

DETERMINACIÓN DE LOS ÍNDICES ACÚSTICOS SIGNIFICATIVOS EN LA CARACTERIZACIÓN DE FUENTES DE RUIDO

PACS 43.28.Lv

Martín Bravo¹, M^a A.; Arias Puga, J.E.; Alonso Sánchez, A.; González Dávila, J.C.

Universidad de Valladolid

¹Dpto. de Termodinámica y Física Aplicada de la E.U. Politécnica

Francisco Mendizábal s/n.

47014 Valladolid. España

Tel: 983 423 500

Fax: 983 423 490

E-mail: maruchi@sid.eup.uva.es

ABSTRACT

The aim of this work is to determine the most significant acoustic index in noise sources. The method followed allows determine the values of index due to an unknown source when it works simultaneously with another controlled source. Comparing results with the values measured directly it can be concluded which of the index and in what conditions it is possible to separate the contribution of both sources.

By performing several measurements in different points, and from the theoretical model used, it is possible to characterize the unknown source. This will allow to predict the levels due to this source in any point.

RESUMEN

El objetivo de este trabajo es determinar qué índices acústicos son significativos en la caracterización de fuentes de ruido. El método de trabajo desarrollado permite determinar los valores de los índices acústicos debidos a una fuente desconocida, cuando funciona simultáneamente con otra fuente controlada. Comparando los resultados obtenidos con los medidos directamente, se puede concluir qué índices y en qué condiciones permiten separar la contribución de las dos fuentes.

Realizando varias determinaciones en distintos puntos, y a partir del modelo teórico utilizado, es posible caracterizar la fuente desconocida, lo que permitirá poder predecir los niveles debidos a esta fuente en cualquier punto.

INTRODUCCIÓN

Para conseguir caracterizar fuentes de ruido, se ha desarrollado un procedimiento que tiene como base la utilización de un modelo teórico para el cálculo del nivel de presión sonora producido por una fuente conocida, en cualquier punto de un recinto.

Se ha comenzado haciendo medidas de nivel de presión sonora producido por una fuente en distintos recintos (diferentes laboratorios de la Escuela), comprobando cómo las características

de los recintos influían en el resultado de las medidas; finalmente se eligió el laboratorio de fluidomecánica como único recinto para realizar todas las medidas. Para fijar el tiempo de integración de las medidas se realizarán medidas con distintos tiempos, comprobando que a partir de 30 segundos no se apreciaban variaciones significativas, por lo que fue este el tiempo elegido.

Con todos estos ensayos, y en la certeza de que los niveles de medidas dependen del tipo de recinto y por supuesto del tipo de fuente, elegimos un modelo teórico que incluyera estas dependencias.

MODELO TEÓRICO

El modelo elegido fue el de Hopkins-Striker, cuyo trabajo fue publicado en 1948 y modificado no hace muchos años por Pentz y Davis para poder dar cuenta de fuentes múltiples, espacios semirreverberantes, modificadores de la distancia crítica y otros modificadores electroacústicos de la relación entre el sonido directo y el reverberante.

La ecuación inicial de Hopkins-Striker está basada, en la suposición de campo sonoro reverberante. En este caso la expresión del nivel total de presión sonora puede ser separada en dos términos que den cuenta del campo sonoro directo y del campo sonoro reverberante.

Mediciones y cálculos empíricos posteriores han hecho necesario introducir un término adicional para situaciones de campos semirreverberantes. Estos campos se caracterizan por el parámetro ΔdB , definido como el número de decibelios que el nivel real calculado a una distancia de la fuente doble de la crítica, es inferior al nivel predicho por la ecuación básica a la misma distancia. Este parámetro viene dado por la expresión:

$$\Delta dB = 0,4 \left(\frac{\sqrt{V}}{T_h} \right)$$

y pueden darse las siguientes situaciones:

- 1.- Si $\Delta dB < 1.0$, el campo es prácticamente reverberante y el nivel total se calcula como la suma del nivel directo y del nivel reverberante, con las correcciones introducidas en el método modificacio.

$$L_T = L_W + 10 \log \left(\frac{Q \cdot Me}{4 \cdot \pi \cdot D_x^2} + \frac{4}{S \cdot a \cdot Ma} \right) + 0,2$$

