

MESURES DE SOROLL. MITES I REALITATS.

Dr.Robert Barti
Director Àrea d'Acústica. LEM

ABSTRACT

Entre els diferents vectors de contaminació existents en aquest moment, el relatiu al soroll ha quedat oblidat per les administracions que darrerament veuen com la societat comença a desesperar-se davant la seva passivitat, en problemes prou coneguts per tot hom com el soroll de les activitats de lleure. Per avaluar els nivells de contaminació acústica cal realitzar mesures acústiques. Aquestes mesures pretenen reflectir el grau de contaminació acústica. Tanmateix s'associa el concepte de contaminació acústica al major o menor grau de molèstia; així si en un determinat lloc hi ha un elevat nivell de soroll es suposa que la molèstia que origina és elevada. Les mesures del nivell de soroll es fan en dBA. Si bé és cert que a major nivell de pressió acústica li correspon un major nivell de molèstia, en molts casos aquesta afirmació és completament falsa. Un dels principals motius de queixa relatius al soroll a les ciutats és el soroll de trànsit. En aquest treball abordem l'estudi comparatiu entre el nivell de soroll generat pels vehicles durant la seva homologació seguint la directiva 92/97/CEE, d'obligat compliment en tot el territori europeu, i el soroll generat pel mateix vehicle en condicions reals de funcionament. També es comparen diversos vehicles valorant el nivell de soroll emès i el grau de molèstia generat. Finalment es tracta l'aspecte de la valoració del grau de molèstia com alternativa a les mesures clàssiques.

SOROLL DE VEHICLES EN PISTA DE PROVES vs CIRCULACIÓ REAL.

Qualsevol màquina quan funciona genera soroll. Els vehicles quan circulen també fan soroll. S'observa que, de forma individual, els vehicles redueixen el seu nivell d'emissió acústica mentre que aquesta reducció no queda reflectida a les ciutats. S'argumenta que hi ha un major nombre de vehicles que possibilita que les reduccions de soroll per una banda queden compensades parcialment per l'augment del nombre de vehicles. Tal afirmació no és certa ja que el nombre de vehicles que pot passar per un carrer és limitat. Alguns carrers de les nostres ciutats fa més d'una dècada que estan al límit de la seva capacitat. Direm que passen més vehicles, però per unitat de temps passen els mateixos. Fins a quin punt les mesures d'homologació responen a la realitat?

En primer lloc analitzem el soroll de diferents vehicles en pista de proves. Es tracta de realitzar la prova o test tal com indica l'estandard 92/97/CEE. Totes les senyals s'enregistren en suport DAT per ser posteriorment analitzats i processats al laboratori. La prova d'homologació presenta certes particularitats que disten molt de les condicions reals de circulació en ciutat, a saber:

1. Motor excessivament revolucionat (entre 3.500 i 5.000 r.p.m.). En un estudi realitzat a mitjans dels 80 es demostra que el motor gira per sota de les 3.000 rpm durant el 99% del temps en circulació urbana.
2. Punt de mesura a 7,5 m. Els vianants no estan a 7,5 m si no molt més a prop. A banda de l'increment de nivell, l'espectre del soroll rebut és diferent.
3. L'acceleració a plena càrrega no reflecteix una condició real de funcionament.
4. Els vehicles pesats realitzen la prova sense càrrega.
5. Es mesura el nivell màxim en dBA durant cada passada del vehicle davant els micròfons.

Una de les situacions més freqüents en ciutat és justament que el vehicle arrenqui de parat. Posar en moviment el vehicle implica una gran quantitat d'energia, esforç que ha de subministrar el grup propulsor, i que evidentment radiarà més soroll. Els resultats que es presenten a continuació corresponen a la comparació entre el nivell de soroll global (dBA)max.

Les condicions de circulació en ciutat són força diferents de les que podem reproduir a la pista de proves. Les principals diferències les destaquem a continuació:

- El vehicle en ciutat està envoltat d'edificis, que dificulten la lliure expansió de l'ona acústica, generant-se una reverberació que augmenta el nivell de soroll. Les proves d'homologació es fan en llocs completament planers i sense obstacles al menys en 50m a la rodona.
- El vehicle ve llençat a una determinada velocitat i accelera a fons. Aquest tipus de conducció no és el més habitual en ciutat.
- L'arrencada de vehicle aturat no es realitza en el procés de homologació. El nivell i el contingut freqüencial del vehicle poden arribar a ser força diferents.
- Mesura de nivell en homologació en dBA màx, i en ciutat es mesura en Leq dBA. Els resultats són molt diferents.

Les figures 1 i 2 mostren la previsió de nivells d'un vehicle en pista de proves o en ciutat. Els edificis propers dificulten la lliure expansió del soroll i el nivell és més elevat. Les superfícies i formes llises dels edificis afavoreixen que l'energia acústica quedi durant més temps als carrers i augmenta el nivell de soroll. Els nivells representats són Leq dBA. La "taca" de soroll que va deixant el vehicle és més ampla en ciutat per efecte de les parets dels edificis.

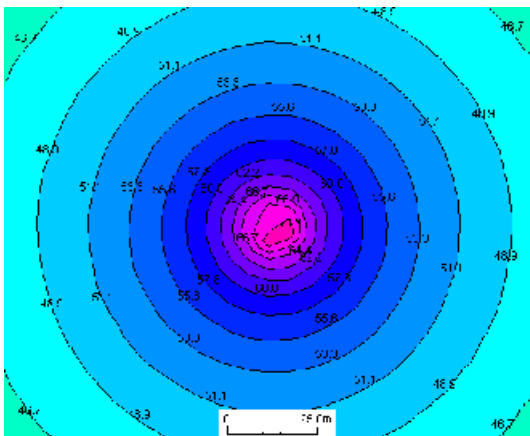


Fig.1 Soroll d'un vehicle en pista de proves.

