

REPTE 10: Present i futur de la gestió del soroll amb sensorització

ANÀLISI DE L'IMPACTE ACÚSTIC DE LA FLOTA DE VEHICLES PESANTS EN EL SOROLL DE LA CIUTAT



Antoni Alsina Sánchez

Àlex Abril Adán

Ajuntament de Terrassa

acusti.cat
25 i 26 d'abril
2018

mNACTEC-Terrassa



II Congrés
d'Acústica de
Catalunya

www.congresacusti.cat
info@congresacusti.cat

A Terrassa: El Pla de Reducció del Soroll (aprovat definitivament 25/08/2014)

Cinc línies estratègiques.

L1: Millora de la qualitat acústica de l'espai públic

L1.2.3: Renovar la flota d'autobusos

L1.3.2: Control del soroll de la flota de vehicles pesants de serveis pública

L5: Mecanismes de control de la qualitat acústica.

L5.2.1: Xarxa de vigilància del soroll

Ajuntament de Terrassa		PLA DE REDUCCIÓ DEL SOROLL 2014-2018				
L1	L2	L3	L4	L5		
L1	Millora de la qualitat acústica a l'espai públic					
L1.2.3	Renovar la flota d'autobusos					
Descripció/Justificació		Foto/Imatge/Plànol/Gràfic				
La renovació de la flota d'autobusos municipals ha d'incorporar exigències ambientals. Degut al seu funcionament intens la flota d'autobusos és una font important d'emissions de contaminants i soroll. A més, les característiques intrínseques del seu funcionament: 100% urbana, contínues arrancades i aturades, emissions molt a prop dels ciutadans i el seu marc exemplificador, fa que sigui un sector que s'ha de situar a l'avantguarda de la tecnologia sostenible i neta. Actualment la flota d'autobusos que recorre Terrassa (65 unitats) utilitza gasoil com a combustible. D'aquests un 48% són Euro 3, un 26% són de la categoria EEV (vehicle net), però hi ha un 14% que són Euro 2 o anteriors. A banda de la consideració de les emissions de contaminants a l'atmosfera que cal tenir en compte en la renovació de la flota, cal considerar també el factor d'emissions acústiques. Entre altres accions, es planteja una renovació de la flota cap a vehicles híbrids i elèctrics. Una possibilitat per tal de reduir les emissions és hibridar vehicles que ja pertanyen a la flota i funcionen amb combustibles fòssils. La hibridació dels vehicles no només aporta una reducció en combustibles i emissions, també incideix en un major confort pels viatgers amb parades i aturades més suaus que al mateix temps signifiquen una menor emissió de PM₁₀ procedents dels frens, les rodes i el paviment (que són els principals focus) i alhora una emissió de soroll a nivells més baixos.						
Objectiu		Aconseguir una flota d'autobusos eco-eficient i més silenciosos.				

Ajuntament de Terrassa		PLA DE REDUCCIÓ DEL SOROLL 2014-2018				
L1	L2	L3	L4	L5		
L1	Millora de la qualitat acústica de l'espai públic					
L1.3.2	Programa de control del soroll de la flota de vehicles pesants de serveis públics.					
Descripció/Justificació		Foto/Imatge/Plànol/Gràfic				
Els vehicles pesants destinats a serveis municipals, si bé tenen una incidència relativa petita en el conjunt del soroll ambiental, com que estan moltes hores en servei, provoquen un impacte que no passa desapercebut al ciutadà. A més són vehicles que acostumen a estar molts anys en servei, de manera que quan es donen de baixa són vehicles obsolets en comparació amb les tecnologies més recents. Disposar de dades del soroll que produeixen aquests vehicles pot ser una ajuda a l'hora de prendre decisions a l'hora de renovar la flota.						
Objectiu		Disposar de dades del soroll que emeten els vehicles pesants de serveis municipals com a ajuda a la decisió a l'hora de comprar nous vehicles				
Contingut/Accions		Identificar el parc de vehicles susceptibles de ser inclosos en el programa. Seleccionar una mostra representativa del parc de vehicles Obtenir dades del soroll produït pels vehicles (mesurament, ITV) Sotmetre controls de soroll als vehicles pesants de serveis públics Establir un protocol per a l'obtenció de dades de manera periòdica Temps de concreció de l'acció: Durant l'any 2015				

Els vehicles pesants destinats a serveis municipals estan sotmesos diàriament a un ús intensiu durant molts anys. El seu impacte no passa desapercebut (queixes, petició de millores, canvis...)



Disposar de dades del soroll que emeten aquests vehicles és una ajuda a la gestió de la flota (renovació, manteniment, distribució per rutes...)

Smart City. L'ús de noves tecnologies permet obtenir dades de manera fàcil, però l'interès no està en les dades en sí, sinó en la gran capacitat d'actuar quan les dades es creuen entre si (IOT)

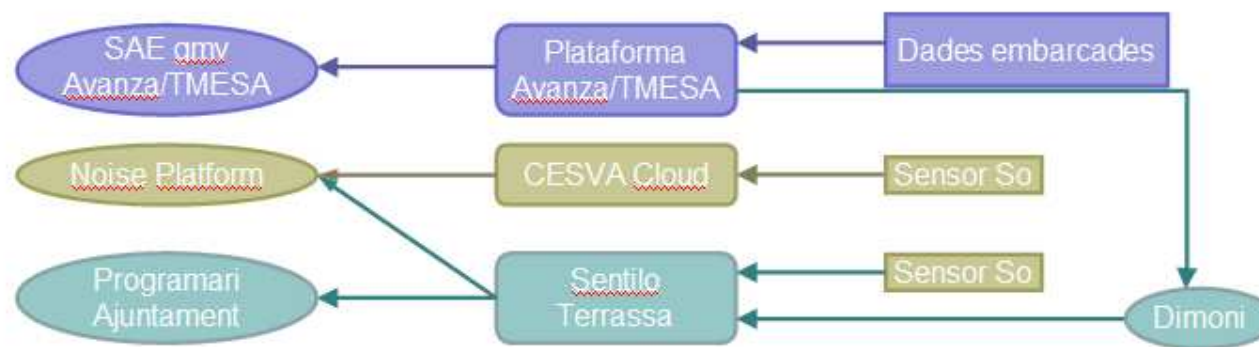
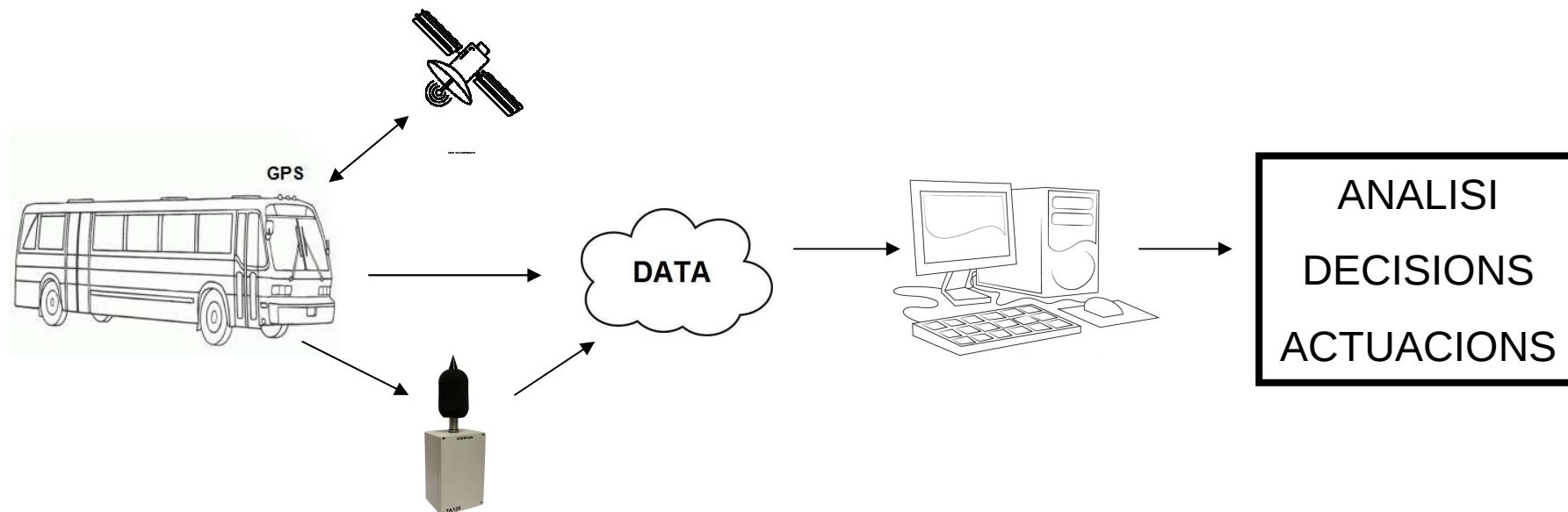


