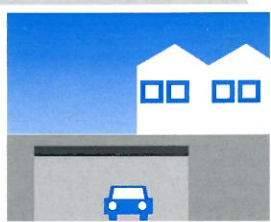
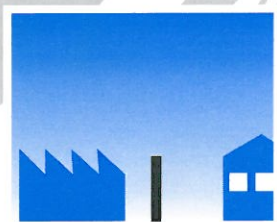
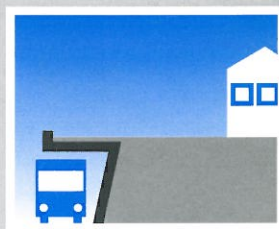
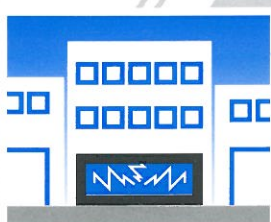
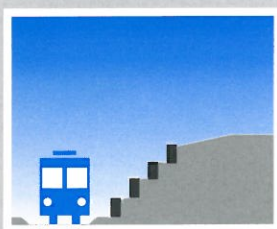




Manual de mesurament i avaluació del soroll



Generalitat de Catalunya
Departament de Medi Ambient

MANUAL DE MESURAMENT I AVALUACIÓ DEL SOROLL

JOSEP M. QUEROL I NOGUERA

ENGINYER INDUSTRIAL



Generalitat de Catalunya
Departament de Medi Ambient

BIBLIOTECA DE CATALUNYA. DADES CIP:

Querol i Noguera, Josep M.

Manual de mesurament i avaluació del soroll
Bibliografia. -- Inclou legislació sobre el
tema

ISBN 84-393-3235-1

I. Catalunya. Departament de Medi Ambient

II. Títol 1. Soroll -- Control 628.517.2

© Generalitat de Catalunya

Departament de Medi Ambient

Direcció General de Qualitat Ambiental

1a edició: desembre 1994

Tiratge: 5000 exemplars

Coordinació:

Servei de Protecció de l'Ambient Atmosfèric

Revisió lingüística:

Servei de Règim Interior

Composició, maquetació interior i dibuixos:

Publi/Co

Disseny de coberta:

Joaquim Trias i Associats, SL

Impressió:

Grafos, SA

ISBN: 84-393-3235-1

Dipòsit legal: B-1829-95

ÍNDEX

PRESENTACIÓ	9
-------------------	---

CAPÍTOL 1

SOROLL	11
--------------	----

CAPÍTOL 2

NOCIONS BÀSIQUES	19
------------------------	----

CAPÍTOL 3

SOROLL D'ACTIVITATS.....	53
--------------------------	----

CAPÍTOL 4

SOROLL DE TRÀNSIT	73
-------------------------	----

CAPÍTOL 5

MAPES DE SOROLL	101
-----------------------	-----

CAPÍTOL 6

GESTIÓ AMBIENTAL DEL SOROLL	109
-----------------------------------	-----

ANNEX 1: LEGISLACIÓ.....	123
--------------------------	-----

ANNEX 2: TAULA DE SÍMBOLS	130
---------------------------------	-----

ANNEX 3: BIBLIOGRAFIA.....	132
----------------------------	-----

PRESENTACIÓ

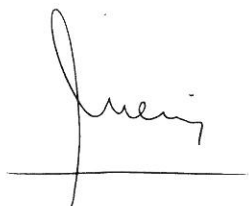
Cada vegada esdevé més evident per a tothom que la protecció del medi ambient és un factor de qualitat de vida. Això significa que va en augment la sensibilitat de la població respecte de determinades incidències ambientals que, sense suposar un risc directe per a la salut o per al medi, comporten una disminució de la qualitat de vida que desitgem.

El soroll pot incloure's dins d'aquest marc. Certament, hi ha situacions en què la contaminació acústica és un problema agut que requereix actuacions directes. En general, però, el soroll s'associa a fenòmens de fons que ocasionen molèsties i incomoditats. Aquestes situacions també s'han de corregir.

No es pot ignorar, però, que aquest soroll ambiental és la suma de moltes petites fonts. Això fa que l'objectiu de reduir el soroll sigui, realment, un problema molt complex i exigeixi, a més d'actuacions de les administracions públiques, un grau de compromís cívic individual molt important.

Amb aquest manual, però, volem oferir una eina de referència a aquelles institucions i a aquells organismes que tenen una implicació més directa amb l'avaluació dels nivells de soroll i el disseny de mesures per minimitzar-lo i resoldre els problemes que ocasiona.

Amb ell, es vol complementar les altres actuacions del Departament de Medi Ambient en l'àmbit normatiu, l'administratiu i el formatiu. Desitgem que els seus destinataris el trobin d'utilitat i d'interès.



Albert Vilalta
Conseller de Medi Ambient

CAPÍTOL 1

1. SOROLL

1.1 FACTORS SOROLL-MOLÈSTIA

1.2 REDUIR EL SOROLL PER REDUIR LA MOLÈSTIA

1. SOROLL

Gairebé tota activitat humana es realitza en un context de so més o menys elevat. De vegades, però, el so que ens envolta ens pot resultar molest. D'una manera simple es pot definir el soroll com un so no desitjat o molest. El so que fa un pianista és, per a ell, un so musical amb unes relacions melòdiques i harmòniques determinades. Per al veí de l'habitatge del costat, segons les circumstàncies, el so que li arriba del piano pot ser un so molest, és a dir, un soroll.

Si es defineix el soroll d'una manera més completa, es pot dir que és el conjunt de fenòmens vibratoris aeris, percebuts i integrats pel sistema auditiu, que en determinades circumstàncies pot originar molèsties, o fins i tot lesions, a l'oïda.

Aquesta definició comprèn tres aspectes, que sempre són presents en qualsevol situació de soroll ambiental:

- L'aspecte físic, que ens permet fer mesuraments, càlculs, prediccions i que pot controlar-se per mitjà del coneixement de les lleis de la física acústica i del coneixement dels materials.
- L'aspecte fisiològic, en què intervenen nombrosos elements que modifiquen la percepció del so, com el llindar d'audició específic de cada persona i la seva modificació per l'edat, per un simple refredat o per possibles malalties de l'oïda.
- L'aspecte psicofisiològic, en què la percepció de molèstia o del grau de molèstia ve modificada per factors com ara el tipus d'activitat que en aquell moment desenvolupa la persona receptora, les relacions que manté amb l'emissor o l'experiència anterior de problemes de soroll.

És convenient tenir-ho en compte, si es vol comprendre com de vegades un mateix soroll pot ser percebut per unes persones o per d'altres com més o menys molest.

La relació entre soroll i molèstia és molt complexa. Aprofundir la comprensió del motiu per què el soroll pot arribar a pertorbar les persones és cabdal per ajudar-nos a valorar la importància d'aconseguir un entorn tranquil i d'evitar comportaments sorollosos molestos per als altres. Deixem que sigui el mateix Sèneca, contemporani i preceptor de Neró al segle I dC, que vivia a Roma damunt d'unes termes o banys públics, qui ens expliqui les seves experiències sobre el soroll. En una de les seves cartes a Lucili li diu:

“Vet-me ací tot voltat d’una cridòria bigarrada: habito damunt d’uns banys. Figura’t ara totes les menes de crits que poden repugnar a les orelles: quan els atletes més forts fan exercici i bracegen amb les mans carregades de plom, quan es fatiguen o fan el fatigat, sento gimecs; cada vegada que treuen l’alè contingut, sento xiulets i respiracions turmentades, quan m’escaic amb un minyó mandrós que es limita a l’untament plebeu, sento l’espetic de la mà damunt les espatlles, que fan un so diferent, segons que pegui de palmell o de clot. I si s’hi afegeix un jugador de pilota i es posa a comptar els punts, ja has fet a tots. Afegeix-hi encara el cerca-raons, i el lladre sorprès sobre el delicte, i el cantaire que troba que dins el bany la seva veu és millor; afegeix-hi aquells qui salten a la piscina amb gran terrabastall de l’aigua remenada. Fora d’aquests, els quals, si més no, treuen la veu natural, figura’t el depilador, que fa sovint una veu prima i estrident, per fer-se més notador, i que no calla mai, llevat de quan depila unes aixelles, i en lloc d’ell, fa cridar a un altre; figura’t encara el pastisser, i el salsitxaire, i el confiter, i tots els proveïdors de tavernes que venen les mercaderies amb llur cantarella característica. (...) Crec que la veu humana distreu més que el brogit, perquè aquella reclama l’atenció de l’esperit, mentre que el brogit no omple ni fereix més que a les orelles. Entre el sorolls que sonen entorn meu sense distreure’m, poso els carros que passen pel carrer, i el manyà estadant de sota casa, i el serrador veí, i aquell altre que prop de la (font) Meta Sudans assaja les trompetes i flautes, i més que cantar, bruela. Altrament els sons amb intermitències em molesten més que els continus.”

I acaba:

“ « Doncs, què? ¿Alguna vegada no serà més còmode d’ésser lliure de tot tumult? » Hi convinc: i és per això que jo me n’aniré d’aquest lloc. Vaig intentar provar-me i exercitar-me. ¿Quina necessitat hi ha de torturar-se més temps, si Ulisses va trobar tan fàcilment per als seus companys el remei àdhuc contra les sirenes? Estigues bo.” (1)

Les fonts de soroll han canviat en dinou segles; els equips industrials d’avui dia, comparats amb els de fa temps o de fa tan sols cent anys, són molt més potents i a la vegada més sorollosos, els músics amplifiquen el so fins a límits insospitats, i el trànsit de vehicles s’ha multiplicat per milers. L’aïllament acústic dels habitatges no ha millorat en proporció, i les molèsties i el nombre de persones molestades per soroll han augmentat considerablement.

(1) SÈNECA, L.A. *Lletres a Lucili*, Lletres LVI, Fundació Bernat Metge, Barcelona 1929

Sèneca remarca que *la veu humana distreu més... perquè reclama l'atenció de l'esperit*. Això és degut al fet que la veu té més continguts informatius o significats, comparada amb el soroll de trànsit o el soroll estable d'un ventilador. Les veus, el cant o la música modulen el so, és a dir, el so varia de nivell, de freqüència i de ritme. Aquesta modulació fa que no ens en desconnectem fàcilment. Aquells que viuen al damunt d'un bar musical, amb aïllament acústic insuficient, ho coneixen prou bé.

Els sons intermitents i d'impacte causen més molèstia que els continus, per raons de ritmes o intervals de durada variable, o encara pitjor, si els espais de soroll i de calma són de la mateixa durada. Són típics els sorolls per impactes de portes i cadires produïts pels veïns o per activitats situades sota dels habitatges.

Però Sèneca esperava canviar d'habitatge, i el fet que ell podia fer-ho, que podia fugir-ne, fa que el grau de molèstia que havia de suportar fos menor. Avui dia, a molta gent que té problemes de soroll li és impossible canviar d'habitatge i a la molèstia per soroll s'afegeix una frustració, si no troba sortida al seu problema. La ironia de Sèneca de posar-se taps de cera a les orelles com a remei, com feia Ulisses amb els seus mariners perquè no poguessin ser seduïts pels cants de les sirenes, no és cap solució, malgrat que algunes persones intenten fer-ho i fins i tot recorren a somnífers quan els sembla que no els queda altre remei.

1.1 FACTORS SOROLL-MOLÈSTIA

La complexitat de la relació entre soroll i molèstia ha donat lloc que diferents investigadors hagin intentat de trobar-hi explicacions diverses. Aquestes explicacions ens permeten d'entendre o de copsar millor els comportaments i com es genera la molèstia respecte al soroll, tant en el pla individual com el col·lectiu.

Les consideracions següents, agrupades en quatre apartats, presenten les principals aproximacions que des de diferents angles s'han fet.

SI SE SENT, ÉS MOLEST

En situacions en què el soroll de fons és molt baix, hi ha sorolls que són percebuts com a molestos tan sols pel fet que se senten. Una mala olor no desapareix com a molèstia pel fet que es redueixi i es faci menys intensa, sinó que molesta en la mesura en què és percebuda. D'una

manera semblant aquest pot ser el cas de sorolls de nivell baix, com els de circulació d'aigua en canonades o el tic-tac d'un rellotge durant la nit.

Altres sorolls són més tolerats si els nivells màxims són esporàdics i no gaire elevats, com és el cas del soroll de trànsit llunyà. També hi ha sorolls que, a partir de certs nivells, són percebuts com a molestos encara que siguin de durada relativament curta, com ara sorolls aguts de motocicletes de petit cubicatge, el pas d'autobusos i camions pesants o de vehicles de recollida de deixalles.

SI CAUSA INTERFERÈNCIA, ÉS MOLEST

El soroll pot generar interferències que pertorbin el desenvolupament normal de determinades accions com ara el repòs, la lectura, el lleure, etc., i que originin molèsties de grau diferent segons el lloc on es produeixin i la sensibilitat personal dels receptors.

En aquest cas, la persona receptora dirigeix l'atenció cap a esdeveniments externs a ella, com ara la font de soroll, els aspectes físics del so: nivell, freqüència i durada, o bé genera reaccions emocionals de molèstia respecte a la pertorbació de la son o del descans, dels entrenaments, d'activitats socials, etc., o constata pertorbacions com poden ser mal de cap, fatiga, interferències en la percepció i la comunicació de missatges (paraula, televisió, ràdio). Aleshores, a partir de determinats nivells de soroll, es produeix un salt qualitatiu de molèstia. Es passa d'una reacció basada en l'estímul a una reacció basada en el subjecte. En aquesta reacció, el subjecte pren consciència de les repercussions negatives que el soroll té sobre ell, i el soroll és percebut com una irrupció en la seva personalitat.

LA INVASIÓ DEL TERRITORI

Des de l'òptica de la biologia de la conducta, es pot analitzar la concepció de *territori* com l'espai en contacte immediat amb l'organisme en el qual es realitzen els intercanvis termodinàmics i els actes gratificants que permeten mantenir la mateixa estructura de l'ésser.

Aquests intercanvis es produeixen en uns espais determinats. Al voltant de l'individu hi ha, entre altres, uns espais visuals i uns espais sonors. Els límits d'aquests espais varien, d'una banda, segons la seva agudesesa visual i auditiva i, d'altra banda, segons les possibilitats de desplaçar-se.

La massificació de la vida urbana ha comprimit el territori i ha reduït els espais d'intercanvi a petites bombolles. L'home urbà ha vist encongada la seva bombolla i, per tant, també la quantitat i la qualitat d'intercanvis o d'actes gratificants, com poden ser mantenir relacions interpersonals, fruit de la natura, sentir els ocells a la ciutat o disposar d'espais de silenci. Altres individus hi són molt a prop i sovint el soroll n'envaeix el territori.

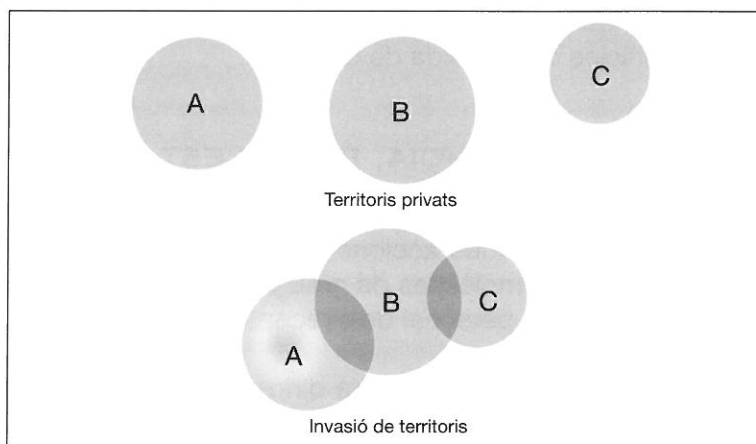


FIG. 1.1 Invasió de territoris

Sèneca podia fugir del seu habitatge sorollós. A l'home actual el mecanisme d'evitació mútua o de fugida li és moltes vegades vedat. La dependència econòmica i social del lloc de treball, de la ciutat o del propi habitatge és tan forta que no sempre en pot fugir. Quan no hi ha alternatives possibles d'evitar el soroll i aquest soroll envaeix els territoris d'una manera reiterativa, apareixen reaccions més o menys agressives entre la persona envaïda i la que envaeix.

EL SOROLL, PERTORBADOR DEL BENESTAR

Alguns investigadors remarquen els efectes del soroll sobre la salut. Consideren les pertorbacions del soroll com un pas de l'estat de salut, entesa com un estat de benestar de la persona -tant en els aspectes fisiològics com psicològics- cap a l'estat de malaltia.

La molèstia en seria un estadi intermedi i a la vegada un senyal d'alarma. Si l'organisme es veu pertorbat per senyals d'alarma múltiples i reiteratius, que no pot evitar, i en un grau en què la recuperació de la fatiga es veu afectada, es produeix un desequilibri en l'organisme. La relació entre el nivell de soroll i la quantitat i la qualitat de la son, la fatiga i l'estrès en són un exemple.

D'altra banda, l'habitació al soroll no es produeix sense un cost a càrrec de l'organisme. Aquest cost és diferent segons cada persona. Fins i tot, un cert grau d'habitació al soroll és tan sols temporal i calen acomodacions successives, segons les circumstàncies, que van afegint tensions i fatiga.

1.2 REDUIR EL SOROLL PER REDUIR LA MOLÈSTIA

Aquests diferents punts exposats, si bé no expliquen tota la complexitat de la relació entre el soroll i la molèstia, permeten de comprendre-la millor i de valorar la importància d'emprendre accions per reduir aquest soroll.

Aquestes accions són diverses, estan desenvolupades en bona part en els capítols que segueixen, i són en resum les següents:

- L'ús de les unitats, dels paràmetres i de les tècniques adequades per DETERMINAR i AVALUAR el soroll d'una manera representativa, per tal que un fenomen de tipus subjectiu com és el grau de molèstia pugui ser correlacionat amb eines i mètodes objectius.
- La PLANIFICACIÓ del territori ha de permetre prevenir al màxim possible la interferència d'espais d'usos no compatibles.
- L'establiment de reglamentacions i ORDENANCES de soroll que permetin d'evitar situacions de conflicte i en tot cas reduir-ne la durada.
- El CONTROL de nivells, projectes acústics, comprovació d'aïllaments i muntatges d'instal·lacions és també una manera d'evitar i reduir molèsties.
- La SENSIBILITZACIÓ i educació personal i col·lectiva n'és també una part important ja que se situa a un nivell on el comportament pot derivar en actes molestos o no.
- Finalment en situacions on hi ha consolidats nivells de soroll i de molèstia elevats és on caldrà emprendre accions de REDUCCIÓ del soroll per millorar la situació existent.

CAPÍTOL 2

2. NOCIONS BÀSIQUES

2.1 PARÀMETRES DE MESURAMENT

2.2 EQUIPS DE MESURAMENT

2.3 CÀLCULS EN DECIBELS

2.4 FONTS DE SOROLLS

2.5 INFORMES DE MESURAMENT

**2.6 FACTORS QUE CAL TENIR EN COMPTE
EN ELS MESURAMENTS**

2. NOCIONS BÀSIQUES

SO I PROPAGACIÓ DE LES ONES SONORES

El so és una vibració mecànica que es propaga en un medi, gas, líquid o sòlid, capaç de ser percebuda per l'oïda.

El medi en el qual es propaguen les ones sonores ha de tenir massa i elasticitat. Per tant, el so no es propaga en el buit. En l'aire l'energia de les ones sonores es propaga a una velocitat d'uns 340 m/s.

Anomenem transmissió aèria la propagació del so a través de l'aire. Per exemple: la propagació de les ones sonores produïdes per un compressor, situat en unes obres a la via pública, fins a les finestres dels habitatges propers.

Anomenem transmissió per estructura la propagació d'ones des de la font sonora a través dels elements sòlids o líquids (és el cas de vaixells) que la suporten o estan en contacte amb ella. Per exemple: la propagació d'ones o vibracions produïdes per un tren a través dels rails, el balast, les parets d'un túnel i el terra a les parets dels edificis més propers. També és el cas d'un equip frigorífic collat al forjat d'un edifici que transmet ones a les parets dels habitatges situats a la planta de sobre o a l'edifici del costat. En la majoria del casos, tan sols el contacte de la base de la màquina en el forjat o de les canonades en les parets és suficient per originar una transmissió per estructura. Les parets, o els elements sòlids i líquids, afectats per la transmissió per estructura entren en vibració i originen, a la vegada, una radiació de so aèria.

En qualsevol problema de molèsties per soroll cal esbrinar de quin tipus de propagació es tracta. Moltes vegades n'hi són presents tots dos tipus.

MESURAMENT DEL SOROLL I ESCALA DECIBÈLICA

La magnitud que s'utilitza per avaluar la pertorbació de l'estat d'equilibri del medi on es propaga l'ona sonora és la pressió sonora, que és la variació de pressió per sobre i per sota de la pressió atmosfèrica.

Per mesurar la pressió sonora s'utilitza el sistema d'unitats internacional (SI): newtons per m^2 (N/m^2) o pascals (Pa). 1 N/m^2 equival a 1 Pa.

Les pressions sonores són molt petites comparades amb la pressió atmosfèrica, que és de 101.300 N/m^2 al nivell del mar. Una conversa a 1 m origina una variació de pressió atmosfèrica de prop de $0,2 \text{ N/m}^2$, i una orquestra simfònica en una sala de concerts origina una variació a la ratlla d' 1 N/m^2 . El llindar d'audició, és a dir, el nivell mínim de pressió sonora d'un so perquè sigui audible, és de $0,00002 \text{ N/m}^2$. El llindar del dolor, en què la pressió sonora és tan elevada que arriba a fer mal al timpà, és d'uns 20 N/m^2 .

Veiem, doncs, que l'escala de pressions sonores a què el nostre sistema auditiu és sensible comprèn valors que guarden una relació d' $1:10^{-6}$ entre el més gran i el més petit. Per la qual cosa, la utilització d'una escala lineal és inadequada.

D'altra banda, l'oïda humana no respon linealment als estímuls que rep, sinó que més aviat ho fa de manera logarítmica. Per exemple, en doblar la pressió sonora (estímul) no es dobla la sensació sonora.

Per ambdues raons exposades, és convenient utilitzar una escala logarítmica dels valors de la pressió sonora per mesurar el soroll i avaluar-ne la molèstia.

L'escala logarítmica es construeix de manera que el 0 es correspon amb el llindar de percepció ($0,00002 \text{ N/m}^2$).

Dividint cadascun dels valors de pressió sonora entre $0,00002 \text{ N/m}^2$, i després aplicant logaritmes, s'obté una escala en què:

El llindar d'audició es correspon amb:

$$\log \frac{0,00002}{0,00002} = 0 \text{ en l'escala logarítmica}$$

El llindar de dolor es correspon amb:

$$\log \frac{20}{0,00002} = 6 \text{ en l'escala logarítmica}$$

D'aquesta manera, l'escala de $0,00002 \text{ N/m}^2$ a 20 N/m^2 queda comprimida a valors entre el 0 i el 6.

L'escala que s'utilitza és una escala més operativa en què aquests valors s'han multiplicat per 20. Una escala logarítmica així construïda s'anomena escala decibèlica i s'expressa en decibels (dB).

Així doncs, els nivells de pressió sonora (L_p) s'expressen en dB, relatius a la pressió del llinard d'audició anomenada pressió de referència.

Per tant: $0,00002 \text{ N/m}^2$ es correspon amb 0 dB
 20 N/m^2 es correspon amb 120 dB

Una pressió sonora p es correspon amb el valor:

$$20 \log \frac{p}{0,00002} \text{ en l'escala decibèlica}$$

(2.1)

$$L_p = 10 \log \frac{p^2}{p_0^2} = 20 \log \frac{p}{p_0} \quad \text{dB}$$

L_p : nivell de pressió sonora en dB
 p : pressió sonora en N/m^2
 p_0 : pressió sonora de referència = $2 \cdot 10^{-5} \text{ N/m}^2$

En endavant, ens referirem al nivell de pressió sonora en dB, en lloc de pressió sonora en N/m^2 .

En l'escala decibèlica, 1 dB representa un canvi en la sensació sonora igual en tota l'escala i es correspon amb el canvi més petit que l'oïda mitjana pot apreciar.

Un augment de 6 dB equival a doblar la pressió sonora, però per produir un so de sonoritat doble és necessari un augment de 10 dB.

Qualsevol dels sons que percebem habitualment és comprès en un nivell de pressió sonora entre 0 dB i 120 dB, tal com es mostra a continuació:

Pressió sonora p N/m ²	Nivell de pressió sonora L_p (dB ref $2 \cdot 10^{-5}$ N/m ²)	
200	140	A 25 m de l'enlairament d'un avió
63	130	
20	120	Llindar del dolor
6,3	110	
2	100	Gran rotativa
0,63	90	
0,20	80	Carrer molt sorollós
0,063	70	
0,02	60	Veu normal a 1 m
0,0063	50	
0,002	40	Microordinador de sobretaula
0,00063	30	
0,0002	20	Estudi d'enregistrament de so
0,000063	10	
0,00002	0	Llindar d'audició

Nivells de pressió sonora

NIVELL DE POTÈNCIA SONORA, L_w

A tota font sonora se li pot associar una potència sonora, definida com l'energia sonora que emet per unitat de temps. És a dir, és una propietat fonamental i exclusiva de la font i que la caracteritza en termes absoluts.

La potència sonora d'una font produeix en un punt determinat una pressió sonora que depèn de molts factors, com són la distància del punt a la font, el condicionament de la sala, etc.

Es pot fer el símil següent:

Que la potència d'una estufa elèctrica sigui de 1.000 W no ens indica automàticament la temperatura a una distància determinada, per exemple a 2 m de l'estufa. Per saber-la, cal un termòmetre i mesurar els graus de temperatura a 2 m de la font calorífica o fer càlculs a partir de la potència de l'estufa. Sempre que ens referim al nivell de pressió sonora és necessari especificar les circumstàncies de la font i les característiques de la distància i de l'entorn, perquè les dades tinguin el significat correcte.

La potència sonora d'una font s'expressa en vats (W).

Les potències sonores poden ser de menys d'una cent milionèsima de W si es tracta de la veu a cau d'orella; de 10.000 W en el cas d'un motor d'avió, o de cent milions de W, en el cas del llançament d'un gran coet a l'espai.

A causa d'aquesta diversitat de valors, s'imposa també la utilització d'una escala logarítmica per expressar les potències sonores i es defineix el nivell de potència sonora com:

$$L_w = 10 \log \frac{W}{W_0} \quad \text{dB} \quad (2.2)$$

L_w : nivell de potència sonora en dB W : potència sonora en vats W_0 : potència sonora referida a 10^{-12} vats
--

A continuació es presenten nivells de potència sonora habituals:

Potència sonora W	Nivell de potència sonora L_w (dB ref 10^{-12} W)	
10.000	160	Motor d'un avió turbojet
1000	150	
100	140	
10	130	Orquestra de 75 professors
1	120	
0,1	110	Vehicle en l'autopista
0,01	100	
0,001	90	Veu que crida
0,0001	80	
0,00001	70	Veu normal
0,000001	60	
0,0000001	50	Ventilador d'ordinador personal
0,00000001	40	Veu a cau d'orella
0,000000001	30	
0,0000000001	20	

Nivells de potència sonora

El nivell de potència sonora expressa la totalitat d'energia sonora en dB que una font determinada pot radiar, mentre que el nivell de pressió sonora representa el nivell del so en un punt concret de l'espai a una distància determinada de la font o en un punt determinat d'un recinte.

FREQÜÈNCIA

El so i el soroll són el resultat de la combinació de tons purs d'ones de diferents freqüències. Les anàlisis d'un so o d'un soroll per freqüències tenen per finalitat descriure la contribució de tons diferents per saber-ne la composició.