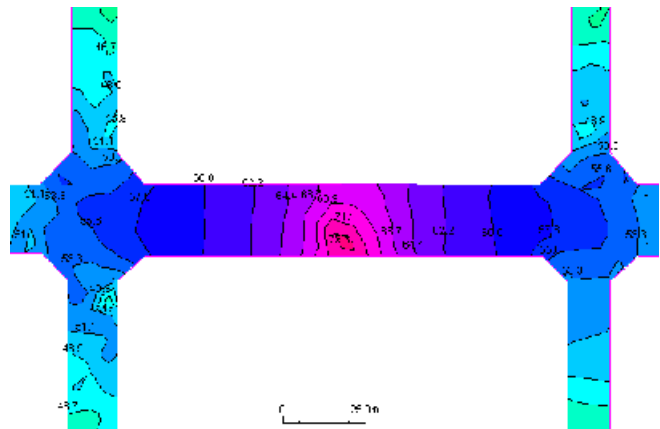


Fig. 2 Soroll d'un vehicle en ciutat.

SOROLL DE COTXES.

Els cotxes son el tipus de vehicle que més abunda a les ciutats. Realitzem les proves d'homologació i les comparem amb la prova d'arrencada del vehicle, que és la situació més freqüent a la ciutat. La prova d'arrencada no està estandarditzada. Es tracta simplement de recollir la sensació que té l'usuari del vehicle i el vianant. Els nivells mesurats en pista de proves durant la prova de *pass-by* o en situació d'arrencada són força

diferents, com era d'esperar. La figura 3 mostra l'evolució del nivell de soroll de diversos vehicles. S'observa poca dispersió entre ells, tot i que el tipus de vehicle l'edat, i la motorització son molt diferents. Notem que els valors indicats són en dBA màx com indica la normativa. La figura 4 mostra els nivells dels mateixos vehicles realitzant la prova d'arrencada.

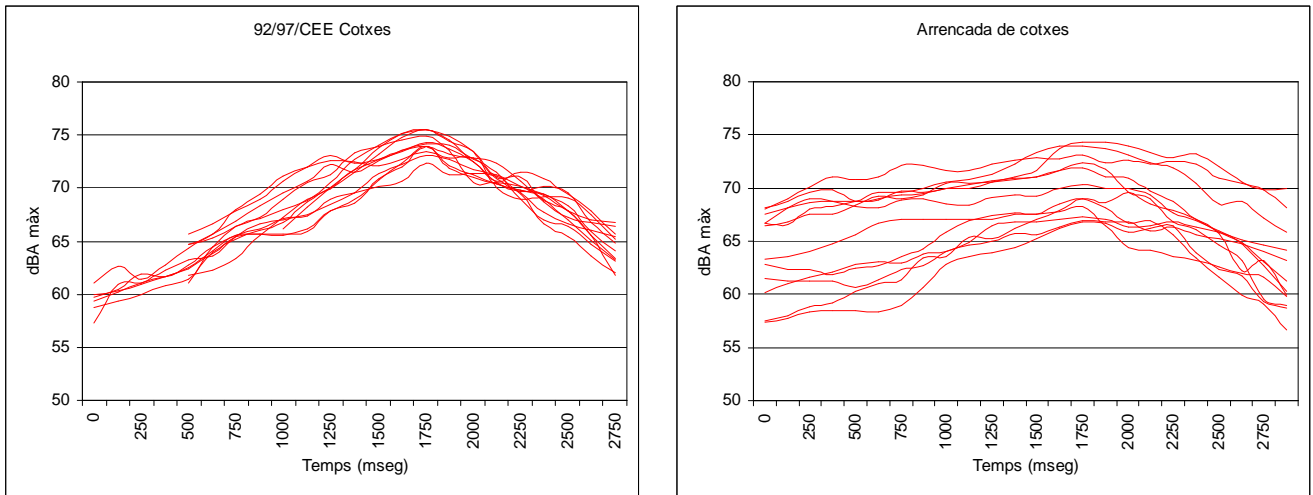


Fig. 4. Evolució del nivell de soroll de diversos cotxes amb la prova d'arrencada des de parat.

Com es mostra a la figura 4 la dispersió és força major que abans. Destaquem els valors més baixos durant la prova d'arrencada. Fins a cert punt lo que fins aquí s'ha presentat té una certa coherència, però si mirem individualment cada un dels vehicles, observem que els resultats són molt contradictoris. Entre els vehicles utilitzats hi havia models antics amb bastants quilòmetres i altres més moderns i molt mes nous. Per tant les sensacions de les persones que realitzaven les proves, indicaven quins cotxes es podien clarament classificar com a sorollosos i quins no. El que hom espera doncs, és que tan una prova com l'altre classifiuessin els vehicles en funció del soroll emès.

Els resultats obtinguts van ser decebedors. Els vehicles que són netament més sorollosos, resulta que amb la prova del *pass-by* son classificats com a més silenciosos. Tanmateix els vehicles que són notablement més silenciosos són valorats més sorollosos amb la prova del *pass-by*. Aquesta contradicció queda reflectida a les gràfiques de les figures 5 i 6. La gràfica 5 mostra el cas d'un vehicle utilitari de poca potència i 12 anys. El vehicle està en bon estat de conservació i no presenta deficiències que puguin alterar notablement el seu soroll. La figura 6 mostra el cas d'un vehicle esportiu amb un propulsor més potent i pràcticament nou. Els dos casos representen els extrems de més sorollós i menys sorollós.

