluminàries** i el seu nombre, identificant la seva distribució pel que fa a les tasques. Cal identificar si es tracta de bombetes, halògens, fluorescents, vapor de mercuri (blanca), vapor de sodi (groga).
- **Característiques tècniques dels llums**, identificant les dades facilitades pel fabricant respecte a la seva potència (w), índex d'enlluernament (UGR), índex de reproducció cromàtica (R_a), rendiment de color (K), flux lluminós (lm) i vida útil i vida mitjana (L10B70).
- **Tipus d'il·luminació**: directa, indirecta, mixta.
- **Característiques de l'enllumenat**: artificial/natural, general/localitzat.
- **Colors i acabat** de les parets: mat o setinat.

Finalment, haurem d'observar i anotar la **distribució de llums i finestres** respecte a la tasca i les PVD, així com els materials, colors i superfícies de treball queuguin tenir relació amb els enlluernaments:

- Fonts de llum natural: distribució i posició en relació amb la tasca i la PVD.
- Tipus de paper utilitzat: mat, blanc, setinat.
- Tipus de PVD: pantalles de tipus LED, TFT, tubs de CRT (antics monitors).

1.7.2. Avaluació de la intensitat lumínica

Una vegada mesurada la il·luminació, s'haurà de calcular el percentatge d'intensitat lumínica ($I\%$) pel que fa al valor de referència o recomanat segons les exigències visuals (que ja hem comentat en aquest mateix apartat), de manera que un valor del 100% serà coincidència exacta, i valors per damunt o per sota es referiran a excés o deficiències d'il·luminació. Per a això, s'utilitzarà l'equació següent:

$$I(\%) = \frac{II \cdot \text{luminació mesurada } E_{lloc} (lx)}{II \cdot \text{luminació de referència } (lx)} \times 100 \quad 5.5$$

Una vegada obtingut el percentatge d'intensitat lumínica, es classifica cada lloc de treball en funció del proposat a la taula següent:

Exemple

En un lloc de lectura-escritura, amb una il·luminació de referència mínima de 500 lx, s'obté un valor d'il·luminació de 250 lx. Per tant, $I\% = 50\%$.

| Puntuació | Quantitat de llum |
|-----------|---------------------------------|
| 1 | $I (\%) = 100\%$ |
| | Si PVD, $300 < E (lx) \leq 400$ |
| 2 | $100\% < I (\%) \leq 125\%$ |
| | $50\% \leq I (\%) < 100\%$ |
| | Si PVD, $400 < E (lx) \leq 500$ |
| 3 | $125\% < I (\%) \leq 150\%$ |
| | $10\% \leq I (\%) < 50\%$ |
| | Si PVD, $500 < E (lx) \leq 600$ |
| 4 | $I (\%) > 150\%$ |
| | $I (\%) < 10\%$ |
| | Si PVD, $E (lx) > 600$ |

Quantitat d'il·luminació

Annex

S'han d'anotar, per afinar l'avaluació, els ítems següents:

- Si hi ha acumulació de pols en els llums.
- Si hi ha fluorescents amb més de mil hores d'encesa.
- Si hi ha treballadors més grans de trenta anys.
- Si hi ha treballadors més grans de cinquanta anys es corregiran els valors de referència en funció del que es disposa a la taula «Ajust dels nivells d'il·luminació en funció de l'edat».

1.7.3. Reproducció cromàtica

Es valora cada llum en funció de la seva reproducció cromàtica, assignant-li la puntuació corresponent, que s'obté de la taula següent:

| Puntuació | Reproducció cromàtica |
|-----------|--|
| 1 | Fluorescents amb revestiment de correcció trifosfòrica |
| | Llums d'halogenurs metàl·lics |
| | Llums LED |
| | $80 < R_a \leq 100$ |
| 2 | Fluorescent sense revestiment de correcció cromàtica |
| | Llums incandesents, halògens o d'inducció |
| | $80 < R_a \leq 60$ |

| Puntuació | Reproducció cromàtica |
|-----------|--|
| 3 | Llums de mercuri d'alta pressió o de sodi d'alta pressió amb correcció cromàtica $60 < R_a \leq 40$ |
| 4 | Llums de vapor de sodi o de mercuri de baixa pressió sense correcció cromàtica $40 < R_a \leq 20$ |

1.7.4. Enlluernaments

Es valoren els possibles enlluernaments en funció de cinc factors, segons es mostra a la taula següent:

| Puntuació | Enlluernaments | | | | |
|-----------|---|---|---|---|--------------------|
| | Tipus de paper | Control de la llum natural | Control de la llum artificial i ubicació relativa respecte al treballador i PVD | Tipus de PVD | Classe de reflexió |
| 1 | Paper beix mat o similar | Fonts de llum natural controlades | Fonts de llum artificial amb difusors o reflectors o $>45^\circ$ respecte a l'horitzontal visual o llocs de treball entre fileres de llums i finestres que formen un angle de 90° amb la part frontal de la PVD. | PVD plana (TFT o LED) | 1 |
| 2 | Paper o un altre material beix | Llum natural parcialment controlada (cortines translúcides) | Fonts de llum sobre la persona o que es reflecteixen a la PVD. | PVD antic (CRT) amb fons clar i caràcters foscos. | 2 |
| 3 | Paper o un altre material blanc mat o similar | Llum natural no controlada (finestres sense persianes) | Fonts de llum sobre el pla de treball. | PVD antic (CRT) amb fons fosc i caràcters clars. | 3 |
| 4 | Paper o un altre material blanc setinat o similar | Llum natural no controlada, davant o darrere de la PVD | Llums situats dins d'un angle de visió $<45^\circ$ i sense difusor o protector, o llums nus darrere o davant de PVD verticals. | PVD horitzontal | 4 |

Classe de reflexió

Per determinar la classe de reflexió s'haurà d'utilitzar la taula «Coeficients de reflexió segons color» i, en funció del coeficient de reflexió, s'assigna la categoria corresponent. En cas d'estar entre dues categories, s'escull la més gran.

| Categoria | Sostre | Parets | Terra | Mobiliari |
|-------------------------|--------|--------|--------|-----------|
| Categoria 1. Bona | 75-80% | 60-70% | 20-30% | 40-50% |
| Categoria 2. Millorable | 70-75% | 50-60% | 30-40% | 30-40% |
| Categoria 3. Regular | 60-70% | 40-50% | 40-50% | 20-30% |

Factor de reflexió de paraments i mobiliari

| Categoria | Sostre | Parets | Terra | Mobiliari |
|----------------------|--------|--------|-------|-----------|
| Categoria 4. Dolenta | < 65% | < 40% | > 50% | < 20% |

Factor de reflexió de paraments i mobiliari

1.7.5. Uniformitat

La uniformitat de la il·luminació es determina sobre la base de cinc factors: combinació llum natural/artificial, distribució de llums, tipus de llums, uniformitat amb llum localitzada, uniformitat màxima. Es calcularà la uniformitat màxima i la uniformitat de l'enllumenat localitzat, utilitzant les funcions següents:

- Uniformitat de l'enllumenat localitzat (U_0):

$$3 \times \sqrt{E_{lloc}} \quad 5.6$$

- Uniformitat màxima ($U_{m\grave{a}x}$):

$$\frac{E_{m\grave{a}n}}{E_{m\grave{a}x}} \quad 5.7$$

Lectura de la fórmula

E_{lloc} : il·luminació del lloc de treball
 $E_{general}$: il·luminació general
 $E_{m\grave{a}x}$: il·luminació màxima de la sala
 $E_{m\grave{a}n}$: il·luminació mínima de la sala
 Totes les mesures es prenen en lux (lx).

| Puntuació | Combinació llum natural/artificial | Uniformitat en la distribució de llums | Combinació de tipus de llums i tonalitats | Relació llum general i localitzada | Relació entre intensitat lumínica màx. i mín. |
|-----------|---|--|--|---|---|
| 1 | Llum natural en combinació amb llum freda artificial, o solament llum artificial càlida, tipus fluorescent. | Distribució equidistant dels llums. | Existència d'un sol tipus de llum i fluorescent. | Tant si hi ha llum localitzada com si no, es compleix: Fórmula 104 | $U_{m\grave{a}x} \cong 1$ |
| 2 | Combinació de llum natural amb llum artificial càlida. | Distribució equidistant dels llums en una sola direcció. | Existència d'un sol tipus de llum, però amb tonalitats diferents. | Si hi ha llum localitzada, es compleix: $3 \times \sqrt{E_{lloc}}$ | $1 < O_{m\grave{a}x} \leq 0,8$ 5.8 |
| 3 | Combinació de llum natural amb diversos tipus de llum artificial. | Separació entre llums no uniforme. | Combinació de diversos tipus de llums, però de la mateixa tonalitat. | | $0,8 < O_{m\grave{a}x} \leq 0,7$ |
| 4 | | Il·luminació general amb llums puntuals (halògenes incandescents) o mescla de diversos tipus de llums i de tonalitats diferents. | | | $U_{m\grave{a}x} < 0,7$ |

Uniformitat

1.7.6. Contrast

Recordem la importància del contrast a la zona de treball, ja que per poder percebre amb claredat els detalls requerits de la zona de visualització es requereix que la luminància de l'entorn immediat i de l'entorn llunyà compleixin una sèrie de requisits:

| Puntuació | Diferència entre intensitat lumínica en la tasca | Diferència entre la intensitat lumínica de la tasca i voltants | Relació llum difusa i llum directa | Mida dels caràcters de la PVD |
|-----------|--|--|--|------------------------------------|
| 1 | $\frac{E_{lloc}}{E_{Ent.prop.}} < 3$ | 5.9 $\frac{E_{lloc}}{E_{Ent.lluny.}} < 10$ | 40-60% 5.10 | Caràcters dels PVD \geq 12 punts |
| 2 | $\frac{E_{lloc}}{E_{Ent.prop.}} \cong 3$ | 5.11 $20 \leq \frac{E_{lloc}}{E_{Ent.lluny.}} < 10$ | 30-70% 60-70% | Caràcters dels PVD 11-10 punts |
| 3 | $\frac{E_{lloc}}{E_{Ent.prop.}} > 3$ | 5.13 $\frac{E_{lloc}}{E_{Ent.lluny.}} > 20$ | 5.14 Tota la il·luminació es rep des del pla vertical o des del sostre amb llum 100% difusa. | Caràcters dels PVD 10-9 punts |
| 4 | | | Tota la il·luminació es rep solament del pla de treball 100% directa (flexo). | Caràcters dels PVD < 9 punts |

Nota

Quan el lloc de treball rep un 40% de llum difusa, o sigui, la llum rebota prèviament en el sostre i les parets, i un 60% de llum directa, la persona té més facilitat i, per tant, presenta menys fatiga per a poder entreveure les figures des de lluny o bé diferenciar objectes, i també per a rebre una perspectiva més clara.

1.7.7. Ambient cromàtic

Per puntuar l'ambient cromàtic, prèviament hem de conèixer la temperatura de color dels llums, en graus kelvin (K). Per puntuar, es prenen dos criteris que s'han de complir de manera simultània: el valor de la intensitat lumínica del lloc (E_{lloc}) i la temperatura de color del llum:

| Puntuació | Ambient cromàtic |
|-----------|--|
| 1 | $500 \leq E_{lloc} \leq 1.000 \text{ lx}$ i $T \geq 3.000 \text{ K}$ $200 \leq E_{lloc} \leq 500 \text{ lx}$ i $T \leq 3.500 \text{ K}$ |
| 2 | $500 \leq E_{lloc} \leq 1.000 \text{ lx}$; $T < 3.000 \text{ K}$ $200 \leq E_{lloc} \leq 500 \text{ lx}$; $T < 3.000 \text{ K}$ |
| 3 | $200 \leq E_{lloc} \leq 500 \text{ lx}$; $T > 3.500 \text{ K}$ |
| 4 | Valor del nivell 3 o superior |

1.7.8. Fluctuacions

Les fluctuacions que provoquen els llums de descàrrega gasosa, els tubs fluorescents, efecte que també es coneix com a centelleig, és un efecte òptic molt molest, ja que el plasma gasós que els omple no posseeix inèrcia tèrmica (els filaments de les bombetes sí que la posseeixen), per la qual cosa el pas del corrent provoca un parpelleig veloç en la llum emesa que, encara que és imperceptible pels nostres ulls, acaba provocant molèsties. Aquest fenomen es pot minimitzar col·locant els tubs en grups (i alimentar cada tub des de fases diferents), amb reixetes de dispersió estroboscòpiques o, en cas d'instal·lacions monofàsiques, instal·lant un condensador en sèrie. També es pot solucionar amb un balast elèctric (reactància inductiva).

Corrent altern i parpelleig

El corrent altern s'interromp dues vegades per període; és a dir, per a una freqüència normal de 50 Hz, ho farà cent vegades per segon.



Balast ferromagnètic

| Puntuació | Fluctuacions |
|-----------|--|
| 1 | <p>Els llums del centre són d'incandescència, halògens o LED.</p> <p>Tubs fluorescents col·locats en grups de ≥ 2, en sèrie i amb condensador.</p> <p>Tubs fluorescents amb balast electrònic.</p> |
| 2 | El lloc que ocupa la PVD està sotmès a vibracions (impressora matricial, compressor, etc.). |
| 3 | El lloc que ocupa la PVD està il·luminat amb fluorescents individuals i sense balast electrònic. |
| 4 | Efecte estroboscòpic. |

Parpelleig de fluorescents

1.7.9. Valoració global del desconfort visual

Una vegada valorats tots els aspectes de la il·luminació del lloc de treball que cal avaluar, s'haurà de completar la taula següent per a cada lloc de treball. Si bé molts aspectes generals coincidiran, hi haurà factors de riscos de cada lloc que cal valorar de manera individual:

| Factor de risc | Descripció | Puntuació | | | |
|------------------------|---|-----------|---|---|---|
| Quantitat de llum | l (%) | 1 | 2 | 3 | 4 |
| | Intensitat lumínica amb presència de PVD | 1 | 2 | 3 | 4 |
| | Hi ha acumulació de pols en llums | | | | |
| | Hi ha fluorescents amb >1.000 hores | | | | |
| | Hi ha treballadors exposats >30 anys | +1 | | | |
| Reproducció cromàtica | Tipus de llum i correcció cromàtica | 1 | 2 | 3 | 4 |
| | Índex de reproducció cromàtica (R_a) | 1 | 2 | 3 | 4 |
| Enlluernaments | Tipus de paper o material | 1 | 2 | 3 | 4 |
| | Control de la llum natural | 1 | 2 | 3 | 4 |
| | Control de la llum artificial i ubicació respecte al treballador | 1 | 2 | 3 | 4 |
| | Tipus de PVD | 1 | 2 | 3 | 4 |
| | Classificació de la reflexió (1 a 4) | 1 | 2 | 3 | 4 |
| Uniformitat | Combinació de llum natural i artificial | 1 | 2 | 3 | 4 |
| | Uniformitat de tipus de llums i tonalitats | 1 | 2 | 3 | 4 |
| | Relació entre llum general i localitzada | 1 | 2 | 3 | 4 |
| | Relació entre intensitat lumínica màxima i mínima | 1 | 2 | 3 | 4 |
| Contrast | Diferència d'intensitat lumínica en la tasca | 1 | 2 | 3 | 4 |
| | Diferència d'intensitat lumínica entre la tasca i voltants | 1 | 2 | 3 | 4 |
| | Relació entre llum difusa i llum directa | 1 | 2 | 3 | 4 |
| | Mida dels caràcters de la PVD | 1 | 2 | 3 | 4 |
| Ambient cromàtic | Relació entre intensitat lumínica (lx) i temperatura de la llum (T) | 1 | 2 | 3 | 4 |
| Fluctuacions | Interferència entre PVD o llum i fluctuació lumínica | 1 | 2 | 3 | 4 |
| Puntuació total | | | | | |

Factors de riscos i condicions de treball implicats en el desconfort lumínic

Una vegada sumats tots els valors, la interpretació del grau d'intensitat del desconfort lumínic es determina a partir del criteri següent:

| Intensitat del des- confort lumínic | Baixa | Mitjana | Elevada | No to- lerable |
|--|--------------|----------------|----------------|---------------------------|
| Puntuació | 22-35 | 36-49 | 50-62 | >62 |

Interpretació del grau d'intensitat de desconfort lumínic

En relació amb el temps d'exposició del treballador, es prenen els intervals següents, com a còmput global al llarg de la jornada:

| Temps d'exposició | Curt | Mitjà | Llarg |
|--------------------------|--------------|---------------|--------------|
| Intervals | <2 h/jornada | 2-4 h/jornada | >4 h/jornada |

Temps d'exposició al risc de desconfort lumínic

Amb la intensitat del desconfort lumínic i amb el temps d'exposició es pot determinar el nivell de risc per desconfort lumínic amb la taula següent:

| Temps d'exposició | Estimació de desconfort | | |
|--------------------------|--------------------------------|---------|------------------------------------|
| | Baixa | Mitjana | Elevada |
| Curt | Molt lleu | Lleu | Moderat |
| Mitjà | Lleu | Moderat | Greu |
| Llarg | Moderat | Greu | Ergonòmicament no tolerable |

Valoració del desconfort lumínic

En cas que es detecti un desconfort moderat o greu, han d'aplicar-se les mesures correctores necessàries per a millorar la situació.

Si es detecta que alguna de les persones exposades pateix alguna sensibilitat específica que pot tenir relació amb les conseqüències per a la salut de l'exposició a situacions de desconfort lumínic, o si els usuaris són més grans de cinquanta anys o pateixen defectes visuals, es recomana valorar cada cas conjuntament amb els professionals de la medicina del treball.

2. Desconfort tèrmic

L'ésser humà és capaç de mantenir la seva temperatura constant al voltant dels 36 °C, perquè és el que es denomina en fisiologia homeoterm. L'ésser humà no tolera bé les variacions de temperatura en certs òrgans crítics (cervell, fetge, etc.), per la qual cosa inverteix una gran quantitat d'energia metabòlica a mantenir aquesta temperatura constant, juntament amb altres sistemes de termoregulació fisiològics.

Tipus de termoregulacions

Un organisme **homeoterm** pot suportar un ampli rang de temperatures externes i mantenir la seva activitat i temperatures constants. En els organismes **poiquiloterms**, en canvi, la temperatura depèn de l'ambient i, per tant, la seva activitat també. La majoria dels rèptils són poiquiloterms.

Les exposicions a la calor elevada han estat històricament més freqüents al món laboral que les exposicions al fred; per això en aquest tema ens centrarem sobretot en l'exposició a la calor.

La calor pot venir generada per tres fonts diferents:

- Calor que prové del nostre propi organisme. Calor metabòlica que s'incrementa amb l'activitat física a causa de la baixa eficiència del treball físic que dissipa gran quantitat d'energia en forma de calor.
- Calor que prové de fonts externes. Calor de convecció, radiació o contacte al qual ens exposem en el treball (per exemple, quan es treballa al sol).

A més d'aquests dos factors, hem de tenir en compte l'aïllament que proporciona la roba i les seves característiques de transpiració, ja que el principal sistema de termoregulació de l'organisme enfront de la calor és la sudoració i, si portem roba aïllant no transpirable, no es podrà evaporar la suor (pensem en un treballador amb un mono impermeable requerit com a EPI en una indústria química).

2.1. Resposta fisiològica a la calor

Els mecanismes de termoregulació per a controlar l'augment de la temperatura interna dels quals disposa el cos humà són els següents:

- **Vasodilatació perifèrica.** S'augmenta la circulació en les extremitats de manera que s'afavoreixi el seu refredament.

- **Sudoració.** La sudoració permet refredar el cos, sempre que la suor s'evapori: el procés que refreda no és la sudoració en si mateixa, sinó l'evaporació de la suor.

L'aclimatació pot definir-se com la disminució del cost fisiològic que implica determinada exposició quan es percep durant diversos dies.

L'aclimatació es manifesta per una reducció en el ritme cardíac, un augment de la sudoració i reducció de la concentració salina en la suor. L'aclimatació s'aconsegueix en períodes breus (uns sis dies), i es recomana durant el procés d'aclimatació que el treball que implica exposició al sol (o temperatures elevades) sigui del 50% durant el primer dia, i segueixi en increments diaris del 10% fins a aconseguir el 100% al sisè dia:

| | Dia 1 | Dia 2 | Dia 3 | Dia 4 | Dia 5 | Dia 6 |
|----------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| % de la tasca | 50% | 60% | 70% | 80% | 90% | 100% |
| Hores/dia | 4 h | 4 ¾ h | 5 ½ h | 6 ½ h | 7 ¼ h | 8 h |

Els efectes a l'aclimatació es poden veure a la taula següent:

| Situació | Ritme cardíac (batecs/min) | Sudoració (kg/h m²) | Temperatura interna (°C) |
|---------------------------------|-----------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------|
| Sense exposició a la calor | 111 | 0,079 | 37,8 |
| Primer dia d'exposició | 162 | 0,621 | 39,0 |
| Desè dia d'exposició a la calor | 118 | 0,692 | 37,9 |

2.2. Confort tèrmic

A diferència de l'estrès tèrmic, on hi ha una situació d'exposició extrema a la calor en la qual es poden produir danys a la nostra salut, el confort tèrmic està més relacionat amb la capacitat que té l'ambient de produir una sensació de desconfort que pot contribuir, significativament, a reduir la nostra productivitat.

Les variables relacionades amb l'intercanvi de calor entre el nostre organisme i l'entorn són les següents:

- **Convecció.** Intercanvi de calor entre la pell i l'aire que l'envolta. L'intercanvi és bidireccional: el cos perd calor per convecció quan la temperatura de la pell és inferior a la temperatura ambiental, i el guanya si és inferior.

- **Radiació.** Intercanvi de calor en forma de rajos infrarojos entre la pell i els objectes que l'envolten. L'intercanvi és bidireccional: el cos perd calor quan la temperatura de la pell és superior a la TRM de les superfícies que l'envolten, i el guanya si és inferior.
- **Evaporació** (de la suor). Intercanvi de calor produïda entre la pell i l'aire que l'envolta mitjançant evaporació de la suor. L'evaporació és unidireccional: només podem perdre calor.

La magnitud de la calor intercanviada depèn de les variables següents, que són interdependents:

- característiques del vestit
- temperatura de l'aire (T_a)
- temperatura radiant mitjana (TRM)
- velocitat de l'aire (V)
- humitat de l'aire (HR)

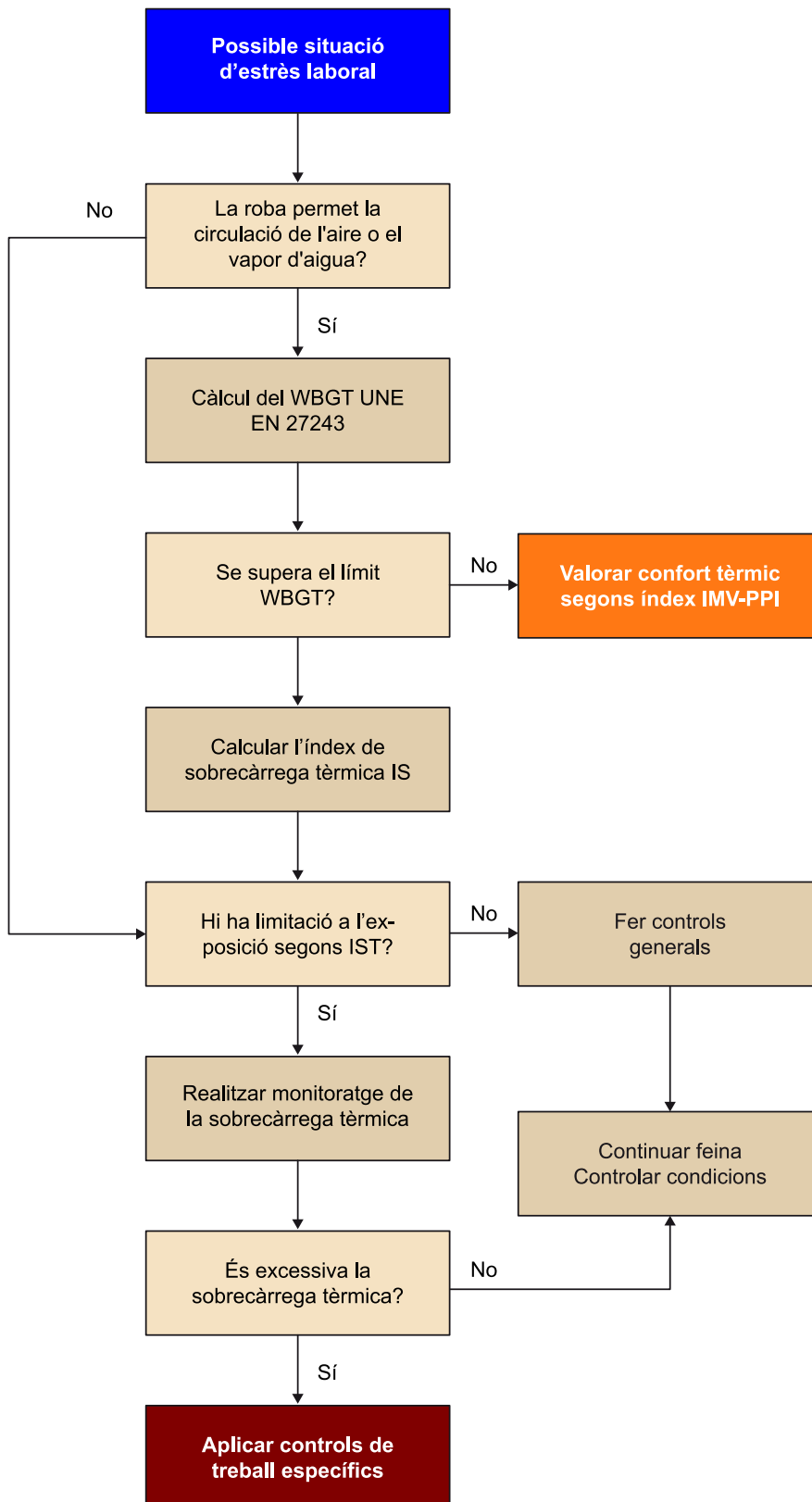
És important saber que totes aquestes variables són independents unes de les altres.