Un to pur com el que dóna l'excitació d'un diapasó té un nombre d'oscil·lacions per segon ben determinat com, per exemple, la nota musical *la* normal, que correspon a 440 cicles/s, és a dir, a una freqüència de 440 oscil·lacions/s. La unitat del nombre d'oscil·lacions/s és l'hertz, que se simbolitza amb Hz. 1 Hz correspon a una oscil·lació per segon.

CORBES DE PONDERACIÓ

El nostre sistema auditiu és capaç, en termes generals, de captar freqüències entre 20 i 20.000 Hz, però la resposta de la nostra oïda no és lineal. L'oïda humana filtra o atenua més els tons greus o freqüències baixes que els aguts o freqüències altes.

Per simular una corba d'atenuació semblant a la corba de resposta de l'oïda, es va adoptar, internacionalment, una corba o filtre anomenat A que incorporen els equips de mesurament del so.

D'aquesta manera, l'equip interpreta el so que li arriba semblantment a com ho fa l'oïda.

Fins no fa gaire s'utilitzaven també altres tipus de corbes de ponderació anomenades B, C i D. Avui en dia estan en desús, tot i que algunes d'elles es fan servir puntualment com, per exemple, la D en el cas de mesurament del soroll produït per avions.

Alguns equips de mesura de so inclouen comandaments que permeten fer lectures lineals, és a dir, sense corbes de ponderació, amb resposta totalment plana o lineal entre 10 Hz i 20.000 Hz o, fins i tot, entre 1 Hz i 70.000 Hz. L'aplicació principal és enregistrar el so o les vibracions en un suport magnètic o digital, sense introduir modificacions al so original, per tal de poder fer anàlisis posteriors. En aquest cas escriurem, per exemple, 76 dB Lin.

Sempre que es facin lectures amb la corba de ponderació A, o amb d'altres, cal indicar-ho clarament. Una forma, per exemple, és posar 76 dBA, si aquests 76 dB han estat mesurats o calculats amb la corba A. Però és millor escriure L_{pA} 76, d'acord amb les normes de la International Standard Organization (ISO), que són, a més, les que utilitza la Unió Europea (UE).

BANDES D'OCTAVA

El mesurament del soroll global amb el filtre de ponderació A permet resoldre la major part de mesuraments, però a vegades és necessari conèixer el seu espectre per freqüències.

En general, s'entén que les freqüències inferiors a 250 Hz són les freqüències baixes de l'espectre o sons greus; les d'entre 500 i 1.000 Hz són freqüències mitjanes o sons mitjans, i les de més de 1.000 Hz són freqüències agudes o sons aguts. Però aquesta divisió és encara massa àmplia per disposar d'una anàlisi acurada de la descomposició del so en freqüències.

Per analitzar l'espectre del camp audible entre 20 i 20.000 Hz aquest s'ha de dividir en deu bandes de freqüències. Cada una d'aquestes bandes són consecutives, ocupen una amplada de freqüències de l'espectre anomenat banda d'octava i cada banda s'anomena pel valor de la freqüència central. Aquest valor està normalitzat i com a característica cada un d'aquests valors és el doble de l'anterior i la meitat del precedent.

Pel que fa al soroll ambiental i quan sigui necessari fer una anàlisi per freqüències, en general és suficient analitzar el nivell a cada banda d'octava entre la dels 63 Hz i els 4.000 Hz.

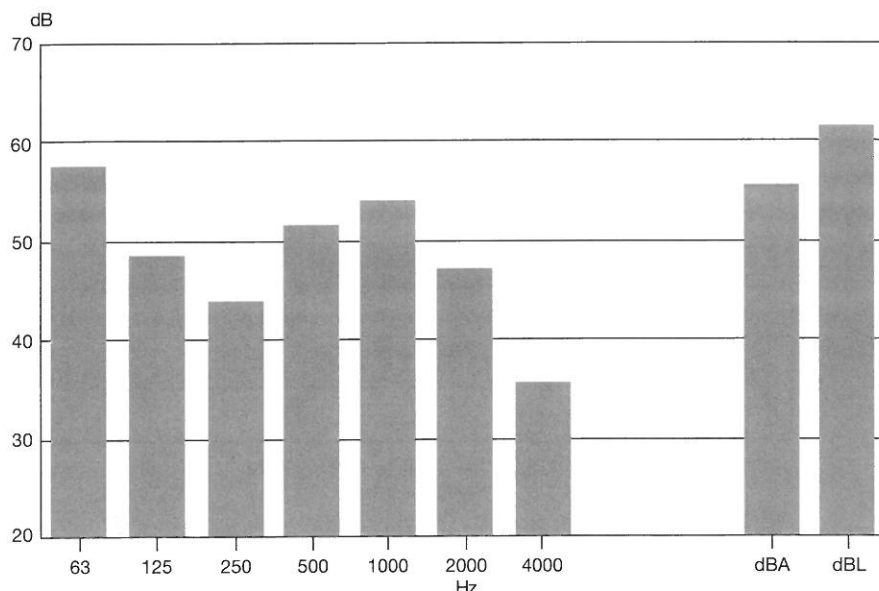


FIG. 2.1 Soroll mesurat en bandes d'octava

A continuació es mostra el valor central de cada una de les bandes d'octava de l'espectre audible, juntament amb l'atenuació en dB que li correspon a cada banda d'octava, de la corba de ponderació A.

Centre de banda Hz	Atenuació corba A dB
31,5	- 39,4
63	- 26,2
125	- 16,1
250	- 8,6
500	- 3,2
1.000	0
2.000	+ 1,2
4.000	+ 1
8.000	- 1,1
16.000	- 6,6

Bandes d'octava i atenuació del filtre A al centre de la banda

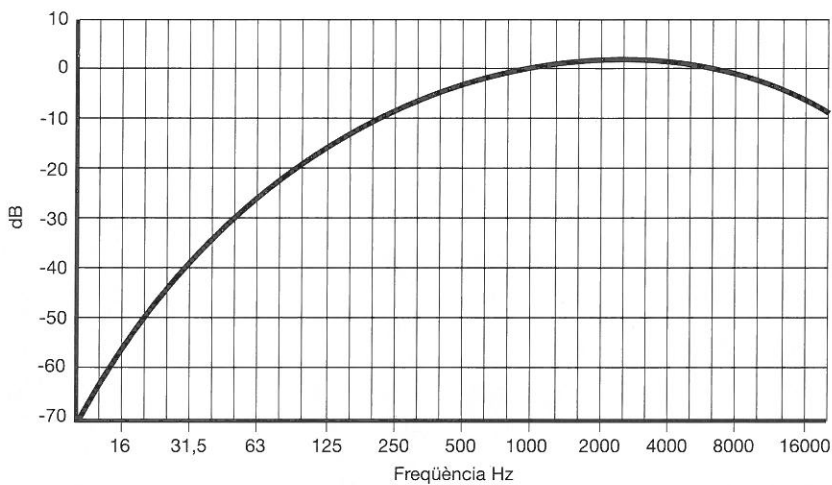


FIG. 2.2 Corba de ponderació A

2.1 PARÀMETRES DE MESURAMENT

Per mesurar sorolls continus, és a dir, amb poca variació temporal com, per exemple, el soroll d'un ventilador, el paràmetre de mesura és L_{pA} , però hi ha molts sorolls amb una gran variació temporal, fet que ha originat d'altres paràmetres més descriptius. Es mostren els d'aplicació més general.

NIVELL SONOR EQUIVALENT: $L_{Aeq,T}$

Els sorolls molt variables, com ara el soroll del trànsit i molts sorolls industrials, fluctuen de tal manera que cal amitjanar-ne l'energia sonora per expressar-ne, amb fiabilitat i amb una sola xifra, el nivell de pressió sonora. El paràmetre que s'utilitza és el nivell sonor equivalent o $L_{Aeq,T}$. Aquest paràmetre permet referir un soroll variable, en un interval T , al nivell de pressió sonora equivalent al d'un soroll continu. Si un soroll de trànsit mesurat durant 1 h dona $L_{Aeq,1h}$ 74, vol dir que l'energia sonora d'aquest soroll és equivalent a la d'un soroll continu de 74 dBA, durant 1 h.

L'equip de mesura integra l'energia sonora durant el temps que dura el mesurament; per tant, el resultat obtingut és el resultat durant un temps de mesurament determinat, que cal expressar bé sigui explícitament o mitjançant el símbol corresponent. Per exemple, si el mesurament és durant 1 h s'expressa $L_{Aeq,1h}$; si es fa referència a 24 h seguides de mesurament, s'expressa $L_{Aeq,24h}$, i, si és durant un interval com per exemple de les 7 h del matí a les 22 h, s'expressa $L_{Aeq,7-22h}$.

L'expressió que calcula el nivell sonor equivalent, partint d'interval·ls de temps de soroll continu o variable, és la següent:

$$L_{Aeq} = 10 \log \left(\frac{1}{N} \cdot \sum_{i=1}^N 10^{L_i/10} \right) \quad (2.3)$$

essent, X_i : la fracció de temps al nivell L_i , i $\sum_{i=1}^N X_i = 1$

Exemples:

Una màquina, durant el 20 % del temps del seu cicle de treball, emet un soroll continu de 88 dBA; durant el 50 % del temps, de 82 dBA, i durant el 30 % del temps del cicle de treball, de 85 dBA. Quin és el nivell sonor equivalent ?

$$L_{Aeq} = 10 \log (0,2 \cdot 10^{88/10} + 0,5 \cdot 10^{82/10} + 0,3 \cdot 10^{85/10}) = 84,8$$

Si tenim N interval·ls de la mateixa durada de temps, podem expressar la fórmula anterior de la manera següent:

$$L_{Aeq} = 10 \log \left(\sum_{i=1}^N X_i \cdot 10^{L_i/10} \right) \quad (2.4)$$

essent N el nombre d'interval·ls de la mateixa durada i L_i el nivell de pressió sonora en l'interval.

Exemple:

Durant cada hora, entre les 7 h i les 22 h, s'ha mesurat el soroll del trànsit en un punt determinat i se n'han obtingut els nivells següents:

Interval	Hora	$L_{Aeq,1h}$
1	7 a 8	67,2
2	8 a 9	68,6
3	9 a 10	66,3
4	10 a 11	67,8
5	11 a 12	68,5
6	12 a 13	71,0
7	13 a 14	73,3
8	14 a 15	69,4
9	15 a 16	70,7
10	16 a 17	71,1
11	17 a 18	72,9
12	18 a 19	72,6
13	19 a 20	72,5
14	20 a 21	69,2
15	21 a 22	66,1

Quin és el nivell de soroll equivalent entre les 7 h i les 22 h ?

N és 15, ja que hi ha 15 intervals i tots són de la mateixa durada. Si apliquem la fórmula 2.4, el resultat és de $L_{Aeq,7-22h} = 70,4$.

Suposem que durant la nit s'han mesurat els nivells següents entre les 22 h i les 7 h. Quin és el nivell sonor equivalent entre aquestes hores ?

Interval	Hora	$L_{Aeq,1h}$
1	22 a 23	65,8
2	23 a 24	63,1
3	0 a 1	60,0
4	1 a 2	63,4
5	2 a 3	57,5
6	3 a 4	48,7
7	4 a 5	53,3
8	5 a 6	61,9
9	6 a 7	66,8

N és 9 i, si apliquem la mateixa fórmula anterior, el resultat és de $L_{Aeq,22-7h} = 62,6$.

NIVELL SONOR DIA-NIT: L_{DN}

El nivell sonor dia-nit és el nivell sonor equivalent durant 24 h, però incrementant en 10 dBA els nivells sonors entre les 22 h i les 7 h. Aquest increment de 10 dBA, en els nivells mesurats durant la nit, té com a finalitat ponderar el fet que en hores nocturnes el soroll és més pertorbador per a la població.

El *Day-Night Level* (L_{dn}) s'utilitza àmpliament als EUA. Aquest paràmetre és interessant perquè dóna en una sola xifra el nivell mitjà ponderat, en 24 h, d'un soroll variable de trànsit o industrial.

$$L_{dn} = 10 \log \left[\frac{1}{24} \left((15 \cdot 10^{L_d/10}) + (9 \cdot 10^{(L_n + 10)/10}) \right) \right] \quad (2.5)$$

Exemple:

En els exemples anteriors el nivell sonor equivalent de dia, entre les 7 h i les 22 h, era de $L_d = 70,4$ i el mesurat de nit, entre les 22 h i les 7 h, era $L_n = 62,6$. Quin és el nivell L_{dn} ?

$$L_{dn} = 10 \log \left[\frac{1}{24} \left((15 \cdot 10^{70,4/10}) + (9 \cdot 10^{(62,6 + 10)/10}) \right) \right] = 71,4$$

NIVELL SONOR EQUIVALENT RELATIU A 1 SEGON: L_{AE}

El L_{AE} és el nivell de soroll equivalent d'un succés, referit a 1 s. En el cas de sorolls ambientals originats per la repetició de successos ben definits, com pot ser el cas del soroll de trànsit, el pas d'avions o determinats sorolls industrials d'impactes o fuites d'aire comprimit, és possible calcular el nivell de soroll equivalent en un interval de temps determinat a partir del nivell de soroll equivalent de cada tipus de succés relatiu a un segon. Aquest paràmetre presenta unes característiques molt interessants, per la seva relació amb el nivell sonor equivalent L_{Aeq} .

$L_{AE} = L_{Aeq,T} + 10 \log T - 10 \log n$	(2.6)
el temps T és expressat en segons n és el nombre de successos durant el temps T	

Una aplicació pot ser, per exemple, mesurar, en un carrer, el L_{AE} d'un vehicle lleuger i el d'un vehicle pesant. Així podem calcular, si variem el nombre de vehicles lleugers i de pesants per h, quin és el L_{Aeq} en cada cas.

Exemple:

Si en un carrer hem mesurat el pas d'un vehicle lleuger i obtenim el resultat d'un L_{AE} de 79,5, vol dir que el nivell sonor equivalent en una h és de:

$$L_{Aeq,1h} = L_{AE} - 10 \log 3.600 + 10 \log 1$$

ja que 1 h té 3.600 s i l'energia sonora en 1 s quedaria repartida en el nivell sonor equivalent $L_{Aeq,1h}$, en un interval de temps de 3.600 s.

En l'exemple esmentat el nivell de soroll equivalent en 1 h, per al pas d'un sol vehicle lleuger, és:

$$L_{Aeq,1h} = 79,5 - 10 \log 3.600 = 79,5 - 35,6 = 43,9$$

Si en comptes d'un sol vehicle lleuger, en passessin 150/h i emetent tots el mateix nivell sonor anterior, podríem calcular-ne el nivell sonor equivalent en 1 h de la manera següent:

$$L_{Aeq,1h} = 79,5 - 10 \log 3.600 + 10 \log 150 = 79,5 - 35,6 + 21,8 = 65,7$$

Si al mateix carrer el pas d'un autobús dona com a resultat del mesurament un L_{AE} de 90,4, i hi passen 5 autobusos per h, el $L_{Aeq,1h}$ és:

$$L_{Aeq,1h} = 90,4 - 10 \log 3.600 + 10 \log 5 = 90,4 - 35,6 + 7 = 61,8$$

Si combinem el nivell de soroll equivalent dels 150 vehicles lleugers que passen per h i el dels 5 autobusos per h, segons la fórmula 2.5, el nivell sonor equivalent global és:

$$L_{Aeq,1h} = 10 \log (1 \cdot 10^{65,7/10} + 1 \cdot 10^{61,8/10}) = 67,2$$

Aquest procediment es pot aplicar, per exemple, a previsions de càlcul de nivell de soroll de vehicles en carrers urbans. Mesurant el L_{AE} del pas d'un vehicle lleuger, el d'un vehicle pesant i el d'una motocicleta per un carrer determinat i fent variar el nombre de vehicles per h podem calcular quins en són els $L_{Aeq,1h}$. És convenient fer, pel cap baix, una vintena de mesuraments del pas de cada tipus de vehicle per treballar amb una mitjana representativa.

Segons algunes normes i països, podem trobar com a sinònims del L_{AE} el L_{AX} o el SEL, però hem preferit seguir la terminologia de la norma ISO 1996/1-1982.

NIVELLS ESTADÍSTICS: $L_{AN,T}$

En Acústica, s'anomenen paràmetres estadístics els nivells sonors que han estat ultrapassats durant un percentatge determinat del temps de mesurament. Per exemple, L_{A10} 72 vol dir que, durant el 10 % del temps d'observació, els nivells de soroll sobrepassen els 72 dBA. El nivell L_{A90} 46 significa que, durant el 90 % del temps, els nivells són superiors a 46 dBA. El nivell L_{A90} d'un soroll és conegut com el nivell de soroll de fons. El nivell de soroll de fons, obtingut amb el L_{A90} , o estimat per altres procediments, és de molta utilitat en avaluar soroll ambiental.

Els paràmetres estadístics més emprats són els següents: L_{A1} , L_{A10} , L_{A50} , L_{A90} i L_{A99} , però pot utilitzar-se qualsevol dels compresos entre $L_{A0,1}$ i $L_{A99,9}$, segons les necessitats i el tipus de sonòmetre de què es disposa.

Els nivells L_{A1} , L_{A10} posen de manifest la importància de les puntes de soroll, durant el temps de mesurament. Com més elevats són aquests paràmetres, respecte per exemple al L_{Aeq} , més nivells alts puntuals són presents durant el mesurament.

2.2 EQUIPS DE MESURAMENT

SONÒMETRES

El sonòmetre és l'eina imprescindible per mesurar el nivell de soroll que hi ha en un lloc i en un moment determinat i per verificar amb garanties el compliment de normatives i d'ordenances de sorolls. El mesurament correcte del soroll és d'una importància cabdal per les conseqüències que se'n poden derivar. Cal tenir coneixement de la precisió i de les limitacions dels instruments i de les tècniques de mesurament.

Els elements principals d'un sonòmetre són: micròfon, un pre-amplificador, un amplificador, i un dispositiu de lectura analògica o digital. El sonòmetre processa els nivells de soroll a mesura que els rep i els mostra successivament o a intervals determinats per facilitar-ne la lectura.

Micròfons

La majoria de micròfons tenen la sensibilitat màxima a incidència frontal, quan el so arriba perpendicular al diafragma del micròfon; per tant, es recomana orientar el micròfon cap a la font de soroll, si es coneix d'on procedeix del so.

Si es disposa d'un sonòmetre equipat amb micròfon de resposta màxima a incidència aleatòria, el micròfon s'ha d'orientar en un angle de 90° respecte a la direcció de la font de soroll.

En recintes tancats, com ara les habitacions d'habitatges, en què el so arriba al micròfon des de direccions múltiples, és recomanable de mesurar en resposta aleatòria. Però es pot mesurar sense cometre un error gran amb micròfons d'incidència frontal, ja que les freqüències dominants són en general freqüències baixes, les quals es veuen menys afectades per la directivitat de les reflexions.

Temps d'integració

Els dos temps d'integració fonamentals dels sonòmetres són el *fast* o ràpid, que té una constant de 125 ms i l'*slow* o lent, que la té d'1 s. Altres temps d'integració de què disposen alguns sonòmetres són l'impuls i el pic, el darrer dels quals s'utilitza en avaluacions de risc de sordesa en l'exposició a sorolls impulsius en llocs de treball.

Els temps d'integració que cal emprar són els que les ordenances i les normatives especifiquin, però és imprescindible fer constar en l'expressió del resultat de nivell de soroll el temps d'integració utilitzat. Per exemple: 36 dBA, *fast*, o millor L_{pAF} 36.

Tipus de sonòmetres

Una característica de qualsevol sonòmetre o equip de mesuraments és el grau de precisió. Normes nacionals i internacionals classifiquen els sonòmetres segons el seu grau de precisió. La norma CEI 651, de la Comissió Electrotècnica Internacional, els classifica en quatre tipus: els sonòmetres de tipus 0, típicament per a ús en laboratoris d'acústica; els de tipus 1, coneguts també com a sonòmetres de precisió; els de

tipus 2, sonòmetres per a aplicacions generals, i els de tipus 3, sonòmetres que permeten tan sols una apreciació de nivell. Per a usos d'enginyeria, de verificació d'ordenances i de control de soroll ambiental, es recomana d'utilitzar sonòmetres de tipus 1 o de tipus 2 i rebutjar l'ús dels de tipus 3.

Cada vegada es fa més difícil classificar els sonòmetres per les seves funcions, ja que hi ha una oferta d'equips àmplia que facilita unes prestacions o combinació de prestacions molt variables. Com a tendència general, s'observa que molts sonòmetres són cada vegada més interactius amb l'ordinador i d'aquesta manera s'aprofiten els avantatges d'un equip de mesura petit, autònom i de bona precisió amb una capacitat d'anàlisi i memòria molt gran com és la d'un ordinador.

Sonòmetre bàsic

El sonòmetre bàsic conté, com a mínim, el filtre A i els temps d'integració *fast* i *slow*. La gamma de mesura és de 25 o 30 dBA fins als 120 o 130 dBA. És un equip de maneig simple. En alguns, s'hi afegeix una retenció de lectura de nivell màxim, que és necessària en el mesurament d'emissió de soroll de vehicles individuals i útil en la lectura de sorolls impulsius.

Sonòmetres integradors

Els sorolls de trànsit o el de les indústries que emeten nivells de soroll variable es mesuren amb sonòmetres que disposen de lectura de nivell de soroll equivalent $L_{Aeq,T}$. Aquests sonòmetres s'anomenen integradors ja que integren les variacions o fluctuacions d'energia sonora i calculen com a resultat el nivell de soroll equivalent.

Els sonòmetres integradors solen incloure les prestacions del sonòmetre bàsic. Alguns sonòmetres integradors permeten també mesurar el L_{AE} .

Sonòmetres estadístics

Alguns tipus de sonòmetres s'anomenen estadístics perquè faciliten dades de nivells que han estat ultrapassats durant un percentatge determinat del temps de mesurament. Hi ha sonòmetres que mesuren els nivells següents: L_{A1} , L_{A10} , L_{A50} , L_{A90} i L_{A99} i, fins i tot, tots els compresos entre $L_{A0,1}$ i $L_{A99,9}$. Tots aquests equips disposen de memòria, porten un rellotge intern i poden programar-se per començar a mesurar i atu-

rar-se en un temps prefixat. Una vegada recollida la informació, es pot transmetre a un ordinador i utilitzar-la o tractar-la amb el programa adequat.

CALIBRADORS

L'única manera de poder assegurar la fiabilitat de l'instrument de mesurament és el seu calibratge periòdic. Per calibrar amb garantia suficient l'estat general d'un sonòmetre s'utilitzen calibradors acústics portàtils i molt manejables. El calibratge complet de l'equip, tan sols el poden fer el fabricant de l'equip o els laboratoris especialitzats.

El calibrador acústic genera un so estable a un nivell i a una freqüència que venen indicades en l'aparell. Per calibrar, el sonòmetre s'ha de mantenir en posició vertical, el calibrador s'ha d'acoblar al micròfon. L'accionament amb un petit tornavis sobre el dispositiu d'ajust del sonòmetre permet d'ajustar la lectura del sonòmetre al nivell patró que el calibrador genera. La major part de calibradors operen a la freqüència de 1.000 Hz; per tant, pot calibrar-se amb la corba de ponderació A sense haver de fer correccions per a aquest concepte.

El llibre d'instruccions del calibrador indica el nivell patró, la freqüència, les correccions per temperatura i per pressió atmosfèrica i la precisió de calibratge. La precisió n'acostuma a ser de $\pm 0,2$ a $\pm 0,3$ dB.

És convenient calibrar el sonòmetre abans i després de cada mesurament o sèries de mesuraments. D'aquesta manera, es pot assegurar que si el calibratge inicial i el final són correctes també ho seran les lectures intermèdies. Els calibradors són susceptibles de variacions en el transcurs del temps. Per consegüent, n'és recomanable una revisió anual.

FILTRES

Hi ha sonòmetres que porten filtres de banda d'octava o d'un terç d'octava. Alguns sonòmetres els porten ja incorporats, i també hi ha models que disposen de filtres que es poden acoblar al sonòmetre a voluntat.

La lectura es fa successivament per a cada una de les bandes de freqüència. Alguns equips mostren en pantalla totes les bandes de freqüència d'octava o de terç d'octava alhora, en un diagrama de barres que mostra les variacions de nivell per freqüència en temps real.

ENREGISTRADORS GRÀFICS I IMPRESSORES

En ocasions és convenient visualitzar o guardar un registre de les dades que es van mesurant. La sortida en corrent continu o altern d'un sonòmetre pot acoblar-se a equips que enregistren el nivell de pressió sonora amb una ploma sobre una cinta de paper calibrada en decibels, la velocitat de sortida de la qual pot graduar-se.

També de vegades és útil abocar directament en impressores les dades numèriques dels nivells emmagatzemats en la memòria d'alguns tipus de sonòmetres.

2.3 CÀLCULS EN DECIBELS

Moltes vegades és necessari efectuar operacions amb decibels; per exemple: sumar el nivell de soroll de dues o més fonts, restar del nivell de soroll d'una font sonora altres fonts sonores, restar del nivell de soroll d'una font sonora el soroll de fons, conèixer el nivell de la potència sonora total de dues o més màquines o calcular el resultat en dBA d'unes anàlisis per bandes d'octava.

Com que es tracta d'unitats logarítmiques, no es poden sumar ni restar aritmèticament; per tant, 37 dB més 35 dB no fan 72 dB, sinó que cal la fórmula següent:

$$L_x = 10 \log \left(\sum_{i=1}^N 10^{L_i/10} \right) \quad (2.7)$$

en què X pot ser qualsevol dels paràmetres expressats en decibels: pressió, potència, etc. També es poden emprar els gràfics següents:

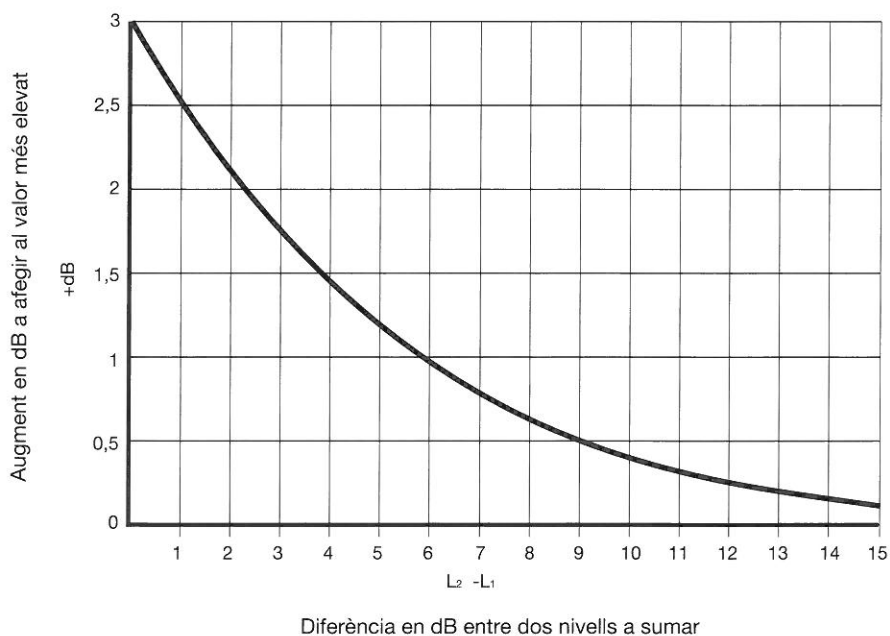
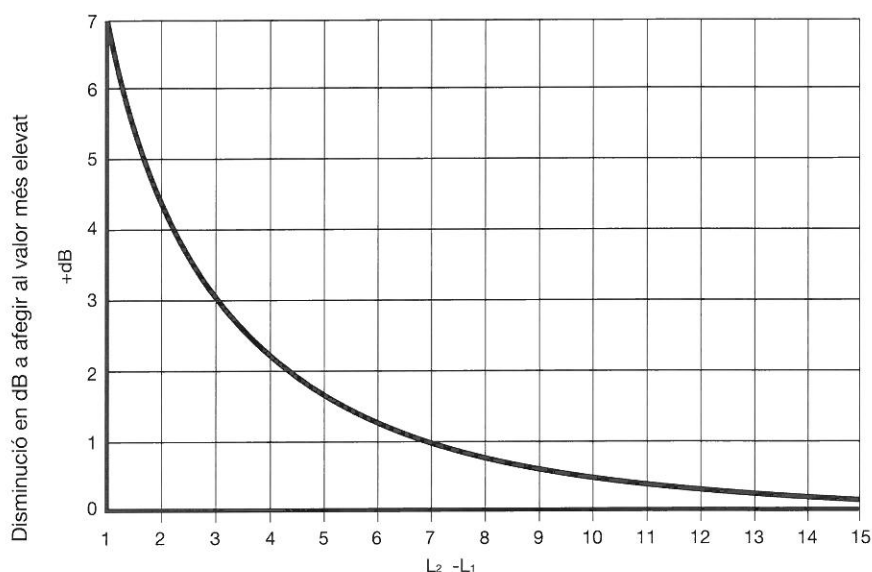


FIG. 2.3 Gràfic per sumar dos nivells en decibels

Per sumar dos nivells sonors, L_2 més L_1 , s'ha de trobar la diferència entre ells. El valor que s'obté de la diferència s'ha de localitzar en l'eix d'abscisses del gràfic de la fig. 2.3 i s'ha de prolongar verticalment fins trobar la corba. El valor de l'ordenada, en aquest punt, és el que s'ha d'afegir al nivell sonor més gran per obtenir el resultat.