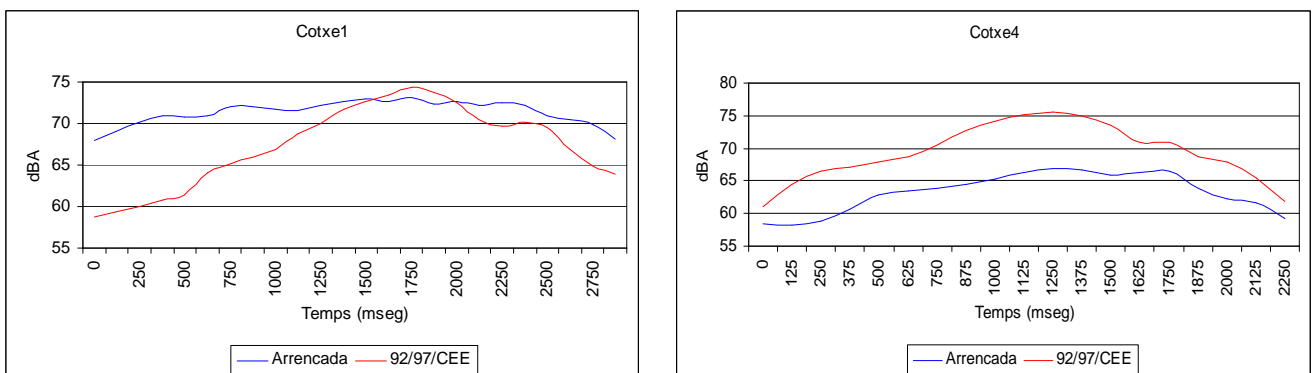


Fig. 6. Comparació entre la evolució de soroll d'un vehicle silencios en pista de proves o arrencades

El cotxe1 (el considerat més sorollós) dona un nivell dBA max inferior al cotxe4. Concretament 74,3 dBA pel cotxe1 i 75,5 dBA pel cotxe4. Acceptant una certa tolerància en les proves, aquests resultats contrasten força amb la sensació de oïda que les persones tenen. S'observa com en ambdós casos la prova del *pass-by* dona uns nivells més elevats que en la prova d'arrencada. El cotxe esportiu dona un major nivell de soroll que el utilitari, mentre que si escoltem el sorolls és clar que el cotxe més nou fa bastant menys soroll. On és el problema? Evidentment en dues situacions diferents:

- a. D'una banda la prova que es realitza és força diferent.
- b. De l'altre la nostra sensació auditiva no es correspon amb les unitats de les mesures efectuades.

La primera qüestió és òbvia, la sol·licitud de motor és menor a la prova d'arrencada, i per tant menor generació de soroll. Però respecte a la segona destaquem que la resposta de la nostra oïda respon a nivells d'energia, i no a nivells màxims com les mesures realitzades segons normativa (dBA_{màx}). Per tant els valors obtinguts durant la prova del *pass-by*, de poc o res serveixen per avaluar, ja no solament el grau de molèstia, si no per avaluar simplement la sensació de nivell de soroll.

L'explicació del perquè es més sorollós el utilitari, la trobarem buscant l'energia emesa pels dos vehicles. Observem que en el procés d'arrencada, l'utilitari té una corba més planera, superant de molt la corba vermella del *pass-by*. Comparada amb la del vehicle esportiu queda netament per sobre. Per aquest motiu el cotxe utilitari es nota més sorollós. La major dispersió de la figura 4 mostra una major similitud amb les nostres sensacions subjectives. Els vehicles generen sorolls amb diferents grau i la distància entre ells en alguns casos és molt clara. Les mesures en dBA màx. Deixen molt poc marge entre el pitjor cas i el millor cas dificultant el procés de classificació.

El senyal espectral tampoc aporta masses diferències del que fins ara hem comentat. La figura 7 mostra l'espectre comparat d'un utilitari sorollós. La figura 8 mostra l'espectre per un vehicle esportiu silenciós. Cal tenir en compte l'evolució temporal del senyal i no únicament la seva energia global.

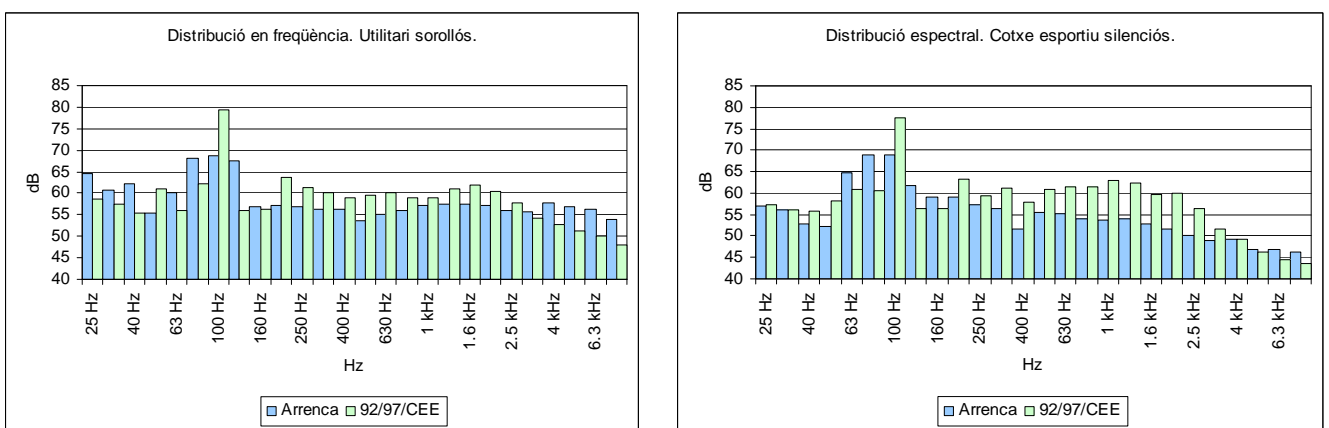


Fig. 8. Espectre d'un cotxe silenciós. Comparativa entre la prova de pass-by i arrencada.