2.3. Criteri tècnic

A continuació presentem un esquema de decisions útil per a l'avaluació dels riscos deguts a la calor. Veureu que entre les decisions s'inclou la necessitat de realitzar una avaluació de confort tèrmic mitjançant l'aplicació del mètode de Fanger:

Bibliografia

NTP 922: *Estrès tèrmic i sobre-càrrega tèrmica: avaluació dels riscos (I)*.



Com es pot observar, segons l'esquema de decisió exposat, quan s'avalua un ambient amb el mètode WBGT i s'observa que no se supera el límit, s'ha de procedir amb el càlcul de l'índex IVM-PPI, l'índex de Fanger (ho veurem a continuació).

2.4. Índex de valoració mitjà (IVM) de Fanger

El confort tèrmic pot definir-se com la manifestació subjectiva de conformitat o satisfacció amb l'ambient tèrmic existent.

Bibliografia

UNE-EN ISO 7730, 2006. *Ergonomia de l'ambient tèrmic. Determinació analítica i interpretació del benestar tèrmic mitjançant el càlcul dels índexs PMV i PPD i els criteris de benestar tèrmic local.*

UNE-EN ISO 7726, 2001. *Ergonomia dels ambients tèrmics. Instruments de mesura.*

A causa de la variabilitat fisiològica que existeix entre les persones, és pràcticament impossible aconseguir que unes quantes persones, en una situació climàtica donada, manifestin sentir-se confortables totes alhora.

Els estudis de Fanger van demostrar que, en tot col·lectiu, hi ha un mínim d'un 5% de persones que estaran disconformes amb les condicions ambientals. Òbviament, si les condicions ambientals són agressives, aquest percentatge s'incrementarà, fins a aconseguir la totalitat de la població.

L'IVM (PMV, *predicted pixed vote*) és un índex que reflecteix el valor mitjà dels vots emesos per un grup nombrós de persones respecte d'una escala de sensació tèrmica de set nivells en ser sotmesos a diferents ambients tèrmics, i està basat en l'equilibri tèrmic del cos humà:

| | | | | | | |
|------------------|-------------|--------------------------|---------------------------|-----------------------------|----------------|---------------------|
| - 3 Molt fred | - 2 Fred | - 1 Lleugerament fred | 0 Neutre (confortable) | + 1 Lleugerament calorós | + 2 Calorós | + 3 Molt calorós |
|------------------|-------------|--------------------------|---------------------------|-----------------------------|----------------|---------------------|

El càlcul de l'IVM ens permet estimar la sensació tèrmica del cos en un ambient de referència per mitjà d'una sèrie de variables ambientals que condicionen l'equilibri tèrmic global del cos:

- taxa metabòlica del subjecte,
- aïllament de la roba,
- temperatura de l'aire,
- temperatura radiant mitjana,
- velocitat relativa de l'aire,
- humitat de l'aire.

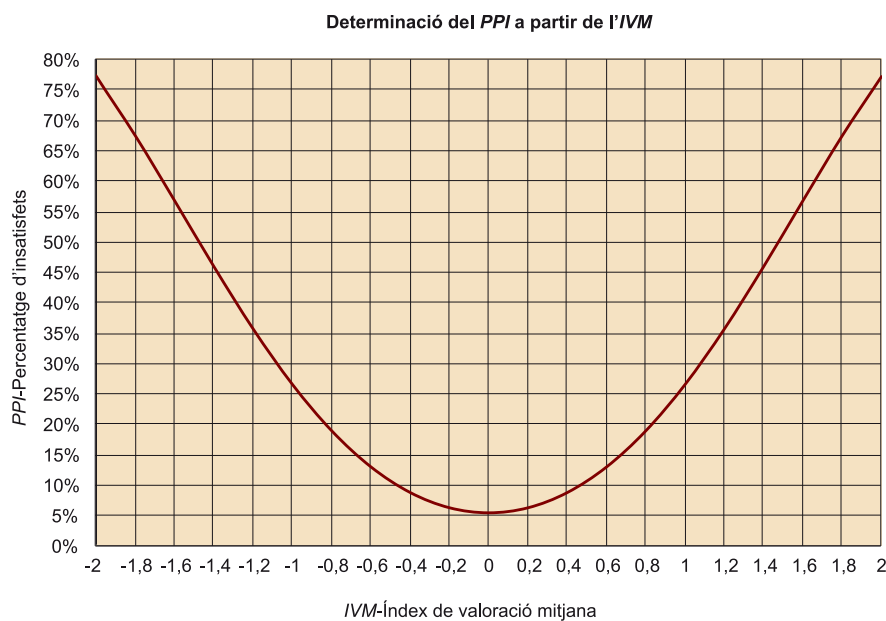
El percentatge de persones insatisfetes (*PPI*; en anglès *PPD*, *predicted percentage dissatisfied*) subministra informació sobre el grau d'incomoditat o insatisfacció tèrmica mitjançant la predicció quantitativa del percentatge de persones que, probablement, sentiran massa calor o massa fred en un ambient determinat.

El *PPI* pot obtenir-se a partir de l'*IVM* de dues maneres:

- Mitjançant l'equació següent:

$$PPI = 100 - 95 \times e^{(-0,03353IVM^4 - 0,2179IVM^2)} \quad 5.15$$

- Mitjançant interpolació en el gràfic següent:



2.4.1. Equació de confort de Fanger

Segons Fanger, hi ha tres condicions perquè una persona es trobi en confort tèrmic:

- que es compleixi l'equilibri tèrmic;
- que la taxa de sudoració estigui dins dels límits de confort;
- que la temperatura mitjana de la pell estigui dins dels límits de confort.

Perquè es compleixi l'equilibri tèrmic, s'ha de complir l'equació següent:

$$M \pm W \pm R \pm C - E \pm C_{res} \pm E_{res} - E_d \pm C_{cond} = A \quad 5.16$$

Lectura de la fórmula

M : energia metabòlica produïda per l'organisme

W : treball mecànic extern

R : intercanvi de calor per radiació

C : intercanvi de calor per convecció

E : pèrdua de calor per evaporació de la suor

C_{res} : intercanvi de calor per convecció respiratòria

E_{res} : intercanvi de calor per evaporació respiratòria

E_d : pèrdua de calor per difusió d'aigua per la pell

C_{cond} : intercanvi de calor per conducció

$C_{cond, clo}$: intercanvi de calor per conducció per la roba

A : pèrdua o guany de calor al cos

L'IVM que manifesta un col·lectiu pot calcular-se mitjançant l'equació següent:

$$IVM = (0,303 \times e^{-0,036M} + 0,028) \times \{(M - W) - 3,05 \times 10^{-3}[5733 - 6,99(M - W) - p_a] - 0,42[(M - W) - 58,15] - 1,7 \times 10^{-5}M(5867 - p_a) - 0,0014M(34 - t_a) - 3,96 \times 10^{-8}f_{clo}[t_{clo} + 273]^4 - [TRM + 273]^4 - f_{clo} \times h_c \times (t_{clo} - t_a)\}$$

On:

$$t_{clo} = 35,7 - 0,028(M - W) - 0,155I_{clo}[3,96 \times 10^{-8}f_{clo}$$

$$\{(t_{clo} + 273)^4 - (TRM + 273)^4 - (TRM + 273)^4\} + f_{clo} \times h_c \times (t_{clo} - t_a)$$

$$h_c = 2,38(t_{clo} - t_a)^{0,25} \quad \text{Per a: } 2,38(t_{clo} - t_a)^{0,25} > 12,1v_{ar}$$

$$h_c = 12,1v_{ar}^{0,5} \quad \text{Per a: } 2,38(t_{clo} - t_a)^{0,25} < 12,1v_{ar}$$

$$f_{clo} = 1,00 + 0,2 \times I_{clo} \quad \text{Per a: } I_{clo} < 0,5 \text{ clo}$$

Lectura de la fórmula

IVM: índex de valoració mitjà

M : metabolisme (W/m^2)

W : treball extern, nul per a la majoria de casos (W/m^2)

I_{clo} : resistència tèrmica del vestit (clo)

f_{clo} : relació entre l'àrea del cos vestida/nua

t_a : temperatura de l'aire ($^{\circ}C$)

TRM : temperatura radiant mitjana ($^{\circ}C$)

v_a : velocitat relativa de l'aire (m/s)

p_a : pressió parcial de vapor d'aigua (Pa)

h_c : coeficient de convecció [$W/(m^2K)$]

t_{clo} : temperatura de la superfície del vestit (clo)

Nota: 1 clo= 0,8 m² hr $^{\circ}C/kcal$

2.4.2. Determinació de la taxa metabòlica (M)

En ergonomia, per a la determinació de la taxa metabòlica, s'utilitza la norma UNE-EN ISO 8996:2004, que es desenvolupa a la NTP 1.011 *Determinació del metabolisme energètic mitjançant taules*.

Hi ha diversos mètodes per al càlcul del metabolisme energètic. Els més utilitzats són els que, en detriment de la precisió, són més fàcils d'obtenir i manejar. Vegem-los:

| Nivell | Mètode | Precisió | Inspecció del lloc de treball |
|-------------------|--|---|---|
| Temp-teig | Classificació de la mida de l'ocupació. Classificació de la mida de l'activitat. | Informació aproximada. Molt alt risc d'error | No és necessària, però es requereix informació sobre l'equip tècnic i l'organització del treball. |
| Observació | Taules d'avaluació a partir dels requisits de la tasca. Taules per a activitats específiques. | Alt risc d'error. Precisió: $\pm 20\%$ | Es requereix un estudi temporal i del moviment. |
| Anàlisi | Mesura del ritme cardíac sota condicions determinades. | Risc d'error mitjà. Precisió: $\pm 10\%$ | Es requereix un estudi per determinar un període representatiu. |

| Nivell | Mètode | Precisió | Inspecció del lloc de treball |
|------------------|--|--|---|
| Actuació experta | Mesura del consum d'oxigen. Mètode de l'aigua doblement marcada. Calorimetria directa. | Errors dins dels límits de precisió del mesurament o de l'estudi temporal i del moviment. Precisió: $\pm 5\%$ | Es requereix un estudi temporal i del moviment. No és necessària la inspecció del lloc de treball, però han d'avaluar-se les activitats d'oci. No és necessària la inspecció del lloc de treball. |

En l'àmbit que ens ocupa, podem calcular el consum metabòlic utilitzant la taxa metabòlica per a activitats específiques mitjançant observació i amb estudi dels temps de treball i moviments. Que, encara que té un error relatiu del 20%, és més que suficient per a determinar la càrrega física d'una activitat.

Per a estudis de càrrega física o ergonomia ambiental, és més que suficient la determinació de la taxa metabòlica mitjançant mètodes d'observació directa (taules d'activitats).

Error acceptable

Quan es tracta d'una avaluació d'estrès tèrmic, on la vida de l'operari pot córrer un risc alt, es recomanaran mètodes amb menys error, com el mesurament del ritme cardíac.

Per a la determinació de la taxa metabòlica es pot utilitzar la taula següent, que recull les activitats més freqüents:

| Activitat | Taxa metabòlica (W/m ²) | Taxa metabòlica mets |
|---|-------------------------------------|----------------------|
| Repòs, estès | 46 | 0,8 |
| Repòs, assegut | 58 | 1,0 |
| Activitat sedentària (oficina, domicili, escola, laboratori) | 70 | 1,2 |
| Activitat lleugera, dempeus (de compres, laboratori, indústria) | 93 | 1,6 |
| Caminar en pla a 2 km/h | 110 | 1,9 |
| Activitat mitjana, dempeus (dependent de comerç, tasques domèstiques, treball amb màquines) | 116 | 2,0 |
| Caminar en pla a 3 km/h | 140 | 2,4 |
| Caminar en pla a 4 km/h | 165 | 2,8 |
| Caminar en pla a 5 km/h | 200 | 3,4 |

Per facilitar els càlculs, es recomana l'ús dels calculadors de l'INSHT: a l'apartat d'ergonomia, hi ha una eina per a la «determinació del metabolisme energètic» que serà de gran utilitat.

2.4.3. Determinació de la potència mecànica (W)

La potència mecànica és la quantitat de treball produïda per unitat de temps que s'aprofita com a treball.

En l'equació del balanç tèrmic, la potència mecànica representa la pèrdua d'energia com a conseqüència del treball exterior útil desenvolupat en l'activitat laboral. En la majoria de les situacions industrials, la potència mecànica efectiva és petita i pot ser menyspreada:

$$W = 0 \frac{W}{m^2} \quad 5.17$$

2.4.4. Càlcul de la velocitat relativa de l'aire (v_a)

La velocitat de l'aire (v) és una magnitud que es defineix tant per la quantitat com per la direcció. Per tant, en ambients tèrmics caldrà tenir en compte el vector o direcció d'on prové l'aire.

La velocitat de l'aire mesurada en qualsevol punt fluctua pel que fa al temps; és recomanable registrar aquestes fluctuacions.

El flux d'aire es defineix com la velocitat mitjana durant l'interval de mesura.

Per mesurar la velocitat de l'aire, en l'àmbit del confort tèrmic es recomana utilitzar un velòmetre omnidireccional amb una sensibilitat mínima de 0,05 m/s a 1m/s.

El mètode no realitza els càlculs amb la velocitat de l'aire (v) sinó amb la velocitat relativa de l'aire (v_a), concepte que té en compte tant la velocitat de l'aire com la velocitat del treballador en el seu moviment. Per això, el seu valor ha de calcular-se amb l'equació següent:

$$v_a = v + 0,0052 \times (M - 58) \quad 5.18$$

2.4.5. Mesura de la temperatura de l'aire (t_a)

La temperatura de l'aire ha de mesurar-se amb un monitor d'estrès tèrmic o una sonda proveïda d'un sistema d'apantallament de fonts radiants. En cas contrari, la temperatura seria un valor intermedi entre la t_a i la TRM .

Instruments de mesura

Els instruments de mesura han d'ajustar-se al que es disposa a la norma UNE-EN ISO 7726:1998: *Ergonomia dels ambients tèrmics. Instruments de mesura de les magnituds físiques*.

Lectura de la fórmula

v_a : velocitat relativa de l'aire (m/s)

M : metabolisme (W/m^2)

v : velocitat de l'aire (m/s)

Haurà d'utilitzar-se un termòmetre de classe C (confort), que haurà de tenir un rang de mesura mínim d'entre 10 °C i 40 °C amb una precisió mínima de ± 2 °C (encara que la precisió ideal seria de $\pm 0,2$ °C).

2.4.6. Mesura de la temperatura radiant mitjana (TRM)

La calor radiant és la suma de tots els fluxos radiants intercanviats per les parts del cos exposades a les diferents fonts de calor que l'envolten.

Per mesurar la TRM s'utilitzen termòmetres de bulb negre, que estan composts per una esfera negra³, en el centre del qual hi ha un sensor de temperatura; el seu diàmetre recomanat és de 15 cm, ja que com menor és el diàmetre menor exactitud té la mesura.

⁽³⁾Es parla d'esfera normalitzada quan disposa d'un bulb de 15 cm de diàmetre i una emissivitat ϵ_g del 95%.

Per al càlcul de la TRM es presenten dues equacions, en funció del tipus de termòmetre de globus del que es disposa:

- Per a convecció natural ($v < 0,15$ m/s) el TRM es calcula:

$$TRM = \left[(t_g + 273)^4 + \frac{0,25 \times 10^8 \times v_a^{0,6}}{\epsilon_g} \left(\frac{|t_g - t_a|}{D} \right)^{1/4} \times (t_g - t_a) \right]^{1/4} - 273 \quad 5.19$$

- Per a convecció forçada ($v \geq 0,15$ m/s) el TRM es calcula:

$$TRM = \left[(t_g + 273)^4 + \frac{1,1 \times 10^8 \times v_a^{0,6}}{\epsilon_g \times D^{0,4}} \times (t_g - t_a) \right]^{1/4} - 273 \quad 5.20$$

També es pot utilitzar una fórmula simplificada, però el seu resultat tindrà menor exactitud:

$$TRM = t_g + 1,9 \times \sqrt{v_a} \times (t_g - t_a) \quad 5.21$$

2.4.7. Mesura de la humitat relativa (HR)

Per mesurar la humitat relativa es pot utilitzar indistintament un higròmetre o un psicròmetre. Si s'utilitza un higròmetre, s'obté directament el valor de la humitat relativa; no obstant això, en ergonomia solen utilitzar-se habitualment psicròmetres, uns termòmetres amarats en aigua destil·lada mitjançant una tela o cotó espès.

És important diferenciar entre la **temperatura humida natural**, la que facilita el psicròmetre sense cap font d'aire forçada (que és la que s'utilitza per al càlcul del WBGT d'estrès tèrmic), i la temperatura humida o **temperatura humida psicromètrica**. Per obtenir aquesta última, s'ha de garantir que el psicròmetre

està immers en un corrent d'aire de 4 a 5 m/s. D'aquesta forma es garanteix que l'evaporació de l'aigua depèn de la humitat de l'aire, la qual cosa refredarà el termòmetre.

2.4.8. Càlcul de l'aïllament de la vestimenta

Les característiques tèrmiques de la vestimenta es mesuren en la unitat denominada «clo», equivalent a una resistència tèrmica de $0,8 \text{ m}^2 \text{ hr } ^\circ\text{C}/\text{kcal}$.

Per a la determinació de l'aïllament de la vestimenta, es poden utilitzar taules senzilles com la següent:

| Tipus de roba | I_{clo} |
|---|-----------|
| Roba de treball | |
| Calçotets, mono, mitjons, sabates | 0,70 |
| Calçotets, camisa, mono, mitjons, sabates | 0,80 |
| Calçotets, camisa, pantalons, bata, mitjons, sabates | 0,90 |
| Roba interior de mànigues i camals curts, camisa, pantalons, jaqueta, mitjons, sabates | 1,00 |
| Roba interior de mànigues i camals llargs, jaqueta tèrmica, mitjons, sabates | 1,20 |
| Roba interior de mànigues i camals curts, camisa, pantalons, jaqueta, gec i sobrepantalons amb enconxat gruixut, mitjons, sabates, gorra, guants | 1,40 |
| Roba interior de mànigues i camals curts, camisa, pantalons, jaqueta, gec i sobrepantalons amb enconxat gruixut, mitjons, sabates | 2,00 |
| Roba interior de mànigues i camals llargs, jaqueta i pantalons tèrmics, parca amb enconxat gruixut, gec i sobrepantalons amb enconxat gruixut, mitjons, sabates | 2,55 |
| Roba d'ús diari | |
| Calces, samarreta, pantalons curts, mitjons fins, sandàlies | 0,30 |
| Calçotets, camisa de màniga curta, pantalons lleugers, mitjons fins, sabates | 0,50 |
| Calces, combinació, mitges, vestit, sabates | 0,70 |
| Roba interior, camisa, pantalons, mitjons, sabates | 0,70 |
| Calces, camisa, pantalons, jaqueta, mitjons, sabates | 1,00 |
| Calces, mitges, brusa, faldilla llarga, jaqueta, sabates | 1,10 |
| Roba interior de màniga i camals llargs, camisa, pantalons, jersei de coll en V, jaqueta, mitjons, sabates | 1,30 |
| Roba interior de màniga i camals curts, camisa, pantalons, armilla, jaqueta, gec, mitjons, sabates | 1,50 |

Si a més el treballador està assegut, cal incloure l'aïllament que proporciona el seient i sumar-ho al resultat de la taula anterior. El valor de l'aïllament dels seients és el següent:

| Tipus de seient | I_{cl} (clo) |
|---|----------------|
| Cadira metàl·lica amb seient de reixeta | 0,00 |
| Tamboret de fusta | 0,01 |
| Cadira normal d'oficina | 0,10 |
| Butaca d'executiu | 0,15 |

2.4.9. Càlcul de l'IVM mitjançant taules

A causa de la complexitat dels càlculs de l'IVM, el mètode admet el càlcul per mitjà de taules. El primer pas consisteix a calcular les variables següents i, després, escollir la taula que més s'aproximi al nivell d'activitat:

- nivell d'activitat (W/m^2),
- aïllament de la vestimenta (clo),
- temperatura seca (t_a °C),
- velocitat relativa de l'aire (v_a m/s).

Font de les taules

P. R. Mondelo; E. Gregori; J. Blasco; P. Barrau (1999). *Ergonomia I. Fonaments* (3a. ed.). Barcelona: Edicions UPC.

Nivell d'activitat 58 W/m² (1 met)

| Vestit | | Temperatura seca °C | Velocitat relativa (m/s) | | | | | | | | | |
|--------|---------------------|------------------------|--------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--|
| clo | m ² °C/W | | <0,10 | 0,10 | 0,15 | 0,20 | 0,30 | 0,40 | 0,50 | 1,00 | 1,50 | |
| 0 | 0 | 26 | -1,62 | -1,62 | -1,96 | -2,34 | | | | | | |
| | | 27 | -1 | -1 | -1,36 | -1,69 | | | | | | |
| | | 28 | -0,39 | -0,42 | -0,76 | -1,05 | | | | | | |
| | | 29 | 0,21 | 0,13 | -0,15 | -0,39 | | | | | | |
| | | 30 | 0,8 | 0,68 | 0,45 | 0,26 | | | | | | |
| | | 31 | 1,39 | 1,25 | 1,08 | 0,94 | | | | | | |
| | | 32 | 1,96 | 1,83 | 1,71 | 1,61 | | | | | | |
| 0,25 | 0,039 | 33 | 2,5 | 2,41 | 2,34 | 2,29 | | | | | | |
| | | 24 | -1,52 | -1,52 | -1,8 | -2,06 | -2,47 | | | | | |
| | | 25 | -1,05 | -1,05 | -1,33 | -1,57 | -1,94 | -2,24 | -2,48 | | | |
| | | 26 | -0,58 | -0,61 | -0,87 | -1,08 | -1,41 | -1,67 | -1,89 | -2,66 | | |
| | | 27 | -0,12 | -0,17 | -0,4 | -0,58 | -0,87 | -1,1 | -1,29 | -1,97 | -2,41 | |
| | | 28 | 0,34 | 0,27 | 0,07 | -0,09 | -0,34 | -0,53 | -0,7 | -1,28 | -1,66 | |
| | | 29 | 0,8 | 0,71 | 0,54 | 0,41 | 0,2 | 0,04 | -0,1 | -0,58 | -0,9 | |
| 0,50 | 0,078 | 30 | 1,25 | 1,15 | 1,02 | 0,91 | 0,74 | 0,61 | 0,5 | 0,11 | -0,14 | |
| | | 31 | 1,71 | 1,61 | 1,51 | 1,43 | 1,3 | 1,2 | 1,12 | 0,83 | 0,63 | |
| | | 23 | -1,1 | -1,1 | -1,33 | -1,51 | -1,78 | -1,99 | -2,16 | | | |
| | | 24 | -0,72 | -0,74 | -0,95 | -1,11 | -1,36 | -1,55 | -1,7 | -2,22 | | |
| | | 25 | -0,34 | -0,38 | -0,56 | -0,71 | -0,94 | -1,11 | -1,25 | -1,71 | -1,99 | |
| | | 26 | 0,04 | -0,01 | -0,18 | -0,31 | -0,51 | -0,66 | -0,79 | -1,19 | -1,44 | |
| | | 27 | 0,42 | 0,35 | 0,2 | 0,09 | -0,08 | -0,22 | -0,33 | -0,68 | -0,9 | |
| 0,75 | 0,116 | 28 | 0,8 | 0,72 | 0,59 | 0,49 | 0,34 | 0,23 | 0,14 | -0,17 | -0,36 | |
| | | 29 | 1,17 | 1,08 | 0,98 | 0,9 | 0,77 | 0,68 | 0,6 | 0,34 | 0,19 | |
| | | 30 | 1,54 | 1,45 | 1,37 | 1,3 | 1,2 | 1,13 | 1,06 | 0,86 | 0,73 | |
| | | 21 | -1,11 | -1,11 | -1,3 | -1,44 | -1,66 | -1,82 | -1,95 | -2,36 | -2,6 | |
| | | 22 | -0,79 | -0,81 | -0,98 | -1,11 | -1,31 | -1,46 | -1,58 | -1,95 | -2,17 | |
| | | 23 | -0,47 | -0,5 | -0,66 | -0,78 | -0,96 | -1,09 | -1,2 | -1,55 | -1,75 | |
| | | 24 | -0,15 | -0,19 | -0,33 | -0,44 | -0,61 | -0,73 | -0,83 | -1,14 | -1,33 | |
| 1,00 | 0,155 | 25 | 0,17 | 0,12 | -0,01 | -0,11 | -0,26 | -0,37 | -0,46 | -0,74 | -0,9 | |
| | | 26 | 0,49 | 0,43 | 0,31 | 0,23 | 0,09 | 0 | -0,08 | -0,33 | -0,48 | |
| | | 27 | 0,81 | 0,74 | 0,64 | 0,56 | 0,45 | 0,36 | 0,29 | 0,08 | -0,05 | |
| | | 28 | 1,12 | 1,05 | 0,96 | 0,9 | 0,8 | 0,73 | 0,67 | 0,48 | 0,37 | |
| | | 20 | -0,85 | -0,87 | -1,02 | -1,13 | -1,29 | -1,41 | -1,51 | -1,81 | -1,98 | |
| | | 21 | -0,57 | -0,6 | -0,74 | -0,84 | -0,99 | -1,11 | -1,19 | -1,47 | -1,63 | |
| | | 22 | -0,3 | -0,33 | -0,46 | -0,55 | -0,69 | -0,8 | -0,88 | -1,13 | -1,28 | |
| 1,25 | 0,194 | 23 | 0,02 | -0,07 | -0,18 | -0,27 | -0,39 | -0,49 | -0,56 | -0,79 | -0,93 | |
| | | 24 | 0,26 | 0,2 | 0,1 | 0,02 | -0,09 | -0,18 | -0,25 | -0,46 | -0,58 | |
| | | 25 | 0,53 | 0,48 | 0,38 | 0,31 | 0,21 | 0,13 | 0,07 | -0,12 | -0,23 | |
| | | 26 | 0,81 | 0,75 | 0,66 | 0,6 | 0,51 | 0,44 | 0,39 | 0,22 | 0,13 | |
| | | 27 | 1,08 | 1,02 | 0,95 | 0,89 | 0,81 | 0,75 | 0,71 | 0,56 | 0,48 | |
| | | 16 | -1,37 | -1,37 | -1,51 | -1,62 | -1,78 | -1,89 | -1,98 | -2,26 | -2,41 | |
| | | 18 | -0,89 | -0,91 | -1,04 | -1,14 | -1,28 | -1,38 | -1,46 | -1,7 | -1,84 | |
| 1,50 | 0,233 | 20 | -0,42 | -0,46 | -0,57 | -0,65 | -0,77 | -0,86 | -0,93 | -1,14 | -1,26 | |
| | | 22 | 0,07 | 0,02 | -0,07 | -0,14 | -0,25 | -0,32 | -0,38 | -0,56 | -0,66 | |
| | | 24 | 0,56 | 0,5 | 0,43 | 0,37 | 0,28 | 0,22 | 0,17 | 0,02 | -0,06 | |
| | | 26 | 1,04 | 0,99 | 0,93 | 0,88 | 0,81 | 0,76 | 0,72 | 0,61 | 0,54 | |
| | | 28 | 1,53 | 1,48 | 1,43 | 1,4 | 1,34 | 1,31 | 1,28 | 1,19 | 1,14 | |
| | | 30 | 2,01 | 1,97 | 1,93 | 1,91 | 1,88 | 1,85 | 1,83 | 1,77 | 1,74 | |
| | | 14 | -1,36 | -1,36 | -1,49 | -1,58 | -1,72 | -1,82 | -1,89 | -2,12 | -2,25 | |
| 16 | -0,94 | -0,95 | -1,07 | -1,15 | -1,27 | -1,36 | -1,43 | -1,63 | -1,75 | | | |
| 18 | -0,52 | -0,54 | -0,64 | -0,72 | -0,82 | -0,9 | -0,96 | -1,14 | -1,24 | | | |
| 20 | -0,09 | -0,13 | -0,22 | -0,28 | -0,37 | -0,44 | -0,49 | -0,65 | -0,74 | | | |
| 22 | 0,35 | 0,3 | 0,23 | 0,18 | 0,1 | 0,04 | 0 | -0,14 | -0,21 | | | |
| 24 | 0,79 | 0,74 | 0,68 | 0,63 | 0,57 | 0,52 | 0,49 | 0,37 | 0,31 | | | |
| 26 | 1,23 | 1,18 | 1,13 | 1,09 | 1,04 | 1,01 | 0,98 | 0,89 | 0,84 | | | |
| 28 | 1,67 | 1,62 | 1,58 | 1,56 | 1,52 | 1,49 | 1,47 | 1,4 | 1,37 | | | |