Quan s'han de sumar amb el gràfic més de dos nivells sonors, se sumen primer els dos nivells més grans i el resultat es torna a sumar a un altre nivell, i així successivament.



Diferència en dB entre dos nivells a restar

FIG. 2.4 Gràfic per restar dos nivells en decibels

Per restar d'un nivell de soroll L_2 , un altre nivell L_1 més petit, se n'ha de trobar la diferència. El valor que s'obté s'ha de localitzar en l'eix d'abscisses del gràfic de la fig. 2.4 i s'ha de prolongar verticalment fins trobar la corba. El valor de l'ordenada, en aquest punt, és el que s'ha de restar al nivell sonor més gran per obtenir el resultat.

Exemples:

- Les potències sonores de dues màquines condensadores a instal·lar, l'una al costat de l'altra en un pati, són de 89 dBA la més gran i de 84 dBA la més petita. Es vol saber la potència sonora total entre les dues màquines.

$89 - 84 = 5$. Segons el gràfic 2.2 al valor 5 en abscisses li correspon en la corba un valor en ordenades d'1,2. El resultat del nivell de potència sonora global és: $89 + 1,2 = 90,2$ dBA

La resolució per càlcul amb la fórmula és:

$$L_w = 10 \log (10^{89/10} + 10^{84/10}) = 90,2 \text{ dBA}$$

- En una terrassa hi ha tres màquines de climatització. La primera dona, mesurada a l'exterior d'una finestra d'un habitatge, un nivell de pressió sonora de 37 dBA; la segona, de 36 dBA, i la tercera està

espatllada, però el seu nivell és igual que el de la segona. Quin n'és el nivell sonor total ?

$36 - 36 = 0$. Segons el gràfic 2.2, n'hi afegirem 3 i tindrem com a primer resultat $36 + 3 = 39$ dBA.

Es torna a repetir l'operació: $39 - 37 = 2$. Segons el gràfic 2.2, cal afegir 2,1 als 39 dBA anteriors, i el nivell total de les tres màquines és de 41,1 dBA.

Quan s'han de sumar n nivells iguals, el resultat pot obtenir-se d'una manera més ràpida afegint al nivell d'un d'ells $10 \log n$.

- Si el nivell de pressió sonora d'un ventilador a 10 m és 56 dBA i hi ha sis ventiladors iguals en bateria, quin és el nivell sonor si funcionen tots a la vegada ?

$$L_{pA} = 56 + 10 \log 6 = 56 + 7,8 = 63,8$$

- Les tres màquines anteriors emeten un nivell de pressió sonora de 41,1 dBA, i volem saber el nivell sonor quan s'aturi una de les que fan 36 dBA.

$41,1 - 36 = 5,1$. Segons el gràfic 2.3, cal restar 1,6 dBA del nivell sonor més alt.

$$41,1 - 1,6 = 39,5 \text{ dBA, que n'és el resultat}$$

La resolució per càlcul amb la fórmula és:

$$L_{pA} = 10 \log (10^{41,1/10} - 10^{36/10}) = 39,5$$

CÀLCUL DEL NIVELL EN dBA DE BANDES D'OCTAVA EN dB

Moltes vegades és necessari convertir les lectures o els càlculs de nivells de pressió sonora, fets en bandes d'octava, en el nivell global en dBA.

El càlcul es resol restant (sumant si l'atenuació ve donada amb signes negatius) aritmèticament els nivells d'atenuació de la corba de ponderació A, en cada banda d'octava, del nivell de l'octava corresponent i combinant o sumant logarítmicament el resultat de cada banda d'octava.

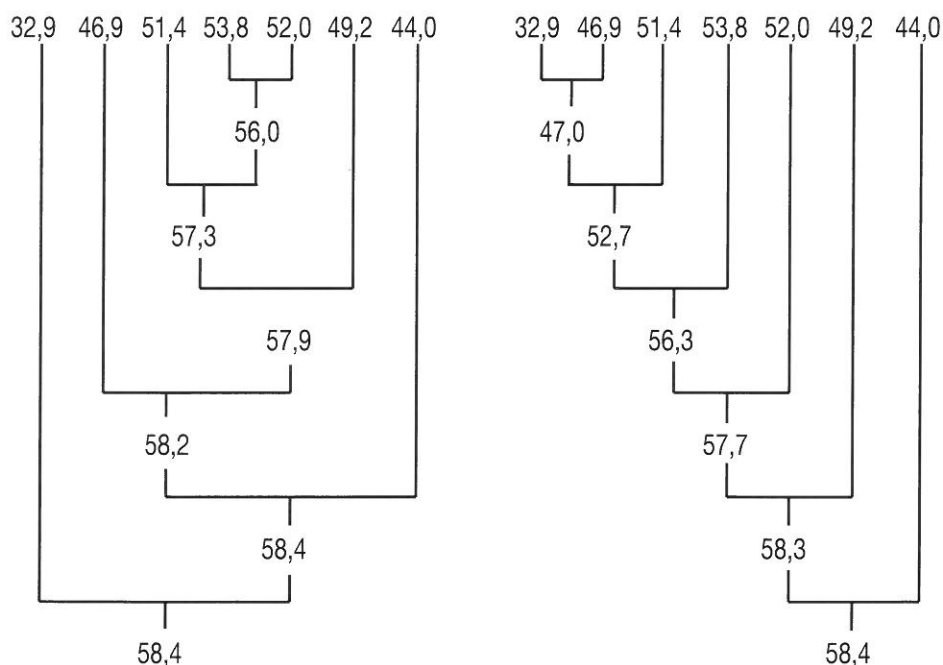
Exemple:

Tenim els següents nivells sonors L_{p1} del quadre 2.2, en bandes d'octava mesurats a l'exterior d'un habitatge, procedents d'una bomba de calor, i es vol comprovar si la lectura directa que ens dona el sonòmetre de 59 dBA ha estat correcta.

		dBA	63	125	250	500	1000	2000	4000
a	L_{p1}	59	59	63	60	57	52	48	43
b	Corba A		-26,1	-16,1	-8,6	-3,2	0	+1,2	+1
c	(a + b)	58,4	32,9	46,9	51,4	53,8	52	49,2	44

Càlcul de nivells en bandes d'octava a dBA

Se sumen aritmèticament els valors de les línies (a + b), per tal d'obtenir les mesures corregides d'acord amb la corba de ponderació A. Si el càlcul es fa manualment, amb l'ajut del gràfic 2.3 de sumar decibels en lloc de calculadora logarítmica, es pot estructurar de la manera següent: se sumen els nivells successivament de dos en dos començant pels dos més elevats i el resultat se suma amb el valor més elevat que li segueix. Quan els dos valors a sumar en dB es porten una diferència de 12 o més, l'increment de nivell és tan petit que gairebé no s'aprecia. Com es pot comprovar, l'ordre seguit no influeix en el resultat.



Suma de més de dos nivells en dB

El resultat del càlcul dona 58,4 dBA; per tant, la diferència és acceptable i podem concloure que les lectures en bandes d'octava han estat ben preses, ja que el mesurament directe del sonòmetre en dBA i el càlcul gairebé coincideixen. Quan es treballa amb bandes d'octava, és convenient de dur a terme aquest tipus de comprovació, ja que de vegades es poden fer anotacions errònies. Aquesta és una manera per detectar els errors i refer lectures abans d'abandonar el lloc de mesurament.

2.4 FONTS DE SOROLL

Les dimensions i les formes de les fonts de soroll influeixen en la manera en què el soroll es distribueix en l'espai.

Un emissor, com per exemple una sola màquina, un sol vehicle o un altaveu, és una font puntual i a efectes de càlcul es considera que la seva energia sonora està concentrada en un punt. Si la font emissora és constituïda per fonts puntuals múltiples al llarg d'una línia com, per exemple, fileres de vehicles en una carretera o una autopista, s'anomena font lineal. I si la font pren forma d'una superfície com, per exemple, un gran finestral d'una nau industrial, en què el soroll de la indústria és radiat a l'exterior a través dels vidres, s'anomena font de superfície.

PRINCIPALS FONTS QUE PODEN CAUSAR MOLÈSTIES DE SOROLL

D'acord amb la finalitat d'aquest manual, es limiten a tres grans grups les fonts de soroll que es tracten i que a la vegada són més sovint origen de molèsties. Aquestes fonts són les següents:

- El trànsit com a font en línia, és a dir, el conjunt de vehicles que circulen per un lloc determinat, o bé com a font puntual, vehicle per vehicle.
- Les activitats, considerant en aquest conjunt les activitats comercials, artesanals, industrials, agrícoles, instal·lacions, d'esplai, etc. subjectes a llicència municipal.
- El soroll de veïnat pot ser també una font de molèsties.

FONT PUNTUAL

És una font sonora que situada en un espai obert, en l'aire lliure i sense obstacles radia so amb la mateixa energia sonora en totes direccions, és a dir, omnidireccionalment. L'energia sonora que radia aquest tipus de font es propaga en ones esfèriques que s'atenuen proporcionalment amb la distància.

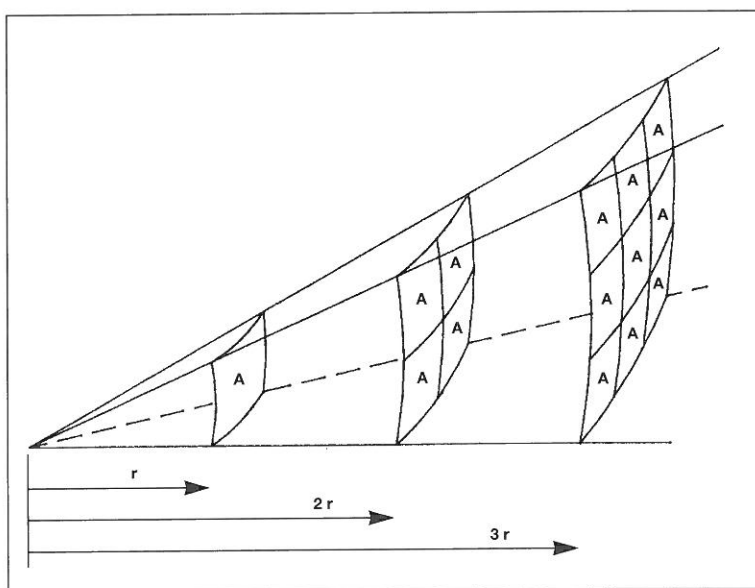


FIG. 2.5 Atenuació de l'energia sonora amb la distància

Per poder fer càlculs senzills però suficientment acurats, la major part de situacions reals de màquines s'assimilen a aquest model de font puntual i omnidireccional.

Tant si es coneix el nivell de potència sonora de la font com si se'n coneix el nivell de pressió sonora a una determinada distància, es poden calcular els nivells de soroll a altres distàncies.

Si es coneix la potència sonora (L_w) d'una font, les relacions que permeten calcular el nivell de pressió sonora (L_p) a una determinada distància r i en l'aire lliure són les següents:

$L_p = L_w - 20 \log r - 11$	(2.8)
Font puntual en l'aire (avions)	

$L_p = L_w - 20 \log r - 8$	(2.9)
Font puntual sobre una superfície reflectora	

Aquesta última fórmula és la que cal aplicar en tots els casos en què la font es troba sobre una superfície més o menys reflectora, com una terrassa, una façana o un paviment de ciment.

Si no es coneix la potència sonora L_w d'una font, però es disposa d'un sonòmetre, es pot mesurar el nivell de pressió sonora L_{p1} a una distància determinada r_1 i calcular-ne el nivell sonor L_{p2} a una altra distància r_2 , mitjançant la relació següent:

$L_{p2} = L_{p1} - 20 \log \frac{r_2}{r_1}$	(2.10)
---	--------

Si $r_2/r_1 = 2$, és a dir, cada vegada que es dobla la distància entre el receptor i la font sonora, l'atenuació és de:

$$20 \log 2 = 6 \text{ dB}$$

Exemples:

- Si un ventilador té un nivell de pressió sonora de 74 dBA a 2 m, el nivell sonor a distàncies superiors és:

Distància en m	dBA
2	74
4	68
8	62
16	56
32	50
64	44

Nivell sonor segons la distància

A 2 m de distància d'un ventilador s'ha mesurat un nivell de pressió sonora de 76 dBA. Quin nivell sonor hi ha a 40 m ?

$$L_{p2} = 76 - 20 \log 40/2 = 76 - 26 = 50 \text{ dBA}$$

- En una torre de refrigeració s'ha comprovat que a 4 m de distància el nivell de pressió sonora és de 70 dBA. Quin és el nivell sonor a 20 m ?

$$L_{p2} = 70 - 20 \log 20/4 = 70 - 14 = 56 \text{ dBA}$$

- Una ordenança municipal limita el nivell de pressió sonora durant la nit a l'exterior dels habitatges a 45 dBA. S'ha d'instal·lar una màquina a l'aire lliure i a 50 m d'uns habitatges. Quin nivell sonor podria fer aquesta màquina a 2 m per tal de poder instal·lar-la sense recórrer a mesures correctores?

$$L_{p1} = 45 + 20 \log 50/2 = 45 + 28 = 73 \text{ dBA}$$

FONT EN LÍNIA

En aquest cas, la font sonora situada sobre una superfície dura radia en forma de mig cilindre i cada vegada que, a partir d'una certa distància, ens n'allunyem el doble, el nivell de pressió sonora es redueix en 3 dB.

En el cas de les carreteres, les autopistes i les fonts en línia similars, si es consideren altres factors de propagació com ara interferències amb el terra proper més o menys absorbent, es pot estimar que l'atenuació és la següent:

$$L_{p2} = L_{p1} - 14 \log \frac{r_2}{r_1} \quad (2.11)$$

És a dir, cada vegada que es dobla la distància a la font sonora, l'atenuació del so és de 4,2 dB.

Exemple:

A 30 m del límit d'una autovia s'han mesurat 75 dBA. Quin és el nivell de soroll a la façana d'uns habitatges a 120 m de l'autovia ?

Si a 30 m	hi ha	71,0 dBA
a 60 m	hi haurà	66,8 dBA
i a 120 m	hi haurà	62,6 dBA

o bé

$$L_{Ap2} = L_{Ap1} - 14 \log \frac{120}{30} = 71 - 14 \log 4 = 62,6 \text{ dBA}$$

Un criteri generalitzat és que sempre que es fa referència a un nivell de soroll calculat a l'exterior dels edificis, el nivell que s'ha de donar en dBA ha de tenir en compte les reflexions del mateix edifici, ja que aquest nivell és el que mesurarà un sonòmetre. L'increment de nivell a causa d'aquestes reflexions es considera de l'ordre de 3 dBA. Si el punt de recepció és un parc o un jardí, sense reflexions properes, no caldrà afegir al càlcul els 3 dBA. Tampoc no caldrà afegir-los-hi si el mesurament es fa al centre d'un balcó o d'una finestra oberts de bat a bat, i si el punt de mesurament és a menys de 3,5 m d'un cantó de l'edifici.

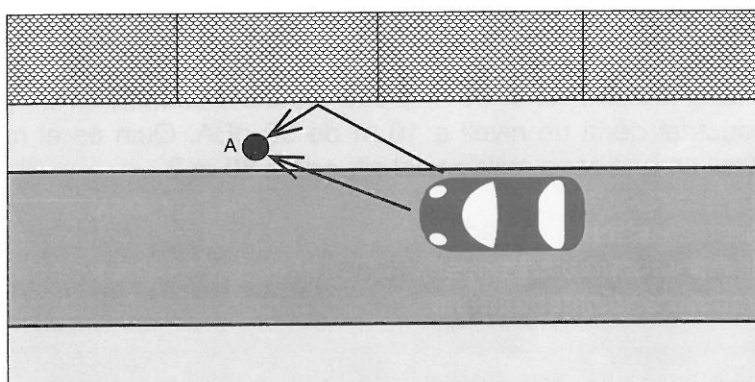


FIG. 2.6 Situat en el punt A, es rep l'ona directa i les reflectides per la façana

FONT EN SUPERFÍCIE

En aquest cas, a distàncies curtes el nivell és el mateix. A partir d'una certa distància, la propagació és en línia, i després es converteix en puntual.

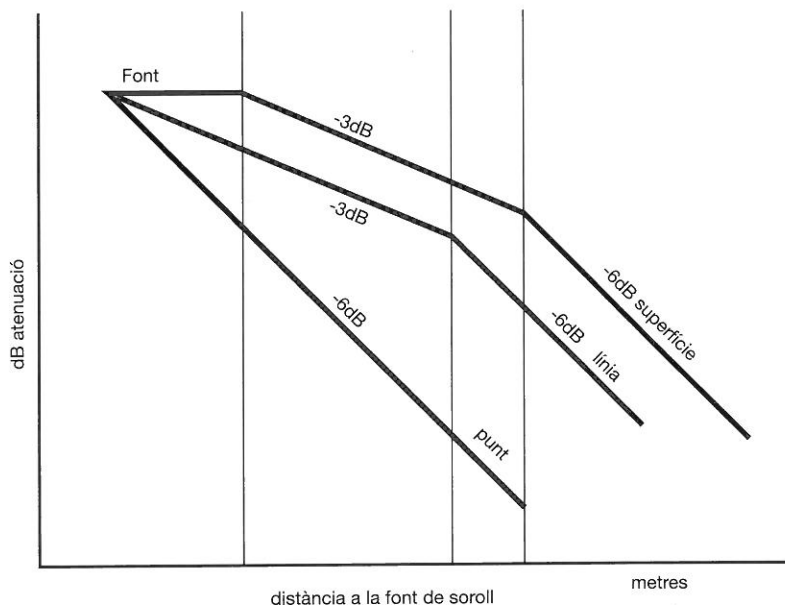


FIG. 2.7 Atenuació amb la distància de fonts de soroll puntuals, en línia i en superfície

Per determinar el nivell de soroll es pot considerar la superfície reduïda a un punt.

Exemple:

Una finestra de 3 · 4 m d'una indústria situada en un polígon industrial dóna un nivell a 10 m de 58 dBA. Quin és el nivell de soroll en una zona residencial situada a 80 m ?

$$L_{p2} = 58 - 20 \log \frac{80}{10} = 40 \text{ dBA}$$

ATENUACIÓ DEL SO EN L'AIRE LLIURE

A més a més de la distància, altres elements modifiquen la propagació de les ones sonores en l'aire lliure: les reflexions degudes al tipus de terreny, les atenuacions degudes a edificis que s'interposen entre la font sonora i el receptor, la vegetació i les condicions atmosfèriques.

Les ones sonores reflectides en superfícies de terreny dures o poc poroses, com l'asfalt, els paviments o els estanys, en combinar-se amb l'ona directa que arriba de la font sonora al receptor, poden donar lloc a fenòmens d'interferència i es poden produir reduccions de nivells a freqüències determinades. Aquests fenòmens depenen de l'angle de reflexió i de la diferència de recorreguts entre l'ona reflectida i la directa. Els terrenys tous i porosos com l'herba, la pinassa o la neu, també modifiquen el nivell resultant de les ones directes i reflectides.

Les reflexions degudes a edificis incrementen el nivell de l'ona sonora directa. Si l'edifici s'interposa entre la font sonora i el receptor, hi ha reducció de soroll per l'efecte pantalla.

2.5 INFORMES DE MESURAMENT

Seguidament es proposa una llista general de dades que han de recollir-se durant els mesuraments de soroll, i que han de constar en els informes per poder avaluar correctament els resultats i establir-ne les conclusions.

ANTECEDENTS

- Peticionari de l'informe
- Motiu o objecte del mesurament

ENTORN DE MESURAMENT

- Característiques urbanístiques i zonificació
- Descripció de l'entorn

FONTS DE SOROLL

- Localització
- Descripció general
- Característiques de les fonts de soroll
 - Trànsit:
Tipus de via, velocitat, vehicles per hora, percentatge de vehicles pesants, distància de la via al sonòmetre
 - Activitats:
Condicions de treball: velocitats, materials, obertures, etc.
- Característiques del soroll: continu, intermitent, tons purs, etc.

RECEPTORS

- Localització
- Punts de mesura: exterior, interior, finestres (obertes o tancades), reflexions, absorció, etc.

EQUIPS DE MESURAMENT

- Sonòmetre: marca, model, tipus
- Calibrador: marca, model
- Altres equips

DADES DEL MESURAMENT

- Posicions del micròfon o sonòmetre: lloc, alçària
- Unitats: dB, dBA
- Paràmetres: L_{pA} , $L_{Aeq,T}$, L_{A90} ...
- Temps d'integració: *fast*, *slow*...
- Temps de mesurament, intervals
- Data i hora
- Soroll de fons
- Observacions, incidències, condicions meteorològiques, etc.

AVALUACIÓ

- Criteri adoptat

CONCLUSIONS

- Actuacions que deriven de l'avaluació
- Adopció o no de mesures correctores

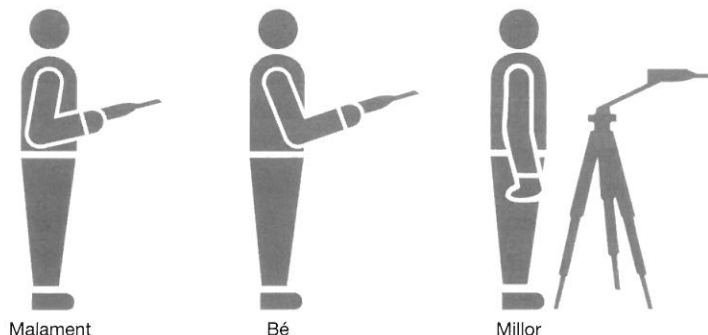
2.6 FACTORS QUE CAL TENIR EN COMPTE EN ELS MESURAMENTS

Perquè els mesuraments de soroll siguin correctes, és necessari tenir presents tant les influències de l'entorn de mesura com les de l'operador sobre els equips de mesura, i prendre-hi les precaucions adequades.

EFFECTES DE L'OBSERVADOR

La major part dels mesuraments es fan amb el sonòmetre a la mà. La posició relativa de la persona que fa els mesuraments respecte al sonòmetre pot afectar-ne els resultats, especialment en mesuraments en l'aire lliure i a prop de superfícies reflectores. L'operador pot apantallar les ones sonores, especialment en les freqüències agudes, que són més directives.

En aquestes circumstàncies, les diferències poden arribar a 5 dB. Per reduir la influència al mínim es recomana separar el sonòmetre del cos al màxim possible. En locals tancats aquest efecte és menys perturbador, ja que les reflexions del so a les parets faciliten que el so arribi al micròfon per una banda o per l'altra.



Posició del sonòmetre i de l'observador en els mesuraments

ONES ESTACIONÀRIES

En espais tancats i petits, especialment quan hi ha transmissions per estructura, les reflexions entre les parets donen sovint origen a ones estacionàries, és a dir, punts de l'espai amb nivells màxims i altres amb nivells mínims. El resultat d'això és que, desplaçant lentament el sonòmetre de 50 a 80 cm, s'observen variacions de nivell que poden arribar a 8 i 10 dBA. Si la diferència és de menys de 6 dBA, es pot prendre com a resultat la mitjana aritmètica. Si la diferència és de més de 6 dBA, es pot donar com a resultat el valor màxim menys 3 dBA.

CONDICIONS METEOROLÒGIQUES

Humitat i temperatura

Els ambients molt humits poden condensar sobre el diafragma del micròfon petites gotes d'aigua que, per la seva massa, en modificarien la resposta. En general, fins a un 90 % d'humitat relativa no cal prendre precaucions especials ja que la precisió dels sonòmetres es veu modificada en menys de 0,5 dB.

Cal no exposar els equips de mesurament a temperatures superiors al 50°C, ni que sigui temporalment, com podria ser el cas de deixar-lo exposat al sol a l'interior d'un vehicle, ja que poden donar-se canvis de sensibilitat tant a curt com a llarg termini. La millor manera de transportar un sonòmetre és dins una bona funda o una maleta aïllada que protegeixi el sonòmetre de canvis de temperatura i de cops.

Vent

La incidència del vent en el micròfon, en els mesuraments en l'aire lliure, pot incrementar notablement el nivell en freqüències baixes, a causa de turbulències a prop del diafragma del micròfon. Els mesuraments a l'exterior s'han de fer sempre protegint el micròfon amb pantalles antivent. Aquestes pantalles, en forma de bola de porositat elevada i d'uns 5 a 10 cm de diàmetre, eviten errors de lectura per a vents de tipus moderat.

CAPÍTOL 3

3. SOROLL D'ACTIVITATS

**3.1 MESURAMENT DEL SOROLL
D'ACTIVITATS**

**3.2 PREDICCIÓ DEL SOROLL
D'ACTIVITATS**

**3.3 AVALUACIÓ DEL SOROLL
D'ACTIVITATS**

3.4 SOROLL DE VEÏNATGE

3.5 AÏLLAMENT ACÚSTIC

3. SOROLL D'ACTIVITATS

En aquest grup s'inclouen totes aquelles activitats comercials, de serveis o industrials, regulades pel Reglament d'activitats, i que estan subjectes al tràmit de llicència municipal.

Les activitats classificades, les quals en endavant s'anomenaran simplement activitats, són una de les causes més freqüents de molèsties a causa del soroll, quan són contigües a habitatges. En aquests casos es poden presentar dos tipus de transmissió de soroll: per via aèria o per estructura. Exemples de transmissions per via aèria són les originades per torres de refrigeració o de ventiladors i que afecten edificis situats a l'altra banda del carrer.



Transmissió per via aèria

Transmissions per estructura són aquelles que s'originen quan l'emissor i el camí de propagació estan en contacte per via sòlida. Diversos exemples són els impactes de portes i cadires o les vibracions de petits compressors de cambres frigorífiques instal·lats directament sobre el forjat.



Transmissió per estructura

3.1 MESURAMENT DEL SOROLL D'ACTIVITATS

A l'hora de determinar el nivell de soroll produït per activitats cal tenir en compte les consideracions següents:

Descripció de l'entorn

És molt important la descripció de l'entorn de mesura, és a dir, la situació relativa entre la font emissora i el receptor. Un petit croquis en planta i alçat permet indicar els possibles camins de propagació del so per via aèria i per estructura.

Equips de mesurament

S'ha d'utilitzar un sonòmetre de classe 1 o de classe 2, i s'ha de calibrar abans i després dels mesuraments. En els mesuraments a l'exterior s'ha de fer servir pantalla antivent.