AC
UST
I
AT



terrassmartcity
CIUTATINTEL·LIGENT

**II Congrés
d'Acústica de
Catalunya**



AC
UST
I
AT

terrassmartcity
CIUTATINTEL·LIGENT

**II Congrés
d'Acústica de
Catalunya**



Passell del Vint-i-dos de juliol, 198, 08221 Terrassa, Barcelona, Spain

CO-0488 / Contenedor de papel / BOREALIT

♀ Localització

 Images

© Més recent

CO-0488-vehicle_identification
Identificador del vehicle reollidor

6248-HXH

18/04/2018 16:00:58

Oil Activity

18/06/2015 16:00:38 Identificador del vehicle recolector (j): 6248-HXH

16/04/2018 17:29:05 Identificador del vehículo recolector (j: 8192-HX)

14/04/2018 06:58:23 Identificador del vehicle recollidor (:): 8192-HX)

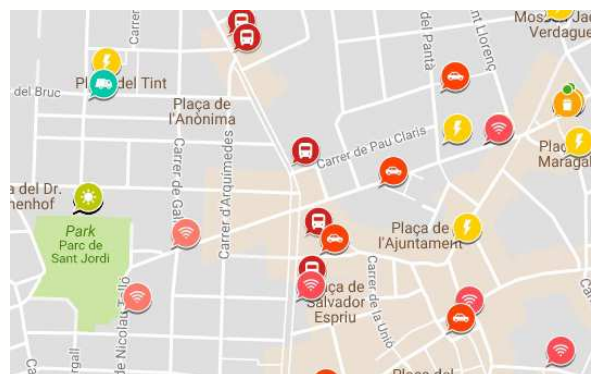
Data iniți: 14/04/2018
06:50:23

Data fi: 18/04/2018
16:00:58

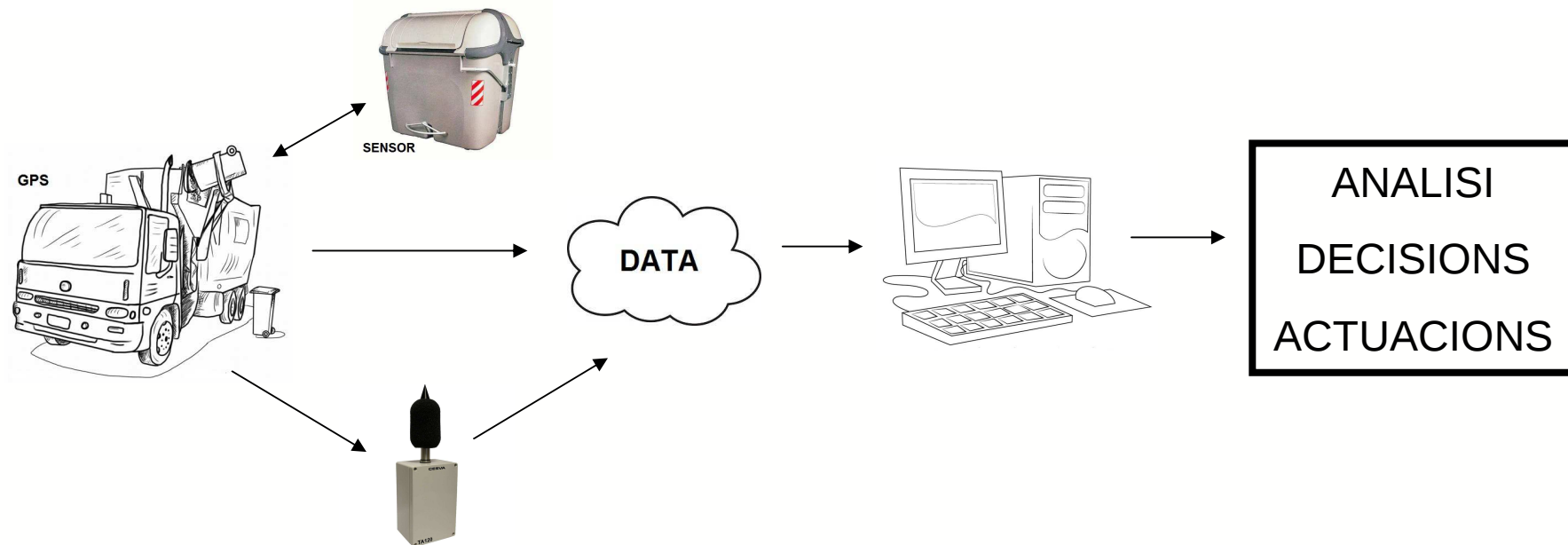
Número de dades: 3



ACT U.S.T.C.



II Congrés d'Acústica de Catalunya



IMPORTANT: L'objecte d'aquest estudi no és tant determinar el grau de compliment de la normativa de sorolls com explorar el potencial d'ús de sensors de so de manera integrada com a eina de gestió municipal que faciliti la presa de decisions / actuacions.