Ens trobem doncs que amb l'actual prova del *pass-by*, ni tan sols som capaços d'avaluar els nivells de soroll emes per vehicles. La qüestió d'avaluar el grau de molèstia, serà un aspecte a tractar més endavant en aquest treball.

SOROLL DE MOTOS.

Les motos són considerades per gran part de la població com el vehicle més sorollós. La moto genera certa aversió entre la gent gran, pot ser pel soroll però sobre tot per la forma de circular de vegades una mica anàrquica. D'una enquesta realitzada l'any 1995 entre 630 joves, es posa de manifest que la moto és considerada com el vehicle més sorollós. Amb aquests precedents volem realitzar les mateixes proves comparatives que amb els cotxes. De entre les motos més sorolloses, les de petita cilindrada són les que produeixen més molèsties entre la població. La figura 9 mostra l'evolució temporal del soroll d'una moto amb motor de 4T. Destaquem que el nivell màxim s'obté durant la prova d'homologació coincident amb els cotxes. La figura 10 és el soroll per les motos amb motor 2T.

El nivell de soroll de la moto de 2T arriba a ser lleugerament superior en arrencada que a la prova d'homologació. Comparant els nivells observem que són molt similars i per tant segons la prova d'homologació la moto de 4T és lleugerament més sorollosa que la de 2T. La sensació subjectiva que hom té però, és molt diferent. Realment la moto de 2T genera un so molt més punyent i la seva sonoritat és major. Amb la prova d'arrencada això es pot veure clarament, encara que tot s'ha de dir, la sensació de diferència de sonoritat és major del que s'indica a les gràfiques.

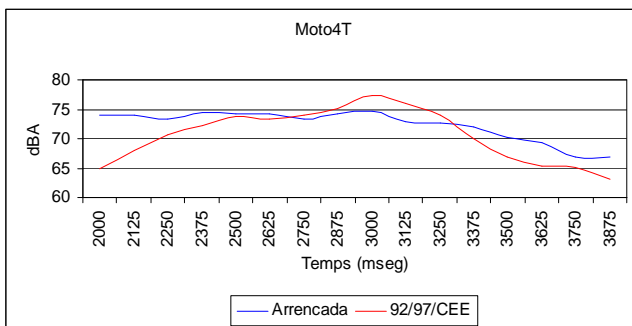


Fig. 9. Evolució del nivell de soroll d'una moto amb motor de 4T.

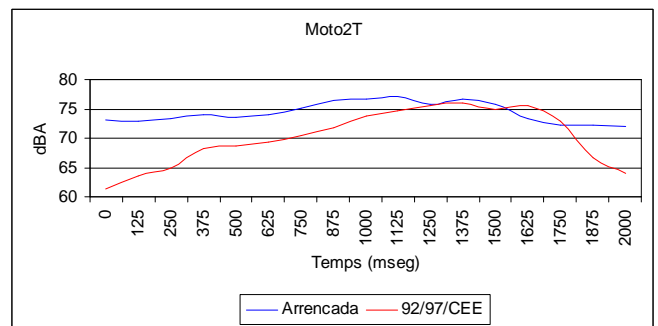


Fig. 10. Evolució del nivell de soroll d'una moto amb motor de 2T.

Ens trobem doncs amb un cas similar al dels cotxes: la prova d'homologació en pista de proves no serveix per classificar correctament el grau de soroll emès pel vehicle. Destaquem que en cap cas es parla de nivell de molèstia. La figura 11 mostra els marges de variació del soroll durant la prova del *pass-by*. Si els comparem amb els de la figura 12 corresponents a la prova d'arrencada, observem una major dispersió en aquesta última. La prova del *pass-by* mostra valors molt similars entre motos que poden arribar a ser força diferents. Les sensacions auditives no es corresponen massa amb els resultats obtinguts.

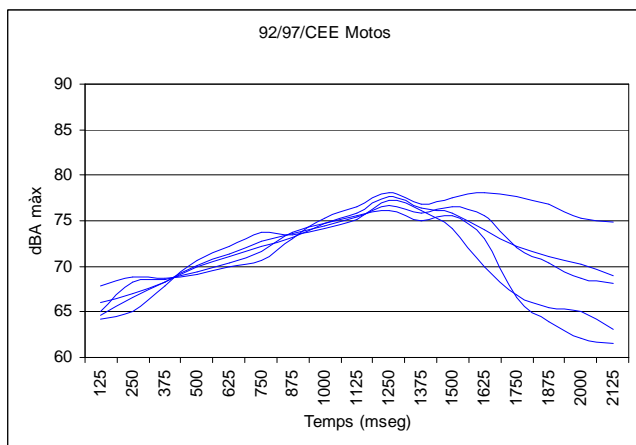


Fig. 11. Evolució temporal del nivell de soroll de motos realitzant la prova del pass-by.

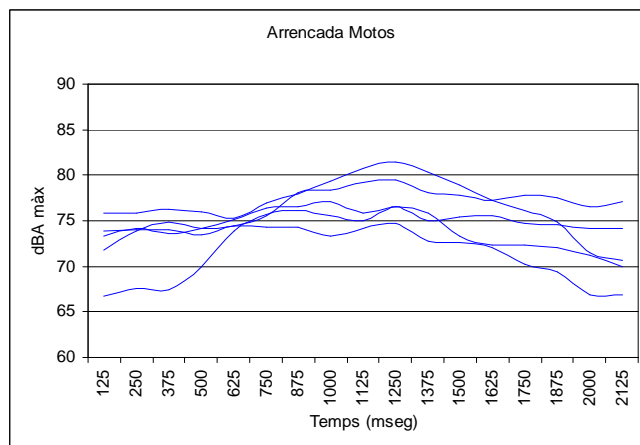


Fig. 12. Evolució temporal del nivell de soroll de motos realitzant la prova d'arrancada.