Lloc de mesurament

Els mesuraments es poden dur a terme a l'interior o a l'exterior dels habitatges. S'ha de mesurar a l'interior quan la font de soroll es troba situada també a l'interior i contigua a l'habitatge. Per contra, cal mesurar a l'exterior de l'habitatge si la font de soroll està situada a l'exterior o no s'hi troba amb contigüitat.

Exemples:

Mesurament a l'interior: és el cas d'un grup frigorífic instal·lat a la planta baixa d'un local que molesta l'habitatge de la planta superior.

Mesurament a l'exterior: és el cas d'aquest mateix grup frigorífic instal·lat en un pati o en una terrassa d'un edifici a l'altre costat del carrer.

Els mesuraments a l'interior d'habitatges es faran sempre en les sales d'estar i dormitoris ja que es consideren les zones importants de descans.

El sonòmetre s'ha de situar al mig de l'habitació, amb les finestres i els balcons tancats. S'ha de mantenir a una alçària entre 1, 2 i 1,5 m sobre el nivell del terra i s'ha de separar del cos al màxim possible, per tal d'evitar efectes de pantalla.

Els mesuraments a l'exterior es poden fer al mig de les finestres, obertes de bat a bat i en l'eix de la façana, per evitar reflexions importants de la façana sobre el micròfon o bé fent sortir el micròfon del sonòmetre entre 20 i 30 cm a l'exterior del llindar de les finestres o dels balcons. Tant en un cas com en l'altre, sempre s'ha de fer constar l'emplaçament del micròfon. Els mesuraments en zones encara no construïdes però destinades a l'edificació s'han de fer sempre que sigui possible, a l'alçària i en el pla de les futures finestres.

CARACTERÍSTIQUES DE LA FONT DE SOROLL I TIPUS DE SOROLL

Abans de començar a mesurar és molt important copsar les característiques de la font de soroll i el tipus de soroll que genera.

Un mateix nivell de soroll pot ser més o menys molest segons la seva tipologia. És convenient adequar el procediment de mesura al tipus de soroll.

- Soroll continu

És aquell que no presenta variacions en el temps superiors a 3 dBA, mesurat en *fast*, per exemple, el soroll d'un ventilador o d'un extractor.

- Soroll variable

És el que presenta variacions temporals o de nivell.

Un exemple de variació en el temps és el soroll intermitent de compressors de cambres frigorífiques.

Un exemple de variació de nivell és el que origina una instal·lació automatitzada de rentatge de vehicles. El nivell de soroll durant el cicle de rentatge és molt inferior al del cicle d'assecatge.

- Soroll de característica tonal

En aquest tipus de soroll domina una freqüència per sobre les altres i es fa clarament perceptible.

Un exemple és el d'algunes moles o de polidores manuals.

- Soroll impulsiu

És aquell soroll el nivell del qual és molt elevat respecte al soroll de fons i de molt curta durada.

Alguns exemples de soroll impulsiu són: cops de porta, sorolls d'impactes de xapisteria i de caldereria, etc.

UNITATS I PARÀMETRES DE MESURAMENT

La unitat per mesurar sorolls d'activitats és el dBA i els paràmetres més usuals són: el nivell de pressió sonora L_{pAF} i el nivell de soroll equivalent $L_{Aeq, T}$ en un temps determinat.

Aquests paràmetres es poden complementar amb el nivell de soroll màxim i mínim durant els intervals de mesurament L_{Amax} i L_{Amin} .

Soroll de fons

Es considera soroll de fons l'existent quan l'activitat està aturada. Es pot mesurar observant els nivells mínims del paràmetre L_{pAF} més reiteratius que marca el sonòmetre, o bé amb el paràmetre estadístic L_{A90} , si es disposa de l'equip adient.

MESURAMENTS

El nombre d'assistents durant els mesuraments s'ha de reduir al mínim possible, a fi d'evitar com més apantallaments i sorolls millor.

Una vegada calibrat el sonòmetre, s'ha de prendre nota de la posició de mesura, la data, l'hora i els intervals de durada de cada mesurament.

Sempre que sigui possible, s'ha de mesurar el soroll de fons.

Quan es tracta de sorolls originats per màquines, de vegades cal poder precisar quina és la màquina que de fet origina les molèsties. En aquest cas, s'engeguen per grups o una a una, i finalment totes a l'hora al ritme normal de l'activitat.

Les màquines que transmeten soroll per estructura sovint originen en el local receptor ones estacionàries que poden donar diferències de nivell de 3 a 5 dBA o més en desplaçar el sonòmetre tan sols de 50 a 80 cm. Per tant, en els mesuraments a interiors d'edificis es recomana moure lentament el sonòmetre a dreta i esquerra per evitar que passin desapercebuts aquests fenòmens.

Cal fer els mesuraments en les condicions habituals de funcionament de l'activitat.

DURADA I NOMBRE DE MESURAMENTS

• Sorolls continus

Si el soroll és continu i estable poden ser suficients tres lectures d'una durada d'1 min cada una, en nivell de soroll equivalent $L_{Aeq, 1min}$ i prendre com a resultat la mitjana arrodonida en 0,5 dBA, si entre la

màxima i la mínima es porten menys de 2 dBA. Si els resultats difereixen en més de 2 dBA, s'ha de tractar el soroll com a variable.

Exemple:

Si es mesura a l'interior d'un habitatge: $L_{Aeq,1min}$ 34,3 32,5 33,4, el resultat és $L_{Aeq,1min}$ 33,5

Si es mesura en L_{pAF} , es poden prendre deu lectures, una cada 10 s. Durant aquest interval s'ha d'anotar la lectura més freqüent. El resultat és la mitjana aritmètica de les deu lectures més una desviació típica, i arrodonit en 0,5 dBA.

Si fem una lectura cada 10 s, en L_{pAF} , s'obté al cap de deu lectures:

35, 32, 33, 37, 34, 36, 35, 34, 36, 35

$$X = 34,7$$

$$s = 1,42$$

$$L_{pAF} = 34,7 + 1,42 = 36,12 \text{ i, per tant, } L_{pAF} = 36$$

S'obté una aproximació suficient ordenant els deu nivells mesurats de més a menys i donant com a resultat el que ocupa el tercer lloc dels més elevats.

37, 36, 36, 35, 35, 35, 34, 34, 33, 32

Si la diferència entre el nivell màxim mesurat i el mínim és superior a 5 dBA, s'ha de considerar el soroll com a variable.

Tant en el cas de mesurar en L_{Aeq} com en L_{pA} , s'ha de tenir la precaució de no incloure, en les fases de mesurament o en les lectures del sonòmetre, sorolls aliens al que s'està mesurant, com poden ser, entre d'altres, els sorolls de trànsit o el soroll dels presents.

És recomanable mesurar en unes condicions en què el soroll de fons sigui inferior a 10 dBA o més al produït per l'activitat, per tal que aquest no se'n vegi afectat. Si això no és possible, caldrà deduir el soroll de fons del soroll total. Si la diferència entre un i altre és de 4 dBA o menys, es recomana ajornar els mesuraments a hores en què el soroll de fons sigui més baix.

Exemple:

Soroll de fons 24 dBA

Soroll total 29 dBA

La diferència entre el soroll de fons i el soroll total és de 27,3 dBA d'acord amb el gràfic 2.4.

- Sorolls variables

Soroll variable en el temps

Si el soroll és variable en el temps, és a dir, intermitent però relativament estable de nivell, cal mesurar durant la fase de soroll tractar-ho com un soroll continu.

Soroll de nivell variable

Si el soroll és de nivell variable, cal mesurar de manera que la mostra sigui representativa, és a dir, l'interval de mesurament ha d'incloure les variacions que es produeixin. La representativitat s'ha de assolir en el moment en què més mesures reiterin la informació que ja es tingui. Això fa difícil prefixar el temps de mostreig.

Exemple:

En mesurar el soroll produït per l'activitat d'un bar (música, veus, impactes, etc.), si el paràmetre de mesura és $L_{Aeq, 1min}$, poden ser suficients tres lectures d'1 min en un interval de 5 min. Si el procés es repeteix tres vegades, s'obtenen nou lectures. Per obtenir el resultat, es pot calcular el nivell equivalent global de les nou mostres recollides. El fet de recollir nou, o més mostres si cal, permet anar observant si s'assoleix una representativitat suficient per reiteració de dades.

Si el paràmetre és L_{pAF} es poden prendre mesures durant 5 min seguits, un mesurament L_{pAF} cada 10 s. S'ha de repetir l'operació dues o tres vegades amb intervals de 10 min. Això ha de permetre, si es repeteix tres vegades, obtenir noranta mesuraments del soroll L_{pAF} . Com a resultat, es pot considerar la mitjana aritmètica més una desviació típica, arrodonida a 0,5 dBA.

3.2 PREDICCIÓ DEL SOROLL D'ACTIVITATS

L'elaboració de projectes acústics d'activitats classificades i la seva revisió de l'Administració que atorga la llicència suposen el coneixement del soroll que generara l'activitat. Fins ara es feia difícil per a la persona no especialista disposar d'aquestes dades. L'Associació i el Col·legi d'Enginyers Industrials de Catalunya van publicar, el desembre del 1993, una Base de Dades de Soroll d'Activitats, resultat de nombrosos i sistemàtics mesuraments del soroll de diferents activitats diürnes i nocturnes i de cada una de les màquines més usals.

La base de dades facilita el nivell de pressió sonora L_{pAF} de més d'un centenar de màquines que sovint es troben contigües a habitatges. Els mesuraments es prenen amb les màquines amb càrrega. Es detalla la mitjana, el rang i la desviació típica del nivell de pressió sonora de cada màquina a 1 m de distància, i el nivell de soroll global de l'activitat. La base comprèn dades dels sectors d'alimentació, arts gràfiques, automòbil, plàstic, metall, fusta, tèxtil i serveis. La base proporciona els resultats en taules i en gràfics, i afegeix exemples de com aplicar-la.

El gràfic de la figura 3.1 mostra en l'eix d'ordenades el nivell de pressió sonora de les activitats en dBA i en l'eix d'abscisses el nombre d'activitats mesurades.

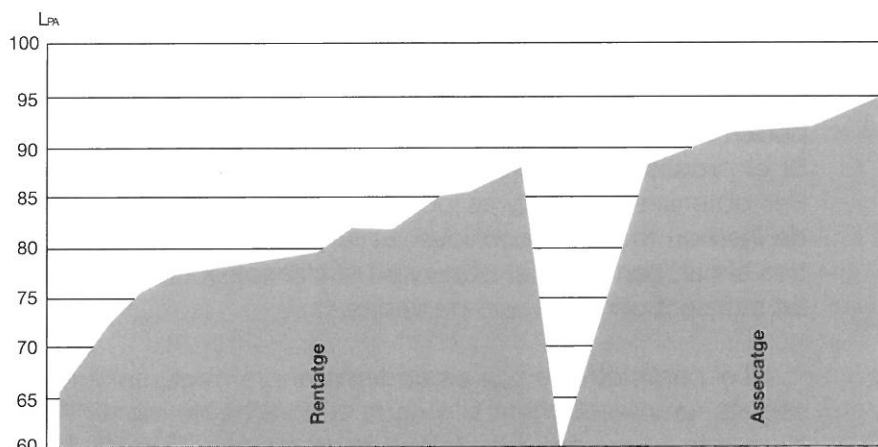


FIG. 3.1 Soroll de maquinària de rentar vehicles

3.3 AVALUACIÓ DEL SOROLL D'ACTIVITATS

L'avaluació del soroll d'activitats consisteix en la comparació dels nivells mesurats amb els nivells màxims admissibles fixats en les normatives.

La major part de municipis disposen d'ordenances que regulen els nivells d'aquests sorolls. Els nivells generalment estan en funció de la zonificació i de l'horari en què es produeixen.

Les zones són generalment:

- A • Les zones bàsicament d'ús d'habitatges
- B • Les zones d'habitatges amb usos de petites activitats compatibles amb habitatges o zones mixtes
- C • Les zones bàsicament d'indústria no compatibles amb l'habitatge

L'horari es distingeix entre diürn i nocturn. És força generalitzat entendre per horari diürn de les 8 h a les 22 h i nocturn, de les 22 h a les 8 h.

Zones	Nivell interior		Nivell exterior	
	dia	nit	dia	nit
A	35	25-30	50-55	40-45
B	35-40	25-35	55-60	45-50
C	35-40	30-35	60-65	50-55

Nivells màxims d'immissió de soroll produït per activitats, més freqüents, en ordenances de municipis de Catalunya

Cal remarcar que els nivells màxims permesos pel soroll d'activitats són més restrictius que els tolerats pel soroll del trànsit ja que amb el mateix nivell de soroll els primers originen un grau superior de molèstia, especialment durant la nit.

Aixo és explicable per:

- El fet generalment assumit que és possible aïllar-se del soroll de trànsit augmentant l'aïllament de les finestres o situant els dormitoris a la zona més tranquil·la de l'edifici, mentre que pel que fa a les activi-

tats que transmeten soroll per estructura, el receptor es veu impotent d'aturar el soroll, ja que per reduir-lo cal actuar en l'emissor.

- El fet directament o indirectament assumit per la població que reduir el soroll de trànsit en els carrers és difícil.
- La presència de tons purs en les transmissions de soroll per estructura, que el fa molt molest.
- L'anonimat dels conductors dels vehicles en front de les persones concretes responsables de l'activitat.

3.4 SOROLL DE VEÏNATGE

Hi ha fonts de soroll dins de l'habitatge que també poden originar molèsties a altres habitatges. Per exemple, els nivells de so excessiu d'aparells d'alta fidelitat, la utilització d'una perforadora a hores nocturnes o el bordar reiteratiu de gossos.

En general, aquestes molèsties poden ser degudes al fet de no respectar la manera correcta d'utilització d'eines, electrodomèstics, equipaments o activitats, per no prendre les precaucions adequades respecte al soroll que poden generar, per no respectar els horaris, o poden ser degudes a comportaments personals sorollosos.

El tractament amistós permet obtenir resultats satisfactoris en la majoria dels casos, especialment quan l'origen de les molèsties es deu a hàbits poc curosos.

Les fonts principals de sorolls de veïnatge són:

- els equips amplificadors de música
- els instruments musicals
- l'aire condicionat
- els electrodomèstics
- les veus, els crits
- la ràdio, la TV
- els gossos
- el bricolatge
- els impactes, els cops de porta

A vegades no és fàcil poder mesurar i avaluar alguns d'aquests sorolls de veïnatge. Quan es presenten en forma reiterativa, i especialment en hores nocturnes, un criteri d'avaluació pot ser adoptar el mateix que s'aplica a les activitats classificades en zones d'habitatge.

És recomanable que el municipi reculli informació sobre aquest tipus de soroll, que va en augment, per tal d'orientar campanyes de millora de comportament ciutadà sobre el soroll o preveure actuacions a mitjà i llarg termini. Únicament un control estadístic en permet de conèixer l'evolució i la importància, i reflectir en normatives i ordenances regulacions que reverteixin en millores de la qualitat ambiental.

3.5 AÏLLAMENT ACÚSTIC

Hi ha activitats que pel fet de coexistir amb habitatges faciliten diversitat de serveis a la zona. D'altra banda, hi ha zones on petites activitats o tallers coexisteixen amb habitatges. Per fer-ho compatible cal garantir que el nivell de soroll que generen les activitats no causin molèsties als habitatges de l'entorn.

Per aconseguir un bon aïllament acústic, tant important és el seu disseny com la seva execució. Per tant, és necessari conèixer les propietats acústiques dels materials que s'utilitzen, i també l'avaluació del seu comportament *in situ*.

La norma UNE 74-040 *Medida in situ del aislamiento al ruido aéreo entre locales*, que concorda amb la norma internacional ISO-140/4-1978, en les seves parts 3 i 4 descriu els procediments per avaluar les propietats acústiques dels materials, pel que fa al seu aïllament, i a l'avaluació del seu comportament *in situ*.

Aquesta norma distingeix entre:

- Diferència de nivells de pressió sonora, D
- Diferència normalitzada de nivells de pressió sonora, D_n
- Índex d'aïllament al soroll aeri R .

Les diferències de nivell avaluen la protecció al soroll aeri dels ocupants d'un habitatge, mentre que l'índex d'aïllament avalua la propietat aïllant al soroll aeri d'un element constructiu, com parets, sostres, portes, finestres, etc.

DIFERÈNCIA DE NIVELL, D

Considerem dues sales adjacents separades per una partició. Si en una d'elles, anomenada sala emissora, s'emet un soroll d'un nivell de pressió acústica L_1 , i en l'altra sala, anomenada sala receptora, es mesura un nivell de pressió sonora L_2 , es defineix la diferència de nivells D com:

$$D = L_1 - L_2$$

(3.1)

El seu valor depèn del tipus de material utilitzat en la divisòria de les sales, la superfície de separació de les sales i l'absorció acústica de la sala receptora.

Com que el comportament dels materials a l'aïllament acústic i l'absorció dels materials emprats en la sala receptora depenen de la freqüència, D pren valors diferents segons la freqüència.

DIFERÈNCIA NORMALITZADA DE NIVELLS DE PRESSIÓ, D_N

Per poder comparar diferències de nivell entre parelles de sales, és convenient normalitzar la diferència de nivells respecte a una sala receptora normalitzada.

Per definició, es pren com a sala receptora normalitzada la que presenta un temps de reverberació, T (1) 0,5 s a totes les freqüències. Aquest valor es dona en la majoria de les dependències dels habitatges.

Així, la diferència normalitzada de nivells D_n , entre dues sales en què el temps de reverberació de la sala receptora és de 0,5 s, coincideix amb la diferència de nivells D. Si la sala de recepció presenta un temps de reverberació T, diferent a 0,5 s, s'ha d'afegir un terme de normalització a la diferència D:

(1) Temps de reverberació, T : temps que tarda el so a esmorteir-se 60 dB en una sala un cop aturada la font sonora que l'excita. És un paràmetre que serveix per avaluar com d'absorbent és una sala. Temps de reverberació grans representen una sala poc absorbent; per contra, temps de reverberació petits corresponen a una sala molt absorbent.

$$D_n = D + 10 \log \frac{T}{0,5} \quad (3.2)$$

D_n s'utilitza per avaluar la protecció al soroll aeri dels ocupants d'un edifici i el procediment de mesura es defineix en la norma UNE 74-040-84, part 4.

ÍNDEX D'AÏLLAMENT AL SOROLL AERI, R

L'índex d'aïllament s'utilitza per caracteritzar el comportament a l'aïllament del soroll aeri dels materials, independentment de la seva superfície i de l'absorció acústica de la sala receptora.

L'índex d'aïllament es defineix a partir del coeficient de transmissió, t :

$$t = \frac{W_1}{W_2}$$

W_1 : potència sonora transmesa a través de l'element constructiu
 W_2 : potència sonora amb incidència aleatòria sobre l'element constructiu

El coneixement del coeficient de transmissió t permet conèixer la potència sonora total que es transmet per una superfície S d'un element constructiu, i és el producte de St .

L'índex d'aïllament, R , s'avalua de la manera següent:

$$R = 10 \log \frac{1}{t} \quad (3.4)$$

R s'expressa en dB i depèn de la freqüència

En els projectes acústics dels edificis és important conèixer l' R de cada material utilitzat en la separació d'habitatges.

En efecte, la diferència de nivells entre dues dependències es determina de la manera següent:

$$D = R - 10 \log S + 10 \log A \quad (3.5)$$

És a dir, coneixent l'absorció sonora de la sala receptora, A (2), la superfície de separació, S , i el tipus de material emprat, R , es pot calcular la diferència de nivells D .

Exemple:

Suposem que en el decurs de l'execució d'un projecte d'una façana de vidre es demana que la superfície de vidre sigui el doble de gran que la projectada inicialment.

A partir de l'anterior expressió, deduïm que la diferència de nivells queda disminuïda en 3 dB a cada freqüència. Per tant, si es vol mantenir la mateixa diferència de nivells, s'ha de col·locar un vidre que presenti un índex d'aïllament 3 dB més gran a cadascuna de les freqüències.

En el supòsit que una partició presenti diferents elements constructius: porta, paret, vidrieres, etc., es pot avaluar l'índex d'aïllament global R , a partir dels valors R_i o t_i de cada element.

La transmissió de la partició es determina per:

$$t_m = \frac{\sum t_i S_i}{S} \quad (3.6)$$

t_i : coeficient de transmissió de l'element i que es pot deduir de R_i
 S_i : superfície que correspon a l'element i .
 S : la superfície total de la partició.

(2) Absorció A : és un paràmetre que avalua com d'absorbent és una sala i depèn del temps de reverberació T de la sala.

$$A = \frac{0,163 \times V}{T} = \text{on } V \text{ és el volum de la sala}$$

L'índex d'aïllament, R, de la partició és:

$$R = 10 \log \frac{1}{t_m} \quad (3.7)$$

Cal remarcar la importància que cal donar en la realització de les instal·lacions per tal d'assegurar l'estanquitat.

Un forat que presenti un 0,1 % de la superfície d'una separació produeix el mateix efecte que la utilització de materials de qualitat considerablement inferior pel que fa al seu aïllament.

Exemple:

Considerem una paret de 10 m² caracteritzada amb una R de 45 dB a 500 Hz. A causa de la mala instal·lació, en un 0,1 % de la superfície hi ha escletxes per on passa el so, $t = 1$. El coeficient de transmissió de la paret és $10^{-45/10}$.

El coeficient de transmissió de la partició és:

$$t_m = \frac{1 \cdot 0,01 + 10^{-45/10} \cdot 9,99}{10} = 0,001$$

L'índex d'aïllament de la paret amb escletxa és:

$$R = 10 \log \frac{1}{0,001} = 30 \text{ dB}$$

És a dir, l'efecte de l'escletxa equival a emprar materials caracteritzats amb una R de valor considerablement més baix.

DETERMINACIÓ DE L'ÍNDEX D'AÏLLAMENT AL SOROLL AERI

L'índex d'aïllament al soroll aeri es pot determinar de dues maneres:

- En laboratori, d'acord amb la norma UNE 74-040-84, part 3.

La mesura d'R es fa complint les condicions controlades següents :

- El camp sonor en ambdós cantons de l'element que s'avalua és difús, és a dir, l'energia sonora es distribueix uniformement en les dues sales. Aquesta condició comporta una incidència aleatòria sobre la superfície de separació.

- L'energia sonora només passa a través del material que s'avalua.

L'índex d'aïllament R mesurat en laboratori és el que s'exigeix en la Norma Bàsica de l'Edificació NBE-CA-88

- *In situ*, d'acord amb la part 4 de la mateixa norma.

En aquest cas es parla de *l'índex d'aïllament aparent al soroll aeri* i s'anomena R'.

En l'avaluació d'R' no estan garantides les condicions de mesura de laboratori i per tant, en general, es compleix $R' < R$.

R' pot ser utilitzat per comparar amb la R obtinguda en laboratori i avaluar-ne les pèrdues de transmissió pels flancs en la instal·lació dels materials aïllants.

Valor global de l'aïllament

Els paràmetres R i R' depenen de la freqüència. Normalment es presenten amb una corba com la de la figura 3.2:

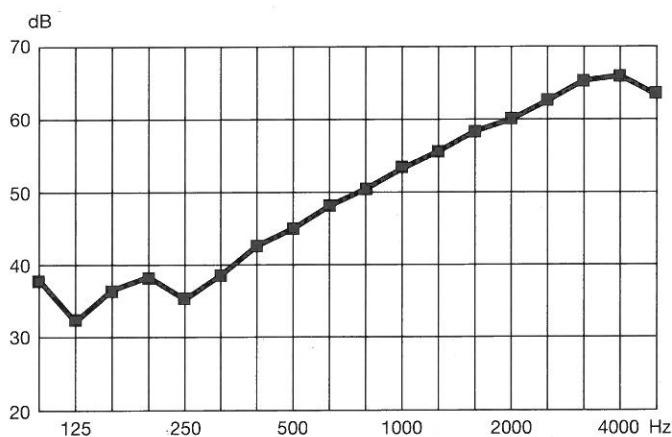


Fig. 3.2 Corba d'aïllament, R.

En la pràctica, és útil poder utilitzar un sol valor per caracteritzar l'aïllament d'un element constructiu.

A Europa, s'utilitzen dos mètodes per donar un valor únic, representatiu de l'aïllament, calculat a partir dels valors mesurats a cada freqüència.

Valor global de l'aïllament R_w

- Segons la norma ISO 717, a partir dels valors R o R' , s'obtenen valors R_w i R'_w de la manera següent:

S'aproxima la corba d' R o R' a una corba normalitzada, tal com es presenta en la figura, fins aconseguir la condició següent: l'omitjanament de les desviacions desfavorables ha de ser el valor més gran no superior a 2 dB.

L'índex d'aïllament global es defineix com el valor de la corba normalitzada a 500 Hz, un cop feta l'aproximació a la corba d' R o R' .

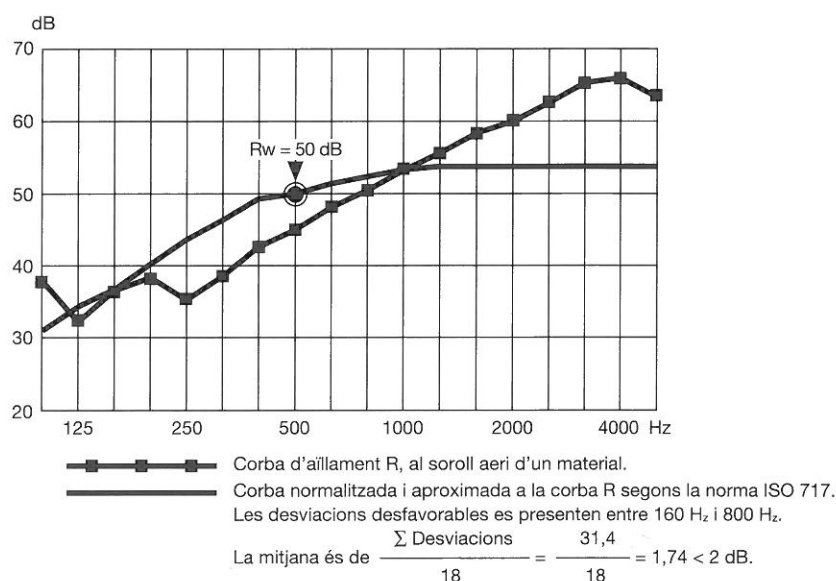


Fig. 3.3 Càlcul de l'aïllament global R_w segons la norma ISO 717

Valor global expressat en dBA a diferents tipus de soroll

Com que R , R' depenen de la freqüència, si es vol donar un valor global d'aïllament s'hauria d'especificar el contingut freqüencial del soroll en la sala emissora.

Així, si el soroll correspon a un compressor amb gran contingut freqüencial al voltant dels 250 Hz, es podria especificar l'aïllament només a la freqüència de 250 Hz.

En general, els sorolls que es presenten en la sala emissora poden tenir qualsevol contingut espectral.

En els països del sud d'Europa, s'ha adoptat l'avaluació de l'aïllament per a un soroll hipotètic en la sala d'emissió que té el mateix nivell de pressió sonora a totes les octaves. Aquest soroll s'anomena soroll rosa.

Per obtenir el valor global d'aïllament a soroll rosa, s'ha de fer el següent:

- Es considera un soroll rosa de valor 100 dB a totes les octaves en la sala emissora. Aquesta fóra la composició espectral del soroll en la sala emissora.

- Es resta de 100 els valors d'aïllament D o R a cada freqüència. Així s'obté la composició espectral del soroll en la sala receptora.

- S'aplica la ponderació A a l'espectre de soroll de la sala emissora i receptora i es calculen els respectius valors globals, expressats en dBA.

- El valor global de l'aïllament resulta de la diferència dels anteriors valors.