Nivell d'activitat 69,6 W/m² (1,2 met)

| Vestit | | Temperatura seca °C | Velocitat relativa (m/s) | | | | | | | | | |
|--------|---------------------|------------------------|--------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--|
| clo | m ² °C/W | | <0,10 | 0,10 | 0,15 | 0,20 | 0,30 | 0,40 | 0,50 | 1,00 | 1,50 | |
| 0 | 0 | 25 | -1,33 | -1,33 | -1,59 | -1,92 | | | | | | |
| | | 26 | -0,83 | -0,83 | -1,11 | -1,4 | | | | | | |
| | | 27 | -0,33 | -0,33 | -0,63 | -0,88 | | | | | | |
| | | 28 | 0,15 | 0,12 | -0,14 | -0,36 | | | | | | |
| | | 29 | 0,63 | 0,56 | 0,35 | 0,17 | | | | | | |
| | | 30 | 1,1 | 1,01 | 0,84 | 0,69 | | | | | | |
| | | 31 | 1,57 | 1,47 | 1,34 | 1,24 | | | | | | |
| | | 32 | 2,03 | 1,93 | 1,85 | 1,78 | | | | | | |
| 0,25 | 0,039 | 23 | -1,18 | -1,18 | -1,39 | -1,61 | -1,97 | -2,25 | | | | |
| | | 24 | -0,79 | -0,79 | -1,02 | -1,22 | -1,54 | -1,8 | -2,01 | | | |
| | | 25 | -0,42 | -0,42 | -0,64 | -0,83 | -1,11 | -1,34 | -1,54 | -2,21 | | |
| | | 26 | -0,04 | -0,07 | -0,27 | -0,43 | -0,68 | -0,89 | -1,06 | -1,65 | -2,04 | |
| | | 27 | 0,33 | 0,29 | 0,11 | -0,03 | -0,25 | -0,43 | -0,58 | -1,09 | -1,43 | |
| | | 28 | 0,71 | 0,64 | 0,49 | 0,37 | 0,18 | 0,03 | -0,1 | -0,54 | -0,82 | |
| | | 29 | 1,07 | 0,99 | 0,87 | 0,77 | 0,61 | 0,49 | 0,39 | 0,02 | -0,22 | |
| | | 30 | 1,43 | 1,35 | 1,25 | 1,17 | 1,05 | 0,95 | 0,87 | 0,58 | 0,39 | |
| 0,50 | 0,078 | 18 | -2,01 | -2,01 | -2,17 | -2,38 | -2,7 | | | | | |
| | | 20 | -1,41 | -1,41 | -1,58 | -1,76 | -2,04 | -2,25 | -2,42 | | | |
| | | 22 | -0,79 | -0,79 | -0,97 | -1,13 | -1,36 | -1,54 | -1,69 | -2,17 | -2,46 | |
| | | 24 | -0,17 | -0,2 | -0,36 | -0,48 | -0,68 | -0,83 | -0,95 | -1,35 | -1,59 | |
| | | 26 | 0,44 | 0,39 | 0,26 | 0,16 | 0,01 | -0,11 | -0,21 | -0,52 | -0,71 | |
| | | 28 | 1,05 | 0,98 | 0,88 | 0,81 | 0,7 | 0,61 | 0,54 | 0,31 | 0,16 | |
| | | 30 | 1,64 | 1,57 | 1,51 | 1,46 | 1,39 | 1,33 | 1,29 | 1,14 | 1,04 | |
| | | 32 | 2,25 | 2,2 | 2,17 | 2,15 | 2,11 | 2,09 | 2,07 | 1,99 | 1,95 | |
| 0,75 | 0,116 | 16 | -1,77 | -1,77 | -1,91 | -2,07 | -2,31 | -2,49 | | | | |
| | | 18 | -1,27 | -1,27 | -1,42 | -1,56 | -1,77 | -1,93 | -2,05 | -2,45 | | |
| | | 20 | -0,77 | -0,77 | -0,92 | -1,04 | -1,23 | -1,36 | -1,47 | -1,82 | -2,02 | |
| | | 22 | -0,25 | -0,27 | -0,4 | -0,51 | -0,66 | -0,78 | -0,87 | -1,17 | -1,34 | |
| | | 24 | 0,27 | 0,23 | 0,12 | 0,03 | -0,1 | -0,19 | -0,27 | -0,51 | -0,65 | |
| | | 26 | 0,78 | 0,73 | 0,64 | 0,57 | 0,47 | 0,4 | 0,34 | 0,14 | 0,03 | |
| | | 28 | 1,29 | 1,23 | 1,17 | 1,12 | 1,04 | 0,99 | 0,94 | 0,8 | 0,72 | |
| | | 30 | 1,8 | 1,74 | 1,7 | 1,67 | 1,62 | 1,58 | 1,55 | 1,46 | 1,41 | |
| 1,00 | 0,155 | 16 | -1,18 | -1,18 | -1,31 | -1,43 | -1,59 | -1,72 | -1,82 | -2,12 | -2,29 | |
| | | 18 | -0,75 | -0,75 | -0,88 | -0,98 | -1,13 | -1,24 | -1,33 | -1,59 | -1,75 | |
| | | 20 | -0,32 | -0,33 | -0,45 | -0,54 | -0,67 | -0,76 | -0,83 | -1,07 | -1,2 | |
| | | 22 | 0,13 | 0,1 | 0 | -0,07 | -0,18 | -0,26 | -0,32 | -0,52 | -0,64 | |
| | | 24 | 0,58 | 0,54 | 0,46 | 0,4 | 0,31 | 0,24 | 0,19 | 0,02 | -0,07 | |
| | | 26 | 1,03 | 0,98 | 0,91 | 0,86 | 0,79 | 0,74 | 0,7 | 0,57 | 0,5 | |
| | | 28 | 1,47 | 1,42 | 1,37 | 1,34 | 1,28 | 1,24 | 1,21 | 1,12 | 1,06 | |
| | | 30 | 1,91 | 1,86 | 1,83 | 1,81 | 1,78 | 1,75 | 1,73 | 1,67 | 1,63 | |
| 1,25 | 0,194 | 14 | -1,12 | -1,12 | -1,24 | -1,34 | -1,48 | -1,58 | -1,66 | -1,9 | -2,04 | |
| | | 16 | -0,74 | -0,75 | -0,86 | -0,95 | -1,07 | -1,16 | -1,23 | -1,45 | -1,57 | |
| | | 18 | -0,36 | -0,38 | -0,48 | -0,55 | -0,66 | -0,74 | -0,81 | -1 | -1,11 | |
| | | 20 | 0,02 | -0,01 | -0,1 | -0,16 | -0,26 | -0,33 | -0,38 | -0,55 | -0,64 | |
| | | 22 | 0,42 | 0,38 | 0,31 | 0,25 | 0,17 | 0,11 | 0,07 | -0,08 | -0,16 | |
| | | 24 | 0,81 | 0,77 | 0,71 | 0,66 | 0,6 | 0,55 | 0,51 | 0,39 | 0,33 | |
| | | 26 | 1,21 | 1,16 | 1,11 | 1,08 | 1,03 | 0,99 | 0,96 | 0,87 | 0,82 | |
| | | 28 | 1,6 | 1,56 | 1,52 | 1,5 | 1,46 | 1,43 | 1,41 | 1,34 | 1,3 | |
| 1,50 | 0,233 | 12 | -1,09 | -1,09 | -1,19 | -1,27 | -1,39 | -1,48 | -1,55 | -1,75 | -1,86 | |
| | | 14 | -0,75 | -0,75 | -0,85 | -0,93 | -1,03 | -1,11 | -1,17 | -1,35 | -1,45 | |
| | | 16 | -0,41 | -0,42 | -0,51 | -0,58 | -0,67 | -0,74 | -0,79 | -0,96 | -1,05 | |
| | | 18 | -0,06 | -0,09 | -0,17 | -0,22 | -0,31 | -0,37 | -0,42 | -0,56 | -0,64 | |
| | | 20 | 0,28 | 0,25 | 0,18 | 0,13 | 0,05 | 0 | -0,04 | -0,16 | -0,24 | |
| | | 22 | 0,63 | 0,6 | 0,54 | 0,5 | 0,44 | 0,39 | 0,36 | 0,25 | 0,19 | |
| | | 24 | 0,99 | 0,95 | 0,91 | 0,87 | 0,82 | 0,78 | 0,76 | 0,67 | 0,62 | |
| | | 26 | 1,35 | 1,31 | 1,27 | 1,24 | 1,2 | 1,18 | 1,15 | 1,08 | 1,05 | |

Nivell d'activitat 81,2 W/m² (1,4 met)

| Vestit | | Temperatura seca °C | Velocitat relativa (m/s) | | | | | | | | | |
|--------|---------------------|------------------------|--------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--|
| clo | m ² °C/W | | <0,10 | 0,10 | 0,15 | 0,20 | 0,30 | 0,40 | 0,50 | 1,00 | 1,50 | |
| 0 | 0 | 24 | -1,14 | -1,14 | -1,35 | -1,65 | | | | | | |
| | | 25 | -0,72 | -0,72 | -0,95 | -1,21 | | | | | | |
| | | 26 | -0,3 | -0,3 | 0,54 | -0,78 | | | | | | |
| | | 27 | 0,11 | 0,11 | -0,14 | -0,34 | | | | | | |
| | | 28 | 0,52 | 0,48 | 0,27 | 0,1 | | | | | | |
| | | 29 | 0,92 | 0,85 | 0,69 | 0,54 | | | | | | |
| | | 30 | 1,31 | 1,23 | 1,1 | 0,99 | | | | | | |
| | | 31 | 1,71 | 1,62 | 1,52 | 1,45 | | | | | | |
| 0,25 | 0,039 | 22 | -0,95 | -0,95 | -1,12 | -1,33 | -1,64 | -1,9 | -2,11 | | | |
| | | 23 | -0,63 | -0,63 | -0,81 | -0,99 | -1,28 | -1,51 | -1,71 | -2,38 | | |
| | | 24 | -0,31 | -0,31 | -0,5 | -0,66 | -0,92 | -1,13 | -1,31 | -1,91 | -2,31 | |
| | | 25 | 0,01 | 0 | -0,18 | -0,33 | -0,56 | -0,75 | -0,9 | -1,45 | -1,8 | |
| | | 26 | 0,33 | 0,3 | 0,14 | 0,01 | -0,2 | -0,36 | -0,5 | -0,98 | -1,29 | |
| | | 27 | 0,64 | 0,59 | 0,45 | 0,34 | 0,16 | 0,02 | -0,1 | -0,51 | -0,78 | |
| | | 28 | 0,95 | 0,89 | 0,77 | 0,68 | 0,53 | 0,41 | 0,31 | -0,04 | -0,27 | |
| | | 29 | 1,26 | 1,19 | 1,09 | 1,02 | 0,89 | 0,8 | 0,72 | 0,43 | 0,24 | |
| 0,50 | 0,078 | 18 | -1,36 | -1,36 | -1,49 | -1,66 | -1,93 | -2,12 | -2,29 | | | |
| | | 20 | -0,85 | -0,85 | -1 | -1,14 | -1,37 | -1,54 | -1,68 | -2,15 | -2,43 | |
| | | 22 | -0,33 | -0,33 | -0,48 | -0,61 | -0,8 | -0,95 | -1,06 | -1,46 | -1,7 | |
| | | 24 | 0,19 | 0,17 | 0,04 | -0,07 | -0,22 | -0,34 | -0,44 | -0,76 | -0,96 | |
| | | 26 | 0,71 | 0,66 | 0,56 | 0,48 | 0,35 | 0,26 | 0,18 | -0,07 | -0,23 | |
| | | 28 | 1,22 | 1,16 | 1,09 | 1,03 | 0,94 | 0,87 | 0,81 | 0,63 | 0,51 | |
| | | 30 | 1,72 | 1,66 | 1,62 | 1,58 | 1,52 | 1,48 | 1,44 | 1,33 | 1,25 | |
| | | 32 | 2,23 | 2,19 | 2,17 | 2,16 | 2,13 | 2,11 | 2,1 | 2,05 | 2,02 | |
| 0,75 | 0,116 | 16 | -1,17 | -1,17 | -1,29 | -1,42 | -1,62 | -1,77 | -1,88 | -2,26 | -2,48 | |
| | | 18 | -0,75 | -0,75 | -0,87 | -0,99 | -1,16 | -1,29 | -1,39 | -1,72 | -1,92 | |
| | | 20 | -0,33 | -0,33 | -0,45 | -0,55 | -0,7 | -0,82 | -0,91 | -1,19 | -1,36 | |
| | | 22 | 0,11 | 0,09 | -0,02 | -0,1 | -0,23 | -0,32 | -0,4 | -0,64 | -0,78 | |
| | | 24 | 0,55 | 0,51 | 0,42 | 0,35 | 0,25 | 0,17 | 0,11 | -0,09 | -0,2 | |
| | | 26 | 0,98 | 0,94 | 0,87 | 0,81 | 0,73 | 0,67 | 0,62 | 0,47 | 0,37 | |
| | | 28 | 1,41 | 1,36 | 1,31 | 1,27 | 1,21 | 1,17 | 1,13 | 1,02 | 0,95 | |
| | | 30 | 1,84 | 1,79 | 1,76 | 1,73 | 1,7 | 1,67 | 1,65 | 1,58 | 1,53 | |
| 1,00 | 0,155 | 14 | -1,05 | -1,05 | -1,16 | -1,26 | -1,42 | -1,53 | -1,62 | -1,91 | -2,07 | |
| | | 16 | -0,69 | -0,69 | -0,8 | -0,89 | -1,03 | -1,13 | -1,21 | -1,46 | -1,61 | |
| | | 18 | -0,32 | -0,32 | -0,43 | -0,52 | -0,64 | -0,73 | -0,8 | -1,02 | -1,15 | |
| | | 20 | 0,04 | 0,03 | -0,07 | -0,14 | -0,25 | -0,32 | -0,38 | -0,58 | -0,69 | |
| | | 22 | 0,42 | 0,39 | 0,31 | 0,25 | 0,16 | 0,1 | 0,05 | -0,12 | -0,21 | |
| | | 24 | 0,8 | 0,76 | 0,7 | 0,65 | 0,57 | 0,52 | 0,48 | 0,35 | 0,27 | |
| | | 26 | 1,18 | 1,13 | 1,08 | 1,04 | 0,99 | 0,95 | 0,91 | 0,81 | 0,75 | |
| | | 28 | 1,55 | 1,51 | 1,47 | 1,44 | 1,4 | 1,37 | 1,35 | 1,27 | 1,23 | |
| 1,25 | 0,194 | 12 | -0,97 | -0,97 | -1,06 | -1,15 | -1,28 | -1,37 | -1,45 | -1,67 | -1,8 | |
| | | 14 | -0,65 | -0,65 | -0,75 | -0,82 | -0,94 | -1,02 | -1,09 | -1,29 | -1,4 | |
| | | 16 | -0,33 | -0,33 | -0,43 | -0,5 | -0,6 | -0,67 | -0,73 | -0,91 | -1,01 | |
| | | 18 | -0,01 | -0,02 | -0,1 | -0,17 | -0,26 | -0,32 | -0,37 | -0,53 | -0,52 | |
| | | 20 | 0,32 | 0,29 | 0,22 | 0,17 | 0,09 | 0,03 | -0,01 | -0,15 | -0,22 | |
| | | 22 | 0,65 | 0,62 | 0,56 | 0,52 | 0,45 | 0,4 | 0,36 | 0,25 | 0,18 | |
| | | 24 | 0,99 | 0,95 | 0,9 | 0,87 | 0,81 | 0,77 | 0,74 | 0,65 | 0,59 | |
| | | 26 | 1,32 | 1,28 | 1,25 | 1,22 | 1,18 | 1,14 | 1,12 | 1,05 | 1 | |
| 1,50 | 0,233 | 10 | -0,91 | -0,91 | -1 | -1,08 | -1,18 | -1,26 | -1,32 | -1,51 | -1,61 | |
| | | 12 | -0,63 | -0,63 | -0,71 | -0,78 | -0,88 | -0,95 | -1,01 | -1,17 | -1,27 | |
| | | 14 | -0,34 | -0,34 | -0,43 | -0,49 | -0,58 | -0,64 | -0,69 | -0,84 | -0,92 | |
| | | 16 | -0,05 | -0,06 | -0,14 | -0,19 | -0,27 | -0,33 | -0,37 | -0,5 | -0,58 | |
| | | 18 | 0,24 | 0,22 | 0,15 | 0,11 | 0,04 | -0,01 | -0,05 | -0,17 | -0,23 | |
| | | 20 | 0,53 | 0,5 | 0,45 | 0,4 | 0,34 | 0,3 | 0,27 | 0,17 | 0,11 | |
| | | 22 | 0,83 | 0,8 | 0,75 | 0,72 | 0,67 | 0,63 | 0,6 | 0,52 | 0,47 | |
| | | 24 | 1,13 | 1,1 | 1,06 | 1,03 | 0,99 | 0,96 | 0,94 | 0,87 | 0,83 | |

Nivell d'activitat 92,8 W/m² (1,6 met)

| Vestit | | Temperatura seca °C | Velocitat relativa (m/s) | | | | | | | | | |
|--------|---------------------|------------------------|--------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--|
| clo | m ² °C/W | | <0,10 | 0,10 | 0,15 | 0,20 | 0,30 | 0,40 | 0,50 | 1,00 | 1,50 | |
| 0 | 0 | 23 | -1,12 | -1,12 | -1,29 | -1,57 | | | | | | |
| | | 24 | -0,74 | -0,74 | -0,93 | -1,18 | | | | | | |
| | | 25 | -0,36 | -0,36 | -0,57 | -0,79 | | | | | | |
| | | 26 | 0,01 | 0,01 | -0,2 | -0,4 | | | | | | |
| | | 27 | 0,38 | 0,37 | 0,17 | 0 | | | | | | |
| | | 28 | 0,75 | 0,7 | 0,53 | 0,39 | | | | | | |
| | | 29 | 1,11 | 1,04 | 0,9 | 0,79 | | | | | | |
| | | 30 | 1,46 | 1,38 | 1,27 | 1,19 | | | | | | |
| 0,25 | 0,039 | 16 | -2,29 | -2,29 | -2,36 | -2,62 | | | | | | |
| | | 18 | -1,72 | -1,72 | -1,83 | -2,06 | -2,42 | | | | | |
| | | 20 | -1,15 | -1,15 | -1,29 | -1,49 | -1,8 | -2,05 | -2,26 | | | |
| | | 22 | -0,58 | -0,58 | -0,73 | -0,9 | -1,17 | -1,38 | -1,55 | -2,17 | -2,58 | |
| | | 24 | -0,01 | -0,01 | -0,17 | -0,31 | -0,53 | -0,7 | -0,84 | -1,35 | -1,68 | |
| | | 26 | 0,56 | 0,53 | 0,39 | 0,29 | 0,12 | -0,02 | -0,13 | -0,52 | -0,78 | |
| | | 28 | 1,12 | 1,06 | 0,96 | 0,89 | 0,77 | 0,67 | 0,59 | 0,31 | 0,12 | |
| | | 30 | 1,66 | 1,6 | 1,54 | 1,49 | 1,42 | 1,36 | 1,31 | 1,14 | 1,02 | |
| 0,50 | 0,078 | 14 | -1,85 | -1,85 | -1,94 | -2,12 | -2,4 | | | | | |
| | | 16 | -1,4 | -1,4 | -1,5 | -1,67 | -1,92 | -2,11 | -2,26 | | | |
| | | 18 | -0,95 | -0,95 | -1,07 | -1,21 | -1,43 | -1,59 | -1,73 | -2,18 | -2,46 | |
| | | 20 | -0,49 | -0,49 | -0,62 | -0,75 | -0,94 | -1,08 | -1,2 | -1,59 | -1,82 | |
| | | 22 | -0,03 | -0,03 | -0,16 | -0,27 | -0,43 | -0,55 | -0,65 | -0,98 | -1,18 | |
| | | 24 | 0,43 | 0,41 | 0,3 | 0,21 | 0,08 | -0,02 | -0,1 | -0,37 | -0,53 | |
| | | 26 | 0,89 | 0,85 | 0,76 | 0,7 | 0,6 | 0,52 | 0,46 | 0,25 | 0,12 | |
| | | 28 | 1,34 | 1,29 | 1,23 | 1,18 | 1,11 | 1,06 | 1,01 | 0,86 | 0,77 | |
| 0,75 | 0,116 | 14 | -1,16 | -1,16 | -1,26 | -1,38 | -1,57 | -1,71 | -1,82 | -2,17 | -2,38 | |
| | | 16 | -0,79 | -0,79 | -0,89 | -1 | -1,17 | -1,29 | -1,39 | -1,7 | -1,88 | |
| | | 18 | -0,41 | -0,41 | -0,52 | -0,62 | -0,76 | -0,87 | -0,96 | -1,23 | -1,39 | |
| | | 20 | -0,04 | -0,04 | -0,15 | -0,23 | -0,36 | -0,45 | -0,52 | -0,76 | -0,9 | |
| | | 22 | 0,35 | 0,33 | 0,24 | 0,17 | 0,07 | -0,01 | -0,07 | -0,27 | -0,39 | |
| | | 24 | 0,74 | 0,71 | 0,63 | 0,58 | 0,49 | 0,43 | 0,38 | 0,21 | 0,12 | |
| | | 26 | 1,12 | 1,08 | 1,03 | 0,98 | 0,92 | 0,87 | 0,83 | 0,7 | 0,62 | |
| | | 28 | 1,51 | 1,46 | 1,42 | 1,39 | 1,34 | 1,31 | 1,28 | 1,19 | 1,14 | |
| 1,00 | 0,155 | 12 | -1,01 | -1,01 | -1,1 | -1,19 | -1,34 | -1,45 | -1,53 | -1,79 | -1,94 | |
| | | 14 | 0,68 | -0,68 | -0,78 | -0,87 | -1 | -1,09 | -1,17 | -1,4 | -1,54 | |
| | | 16 | 0,36 | -0,36 | -0,46 | -0,53 | -0,65 | -0,74 | -0,8 | -1,01 | -1,13 | |
| | | 18 | 0,04 | -0,04 | -0,13 | -0,2 | -0,3 | -0,38 | -0,44 | -0,62 | -0,73 | |
| | | 20 | 0,28 | 0,27 | 0,19 | 0,13 | 0,04 | -0,02 | -0,07 | -0,23 | -0,32 | |
| | | 22 | 0,62 | 0,59 | 0,53 | 0,48 | 0,41 | 0,35 | 0,31 | 0,17 | 0,1 | |
| | | 24 | 0,96 | 0,92 | 0,87 | 0,83 | 0,77 | 0,73 | 0,69 | 0,58 | 0,52 | |
| | | 26 | 1,29 | 1,25 | 1,21 | 1,18 | 1,14 | 1,1 | 1,07 | 0,99 | 0,94 | |
| 1,25 | 0,194 | 10 | -0,9 | -0,9 | -0,98 | -1,06 | -1,18 | -1,27 | -1,33 | -1,54 | -1,66 | |
| | | 12 | -0,62 | -0,62 | -0,7 | -0,77 | -0,88 | -0,96 | -1,02 | -1,21 | -1,31 | |
| | | 14 | -0,33 | -0,33 | -0,42 | -0,48 | -0,58 | -0,65 | -0,7 | -0,87 | -0,97 | |
| | | 16 | -0,05 | -0,05 | -0,13 | -0,19 | -0,28 | -0,34 | -0,39 | -0,54 | -0,62 | |
| | | 18 | 0,24 | 0,22 | 0,15 | 0,1 | 0,03 | -0,03 | -0,07 | -0,2 | -0,28 | |
| | | 20 | 0,52 | 0,5 | 0,44 | 0,4 | 0,33 | 0,29 | 0,25 | 0,14 | 0,07 | |
| | | 22 | 0,82 | 0,79 | 0,74 | 0,71 | 0,65 | 0,61 | 0,58 | 0,49 | 0,43 | |
| | | 24 | 1,12 | 1,09 | 1,05 | 1,02 | 0,97 | 0,94 | 0,92 | 0,84 | 0,79 | |
| 1,50 | 0,233 | 8 | -0,82 | -0,82 | -0,89 | -0,96 | -1,06 | -1,13 | -1,19 | -1,36 | -1,45 | |
| | | 10 | -0,57 | -0,57 | -0,65 | -0,71 | -0,8 | -0,86 | -0,92 | -1,07 | -1,16 | |
| | | 12 | -0,32 | -0,32 | -0,39 | -0,45 | -0,53 | -0,59 | -0,64 | -0,78 | -0,85 | |
| | | 14 | -0,06 | -0,07 | -0,14 | -0,19 | -0,26 | -0,31 | -0,36 | -0,48 | -0,55 | |
| | | 16 | 0,19 | 0,18 | 0,12 | 0,07 | 0,01 | -0,04 | -0,07 | -0,19 | -0,25 | |
| | | 18 | 0,45 | 0,43 | 0,38 | 0,34 | 0,28 | 0,24 | 0,21 | 0,11 | 0,05 | |
| | | 20 | 0,71 | 0,68 | 0,64 | 0,6 | 0,55 | 0,52 | 0,49 | 0,41 | 0,36 | |
| | | 22 | 0,97 | 0,95 | 0,91 | 0,88 | 0,84 | 0,81 | 0,79 | 0,72 | 0,68 | |