Per valorar l'energia que rep l'usuari cal fer una integració temporal. Aquesta integració es fa amb els valors d'energia mesurada. L'energia que arriba al vianant dependrà del temps en que la font està emeten soroll a les seves proximitats. El resultat de l'energia que arriba al hipotètic vianant està resumida a la taula següent. Els valors obtinguts comparativament per les proves d'arrancada i de pass-by ens permeten observar que els cotxes amb menor potència són més sorollosos a la prova d'arrancada, ja que precisen d'un major temps per desplaçar el vehicle, i necessiten un major nombre de voltes de motor.

Vehicle	Arrencada	92/97/CEE	Diferència
A	85,4	83,2	2,1
B	84,8	81,5	3,3
C	84,3	83,3	1,0
D	82,9	81,9	1,0
E	82,6	81,7	1,0
F	82,2	82,5	-0,3
G	77,6	83,5	-5,9
H	77,0	83,7	-6,7
I	78,1	82,6	-4,5
J	76,9	83,9	-7,1
K	79,1	83,5	-4,5
L	78,6	83,5	-4,9
M	87,0	84,5	2,5
N	85,0	84,6	0,4
O	90,9	87,3	3,6

Cotxes menys potents. (A-F)
 Cotxes més potents (G-L)
 Motos (M-O)

Taula 1. Energia global percebuda per un hipotètic vianant.

Notem que l'energia emesa en arrencada pels vehicles potents és menor, ja que precisen de menys temps i el motor va menys revolucionat. Si comparem els valors màxims obtinguts (dBA_{màx}) en les dues proves anteriors obtenim els valors resumits a la taula 2. En general els cotxes donen uns valors de soroll màxim menors a la prova de arrencada que no a la del pass-by.

Arrencada	92/97/CEE	Diferència	
73,1	74,3	-1,2	Cotxes utilitaris.
74,3	72,4	1,9	
74	74,2	-0,2	
72,4	73,9	-1,5	
71,9	73,9	-2	
70,3	73,1	-2,8	Cotxes esportius
67,3	73,9	-6,6	
66,9	71,5	-4,6	
68,3	73,4	-5,1	
66,8	75,5	-8,7	
69	75,5	-6,5	Motos
69	74,9	-5,9	
76,6	76,1	0,5	
74,7	77,3	-2,6	
81,5	78,1	3,4	

Taula 2. Valors màxims de soroll mesurat i diferència entre la prova d'arrencada i pass-by.

SOROLL D'AUTOBUSOS.

Amb aquest tipus de vehicle no s'han pogut realitzar proves d'homologació. Es presenten els resultats del soroll emès pels autobusos en dues situacions freqüents: l'arrencada de parat i el pas a velocitat quasi-constant. La figura 13 mostra el marge sobre el que oscil·len els valors de soroll dels autobusos. La part superior, en color blau, mostra la situació de arrencada, mentre que la inferior mostra la de pas amb velocitat quasi-constant. Els valors indicats són igualment en dBA màx, per comparar-los amb els resultats de les motos i dels cotxes. Destaquem el major nivell d'emissió en la condició d'arrencada del vehicle. Les diferents condicions de càrrega i de manteniment del vehicle produeixen una major dispersió durant l'arrencada del vehicle.

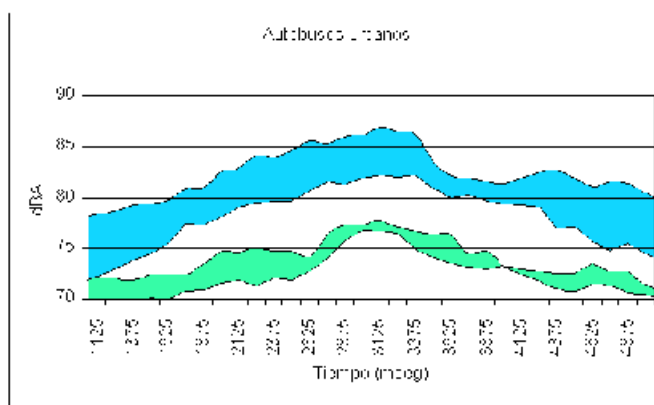


Fig. 13. Nivell de soroll emès per autobusos urbans.

Si es comparen els resultats obtinguts amb els autobusos amb els dels cotxes i de les motos, s'observa que els nivells de emissió dels autobusos es situen entre 8 i 10 dBA per sobre de les motos, sent els cotxes els més silenciosos com es resumeix gràficament a la figura 14, per les arrencades.

És clar doncs que qui contamina més acústicament són els autobusos, seguit de les motos i dels cotxes. Els desnivells són bastant considerables. Tanmateix si preguntem a les persones sobre el grau de molèstia del soroll, les respostes són bastant contundents: la moto sempre apareix com la més sorollosa.

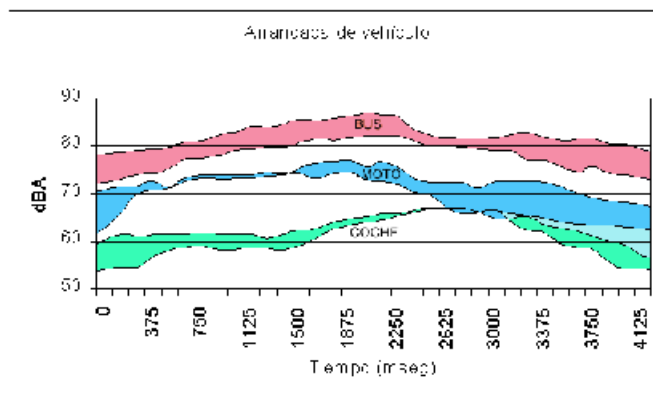


Fig. 14. Comparativa del nivell de soroll emés pels autobusos, motos i cotxes.