El resultat s'expressa en dBA i s'especifica el tipus de soroll hipotètic de la sala emissora, en el nostre cas, a soroll rosa.

Un altre espectre de soroll emprat és el corresponent al soroll de trànsit, sobretot per avaluar l'aïllament de materials utilitzats en façanes.

Exemple:

Suposem els valors d'aïllament R de la corba de la figura 3.2.

En la taula 3.1 es presenten els càlculs per a la obtenció del valor de l'aïllament al soroll rosa.

Freqüència (Hz)	Nivells sala emissora (dB)	Aïllament R (dB)	Nivells sala receptora (dB)
100	100	37,8	62,2
125	100	32,8	67,2
160	100	36,6	63,4
200	100	38,2	61,8
250	100	35,8	64,2
315	100	39,0	61,0
400	100	43,0	57,0
500	100	45,4	54,6
630	100	48,1	51,9
800	100	50,4	49,6
1.000	100	53,4	46,6
1.250	100	55,6	44,4
1.600	100	58,3	41,7
2.000	100	59,9	40,1
2.500	100	62,0	38,0
3.150	100	64,7	35,3
4.000	100	65,5	34,5
5.000	100	63,3	36,7

Valor global
ponderat A

111 dBA

62,1 dBA

Aïllament global al soroll rosa = $111 - 62,1 = 48,9$ dBA

Taula 3.1

En l'exemple s'ha avaluat l'aïllament en terços d'octava. Si s'avalués en bandes d'octava, s'obtidrien resultats equivalents.

CAPÍTOL 4

4. SOROLL DE TRÀNSIT

4.1 INDICADORS DE TRÀNSIT

4.2 DETERMINACIÓ DEL SOROLL DE TRÀNSIT

4.3 AVALUACIÓ DEL SOROLL DE TRÀNSIT

4.4 CONTROL DE SOROLL DELS VEHICLES

4. SOROLL DE TRÀNSIT

En el conjunt del soroll ambiental, el soroll de trànsit en representa el 80 % del total.

És, per tant, la font generadora de molèstia més important en el medi.

En la contaminació sonora produïda pel trànsit els elements bàsics que intervenen en l'explicació del fenomen són també: els focus emissors, el medi atmosfèric o camí de propagació i els receptors.

Sobre la seqüència lògica, emissor - medi - receptor, ha d'establir-se l'avaluació dels impactes i l'adopció de mesures preventives o correctores per minimitzar el soroll que emet el trànsit dels vehicles a motor.

Els nivells de soroll que l'emissor produeix depenen d'aspectes diversos com: la potència sonora del motor del vehicle, l'estat del tub d'escapament, la manera de conduir, la velocitat de circulació, el nombre de vehicles que circulen en una via determinada, el tipus de via i de ferm, etc.

En el camí de propagació, hi intervenen la distància dels vehicles als edificis receptors, la presència d'elements reflectors o d'obstacles, el tipus de superfície que hi ha entre emissor i receptor, etc.

Forma part del receptor, en el cas d'edificis, el grau d'aïllament acústic de finestres, balcons i les persones que reben el soroll.

Per analitzar el trànsit com una font d'emissió de soroll, es pot prendre, d'una banda, el conjunt de vehicles que circulen per una via determinada i, d'una altra, els vehicles de manera individual.

Pel que fa al conjunt de vehicles o font en línia, se'n determina el nivell de soroll mitjançant mesuraments o mètodes de predicció.

Pel que fa a cadascun dels vehicles, individualment, se'n descriu el mètode de mesurament, tenint en compte les parts mecàniques i el dispositiu d'escapament.

4.1 INDICADORS DE TRÀNSIT

El nivell de soroll de trànsit urbà i interurbà ve definit d'acord amb els indicadors següents:

- el nombre de vehicles lleugers que circulen per unitat de temps,
- el nombre de vehicles pesants per unitat de temps,
- la velocitat de circulació,
- el pendent de la via,
- el tipus de ferm,
- les reflexions dels edificis a cada banda de la via.

Es consideren vehicles pesants els camions, els autocars, els autobusos i els tractors, i vehicles lleugers els turismes, les furgonetes, els minibusos, les motocicletes i els ciclomotors.

La intensitat mitjana diària de vehicles (IMD) és l'indicador que expressa el trànsit d'una via.

L'IMD es calcula a partir del nombre total de vehicles anual que circulen per una via i es pot obtenir mitjançant el seu comptatge o bé de les dades enregistrades per l'administració responsable de la via.

En fer enregistraments per obtenir l'IMD cal tenir en compte d'evitar el comptatge en períodes de vacances escolars, el dia anterior i posterior als ponts, festius i en dies amb esdeveniments esportius o culturals importants. Es recomana de comptar els vehicles en dimarts, dimecres o dijous.

Perquè les dades siguin utilitzables per fer càlculs o prediccions de nivell de soroll, els equips utilitzats han de permetre desglossar el nombre dels vehicles lleugers dels pesants. El nombre de vehicles se sol expressar en forma de percentatge sobre l'IMD o sobre el nombre de vehicles per hora, durant el dia i durant la nit.

A partir de l'IMD es poden definir els indicadors sobre el nombre de vehicles lleugers o pesants/h, que circulen durant el dia (Nd), durant la nit (Nn) i en l'hora punta (Hp).

L'Nd és el valor resultant de l'expressió següent:

$$Nd = \frac{IMD}{17} \quad (4.1)$$

Aquest flux de vehicles representa una mitjana del trànsit horari entre les 7 h i les 22 h, en situacions d'una circulació urbana densa, i es prendrà com a referència mentre no ho justifiquin situacions molt parti-

culars. Aquest flux horari sol ser aconseguit o sobrepassat unes sis hores al dia.

L'Nn pren com a referència:

$$Nn = IMD \cdot 0,009 \quad (4.2)$$

En hores punta el flux màxim de vehicles per hora (Hp) depèn de la grandària de la població. Una relació que es correspon a l'anterior situació general de circulació urbana densa és la següent:

$$Hp = \frac{IMD}{10} \quad (4.3)$$

i en poblacions de menys de 100.000 habitants:

$$Hp = \frac{IMD}{8} \quad (4.4)$$

Si no es disposa de dades en les grans vies urbanes en projecte, es prendrà una circulació mitjana Nd de 600 vehicles/h i per via de circulació. La velocitat apropiada per fer els càlculs és de 50 Km/h i sinó la màxima autoritzada.

En aquestes vies urbanes, si no es disposa d'estimacions precises, es pot prendre com a percentatge de vehicles pesants el següent:

Percentatge de vehicles pesants de dia = 10 %

Percentatge de vehicles pesants de nit = 5 %

En vies perifèriques i autopistes el percentatge de vehicles pesants és molt més superior i oscil·la entre el 15 % i el 20 % o més.

En situacions singulars com ara:

- Circulació nocturna per cinturons de grans ciutats
- Vies d'unió entre poblacions molt grans
- Accessos a aeroports, en hores punta molt definides
- Zones industrials amb itineraris d'elevat trànsit pesant
- Itineraris amb fort trànsit estacional o de cap de setmana, com poden ser zones del litoral o pistes d'esquí a l'hivern
- Vies d'accés a zones universitàries o a zones amb grans camps d'esport

és recomanable fer el compte de vehicles entre 15 i 30 min distingint-los per categories.

EQUIPS DE MESURAMENT

Els sonòmetres a utilitzar han de ser del tipus 1 o 2 i han de tenir, com a mínim, corba de ponderació A, micròfon de camp lliure, pantalla antivent, i han de poder mesurar directament el nivell L_{Aeq} .

Sigui quin sigui el temps de mesurament i per millorar la caracterització de la situació, és recomanable que els equips tinguin la possibilitat de mesurar paràmetres L_{AN} i L_{AE} .

PARÀMETRES DE MESURAMENT

El paràmetre bàsic és el $L_{Aeq, T}$, en dBA, o nivell de soroll continu equivalent.

Els paràmetres complementaris que permeten una millor caracterització de l'escenari acústic són els estadístics (L_{AN}) entre els quals cal destacar com a més usuals: L_{A1} , L_{A10} , L_{A50} , L_{A90} .

El L_{A10} caracteritza les puntes de soroll i el L_{A90} és l'acceptat internacionalment com a descriptiu del soroll de fons.

CONDICIONS DE MESURAMENT

S'ha de procurar fer sempre els mesuraments de soroll en les condicions més representatives de l'indret on es mesura. Generalment no és recomanable fer els mesuraments de soroll de trànsit quan el ferm està mullat. Tampoc s'han de fer si el trànsit és pertorbat per treballs que modifiquen l'estat d'utilització de la via o a prop d'obres on es produeix soroll que pugui influir en la representativitat de la mostra.

LLOC DE MESURAMENT

Els mesuraments s'han de fer, en general, en llocs destinats a l'estada regular i prolongada de persones, en el carrer o a determinada distància d'autopistes o vies interurbanes.

En el primer cas, es recomana col·locar el micròfon al mig de les finestres, obertes de bat a bat, i en l'eix de la façana. Aquesta regla s'ha d'aplicar també en el cas de balcons i de terrasses. D'aquesta manera s'eviten reflexions de soroll importants de la façana sobre el micròfon. També es pot mesurar extraient el micròfon a certa distància de la finestra oberta, aproximadament a uns 30 cm vers l'exterior. Sigui quina sigui la situació del micròfon sempre s'ha de fer constar l'emplaçament. Es recomana fer els mesurament en zones encara no construïdes però destinades a l'edificació a l'alçària i en el pla de l'emplaçament de les futures finestres.

En els mesuraments fets al carrer es recomana situar el micròfon a l'entorn de 80 cm o més de la façana. És important evitar situar-lo arran de la vorada, ja que la proximitat entre el micròfon i els vehicles fa que els nivells de soroll que es mesuren siguin molt més elevats que els que afecten la façana.

Quan s'ha de mesurar el soroll a les zones situades a l'entorn de vies interurbanes o d'autopistes, el sonòmetre s'ha de col·locar com a mínim a 20 o 30 m de distància de les vores, per tal de rebre l'energia sonora des d'un angle el més obert possible.

4.2 DETERMINACIÓ DEL SOROLL DE TRÀNSIT

Els nivells de soroll de trànsit es poden obtenir mitjançant mesuraments de durada llarga, curta, o aplicant mètodes de predicció.

MOSTREIG DE DURADA LLARGA

Es considera de durada llarga el mesurament que recull 24 h o més de mostreig.

Aquest mesurament permet de conèixer l'evolució temporal dels nivells de soroll, és a dir, les variacions que s'obtenen al llarg del temps. Diferenciar, per períodes horaris o inferiors, el dia de la nit, les hores punta de les hores amb calma, etc.

També permet d'expressar l'evolució temporal de forma gràfica, reflectint, de manera molt entenedora, els diferents períodes horaris, com també de determinar els valors L_{Aeq} corresponents al dia, de les 7h a les 22h, i a la nit, de les 22h a les 7h.

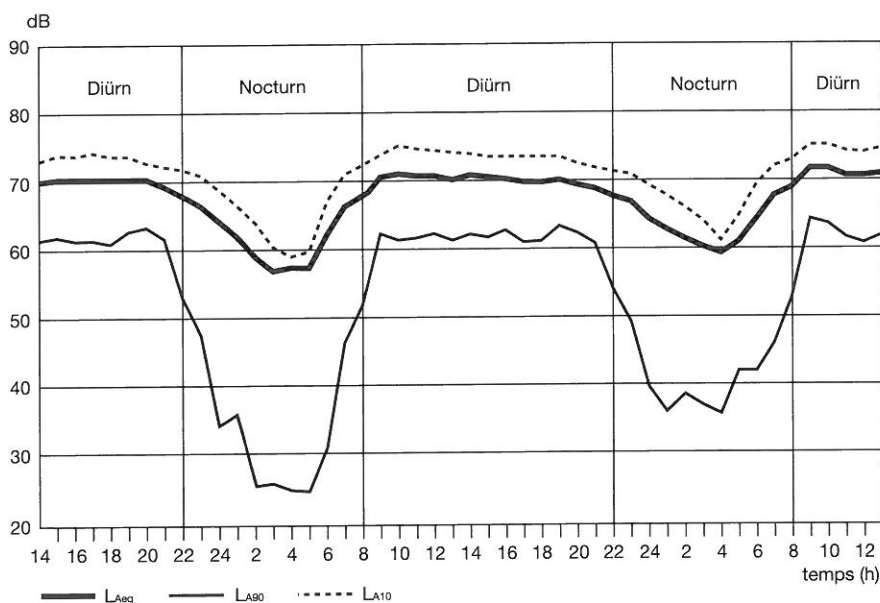


Fig. 4.1 Valors L_{Aeq} , L_{A10} , L_{A90} obtinguts a l'exterior d'un edifici exposat a soroll de trànsit

MOSTREIG DE DURADA CURTA

Es considera de durada curta el mesurament que es fa en un temps inferior a 30 min; en general, són aconsellables els temps de mesura següents:

En les proximitats d'autopistes, 10 min.
En les vies ràpides en general, 15 min.

En els carrers amb trànsit de més de 500 vehicles/h, 20 min.
En els carrers amb trànsit de menys de 500 vehicles/h, 30 min.

Aquests mesuraments permeten fer extensius els nivells de soroll mesurats durant un temps curt a períodes de temps molt superiors i obtenir resultats representatius de soroll global, diürn o nocturn, similars als que s'obtindrien amb mesuraments de durada llarga.

Un avantatge evident és l'estalvi de temps que aquest mètode comporta.

En els mesuraments de soroll de durada curta, es poden ponderar els resultats per ajustar-los més a la realitat.

Es presenta un mètode suís que els pondera afegint uns termes corredors C_1 i C_2 que relacionen les dades de l'IMD amb els comptes fets durant el mesurament.

$$L_{Aeq,1h} = L_{Aeq,T} + C_1 + C_2 \quad (4.5)$$

essent:

$L_{Aeq,1h}$ = nivell equivalent ponderat, en 1 h

$L_{Aeq,T}$ = nivell equivalent mesurat

$$C_1 = 10 \log \frac{N_d \text{ (mitjà)}}{T_h \text{ (mesurat)}} \quad (4.6)$$

essent:

N_d = mitjana diària de vehicles/h

N_n = mitjana nocturna de vehicles/h

T_h = vehicles/h, durant el mesurament

$$C_2 = 0,2 (P_m - P_c) \quad (4.7)$$

essent:

Pm = percentatge mitjà de vehicles pesants de dia o de nit

Pc = percentatge de vehicles pesants durant els mesuraments

Exemple:

Per una via d'accés a una població es disposa de les dades següents, a partir de l'IMD:

Dades de referència

IMD: Nombre de vehicles en	24 h : 28.000
Percentatge mitjà de vehicles pesants de dia	Pm % : 10
Percentatge mitjà de vehicles pesants de nit	Pm %: 5

S'ha fet un mesurament de 20 min i s'han obtingut els resultats següents:

Mesuraments

L _{Aeq,T} mesurat	L _{Aeq,T} : 68,8
Temps de mesurament	T (min): 20
Nombre total de vehicles durant el temps T	N: 460
Percentatge de vehicles pesants durant el temps T	Pc %: 7

Càlculs de referència

Trànsit mitjà de referència

$$N_d = 28.000 / 17 = 1.647$$

Trànsit mitjà horari de nit, de referència

$$N_n = 28.000 \cdot 0,009 = 252$$

Ponderació

$$\text{Vehicles/h comptats} = 460 \frac{60}{20} = 1.380$$

$$C_1 = 10 \log \frac{1.647}{1.380} = 0,8 \text{ dia}$$

$$C_1 = 10 \log \frac{252}{1380} = -7,4 \text{ nit}$$

$$C_2 = 0,2 (10 - 7) = 0,6 \text{ dia}$$

$$C_2 = 0,2 (5 - 7) = -0,4 \text{ nit}$$

$$L_{Aeq,1h} = 68,8 + 0,8 + 0,6 = 70,2 \text{ dia}$$

$$L_{Aeq,1h} = 68,8 - 7,4 - 0,4 = 61,0 \text{ nit}$$

PREDICCIÓ DE NIVELLS DE SOROLL EN CARRERS EN FORMA D'U

Hi ha diverses metodologies per determinar els nivells de soroll en carrers urbans. Hi ha càlculs senzills que permeten conèixer el $L_{Aeq,1h}$ sense fer mesuraments, predir variacions de nivell de soroll en hipòtesis diferents de densitat de trànsit o, per exemple, conèixer els nivells de soroll d'un carrer en què circulin o no vehicles pesants.

Es presenta la metodologia de la *Guide du Bruit des Transports Terrestres* divulgada pel Ministère de l'Environnement et du Cadre de Vie de França, sobre el càlcul del nivell de soroll dels carrers en forma d'U.

Un carrer té forma d'U si disposa d'edificis a cada banda de manera quasi contínua.

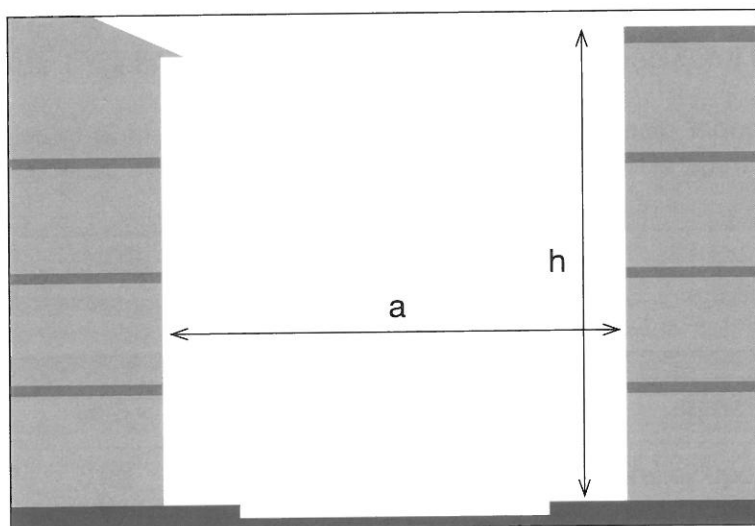


FIG. 4.2 Carrer en forma d'U

$$L_{Aeq} = 55 + 10 \log (Nll + E \cdot Np) \cdot 10 \log a + k_h + k_v$$

(4.8)

essent:

Nll: nombre de vehicles lleugers/h

E: factor d'equivalència acústica entre vehicles lleugers i pesants segons el pendent del carrer

r: pendent o rampa del carrer en forma de percentatge

Np: nombre de vehicles pesants/h

a: amplada del carrer en metres

h: alçària mitjana dels edificis

k_h : correcció per alçària

Si h és inferior a 4 m, K_h val 0; si h és igual o superior a 4 m, K_h pren el valor següent:

$$- \frac{2(h-4)}{a}$$

k_v : correcció per velocitat: si v és inferior a 60 Km, K_v val 0; per a cada 10 Km/h que s'excedeixi l'anterior velocitat, cal afegir 1 dBA.

Per poder disposar de la precisió de càlcul suficient la relació entre l'alçària mitjana dels edificis i l'amplada del carrer ha de ser $> 0,2$.

$$\frac{h}{a} > 0,2 \quad (4.9)$$

rampa	< 2 %	3 %	4 %	5 %	> 6 %
equivalència	10	13	16	18	20

3.1 E, factor d'equivalència segons el percentatge de la rampa

Pel que fa als carrers que disposen d'edificis només en una de les dues bandes, anomenats carrers en forma d'L, si tenen una amplada inferior a 40 m es pot obtenir un calcul aproximat amb la relació següent:

$$L_{Aeq} \text{ en L} = L_{Aeq} \text{ en U} - 4 \pm 1,5 \quad (4.10)$$

Exemple:

Suposem un carrer en forma d'U, de 20 m d'amplada i amb un pendent del 3 % l'IMD del qual és de 18.000 vehicles, a una velocitat de 50 km/h. Un 8 % d'aquests vehicles són pesants. Per calcular el L_{Aeq1h} a 3,5 m sobre el nivell del carrer, cal fer el següent:

Trànsit mitjà diari de referència

$$N_d = 18.000/17 = 1.059 \text{ vehicles /h}$$

Vehicles lleugers

$$N_{ll} = 1.059 \cdot 0,92 = 974 \text{ vehicles /h}$$

Vehicles pesants

$$N_p = 1.059 \cdot 0,08 = 85 \text{ vehicles/h}$$

$$L_{Aeq,1h} = 55 + 10 \log (974 + (13 \cdot 85)) - 10 \log 20 + 0 + 0$$

$$L_{Aeq,1h} = 55 + 33,2 - 13 = 75,2$$

D'acord amb la fórmula 4.8, en doblar el nombre total de vehicles en circulació, el nivell equivalent augmenta en 3 dBA i en reduir-lo a la meitat disminueix també en 3 dBA. D'altra banda, aquesta fórmula mostra que la reducció del nombre de vehicles pesants en circulació pot ser un mitjà eficaç per obtenir una reducció de soroll apreciable.

Exemple:

Si en el cas anterior es prohibeix la circulació dels 85 vehicles/h pesants i es manté el nombre de vehicles lleugers, el nivell resultant és de:

$$L_{Aeq,1h} = 55 + 10 \log 974 - 10 \log 20 + 0 + 0 =$$

$$L_{Aeq,1h} = 55 + 29,9 - 13 = 71,9$$

la qual cosa representa una atenuació de 3,3 dBA.

PREDICCIÓ DE NIVELLS SONORS EN VIALS INTERURBANS I EN VIALS DE CIRCULACIÓ RÀPIDA

Es descriu a continuació de forma abreviada el mètode del CETUR, que permet estimar i preveure els nivells de soroll dels vials interurbans i de circulació ràpida a la isòfona de referència.

El mètode calcula l'emissió sonora d'un vehicle, d'acord amb unes característiques predefinides de circulació, a la isòfona de referència per fer-la extensiva a tot el conjunt de vehicles.

La isòfona de referència és la línia fictícia o real que passa per tots els punts on el nivell L_{Aeq} és igual al que existiria en un punt situat a 30 m de la vora de la via i a 10 m d'altura per sobre del pla de la calçada.

El mètode caracteritza la circulació d'acord amb els elements següents:

- Tipus de vehicles: Lleugers i pesants (pes total en càrrega inferior o superior a 3,5 t).
- Velocitat: Recull totes les gammes de velocitat mitjanes compreses entre 20 i 130 km/h.

- Tipus de trànsit

- Fluid continu: vials interurbans i vials ràpids urbans fora de les hores de saturació.

- Pulsatiu continu: vials urbans propers a la saturació que comporten variacions brusques de trànsit en curts períodes de temps i espai.

- Pulsatiu accelerat: sortida d'un peatge, d'un semàfor, d'un estop.

- Pulsatiu desaccelerat: és l'invers a l'accelerat.

- Tipus de perfil longitudinal. Vials horitzontals (pendents inferiors al 2 %), vials amb pujada i en baixada amb pendents superiors al 2 %.

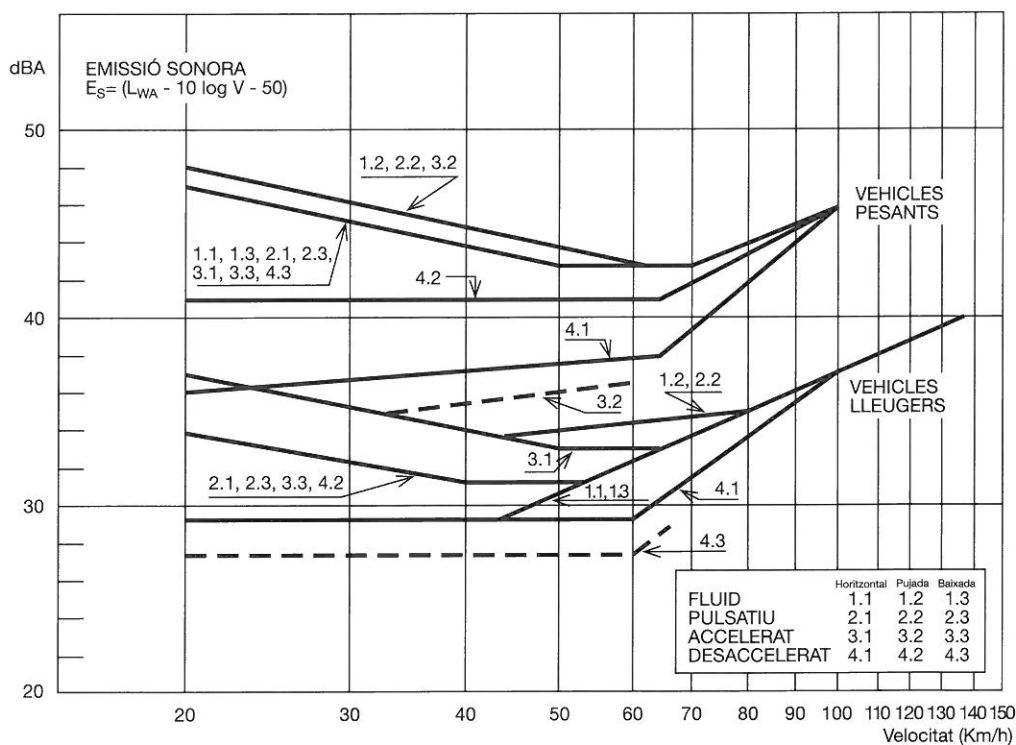


Fig. 4.3 Àbac de nivells d'emissió sonora

L'emissió sonora E_s es defineix com el nivell sonor L_{Aeq} captat a la isòfona de referència quan té lloc la circulació d'un vehicle/h.

$E_s = L_{Aeq} (1 \text{ vehicle/h}) = (L_w - 10 \log V - 50)$	(4.11)
E_s = emissió sonora L_{wA} = nivell de potència acústica d'un vehicle V = velocitat dels vehicles en km/h	

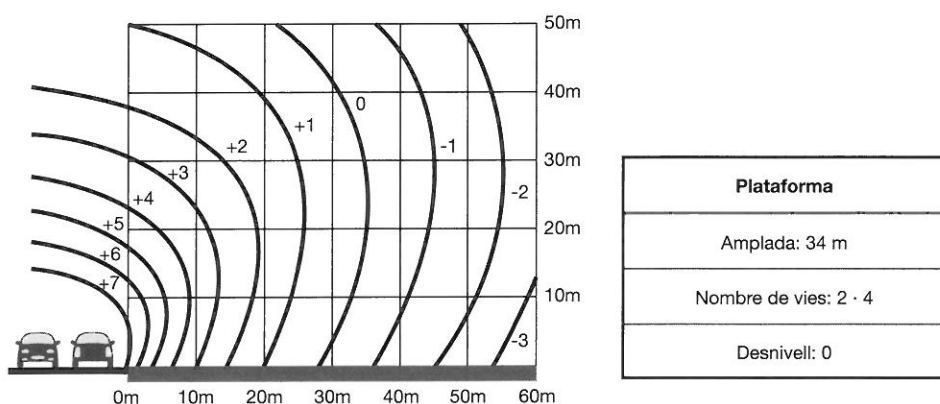
El càlcul de nivell sonor E_s o $L_{Aeq}(1 \text{ hora})$ per a un vehicle s'efectua aplicant la fórmula descrita o la lectura de l'àbac de la figura 4.3.

El nivell sonor equivalent per a més d'un vehicle, Q vehicles, a la isòfona de referència ve definit per l'expressió:

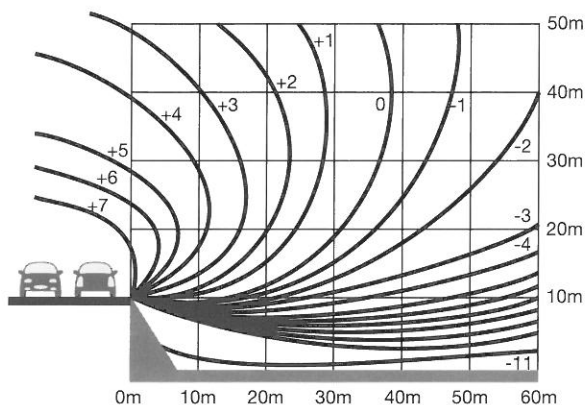
$L_{Aeq} (Q \text{ vehicles/h}) = (L_{wA} - 10 \log V - 50) + 10 \log Q$	(4.12)
--	--------

El mètode considera la propagació tant a distàncies curtes, fins a 60 m de la vora de la via, com a distàncies llargues, fins a 250 m de la vora de la via.