AC
UST
I
AT

terrassmartcity
CIUTATINTEL·LIGENT

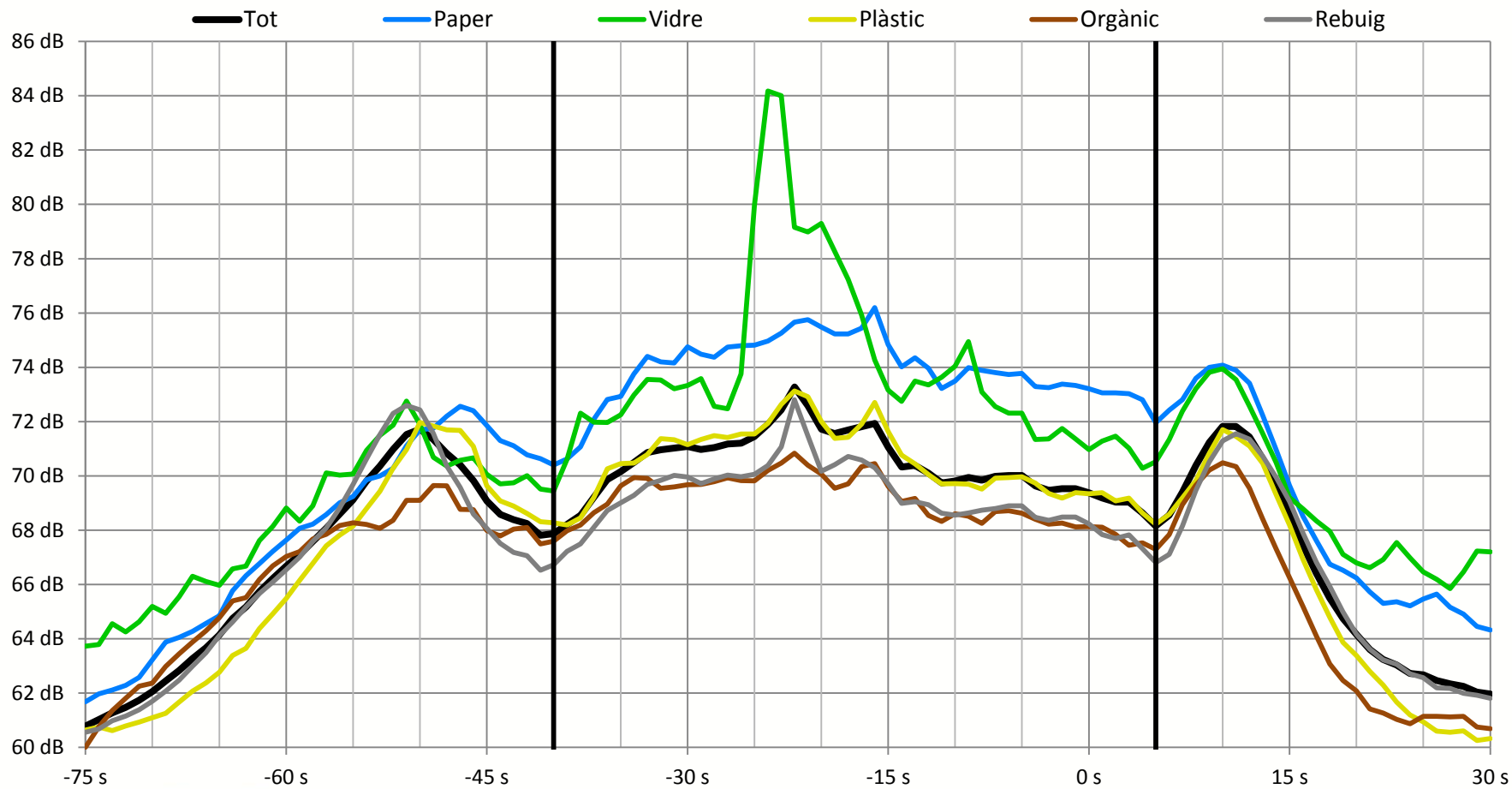
**II Congrés
d'Acústica de
Catalunya**



AC
UST
I
AT

Veure vídeo

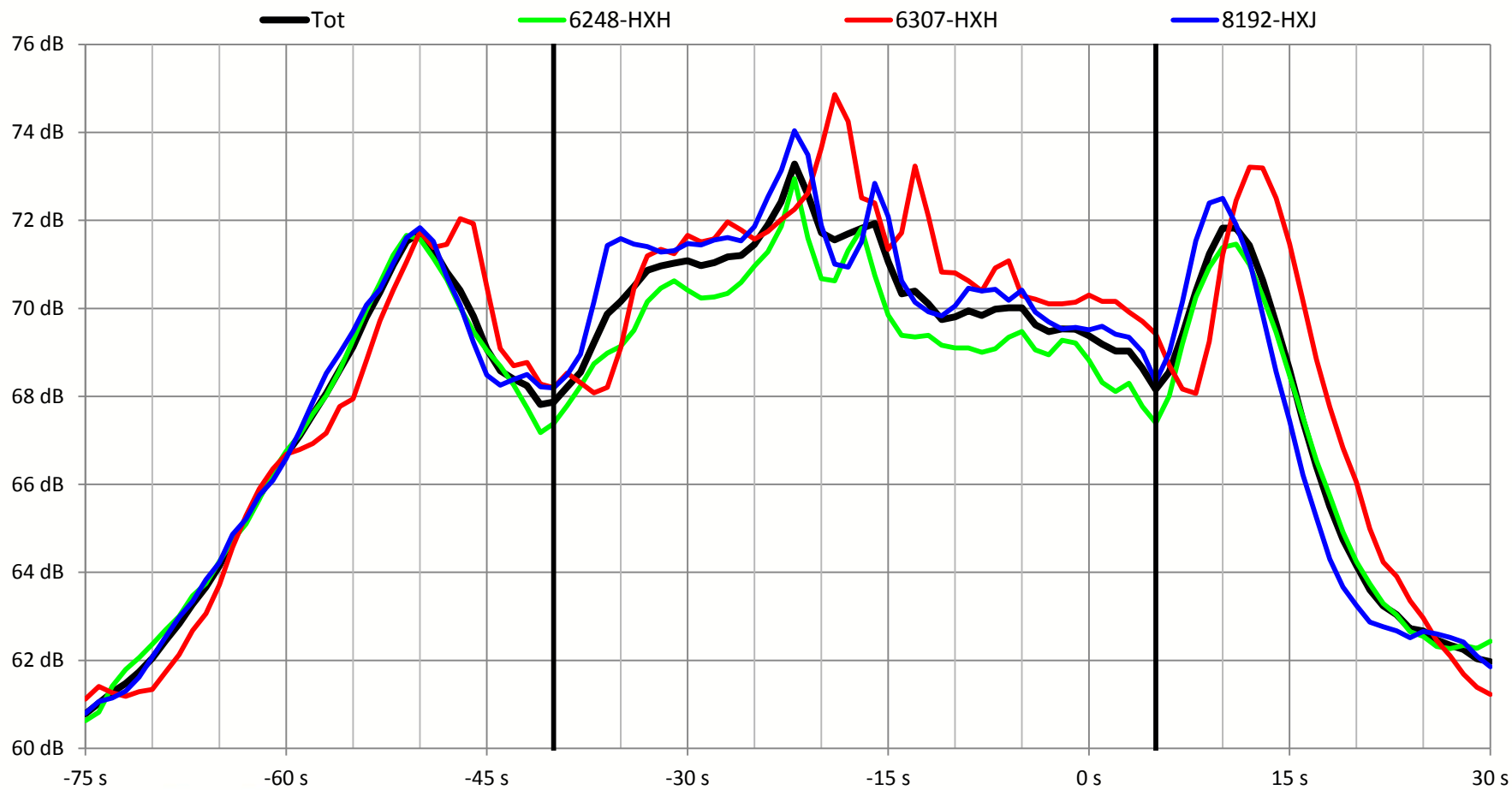
**II Congrés
d'Acústica de
Catalunya**



Mitjanes per tipus de recollida

AC
UST
I
ÀT

**II Congrés
d'Acústica de
Catalunya**



Mitjanes per vehicle

AC
UST
I
AT

**II Congrés
d'Acústica de
Catalunya**



AC
UST
I
AT

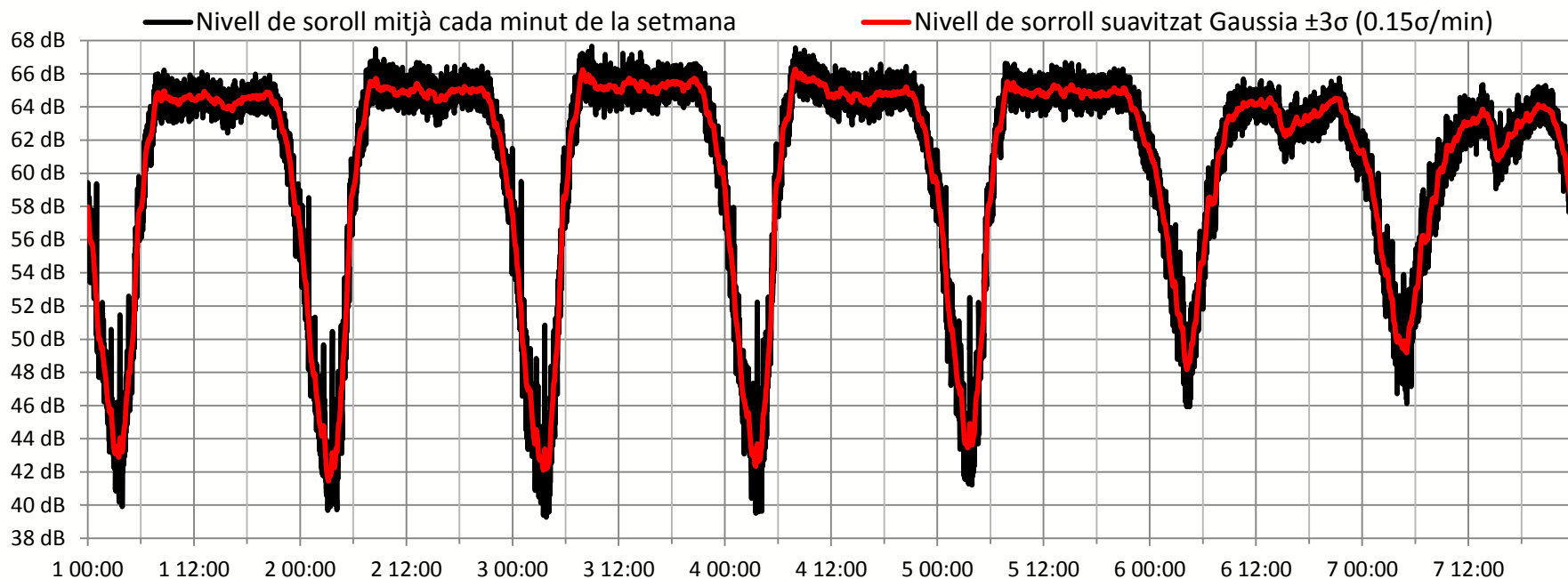
	X	Y	Z	Distància
Davant	0 cm	137 cm	317 cm	345 cm
Paper	617 cm	137 cm	317 cm	707 cm
Vidre	857 cm	137 cm	317 cm	924 cm
Plàstic	1041 cm	137 cm	317 cm	1097 cm
Orgànic	1225 cm	137 cm	317 cm	1273 cm
Rebuig	1407 cm	137 cm	317 cm	1449 cm