Nivell d'activitat 104,4 W/m² (1,8 met)

| Vestit | | Tempera- tura seca °C | Velocitat relativa (m/s) | | | | | | | | | |
|--------|---------------------|-----------------------------|--------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--|
| clo | m ² °C/W | | <0,10 | 0,10 | 0,15 | 0,20 | 0,30 | 0,40 | 0,50 | 1,00 | 1,50 | |
| 0 | 0 | 22 | -1,05 | -1,05 | -1,19 | -1,46 | | | | | | |
| | | 23 | -0,7 | -0,7 | -0,86 | -1,11 | | | | | | |
| | | 24 | -0,36 | -0,36 | -0,53 | -0,75 | | | | | | |
| | | 25 | -0,01 | -0,01 | -0,2 | -0,4 | | | | | | |
| | | 26 | 0,32 | 0,32 | 0,13 | -0,04 | | | | | | |
| | | 27 | 0,66 | 0,63 | 0,46 | 0,32 | | | | | | |
| | | 28 | 0,99 | 0,94 | 0,8 | 0,68 | | | | | | |
| | | 29 | 1,31 | 1,25 | 1,13 | 1,04 | | | | | | |
| 0,25 | 0,039 | 16 | -1,79 | -1,79 | -1,86 | -2,09 | -2,46 | | | | | |
| | | 18 | -1,28 | -1,28 | -1,38 | -1,58 | -1,9 | -2,16 | -2,37 | | | |
| | | 20 | -0,76 | -0,76 | -0,89 | -1,06 | -1,34 | -1,56 | -1,75 | -2,39 | -2,89 | |
| | | 22 | -0,24 | -0,24 | -0,38 | -0,53 | -0,76 | -0,95 | -1,1 | -1,65 | -2,01 | |
| | | 24 | 0,28 | 0,28 | 0,13 | 0,01 | -0,18 | -0,33 | -0,46 | -0,9 | -1,19 | |
| | | 26 | 0,79 | 0,76 | 0,64 | 0,55 | 0,4 | 0,29 | 0,19 | -0,15 | -0,38 | |
| | | 28 | 1,29 | 1,24 | 1,16 | 1,1 | 0,99 | 0,91 | 0,84 | 0,6 | 0,44 | |
| | | 30 | 1,79 | 1,73 | 1,68 | 1,65 | 1,59 | 1,54 | 1,5 | 1,36 | 1,27 | |
| 0,50 | 0,078 | 14 | -1,42 | -1,42 | -1,5 | -1,66 | -1,91 | -2,1 | -2,25 | | | |
| | | 16 | -1,01 | -1,01 | -1,1 | -1,25 | -1,47 | -1,64 | -1,77 | -2,23 | -2,51 | |
| | | 18 | -0,59 | -0,59 | -0,7 | -0,83 | -1,02 | -1,17 | -1,29 | -1,69 | -1,94 | |
| | | 20 | -0,18 | -0,18 | -0,3 | -0,41 | -0,58 | -0,71 | -0,81 | -1,15 | -1,36 | |
| | | 22 | 0,24 | 0,23 | 0,12 | 0,02 | -0,12 | -0,22 | -0,31 | -0,6 | -0,78 | |
| | | 24 | 0,66 | 0,63 | 0,54 | 0,46 | 0,35 | 0,26 | 0,19 | -0,04 | -0,19 | |
| | | 26 | 1,07 | 1,03 | 0,96 | 0,9 | 0,82 | 0,75 | 0,69 | 0,51 | 0,4 | |
| | | 28 | 1,48 | 1,44 | 1,39 | 1,35 | 1,29 | 1,24 | 1,2 | 1,07 | 1 | |
| 0,75 | 0,116 | 12 | -1,15 | -1,15 | -1,23 | -1,35 | -1,53 | -1,67 | -1,78 | -2,13 | -2,33 | |
| | | 14 | -0,81 | -0,81 | -0,89 | -1 | -1,17 | -1,29 | -1,39 | -1,7 | -1,89 | |
| | | 16 | -0,46 | -0,46 | -0,56 | -0,66 | -0,8 | -0,91 | -1 | -1,28 | -1,44 | |
| | | 18 | -0,12 | -0,12 | -0,22 | -0,31 | -0,43 | -0,53 | -0,61 | -0,85 | -0,99 | |
| | | 20 | 0,22 | 0,21 | 0,12 | 0,04 | -0,07 | -0,15 | -0,21 | -0,42 | -0,55 | |
| | | 22 | 0,57 | 0,55 | 0,47 | 0,41 | 0,32 | 0,25 | 0,2 | 0,02 | -0,09 | |
| | | 24 | 0,92 | 0,89 | 0,83 | 0,78 | 0,71 | 0,65 | 0,6 | 0,46 | 0,38 | |
| | | 26 | 1,28 | 1,24 | 1,19 | 1,15 | 1,09 | 1,05 | 1,02 | 0,91 | 0,84 | |
| 1,00 | 0,155 | 10 | -0,97 | -0,97 | -1,04 | -1,14 | -1,28 | -1,39 | -1,47 | -1,73 | -1,88 | |
| | | 12 | -0,68 | -0,68 | -0,76 | -0,84 | -0,97 | -1,07 | -1,14 | -1,38 | -1,51 | |
| | | 14 | -0,38 | -0,38 | -0,46 | -0,54 | -0,66 | -0,74 | -0,81 | -1,02 | -1,14 | |
| | | 16 | -0,09 | -0,09 | -0,17 | -0,24 | -0,35 | -0,42 | -0,48 | -0,67 | -0,78 | |
| | | 18 | 0,21 | 0,2 | 0,12 | 0,06 | -0,03 | -0,1 | -0,15 | -0,31 | -0,41 | |
| | | 20 | 0,5 | 0,48 | 0,42 | 0,36 | 0,29 | 0,23 | 0,18 | 0,04 | -0,04 | |
| | | 22 | 0,81 | 0,78 | 0,73 | 0,68 | 0,62 | 0,57 | 0,53 | 0,41 | 0,35 | |
| | | 24 | 1,11 | 1,08 | 1,04 | 1 | 0,95 | 0,91 | 0,88 | 0,78 | 0,73 | |
| 1,25 | 0,194 | 8 | -0,84 | -0,84 | -0,91 | -0,99 | -1,1 | -1,19 | -1,25 | -1,46 | -1,57 | |
| | | 10 | -0,59 | -0,59 | -0,66 | -0,73 | -0,84 | -0,91 | -0,97 | -1,16 | -1,26 | |
| | | 12 | -0,33 | -0,33 | -0,4 | -0,47 | -0,56 | -0,63 | -0,69 | -0,86 | -0,95 | |
| | | 14 | -0,07 | -0,07 | -0,14 | -0,2 | -0,29 | -0,35 | -0,4 | -0,55 | -0,63 | |
| | | 16 | 0,19 | 0,18 | 0,12 | 0,06 | -0,01 | -0,07 | -0,11 | -0,24 | 0,32 | |
| | | 18 | 0,45 | 0,44 | 0,38 | 0,33 | 0,26 | 0,22 | 0,18 | 0,06 | 0 | |
| | | 20 | 0,71 | 0,69 | 0,64 | 0,6 | 0,54 | 0,5 | 0,47 | 0,37 | 0,31 | |
| | | 22 | 0,98 | 0,96 | 0,91 | 0,88 | 0,83 | 0,8 | 0,77 | 0,69 | 0,64 | |
| 1,50 | 0,233 | -2 | -1,63 | -1,63 | -1,68 | -1,77 | -1,9 | -2 | -2,07 | -2,29 | -2,41 | |
| | | 2 | -1,19 | -1,19 | -1,25 | -1,33 | -1,44 | -1,52 | -1,58 | -1,78 | -1,88 | |
| | | 6 | -0,74 | -0,74 | -0,8 | -0,87 | -0,97 | -1,04 | -1,09 | -1,26 | -1,35 | |
| | | 10 | -0,29 | -0,29 | -0,36 | -0,42 | -0,5 | -0,56 | -0,6 | -0,74 | -0,82 | |
| | | 14 | 0,17 | 0,17 | 0,11 | 0,06 | -0,01 | -0,05 | -0,09 | -0,2 | -0,26 | |
| | | 18 | 0,64 | 0,62 | 0,57 | 0,54 | 0,49 | 0,45 | 0,42 | 0,34 | 0,29 | |
| | | 22 | 1,12 | 1,09 | 1,06 | 1,03 | 1 | 0,97 | 0,95 | 0,89 | 0,85 | |
| | | 26 | 1,61 | 1,58 | 1,56 | 1,55 | 1,52 | 1,51 | 1,5 | 1,46 | 1,44 | |

Nivell d'activitat 116 W/m² (2 met)

| Vestit | | Temperatura seca °C | Velocitat relativa (m/s) | | | | | | | | | |
|--------|---------------------|------------------------|--------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--|
| clo | m ² °C/W | | <0,10 | 0,10 | 0,15 | 0,20 | 0,30 | 0,40 | 0,50 | 1,00 | 1,50 | |
| 0 | 0 | 18 | | -2 | -2,02 | -2,35 | | | | | | |
| | | 20 | | -1,35 | -1,43 | -1,72 | | | | | | |
| | | 22 | | -0,69 | -0,82 | -1,06 | | | | | | |
| | | 24 | | -0,04 | -0,21 | -0,41 | | | | | | |
| | | 26 | | 0,59 | 0,41 | 0,26 | | | | | | |
| | | 28 | | 1,16 | 1,03 | 0,93 | | | | | | |
| | | 30 | | 1,73 | 1,66 | 1,6 | | | | | | |
| 0,25 | 0,039 | 32 | | 2,33 | 2,32 | 2,31 | | | | | | |
| | | 16 | | -1,41 | -1,48 | -1,69 | -2,02 | -2,29 | -2,51 | | | |
| | | 18 | | -0,93 | -1,03 | -1,21 | -1,5 | -1,74 | -1,93 | -2,61 | | |
| | | 20 | | -0,45 | -0,57 | -0,73 | -0,98 | -1,18 | -1,35 | -1,93 | -2,32 | |
| | | 22 | | 0,04 | -0,09 | -0,23 | -0,44 | -0,61 | -0,75 | -1,24 | -1,56 | |
| | | 24 | | 0,52 | 0,38 | 0,28 | 0,1 | -0,03 | -0,14 | -0,54 | -0,8 | |
| | | 26 | | 0,97 | 0,86 | 0,78 | 0,65 | 0,55 | 0,46 | 0,16 | -0,04 | |
| 0,50 | 0,078 | 28 | | 1,42 | 1,35 | 1,29 | 1,2 | 1,13 | 1,07 | 0,86 | 0,72 | |
| | | 30 | | 1,88 | 1,84 | 1,81 | 1,76 | 1,72 | 1,68 | 1,57 | 1,49 | |
| | | 14 | | -1,08 | -1,16 | -1,31 | -1,53 | -1,71 | -1,85 | -2,32 | | |
| | | 16 | | -0,69 | -0,79 | -0,92 | -1,12 | -1,27 | -1,4 | -1,82 | -2,07 | |
| | | 18 | | -0,31 | -0,41 | -0,53 | -0,7 | -0,84 | -0,95 | -1,31 | -1,54 | |
| 0,75 | 0,116 | 20 | | 0,07 | -0,04 | -0,14 | -0,29 | -0,4 | -0,5 | -0,81 | -1 | |
| | | 22 | | 0,46 | 0,35 | 0,27 | 0,15 | 0,05 | -0,03 | -0,29 | -0,45 | |
| | | 24 | | 0,83 | 0,75 | 0,68 | 0,58 | 0,5 | 0,44 | 0,23 | 0,1 | |
| | | 26 | | 1,21 | 1,15 | 1,1 | 1,02 | 0,96 | 0,91 | 0,75 | 0,65 | |
| | | 28 | | 1,59 | 1,55 | 1,51 | 1,46 | 1,42 | 1,38 | 1,27 | 1,21 | |
| | | 10 | | -1,16 | -1,23 | -1,35 | -1,54 | -1,67 | -1,78 | -2,14 | -2,34 | |
| | | 12 | | -0,84 | -0,92 | -1,03 | -1,2 | -1,32 | -1,42 | -1,74 | -1,93 | |
| 1,00 | 0,155 | 14 | | -0,52 | -0,6 | -0,7 | -0,85 | -0,97 | -1,06 | -1,34 | -1,51 | |
| | | 16 | | -0,2 | -0,29 | -0,38 | -0,51 | -0,61 | -0,69 | -0,95 | -1,1 | |
| | | 18 | | 0,12 | 0,03 | -0,05 | -0,17 | -0,26 | -0,32 | -0,55 | -0,68 | |
| | | 20 | | 0,43 | 0,34 | 0,28 | 0,18 | 0,1 | 0,04 | -0,15 | -0,26 | |
| | | 22 | | 0,75 | 0,68 | 0,62 | 0,54 | 0,48 | 0,43 | 0,27 | 0,17 | |
| | | 24 | | 1,07 | 1,01 | 0,97 | 0,9 | 0,85 | 0,81 | 0,68 | 0,61 | |
| | | 8 | | -0,95 | -1,02 | -1,11 | -1,26 | -1,36 | -1,45 | -1,71 | -1,86 | |
| 1,25 | 0,194 | 10 | | -0,68 | -0,75 | -0,84 | -0,97 | -1,07 | -1,15 | -1,38 | -1,52 | |
| | | 12 | | -0,41 | -0,48 | -0,56 | -0,68 | -0,77 | -0,84 | -1,05 | -1,18 | |
| | | 14 | | -0,13 | -0,21 | -0,28 | -0,39 | -0,47 | -0,53 | -0,72 | -0,83 | |
| | | 16 | | 0,14 | 0,06 | 0 | -0,1 | -0,16 | -0,22 | -0,39 | -0,49 | |
| | | 18 | | 0,41 | 0,34 | 0,28 | 0,2 | 0,14 | 0,09 | -0,06 | -0,14 | |
| | | 20 | | 0,68 | 0,61 | 0,57 | 0,5 | 0,44 | 0,4 | 0,28 | 0,2 | |
| | | 22 | | 0,96 | 0,91 | 0,87 | 0,81 | 0,76 | 0,73 | 0,62 | 0,56 | |
| 1,50 | 0,233 | -2 | | -1,74 | -1,77 | -1,88 | -2,04 | -2,15 | -2,24 | -2,51 | -2,66 | |
| | | 2 | | -1,27 | -1,32 | -1,42 | -1,55 | -1,65 | -1,73 | -1,97 | -2,1 | |
| | | 6 | | -0,8 | -0,86 | -0,94 | -1,06 | -1,14 | -1,21 | -1,41 | -1,53 | |
| | | 10 | | -0,33 | -0,4 | -0,47 | -0,56 | -0,64 | -0,69 | -0,86 | -0,96 | |
| | | 14 | | 0,15 | 0,08 | 0,03 | -0,05 | -0,11 | -0,15 | -0,29 | -0,37 | |
| | | 18 | | 0,63 | 0,57 | 0,53 | 0,47 | 0,42 | 0,39 | 0,28 | 0,22 | |
| | | 22 | | 1,11 | 1,08 | 1,05 | 1 | 0,97 | 0,95 | 0,87 | 0,83 | |
| 1,50 | 0,233 | 26 | | 1,62 | 1,6 | 1,58 | 1,55 | 1,53 | 1,52 | 1,47 | 1,45 | |
| | | -4 | | -1,52 | -1,56 | -1,65 | -1,78 | -1,87 | -1,95 | -2,16 | -2,28 | |
| | | 0 | | -1,11 | -1,16 | -1,24 | -1,35 | -1,44 | -1,5 | -1,69 | -1,79 | |
| | | 4 | | -0,69 | -0,75 | -0,82 | -0,92 | -0,99 | -1,04 | -1,2 | -1,29 | |
| | | 8 | | -0,27 | -0,33 | -0,39 | -0,47 | -0,53 | -0,58 | -0,72 | -0,79 | |
| | | 12 | | 0,15 | 0,09 | 0,05 | -0,02 | -0,07 | -0,11 | -0,22 | -0,29 | |
| | | 16 | | 0,58 | 0,53 | 0,49 | 0,44 | 0,4 | 0,37 | 0,28 | 0,23 | |
| 20 | | 1,01 | 0,97 | 0,94 | 0,91 | 0,88 | 0,85 | 0,79 | 0,75 | | | |
| 24 | | 1,47 | 1,44 | 1,43 | 1,4 | 1,38 | 1,36 | 1,32 | 1,29 | | | |

Nivell d'activitat 139,2 W/m² (2,4 met)

| Vestit | | Temperatura seca °C | Velocitat relativa (m/s) | | | | | | | | | |
|--------|---------------------|------------------------|--------------------------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--|
| clo | m ² °C/W | | <0,10 | 0,10 | 0,15 | 0,20 | 0,30 | 0,40 | 0,50 | 1,00 | 1,50 | |
| 0 | 0 | 16 | | | -1,88 | -2,22 | | | | | | |
| | | 18 | | | -1,34 | -1,63 | | | | | | |
| | | 20 | | | -0,79 | -1,05 | | | | | | |
| | | 22 | | | -0,23 | -0,44 | | | | | | |
| | | 24 | | | 0,34 | 0,17 | | | | | | |
| | | 26 | | | 0,91 | 0,78 | | | | | | |
| | | 28 | | | 1,49 | 1,4 | | | | | | |
| 0,25 | 0,039 | 30 | | | 2,07 | 2,03 | | | | | | |
| | | 14 | | | -1,31 | -1,52 | -1,85 | -2,12 | -2,34 | | | |
| | | 16 | | | -0,89 | -1,08 | -0,14 | -1,61 | -1,81 | -2,49 | | |
| | | 18 | | | -0,47 | -0,63 | -0,89 | -1,1 | -1,27 | -1,87 | -2,26 | |
| | | 20 | | | -0,05 | -0,19 | -0,41 | -0,58 | -0,73 | -1,24 | -1,58 | |
| | | 22 | | | 0,39 | 0,28 | 0,09 | -0,05 | -0,17 | -0,6 | -0,88 | |
| | | 24 | | | 0,84 | 0,74 | 0,6 | 0,48 | 0,39 | 0,05 | -0,17 | |
| 0,50 | 0,078 | 26 | | | 1,28 | 1,22 | 1,11 | 1,02 | 0,95 | 0,7 | 0,53 | |
| | | 28 | | | 1,73 | 1,69 | 1,62 | 1,56 | 1,51 | 1,35 | 1,24 | |
| | | 12 | | | -0,97 | -1,11 | -1,34 | -1,51 | -1,65 | -2,12 | -2,4 | |
| | | 14 | | | -0,62 | -0,76 | -0,96 | -1,11 | -1,24 | -1,65 | -1,91 | |
| | | 16 | | | -0,28 | -0,4 | -0,58 | -0,71 | -0,82 | -1,19 | -1,42 | |
| | | 18 | | | 0,07 | -0,03 | -0,19 | -0,31 | -0,41 | -0,73 | -0,92 | |
| | | 20 | | | 0,42 | 0,33 | 0,2 | 0,1 | 0,01 | -0,26 | -0,43 | |
| 0,75 | 0,116 | 22 | | | 0,78 | 0,71 | 0,6 | 0,52 | 0,45 | 0,22 | 0,08 | |
| | | 24 | | | 1,15 | 1,09 | 1 | 0,94 | 0,88 | 0,7 | 0,59 | |
| | | 26 | | | 1,52 | 1,47 | 1,41 | 1,36 | 1,32 | 1,19 | 1,11 | |
| | | 10 | | | -0,71 | -0,82 | -0,99 | -1,11 | -1,21 | -1,53 | -1,71 | |
| | | 12 | | | -0,42 | -0,52 | -0,67 | -0,79 | -0,88 | -1,16 | -1,33 | |
| | | 14 | | | -0,13 | -0,22 | -0,36 | -0,46 | -0,54 | -0,79 | -0,94 | |
| | | 16 | | | 0,16 | 0,08 | -0,04 | -0,13 | -0,2 | -0,42 | -0,56 | |
| 1,00 | 0,155 | 18 | | | 0,45 | 0,38 | 0,28 | 0,2 | 0,14 | -0,05 | -0,17 | |
| | | 20 | | | 0,75 | 0,69 | 0,6 | 0,54 | 0,49 | 0,32 | 0,22 | |
| | | 22 | | | 1,06 | 1,01 | 0,94 | 0,88 | 0,84 | 0,7 | 0,62 | |
| | | 24 | | | 1,37 | 1,33 | 1,27 | 1,23 | 1,2 | 1,09 | 1,02 | |
| | | 6 | | | -0,78 | -0,87 | -1,01 | -1,12 | -1,2 | -1,45 | -1,6 | |
| | | 8 | | | -0,54 | -0,62 | -0,75 | -0,85 | -0,92 | -1,15 | -1,29 | |
| | | 10 | | | -0,29 | -0,37 | -0,49 | -0,57 | -0,64 | -0,86 | -0,98 | |
| 1,25 | 0,194 | 12 | | | -0,04 | -0,11 | -0,22 | -0,29 | -0,36 | -0,55 | -0,66 | |
| | | 14 | | | 0,21 | 0,15 | 0,06 | -0,01 | -0,07 | -0,24 | -0,34 | |
| | | 16 | | | 0,47 | 0,41 | 0,33 | 0,27 | 0,22 | 0,07 | -0,02 | |
| | | 18 | | | 0,73 | 0,68 | 0,6 | 0,55 | 0,51 | 0,38 | 0,3 | |
| | | 20 | | | 0,98 | 0,94 | 0,88 | 0,84 | 0,8 | 0,69 | 0,62 | |
| | | 4 | | | -1,46 | -1,56 | -1,72 | -1,83 | -1,91 | -2,17 | -2,32 | |
| | | 0 | | | -1,05 | -1,14 | -1,27 | -1,37 | -1,44 | -1,67 | -1,8 | |
| 1,50 | 0,233 | 4 | | | -0,62 | -0,7 | -0,81 | -0,9 | -0,96 | -1,16 | 1,27 | |
| | | 8 | | | -0,19 | -0,26 | -0,35 | -0,42 | -0,48 | -0,64 | -0,74 | |
| | | 12 | | | 0,25 | 0,2 | 0,12 | 0,06 | 0,02 | -0,12 | -0,2 | |
| | | 16 | | | 0,7 | 0,66 | 0,6 | 0,55 | 0,52 | 0,41 | 0,35 | |
| | | 20 | | | 1,16 | 1,13 | 1,08 | 1,05 | 1,02 | 0,94 | 0,9 | |
| | | 24 | | | 1,65 | 1,63 | 1,6 | 1,57 | 1,56 | 1,51 | 1,48 | |
| | | -8 | | | -1,44 | -1,53 | -0,17 | -1,76 | -1,83 | -2,05 | -2,17 | |
| | | -4 | | | -1,07 | -1,15 | -1,27 | -1,35 | -1,42 | -1,61 | -1,72 | |
| | | 0 | | | -0,7 | -0,77 | -0,87 | -0,94 | -1 | -1,17 | -1,27 | |
| | | 4 | | | -0,31 | -0,37 | -0,46 | -0,53 | -0,57 | -0,72 | -0,8 | |
| | | 8 | | | 0,07 | 0,02 | -0,05 | -0,1 | -0,14 | -0,27 | -0,34 | |
| | | 12 | | | 0,47 | 0,43 | 0,37 | 0,33 | 0,29 | 0,19 | 0,14 | |
| | | 16 | | | 0,88 | 0,85 | 0,8 | 0,77 | 0,74 | 0,66 | 0,62 | |
| | | 20 | | | 1,29 | 1,27 | 1,24 | 1,21 | 1,19 | 1,13 | 1,1 | |