Com es possible si el seu nivell de soroll està entre 8 i 10 dBA per sota del soroll d'un autobús?. Que té el soroll de l'autobús que el fa ser més tolerat tot i tenir un major nivell de pressió acústica? Para respondre a aquestes preguntes tenim que utilitzar tècniques més eficients que les simples mesures de pressió acústica ponderada (dBA).

La figura 15 mostra la distribució espectral d'un autobús en dues situacions diferents, arrencada i pas a velocitat quasi-constant. Les diferències de nivell són remarcables. Cal destacar això si, l'elevat contingut de baixa freqüència. Aquesta energia és la que en ciutat arriba dins dels habitatges, degut a un aïllament deficient d'aquests. Les mesures realitzades en dBA no valoren aquesta energia.

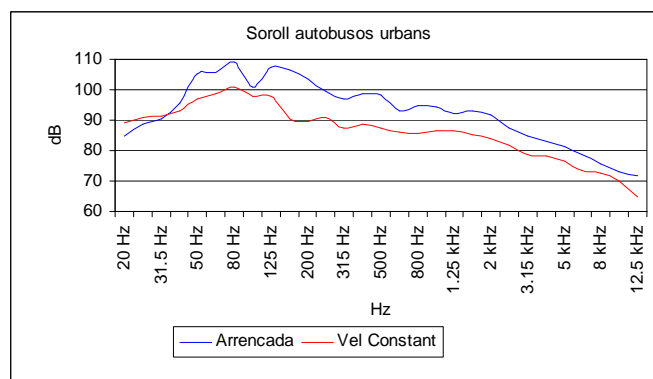


Fig. 15. Distribució espectral de soroll d'autobusos.

ANÀLISI MULTIDIMENSIONAL COM ALTERNATIVA A LES MESURES CLÀSIQUES.

Experts en acústica d'arreu del món qüestionen seriosament la utilització de la ponderació A per avaluar el grau de contaminació acústica. Les mesures del nivell equivalent L_{eq} en dBA són mesures unidimensionals. El so ens informa de moltes coses. La pressió acústica és un indicador massa groller per resumir en un sol valor tota la informació associada al so. Un soroll no sempre és indesitjable: pensem en el funcionament d'una màquina. El soroll que produeix, ens serveix per avaluar de forma constant el seu estat de funcionament. Si el seu soroll canvia ens pot indicar un mal funcionament. Determinats sorolls han de ser perceptibles, d'altres és millor no escoltar-los. Per exemple el soroll d'una rentadora, o bé l'aixeta, o bé el xumba-xumba del bar de sota de casa.

Segurament que tots som capaços de descriure amb paraules un espai que hem visitat. Les seves dimensions, el recobriment de les parets, els colors, els materials, etc. Podrem fer una descripció força precisa, que permetrà a qui no hagi estat mai en aquell lloc, fer-se una imatge mentalment. Podem fins i tot descriure un nou color basant-nos en altres de prou coneguts o primaris. Però si intentem descriure un so, com ho farem? Algú pot fer-ho? Com expliquem que un so és càlid o rugós? Sense entrar en els sentiments que determinats sons ens poden produir (música), es evident que resulta impossible explicar com és un so. Hi ha tres raons:

- a. La primera es que el so no es veu i per tant no tenim cap referent "palpable".
- b. El segon és que la nostra memòria acústica és molt dolenta i oblidem ràpidament les referències.
- c. No es poden comparar els sons de forma simultània.

Per comparar formes o colors podem fer-ho de forma simultània. Però els sons no es poden barrejar: llavors crearem un nou so. Aquest escull dificulta en gran mesura les possibilitats d'estudi al laboratori. Si una imatge costa molt de descriure, podríem pensar en utilitzar una sola xifra per identificar una imatge? Evidentment no. Doncs llavors si el so, que no es veu ni es pot descriure, com és que el valorem amb una sola xifra? La pregunta pot tenir diverses respostes: desconeixement del problema, necessitat desmesurada de simplificar, ignorància, etc. Tanmateix algunes persones pretenen assignar una xifra de soroll a tota una ciutat. Estem arribant al surrealisme més absurd.

Per avaluar correctament el soroll existeixen eines i conceptes ja força experimentats que aporten noves dades sobre el soroll. En primer lloc cal tenir en compte que el so necessita un espai multidimensional on ser representat. Aquest espai estarà definit per variables que ens quantifiquin algun aspecte del so. En funció del tipus de so, caldrà aplicar uns indicadors o altres. Les experimentacions realitzades fins ara apunten a que no és possible trobar un únic indicador universal per valorar el grau de molèstia.

Abans esmentàvem algunes de les característiques del so no mesurables amb la pressió acústica. Hi ha una variable que depèn directament de les persones afectades: la procedència cultural i els hàbits socials marquen de forma molt clara les preferències per un determinat so. Tenim diversos exemples: en el sector de l'automoció, els vehicles destinats als països càlids del Mediterrani generen un so més esportiu, mentre que els països nòrdics prefereixen un so més agut. Amb la música passa el mateix: el bum-bum que castiga les oïdes no tant pel seu nivell si no per la seva estridència. El públic canvia de gustos. (Si fa bum-bum sona bé).

Una primera aproximació pot ser l'evolució temporal de l'espectre. Es el conegut "waterfall" o sonograma en funció de les característiques gràfiques escollides per a la seva representació. A la figura 16 podem veure un exemple aplicat al pas d'un moto amb motor de 2T. La figura 17 ens mostra el mateix cas per una moto amb motor de 4T.