**II Congrés
d'Acústica de
Catalunya**

Correcció per distància

$$[I''(D) - f] \cdot D^2 = [I(d) - f] \cdot d^2$$

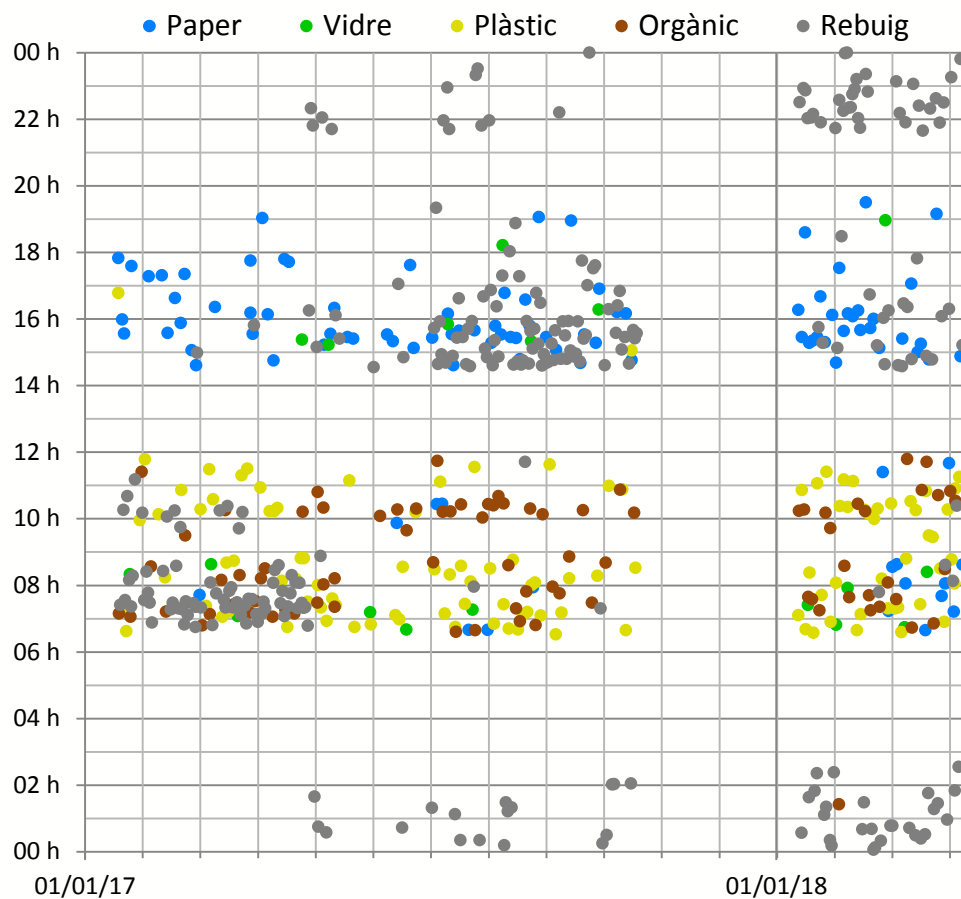
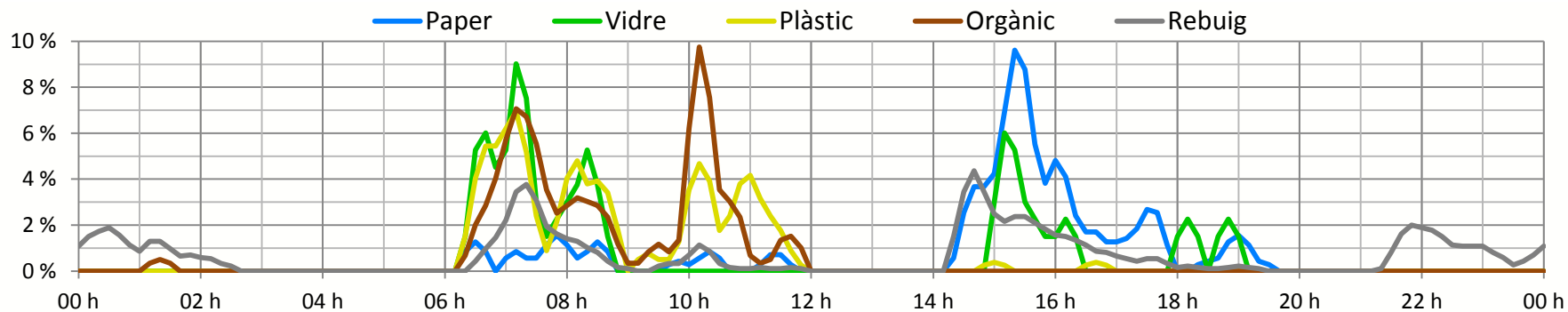
$$I''(D) = \frac{I(d) - f}{D^2} \cdot d^2 + f$$



AC
UST
I
AT

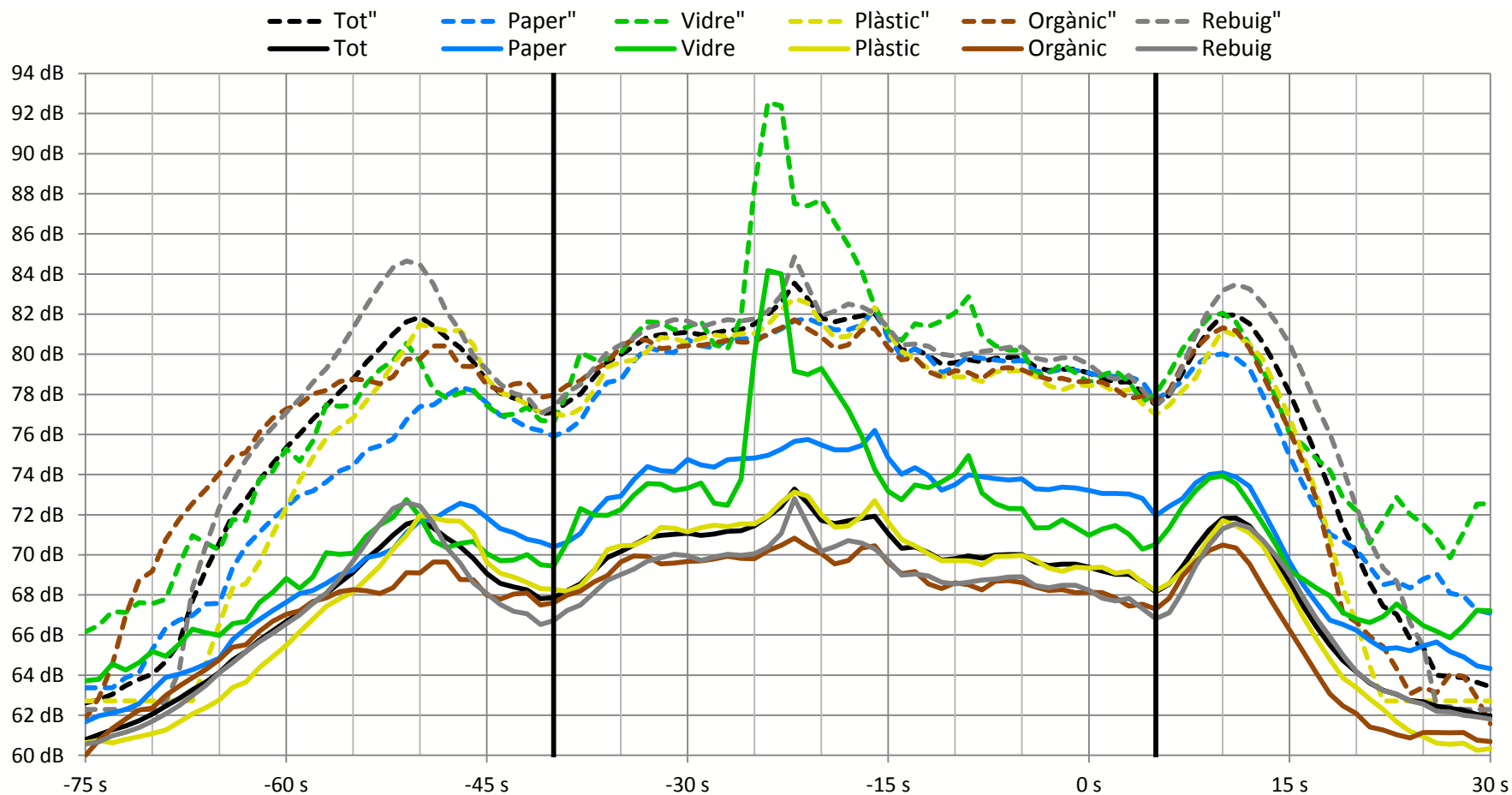
$$f_{Gaus}(t_m) = \frac{\sum_{i=-20}^{20} f(t_m + i) \cdot e^{-0.15 \cdot |i|}}{\sum_{i=-20}^{20} e^{-0.15 \cdot |i|}}$$