Nivell d'activitat 174 W/m² (3 met)

| Vestit | | Tempera- tura seca °C | Velocitat relativa (m/s) | | | | | | | | |
|--------|---------------------|-----------------------------|--------------------------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| clo | m ² °C/W | | <0,10 | 0,10 | 0,15 | 0,20 | 0,30 | 0,40 | 0,50 | 1,00 | 1,50 |
| 0 | 0 | 14 | | | | -1,92 | -2,49 | | | | |
| | | 16 | | | | -1,36 | -1,87 | | | | |
| | | 18 | | | | -0,8 | -1,24 | | | | |
| | | 20 | | | | -0,24 | -0,61 | | | | |
| | | 22 | | | | 0,34 | 0,04 | | | | |
| | | 24 | | | | 0,93 | 0,7 | | | | |
| | | 26 | | | | 1,52 | 1,36 | | | | |
| | | 28 | | | | 2,12 | 2,02 | | | | |
| 0,25 | 0,039 | 12 | | | | -1,19 | -1,53 | -1,8 | -2,02 | | |
| | | 14 | | | | -0,77 | -1,07 | -1,31 | -1,51 | -2,21 | |
| | | 16 | | | | -0,35 | -0,61 | -0,82 | -1 | -1,61 | -2,02 |
| | | 18 | | | | 0,08 | -0,15 | -0,33 | -0,48 | -1,01 | -1,36 |
| | | 20 | | | | 0,51 | 0,32 | 0,17 | 0,04 | -0,41 | -0,71 |
| | | 22 | | | | 0,96 | 0,8 | 0,68 | 0,57 | 0,21 | -0,03 |
| | | 24 | | | | 1,41 | 1,29 | 1,19 | 1,11 | 0,83 | 0,64 |
| | | 26 | | | | 1,87 | 1,78 | 1,71 | 1,65 | 1,45 | 1,32 |
| 0,50 | 0,078 | 10 | | | | -0,78 | -1 | -1,18 | -1,32 | -1,79 | -2,07 |
| | | 12 | | | | -0,43 | -0,64 | -0,79 | -0,92 | -1,34 | -1,6 |
| | | 14 | | | | -0,09 | -0,27 | -0,41 | -0,52 | -0,9 | -1,13 |
| | | 16 | | | | 0,26 | 0,1 | -0,02 | 0,12 | 0,45 | 0,65 |
| | | 18 | | | | 0,61 | 0,47 | 0,37 | 0,28 | 0 | 0,18 |
| | | 20 | | | | 0,96 | 0,85 | 0,76 | 0,68 | 0,45 | 0,3 |
| | | 22 | | | | 1,33 | 1,24 | 1,16 | 1,1 | 0,91 | 0,79 |
| | | 24 | | | | 1,7 | 1,63 | 1,57 | 1,53 | 1,38 | 1,28 |
| 0,75 | 0,116 | 6 | | | | -0,75 | -0,93 | -1,07 | -1,18 | -1,52 | -1,72 |
| | | 8 | | | | -0,47 | -0,64 | -0,76 | -0,86 | -1,18 | -0,14 |
| | | 10 | | | | -0,19 | -0,34 | -0,45 | -0,54 | -0,83 | -1 |
| | | 12 | | | | 0,1 | -0,03 | -0,14 | -0,22 | -0,48 | -0,63 |
| | | 14 | | | | 0,39 | 0,27 | 0,18 | 0,11 | 0,12 | 0,26 |
| | | 16 | | | | 0,69 | 0,58 | 0,5 | 0,44 | 0,24 | 0,12 |
| | | 18 | | | | 0,98 | 0,89 | 0,82 | 0,77 | 0,59 | 0,49 |
| | | 20 | | | | 1,28 | 1,2 | 1,14 | 1,1 | 0,95 | 0,87 |
| 1,00 | 0,155 | 6 | | | | -1,68 | -1,88 | -2,03 | -2,14 | -2,5 | -2,7 |
| | | -2 | | | | -1,22 | -1,39 | -1,52 | -1,62 | -1,94 | -2,12 |
| | | 2 | | | | -0,74 | -0,9 | -1,01 | -1,1 | -1,37 | -1,53 |
| | | 6 | | | | -0,26 | -0,39 | -0,49 | -0,56 | -0,8 | -0,93 |
| | | 10 | | | | 0,22 | 0,12 | 0,04 | 0,02 | 0,22 | -0,33 |
| | | 14 | | | | 0,73 | 0,64 | 0,58 | 0,53 | 0,38 | 0,29 |
| | | 18 | | | | 1,24 | 1,18 | 1,13 | 1,09 | 0,97 | 0,91 |
| | | 22 | | | | 1,77 | 1,73 | 1,69 | 1,67 | 1,59 | 1,54 |
| 1,25 | 0,194 | -8 | | | | -1,36 | -1,52 | -1,64 | -1,73 | -2 | -2,15 |
| | | -4 | | | | -0,95 | -1,1 | -1,2 | -1,28 | -1,52 | -1,65 |
| | | 0 | | | | -0,54 | -0,66 | -0,75 | -0,82 | -1,03 | -1,15 |
| | | 4 | | | | 0,12 | -0,22 | -0,3 | -0,36 | -0,54 | -0,64 |
| | | 8 | | | | 0,31 | 0,22 | 0,16 | 0,11 | -0,04 | -0,13 |
| | | 12 | | | | 0,75 | 0,68 | 0,63 | 0,59 | 0,47 | 0,4 |
| | | 16 | | | | 1,2 | 1,15 | 1,11 | 1,08 | 0,98 | 0,93 |
| | | 20 | | | | 1,66 | 1,62 | 1,59 | 1,57 | 1,5 | 1,46 |
| 1,50 | 0,233 | -10 | | | | 1,13 | -1,26 | -1,35 | -1,42 | -1,64 | -1,76 |
| | | -6 | | | | 0,76 | -0,87 | -0,96 | -1,02 | -1,21 | -1,32 |
| | | -2 | | | | -0,39 | -0,49 | -0,56 | -0,62 | -0,79 | -0,88 |
| | | 2 | | | | -0,01 | 0,1 | -0,16 | -0,21 | -0,36 | -0,44 |
| | | 6 | | | | 0,38 | 0,3 | 0,25 | 0,21 | 0,08 | 0,01 |
| | | 10 | | | | 0,76 | 0,7 | 0,66 | 0,62 | 0,52 | 0,46 |
| | | 14 | | | | 1,17 | 1,12 | 1,09 | 1,06 | 0,98 | 0,93 |
| | | 18 | | | | 1,58 | 1,54 | 1,52 | 1,5 | 1,44 | 1,4 |

Una vegada determinat l'IVM, s'ha d'aplicar un factor de correcció quan no es compleixi que la humitat relativa sigui el 50% i/o que la TRM sigui diferent a la t_a :

$$IVM_{final} = IVM + f_h(HR - 50) + f_r(TRM - t_a) \quad 5.22$$

Lectura de la fórmula

f_h : factor de correcció en funció de la humitat

f_r : factor de correcció en funció de TRM

Els factors f_r i f_h s'han d'obtenir de les taules següents, en funció del nivell d'activitat:

- Activitats sedentàries:

| v_a (m/s) | 0 clo | 0,25 clo | 0,50 clo | 0,75 clo | 1,00 clo | 1,25 clo | 1,50 clo |
|-------------|--------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| 0,05 | 0,0103 | 0,0096 | 0,0088 | 0,0082 | 0,0076 | 0,0068 | 0,0062 |
| 0,10 | 0,0103 | 0,0096 | 0,0088 | 0,0082 | 0,0073 | 0,0068 | 0,0062 |
| 0,15 | 0,0104 | 0,0098 | 0,0090 | 0,0084 | 0,0078 | 0,0070 | 0,0066 |
| 0,20 | 0,0108 | 0,0100 | 0,0092 | 0,0084 | 0,0079 | 0,0072 | 0,0067 |
| 0,30 | 0,0110 | 0,0102 | 0,0093 | 0,0086 | 0,0080 | 0,0074 | 0,0068 |
| 0,40 | 0,0112 | 0,0104 | 0,0094 | 0,0088 | 0,0081 | 0,0076 | 0,0069 |
| 0,50 | 0,0114 | 0,0106 | 0,0096 | 0,0090 | 0,0082 | 0,0078 | 0,0070 |
| 1,00 | 0,0120 | 0,0108 | 0,0100 | 0,0093 | 0,0086 | 0,0080 | 0,0072 |
| 1,50 | 0,0130 | 0,0109 | 0,0110 | 0,0094 | 0,0087 | 0,0081 | 0,0073 |

Factor de correcció f_h de l'IMV en funció de l'HR

| v_a (m/s) | 0 clo | 0,25 clo | 0,50 clo | 0,75 clo | 1,00 clo | 1,25 clo | 1,50 clo |
|-------------|--------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| 0,05 | 0,2600 | 0,2000 | 0,1600 | 0,1320 | 0,1100 | 0,1000 | 0,0900 |
| 0,10 | 0,2600 | 0,2000 | 0,1600 | 0,1320 | 0,1100 | 0,1000 | 0,0900 |
| 0,15 | 0,2600 | 0,1950 | 0,1550 | 0,1300 | 0,1075 | 0,0950 | 0,0850 |
| 0,20 | 0,2600 | 0,1920 | 0,1510 | 0,1200 | 0,1050 | 0,0900 | 0,0800 |
| 0,30 | 0,2600 | 0,1850 | 0,1450 | 0,1150 | 0,1000 | 0,0830 | 0,0730 |
| 0,40 | 0,2600 | 0,1850 | 0,1400 | 0,1100 | 0,0950 | 0,0770 | 0,0670 |
| 0,50 | 0,2600 | 0,1850 | 0,1300 | 0,1050 | 0,0900 | 0,0700 | 0,0600 |
| 1,00 | 0,2600 | 0,1600 | 0,1200 | 0,0900 | 0,0700 | 0,0600 | 0,0500 |
| 1,50 | 0,2600 | 0,1550 | 0,1100 | 0,0800 | 0,0650 | 0,0500 | 0,0480 |

Factor de correcció f_r de l'IMV en funció de la TRM

- Activitats mitjanes:

| v_a (m/s) | 0 clo | 0,25 clo | 0,50 clo | 0,75 clo | 1,00 clo | 1,25 clo | 1,50 clo |
|-------------|--------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| 0,05 | 0,0050 | 0,0042 | 0,0038 | 0,0032 | 0,0003 | 0,0024 | 0,0020 |

Factor de correcció f_h de l'IMV en funció de l'HR

| v_a (m/s) | 0 clo | 0,25 clo | 0,50 clo | 0,75 clo | 1,00 clo | 1,25 clo | 1,50 clo |
|-------------|--------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| 0,10 | 0,0050 | 0,0042 | 0,0038 | 0,0032 | 0,0030 | 0,0024 | 0,0020 |
| 0,15 | 0,0052 | 0,0044 | 0,0040 | 0,0034 | 0,0031 | 0,0024 | 0,0021 |
| 0,20 | 0,0053 | 0,0046 | 0,0042 | 0,0036 | 0,0032 | 0,0025 | 0,0023 |
| 0,30 | 0,0055 | 0,0048 | 0,0043 | 0,0037 | 0,0033 | 0,0026 | 0,0023 |
| 0,40 | 0,0058 | 0,0050 | 0,0043 | 0,0038 | 0,0033 | 0,0027 | 0,0023 |
| 0,50 | 0,0060 | 0,0052 | 0,0044 | 0,0040 | 0,0034 | 0,0028 | 0,0024 |
| 1,00 | 0,0063 | 0,0053 | 0,0046 | 0,0041 | 0,0036 | 0,0032 | 0,0026 |
| 1,50 | 0,0065 | 0,0054 | 0,0047 | 0,0042 | 0,0037 | 0,0032 | 0,0026 |

Factor de correcció f_v de l'IMV en funció de l'HR

| v_a (m/s) | 0 clo | 0,25 clo | 0,50 clo | 0,75 clo | 1,00 clo | 1,25 clo | 1,50 clo |
|-------------|--------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| 0,05 | 0,0050 | 0,0042 | 0,0038 | 0,0032 | 0,0003 | 0,0024 | 0,0020 |
| 0,10 | 0,0050 | 0,0042 | 0,0038 | 0,0032 | 0,0030 | 0,0024 | 0,0020 |
| 0,15 | 0,0052 | 0,0044 | 0,0040 | 0,0034 | 0,0031 | 0,0024 | 0,0021 |
| 0,20 | 0,0053 | 0,0046 | 0,0042 | 0,0036 | 0,0032 | 0,0025 | 0,0023 |
| 0,30 | 0,0055 | 0,0048 | 0,0043 | 0,0037 | 0,0033 | 0,0026 | 0,0023 |
| 0,40 | 0,0058 | 0,0050 | 0,0043 | 0,0038 | 0,0033 | 0,0027 | 0,0023 |
| 0,50 | 0,0060 | 0,0052 | 0,0044 | 0,0040 | 0,0034 | 0,0028 | 0,0024 |
| 1,00 | 0,0063 | 0,0053 | 0,0046 | 0,0041 | 0,0036 | 0,0032 | 0,0026 |
| 1,50 | 0,0065 | 0,0054 | 0,0047 | 0,0042 | 0,0037 | 0,0032 | 0,0026 |

Factor de correcció f_v de l'IMV en funció de la TRM

- Activitats altes:

| v_a (m/s) | 0 clo | 0,25 clo | 0,50 clo | 0,75 clo | 1,00 clo | 1,25 clo | 1,50 clo |
|-------------|--------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| 0,05 | 0,0040 | 0,0032 | 0,0026 | 0,0021 | 0,0018 | 0,0014 | 0,0012 |
| 0,10 | 0,0040 | 0,0032 | 0,0026 | 0,0021 | 0,0018 | 0,0014 | 0,0012 |
| 0,15 | 0,0040 | 0,0033 | 0,0027 | 0,0022 | 0,0018 | 0,0014 | 0,0012 |
| 0,20 | 0,0041 | 0,0034 | 0,0028 | 0,0023 | 0,0018 | 0,0014 | 0,0012 |
| 0,30 | 0,0043 | 0,0036 | 0,0030 | 0,0024 | 0,0019 | 0,0015 | 0,0013 |
| 0,40 | 0,0047 | 0,0037 | 0,0031 | 0,0025 | 0,0019 | 0,0015 | 0,0013 |
| 0,50 | 0,0048 | 0,0039 | 0,0033 | 0,0026 | 0,0020 | 0,0016 | 0,0014 |

Factor de correcció f_v de l'IMV en funció de l'HR

| v_a (m/s) | 0 clo | 0,25 clo | 0,50 clo | 0,75 clo | 1,00 clo | 1,25 clo | 1,50 clo |
|-------------|--------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| 1,00 | 0,0054 | 0,0044 | 0,0036 | 0,0028 | 0,0024 | 0,0020 | 0,0016 |
| 1,50 | 0,0055 | 0,0045 | 0,0037 | 0,0029 | 0,0025 | 0,0020 | 0,0016 |

Factor de correcció f_h de l'IMV en funció de l'HR

| v_a (m/s) | 0 clo | 0,25 clo | 0,50 clo | 0,75 clo | 1,00 clo | 1,25 clo | 1,50 clo |
|-------------|--------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| 0,05 | 0,1200 | 0,0900 | 0,0700 | 0,0450 | 0,0350 | 0,0300 | 0,0300 |
| 0,10 | 0,1200 | 0,0900 | 0,0700 | 0,0600 | 0,0450 | 0,0350 | 0,0300 |
| 0,15 | 0,1200 | 0,0900 | 0,0700 | 0,0600 | 0,0450 | 0,0350 | 0,0300 |
| 0,20 | 0,1200 | 0,0900 | 0,0700 | 0,0550 | 0,0400 | 0,0350 | 0,0300 |
| 0,30 | 0,1200 | 0,0860 | 0,0660 | 0,0500 | 0,0380 | 0,0330 | 0,0280 |
| 0,40 | 0,1200 | 0,0830 | 0,0630 | 0,0450 | 0,0360 | 0,0310 | 0,0260 |
| 0,50 | 0,1200 | 0,0800 | 0,0600 | 0,0400 | 0,0350 | 0,0300 | 0,0250 |
| 1,00 | 0,1200 | 0,0750 | 0,0550 | 0,0400 | 0,0300 | 0,0250 | 0,0200 |
| 1,50 | 0,1250 | 0,0750 | 0,0500 | 0,0350 | 0,0250 | 0,0200 | 0,0200 |

Factor de correcció f_r de l'IMV en funció de la TRM

Coneixent l' IVM_{final} resultant, ja es pot calcular el percentatge d'insatisfets PPI mitjançant el gràfic que hem presentat a l'apartat «Índex de valoració mitjà (IVM) de Fanger», o mitjançant l'equació següent:

$$PPI = 100 - 95 \times e^{(-0,03353IVM_f^4 - 0,2179 \times IVM_f^2)} \quad 5.23$$

2.4.10. Càlcul de l'IVM mitjançant programes

Per facilitar els càlculs, es pot acudir a programari. A continuació, es proposen dues eines informàtiques web d'accés gratuït:

- Calculadors de l'INSHT (accés lliure).
- Ergonautas (requereix registre).

2.4.11. Exemple d'aplicació

Es pretén avaluar el confort tèrmic d'una oficina en el mes de gener, per fred. Es van calcular les variables següents:

- aïllament de la roba: 1,25 clo;

- temperatura de l'aire (t_a): 18 °C;
- temperatura de globus (t_g): 19 °C;
- velocitat de l'aire (v_a): 0,01 m/s;
- humitat relativa (HR): 45%;
- metabolisme: 180 kcal/hora (116 W/m² o 2 met).

En primer lloc, es calcula la V_a :

$$TRM = V_a = 0,0052 \times (M - 58) \quad 5.24$$

$$TRM = V_a = 0,01 + 0,0052 \times (116 - 58) = 0,31 \text{ m/s} \quad 5.25$$

Per conèixer l'IVM s'ha de buscar, a la taula «Nivell d'activitat 116 W/m² (2 met)», l'activitat metabòlica amb els valors de 180 kcal/hora, 1,25 clo, t_a de 18 °C i v_a de 0,30 m/s:

| | | | | | | | | | | |
|------|-------|----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 1,25 | 0,194 | -2 | -1,74 | -1,77 | -1,88 | -2,04 | -2,15 | -2,24 | -2,51 | -2,66 |
| | | 2 | -1,27 | -1,32 | -1,42 | -1,55 | -1,65 | -1,73 | -1,97 | -2,1 |
| | | 6 | -0,8 | -0,86 | -0,94 | -1,06 | -1,14 | -1,21 | -1,41 | -1,53 |
| | | 10 | -0,33 | -0,4 | -0,47 | -0,59 | -0,64 | -0,69 | -0,86 | -0,96 |
| | | 14 | 0,15 | 0,08 | 0,03 | -0,05 | -0,11 | -0,15 | -0,29 | -0,37 |
| | | 18 | 0,63 | 0,57 | 0,53 | 0,47 | 0,42 | 0,39 | 0,28 | 0,22 |
| | | 22 | 1,11 | 1,08 | 1,05 | 1 | 0,97 | 0,95 | 0,87 | 0,83 |
| | | 26 | 1,62 | 1,6 | 1,58 | 1,55 | 1,53 | 1,52 | 1,47 | 1,45 |

S'obté un $IVM = 0,47$.

Ara s'ha d'ajustar en funció de l' HR i TRM :

$$IVM_{final} = IVM + f_h(HR - 50) + f_r(TRM - T_a) \quad 5.26$$

Per poder aplicar la fórmula, necessitem calcular primer el TRM , i ho farem amb l'expressió següent:

$$TRM = t_g + 1,9 \times \sqrt{v_a} \times (t_g - t_a) \quad 5.27$$

$$TRM = 19 + 1,9 \times \sqrt{0,31} \times (19 - 18) = 20,1^\circ\text{C} \quad 5.28$$

Per conèixer f_h i f_r , necessitem saber el nivell d'activitat de l'individu que Fanger classifica segons tres nivells:

| Nivell d'activitat | kcal/hora | W/m ² |
|--------------------|-----------|------------------|
| Sedentari | 90-134 | 58-87 |
| Mitjà | 134-224 | 87-145 |
| Alt | 224-360 | 145-232 |

En aquest cas, es tracta d'un nivell d'activitat mitjà.

Els valors de f_h i f_r s'obtenen de les taules «Factor de correcció f_h de l'IMV en funció de la HR» i «Factor de correcció f_r de l'IMV en funció de la HR», corresponents al nivell d'activitat mitjà:

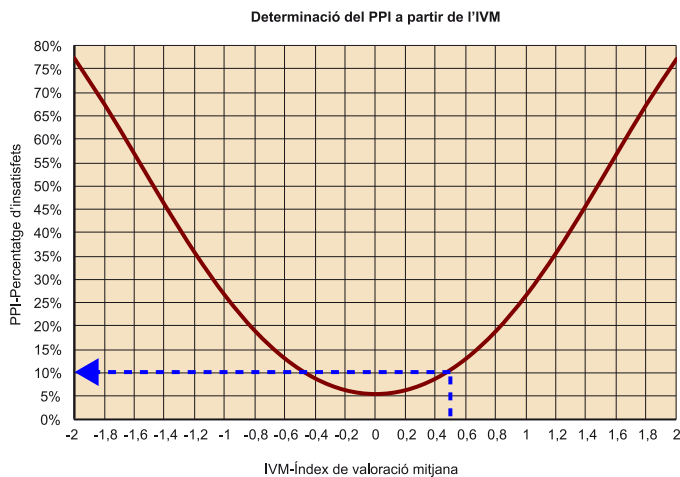
- $f_h = 0,0026$
- $f_r = 0,0430$

Ara ja podem calcular l' IVM_{final} mitjançant l'equació següent:

$$IVM_{final} = IVM + f_h(HR - 50) + f_r(TRM - t_a) \quad 5.29$$

$$IVM_{final} = 0,47 + 0,0026(45 - 50) + 0,0430(20,1 - 18) = 0,55 \quad 5.30$$

Coneixent l'índex de valoració mitjà, es pot saber el percentatge de persones insatisfetes mitjançant la corba de Fanger:



Si volem fer un càlcul més exacte del PPI, podem aplicar l'equació següent:

$$PPI = 100 - 95 \times e^{(-0,03353IVM^4 - 0,2179IVM^2)} \quad 5.31$$

S'obté així un PPI = 11,3% d'insatisfetes.

3. Ambient sonor

La pèrdua auditiva és l'efecte més estudiat de l'exposició al soroll, per la qual cosa la major part de la reglamentació i normes tècniques estan referides al soroll en aquest sentit. Però cal tenir en compte que l'exposició al soroll no solament pot provocar una disminució de la capacitat auditiva, sinó que a més pot provocar respostes psicofisiològiques, subjectives i de comportament en òrgans o en sistemes diferents al de l'audició i, en conseqüència, provocar una sèrie de molèsties, com són: pèrdua de la qualitat del son, alteració del ritme respiratori, alteració de la freqüència cardíaca, irritació o augment de l'agressivitat. Tots aquests efectes, generalment, es coneixen com a efectes extraauditius del soroll.

La normativa sobre soroll més utilitzada en prevenció de riscos laborals és el Reial decret 286/2006 sobre protecció dels treballadors per exposició al soroll. D'aplicació en l'àmbit de la higiene industrial.

Com a normes tècniques tenim la norma UNE-EN ISO 9612 *Acústica - Determinació de l'exposició al soroll en el treball*, desenvolupada a les NTP 950, 951 i 952.

| Efecte | | Pressió sonora (dBA) | |
|--|-------------------------------------|----------------------|--------|
| Evidència suficient (efectes auditius) | Malestar | Ambient d'oficina | 55 |
| | | Ambient industrial | 85 |
| | Hipertensió | | 55-116 |
| | Disminució de la capacitat auditiva | Adults | 75 |
| | | Fetus | 85 |
| Evidència limitada (efectes extraauditius) | Disminució del rendiment | | |
| | Efectes bioquímics | | |
| | Efectes sobre el sistema immunitari | | |
| | Disminució del pes en néixer | | |
| | Influència en la qualitat del son | | |

Efectes del soroll sobre la salut. Font: OMS, 2004

En moltes activitats, el soroll provocat pels equips d'oficina com telèfons, converses, el soroll del carrer o el de la maquinària d'un taller contigu pot arribar a dificultar la comprensió d'un missatge verbal, amb el problema que pot provocar no només en les relacions personals, sinó també en el procés productiu o la pròpia seguretat del treballador.

El primer pas per a l'anàlisi de soroll a l'oficina hauria de ser la identificació d'aquestes fonts de soroll. Per a això, els treballadors seran la nostra principal font d'informació. Normalment, les queixes per soroll estaran relacionades amb una font concreta, per la qual cosa els mesuraments i les actuacions aniran relacionades amb aquesta, i probablement es resoldrà el problema.

Després, s'hauran de determinar els aspectes que fan que un determinat soroll es consideri molest. Pot deure's a l'existència de nivells de pressió sonora elevats o per un espectre de freqüències amb predominança de freqüències agudes, que són les més molestes, encara que també caldrà tenir en compte el tipus de tasca realitzada, el grau de distracció que comporta el soroll, el contingut i l'actitud dels treballadors enfront del soroll.

3.1. Fonts de soroll en oficines

El soroll emès per una font es propaga per totes direccions, pot arribar directament al receptor o ser parcialment absorbit, transmès i/o reflectit per obstacles que es troben en el seu camí (parets, mobiliari, etc.). Per tant, el nivell de pressió acústica d'un local depèn de les fonts de soroll, de les característiques acústiques del local i de la seva disposició geomètrica.

El **coeficient d'absorció** (α) és la fracció d'energia acústica que és absorbida per una font.

En general, per a un despatx ampli amb poc mobiliari, es pren un valor mitjà de $\alpha = 0,15$, i per a un local amb moltes superfícies absorbents (amb moquetes i cortines), $\alpha = 0,4$.

La fracció de soroll que arriba al receptor directament des de la font emissora, després d'haver-se reflectit una o diverses vegades, s'anomena **reverberació**. I és inversament proporcional al coeficient d'absorció.

En general es poden considerar quatre fonts de soroll en una oficina, que analitzarem a continuació:

- soroll de l'exterior,
- soroll de les instal·lacions de l'edifici,
- soroll dels equips d'oficina,
- soroll produït per les persones.

Coeficient d'absorció

El coeficient d'absorció pren el valor de $\alpha = 0$ quan la superfície reflecteix el 100% del soroll rebut i $\alpha = 1$ quan l'absorbeix tot.

3.1.1. Soroll exterior

La font de soroll més important procedent de l'exterior acostuma a ser el trànsit rodat, i és major com més gran és la densitat de trànsit i velocitat de circulació. En entorns urbans, aquest soroll augmenta de nivell per la presència d'edificis a banda i banda de la calçada que el reflecteixen amb les seves façanes.

Altres fonts de soroll exterior

Entre altres, podem destacar el trànsit aeri o les obres públiques.

3.1.2. Soroll de l'interior de l'edifici

Hi ha múltiples instal·lacions dels edificis que produeixen soroll: ascensors, bomba d'aigua, instal·lació de la llum i, sobretot, el sistema de ventilació.

El soroll dels sistemes de ventilació es pot classificar en tres categories:

- **Soroll mecànic.** Produït per la rotació del ventilador, el moviment de les corretges o les parts rígides mal muntades o amb folgances. Aquest soroll es transmet per parets, sostres i estructura de l'edifici i, d'aquí, passa a l'aire.
- **Soroll produït per l'aire en circulació.** Es produeix en xocar l'aire amb les reixetes de ventilació, els colzes o les bateries de climatització.
- **El soroll de rotació.** Produït pels ventiladors, que prové del treball efectuat per l'hèlix.

3.1.3. Soroll dels equips d'oficina

En aquest apartat s'inclouen els equips informàtics com impressores (cada vegada menys important per la desaparició de les impressores matricials), ordinadors (ventiladors, servidors), telèfons i, sobretot, fotocopiadores.