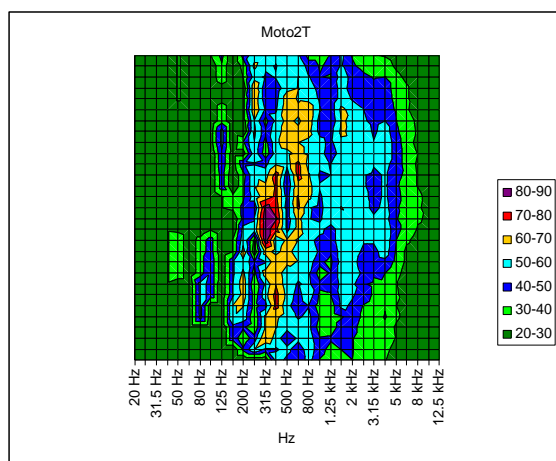


Fig. 16. Sonograma d'una moto amb propulsor de 2T en arrencada..

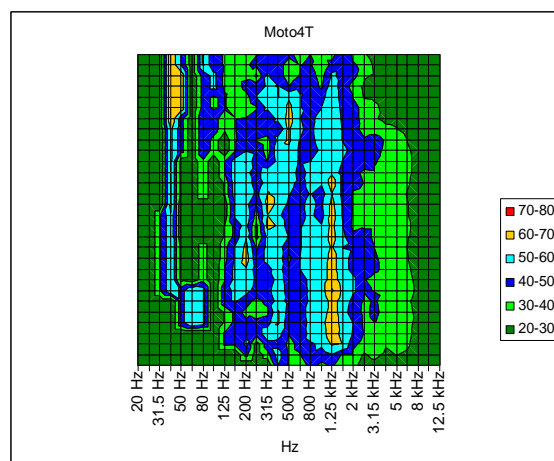


Fig. 17. Sonograma d'una moto amb propulsor de 4T en arrencada..

Certs aspectes del soroll no es poden analitzar amb els mètodes clàssics (dBA). Són necessàries altres tecnologies que permetin esbrinar perquè un so pot resultar més o menys molesta. A la taula 3 es mostra un resum d'alguns dels vehicles analitzats amb aquesta tecnologia.

ARRENCADA	Cotxe1	Cotxe2	Cotxe3	Cotxe4	Cotxe5	Cotxe6	Cotxe7	Cotxe8	2T	2T2	4T	4T2
Loudness	35,08	32,07	35,65	33,94	29,4	26,91	24,76	22,17	39,95	31,82	30,74	29,33
Sharpness	1,67	1,62	1,41	1,41	1,35	1,31	1,44	1,4	1,62	1,6	1,43	1,54
Fluctuation Strength	2,23	1,32	1,03	0,94	1,21	0,94	1,54	1,21	1,86	1,18	2,01	1,13
Tonality	0	0	0	0	0,28	0	0	0	0,23	0	0	0,48
Roughness	5,47	5,27	4,11	3,88	4,14	3,79	4,79	4,49	4,35	4,18	5,28	4,03
Unbiased Annoyance	256,13	230,3	199,66	166,86	149,98	137,25	148,45	134,52	298,96	177,8	219,73	144,85
Loudness 10%	45	41,61	43,89	38,15	35,11	33,11	33,08	29,56	49,08	37,28	40,34	32,49
ARRENCADA	Bus1	Bus2	Bus3	Bus4	Bus5	Bus6	M2T1	M2Tb	M2T2	M2T2b	M2T3b	M2T4b
Loudness	82,25	83,46	81	81	70,94	72,45	44,3	46,27	54,53	38,93	64,18	56,43
Sharpness	1,54	1,24	1,24	1,24	1,25	1,25	1,47	1,42	1,66	1,51	1,55	1,73
Fluctuation Strength	1,22	1,59	1,27	1,27	1,55	1,52	1,27	1,6	0,99	1,52	1,63	1,57
Tonality	0	0	0	0	0,28	0,28	0,24	0,3	0,33	0,36	0,44	0,28
Roughness	6,13	7,63	6,56	6,56	5,38	4,84	4,68	3,88	2,95	4,44	3,55	4,42
Unbiased Annoyance	742,65	714,6	677,58	677,58	529,84	528,19	333,8	525,6	379,6	401,7	916,9	632,4
Loudness 10%	109,91	109,6	109,64	109,64	87,19	87,6	60,68	82,6	66,78	66,76	121,79	89,4

Taula. 4. Paràmetres psicoacústics de diversos vehicles.

La figura següent mostra l'espai tridimensional i el posicionament (cluster) per a cada grup de vehicles en funció del nivell de pressió acústica en les seves tres variants dBA, dBA_{màx} i dB. Podem observar com els tres grups queden força junts amb poques possibilitats de detectar variacions. Realment es diu que el dBA correlaciona bé (alguns diuen que molt bé) amb el grau de molèstia. Certament una variable que presenta poques variacions encara que el soroll sigui molt diferent no ofereix cap garantia per ser un indicador del grau de molèstia.

Observem que les projeccions es troben lleugerament superposades. En definitiva, mesurar el soroll dels vehicles en valors de pressió acústica (dBA, dBA_{max} o dB) no ens dona informació sobre el grau de contaminació acústica que estem generant. En vermell correspon als cotxes el verd a les motos i el blau als autobusos.