**II Congrés
d'Acústica de
Catalunya**



ACÚSTICA

II Congrés
d'Acústica de
Catalunya



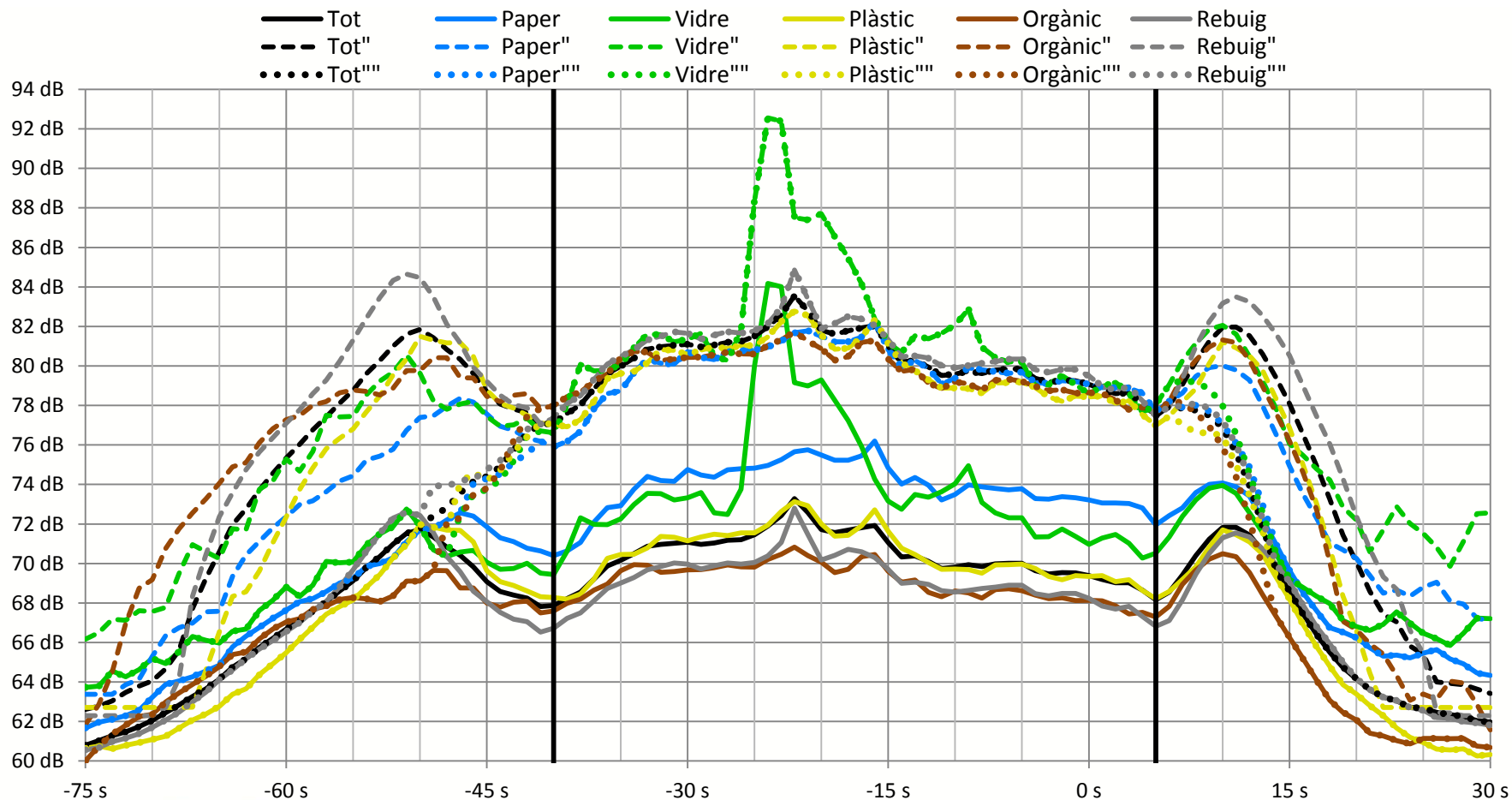
AC
UST
I
ÀT

$$I''(t_s) = (I(t_s) - f_{Gaus}(t_m)) \cdot \frac{d^2}{D^2} + f_{Gaus}(t_m)$$

$$D = 345 \text{ cm}$$

$$d = 707, 924, 1097, 1273, 1449 \text{ cm}$$

**II Congrés
d'Acústica de
Catalunya**



AC
UST
I
C
ÀT

$$I'''(t_s) = I(t_s) \cdot \frac{(-40 - t_s)}{T} + I''(t_s) \cdot \frac{(t_s + i)}{T}$$

$$t_s = -i, \dots, -40$$

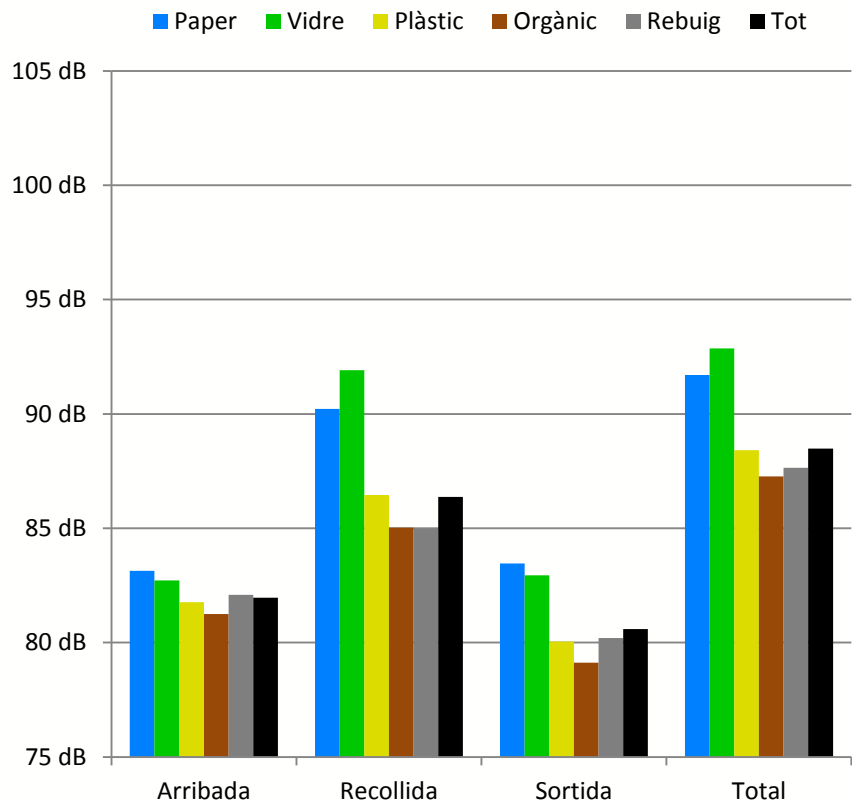
$$T = 7, 8, 8, 9, 10s \quad i = 47, 48, 48, 49, 50s$$

$$I'''(t_s) = I''(t_s) \cdot \frac{14 - t_s}{8} + I(t_s) \cdot \frac{t_s - 6}{8}$$