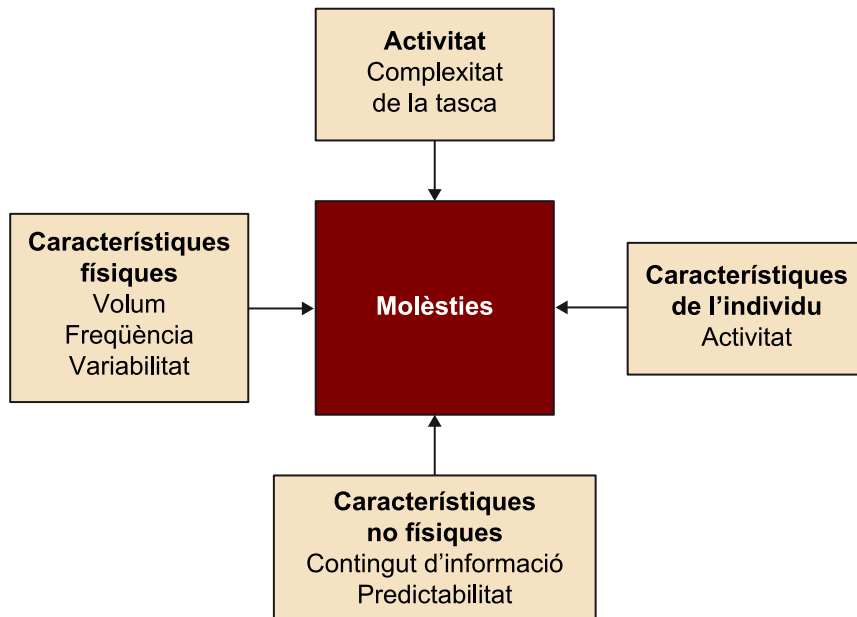
3.1.4. Soroll produït per les persones

Els sorolls provocats per les persones van des de les pròpies converses fins a les activitats pròpies de la tasca (moviment, grapar, donar cops, etc.).

Una de les molèsties més habituals en els últims temps és la provocada pels telèfons mòbils. No solament pel volum dels tons de trucada, sinó també, i sobretot, pels tons de recepció de missatges, fet que és molt habitual.

3.2. Resposta subjectiva al soroll

El soroll provoca una gran varietat d'efectes, així com múltiples respostes, i és per aquesta gran variabilitat que es fa difícil predir el grau de molèstia causat per un soroll a un grup de persones.



Relació entre so i molèsties. Factors que afecten la resposta subjectiva del soroll

3.2.1. Nivell de pressió sonora

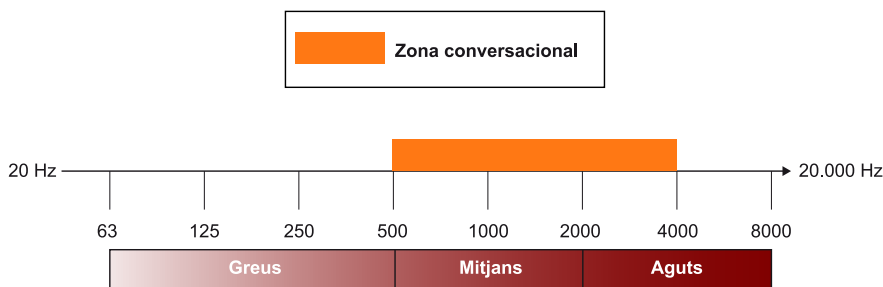
En general, com més gran és el nivell de pressió sonora (volum) d'una font de soroll, més grans són les molèsties que provoca.

S'han realitzat molts estudis per determinar la relació entre el volum d'un soroll i les molèsties que provoca i, encara que no s'ha publicat un nivell màxim legalment establert, se sap que a partir de 55 dBA es produeix un increment notable de les queixes. En aquest sentit, convé saber el següent:

- La Guia del Reial decret 286/2006 sobre protecció dels treballadors per exposició al soroll estableix que el nivell màxim de soroll per a oficines està fixat en 55 dBA.
- La NTP 503 estableix que a partir dels 50 dBA augmenten les queixes.
- La norma (ja derogada) NBE-CA-88 fixava com a màxims 40 dBA en despatxos professionals, 45 dBA en oficines i 50 dBA en zones comunes.

3.2.2. Freqüència

La sensibilitat màxima de l'oïda humana es troba a la franja de freqüències conversacionals, entre 500 i 5.000 Hz. En els extrems de l'espectre, la sensibilitat decreix ràpidament:



Els tons purs són més molestos que el soroll que suma diverses freqüències, i les freqüències altes són més molestes que les greus.

Exemple

Pensem en la molèstia que provoca un xiulet enfront de la provocada pel soroll de fons generat pel trànsit.

3.2.3. Variació temporal

Els sorolls que varien molt amb el temps generen més malestar que els sorolls estables. De fet, alguns autors afirmen que la desviació estàndard és un bon predictor del grau de molèstia del soroll.

3.2.4. Contingut d'informació

Com més gran sigui el contingut d'informació no desitjada d'un so, més gran serà la molèstia percebuda. Fins i tot alguns sons poden aportar informació (com la xiulada d'una màquina) sobre el mal funcionament d'un equip, la qual cosa fa que els percebem com a desagradables.

3.2.5. Predictibilitat

En general, se sap que aquells factors que provoquen estrès tenen menys efectes si es poden predir: preveure'ls ens permet estar preparats per a l'esdeveniment i regular la nostra relaxació. Aquest efecte de la predictibilitat, evidentment, també és aplicable al soroll.

3.2.6. Actitud

L'actitud pot tenir gran influència enfront del soroll. Quan estem de mala gana, estressats o sota pressió, qualsevol soroll pot ser percebut com a molest.

3.2.7. Activitat

El grau de molèstia que provoca un soroll també depèn del grau de concentració que requereix la tasca: com més complexa sigui la tasca, com més concentració exigeixi, més hi interferirà el soroll.

3.3. Mesurament del soroll

Per mesurar el soroll podem utilitzar un sonòmetre o un dosímetre. Tots dos equips requeriran un calibrador acústic per utilitzar abans i després de cada mesurament. També cal tenir en compte que tant els equips com el calibrador han d'estar adaptats a la legislació i sotmetre's a control metrollògic segons l'Ordre ITC/2845/2007, que estableix que els sonòmetres han de complir els requisits de la norma UNE-EN 61672:2005; els calibradors, els de la UNE-EN 60942:2005; i els dosímetres, els de la UNE-EN 61252:1998.



Sonòmetre i dosímetre. Font: Casella

Els sonòmetres, dosímetres i calibradors sonors han de passar per una verificació anual.

Els mesuraments, des del punt de vista ergonòmic, han d'incloure un analitzador de freqüències; és a dir, el sonòmetre ha d'incloure els nivells de soroll en bandes d'octava. Això és interessant perquè els efectes del soroll (auditius i extraauditius) depenen tant de la pressió sonora com de les freqüències.

3.4. Avaluació de la comunicació verbal. El mètode SIL

El mètode SIL (*speech interference level*) és un mètode que permet avaluar la interferència en la comunicació verbal causada pel soroll en el lloc de treball. Es tracta d'un mètode simple que valora la intel·ligibilitat verbal en els casos de comunicació directa en un ambient sonor. El mètode considera:

- la mesura del nivell de pressió sonora en determinades freqüències,
- l'esforç vocal del parlant,
- la distància entre parlant i oïdor.

El mètode es pot aplicar en qualsevol situació (interior/exterior, lloc fix/mòbil) sempre que la comunicació sigui directa; és a dir, persona-persona. No es pot aplicar quan la comunicació es realitza mitjançant dispositius intercomunicadors.

3.4.1. El mesurament

Per procedir als mesuraments s'ha d'utilitzar un sonòmetre integrador-promediador activant la ponderació temporal «Slow» de l'equip.

El mètode SIL requereix realitzar mesuraments per bandes d'octava. En concret, requereix mesurar les freqüències de 500 Hz, 1.000 Hz, 2.000 Hz i 4.000 Hz, que són les que es troben dins de l'espectre audible, més relacionades amb la freqüència conversacional.

El mesurament es realitzarà a l'altura de l'oïda i preferiblement en absència de l'oïdor per evitar que aquest interfereixi en el mesurament. En cas que la seva presència sigui inevitable, el sonòmetre es col·locarà a una distància d'entre 10 i 40 cm de la seva oïda.

Perquè el mesurament sigui representatiu, tenim dues opcions:

- Abastar la totalitat del període de treball.
- Realitzar un mostreig representatiu del soroll.

Mostreig representatiu

En aquest cas, s'haurà de prendre un mínim de tres mesuraments de cinc minuts i escollir el que tingui l' L_{SIL} més alt.

3.4.2. Càlcul de l' L_{SIL}

Una vegada mesurat el soroll en les bandes d'octava indicades, es realitzarà el càlcul següent:

$$L_{SIL} = \frac{L_{500} + L_{1.000} + L_{2.000} + L_{4.000}}{4} \quad 5.32$$

Lectura de la fórmula

L_{500} , $L_{1.000}$, $L_{2.000}$ i $L_{4.000}$ són els nivells de pressió sonora ambiental en l'oïda, en les bandes d'octava corresponents.

En el cas de sorolls estables, i solament quan no es pot mesurar en bandes d'octava, pot aproximar-se l' L_{SIL} amb l'expressió següent:

$$L_{SIL} = L_{N,A,L} - 8 \text{ dB} \quad 5.33$$

Lectura de la fórmula

$L_{N,A,L}$ és el nivell de pressió acústica ponderat A utilitzant un temps de resposta «Slow» en la posició de l'oïdor.

3.4.3. Valors mínims recomanats

La norma UNE-EN ISO 9921, 2004 recomana diferents valors mínims d'intel·ligibilitat ⁴ i valors màxims en funció de l'esforç vocal⁵:

- Comunicació persona a persona normal perllongada. Comunicació relaxada com, per exemple, la que tindriem en una oficina, durant períodes de temps perllongat.

⁽⁴⁾ Proporció del diàleg que és compresa.

⁽⁵⁾ Esforç que ha de realitzar el parlant, quantificat mitjançant el nivell sonor verbal L_pA mesurat a una distància d'1 m enfront de la boca i qualificat subjectivament mitjançant una descripció.

- Comunicació persona a persona crítica. Comunicació consistent en intercanvi de missatges curts, com per exemple en situacions crítiques de personal de bombers, ambulàncies, etc.

Una vegada calculat l' L_{SIL} , s'ha de comparar amb els valors de la taula següent, en funció del tipus de comunicació que es requereixi:

| L_{SIL} | Crítiques (m) | Normal perllongada (m) |
|-----------|---------------|------------------------|
| 30 | 39,80 | 5,62 |
| 35 | 22,30 | 3,16 |
| 40 | 12,50 | 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 |
| 70 | 0,39 | 0,05 |
| 75 | 0,22 | 0,03 |

Distància màxima a la qual es considera que la comunicació és satisfactòriament intel·ligible. Les distàncies intermèdies es calculen mitjançant interpolació lineal

Notes

Es considera que hi ha bona intel·ligibilitat quan el valor de SIL és de 15 a 21 dBA.

Es considera que hi ha un esforç vocal normal amb un L_{pA} de 60 dBA i es considera un esforç vocal alt un L_{pA} de 72 dBA mesurats a una distància d'1 m de la boca del parlant.

3.4.4. L_{SIL} en casos especials

Està demostrat que les persones parlants o oïdors no nadius (que parlen un idioma diferent del de la seva llengua materna), encara que poden manejar el nou idioma amb fluïdesa, tenen una disminució de la intel·ligibilitat que requereix una millora de la relació senyal-soroll d'entre 4 i 5 dB; per tant, el mètode SIL, en aquests casos, proposa altres valors de distàncies mínimes:

| L_{SIL} | Crítiques (m) | Normal perllongada (m) |
|-----------|---------------|------------------------|
| 30 | 25,10 | 3,54 |
| 35 | 14,10 | 1,99 |
| 40 | 7,94 | 1,12 |

Distància màxima a la qual es considera que la comunicació és satisfactòriament intel·ligible en el cas de parlants/oïdors no nadius. Les distàncies intermèdies es calculen mitjançant interpolació lineal.

| L_{SIL} | Crítiques (m) | Normal perllongada (m) |
|-----------|----------------------|-------------------------------|
| 45 | 4,46 | 0,63 |
| 50 | 2,50 | 0,35 |
| 55 | 1,41 | 0,19 |
| 60 | 0,79 | 0,11 |
| 65 | 0,44 | 0,06 |
| 70 | 0,25 | 0,03 |
| 75 | 0,14 | 0,01 |

Distància màxima a la qual es considera que la comunicació és satisfactòriament intel·ligible en el cas de parlants/oïdors no nadius. Les distàncies intermèdies es calculen mitjançant interpolació lineal.

També s'ha calculat la pèrdua de sensibilitat de l'oïda humana amb l'edat. Les persones grans amb trastorns lleus d'audició requereixen una relació senyal-soroll de l'ordre de 3 dB major. Per això, per a persones amb una edat superior als seixanta anys, s'haurà d'utilitzar la taula següent:

| L_{SIL} | Crítiques (m) | Normal perllongada (m) |
|-----------|----------------------|-------------------------------|
| 30 | 28,10 | 3,98 |
| 35 | 15,80 | 2,23 |
| 40 | 8,91 | 1,25 |
| 45 | 5,01 | 0,70 |
| 50 | 2,81 | 0,39 |
| 55 | 1,58 | 0,22 |
| 60 | 0,89 | 0,12 |
| 65 | 0,50 | 0,07 |
| 70 | 0,28 | 0,03 |
| 75 | 0,15 | 0,02 |

Distància màxima a la qual es considera que la comunicació és satisfactòriament intel·ligible en el cas de persones amb trastorns lleus de l'audició. Les distàncies intermèdies es calculen mitjançant interpolació lineal.

3.4.5. Avaluació de la intel·ligibilitat

El nivell de pressió sonora verbal continu equivalent en dBA $L_{S,A,1m}$ és un valor teòric relacionat amb l'esforç vocal de l'emissor a una distància d'un metre:

| Esforç de l'emissor | $L_{S,A,1m}$ |
|----------------------------|--------------|
| Relaxat | 54 |
| Normal | 60 |

Classificació segons l'esforç verbal de l'emissor

| Esforç de l'emissor | $L_{S,A,1m}$ |
|---------------------|--------------|
| Elevat | 66 |
| Alt | 72 |
| Molt alt | 78 |

Classificació segons l'esforç verbal de l'emissor

Per a distàncies superiors a 1 m, l' $L_{S,A,1m}$ s'obté a partir de l'expressió següent:

$$L_{S,A,L} = L_{S,A,1m} - 20 \log \left[\frac{r}{r_0} \right] \text{ dBA} \quad 5.34$$

A partir d'aquí es pot calcular l'índex d'intel·ligibilitat (SIL) mitjançant l'expressió següent:

$$SIL = L_{S,A,L} - L_{SIL} \quad 5.35$$

Resultat que es pot avaluar amb la taula següent:

| Avaluació de la intel·ligibilitat | SIL |
|-----------------------------------|--------------|
| Dolenta | <3 |
| Escassa | 3 < SIL < 10 |
| Suficient | 0 < SIL < 15 |
| Bona | >15 |

Si l'índex SIL és superior a 10 dBA, es garanteix prou intel·ligibilitat.

3.4.6. Exemple d'aplicació

Es desitja conèixer la intel·ligibilitat verbal en una oficina amb un mostrador d'atenció al públic (comunicació directa). Per a això, es van realitzar mesuraments en el moment de major afluència de clients (que es correspon amb el tram horari d'entre les 10 i les 13 hores). La distància entre el client i el treballador és de 0,75 metres, la corresponent al mostrador que els separa, amb un nivell de pressió acústica a 1 metre d' $L_{S,A,1m}$ 54,3 dBA. Els mesuraments van donar els resultats següents:

| Banda d'octava (Hz) | 500 | 1.000 | 2.000 | 4.000 |
|---------------------|------|-------|-------|-------|
| $L_{Aeq,T}$ dBA | 57,2 | 59,8 | 58,2 | 60,3 |

A partir de les dades anteriors, es pot calcular l' L_{SIL} amb la funció següent:

Lectura de la fórmula

r : distància real entre emissor i receptor
 r_0 : distància de referència d'1 metre

$$L_{SIL} = \frac{L_{500} + L_{1.000} + L_{2.000} + L_{4.000}}{4} \quad 5.36$$

$$L_{SIL} = \frac{57,2 + 59,8 + 58,2 + 60,3}{4} = 58,88 \quad 5.37$$

Tenint en compte que es tracta d'una situació «normal perllongada» i que no hi ha limitacions per persones no natives o més grans de seixanta anys, es treballa amb la taula següent:

| L_{SIL} | Crítiques (m) | Normal perllongada (m) |
|-----------|---------------|------------------------|
| 30 | 39,80 | 5,62 |
| 35 | 22,30 | 3,16 |
| 40 | 12,50 | 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 |
| 70 | 0,39 | 0,05 |
| 75 | 0,22 | 0,03 |

La distància està entre els valors d' L_{SIL} 55-60, per la qual cosa, per calcular la distància exacta, haurem d'interpol·lar amb la següent equació (fórmula per a la interpolació de freqüències):

$$y_x = y_0 + \frac{x - x_0}{x_1 - x_0} (y_1 - y_0) \quad 5.38$$

El valor que s'ha d'interpol·lar seria $x = 58,88$, la qual cosa ens donaria una distància calculada d' $y = 0,20$.

Tenint en compte que el mostrador té una distància d'1 metre, podem concloure que la intel·ligibilitat verbal **no és satisfactòria**, per la qual cosa s'hauran d'aplicar mesures correctores per reduir l' L_{SIL} a un mínim de 45 dBA, mitjançant mampares o altres mitjans.

El nivell d'intel·ligibilitat es pot calcular també per una altra via. Primer, calculem l' $L_{S,A,L}$:

$$L_{S,A,L} = L_{S,A,1m} - 20 \log \left[\frac{r}{r_0} \right] dBA \quad 5.39$$

$$L_{S,AL} = 54,3 - 20 \log \left[\frac{0,75}{1} \right] = 56,8 \text{ dBA} \quad 5.40$$

Les dades anteriors ens proporcionen el valor de SIL següent:

$$SIL = L_{S,AL} - L_{SIL} = 59,5 - 56,8 = 2,7 \quad 5.41$$

| Avaluació de la intel·ligibilitat | SIL |
|-----------------------------------|--------------|
| Dolenta | <3 |
| Escassa | 3 < SIL < 10 |
| Suficient | 0 < SIL < 15 |
| Bona | >15 |

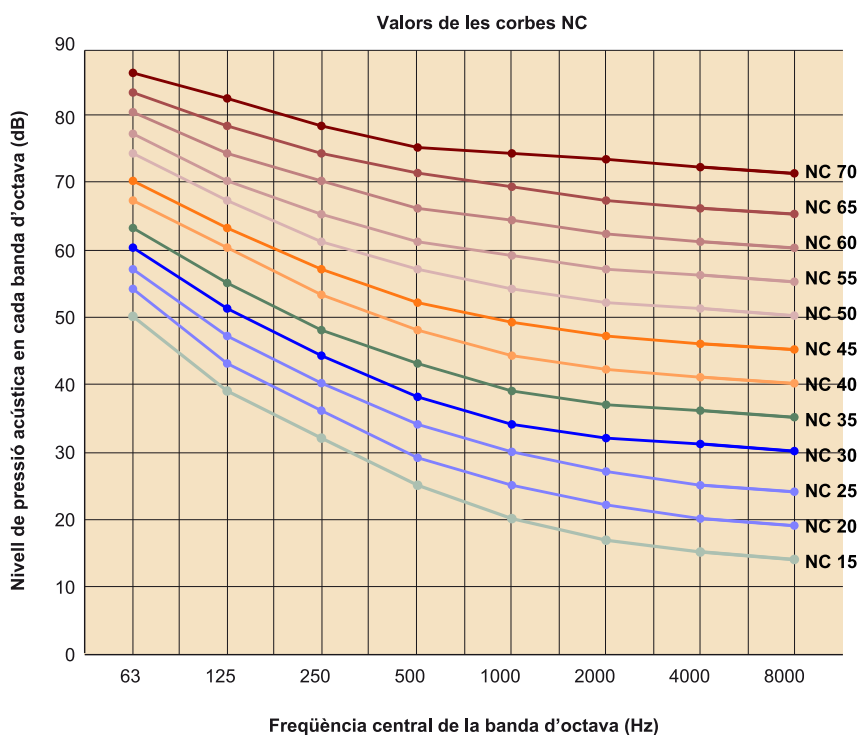
Conclusió: la intel·ligibilitat és **dolenta**.

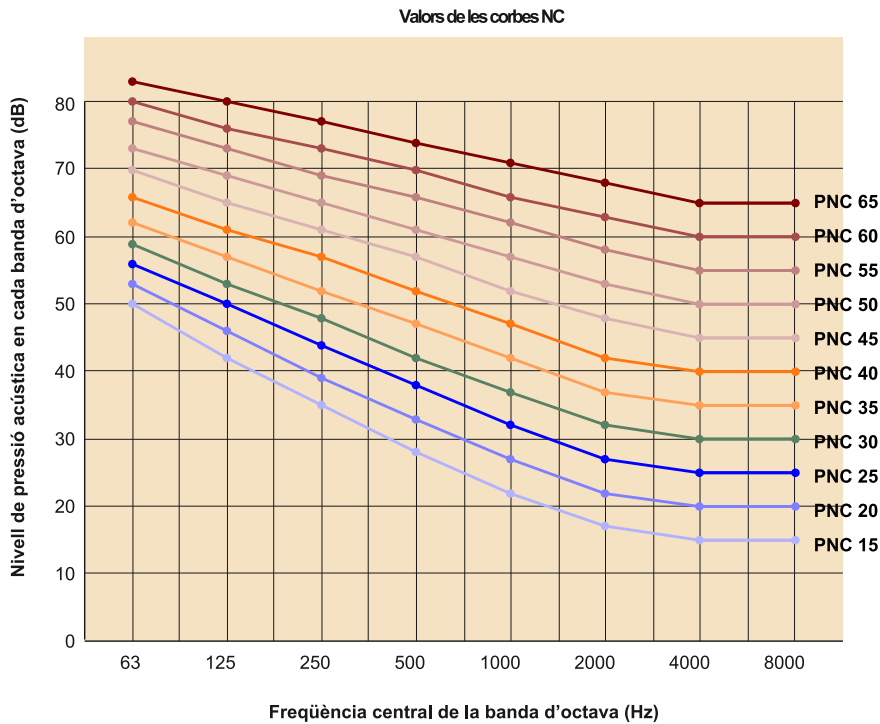
3.5. Corbes NC i PNC

Les corbes NC^6 (*noise criteria*) i PNC^7 (*preferred noise criteria*) estableixen uns nivells sonors màxims per a cada freqüència a l'interior d'edificis:

⁽⁶⁾Índex obtingut el 1957 per L. L. Beranek.

⁽⁷⁾Índex obtingut a partir de les corbes NC, modificat el 1971 amb valors inferiors en algunes bandes d'octava.





Per a ambdues famílies de corbes el mètode consisteix en la presentació sobre els gràfics dels valors obtinguts en el mesurament per a cadascuna de les bandes d'octava. Al soroll mesurat se li assigna un valor de la corba NC o PNC més baixa que no sobrepassi cap punt. A la taula següent es mostra una sèrie d'establiments típics pels quals s'ha determinat una corba NC o PNC com a requeriment acústic adequat al seu ús:

| Tipus de local i requeriments acústics | Corbes NC i PNC | L_A (dBA) |
|--|------------------------|-------------------------------|
| Òperes. Sales de concert i recitals (per escoltar música suau). Estudis de ràdio i d'enregistrament (micròfon llunyà). | 10-20 | 21-30 |
| Auditoris grans. Teatres. Esglésies (per a molt bones condicions d'audició). | <20 | 30 |
| Estudis de ràdio, TV i enregistrament (micròfon a prop). | <25 | 34 |
| Petits auditoris. Teatres. Esglésies. Sales d'assaig. Sales de conferències (per a molt bones condicions d'audició) o sales de conferències per a cinquanta persones (sense amplificació). | <35 | 42 |
| Alcoves, dormitoris. Hospitals. Residències, hotels, motels (per dormir, descansar o relaxar-se). | 25-40 | 34-47 |
| Oficines privades petites. Sales de conferències. Aules. Biblioteques (per a bones condicions d'audició). Sales, rebedor i habitacions (per conversar o sentir la ràdio i la TV). | 30-40 | 38-47 |
| Oficines grans, àrees de recepció. Botigues. Magatzems. Cafeteries, restaurants (per a condicions d'audició moderades). | 35-45 | 42-52 47-56 |
| Vestíbuls. Laboratoris. Sales de dibuix i disseny (per a condicions regulars d'audició). | 40-50 | 52-61 |

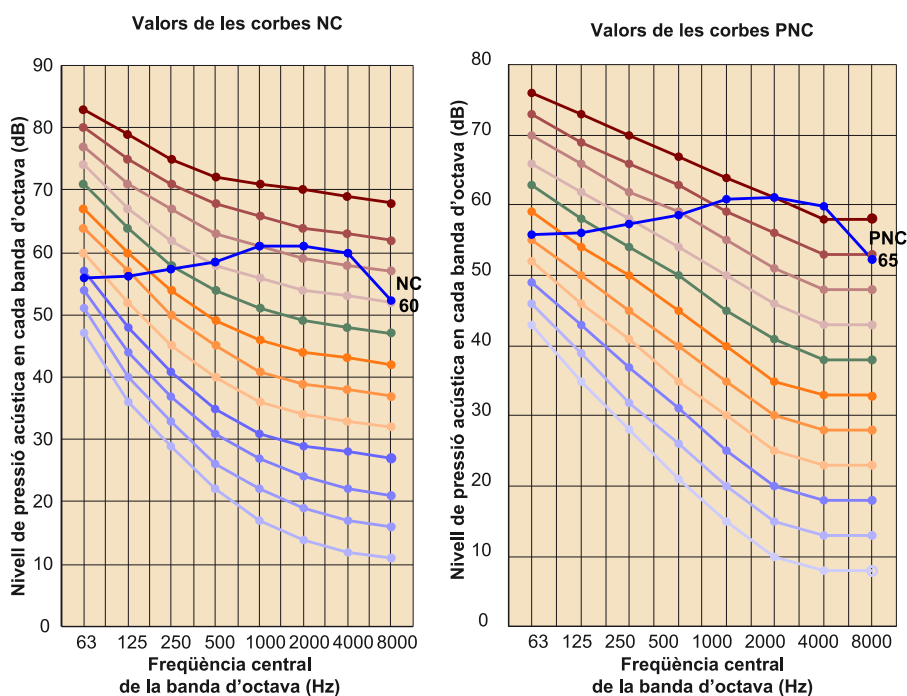
| Tipus de local i requeriments acústics | Corbes NC i PNC | L_A (dBA) |
|---|-----------------|-------------|
| Botigues d'electrodomèstics. Sales de computadores, cuines i bugaderies (per a unes condicions moderadament regulars d'audició). | 45-55 | 56-66 |
| Magatzems, garatges, sales de control de força motriu (per a una acceptable conversa i comunicació telefònica). Nivells al voltant d'NC o PNC 60 no són recomanables per a cap oficina o situació de comunicació. | 50-60 | 66-80 |
| Per a zones de treball on no és necessària la comunicació parlada o telefònica, però on no hi ha d'haver risc de trauma sonor. | 60-75 | -- |

3.5.1. Exemple d'aplicació

Després de mesurar el soroll en una oficina es van obtenir els valors de nivell de pressió acústica per bandes d'octava següents:

| f (Hz) | 63 | 125 | 250 | 500 | 1.000 | 2.000 | 4.000 | 8.000 |
|----------|------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|
| L_f dB | 55,8 | 56,2 | 57,3 | 58,5 | 60,9 | 61,1 | 59,9 | 52,3 |

Si representem aquestes dades sobre les corbes NC i PNC, podem determinar en quin nivell estan: NC-60 i PNC-65. En conclusió: encara que es tracta d'una oficina, el nivell es correspon amb «zones de treball on no és necessària la comunicació parlada o telefònica, però on no hi ha d'haver risc de trauma sonor». És a dir, el nivell de soroll és **massa alt** per a una oficina. Vegem-ho:



3.6. Índex de soroll en oficines (IRO)

L'índex de soroll en oficines (*IRO*), obtingut pels estudis realitzats per B. Hay i M. F. Kemp (1972), és un indicador del nivell de contaminació sonora de fonts exteriors a les oficines; concretament, està dissenyat per al soroll del trànsit rodat.