Per a cadascun d'aquests casos el mètode estableix un conjunt d'àbacs en funció de les categories dels vials (amplada de la plataforma i nombre de vies) i dels perfils transversals. Per a tot receptor situat en una de les corbes dels àbacs cal afegir o restar els nivells que aquestes indiquen. A continuació es mostren alguns dels àbacs per a distàncies curtes que el mètode recull:

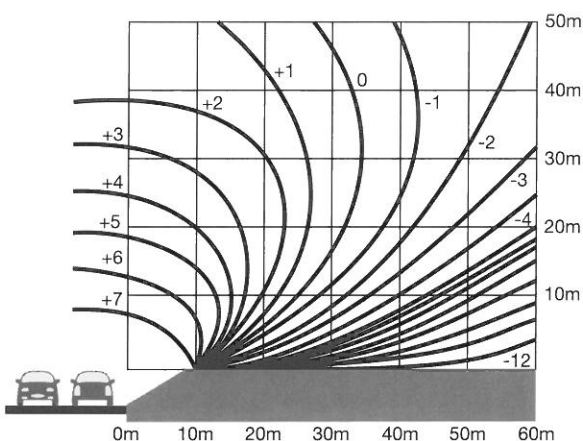


Àbac 1. Atenuació sonora a peu pla



Àbac 2. Atenuació sonora en terraplè

Plataforma
Amplada: 27 m
Nombre de vies: 2 · 2
Desnivell: superior a + 7,5 m



Àbac 3. Atenuació sonora en desmunt

Plataforma
Amplada: 34 m
Nombre de vies: 2 · 4
Desnivell: superior a - 4 m

Fig. 4.4 Àbacs d'atenuació sonora

Exemple:

Calcular el valor d'immissió L_{Aeq} en un edifici de tres plantes, de nou m d'alçària, situat a 50 m de la sortida del peatge d'una autopista, de 2 · 4 vies a nivell pla, que es dissenya per a 33.000 vehicles/d. La previsió de pas és d'un 10 % de vehicles pesants i la velocitat mitjana estimada és de 60 km/h per vehicles lleugers i de 50 km/h per als pesants. S'ha de fer el mateix càlcul per a l'hora punta.

- *Caracterització de la circulació*

Tipus de trànsit: pulsatiu accelerat
33.000 vehicles totals v_i o IMD

- Càlcul de vehicles lleugers v_{ll} i vehicles pesants v_p

$$v_{ll} = v_t \cdot 0,9 = 33.000 \cdot 0,9 = 29.700 \text{ } v_{ll}/d$$

$$v_p = v_t \cdot 0,1 = 33.000 \cdot 0,1 = 330 \text{ } v_p/d$$

- Càlcul de vehicles per hora, $v(Q)$

$$v_{ll}(Q) = v_{ll}/17 = 29.700/17 = 1.747 \text{ } v_{ll}(Q)$$

$$v_p(Q) = v_p/17 = 330/17 = 20 \text{ } v_p(Q)$$

- Càlcul de vehicles en hora punta, $v(Hp)$

$$v_{ll}(Hp) = v_{ll}/10 = 29.700/10 = 2.970 \text{ } v_{ll}(Hp)$$

$$v_p(Hp) = v_p/10 = 330/10 = 33 \text{ } v_p(Hp)$$

- Valor d'emissió sonora E_s , calculat mitjançant l'àbac

$$E_{sll} = 32,8 \text{ dBA}$$

$$E_{sp} = 43,0 \text{ dBA}$$

- Càlcul del nivell L_{Aeq} , per a Q vehicles, per hora a la isòfona de referència

$$L_{Aeqll} = E_{sll} + 10 \log Q_{ll} = 32,8 + 10 \log 1.747 = 65,22 \text{ dBA}$$

$$L_{Aeqp} = E_{sp} + 10 \log Q_p = 43 + 10 \log 20 = 56,01 \text{ dBA}$$

El nivell absolut a la isòfona de referència a l'hora és:
 $65,22 \text{ dBA} + 56,01 \text{ dBA} = 65,72 \text{ dBA} = 66 \text{ dBA}$

- Càlcul del nivell L_{Aeq} , per a tots els vehicles, a l'hora punta (Hp) i a la isòfona de referència.

$$L_{Aeqll} = E_{sll} + 10 \log Hp_{ll} = 32,8 + 10 \log 2.970 = 67,52 \text{ dBA}$$

$$L_{Aeqp} = E_{sp} + 10 \log Hp_p = 43 + 10 \log 33 = 58,18 \text{ dBA}$$

El nivell de soroll a la isòfona de referència a l'hora punta és:
 $67,52 \text{ dBA} + 58,18 \text{ dBA} = 68,02 \text{ dBA} = 68 \text{ dBA}$.

- Càlcul del nivell d'immissió a l'exterior de la 3a. planta de l'edifici:

Cal aplicar l'àbac núm 1.

L_{Aeq} a 9 m d'alçària i a 50 m de la vora via és 64.
 L_{Aeq} a l'hora punta és 66.

4.3 AVALUACIÓ DEL SOROLL DE TRÀNSIT

El soroll de trànsit s'avalua comparant els nivells mesurats o estimats en el punt de recepció amb estàndards que fixen objectius de qualitat o d'immissió.

Com que la legislació d'àmbit general, sectorial i específica no regula el soroll del trànsit com a conjunt de vehicles, es descriuen els criteris següents, àmpliament acceptats:

- per a infraestructures territorials de transport
- per avaluar l'impacte ambiental
- les ordenances de soroll
- qualitatius

Tots aquests criteris consideren que l'indicador global que millor correlaciona els nivells sonors del trànsit i les molèsties per als veïns és el L_{Aeq} .

Aquest indicador també és l'adoptat com a paràmetre d'avaluació a la majoria dels països de la UE.

CRITERI PER A INFRAESTRUCTURES TERRITORIALS DE TRANSPORT

En la implantació a camp obert de noves autopistes, autovies, carreteres i línies de ferrocarrils de titularitat de la Generalitat de Catalunya s'adopta el criteri tècnic d'avaluació següent:

L'objectiu general a assolir en l'exterior dels edificis habitats després de la implantació d'una nova infraestructura és el de no sobrepassar un nivell de soroll L_{Aeq} (8h-22h) de 65 dBA. En indrets més sensibles (hospitals, escoles...) l'objectiu a assolir ha de ser, com a mínim, d'un L_{Aeq} (8h-22h) de 60 dBA. Aquests nivells es determinen a 2m davant de les façanes.

Si en l'estat acústic inicial i anterior a la implantació de la infraestructura se superen els anteriors valors límits d'immissió, en els encreuaments i les convergències d'infraestructures viàries, el soroll de fons ambiental inicial no es podrà incrementar més de 3 dBA.

CRITERI PER AVALUAR L'IMPACTE AMBIENTAL

L'avaluació dels nivells sonors generats pel trànsit quan se n'avalua l'impacte es fa amb els criteris legals vigents següents:

Impacte ambiental compatible: aquell de recuperació immediata després de l'activitat, i que no necessita pràctiques protectores o correctores.

Impacte ambiental moderat: aquell que per recuperar-se no necessita pràctiques protectores en el receptor o correctores intensives.

Impacte ambiental sever: aquell en què la recuperació de les condicions del medi exigeix l'adopció de mesures protectores o correctores

Impacte ambiental crític: aquell que té magnitud superior al llindar acceptable. Amb ell es produeix una pèrdua permanent de la qualitat de les condicions ambientals, sense possible recuperació, inclosa l'adopció de mesures protectores o correctores.

CRITERI DE LES ORDENANCES DE SOROLL DE TRÀNSIT

La major part d'ordenances municipals vigents consideren el trànsit urbà com a emissor puntual, és a dir, regulen el soroll dels vehicles de manera individual.

Ambientalment cal també avaluar el soroll de trànsit des del punt de vista de la immissió; un exemple n'és l'ordenança suïssa contra el soroll, de 1986, la qual fixa tres valors límits de soroll: de planejament (VP), d'immissió (VLI), i d'alarma o sanejament (VS). Aquests valors responen al grau de molèstia per uns nivells de soroll determinats d'acord amb resultats d'estudis i enquestes poblacionals.

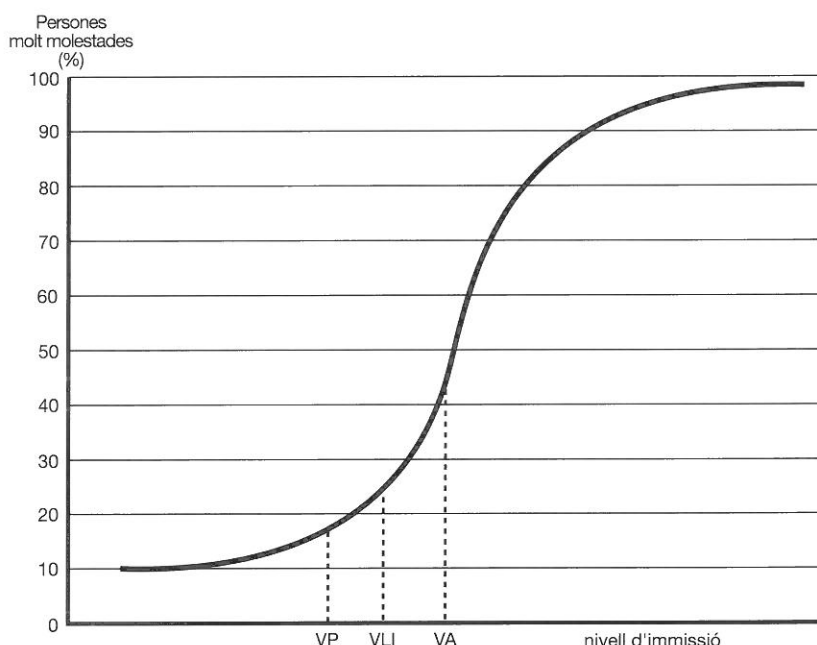


Fig 4.5 Nivell de soroll d'immissió i percentatge de població molt molestada

Els valors de planejament són els més restrictius, ja que són els que han d'assegurar un ambient futur de qualitat; per tant, el percentatge de població molt molestada és baix. Els valors límits d'immissió són els que no s'han de superar; el percentatge de població molestada es manté també relativament baix. Els valors d'alarma són els que, si se sobrepassen, obliguen a adoptar mesures correctores. Com es pot observar en la figura 4.5 el percentatge de població molt molestada és, en aquest cas, molt elevat.

Pel que fa a l'avaluació, l'ordenança suïssa defineix un nivell (L_r) que es determina a partir del resultat dels mesuraments o dels càlculs en L_{Aeq} , més uns termes correctors K .

Aquests termes valoren el grau de molèstia segons el tipus de font de soroll, la seva durada, la tonalitat i el caràcter impulsiu, per exemple, en el cas de les activitats. El terme corrector permet que el mateix L_r serveixi per a fonts de soroll tan diferents com són el trànsit rodat, el ferroviari, les activitats classificades o el soroll d'avions.

$$L_r = L_{Aeq} + K$$

Els valors límits d'exposició al soroll L_r són diferents de dia i de nit, i segons el grau de sensibilitat al soroll de les zones afectades.

	Valors de planificació		Valors límit d'immissió		Valors de sanejament	
	L_r en dBA	L_r en dBA	L_r en dBA	L_r en dBA	L_r en dBA	L_r en dBA
	dia	nit	dia	nit	dia	nit
Z I	50	40	55	45	65	60
Z II	55	45	60	50	70	65
Z III	60	50	65	55	70	65
Z IV	65	55	70	60	75	70

Zona I Zones de protecció especial

Zona II Zones on no es permet cap activitat molesta, bàsicament les zones d'habitatge, com també aquelles reservades per a construccions i instal·lacions públiques

Zona III Zones on són admeses activitats mitjanament molestes (zones mixtes) com també les zones agrícoles

Zona IV Zones on s'admeten indústries molestes, bàsicament zones industrials

Ordenança suïssa, de gener de 1986, sobre la protecció contra el soroll. Valors límits d'exposició L_r .

CRITERIS QUALITATIUS

Aquests criteris són els que relacionen els nivells de soroll de trànsit amb la població que es troba molesta.

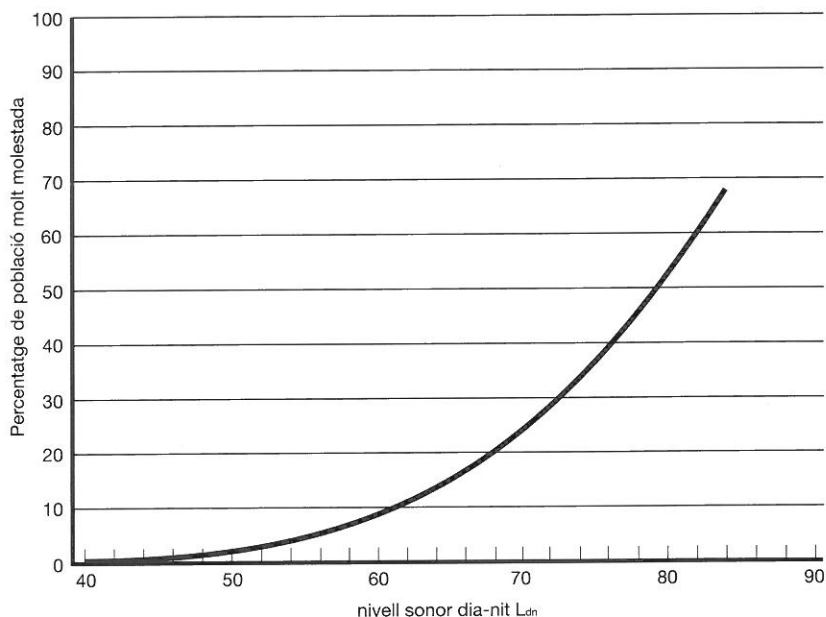


Fig. 4.6 Aquesta gràfica mostra que, on el nivell és superior a 65 dBA, es considera molt molestada un 15% de la població.

A continuació es mostra un altre criteri qualitatiu d'avaluació de soroll de trànsit, criteri en horari diürn, que atorga per nivells agrupats de 3 en 3 dBA diferents graus de molèsties.

Nivell de soroll L_{Aeq}	Grau de molèstia
< 56	molt baix
57 a 59	baix
60 a 62	bastant baix
63 a 65	mitjà
66 a 68	bastant alt
69 a 71	alt
72 a 75	molt alt
> 75	molt més alt

Avaluació de nivells L_{Aeq} de soroll de trànsit

Els intervals de 3 dBA responen a l'increment o el decrement de soroll que s'obtindria en duplicar o reduir a la meitat el nombre de pas de vehicles en un temps determinat.

Cal remarcar que el grau de molèstia, per un mateix nivell de soroll, és moltes vegades superior en medi rural i zones residencials, etc., que el percebut en un medi urbà. Això és degut a les expectatives assumides pel veïnatge d'acord amb el tipus d'entorn.

Exemple d'avaluació:

Els veïns d'un habitatge situat a 30 m d'una nova carretera es consideren afectats per la molèstia del soroll generat pel trànsit d'aquesta.

Per avaluar la situació actual es fan mesures a l'exterior de l'habitatge a 2 m de la façana més exposada al soroll. Els nivells que s'obtenen són: L_{Aeq} diürn (08 h-22 h) de 68 dBA i un L_{Aeq} nocturn (22 h-08 h) de 52 dBA.

D'acord amb el criteri tècnic d'avaluació descrit, per a infraestructures territorials de transports, de nit no s'assoleixen els valors fixats en aquest criteri i de dia se superen; per tant, caldrà adoptar mesures correctores.

En aquest cas, s'aconsella d'implantar una mesura de baix cost com l'adopció d'un petit terraplè a peu de carretera que es pot integrar en l'entorn mitjançant ajardinament. Aquesta mesura limita la propagació sonora, i es considera que pot reduir 6 dBA els nivells sonors en el receptor.

D'acord amb el criteri per avaluar l'impacte que genera el trànsit d'aquesta carretera durant el dia, amb la implantació de la mesura correctora proposada, l'impacte s'avalua com a moderat. Durant la nit l'impacte s'avalua com a compatible ja que per a aquest període de temps no calen pràctiques correctores o protectores. L'impacte sonor global s'avalua com a moderat pel fet que el veïnatge necessita protecció.

L'avaluació efectuada es pot presentar de manera esquemàtica en forma de taula:

Taula d'avaluació		
mesuraments	nivell de soroll L_{Aeq}	criteri d'avaluació L_{Ar}
període 08 h - 22 h	68	65
període 22 h - 08 h	52	55

període 08 h-22 h:

Se supera en 3 dBA el criteri d'avaluació. L'impacte inicial s'estima com a sever, però, amb la construcció d'un terraplè com apantallament, l'impacte final s'avalua com a compatible.

període 22 h-08 h:

Els nivells mesurats són inferiors als valors del criteri, per la qual cosa l'impacte s'avalua com a compatible.

avaluació global:

L'impacte acústic global s'avalua com a moderat, atès que amb l'adopció de la mesura proposada s'espera assolir els valors fixats en el criteri d'avaluació.

4.4 CONTROL DE SOROLL DELS VEHICLES

La Directiva 70/157/CEE fixa els nivells màxims d'emissió sonora dels vehicles a motor per a la seva homologació, segons la categoria del vehicle. Hi ha directives posteriors que introdueixen esmenes: precisen més els mètodes de mesurament de soroll del vehicle, del silenciador del tub d'escapament i redueixen els nivells d'emissió sonora màxims admissibles.

Les directives detallen dos procediments per mesurar el soroll emès pels vehicles:

Vehicle en moviment
Vehicle aturat

La prova del vehicle en moviment és la necessària per obtenir l'homologació de la U E.

La prova del vehicle aturat té per objecte determinar un valor de referència, a partir del mesurament dels nivells de soroll a 50 cm del

tub d'escapament per poder dur a terme posteriorment el control del soroll dels vehicles en circulació. Aquest valor figura en el full d'homologació.

Els vehicles amb tubs d'escapament defectuosos, inadequats o inexistents originen uns nivells de soroll elevat i molt molest. El procediment recomanable per mesurar l'excés de soroll dels vehicles a la via pública i comprovar l'estat del tub d'escapament és el de vehicle aturat. El mètode que a continuació es descriu està d'acord amb el que figura en les directives 81/334/CEE i 78/1015/CEE.

CONTROL A LA VIA PÚBLICA AMB VEHICLE ATURAT

Es pot tolerar que els nivells màxims de soroll emesos pels tubs d'escapament dels vehicles a la via pública siguin una mica més elevats que els que figuren en el full d'homologació, partint del fet que és admissible un lleuger augment de nivell sonor del vehicle en ús respecte al del vehicle nou homologat. En els controls a la via pública, tan sols és recomanable comprovar els vehicles que sobrepassen àmpliament els límits, pel mal estat del silenciador d'escapament d'origen o perquè aquest s'ha substituït per un altre silenciador inadequat.

La normativa de soroll ha de fixar el nivell a partir del qual el propietari del vehicle haurà de reparar el mal estat o mal ús del silenciador. Es descriu a continuació el procediment operatiu per a la mesura del nivell de soroll amb el vehicle aturat.

Entorn de mesura

La superfície del sòl ha de ser reflectora: asfalt, formigó, etc.; per tant, el mesurament pot fer-se a la via pública.

S'han d'evitar superfícies reflectores verticals (façanes, parets, tanques, etc.) a menys de 3 m dels extrems del vehicle.

El soroll ambiental del lloc de mesura ha de ser, com a mínim, de 10 dBA inferior al nivell sonor emès pel vehicle.

Equips

S'ha d'utilitzar un sonòmetre de tipus 1 o de tipus 2 que mesuri en dBA, amb temps d'integració *fast*, i tingui retenció de nivell màxim. S'ha de calibrar abans i després de cada mesurament, s'ha d'emprar

sempre pantalla antivent. Cal també disposar d'un tacòmetre digital per llegir les revolucions del motor.

És molt còmode i gairebé imprescindible fer servir un sonòmetre que permeti extreure el micròfon i, mitjançant un cable d'extensió, col·locar-lo i fixar-lo en un trípode, a l'alçària corresponent. Això permet que una mateixa persona pugui al mateix temps controlar el vehicle i el sonòmetre.

Emplaçament del micròfon

El micròfon s'ha de situar a l'altura del tub d'escapament i en cap cas a menys de 20 cm sobre el nivell del terra, a una distància de 50 cm del tub en un angle de $45^\circ \pm 10^\circ$.

Si hi ha dos tubs d'escapament separats més de 30 cm, s'ha de mesurar cada un per separat i el resultat ha de ser el de nivell més elevat.

Si les boques de l'escapament es troben entre si a menys de 30 cm, el micròfon s'ha d'orientar en direcció a la boca més propera a la part més exterior del vehicle o a la més alta sobre el nivell del sòl.

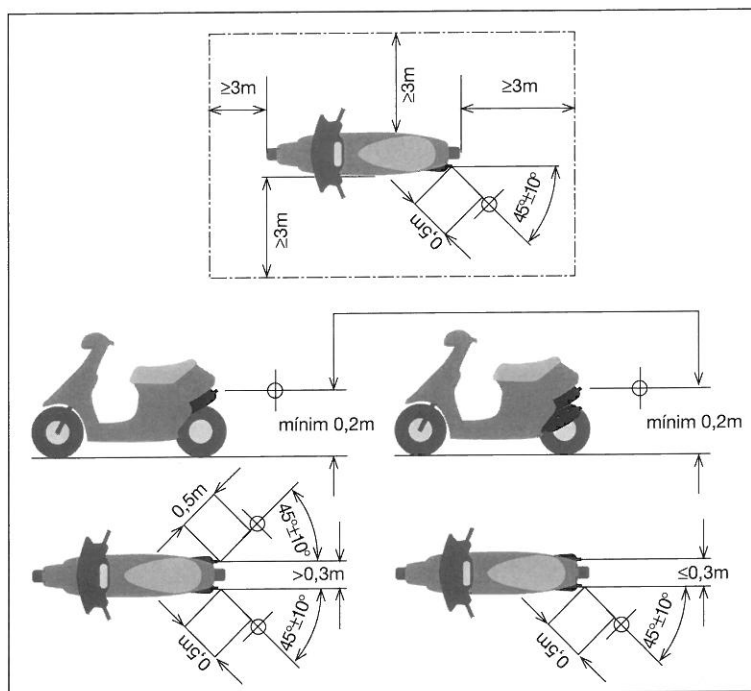


Fig. 4.7 Prova amb la moto aturada. Emplaçament del micròfon respecte dels tubs d'escapament. Directiva 78/1015/CEE.

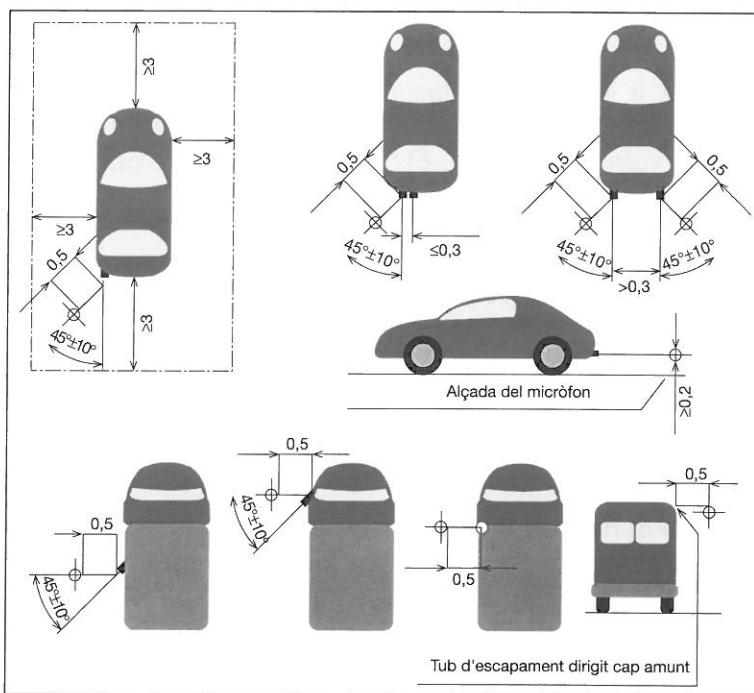


Fig. 4.8 Prova amb el cotxe aturat. Emplaçament del micròfon respecte dels tubs d'escapament. Directiva 81/334/CEE.

Condicions de funcionament

El comandament de la caixa de canvis del vehicle ha d'estar en punt mort.

El règim del motor s'ha d'estabilitzar en les motocicletes a la meitat de la màxima revolució per minut (rpm), si és superior a 5.000. Si és inferior o igual a 5.000 rpm, s'ha d'estabilitzar a 3/4 de la rpm màxima. Pel que fa als vehicles de més de dues rodes, el règim del motor s'ha d'estabilitzar a 3/4 de la rpm màxima. Aquest control s'ha de fer amb un tacòmetre digital, apropant l'instrument entre 3 cm a 20 cm de la bobina.

Tan bon punt s'arribi al règim estabilitzat, s'ha de portar ràpidament l'accelerador a la posició de ralenti. El nivell sonor s'ha de mesurar durant un període que va des que el funcionament del motor es manté en règim estabilitzat fins arribar al règim de ralenti, mitjançant la desacceleració. El resultat de la mesura que s'ha de considerar vàlid és el que correspongui a la indicació màxima del sonòmetre.

Resultat de la prova

S'ha de fer a terme dos mesuraments consecutius, les diferències dels quals no han de ser superiors a 2 dBA, i com a resultat final s'ha de prendre el valor més elevat. Els nivells mesurats s'han d'arrodonir al decibel més proper.

TUBS D'ESCAPAMENT HOMOLOGATS

Segons la Directiva 78/1015/CEE, els tubs d'escapament de motocicletes que puguin substituir els originals s'han de trobar degudament homologats i han de dur la marca de fàbrica i la d'homologació de la UE.

Les marques han de figurar en un rectangle no inferior a 8 mm, i amb la lletra «e» seguida d'una xifra segons el país membre que l'ha homologat (9 per a Espanya). La lletra i la xifra corresponents no han de tenir una mida inferior a 4 mm. Hi ha de figurar, també, un nombre d'iguals dimensions que correspon al de la fitxa d'homologació. Aquestes marques han de ser indelebles i clarament llegibles, una vegada muntat el dispositiu a la motocicleta.

La utilització de tubs d'escapament no apropiats i no homologats sol ser una de les principals causes d'excés de soroll de les motocicletes, especialment de les de menys de 50 cm³.

CAPÍTOL 5

5. MAPES DE SOROLL

5.1 MAPES PER A ESTUDIS D'IMPACTE AMBIENTAL

5.2 MAPES DE SOROLL URBÀ

5. MAPES DE SOROLL

Un mapa de soroll és l'expressió gràfica de la situació sonora d'un territori en un moment donat. Permet de conèixer els diferents graus de sensibilitat sonora i l'actualització de la seva informació esdevé un instrument de vigilància del soroll ambiental.

Els mapes es poden fer a partir de nivells de soroll mesurats sobre el terreny, o bé a partir de nivells de soroll obtinguts amb l'aplicació de càlculs teòrics basats en el coneixement de diferents variables. Moltes vegades es combinen totes dues tècniques a l'hora, en favor d'una utilitat més gran i d'una simplificació de presa de dades.