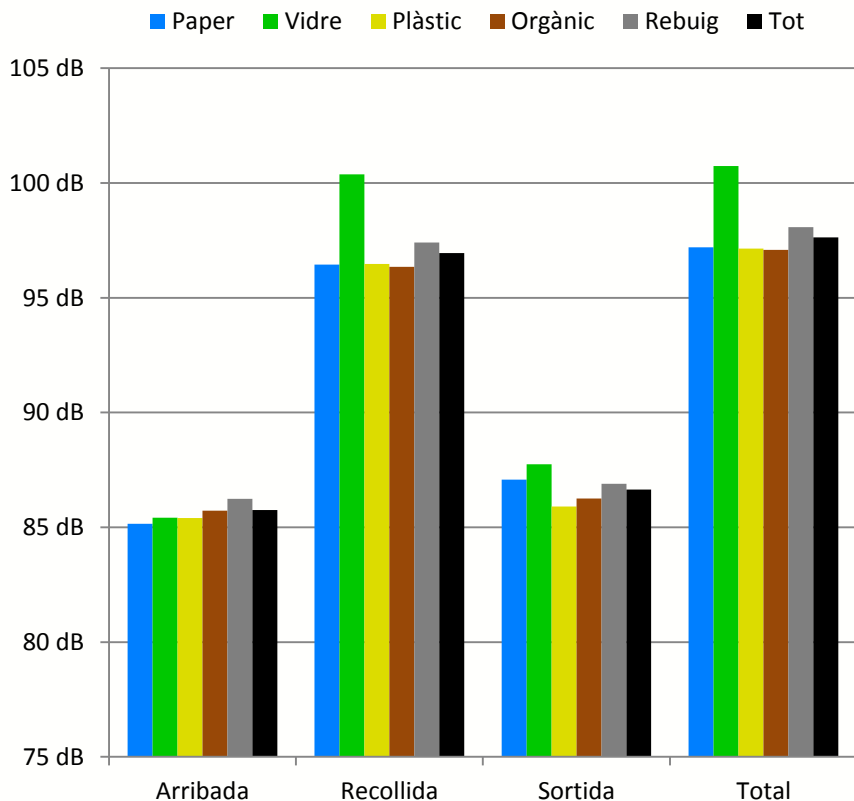
$$t_s = 6, \dots, 14$$

**II Congrés
d'Acústica de
Catalunya**

Dades Originals LAeq1s



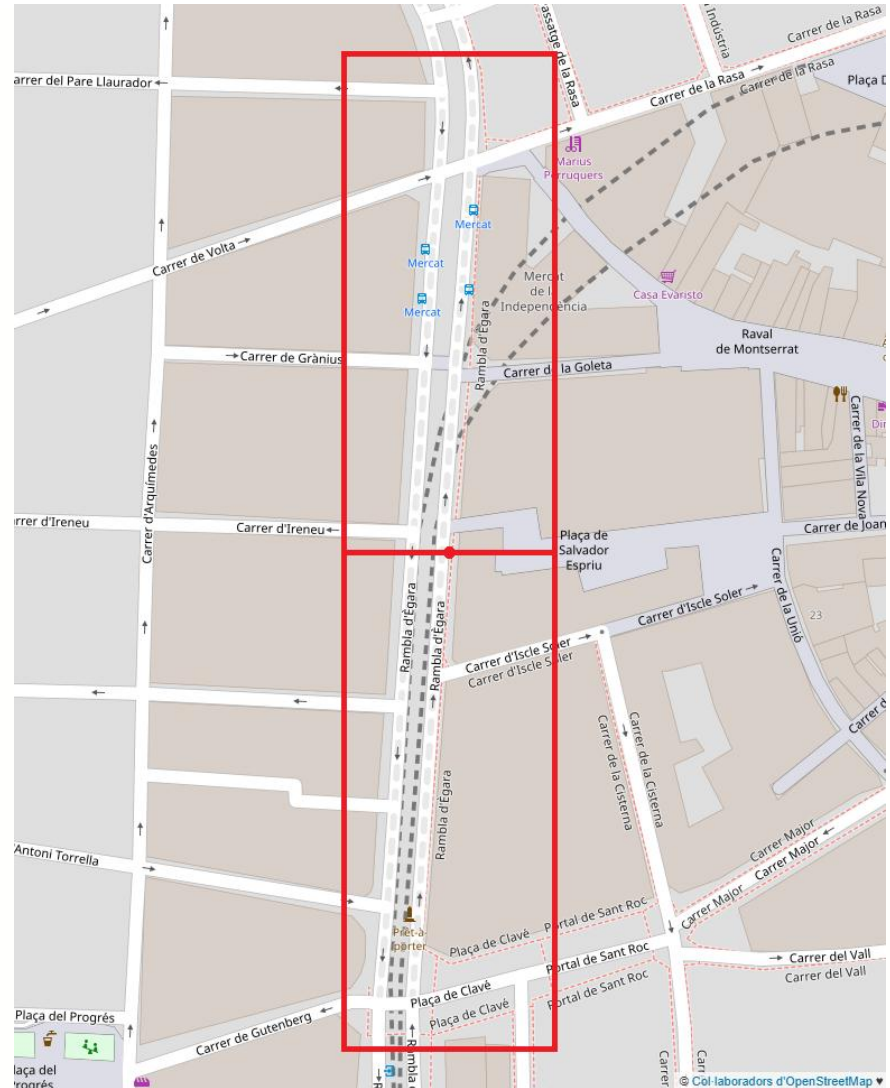
Dades Corregides LAeq1s



	Mostra	%	Fons	LAeq1s Dades Originals				LAeq1s Dades Corregides				
				Arrib.	Recoll.	Sort.	Total	Arrib.	Recoll.	Sort.	Total	%
Paper	101	17%	63,4	83,1	90,2	83,5	91,7	85,2	96,4	87,1	97,2	16%
Vidre	19	3%	64,4	82,7	91,9	82,9	92,9	85,4	100,4	87,8	100,7	7%
Plàstic	113	19%	62,7	81,8	86,5	80,0	88,4	85,4	96,5	85,9	97,1	17%
Orgànic	85	14%	60,8	81,2	85,0	79,1	87,3	85,7	96,3	86,3	97,1	13%
Rebuig	269	46%	62,3	82,1	85,0	80,2	87,6	86,2	97,4	86,9	98,1	51%
6248-HXH	234	40%	62,5	81,9	85,5	80,2	87,9	86,0	96,9	86,7	97,6	40%
6307-HXH	107	18%	62,8	82,0	87,2	81,8	89,2	85,9	97,2	86,5	97,9	19%
8192-HXJ	246	42%	62,2	82,1	86,9	80,7	88,9	85,5	97,0	86,9	97,7	42%
Tot	587		62,4	82,0	86,4	80,6	88,5	85,7	96,9	86,6	97,6	

II Congrés
d'Acústica de
Catalunya

- S'escullen posicionaments consecutius d'autobusos on:
 - El primer punt està al **sud del sensor** no més de 200 m i a no més de 40 m en direcció est oest.
 - El segon punt està al **nord del sensor** no més de 200 m i a no més de 40 m en direcció est oest.
 - Sentit de moviment **cap al nord**.
 - Passen menys de **45s** entre punts.
 - Passa més d'**1 min** entre passos.



II Congrés d'Acústica de Catalunya

Determinació de l'instant de pas al costat del sensor de so:

- Primer es calcula l'instant de pas interpolat: $t_{Sensor} = t_{Sud} + t_{Sud a Nord} \cdot \frac{d_{Sud a Sensor}}{d_{Sud a Sensor} + d_{Sensor a Nord}}$
- Després, de les dades d'intensitat del sensor de so, ens quedem com a instant de pas al costat del sensor aquell que té un valor d'intensitat màxim en l'entorn de 10 s abans i després de l'instant de pas interpolat.

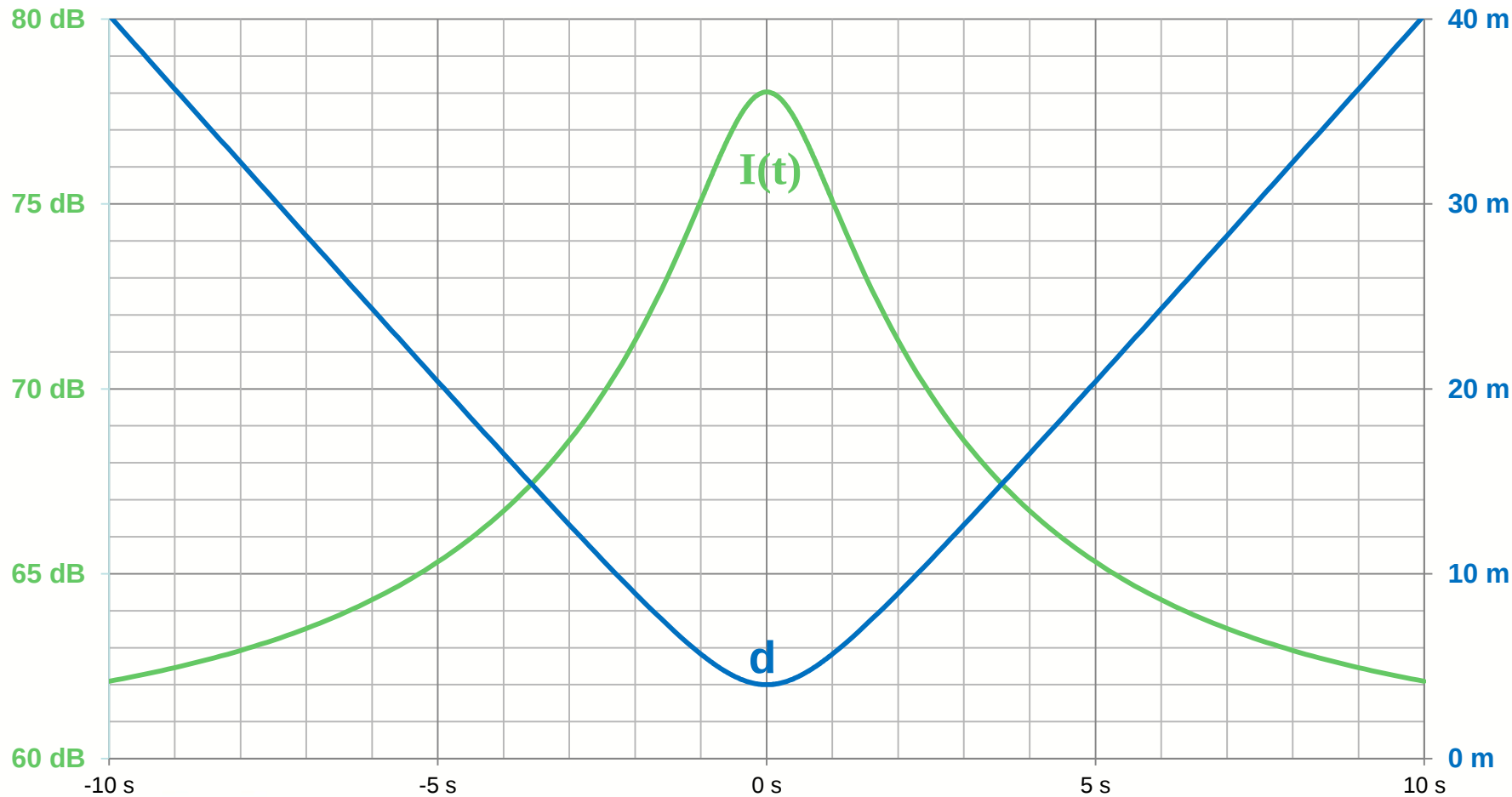
Intensitat sonora en funció de distància a la font:

- Suposant una font de soroll puntual d'intensitat sonora k es reparteix simètricament per l'espai a una distància d i amb un soroll de fons d'intensitat sonora f : $I(d) = \frac{k}{d^2} + f$
- Suposant que la font es mou a una velocitat constant al llarg d'una línia que es troba a una distància D tenim que $d = \sqrt{(v \cdot t)^2 + D^2}$ i així: $I(t) = \frac{k}{(v \cdot t)^2 + D^2} + f$



AC
UST
I
AT

**II Congrés
d'Acústica de
Catalunya**



AC
UST
I
AT

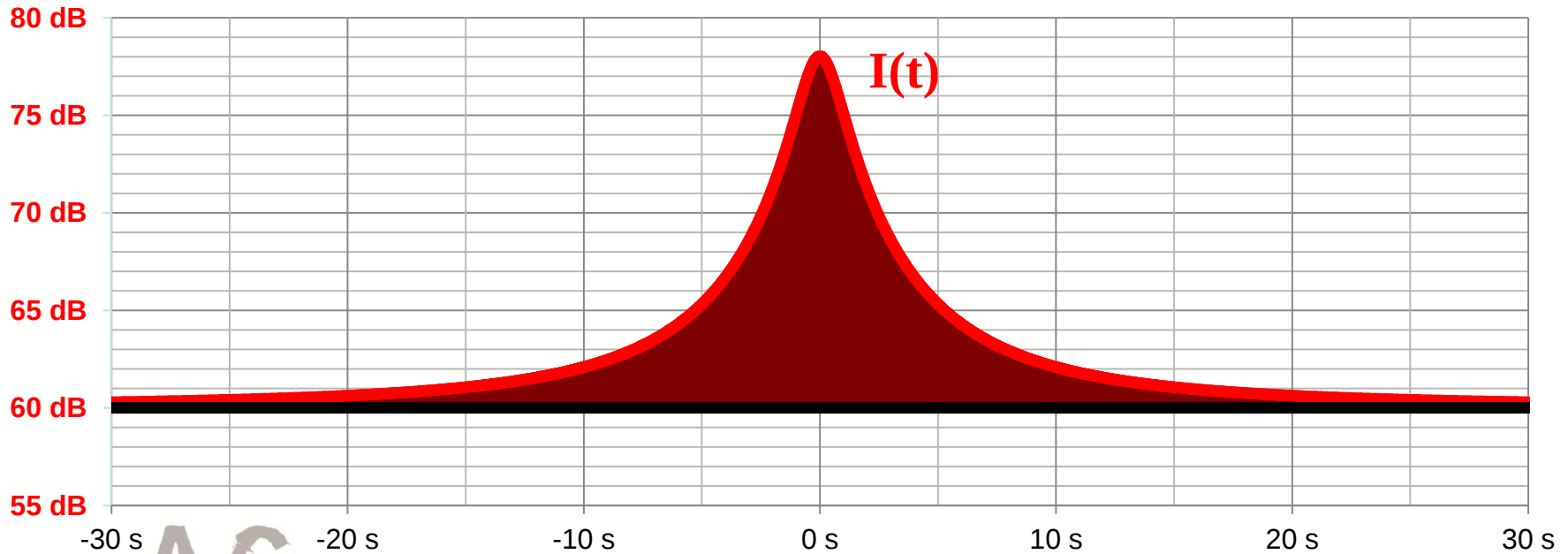
Intensitat sonora i distància al
sensor en funció del temps

**II Congrés
d'Acústica de
Catalunya**

Càlcul de l'impacte acústic de cada pas d'autobús:

- La integració de la intensitat sonora al llarg de tot el temps d'un pas, excloent la del soroll de fons, ens dona el seu impacte acústic:

$$\int_{-\infty}^{\infty} (I(t) - f) \cdot dt = 2 \cdot \int_0^{\infty} (I(t) - f) \cdot dt = 2 \cdot \left[\frac{k}{v \cdot D} \cdot \tan^{-1} \left(\frac{v \cdot t}{D} \right) \right]_0^{\infty} = \frac{k \cdot \pi}{v \cdot D}$$



AC
UST
I
AT

II Congrés
d'Acústica de
Catalunya

Ajust de les dades mesurades amb el model:

- L'ajust es realitza per a dos nivells d'agrupament:
 - Per **tipus de vehicle**.
 - Per **vehicle**.
- Primer es calcula la **intensitat sonora mitjana mesurada** al sensor durant els 121 segons de pas (de 60 s abans a 60 s després).
- Després es calculen **els paràmetres k , v i f** que fan mínima la suma de la diferència absoluta entre la intensitat sonora mitjana mesurada i la del model amb el paràmetres per cada segon.
- Assignar com a **impacte acústic d'un pas** el calculat amb el model $\frac{k \cdot \pi}{v \cdot D}$ on $D = 4$ m és la distància mínima de pas del nostre cas.



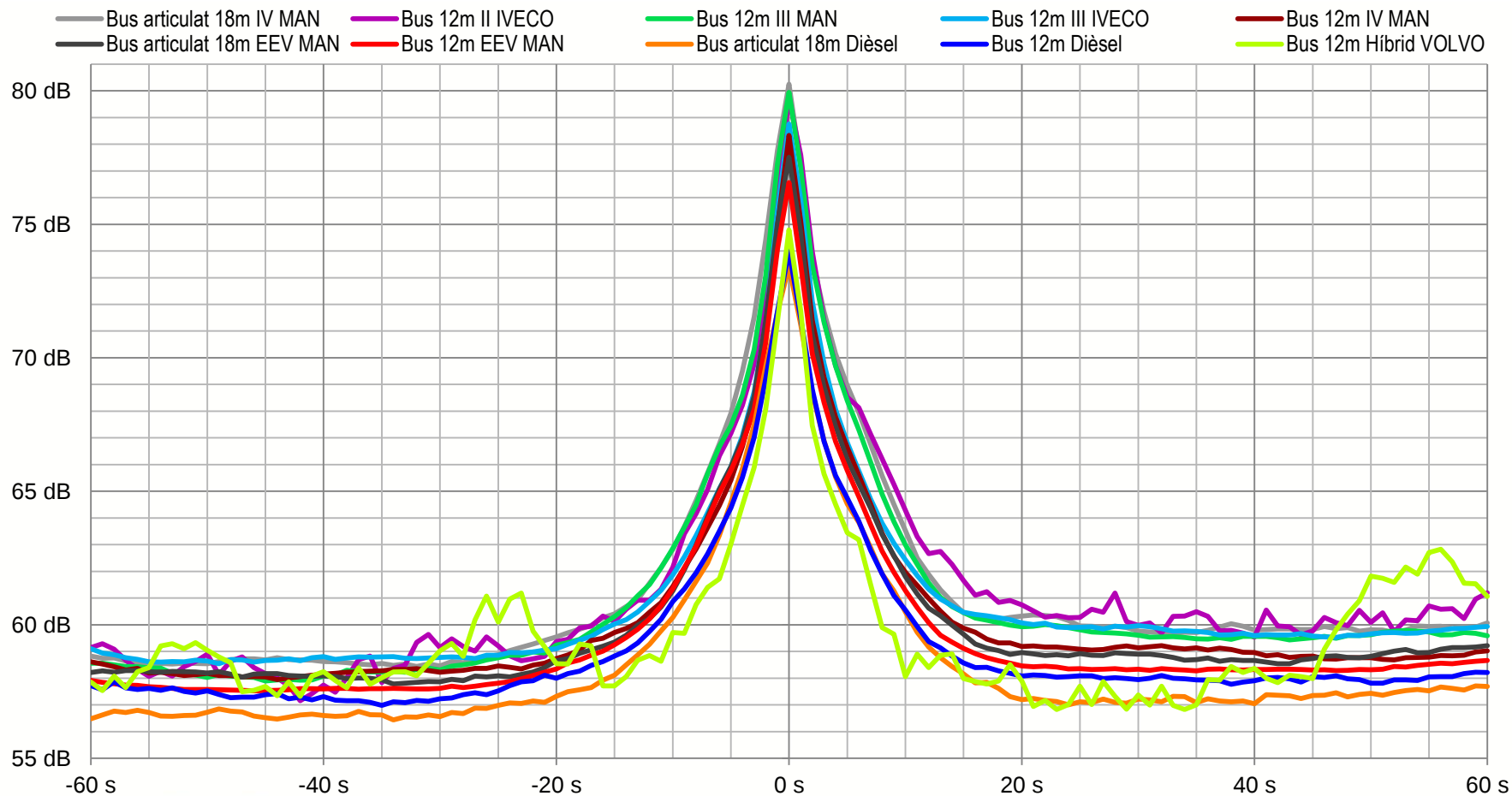
**II Congrés
d'Acústica de
Catalunya**

Resultats per tipus de vehicle:

<u>Tipus Vehicle</u>	<u>Mostra</u>	<u>k</u>	<u>v (m/s)</u>	<u>f</u>	<u>Error model</u>	<u>Impacte acústic</u>
Bus articulat 18m IV MAN	551	1794733627 (92,54 dB)	3,68	711213,51 (58,52 dB)	55,43 dB	85,83 dB
Bus 12m II IVECO	40	1577611270 (91,98 dB)	3,59	814704,28 (59,11 dB)	56,78 dB	85,38 dB
Bus 12m III MAN	1256	1698243652 (92,30 dB)	4,19	763835,78 (58,83 dB)	54,49 dB	85,03 dB
Bus 12m III IVECO	1969	1300169578 (91,14 dB)	4,45	857037,85 (59,33 dB)	53,36 dB	83,61 dB
Bus 12m IV MAN	1304	1183041556 (90,73 dB)	4,49	711213,51 (58,52 dB)	53,17 dB	83,16 dB
Bus articulat 18m EEV MAN	900	954992586 (89,80 dB)	3,86	653130,55 (58,15 dB)	52,35 dB	82,89 dB
Bus 12m EEV MAN	3939	711213514 (88,52 dB)	3,61	597035,29 (57,76 dB)	52,89 dB	81,90 dB
Bus articulat 18m Dièsel	460	298538262 (84,75 dB)	2,17	433510,88 (56,37 dB)	50,61 dB	80,34 dB
Bus 12m Dièsel	470	319889511 (85,05 dB)	2,51	558470,19 (57,47 dB)	51,06 dB	80,00 dB
Bus 12m Híbrid VOLVO	13	523600437 (87,19 dB)	4,79	647142,62 (58,11 dB)	53,88 dB	79,34 dB



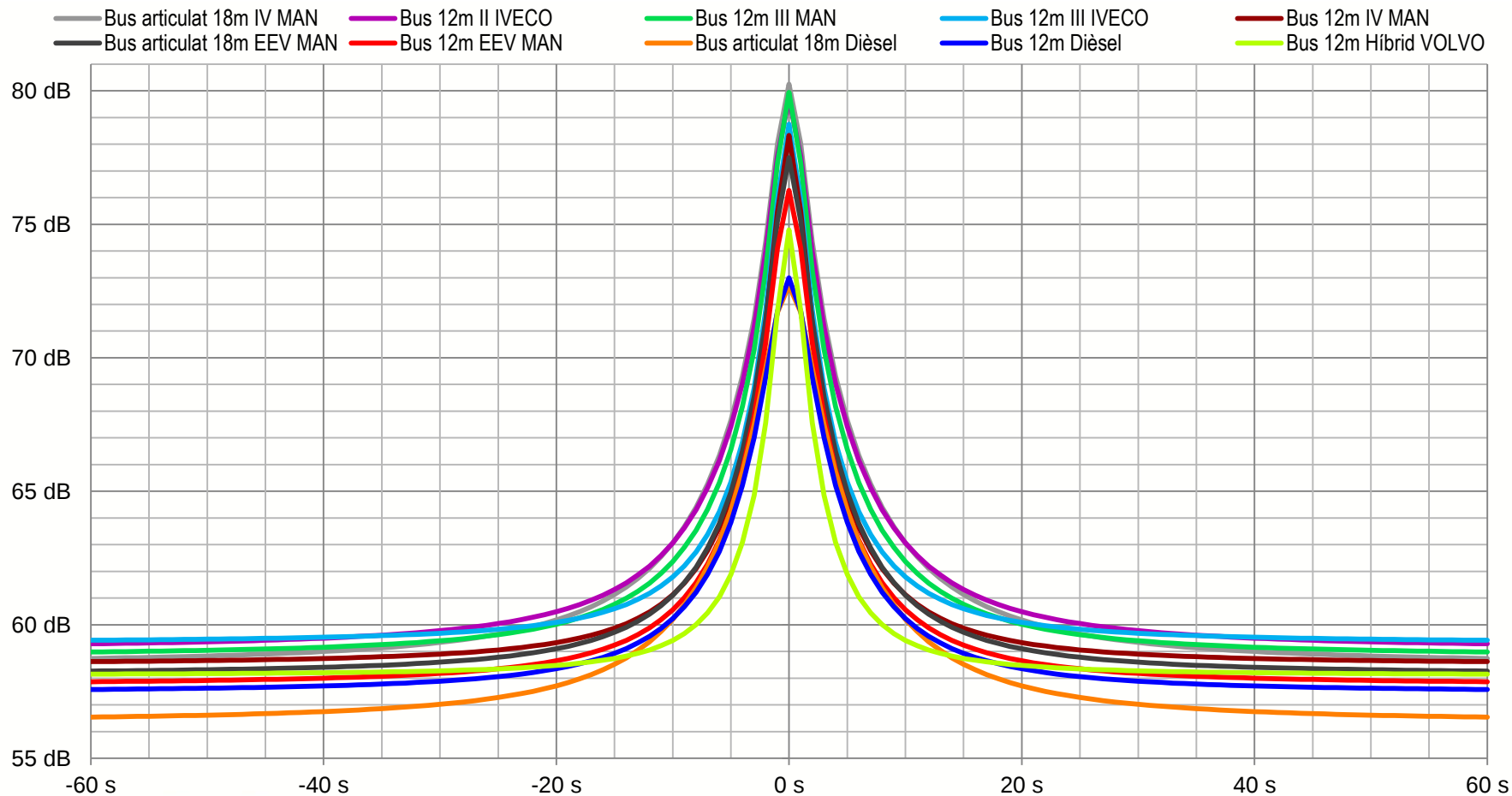
**II Congrés
d'Acústica de
Catalunya**



AC
UST
I
ÀT

Intensitat sonora mitjana
per tipus de vehicle

**II Congrés
d'Acústica de
Catalunya**



AC
UST
I
AT

Intensitat sonora model
per tipus de vehicle

**II Congrés
d'Acústica de
Catalunya**



II Congrés d'Acústica de Catalunya

CONCLUSIONS

L'ús de sensors de so en el control de la flota de vehicles pesants de serveis municipals:

- És una eina potent d'ajuda a la gestió de la flota de vehicles.
- Permet quantificar l'impacte acústic de cada vehicle individualment i del servei en conjunt.
- Obre la porta a interactuar amb els vehicles a mesura que aquests es facin més "intel·ligents".



**II Congrés
d'Acústica de
Catalunya**

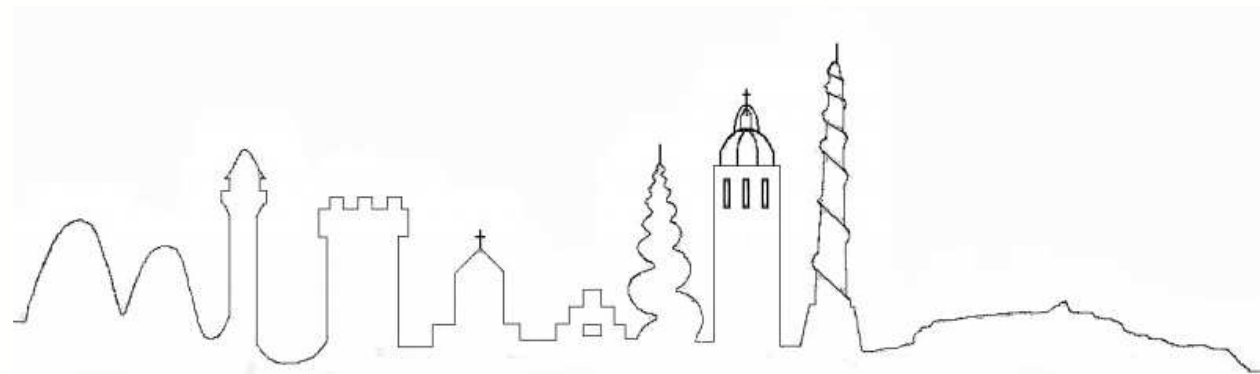
Gràcies per la vostra atenció!



Antoni.Alsina@terrassa.cat

Alex.Abril@terrassa.cat

AC
UST
I
AT



**II Congrés
d'Acústica de
Catalunya**