L'*IRO* és un bon indicador de l'aïllament acústic necessari per a edificis situats en zones urbanes o amb trànsit rodat proper. També és útil per a valorar el nivell de soroll provinent de diferents fonts de soroll amb diferents espectres i característiques. Per a la seva determinació, cal conèixer el nivell de pressió sonora i la seva fluctuació en el temps.

Els autors van fer un estudi estadístic del soroll d'una oficina, van demanar als seus ocupants que opinessin sobre el soroll, utilitzant una escala de satisfacció de l'1 (molt satisfactori) al 7 (molt insatisfactori), i van relacionar les respostes obtingudes amb el nivell de soroll obtingut, L_{10} i L_{90} :

$$IRO = L_{90} + 2,4 \times (L_{10} - L_{90}) - 14 \quad 5.42$$

Com és lògic, el valor d' L_{10} sempre serà més gran que el d' L_{90} . El percentatge d'insatisfets es pot calcular mitjançant la diferència entre el valor d' L_{10} i el d' L_{90} interpolant a la taula següent:

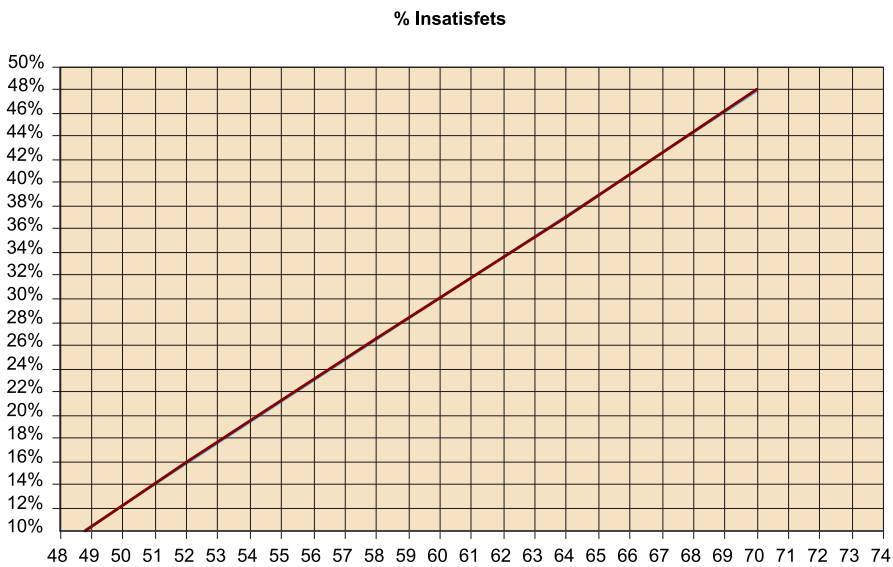
| L_{10} | Percentatge d'insatisfets per als valors ($L_{10} - L_{90}$) dBA | | | | | | | | |
|----------|--|----|----|----|----|----|----|----|----|
| | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 |
| 55 | 14 | 17 | 20 | 22 | 25 | 28 | 31 | 34 | 37 |
| 56 | 16 | 19 | 22 | 24 | 27 | 30 | 33 | 36 | 39 |
| 57 | 18 | 21 | 23 | 26 | 29 | 32 | 35 | 38 | 40 |
| 58 | 20 | 23 | 25 | 28 | 31 | 34 | 37 | 40 | 42 |
| 59 | 22 | 25 | 27 | 30 | 33 | 36 | 39 | 42 | 44 |
| 60 | 24 | 27 | 29 | 32 | 35 | 38 | 41 | 44 | 46 |
| 61 | 26 | 29 | 31 | 34 | 37 | 40 | 43 | 46 | 48 |
| 62 | 28 | 30 | 33 | 36 | 39 | 42 | 45 | 47 | 50 |
| 63 | 30 | 32 | 35 | 38 | 41 | 44 | 47 | 49 | 52 |
| 64 | 32 | 34 | 37 | 40 | 43 | 46 | 49 | 51 | 54 |
| 65 | 34 | 36 | 39 | 42 | 45 | 48 | 51 | 53 | 56 |

L_{10} i L_{90}

L_{10} : nivell de pressió acústica en dBA que sobrepassa el 10% del temps d'observació.

L_{90} : nivell de pressió acústica en dBA que sobrepassa el 90% del temps d'observació.

També es pot calcular el percentatge d'insatisfets interpolant l'índex *IRO* en la gràfica següent:

**Nota**

Cal tenir en compte que la interpolació a partir del 74% d'insatisfets s'ha de considerar una estimació, ja que els autors no van presentar valors per sobre d'aquesta dada.

Si es prefereix, es pot utilitzar la següent fórmula com a aproximació (obtinguda de l'equació d'ajust al gràfic):

$$\%Insatisfets = 0,00178 \times IRO - 0,7686 \quad 5.43$$

3.6.1. Exemple d'aplicació

A fi d'avaluar el percentatge d'insatisfets d'una oficina situada al costat d'un taller de producció, es van realitzar mesuraments de soroll amb un sonòmetre durant un període comprès entre les 8 i les 14 hores, i es va obtenir el resultat següent:

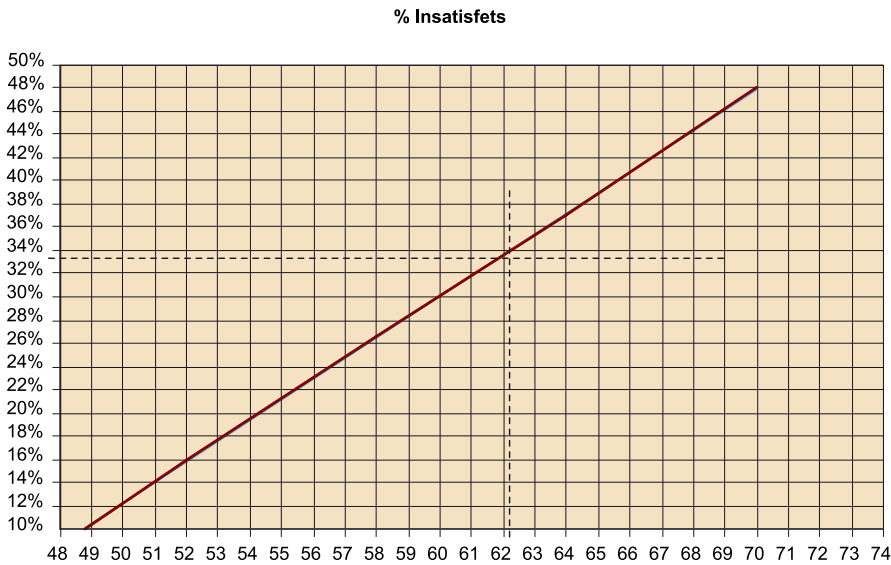
- $L_{10} = 68$ dBA
- $L_{90} = 62$ dBA
- $(L_{10} - L_{90}) = 6$ dBA

Atès que el valor està fora del rang de la taula presentada a l'apartat anterior, haurem de calcular l'índex *IRO* amb la fórmula següent:

$$IRO = L_{90} + 2,4 \times (L_{10} - L_{90}) - 14 \quad 5.44$$

$$IRO = 62 + 2,4 \times (68 - 62) - 14 = 62,40 \quad 5.45$$

Una vegada calculat, interpolem en la gràfica i obtenim el resultat següent:



També, com ja hem comentat, es pot utilitzar l'equació de la línia de tendència:

$$\% \text{ Insatisfets} = 0,00178 \times IRO - 0,7686 = 34,2\% \quad 5.46$$

Evidentment, obtenim el mateix resultat.

3.7. Temps de reverberació (T_r)

El temps de reverberació per a una freqüència donada és el temps necessari, en segons, perquè, després del cessament de l'emissió de soroll, el nivell de pressió acústica sonora disminueixi 60 dB.

El temps de reverberació és un índex útil per a determinar la «qualitat acústica» d'un local.

Exemple

Si una sala de conferències té superfícies molt reflectores, hi haurà temps de reverberació alts, la qual cosa implicarà dificultats en la comunicació.

A la taula següent s'exposen els temps de reverberació recomanats per la norma NBE-CA-82, encara vàlids a mode orientatiu:

| Tipus d'edifici | Local | T_r (s) |
|-------------------------------|----------------|------------|
| Residencial (públic i privat) | Zones d'estada | ≤ 1 |
| | Dormitoris | ≤ 1 |
| | Serveis | ≤ 1 |
| | Zones comunes | $\leq 1,5$ |
| Administratiu i d'oficines | Despatxos | ≤ 1 |
| | Oficines | ≤ 1 |

| Tipus d'edifici | Local | T_r (s) |
|-----------------|------------------|-------------------------|
| | Zones comunes | $\leq 1,5$ |
| Sanitari | Zones d'estada | $0,8 \leq T_r \leq 1,5$ |
| | Dormitoris | ≤ 1 |
| | Zones comunes | $1,5 \leq T_r \leq 2$ |
| Docent | Aules | $0,8 \leq T_r \leq 1,5$ |
| | Sales de lectura | $0,8 \leq T_r \leq 1,5$ |
| | Zones comunes | $1,5 \leq T_r \leq 2$ |

El temps de reverberació també es pot calcular mitjançant la fórmula següent:

$$T_r = 0,161 \times \frac{V}{\alpha \cdot S} \quad 5.47$$

Exemple

Per a un despatx ampli amb poc mobiliari es pren un valor mitjà de $\alpha = 0,15$. Suposem que es tracta d'un local de 4 metres d'ample per 6 de llarg i 3 d'alt. El càlcul seria el següent:

$$S = 4 \times 3 + 4 \times 3 + 6 \times 3 + 6 \times 3 + 4 \times 6 + 6 \times 4 = 108 \text{ m}^2$$

$$V = 4 \times 3 \times 6 = 72 \text{ m}^3$$

$$T_r = 0,161 \times \frac{V}{\alpha \cdot S} = 0,161 \times \frac{72}{0,15 \times 108} = 0,715 \text{ s.} \quad 5.48$$

Podem dir, després de consultar la taula, que es tracta d'un local d'oficines amb bona acústica.

Si es vol afinar el càlcul, hauríem de determinar el coeficient d'absorció del local coneixent el dels diferents materials i la superfície que ocupen, pel que utilitzaríem la fórmula següent:

$$T_r = 0,161 \times \frac{V}{\alpha_1 \times S_1 + \alpha_2 \times S_2 + \dots + \alpha_n \times S_n} \quad 5.49$$

Exemple

Tornem a calcular el temps de reverberació del cas anterior amb les dades següents:

- α de les parets: 0,1
- α del sostre (plaques d'escaiola): 0,6
- α del pis: 0,15

Lectura de la fórmula

V : volum del local o sala en m^3
 α : Coeficient d'absorció sonora mitjà de la sala
 S : superfície interior total

Lectura de la fórmula

V : volum total del local o sala en m^3
 α_n : coeficient d'absorció sonora del material
 S_n : superfície del material

$$T_r = 0,161 \times \frac{72}{0,1 \times 60 + 0,6 \times 24 + 0,15 \times 24} = 0,48 \text{ s} \quad 5.50$$

Fins i tot després d'haver afinat els càlculs, l'acústica del local segueix sent bona.

A continuació, es presenta una taula amb els coeficients d'absorció dels materials més comuns:

| | 125 Hz | 250 Hz | 500 Hz | 1.000 Hz | 2.000 Hz | 5.000 Hz | Coef. |
|--|---------------|---------------|---------------|-----------------|-----------------|-----------------|--------------|
| Suro 10 mm en mur (m ²) | 0,150 | 0,260 | 0,220 | 0,220 | 0,200 | 0,200 | 0,208 |
| Suro brut de 10 mm (m ²) | 0,040 | 0,050 | 0,080 | 0,180 | 0,210 | 0,200 | 0,127 |
| Catifa gruixuda de llana (m ²) | 0,150 | 0,300 | 0,400 | 0,500 | 0,600 | 0,800 | 0,458 |
| Argila (m ²) | 0,380 | 0,770 | 0,870 | 0,990 | 0,880 | 1,240 | 0,855 |
| Rajola plàstica enganxada (m ²) | 0,020 | 0,020 | 0,040 | 0,030 | 0,020 | 0,020 | 0,025 |
| Cortina lleugera de cotó (m ²) | 0,040 | 0,050 | 0,110 | 0,180 | 0,300 | 0,440 | 0,187 |
| Cortina pesada de vellut (m ²) | 0,100 | 0,340 | 0,400 | 0,520 | 0,500 | 0,550 | 0,402 |
| Vidre ample (m ²) | 0,180 | 0,060 | 0,040 | 0,030 | 0,020 | 0,020 | 0,058 |
| Vidre normal (m ²) | 0,350 | 0,250 | 0,180 | 0,120 | 0,070 | 0,040 | 0,168 |
| Enllosat (m ²) | 0,010 | 0,015 | 0,020 | 0,025 | 0,030 | 0,040 | 0,023 |
| Arrebossat (m ²) | 0,010 | 0,030 | 0,040 | 0,050 | 0,080 | 0,170 | 0,063 |
| Prestatgeries (m ²) | 0,270 | 0,330 | 0,300 | 0,250 | 0,280 | 0,400 | 0,305 |
| Estuc (m ²) | 0,100 | 0,020 | 0,030 | 0,050 | 0,040 | 0,050 | 0,048 |
| Fibra de vidre contra la paret (m ²) | 0,130 | 0,110 | 0,220 | 0,540 | 0,850 | 0,710 | 0,427 |
| Formigó (m ²) | 0,010 | 0,010 | 0,015 | 0,020 | 0,050 | 0,070 | 0,029 |
| Maó (m ²) | 0,020 | 0,022 | 0,030 | 0,040 | 0,050 | 0,070 | 0,039 |
| Maó pintat (m ²) | 0,010 | 0,010 | 0,020 | 0,020 | 0,020 | 0,020 | 0,017 |
| Llana de roca (m ²) | 0,120 | 0,430 | 0,760 | 0,880 | 0,850 | 0,710 | 0,625 |
| Linòleum en feltre (m ²) | 0,080 | 0,080 | 0,090 | 0,100 | 0,120 | 0,120 | 0,098 |
| Fusta (m ²) | 0,090 | 0,110 | 0,100 | 0,110 | 0,080 | 0,080 | 0,095 |
| Fusta vernissada (m ²) | 0,050 | 0,040 | 0,030 | 0,030 | 0,030 | 0,030 | 0,035 |
| Marbre (m ²) | 0,010 | 0,010 | 0,010 | 0,010 | 0,010 | 0,010 | 0,010 |
| Taula de saló | 0,130 | 0,160 | 0,150 | 0,120 | 0,120 | 0,160 | 0,140 |
| Taula normal | 0,220 | 0,280 | 0,250 | 0,200 | 0,200 | 0,280 | 0,238 |

| | 125 Hz | 250 Hz | 500 Hz | 1.000 Hz | 2.000 Hz | 5.000 Hz | Coef. |
|--|---------------|---------------|---------------|-----------------|-----------------|-----------------|--------------|
| Moqueta fina (m ²) | 0,100 | 0,120 | 0,150 | 0,300 | 0,350 | 0,320 | 0,223 |
| Moqueta gruixuda (m ²) | 0,120 | 0,200 | 0,250 | 0,450 | 0,400 | 0,350 | 0,295 |
| Paper pintat (m ²) | 0,010 | 0,020 | 0,040 | 0,100 | 0,200 | 0,300 | 0,112 |
| Paper i pintura (m ²) | 0,010 | 0,015 | 0,030 | 0,080 | 0,170 | 0,250 | 0,093 |
| Parquet flotant (m ²) | 0,200 | 0,150 | 0,120 | 0,080 | 0,100 | 0,150 | 0,133 |
| Parquet enganxat (m ²) | 0,030 | 0,040 | 0,080 | 0,120 | 0,120 | 0,170 | 0,093 |
| Persona dreta | 0,150 | 0,250 | 0,350 | 0,045 | 0,550 | 0,550 | 0,316 |
| Persona en una butaca | 0,200 | 0,300 | 0,360 | 0,440 | 0,500 | 0,550 | 0,392 |
| Persona en una cadira | 0,100 | 0,150 | 0,032 | 0,420 | 0,550 | 0,550 | 0,300 |
| Pissarra (m ²) | 0,010 | 0,010 | 0,030 | 0,040 | 0,050 | 0,070 | 0,035 |
| Planta gran | 0,025 | 0,050 | 0,100 | 0,200 | 0,300 | 0,400 | 0,179 |
| Planta petita | 0,005 | 0,010 | 0,020 | 0,040 | 0,070 | 0,100 | 0,041 |
| Porta de fusta massissa (m ²) | 0,100 | 0,110 | 0,100 | 0,090 | 0,080 | 1,000 | 0,247 |
| Porta llisa de fusta (m ²) | 0,120 | 0,220 | 0,170 | 0,090 | 0,100 | 0,100 | 0,133 |
| Revestiment de ciment llis (m ²) | 0,010 | 0,010 | 0,020 | 0,020 | 0,020 | 0,030 | 0,018 |
| Cadira | 0,030 | 0,040 | 0,040 | 0,050 | 0,050 | 0,060 | 0,045 |
| Butaca | 0,350 | 0,450 | 0,600 | 0,700 | 0,800 | 0,900 | 0,633 |
| Butaca encoixinada | 0,150 | 0,200 | 0,320 | 0,350 | 0,350 | 0,300 | 0,278 |
| Sofà | 0,800 | 1,200 | 1,400 | 1,600 | 2,000 | 2,500 | 1,583 |
| Terra de suro dur (m ²) | 0,040 | 0,030 | 0,050 | 0,110 | 0,070 | 0,020 | 0,053 |
| Superfície encoixinada (m ²) | 0,150 | 0,320 | 0,400 | 0,450 | 0,400 | 0,450 | 0,362 |
| Trapa (m ²) | 0,140 | 0,320 | 0,450 | 0,450 | 0,400 | 0,350 | 0,352 |
| Finestra amb persiana (m ²) | 0,050 | 0,100 | 0,150 | 0,250 | 0,400 | 0,600 | 0,258 |
| Finestra amb cortineta (m ²) | 0,050 | 0,080 | 0,100 | 0,180 | 0,300 | 0,450 | 0,193 |
| Guix/escaiola brut (m ²) | 0,040 | 0,030 | 0,030 | 0,040 | 0,050 | 0,080 | 0,045 |
| Guix/escaiola pintat (m ²) | 0,010 | 0,010 | 0,020 | 0,030 | 0,040 | 0,050 | 0,027 |

4. Qualitat de l'aire interior

La ventilació d'un local fa referència al subministrament i extracció d'aire, ja sigui de manera natural o mecànica. Un dels principals objectius de la ventilació és mantenir els nivells d'oxigen i diòxid de carboni (CO₂) perquè l'aire sigui respirable i l'ambient sigui percebut com a fresc i net.

Des d'un punt de vista preventiu, la ventilació és un mètode de protecció col·lectiva dels treballadors. Podem distingir dos tipus de ventilació:

- **Ventilació per extracció localitzada.** S'utilitza per a eliminar un agent contaminant en el seu focus d'emissió, impedit així la seva dispersió en el local.
- **Ventilació general.** Pretén reduir els nivells de contaminació mitjançant la seva dilució fins a nivells acceptables.

En higiene industrial s'entén que l'extracció localitzada és un sistema de prevenció més eficaç que la ventilació per dilució; no obstant això, la ventilació general és un sistema inseparable dels sistemes de ventilació per extracció localitzada.

Perquè hi hagi un equilibri, hi ha d'haver un sistema d'impulsió i un altre d'extracció que mantinguin cabals similars; és a dir, el sistema d'extracció d'aire ha de venir acompanyat d'un sistema de subministrament d'aire net.

Els sistemes de ventilació poden dissenyar-se per a dos propòsits diferents:

- **Control de la calor,** o sistema de climatització de calor/fred.
- **Ventilació per dilució,** per reduir la concentració de determinats contaminants a nivells acceptables. Aquest sistema es divideix al seu torn en:
 - Control de riscos per a la salut.
 - Control de risc d'incendi i explosió.
 - Control d'olors i altres substàncies molestes.

Concentració de CO₂ i O₂

El nivell d'oxigen ha de mantenir-se al voltant del 21% i el de CO₂, sobre un 0,03% (387 ppm).

Nota

En aquest material solament tractarem la ventilació per dilució.

4.1. La ventilació general per dilució

La ventilació per dilució consisteix a reduir els nivells de contaminació d'un local mitjançant l'aportació d'aire net, lliure de contaminants.

Es pot determinar la quantitat d'aquest aire net que ha d'aportar-se perquè la contaminació del local romangui amb nivells constants i acceptables segons l'objecte de la ventilació; per a això, s'ha de conèixer la taxa de generació d'aquests contaminants i la concentració mínima que volem mantenir.

En els locals d'ús no industrial es pot considerar que les persones són el principal focus de generació de contaminants, per la qual cosa el càlcul del cabal d'aire es basa en la contaminació generada per les persones i la concentració de contaminants recomanada per al benestar de les persones. En aquest cas, la ventilació general per dilució és el millor sistema per al control d'olors i substàncies molestes.

Vegem una taula amb els principals contaminants que podem trobar en els locals d'ús no industrial, així com les seves concentracions màximes admissibles:

| Paràmetre | Criteri de valoració | | |
|--|---|---|--|
| | Confort | Valor límit màxim | Norma/reglament de referència |
| Avaluació higiènica dels sistemes de climatització | Absència de brutícia visible | No aplica | UNE 100012 |
| | Segons norma UNE 100012 | No aplica | UNE 100012 |
| Temperatura i humitat relativa | Primavera - estiu: 23-25 °C i 30-70% | Només per a temperatura (tot l'any): 17-27 °C | RITE ⁸ Valors límit: Reial decret 486/1997 |
| | Tardor-hivern: 21-23 °C i 30-70% | | |
| Diòxid de carboni | Interior - exterior: <500 ppm | 2.500 ppm | UNE-EN 13779:2005 Valor límit 50% VLA de l'INSHT |
| Monòxid de carboni | <5 ppm | 19 ppm | Reial decret 102/2011 Valor límit 75% VLA de l'INSHT |
| Partícules en suspensió (PM 2,5 ⁹) | <20 µg/m ³ | 1.000 µg/m ³ | Reial decret 102/2011 Valor límit 10% VLA de l'INSHT |
| Comptatge de partícules | Classe ISO 9: <35.200.000 partícules de 0,5 micres/m ³ | No aplica | UNE-EN ISO 14644-1:2000 Classificació de la neteja de l'aire |
| | <293.000 part. de 5 micres/m ³ | | |

⁽⁸⁾Reial decret 1027/2007, de 20 de juliol, reglament d'instal·lacions tèrmiques als edificis.

⁽⁹⁾Es refereix a la mida de partícula amb un diàmetre de fins a 2,5 µm fracció inhalable.

⁽¹⁰⁾Quan se superin aquests valors s'han de tenir en compte els valors exteriors i, si escau, prendre les mesures de control adequades.