La seva representació pot fer-se de manera semblant a un mapa topogràfic on les corbes indiquen els nivells de soroll, o bé grafiar amb colors o símbols diferents el nivell de soroll dels carrers; també es pot optar per acotar els nivells de soroll en uns punts determinats.

Un mapa de soroll permet de copsar ràpidament la situació sonora del territori que abasta, presentar resultats de mesures de soroll i condensar molta informació en poc espai.

5.1 MAPES PER A ESTUDIS D'IMPACTE AMBIENTAL

Els estudis d'impacte ambiental d'autopistes, línies de ferrocarril, etc., sovint contenen mapes de soroll on els nivells sonors es representen mitjançant corbes isofòniques projectades sobre el mapa, semblantment a les corbes de nivell dels mapes topogràfics. Aquestes corbes uneixen punts que indiquen el mateix nivell de soroll L_{Aeq} , en general en intervals múltiples de 5 dBA.

Una de les maneres de realitzar aquest tipus de mapes consisteix a traçar sobre un mapa una retícula a la zona d'interès i fer mesuraments o càlculs de L_{Aeq} a cadascun dels encreuaments de la retícula i, seguidament, traçar les corbes o les línies que uneixen punts amb el mateix nivell de soroll.

Mitjançant el mapa de soroll es pot determinar, per exemple, el nombre d'habitatges afectats en cada interval de nivell de soroll, sota hipòtesis diferents de traçat d'autopista, d'interposició de pantalles acústiques o d'orientació de les pistes de l'aeroport o dels procediments tècnics diferents d'enlairar-se els avions combinant els angles i la potència de motor.

5.2 MAPES DE SOROLL URBÀ

El soroll urbà és el resultat de fonts sonores múltiples, la principal de les quals és el trànsit de vehicles. Altres fonts són les indústries, els equipaments col·lectius, les obres, els ferrocarrils, els avions, etc.

Mesurar aquestes fonts per reflectir-les en un mapa únic, indicant la font de soroll, és pràcticament impossible, principalment, perquè el soroll de trànsit és omnipresent i ho emmascara gairebé tot.

L'experiència mostra que és més pràctic destriar la font de soroll a estudiar, obtenir els nivells de soroll, grafiar-los en el mapa i avaluar la font respecte de la seva àrea d'influència més propera.

Els mapes més generalitzats de soroll urbà són els de soroll de trànsit en què es tracta d'avaluar el nivell de soroll del trànsit que circula per la xarxa urbana.

De vegades s'utilitzen tècniques per avaluar la importància relativa de cada tipus de font de soroll en l'ambient urbà consistents a establir una retícula de lletres i números sobre el plànol de la població, mesurar a l'atzar un nombre predeterminat de punts i fer mesuraments de soroll com més a prop millor dels encreuaments de la retícula, per exemple, B-19, H-34, etc., indicant el tipus de font de soroll dominant. La informació extreta, tot i essent valuosa, exigeix un gran dispendi de temps i complica la claredat de la lectura i la posada al dia.

MAPES DE SOROLL DE TRÀNSIT

Els mapes de soroll de trànsit, a més a més d'assenyalar els nivells de soroll en diferents carrers de la població, han de permetre preveure com varia aquest nivell sota hipòtesis determinades de modificació del flux de vehicles.

Per tant, es recomana que els mapes de soroll de trànsit sempre es confegeixin de manera que recullin alhora dades de mesuraments de nivell de soroll equivalent i dades del nombre de vehicles lleugers i vehicles pesants en circulació. El nombre de punts per carrer en què es recullen aquestes dades ha de ser suficientment representatiu de la totalitat de la via.

En general, les successives fases del desenvolupament i de les aplicacions dels mapes de soroll de trànsit comprenen una preparació prèvia, el mesurament, i el compte de vehicles, la representació en el

mapa, unes conclusions i recomanacions que deriven de l'anàlisi i el manteniment o el seguiment de la seva evolució.

PREPARACIÓ

Per elaborar un mapa de soroll, cal disposar de cartografia de la població. Són recomanables l'escala 1:2.000 per a poblacions petites i l'escala 1:5.000 o 1:10.000 per a poblacions més grans. Els resultats, si convé, es podran donar a escales més petites.

En general no cal fer l'estudi de tots els carrers, ja que els que presenten problemes de soroll són els de trànsit més elevat. Si es decideix incloure en l'estudi tot tipus de carrers, es poden classificar en quatre grups i marcar-los, en un dels plànols de treball, amb un color diferent.

1. Xarxa bàsica d'accés.
2. Xarxa servida per l'autobús, no inclosa en l'apartat anterior, més altres carrers de trànsit important.
3. Carrers de poc trànsit.
4. Carrers de vianants.

Als carrers amb molt poc trànsit, on el flux de vehicles fluctua, la durada dels mesuraments ha de ser més llarga per obtenir els resultats que en siguin representatius. Són els carrers pels quals circulen menys de 50 vehicles lleugers/h i menys de 5 vehicles pesants/h. Aquests límits corresponen, per a un carrer de 10 m d'amplada, a uns nivells de soroll per sota de L_{Aeq} 65; com que el que es pretén principalment en un mapa de soroll és, precisament, posar en evidència els carrers amb nivells elevats, en general superiors a L_{Aeq} 65, alguns mapes de soroll es limiten a mesurar els dos tipus primers de carrers.

La incorporació de carrers de vianants al mapa de soroll principalment té un caràcter demostratiu del soroll ambiental amb absència de trànsit o amb trànsit llunyà. En general, en carrers de vianants els nivells diürns oscil·len entre L_{Aeq} 55 i 65. En carrers estrets, molt comercials i amb elevada afluència de públic, pot arribar-se fàcilment durant el dia, en hores punta, a nivells de L_{Aeq} 70, a causa del soroll de veus, de tacons i de música ambiental.

S'han de marcar també en un dels plànols de treball els punts en què es mesuren i es compten els vehicles. Es pot fixar un punt cada 200 m en poblacions mitjanes i grans. Cal incorporar punts o afegir-ne, abans i després de les cruïlles, en què ja se sap que hi ha una derivació important del trànsit.

DETERMINACIÓ DELS NIVELLS DE SOROLL

Abans de fer els mesuraments i els comptes de vehicles als punts prefixats, és convenient de prendre mesures, en diferents carrers, de cada un dels quatre carrers tipus que l'estudi compregui, del nivell de soroll equivalent cada hora, $L_{Aeq,1h}$, durant 24 h seguides. Això permetrà d'analitzar, sobre la base dels resultats, en quins intervals horaris els nivells equivalents són suficientment estables per fer mesures de durada curta que siguin prou representatives. És recomanable que el temps de mesurament sigui de 20 min, en carrers dels tipus 1 i 2 i de 30 min en els de tipus 3 i 4.

L'altra manera de determinar els nivells de soroll per a l'elaboració del mapa és comptant vehicles i aplicant la metodologia de predicció del nivell de soroll en carrers (vegeu l'apartat Predicció de nivells de soroll en carrers en forma d'U).

Amb les dades recollides, si es distingeix el flux de vehicles lleugers i el de vehicles pesants, i d'acord amb la metodologia esmentada en el capítol 4.2, pot confeccionar-se un mapa que mostri la importància dels vehicles pesants en el soroll urbà.

És a dir, pot establir-se un mapa en què es representin nivells de soroll L_{Aeq} produïts solament pels vehicles pesants, i un en què es representin els produïts pels vehicles lleugers. La comparació dels dos mapes permet veure, per la diferència de colors, la influència dels vehicles lleugers i dels pesants.

En aquest cas, és millor fer els intervals de color de 3 dBA en lloc dels 5 dBA.

REPRESENTACIÓ DELS RESULTATS

Els resultats dels mesuraments o càlculs del L_{Aeq} es poden agrupar de 5 en 5 dBA i els carrers es poden representar al plànol amb el codi de colors o de tramats corresponent. Si els colors no s'han escalat bé, de vegades la lectura se'n veu perjudicada. Es proposa una gamma de colors amb bon contrast i de lectura fàcil.

Nivells de soroll, dBA	Gamma de colors
55 a 60	Verd clar
60 a 65	Groc
65 a 70	Taronja
70 a 75	Vermell
75 a 80	Blau mitjà
80 a 85	Negre

Codi per a mapes de soroll

Nivells	Colors	Tramats
< 35	Verd	Punts petits, densitat baixa
35 a 40	Verd	Punts mitjans, densitat mitjana
40 a 45	Verd fosc	Punt grossos, gran densitat
45 a 50	Groc	Línies verticals, densitat baixa
50 a 55	Ocre	Línies verticals, densitat mitjana
55 a 60	Taronja	Línies verticals, gran densitat
60 a 65	Vermelló	Ratlles encreuades, densitat baixa
65 a 70	Carmí	Ratlles encreuades, densitat mitjana
70 a 75	Lila	Ratlles encreuades, gran densitat
75 a 80	Blau	Bandes amples verticals
80 a 85	Blau fosc	Completament negre

Colors i símbols per a mapes de soroll, segons ISO 1996/2, en grups de 5 en 5 dBA

Les indicacions en blanc i negre són molt manejables i fàcils de mantenir i editar. Es poden adoptar símbols i trames diferents per assenyalar-hi, les zones acústiques diferents, els valors en dBA, els pendents i els punts de mesurament, que faciliten molta informació.

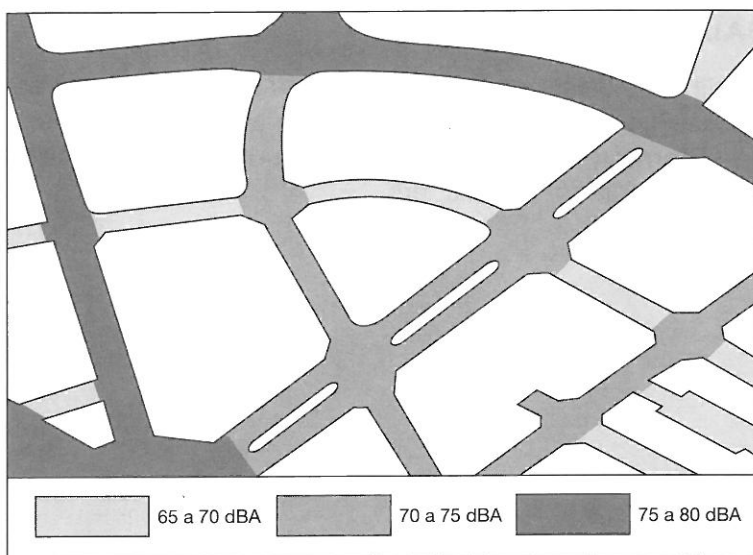


FIG. 5.1 Mapa de soroll

CONCLUSIONS

Al final de l'estudi dels mapes de sorolls han de figurar conclusions i recomanacions diverses que resumeixin la situació i proposin actuacions posteriors com, per exemple,

- Fer una anàlisi detallada de punts o carrers amb nivells de soroll elevats (L_{Aeq} 70 - L_{Aeq} 75 o superiors).
- Estudiar limitacions o desviacions del trànsit possibles.
- Preveure l'obligació d'aïllaments de finestres, superiors al mínim que la normativa exigeix, als habitatges de nova edificació o remodelació, segons el nivell de soroll del carrer.
- Fer estudis complementaris de la circulació d'autobusos, en determinats carrers o en carrers amb molt de pendent.

ACTUALITZACIÓ

L'actualització dels mapes de soroll de trànsit és un dels instruments de vigilància del soroll ambiental. Aquesta acció s'ha de dur a terme quan en el territori es produeixin: canvis urbanístics, mobilitat viària, accions de sanejament acústic, etc.

CAPÍTOL 6

6. GESTIÓ AMBIENTAL DEL SOROLL

6.1 ACCIÓ PÚBLICA SOBRE EL SOROLL

6.2 LA SENSIBILITZACIÓ

**6.3 ACTUACIONS SINGULARS DE
PREVENCIÓ I CONTROL**

6. GESTIÓ AMBIENTAL DEL SOROLL

El soroll ha de considerar-se en l'origen o l'inici de qualsevol actuació, és a dir, en un sentit ampli, la gestió ambiental del soroll ha de tenir com a finalitat que l'activitat antròpica en el territori no generi nivells de soroll que molestin o incomodin l'home o els ecosistemes naturals.

Aquesta finalitat s'assoleix en la mesura que s'apliquen en el territori criteris de prevenció, de control i de sanejament o reducció.

D'acord amb aquests criteris, les principals accions que permeten assolir una gestió ambiental eficaç del soroll són:

- L'establiment d'un marc legal.
- La planificació, entenent com a tal l'opció del futur que es vol per un territori determinat, tenint en compte tots els agents socials i les exigències més remarcables del medi. Això implica adoptar estratègies coherents i coordinar les actuacions que es realitzin en el territori.
- La promoció d'iniciatives que impliquin els diversos agents socials: campanyes de sensibilització, gestió del trànsit, sanejament, etc.
- La dotació econòmica de les actuacions proposades.

Entesa així, la gestió ambiental del soroll és una tasca complexa que s'integra en la gestió global del territori i que considera l'entorn com a element que té uns requeriments que cal compatibilitzar amb les actuacions de l'home.

Això suposa tenir en compte les característiques pròpies del medi com un dels elements que ha d'intervenir des de la primera decisió en la implantació de noves activitats antròpiques.

La gestió ambiental del soroll integrada en la planificació permet compatibilitzar el desenvolupament de les activitats humanes en el medi. Això és possible si en les primeres decisions de l'actuació de l'home es té en compte el medi i les seves interaccions de forma suficient, és a dir, si es consideren:

- les característiques del medi i els seus requeriments, per tenir-los presents a l'hora de decidir el grau d'intervenció que hi pot tenir l'home;

- l'establiment d'objectius ambientalment compatibles i la selecció de l'alternativa que més minimitzi el possible impacte de l'actuació proposada;

- la determinació dels instruments de gestió que siguin compatibles tant amb els requeriments del medi com de les activitats antròpiques;

- l'assignació econòmica que inclogui en el projecte els costos definits de les despeses previstes per adoptar les mesures correctores, protectores i de control;

- la realització i execució del projecte d'acord amb els objectius anteriorment fixats;

- el control ambiental de les actuacions realitzades i l'adopció de mesures correctores durant la construcció i/o el funcionament de l'activitat.

6.1 ACCIÓ PÚBLICA SOBRE EL SOROLL

La reglamentació

El marc legal és l'instrument en què es fonamenta una gestió del soroll correcta.

Actualment, dins del marc legal espanyol, la protecció contra el soroll es troba recollida en disposicions de caràcter general, en què el soroll no sempre és esmentat explícitament.

Disposicions específiques com les directives de la UE fixen límits d'emissió per a determinades fonts, però no existeix una legislació que estableixi els nivells d'immissió sigui quina sigui la font que els origini.

En l'annex 1 es presenta un recull de directives de la UE i altres disposicions d'interès.

Els instruments legals actuals reguladors que permeten actuar sobre les activitats perquè no generin molèsties de soroll als seus habitants són els següents:

- les ordenances municipals de protecció contra el soroll,
- l'adopció d'objectius de qualitat sonora en les diverses figures del planejament,
- la normativa sectorial connexa (normes bàsiques de l'edificació, el reglament d'activitats classificades, normativa sobre avaluació d'impacte ambiental, etc.)

LES ORDENANCES MUNICIPALS DE SOROLL

Per vetllar per la qualitat sonora a nivell municipal les ordenances són l'instrument adequat ja que permeten regular de manera ajustada la realitat del territori.

A manera orientativa es presenta un esquema de continguts mínims d'una ordenança municipal de soroll.

Capítol I. Disposicions generals

Capítol II. Objectius i normes de qualitat

- 1 Objectius
- 2 Definicions
- 3 Determinació dels nivells d'avaluació
- 4 Zones de sensibilitat acústica
- 5 Valors límits d'immissió
- 6 Valors límits d'emissió

Capítol III. Sistemes d'actuació

- 1 Acció de vigilància i prevenció
- 2 Sanejament
- 3 Inspecció i control
- 4 Infraccions i sancions

Capítol IV. Accions singulars

- 1 Vehicles a motor
- 2 Edificació
- 3 Treballs en la via pública i en l'edificació
- 4 Veïnatge
- 5 Activitats comercials i de serveis
- 6 Activitats d'oci, d'espectacle i recreatives

- 6.1 En locals tancats
- 6.2 En locals a l'aire lliure
- 6.3 Esporàdiques
- 7 Manifestacions de vianants
- 8 Sistemes d'avís acústics

Disposició transitòria

Disposició final

Annexos: Definicions i metodologia

LA PLANIFICACIÓ D'USOS DEL SÒL

La primera aplicació de l'ordenança municipal sobre soroll es duu a terme en la planificació d'usos del sòl. Els instruments bàsics són el Pla general municipal o les normes complementàries i subsidiàries del planejament, ja que constitueixen l'ordenació del desenvolupament urbanístic del territori.

El Pla general municipal classifica i zonifica el territori d'acord amb els usos a què es destina el sòl (sectors: industrial, residencial, comercial, mixt, agrícola, forestal...). Estableix igualment l'emplaçament de les infraestructures i els equipaments generals com són: la xarxa viària, els parcs públics i les zones verdes, l'equipament esportiu, sanitari, religiós, d'ensenyament, cultural, mercat, i d'altres serveis públics. I conté, finalment, determinacions referents a les condicions constructives i d'activitats com també la normativa de gestió, de prevenció, de vigilància i de control de l'execució del planejament.

Aquestes determinacions, que es concreten i complementen a través dels plans parcials i altres figures del planejament, predeterminen l'afecció que el soroll tindrà sobre els diferents sectors del planejament i, consegüentment, sobre el veïnatge.

Per això, l'ordenació urbanística és l'eina idònia per establir els nivells de qualitat sonora en els diferents sectors del territori, d'acord amb la sensibilitat acústica que exigeixen i les fonts d'emissió sonora que s'hi han d'instal·lar.

L'activitat humana, segons el tipus d'ocupació del sòl, genera més o menys nivell de soroll. Algunes de les funcions bàsiques de l'home com habitar, treballar, esbargir-se o circular generen un cert tipus de soroll;

en general, aquest soroll és més elevat en les accions de treballar i circular que no pas en esbargir-se o habitar.

Si tenim en compte que com més soroll es permet generar en un espai determinat més soroll s'ha de suportar en aquest espai, pot establir-se la relació entre el tipus d'activitat, el soroll generat i el soroll suportat.

D'acord amb els usos reals d'ocupació del sòl, i amb els admesos per la planificació, pot establir-se una relació de doble sentit: d'una banda, el tipus d'activitat o ús del sòl determina uns nivells de soroll i, d'altra, un determinat grau de sensibilitat és incompatible amb l'exercici de determinades activitats.

Per tant, l'entorn i les activitats existents determinen el grau de sensibilitat que el planejament urbanístic ha de tenir present en definir l'ús del sòl.

El territori presenta bàsicament quatre tipus de zones sensibles al soroll:

- Zona I. Àrees que mereixen una protecció especial
 - Zones d'interès natural
 - Zones sanitàries
 - Zones docents
- Zona II. Àrees amb predomini d'habitatges
 - Zones d'habitatge
 - Zones esportives
- Zona III. Àrees on poden coexistir activitats mitjanament molestes amb habitatges, com també àrees agrícoles
 - Zones d'habitatge
 - Zones d'oficines o centres públics
 - Zones comercials
 - Zones rurals
- Zona IV. Àrees amb predomini d'activitats sorolloses
 - Zones industrials
 - Zones de lleure sorolloses
 - Magatzems
 - Estacions de transports de viatgers

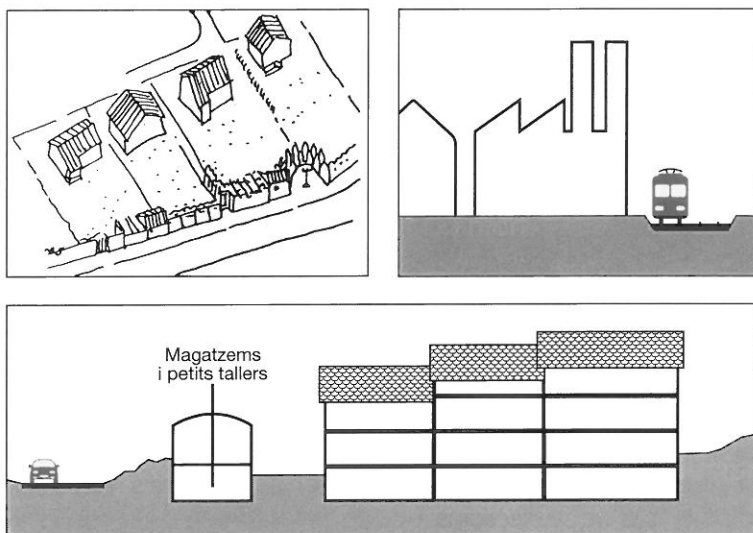
A cada zona de sensibilitat acústica li han de correspondre uns nivells màxims de soroll admissibles, de tal manera que la zona més sensible al soroll és la I i la menys sensible és la IV.

D'acord amb aquesta zonificació, perquè un sòl sigui apte per a un cert ús, el nivell de soroll del seu entorn no ha d'excedir del nivell màxim admissible que es fixi per a la seva zona.

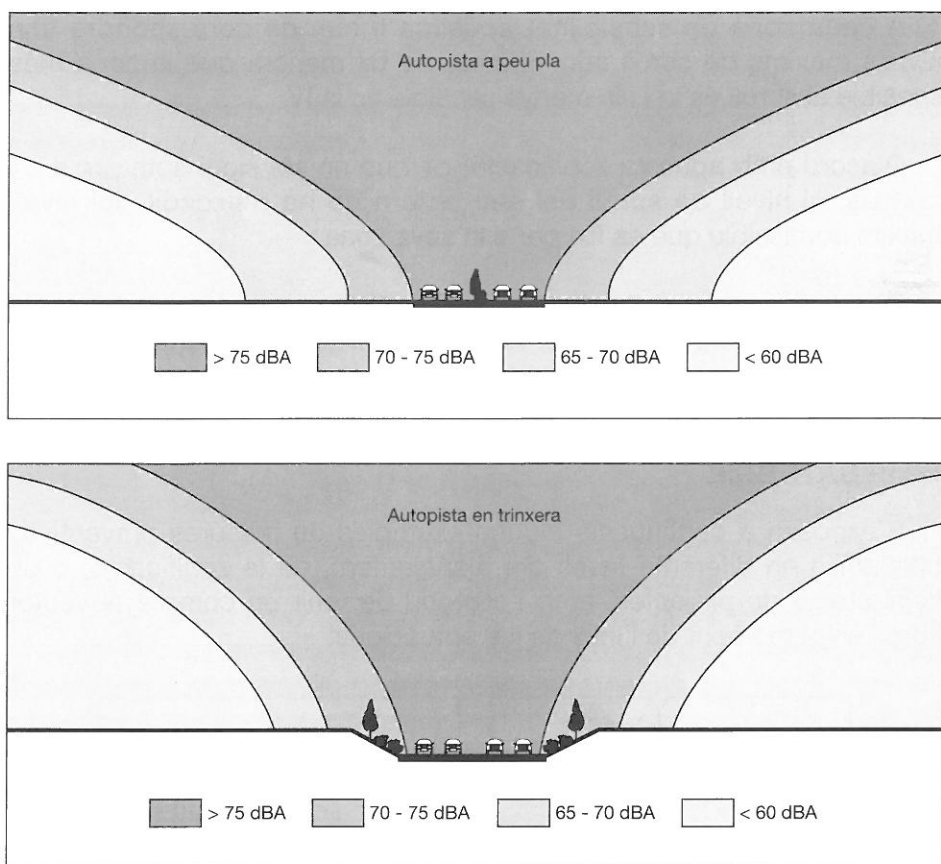
D'aquesta manera, l'ordenació del territori pot esdevenir l'element vertebrador i capaç de modelar la qualitat del soroll ambiental.

MESURES PREVENTIVES EN LA ZONIFICACIÓ I L'URBANISME

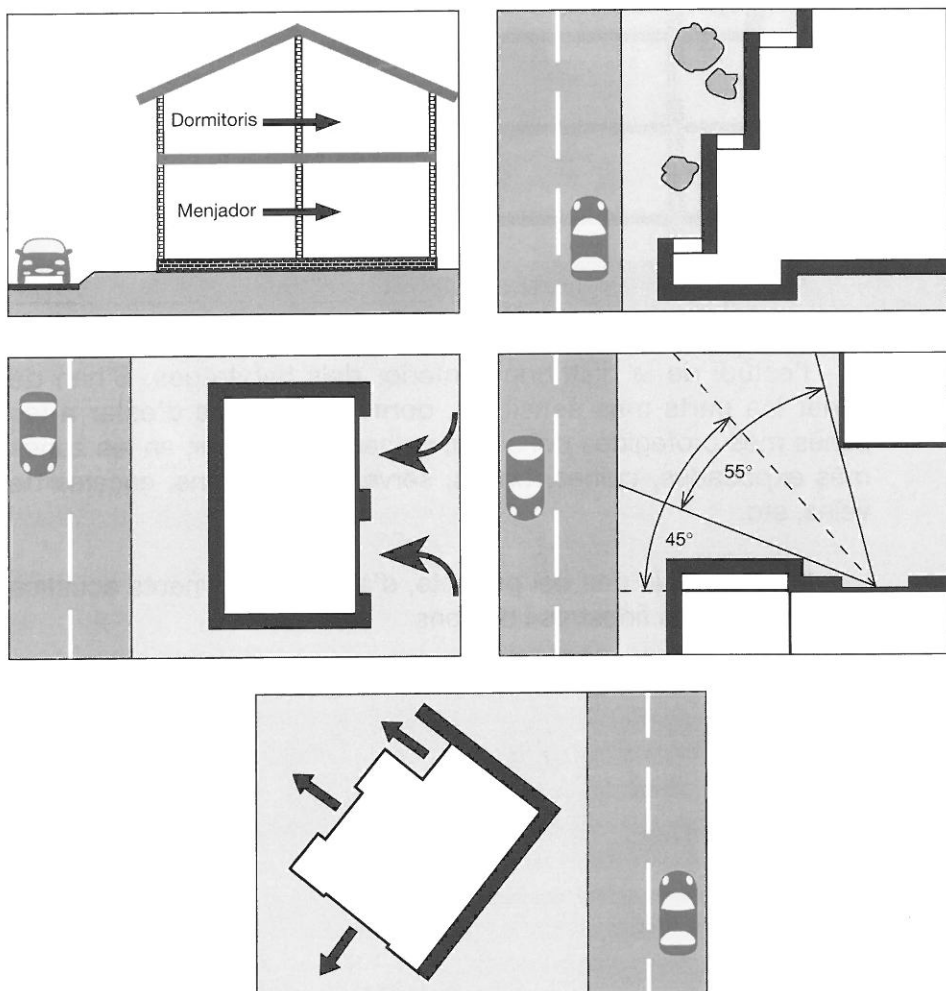
S'exposen a continuació alguns exemples de mesures preventives aplicables en diferents fases del planejament, de la zonificació, o de l'elaboració de projectes, amb l'objectiu de tenir en compte el vector soroll en el moment de l'inici de les actuacions:



- Reservar els espais de terreny situats als costats de les fonts de soroll, siguin infraestructures, zones industrials... com a zones esmorteïdores o protectores, és a dir, no permetre edificar habitatges en aquests espais, i reservar-los per a activitats menys sensibles al soroll com poden ser: magatzems, zones esportives, indústria poc sorollosa, espais verds, petits tallers, etc. amb l'objecte de situar a primera línia de la font sonora edificacions que facin de barrera al soroll i situar a segona línia les zones destinades a habitatges.