- 2.- Si $\Delta dB > 5.0$, el campo es prácticamente libre y el nivel total coincide con el nivel directo.
- 3.- Si $\Delta dB \ll 0.5$, el campo es reverberante y el nivel total coincide con el nivel reverberante.
- 4.- Si $1.0 < \Delta dB < 5.0$, el campo es semirreverberante y el nivel total se calcula incluyendo un término adicional negativo al valor correspondiente al campo reverberante.

$$L_{REAL} = L_W + 10 \log \frac{Q}{4 \pi D_c^2} + 1,329 \frac{\sqrt{V}}{h \cdot T} \log \frac{D_c}{D_x > D_c} + 0,2$$

donde: Me es cualquier modificador electroacústico que cambie el nivel sonoro
Ma es el modificador arquitectónico.

$$Ma = \frac{1 - \bar{a}}{1 - a_c} \frac{Q_{REAL}}{Q_{TEOR}}$$

Q_{Real} es el índice de directividad medido como el cociente entre la intensidad sonora en el punto considerado y el valor que en ese punto produciría una fuente onnidireccional con igual potencia

$Q_{Teórico}$ se calcula a partir de la fórmula de Malloy que depende de los ángulos de cobertura en los planos vertical (ϕ) y horizontal (ϑ).

CARACTERIZACIÓN DE LA FUENTE

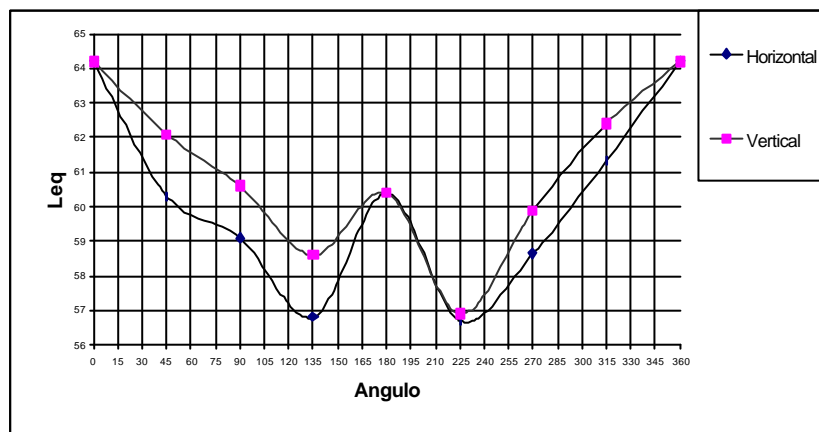
Percentiles. Se han determinado los percentiles L_{10} y L_{90} .

Directividad. El valor de Q_{Real} se ha determinado aplicando el método clásico con medidas de 10 en 10 grados para todas las bandas de tercio de octava comprendidas entre 125 y 8000Hz.

125 Hz	200 Hz	250 Hz	315 Hz	400 Hz	500 Hz	630 Hz	800 Hz	1000 Hz	1250 Hz
0.55	1.48	1.24	1.64	0.99	2.02	1.61	1.66	4.24	2.49

1250 Hz	1600 Hz	2000 Hz	2500 Hz	3150 Hz	4000 Hz	5000 Hz	6300 Hz	8000 Hz	Promedio
2.89	1.45	3.25	1.14	1.92	2.08	2.46	5.29	8.37	2.40

Para determinar el $Q_{Teórico}$ se han medido los ángulos de cobertura en los planos vertical (ϕ) y horizontal (ϑ). Para algunas de las bandas de frecuencia el nivel de presión sonora no descendiende los 6 dB requeridos para el cálculo, por lo que se ha determinado únicamente los ángulos de cobertura para los niveles totales de presión sonora.