Contingut complementari

S'accepta que se superi fins a un 25%.

| Paràmetre | Criteri de valoració | | |
|--|---|--------------------------|--|
| | Confort | Valor límit màxim | Norma/reglament de referència |
| Bacteris i fongs en suspensió ¹⁰ | Bacteris <600 ufc/m ³ Fongs <200 ufc/m ³ | No aplica | No aplica |
| Formaldehid | 0,12 mg/m ³ | 0,3 mg/m ³ | Valor confort: VLA de l'INSHT. Ambients laborals, oficines o un altre tipus d'àrees de permanència limitada. Valor límit d'OMS, per a ambients hospitalaris o residencials de permanència contínua |
| Ozó | <0,1 ppm | <0,2 ppm | Basat en el VLA de l'INSHT |
| Total COV | <200 µg/m ³ | <3.000 µg/m ³ | Criteris basats en estudis realitzats per Molhave: Rang de confort: <200 µg/m ³ Rang d'exposició multifactorial: 200 µg/m ³ a 3.000 µg/m ³ Rang de desconfort: 3.000 µg/m ³ a 25.000 µg/m ³ Rang tòxic: >25.000 µg/m ³ |
| Fibres en suspensió | Fibres vítries artificials: 0,1 fib/cm ³ | No aplica | Recomanació 10% VLA de l'INSHT |
| | Amiant 0,01 fib/cm ³ | | Amiant VLA de l'INSHT |
| Olors | Absència d'olors molestes | No aplica | Guies de bones pràctiques |
| Òxids de nitrogen | 0,2 mg/m ³ | No aplica | Recomanacions de l'OMS |
| Diòxid de sofre | 0,5 mg/m ³ | No aplica | Recomanacions de l'OMS |
| Gas radó | 200 Bq/m ³ | No aplica | Recomanacions de la UE |

Mètodes d'anàlisi i criteris de valoració. Font: UNE 171330-2, 2014

Nota

L'ésser humà emet un elevat nombre de substàncies: diòxid de carboni (CO₂), compostos orgànics volàtils, vapor d'aigua i bioaerosols (amb microorganismes). De tots aquests, el més important, des del punt de vista quantitatiu, és el CO₂. Se sap quina és la concentració en la qual comencen a generar-se molèsties i, per tant, és un bon indicador del cabal mínim de ventilació de locals.

4.2. Normativa vigent

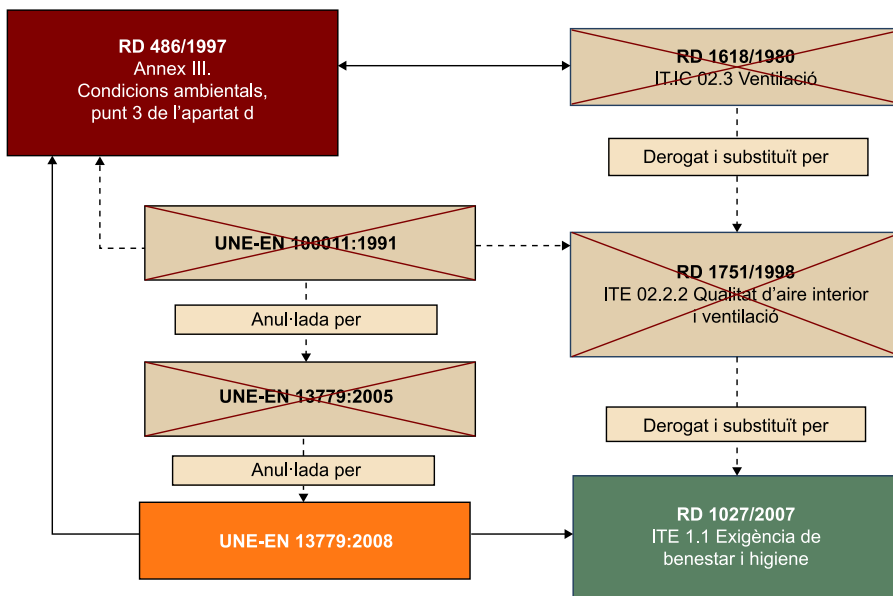
Segons el Reial decret 486/1997, la renovació mínima d'aire en locals de treball serà de 30 m³ d'aire net per hora i treballador, en el cas de feines sedentàries en ambients no calorosos ni contaminats per fum de tabac, i de 50 m³ en la resta de casos, a fi d'evitar un ambient viciat i olors desagradables.

El sistema de ventilació d'aire ha de garantir l'entrada d'aire net i la sortida d'aire viciat, assegurant una efectiva renovació de l'aire del local de treball.

Recordeu

Com ja hem indicat, la concentració de diòxid de carboni (CO₂) és un bon indicador de la qualitat d'aire interior.

La normativa vigent en matèria de ventilació és la següent:



Malgrat que algunes de les normes de referència han estat derogades o anul·lades, podem comparar els valors de referència de ventilació de totes elles per veure com han anat evolucionant:

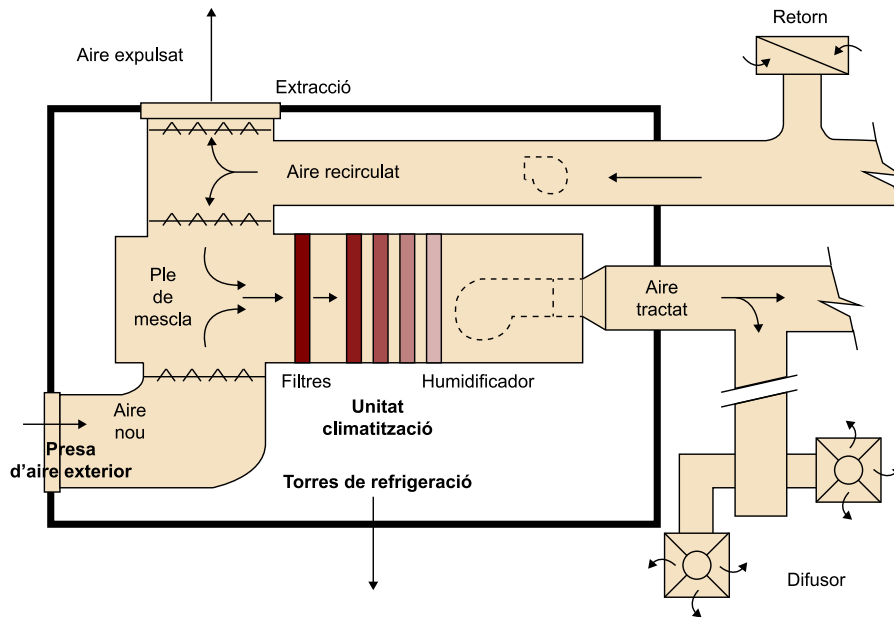
4.3. Ventilació segons la norma UNE-EN 13779

La norma UNE-EN 13779 sobre ventilació d'edificis no residencials és aplicable en l'etapa de disseny dels locals i especifica els requisits i les prestacions dels sistemes de ventilació i condicionament. En tractar-se d'una mesura de prevenció en l'etapa de disseny, és el sistema més eficaç.

La norma classifica l'aire en diferents tipus segons la seva procedència. A continuació, s'enumeren els més significatius:

- aire exterior (ODA)

- aire de mescla (MEZ)
- aire d'impulsió (IMP)
- aire interior (IDA)
- aire extret (ETA)
- aire descarregat (EHA)



Sistema tipus de ventilació i climatització. Font: Guia RD 486/1997 INSHT

La norma classifica l'aire exterior (ODA) en cinc nivells, des d'ODA 1 (aire pur) a ODA 5 (aire molt contaminat), en funció de la seva qualitat i puresa.

Parlem d'aire pur quan es compleixen les pautes de l'Air Quality Guidelines for Europe (1999), de l'OMS, o de qualsevol norma nacional de qualitat d'aire o reglamentació sobre les substàncies rellevants en l'exterior.

La norma també classifica l'aire interior (IDA) en quatre nivells en funció de la seva qualitat:

- IDA 1: aire interior de qualitat alta
- IDA 2: aire interior de qualitat mitjana
- IDA 3: aire interior de qualitat moderada

- IDA 4: aire interior de qualitat baixa

A la taula següent es poden observar els criteris de classificació en funció dels contaminants emesos o efectes sobre la salut segons UNE-EN 13779:

| Cate- goria | Nivells de CO ₂ | Taxa d'aire exte- rior per persona | | Taxa d'aire exterior per unitat de superfície | Qualitat d'aire percebuda |
|----------------|-------------------------------|---------------------------------------|--------------------------------------|--|------------------------------|
| | | No fu- madors | Fumadors | | |
| IDA 1 | ≥400 ppm | >54 m ³ / h/treb. | >108 m ³ /h/ treb. | -- | ≤1,0 |
| IDA 2 | 400-600 ppm | 36-54 m ³ /h/ treb. | 2-108 m ³ /h/ treb. | >2,5 m ³ /h/m ² | 1,0-1,4 |
| IDA 3 | 600-1.000 ppm | 22-36 m ³ /h/ treb. | 43-72 m ³ /h/ treb. | 1,3-2,5 m ³ /h/m ² | 1,4-2,5 |
| IDA 4 | >1.000 ppm | <22 m ³ / h/treb. | <43 m ³ / h/treb. | <1,3 m ³ /h/m ² | >2,5 |

4.4. Avaluació de la qualitat d'aire interior

Des del punt de vista ergonòmic, hem d'avaluar la qualitat d'aire interior i comparar els resultats amb la normativa aplicable, a fi d'establir mesures preventives adequades:

- Seleccionar materials de construcció i decoració d'edificis i locals que produeixin baixes emissions de substàncies en l'ambient.
- Instal·lar sistemes de ventilació i climatització amb capacitat suficient per a proveir de les renovacions d'aire apropiades.
- Utilització de 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.
- Realitzar un manteniment preventiu de les instal·lacions i sistemes de ventilació que inclogui la neteja i substitució de filtres, humidificadors, torres de refrigeració i zones humides.

Per a això, hem de poder categoritzar els locals de treball segons la qualitat d'aire interior, determinant:

- els nivells de CO₂,
- la taxa d'aire exterior per persona,
- la taxa d'aire exterior per metre quadrat,
- la qualitat d'aire percebuda.

4.4.1. Determinació de la taxa d'aire exterior

La determinació de la presència de CO₂ és molt senzilla i es pot realitzar mitjançant tubs colorimètrics o monitors de lectura directa; aquests últims són els més comuns, pel seu baix cost i versatilitat.

És important que durant el mesurament s'allunyi el sensor de l'equip de mesurament de la zona de respiració, ja que l'aire exhalat té grans quantitats de diòxid de carboni i podria falsejar la lectura.



Tub colorimètric. Font: Dräger. Sonda de CO₂. Font: Kimo.

On s'ha de mesurar el CO₂?

Han de prendre's mesuraments de CO₂ a l'exterior, en el lloc més proper possible a les preses d'aire del sistema de ventilació, i així coneixerem els nivells de CO₂ mediambientals de la zona en qüestió.

Nota

Si és una zona amb aflluència de trànsit, haurà de tenir-se en compte en els mesuraments.

A l'hora de realitzar els mesuraments a l'interior, es faran a nivell de la zona respiratòria dels seus ocupants (segons estiguin asseguts o drets). S'escolliran diversos punts de mesurament a cada sala o local que cal valorar. També, han de fer-se mesuraments en els difusors d'entrada d'aire al local (sortides o *splits* d'aire) i al costat de les extraccions d'aquest (retorns). Aquests mesuraments seran útils per a determinar l'eficàcia del sistema de ventilació.

Quan mesurar?

Els mesuraments s'han d'efectuar quan el sistema de ventilació faci un temps que funciona i es trobi en règim estacionari. A més, s'haurà d'esperar al moment de màxima aflluència en el local (plantilla i visites). També pot ser d'utilitat fer mesuraments amb l'engegada del sistema de ventilació i, després, a intervals de temps després d'aturar-lo.

4.4.2. El CO₂ com a contaminant

El diòxid de carboni, a l'aire lliure, té una concentració d'unes 300-400 ppm. En interiors, la seva concentració augmenta per l'efecte de la respiració dels seus ocupants (i la taxa metabòlica de la seva activitat física).

Es considera que el límit màxim de qualitat d'aire interior és de 1.000 ppm, i a partir de 5.000 ppm se supera el valor màxim admès per la taula de VLA de l'INSHT per a períodes de 8 hores. El límit màxim de concentració és de 15.000 ppm per a exposicions curtes de 15 minuts.

4.4.3. El CO₂ com a indicador de l'olor

L'emissió de CO₂ durant la respiració està lligada a l'emissió d'altres productes procedents del metabolisme: vapor d'aigua, partícules, aerosols biològics, alcohols, aldehids, etc. Són els anomenats bioefluents, responsables de la càrrega d'olor per ocupació humana. Per això, el diòxid de carboni és un bon indicador de la càrrega d'olor existent en un local causada pels seus ocupants.

En la pràctica, a partir de 1.000 ppm de CO₂, la majoria de persones que entren en un local notaran molèsties degudes a l'olor (en termes d'olor corporal). No obstant això, els ocupants de la sala s'adapten a aquesta olor i no noten aquestes molèsties fins que s'assoleixen, aproximadament, les 2.000 ppm.

4.4.4. Mesura directa del cabal d'aire exterior

Per calcular el cabal d'aire exterior, hem de conèixer la velocitat amb què circula pel conducte, que la podem mesurar directament. Es pot determinar el cabal d'aire exterior d'un conducte mesurant-lo directament mitjançant un velòmetre o anemòmetre. Una vegada tenim la velocitat de l'aire, multipliquem per l'àrea del conducte i ja tenim el cabal:

$$Q(m^3/s) = A (m^2) \times v(m/s) \quad 5.51$$

Exemple

Es pretén mesurar el cabal de l'aire en un conducte rectangular de 50 x 20 cm. Sabem que la velocitat mitjana en el punt central és de 8 m/s. El cabal d'aire impulsat és, per tant:

$$Q(m^3/s) = 0,5 \times 0,2(m^2) \times 8 (m/s) = 0,8m^3/s \quad 5.52$$

Lectura de la fórmula

Q: cabal en m³/s

A: àrea de la secció del punt de mesurament

V: velocitat de l'aire en m/s

4.4.5. Mesura del CO₂ en condicions d'equilibri

Aquest mètode es basa en la norma UNE 100-01191 i considera que una persona en estat de repòs (metabolisme basal = 1 met) produeix 0,0042 litres/s de CO₂ i met. Per tant, el consum d'oxigen i la producció de CO₂ depenen de l'activitat física segons la relació següent:

El cabal de ventilació (Q), expressat en litres per segon i per persona, es calcula mitjançant l'expressió següent, seguint el balanç de masses:

$$G_{(CO_2)} = 0,0042 \times M \quad 5.53$$

Aquest mètode solament resulta vàlid en aquells espais en els quals hi ha suficients ocupants per servir de font de diòxid de carboni i que, a més, hi han estat el temps necessari perquè el nivell de diòxid de carboni assoleixi l'equilibri.

4.4.6. Estimació de la proporció de l'aire exterior

Per calcular el percentatge d'aire exterior existent al local, s'utilitza el mètode proposat per la guia de l'RD 486/97:

$$Q = \frac{0,0042 \times M}{[CO_2]_{recinte} - [CO_2]_{exterior}} \times 10^6 \quad 5.54$$

Per aplicar bé aquest mètode, és necessari realitzar totes les mesures alhora i en el moment de màxima ocupació del local.

Lectura de la fórmula

G_(CO₂): producció de CO₂ en funció de l'activitat metabòlica en l/s

M: activitat metabòlica mesurada en met (58 W/m²; 90 kcal/h)

Lectura de la fórmula

Q: cabal d'aire exterior en l/s i persona

M: activitat metabòlica mesurada en met (58 W/m²; 90 kcal/h)

[CO₂]_{recinte}: concentració de CO₂ del local en ppm

[CO₂]_{exterior}: concentració de CO₂ de l'exterior en ppm

Lectura de la fórmula

C_R: ppm de CO₂ en l'aire de tornada

C_S: ppm de CO₂ en l'aire de subministrament

C₀: ppm de CO₂ en l'exterior

El cabal d'aire exterior vindrà determinat pel producte entre el cabal total d'aire subministrat per la unitat de climatització i el percentatge d'aire exterior calculat.

4.4.7. Exemple d'aplicació

Es pretén avaluar la qualitat d'aire d'una oficina d'administració amb una superfície de 60 m² i quinze ocupants. L'oficina disposa d'un sistema de ventilació per conductes i es van realitzar els mesuraments següents amb un mesurador de CO₂:

- [CO₂]_{interior} = 825 ppm = [CO₂]_{retorn}
- [CO₂]_{exterior} = 410 ppm
- [CO₂]_{subministrament} = 625 ppm

Mitjançant un velòmetre es va intervenir la velocitat d'impulsió d'aire en el conducte principal d'impulsió (40 x 20 cm): 4 m/s.

En primer lloc, es calcula el percentatge de renovació de l'aire exterior amb la fórmula següent:

$$(\%) \text{Aire exterior} = \frac{C_R - C_s}{C_R - C_0} \times 100 \quad 5.55$$

Després, es determina el cabal d'aire del sistema de ventilació en el tub d'impulsió principal:

$$\text{Aire exterior} = \frac{C_R - C_s}{C_R - C_0} \times 100 = \frac{825 - 625}{825 - 410} \times 100 = 48\% \quad 5.56$$

El cabal d'aire exterior, calculat a partir del cabal d'impulsió i multiplicat pel percentatge de renovació d'aire, que és del 48%, és: 0,32 m³/s × 0,48 = 0,15 m³/s = 555 m³/h. Aquest valor no està referit al nombre de persones, per la qual cosa s'ha de dividir per les quinze persones de l'oficina: 555 m³/h ÷ 15 = 37 m³/h i persona.

Alternativament, podem calcular el cabal d'aire exterior per persona amb l'expressió següent:

$$\text{Cabal impulsió} = 0,4 \text{ m} \times 0,2 \text{ m} \times \frac{4 \text{ m}}{\text{s}} = 0,32 \text{ m}^3/\text{s} \quad 5.57$$

Tenint en compte que es tracta d'una activitat sedentària (1,1 mets), el resultat és el següent:

$$Q = \frac{0,0042 \times M}{[\text{CO}_2]_{\text{recinte}} - [\text{CO}_2]_{\text{exterior}}} \times 10^6 \quad 5.58$$

Per passar de l/s a m³/h multipliquem per 3,6 i s'obté un cabal de 40,1 m³/h i persona.

El cabal de renovació exterior està comprès entre 37-40 m³/h i persona, i la concentració de CO₂ interior és de 825 ppm. És a dir, la qualitat d'aire del local està entre IDA 2 i 3. Encara que es pot millorar, cal destacar que està per sobre de la qualitat proposada pel Reial decret 486/97, que fixa el mínim en 30 m³/h i persona. També supera els valors de normatives anteriors, per la qual cosa podem considerar que l'oficina compleix amb els requisits mínims legals de qualitat d'aire, encara que es poden emprendre accions per millorar-la.

| Normativa | Ventilació recomanada | |
|--|--|--|
| | Condicció | Ventilació |
| RD 1618/1980 IT. IC 02.3 | Oficines, espais generals | 25-36 m ³ /h/persona 0,5 litres/s/m ² |
| | Oficines, sales de reunió | 43-65 m ³ /h/persona 2,5 litres/s/m ² |
| Reglament d'instal·lacions tèrmiques d'edificis - UNE 100011 | Oficines | 36 m ³ /h/persona 1 litre/s/m ² |
| | Sales de reunió | 36 m ³ /h/persona 5 litres/s/m ² |
| RD 486/1997 | Treball sedentari, no calorós, no sedentari | 30 m ³ /h/treballador |
| | Resta de casos | 50 m ³ /h/treballador |
| UNE-EN 13779-2005 | IDA 1. Alta qualitat d'aire | >54 m ³ /h/treballador |
| | IDA 2. Mitjana qualitat d'aire | 36-54 m ³ /h/treballador |
| | IDA 3. Moderada qualitat d'aire | 22-36 m ³ /h/treballador |
| | IDA 4. Baixa qualitat d'aire | <22 m ³ /h/treballador |

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. Es tracta de paràmetres ambientals com la il·luminació, el soroll, la temperatura o la qualitat de l'aire interior, els efectes sobre la salut dels quals són ben coneguts.

Des d'un 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 desconfort que provoquen i els efectes negatius relacionats amb la falta de concentració, malestar, pèrdua de productivitat, augment de la taxa d'errors i, en el cas de la qualitat d'aire interior, augment de la taxa d'absentisme per problemes de salut.

Malgrat no existir en molts d'aquests casos normativa específica, hi ha múltiples estudis i normes tècniques que desenvolupen mètodes d'avaluació per determinar si hi ha un risc de desconfort associat a aquests factors ambientals:

- desconfort lumínic, mitjançant la metodologia proposada per la Generalitat de Catalunya;
- desconfort tèrmic, mitjançant la metodologia proposada per Fanger i desenvolupada per la UNE-EN ISO 7730;
- desconfort per soroll, mitjançant diverses metodologies, com el mètode SIL, corbes PNC i NC, l'índex de soroll en oficines (IRO) i el temps de reverberació;
- la qualitat de l'aire interior, mitjançant els criteris marcats per la UNE-EN 13779 i la presència de CO₂.

Bibliografia

- Carmona Benjumea, A.** (2001). «Datos antropométricos de la población laboral española». *Prevención, salud y trabajo* (núm. 14, págs. 22-35). CNMP (INSHT).
- Generalitat de Catalunya** (2006). *Manual per a la identificació i avaluació de riscos laborals* (vol. 3.1.1). Barcelona: Departament d'Ocupació.
- Gómez-Cano Hernández, M.** (1994). *Aspectos ergonómicos del ruido* (núm. 102, pàg. 33-40).
- Institut Nacional de Seguretat i Higiene en el Treball** (1993). *NTP 289: Síndrome del edificio enfermo: factores de riesgo*.
- Institut Nacional de Seguretat i Higiene en el Treball** (1993). *NTP 380: El síndrome del edificio enfermo: cuestionario simplificado*.
- Institut Nacional de Seguretat i Higiene en el Treball** (2008). *NTP 794. Evaluación de la comunicación verbal: método SIL*.
- Institut Nacional de Seguretat i Higiene en el Treball** (2014). *Aspectos ergonómicos de las vibraciones*. Madrid.
- Institut Nacional de Seguretat i Higiene en el Treball** (2014). *NTP 1011: Determinación del metabolismo energético mediante tablas* [document en línia].
<<http://www.insht.es/inshtweb/contenidos/documentacion/ntp/ntp/ficheros/1008a1019/ntp-1011.pdf>>
- Institut Nacional de Seguretat i Higiene en el Treball** (2015). *Calidad del aire interior. Contaminantes biológicos (I): estrategia de muestreo*.
- Institut Nacional de Seguretat i Higiene en el Treball** (2015). *Iluminación en el puesto de trabajo. Criterios para la evaluación y acondicionamiento de los puestos*.
- Institut Nacional de Seguretat i Higiene en el Treball (s/d)**. *Aspectos ergonómicos del ruido: evaluación*.
- INSHT-MTAS** (1983). *NTP 74: Confort térmico - Método de Fanger para su evaluación*.
- Institut Nacional de Seguretat i Higiene en el Treball - MTAS** (1986). *NTP 211: Iluminación de los centros de trabajo*.
- Institut Nacional de Seguretat i Higiene en el Treball - MTAS** (1987). *NTP 242: Ergonomía: análisis ergonómico de los espacios de trabajo en oficinas*.
- Institut Nacional de Seguretat i Higiene en el Treball - MTAS** (1992). *NTP 358: Olores: un factor de calidad y confort en ambientes interiores*.
- Institut Nacional de Seguretat i Higiene en el Treball - MTAS** (1998). *NTP 501: Ambiente térmico: incomfort térmico local*.
- Institut Nacional de Seguretat i Higiene en el Treball - MTAS** (1998). *NTP 503: Confort acústico: el ruido en oficinas*.
- Institut Nacional de Seguretat i Higiene en el Treball - 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)*.
- Institut Nacional de Seguretat i Higiene en el Treball - MTAS** (2007). *NTP 779. Bienestar térmico: criterios de diseño para ambientes térmicos confortables*.
- Institut Nacional de Seguretat i Higiene en el Treball - 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 - 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 Álvarez, F. J.** (2009). *Ergonomía y psicología aplicada. Manual para la formación del especialista* (14a. ed.). Valladolid: Lex Nova.

Martínez Verdú, F.; De Fes Saiz, D. (2006). «La ergonomía del color: influencia en el rendimiento y la salud del trabajador». *Gestión práctica de riesgos laborales* (vol. 30, núm. 34).

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. R.; Gregori, E.; Blasco, J.; Barrau, P. (1999). *Ergonomia I. Fonaments* (3a. ed.). Barcelona: Edicions UPC.

Nogareda, S. (2008). *Ergonomía* (5a. ed.). Madrid: Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo.

OMS (2004). *Occupational noise: assessing the burden of disease from work-related hearing impairment at national and local levels.* Ginebra.

Osalan: Instituto Vasco de Seguridad y Salud Laboral (s/d). *Guía para la actuación de los servicios de prevención ante casos de lipoatrofia semicircular.* Bilbao.

Reial decret 1027/2007. Reglament d'instal·lacions tèrmiques d'edificis.

Reial decret 286/2006 sobre la protecció de la salut i la seguretat dels treballadors contra els riscos relacionats amb l'exposició al soroll.

UNE (2000). *UNE-EN ISO 7029. Acústica. Distribució estadística dels llindars d'audició en funció de l'edat.*

UNE (2001). *UNE-EN ISO 7726. Ergonomia dels ambients tèrmics. Instruments de mesura de les magnituds físiques.*

UNE (2002). *UNE-EN ISO 5349. Vibracions mecàniques. Mesurament i avaluació de l'exposició humana a les vibracions transmeses per la mà.*

UNE (2004). *UNE-EN ISO 9921. Ergonomia. Avaluació de la comunicació verbal.*

UNE (2004). *UNE-EN ISO 8996. Ergonomia de l'ambient tèrmic. Determinació de la taxa metabòlica.*

UNE (2004). *UNE-EN ISO 8996:2005. Ergonomia de l'ambient tèrmic. Determinació de la taxa metabòlica.*

UNE (2006). *UNE-EN ISO 7730. Determinació analítica i interpretació del benestar tèrmic mitjançant el càlcul dels índexs PMV i PPD i els criteris de benestar tèrmic local, tenen en compte tots els factors objectius.*

UNE (2008). *UNE-EN 13779. Ventilació dels edificis no residencials. Requisits de prestacions de sistemes de ventilació i condicionament de recintes.*

UNE (2008). *UNE-EN ISO 2631. Vibracions i xocs mecànics. Avaluació de l'exposició humana a les vibracions de cos sencer.*

UNE (2012). *UNE-EN 12646-1. Il·luminació dels llocs de treball. Part 1. Llocs de treball en interiors.*

UNE (2014). *UNE 171330-2. Qualitat ambiental en interiors. Part 2: Procediments d'inspecció de qualitat ambiental interior.*

UNE (2014). *UNE 171330-2. Qualitat ambiental en interiors. Part 2: Procediments d'inspecció de qualitat ambiental interior.*