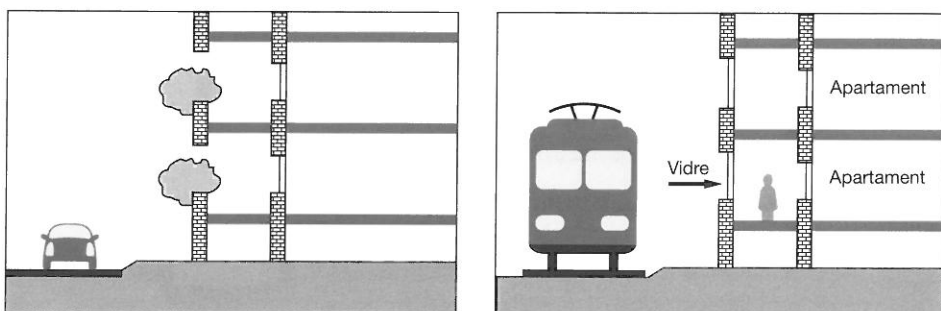


- Adoptar en el moment del projecte, en el cas d'infraestructures lineals com carreteres, perfils longitudinals i transversals que no afavoreixin la propagació del soroll vers els receptors. Solucions d'aquests tipus poden fer disminuir el grau d'afectació dels terrenys de l'entorn de manera considerable.



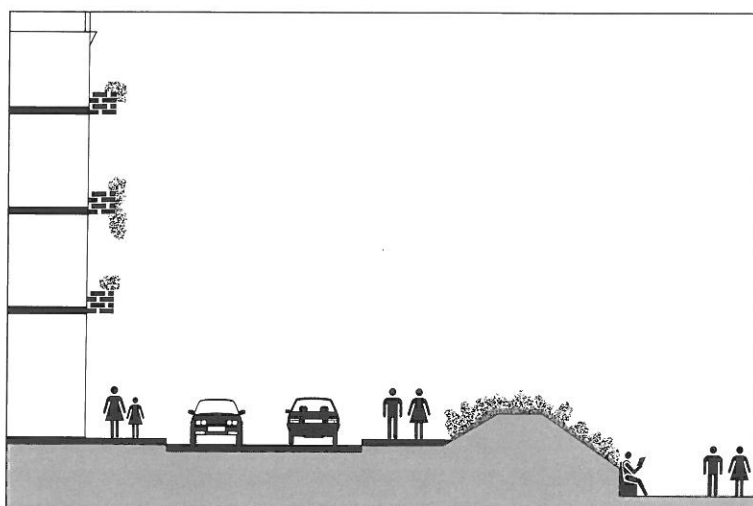
- Propiciar, en les noves edificacions d'habitatges situades en les proximitats d'infraestructures lineals:

- dissenys o formes arquitectòniques que ajudin a protegir els habitatges del soroll: o façanes en forma de dents de serra, encaraments oposats a la infraestructura, etc.



- l'estudi de la distribució interior dels habitatges. S'han de situar les parts més sensibles, dormitoris i sales d'estar a les zones més protegides del soroll, i s'han d'emplaçar, en les zones més exposades, cuines, banys, serveis comunitaris, escales de veïns, etc.

- l'obligació, ja des del projecte, d'adoptar aïllaments acústics més exigents en finestres i balcons.



- Considerar en els projectes d'espais públics, com ara places i jardins, el soroll del trànsit de l'entorn dissenyant petits talusos, parets... amb la finalitat d'aconseguir zones tranquil·les.

6.2 LA SENSIBILITZACIÓ

El soroll ha esdevingut un dels problemes importants que, en major o menor grau, afecten la societat actual. El tipus de vida de la població actual (mobilitat freqüent, augment del trànsit, etc.) fa que aquest contaminant s'estengui a un ritme considerable i que la Llei no pugui recollir moltes vegades tot el problema que se'n genera.

Sensibilitzar i informar la societat sobre aquest problema permet combatre les molèsties possibles que el soroll pot generar.

Les campanyes de sensibilització adreçades als diferents sectors socials dutes a terme periòdicament són un dels mitjans més idonis. Aquestes campanyes es desenvolupen entorn d'un lema que, pel que fa al tema del soroll, ha de recollir el principi que qualsevol individu té, d'una banda, el dret de gaudir de silenci en el seu territori i, d'altra banda, l'obligació de respectar-lo en el territori de la resta d'individus. El fet de compartir un espai amb altres éssers no exclou que pugui gaudir d'aquest dret.

A la nostra societat, però, promoure aquest principi, aconseguir que arribi a tots els sectors socials i el respectin resulta difícil atès que avui dia la nostra cultura tendeix a manifestar les sensacions d'alegria, d'esbargiment i de diversió per mitjà del soroll.

Un dels àmbits, a què és més fàcil accedir, és l'escolar. Des d'espais escolars i de lleure es poden generar explicacions tècniques i de reflexió que permetin des de fer valorar el sentit que té posar límits als sorolls fins a generar experiències agraiades i convinents. No cal oblidar que la ubicació dels centres escolars constitueix un dels factors clau per assolir aquests objectius: tant la situació de les escoles com el condicionament acústic de les seves aules són fonamentals: una escola situada en un ambient sorollós o amb condicions acústiques inadequades comporta problemes d'intel·ligibilitat i de comunicació tant entre els alumnes com entre alumnes i mestres.

També el ciutadà adult hauria de ser format en aquests temes perquè les disposicions legals es complissin no per por a les sancions sinó per convenciment de la necessitat d'actuar d'una manera més beneficiosa per a tothom. En aquest sentit, són útils les campanyes informatives adreçades als conductors de tota mena de vehicles (cotxes, motos, autobusos, camions...): conduir de manera adequada, emprar el clàxon només en els moments escaients, etc. són alguns dels objectius que es pretén aconseguir amb aquest tipus d'actuacions.

6.3 ACTUACIONS SINGULARS DE PREVENCIÓ I CONTROL

LES AVALUACIONS D'IMPACTE AMBIENTAL

Les avaluacions d'impacte ambiental determinen, respecte als efectes ambientals, la conveniència o no de realitzar l'activitat projectada i, en cas afirmatiu, fixen les condicions que han d'establir-se en ordre a l'adequada protecció del medi ambient i els recursos naturals.

En aquest sentit poden establir, en absència de legislació, criteris tècnics que fixin valors guia, objectius a assolir o límits de nivell, com és el cas del soroll en les infraestructures lineals.

LES LLICÈNCIES D'ACTIVITATS

El Reglament de 30 de novembre de 1961, d'activitats molestes, insalubres, nocives i perilloses és l'instrument específic que tenen els ens locals al seu abast per intervenir l'exercici de les activitats potencialment perniciosos per a l'entorn.

Aquest instrument normatiu permet una intervenció administrativa de caire integral en comportar:

- una acció preventiva: sotmetre la instal·lació d'activitats classificades a l'obtenció prèvia d'una llicència d'acord amb el projecte tècnic que s'adjunta a la sol·licitud i que és objecte d'avaluació tècnica;
- una acció de control i inspecció;
- una acció de sanció.

Així doncs, la llicència d'activitats s'ha de configurar com una de les eines més radicals per regular el funcionament de les activitats potencialment molestes per soroll i vibracions.

Amb independència de la valoració i l'avaluació tècnica de les mesures correctores previstes en el projecte de l'activitat, en la llicència poden assenyalar-se mesures addicionals tendents a eliminar-ne i corregir-ne l'impacte acústic. Això permet que abans de l'inici d'aquesta activitat es pugui comprovar l'adopció i l'eficàcia correctes d'aquestes mesures.

LA VIGILÀNCIA I EL CONTROL

L'adequada gestió del soroll comporta una tasca de vigilància i control d'aquest vector ambiental en l'espai i en el temps .

Les accions de vigilància han de tenir per objectiu vetllar pel compliment dels límits d'immissió fixats en l'ordenança municipal i seguir, en el temps, l'evolució sonora de les diferents zones de sensibilitat acústica mitjançant: l'elaboració o l'actualització de mapes de soroll; els mesuraments; l'estimació de nous escenaris acústics a causa de modificacions urbanístiques, d'implantació de noves activitats, de canvis de mobilitat viària, etc.

El control comprèn totes aquelles actuacions que permeten identificar les fonts puntuals, avaluar-les, i proposar, si cal, les mesures correctores que han de permetre assolir els objectius de qualitat fixats.

EL SANEJAMENT ACÚSTIC

Si la vigilància i el control del soroll ha posat de manifest que s'incompleixen els límits d'immissió fixats, caldrà dur a terme accions de sanejament per millorar aquells entorns o situacions on s'estan generant nivells de soroll molestos.

Abans d'empendre qualsevol mesura de sanejament és imprescindible un bon coneixement de l'estat inicial, o nivells sonors, per realitzar una valoració que permeti adoptar les mesures correctores de màxima eficiència.

És fonamental tenir present que nivells molestos similars, depenent de què els origina o bé del lloc on es donen, poden comportar mesures de sanejament diferents.

De la mateixa manera, determinats objectius de qualitat no són sempre assolibles amb la mateixa eficàcia i, per tant, en adoptar mesures correctores se n'ha de prioritzar la màxima eficiència.

Per a cada actuació s'haurà de partir d'un treball de base com ara: els mesuraments, les enquestes a la població per conèixer el grau de molèstia que s'hi produeix, la valoració de la quantitat de persones afectades etc., per poder definir les accions més adequades i possibles.

Aquestes accions, entre d'altres, poden ser:

- la instal·lació d'apantallaments;
- la col·locació de ferm drenant en carreteres;
- la gestió del trànsit amb la finalitat d'afavorir la reducció de soroll: establir limitació d'horaris per a vehicles pesants, limitació de la velocitat;
- la restricció de l'atorgament de llicències en zones determinades per a certes activitats com ara: bars, pubs...
- la millora de l'aïllament acústic d'habitatges amb façanes exposades al soroll.

El desenvolupament de la gestió ambiental del soroll proposada en aquest manual permetrà aprofundir la millora de totes les accions que comportin assolir amb eficàcia nivells sonors compatibles amb l'activitat de l'home.

ANNEX 1: LEGISLACIÓ

REGULACIÓ COMUNITÀRIA I LA SEVA ADAPTACIÓ AL DRET ESPANYOL

VEHICLES A MOTOR

Directiva 70/157/CEE, de 6 de febrer de 1970, relativa al nivell sonor admissible i al dispositiu d'escapament dels vehicles a motor (DOCE L 42/16, de 23 de febrer de 1970).

- Adaptada pel Reial Decret 2028/1986, de 6 de juny de 1986 (BOE 236, de 2 d'octubre de 1986).

Aquesta directiva ha estat modificada per les següents:

Directiva 73/350/CEE, de 7 de novembre de 1973 (DOCE L 321/33, de 22 de novembre de 1973).

Directiva 77/212/CEE, de 8 de març de 1977 (DOCE L 66/33, de 12 de març de 1977).

- Adaptada pel Reial Decret 2028/1986, de 6 de juny de 1986 (BOE 236 de 2 d'octubre de 1986).

Directiva 81/334/CEE, de 13 d'abril de 1981 (DOCE L 131/6, de 18 de maig de 1981).

- Adaptada pel Reial Decret 2028/1986, de 6 de juny de 1986 (BOE 236, de 2 d'octubre de 1986).

Directiva 84/372/CEE, de 3 de juliol de 1984 (DOCE L 196/47, de 26 de juliol de 1984).

- Adaptada pel Reial Decret 2028/1986, de 6 de juny de 1986 (BOE 236, de 2 d'octubre de 1986).

Directiva 84/424/CEE, de 3 de setembre de 1984 (DOCE L 238/31, de 6 de setembre de 1984).

- Adaptada pel Reial Decret 2028/1986, de 6 de juny de 1986 (BOE 236, de 2 d'octubre de 1986).

Directiva 89/491/CEE, de 17 de juliol de 1989 (DOCE L 238/43, de 15 d'agost de 1989).

Directiva 92/97/CEE, de 10 de novembre de 1992 (DOCE L 371/1, de 19 de desembre de 1992).

Directiva 77/311/CEE, de 29 de març de 1977, relativa a l'aproximació de les legislacions dels estats membres sobre el nivell sonor a les oïdes dels conductors de tractors agrícoles o forestals amb rodes (DOCE L 10571, de 28 d'abril de 1977).

- Adaptada pel Reial Decret 2028/1986, de 6 de juny de 1986 (BOE 236, de 2 d'octubre de 1986).

MOTOCICLETES

Directiva 78/1015/CEE, de 23 de novembre de 1978, relativa a l'aproximació de les legislacions dels estats membres sobre el nivell sonor admissible i el dispositiu d'escapament de les motocicletes (DOCE L 349/21, de 13 de desembre de 1978).

- Adaptada pel Reial Decret 2028/1986, de 6 de juny de 1986 (BOE 236, de 2 d'octubre de 1986).

Aquesta directiva ha estat modificada per les següents:

Directiva 87/56, de 18 de desembre de 1986 (DOCE L 24/42, de 27 de gener de 1987).

Directiva 89/235/CEE, de 13 de març de 1989 (DOCE L 98/1, de 11 d'abril de 1989).

MAQUINÀRIA I EQUIPS D'OBRES

Directiva 89/392/CEE, de 14 de juny de 1989, relativa a l'aproximació de les legislacions dels estats membres sobre màquines (DOCE L 183/9, de 29 de juny de 1989).

Aquesta directiva ha estat modificada per les següents:

Directiva 91/368/CEE, de 20 de juny de 1991 (DOCE L 198/16, de 22 de juliol de 1991).

Directiva 93/44/CEE, de 14 de juny de 1993 (DOCE L 175/12, de 19 de juliol de 1993).

Directiva 84/538/CEE, de 17 de setembre de 1984, relativa a l'aproximació de les legislacions dels estats membres pel que fa al nivell de potència acústica admissible dels tallagespa (DOCE L 300/171, de 19 de novembre de 1984).

- Adaptada pel Reial Decret 245/1989, de 27 de febrer de 1989 (BOE 60, d'11 de març de 1989).

Aquesta directiva ha estat modificada per les següents:

Directiva 87/252/CEE, de 7 d'abril de 1987 (DOCE L 117/22, de 5 de maig de 1987).

- Adaptada pel Reial Decret 245/1989, de 27 de febrer de 1989 (BOE 60, d'11 de març de 1989).
- Rectificació de la Directiva 87/252/CEE, de la Comissió de 7 d'abril de 1987, per la qual s'adapta al progrés tècnic la Directiva del Consell 84/538/CEE, relativa a l'aproximació de les legislacions dels estats membres sobre el nivell de potència acústica admissible dels tallagespa.

Directiva 88/180, de 22 de març de 1988 (DOCE L 81/69, de 26 de març de 1988).

- Adaptada per l'Ordre de 18 de juliol de 1991, per la qual es modifica l'annex I del Reial Decret 245/1989, de 27 de febrer de 1989, sobre la determinació i les limitacions de la potència acústica admissible de determinat material i maquinària d'obra (BOE 178, de 26 de juliol de 1991).

Directiva 88/181, de 22 de març de 1988 (DOCE L 81/71, de 26 de març de 1988).

- Adaptada pel Reial Decret 245/1989, de 27 de febrer de 1989 (BOE 60, d'11 de març de 1989).

Directiva 86/594/CEE, d'1 de desembre de 1986, relativa al soroll aeri emès pels aparells domèstics (DOCE L 344/24, de 6 de desembre de 1986).

- Adaptada pel Reial Decret 213/1992, de 6 de març de 1992 (BOE 64, de 14 de març de 1992).

Directiva 79/113/CEE, de 19 de desembre de 1978, relativa a l'aproximació de les legislacions dels estats membres, pel que fa a la determinació de l'emissió sonora de les màquines i els materials emprats a les obres de construcció (DOCE L 33/15, de 8 de febrer de 1979).

- Adaptada pel Reial Decret 245/1989, de 27 de febrer de 1989 (BOE 60, d'11 de març de 1989).

Aquesta directiva ha estat modificada per les següents:

Directiva 81/1051/CEE, de 7 de desembre de 1981 (DOCE L 376/49, de 30 de desembre de 1981).

- Adaptada pel Reial Decret 245/1989, de 27 de febrer de 1989 (BOE 60, d'11 de març de 1989).

Directiva 84/532/CEE, de 17 de setembre de 1984 (DOCE L 300/111, de 19 de novembre de 1984).

- Adaptada pel Reial Decret 245/1989, de 27 de febrer de 1989 (BOE 60, d'11 de març de 1989).

Directiva 85/405/CEE, d'11 de juliol de 1985 (DOCE L 233/9, de 30 d'agost de 1985).

- Adaptada pel Reial Decret 245/1989, de 27 de febrer de 1989 (BOE 60, d'11 de març de 1989).

Directiva 86/662/CEE, de 22 de desembre de 1986, relativa a la limitació de les emissions sonores de les pales hidràuliques, de les pales de cables, de les topadores frontals, de les carregadores i de les pales carregadores (DOCE L 384/1, de 31 de desembre de 1986).

- Adaptada pel Reial Decret 245/1989, de 27 de febrer de 1989 (BOE 60, d'11 de març de 1989).

- Rectificació de la Directiva 86/662/CEE del Consell, de 22 de desembre de 1986, relativa a la limitació de les emissions sonores de les pales hidràuliques, de les pales de cables, de les topadores frontals, de les carregadores i de les pales carregadores.

Aquesta directiva ha estat modificada per la següent:

Directiva 89/514/CEE, de 2 d'agost de 1989 (DOCE L 253/35, de 30 d'agost de 1989).

- Adaptada per l'Ordre de 17 de novembre de 1989, per la qual es modifica l'Annex 7 del Reial Decret 245/1989, de 27 de febrer de 1989 (BOE 288 d'1 de desembre de 1989).

Directiva 86/663/CEE, de 22 de desembre de 1986, sobre l'aproximació de les legislacions dels estats membres relatives als carretons automotors de manutenció (DOCE L 384/12, de 31 de desembre de 1986).

Directiva 84/537/CEE, de 17 de setembre de 1984, referent a l'aproximació de les legislacions dels estats membres relatives al nivell de

potència acústica admissible dels trituradors de formigó, martells picadors de mà (DOCE L 300/156, de 19 de novembre de 1984).

- Adaptada pel Reial Decret 245/1989, de 27 de febrer de 1989 (BOE 60, d'11 de març de 1989).

Aquesta directiva ha estat modificada per la següent:

Directiva 85/409/CEE, d'11 de juliol de 1985 (DOCE L 233/20, de 30 d'agost de 1985).

- Adaptada pel Reial Decret 245/1989, de 27 de febrer de 1989 (BOE 60, d'11 de març de 1989).

Directiva 84/534/CEE, de 17 de setembre de 1984, referent a l'aproximació de les legislacions dels estats membres relatives al nivell de potència acústica admissible a les grues torre (DOCE L 300/130, de 19 de novembre de 1984).

- Adaptada pel Reial Decret 245/1989, de 27 de febrer de 1989 (BOE 60, d'11 de març de 1989).

Aquesta directiva ha estat modificada per la següent:

Directiva 87/405/CEE, de 25 de juny de 1987 (DOCE L 220/60, de 8 d'agost de 1987).

- Adaptada pel Reial Decret 245/1989, de 27 de febrer de 1989 (BOE 60, d'11 de març de 1989).

Directiva 84/533/CEE, de 17 de setembre de 1984, referent a l'aproximació les legislacions dels estats membres relatives al nivell de la potència acústica admissible dels motocompressors (DOCE L 300/123, de 19 de novembre de 1984).

- Adaptada pel Reial Decret 245/1989, de 27 de febrer de 1989 (BOE 60, de 11 de març de 1989).

Aquesta directiva ha estat modificada per la següent:

Directiva 85/406/CEE, d'11 de juliol de 1985 (DOCE L 233/11, de 30 d'agost de 1985).

- Adaptada pel Reial Decret 245/1989, de 27 de febrer de 1989 (BOE 60, d'11 de març de 1989).

Directiva 84/535/CEE, de 17 de setembre de 1984, referent a l'aproximació dels estats membres relatives al nivell de potència acústica admissible dels grups electrògens de soldadura (DOCE L 300/142, de 19 de novembre de 1984).

- Adaptada pel Reial Decret 245/1989, de 27 de febrer de 1989 (BOE 60, d'11 de març de 1989).

Aquesta directiva ha estat modificada per la següent:

Directiva 85/407/CEE, d'11 de juliol de 1985 (DOCE L 233/16, de 30 d'agost de 1985).

- Adaptada pel Reial Decret 245/1989, de 27 de febrer de 1989 (BOE 60, d'11 de març de 1989).

Directiva 84/536/CEE, de 17 de setembre de 1984, referent a l'aproximació de les legislacions dels estats membres relatives al nivell de potència acústica admissible dels grups electrògens de potència (DOCE L 300/149, de 19 de novembre de 1984).

- Adaptada pel Reial Decret 245/1989, de 27 de febrer de 1989 (BOE 60, d'11 de març de 1989).

Aquesta directiva ha estat modificada per la següent:

Directiva 85/408/CEE, d'11 de juliol de 1985 (DOCE L 233/18, de 30 d'agost de 1985).

- Adaptada pel Reial Decret 245/1989, de 27 de febrer de 1989 (BOE 60, d'11 de març de 1989).

AERONAUS SUBSÒNIQUES

Directiva 80/51/CEE, de 20 de desembre de 1979, relativa a la limitació de les emissions sonores de les aeronaus subsòniques (DOCE L 18/26, de 24 de gener de 1980).

- Adaptada pel Reial Decret 873/1987, de 29 de maig de 1987 (BOE 158, de 3 de juliol de 1987).

Aquesta directiva ha estat modificada per les següents:

Directiva 83/206/CEE, de 21 d'abril de 1983 (DOCE L 117/15, de 4 de maig de 1983).

- Adaptada pel Reial Decret 873/1987, de 29 de maig de 1987 (BOE 158, de 3 de juliol de 1987).

Directiva 89/629/CEE, de 4 de desembre de 1989 (DOCE L 363/27, de 13 de desembre de 1989).

- Adaptada pel Reial Decret 1256/1990, d'11 d'octubre de 1990 (BOE 250, de 18 d'octubre de 1990).

Directiva 92/14/CEE, de 2 de març de 1992, relativa a la limitació de l'ús d'avions objecte de l'annex XVI del conveni relatiu a l'aviació civil internacional, volum I, part II, capítol II, segona edició (DOCE L 76, de 23 de març de 1992).

DIVERSES

Directiva 86/188/CEE, de 12 de maig de 1986, relativa a la protecció dels treballadors dels riscos a causa de l'exposició al soroll durant l'horari laboral (DOCE L 137/28, de 24 de maig de 1986).

- Adaptada pel Reial Decret 1316/1989, de 27 d'octubre de 1989 (BOE 263, de 2 de novembre de 1989).

LEGISLACIÓ DE L'ESTAT

Norma Bàsica de l'Edificació NBE-CA-81, sobre condicions acústiques als edificis (BOE núm. 214, de 7 de setembre de 1981), aprovada pel Reial Decret 1909/1981, de 24 de juliol.

Aquesta norma a estat modificada per:

Reial Decret 2115/82, de 12 d'agost (BOE núm. 240, de 7 d'octubre de 1982). Es denomina de manera abreviada NBE-CA-82.

Ordre de 29 de setembre de 1988 (BOE núm. 242 de 8 d'octubre de 1988). Es denomina de manera abreviada NBE-CA-88.

ALTRES NORMES D'INTERÈS

UNE 74-040-84/1/2/3/4, d'octubre de 1984. Mesurament de l'aïllament acústic dels edificis i dels elements constructius.

ISO 717/1, de desembre de 1982, Acoustique; Evaluation de l'isolement acoustique des immeubles et des elements de construction; Partie 1: Isolement des immeubles et des elements interieurs de construction aux bruits aeriens.

ISO 1996/1/2/3, de setembre de 1982, Acoustique; Caractérisation et mesurage du bruit de l'environnement; Partie 1: Grandeurs et méthodes fondamentales. Partie 2: Saisie des données pertinentes pour l'utilisation des sols. Partie 3: Application aux limites de bruit.

ANNEX 2

TAULA 1. SÍMBOLS MÉS FREQUENTS

A	absorció acústica total present en un recinte
D	diferència de nivells de pressió sonora
dB Lin	decibels lineals
dB	decibel
dBA	decibels ponderats A
Dn	diferència normalitzada de nivells de pressió sonora
f	frequència
Hp	mitjana de vehicles/h en hora punta
Hz	Hertz
IMD	intensitat mitjana diària de vehicles
L ₁	nivell sonor ponderat A ultrapassat un 1,1 % del temps de mesurament
L _{A10}	nivell sonor ponderat A ultrapassat el 10 % del temps de mesurament
L _{A50}	nivell sonor ponderat A ultrapassat el 50 % del temps de mesurament
L _{A90}	nivell sonor ponderat A ultrapassat el 90 % del temps de mesurament
L _{AE}	nivell sonor continu equivalent, ponderat A i relatiu a 1 s
L _{AEq,T}	nivell sonor continu equivalent, ponderat A, durant un temps determinat
L _{AEq}	nivell sonor continu equivalent, ponderat A
L _{Amax}	nivell màxim ponderat A, durant un succés
L _{Amin}	nivell sonor ponderat A mínim, durant un succés
L _{AN,T}	nivell de pressió sonora ponderat A que ha estat ultrapassat un
L _{Ar}	nivell sonor d'avaluació percentatge del temps de mesurament
L _d	nivell de dia
L _{dn}	nivell dia-nit
L _n	nivell nit
L _p	nivell de pressió sonora
L _{pA}	nivell de pressió sonora ponderat A
L _{pAF}	nivell de pressió sonora ponderat A, fast
L _{pAS}	nivell de pressió sonora ponderat A, slow
L _w	nivell de potència sonora
L _{WA}	nivell de potència sonora ponderat A
m	metre
N	Newton

N _d	mitjana de vehicles/h durant l'horari diürn
N _{ll}	vehicles lleugers
N _n	mitjana de vehicles/h durant l'horari nocturn
N _p	vehicles pesants
p	pressió sonora
Pa	Pascal
r	radi, distància a una font sonora en m
R	índex d'aïllament al soroll aeri
R _w	valor global d'aïllament
t	coeficient de transmissió
T	temps de reverberació
W	potència sonora en Wats

ANNEX: 3

BIBLIOGRAFIA

Beranek, Leo L
L. Noise and Vibration Control
Institute of Noise Control
Engineering. Washington, DC.
Revised Edition 1988.

CETUR
*Guide du Bruit des Transports
Terrestres. Previsions des
niveaux sonores.*
Ministere des Transports.
Direction Générale des Transports
Intérieurs. Paris 1980.

Col·legi Oficial d'Enginyers
Industrials de Catalunya
*Activitats Classificades. Criteris
tècnics per a la redacció de
projectes. La prevenció i
correcció dels sorolls i les
vibracions a les indústries i
activitats classificades.*
Publicacions de l'Associació i del
Col·legi d'Enginyers Industrials de
Catalunya. Barcelona 1989.

Direcció General de Salut Pública
El Soroll: informe.
Generalitat de Catalunya,
Departament de Sanitat i
Seguretat Social.
Barcelona 1988.

Querol, J. M. i altres
*Nivells de pressió sonora de
màquines i d'activitats. Base de
dades.*

Associació/Col·legi d'Enginyers
Industrials de Catalunya.
Barcelona 1993.

OCDE
*Lutter contre le bruit dans les
années 90.*
OCDE 1991.

OFPE et OFAT
*Protection contre le bruit et
aménagement du territoire.*
Suïssa 1988.

Lang. J
*Assessment of Noise Impact on
Urban Environment A Study on
Noise Prediction Models.*
World Health Organization.
Regional Office for Europe.
Copenhagen 1 986.

Schultz, Theodore J
Community Noise Rating.
Applied Science Publishers,
London 2nd ed. 1982.

Wilson, Charles E
*Noise Control. Measurement.
Analysis, and Control of Sound
and Vibration.*
Harper & Row, Publishers, New
York 1989.



Generalitat de Catalunya
Departament de Medi Ambient

ISBN 84-393-3235-1



9 788439 332350