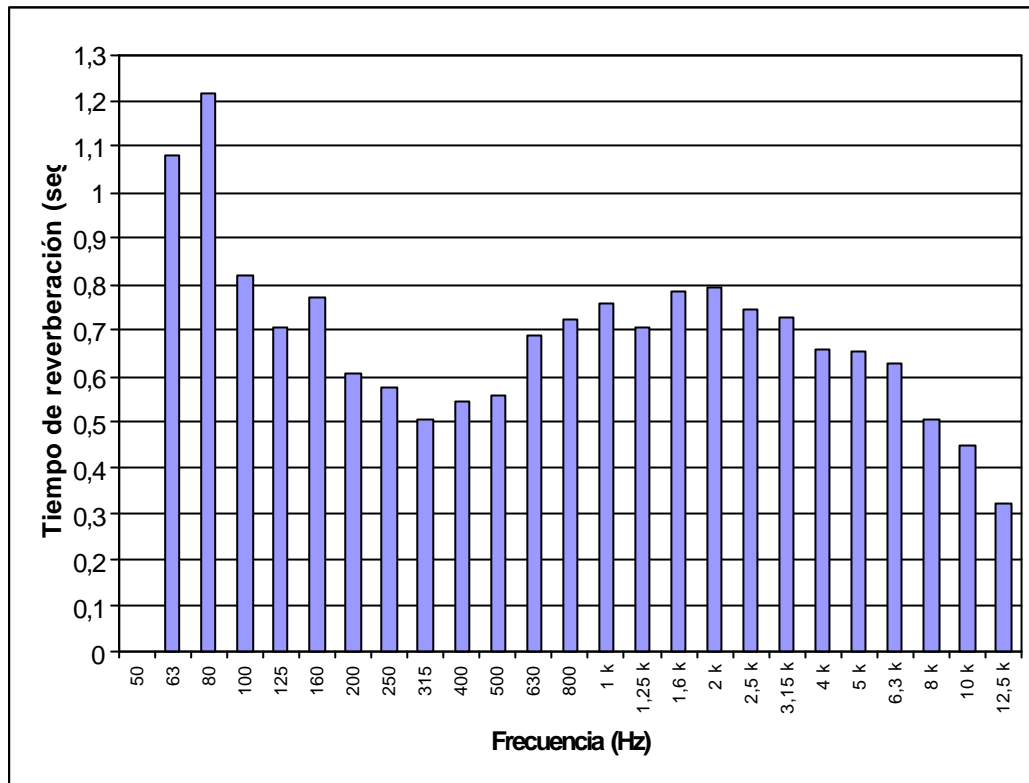
Los resultados obtenidos son $\phi = 198^\circ$ y $\vartheta = 283^\circ$, lo que sustituido en la ecuación de Malloy da:

$$Q_{teor} = \frac{180^\circ}{\arcsen(\sen \frac{\phi}{2} \sen \frac{\vartheta}{2})} = 4.74$$

Nivel de Potencia (L_w). El cálculo se ha hecho en base a medidas realizadas siguiendo el procedimiento descrito en la norma ISO 3746: 1995.

CARACTERIZACIÓN DEL RECINTO

Absorción del Recinto ($S\bar{a}$). En lugar de calcularlo directamente lo hemos determinado a partir de la medida del tiempo de reverberación, cuya gráfica se representa a continuación, que hemos realizado para cada tercio de octava. A partir de la fórmula de Sabine se determina la absorción del recinto.



Distancia Crítica (Dc). Es la distancia a la fuente del punto en el que las aportaciones del campo libre y del campo reverberante son iguales. Se obtiene:

$$Dc = 3,32 \text{ m}$$

Modificadores. El modificador electroacústico (Me) no interviene en nuestro caso, y el modificador arquitectónico (Ma) que resulta aplicando la expresión anterior es:

$$Me = 1 \quad ; \quad Ma = 0,36$$

Procedimiento Utilizado

Una vez caracterizada la fuente y el recinto se puede conocer el nivel total de presión sonora que produce esa fuente en cualquier punto del recinto, aplicando la ecuación de Hopkins-Striker modificada, correspondiente a $\Delta dB < 1.0$ (valor obtenido en nuestro recinto).

Ponemos a funcionar simultáneamente en el recinto la fuente conocida y otra desconocida, y medimos el nivel total de presión sonora producido en un punto determinado. Como el nivel debido a la fuente conocida se puede predecir por el modelo teórico, el nivel de la fuente desconocida se puede calcular por diferencia de niveles.