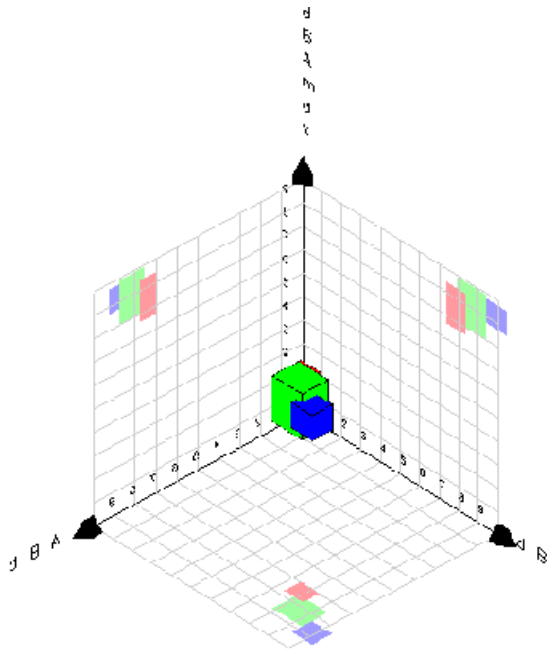


Fig. 18. Ubicació en un espai 3D del soroll mesurat en dB de diferents vehicles.

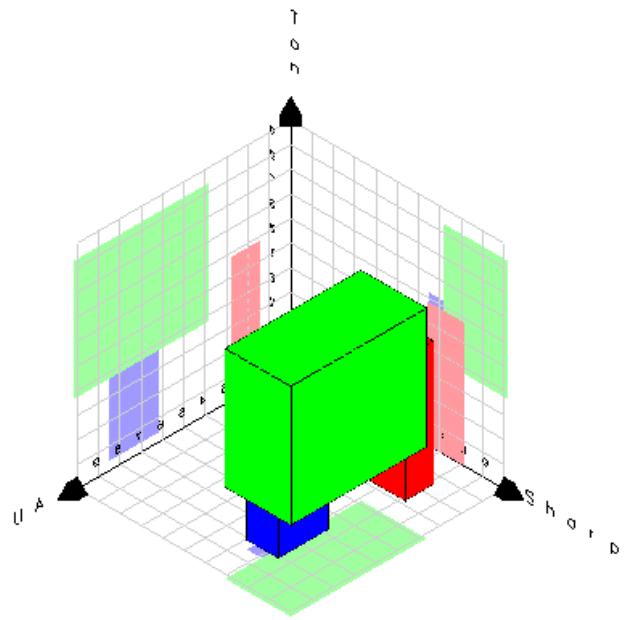


Fig. 19. Ubicació en un espai 3D utilitzant alguns indicadors psicoacústics.

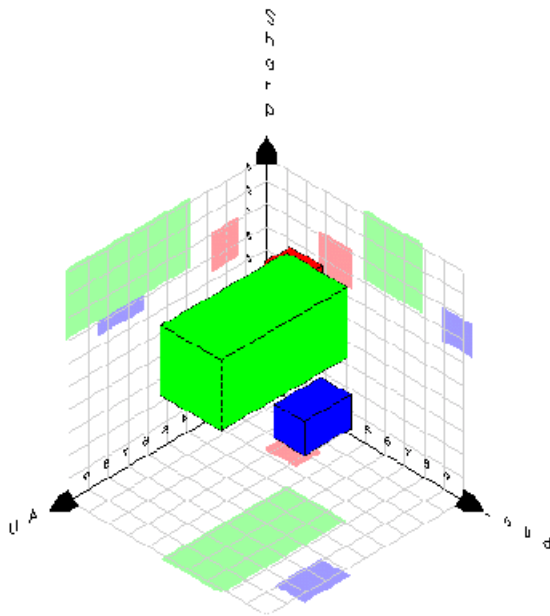


Fig. 20. Amb la sonoritat, el sharpness i la molèstia no ponderada, s'obtenen uns resultats millors.

La figura 19, mostra la representació 3D utilitzant el Sharpness, la tonalitat i la molèstia no ponderada. S'observa que la classificació és molt més eficient que el cas anterior, però l'espai ocupat per les motos colisiona parcialment amb el dels autobusos. Si escollim altres paràmetres podem obtenir la distribució representada a la figura 20.

Notem com es produeix una major clusterització que permet definir més clarament el tipus de soroll. Si volem dissenyar un nou vehicle el podem ubicar en el lloc del espai 3D que li correspon. També podem millorar aquest producte si considerem els atractors de cada sub-espai obtingut.

CONCLUSIONS.

1. Les actuals mesures en dBA no serveixen per valorar el soroll emès per un vehicle. Tampoc serveixen per avaluar el grau de molèstia que ocasiona. Cal abandonar-ne el seu ús.
2. Es necessari destinar recursos a crear un nou concepte que valori de manera realista del grau de contaminació acústica.
3. Si es vol resoldre el problema de la contaminació acústica, cal primer harmonitzar els diferents indicadors utilitzats, tant en la homologació del vehicle com en les mesures de control en ciutat.
4. Des del punt de vista del soroll, és evident que el transport públic de superfície tal com està actualment concebut, no és la solució al problema de la contaminació acústica a les ciutats.
5. Les alternatives a les mesures clàssiques existeixen i son implementables. Cal un temps d'adequació i estudi de les components més sorolloses dels diversos vehicles en els diferents modes de funcionament.
6. Amb la tecnologia dels anys 60 no resoldrem els problemes de soroll del segle XXI. Les ordenances i altres directrius, tan locals com nacionals i internacionals estan molt lluny de la realitat.
7. La administració no està atenent i enfocant adequadament els problemes de soroll. Les solucions no es poden trobar de avui per demà. Els mapes sònics no solucionaran "per se" els problemes de la contaminació acústica. Cal preveure quin ús se'n farà de la informació que previsiblement hom ja coneix, i quines accions es prendran per disminuir el previsible excés de contaminació acústica.