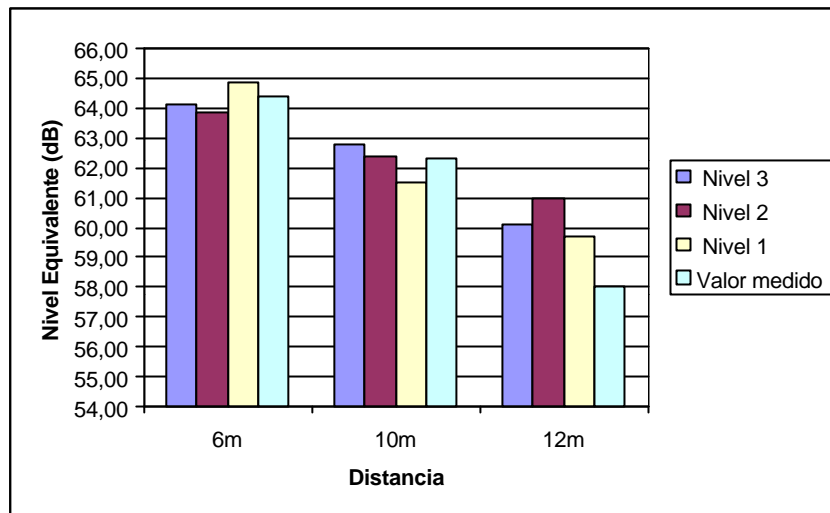
Este nivel calculado se compara con el nivel real que produce la fuente desconocida en el punto considerado para analizar la bondad del método.

Como fuente controlada se ha utilizado el ruido producido por un ventilador, una grabación de música y otra de ruido de tráfico. Para cada una de estas fuentes se han utilizado tres niveles, todos ellos inferiores al de la fuente desconocida.

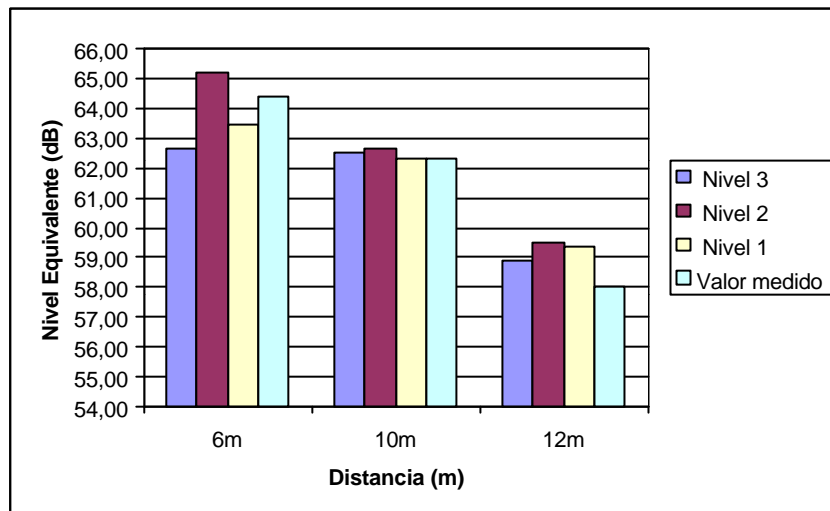
Se ha medido en tres puntos equidistantes de las dos fuentes, situados a 6, 10, y 12 metros respectivamente. Cuando el parámetro medido fue el L_{eq} con un tiempo de integración de 30 segundos, se obtuvo una aceptable concordancia entre el valor predicho y el medido directamente, como puede verse en las gráficas siguientes, donde se representa, para cada punto, los valores predichos con los distintos niveles de la fuente controlada y el valor medido.

Comparación Nivel Predicho y Medido para distintos niveles de la fuente controlada:

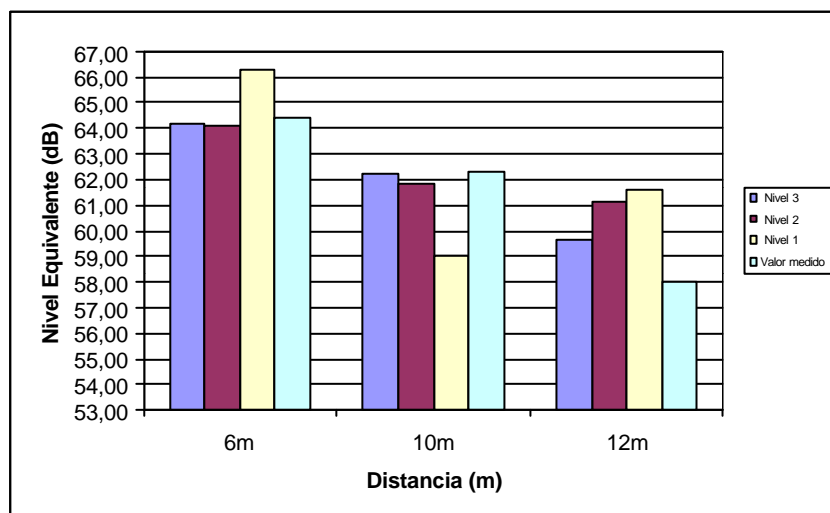
a) Ventilador



b) Tráfico



c) Música



Los resultados mejores corresponden a los puntos situados a 6 y 10 m. de las fuentes, y a los niveles 2 y 3 de la fuente controlada, que son los niveles más bajos de esta fuente.

Para la predicción de los percentiles se han medido éstos para cada una de las fuentes a 2 metros de ella, y en cada uno de los tres puntos anteriores para los valores correspondientes a las dos fuentes funcionando simultáneamente. Admitiendo que en cualquier punto los

percentiles globales son debidos a las aportaciones de los percentiles de ambas fuentes, y que los valores ($L_{10} - L_{eq}$) y ($L_{eq} - L_{90}$) se mantienen constantes en todos los puntos del recinto, se ha intentado predecir los valores de los percentiles de la fuente desconocida a partir de los valores totales y de los de la fuente conocida. La conclusión obtenida es que no se pueden predecir de modo fiable, únicamente se pueden fijar límites máximos o mínimos, según corresponda, para los percentiles de la fuente desconocida, como puede verse en las tablas siguientes:

Fuente		Fuente Control.	Ambas Fuentes	Fuente desconocida			
		L10-Leq	L10-Leq	L10-Leq	Leq	L10 calculado	L10 med.
Ventilador	Nivel 3	0,50	2,80	Mayor que 2,8	64,15	Mayor que 66,95	68,40
	Nivel 2	0,40	3,00	Mayor que 3	63,84	Mayor que 66,84	
	Nivel 1	0,30	2,00	Mayor que 2	64,88	Mayor que 66,88	
Música	Nivel 3	2,90	3,40	Mayor que 3,4	64,18	Mayor que 67,58	
	Nivel 2	2,90	3,20	Mayor que 3,2	64,08	Mayor que 67,28	
	Nivel 1	2,90	2,40	Menor que 2,4	66,28	Menor que 68,68	
Tráfico	Nivel 3	2,00	2,40	Mayor que 2,4	62,65	Mayor que 65,05	
	Nivel 2	1,90	2,80	Mayor que 2,8	65,20	Mayor que 68,00	
	Nivel 1	2,10	2,10	Mayor que 2,1	63,44	Mayor que 65,54	

Fuente		Fuente Conoci.	Ambas Fuentes	Fuente desconocida			
		L90-Leq	L90-Leq	L90-Leq	Leq	L90 calculado	L90 med.
Ventilador	Nivel 3	0,70	5,00	Mayor que 5,00	64,15	Menor que 59,15	51,80
	Nivel 2	0,80	5,60	Mayor que 5,60	63,84	Menor que 58,24	
	Nivel 1	0,70	2,80	Mayor que 2,80	64,88	Menor que 62,08	
Música	Nivel 3	7,70	9,00	Mayor que 9,00	64,18	Menor que 55,18	
	Nivel 2	7,30	10,00	Mayor que 10,00	64,08	Menor que 54,08	
	Nivel 1	7,50	7,60	Mayor que 7,60	66,28	Menor que 58,68	
Tráfico	Nivel 3	2,60	4,80	Mayor que 4,80	62,65	Menor que 57,85	
	Nivel 2	2,50	5,00	Mayor que 5,00	65,20	Menor que 60,20	
	Nivel 1	2,90	2,90	Mayor que 2,90	63,44	Menor que 60,54	

CARACTERIZACIÓN DE LA FUENTE DESCONOCIDA

Si realizamos medidas para predecir el L_{eq} de la fuente desconocida en tres puntos diferentes del recinto, podemos aplicar la fórmula de Hopkins – Striker modificada a los valores predichos en cada punto y resolviendo el sistema que resulta, obtener los valores de L_w , Q y M_a para esta fuente. De esta forma queda caracterizada la fuente y se podrán calcular los niveles que produce en cualquier punto.

CONCLUSIONES

- El índice acústico adecuado para separar la contribución de dos fuentes, es el L_{eq} con un tiempo de integración no inferior a 30 segundos.
- El método propuesto permite predecir el L_{eq} de la fuente desconocida con un error menor de 3 dB.
- Las mayores discrepancias entre el L_{eq} predicho y el real corresponden al nivel más alto de la fuente controlada (niveles más próximos de ambas fuentes).
- No es posible predecir los valores máximo y mínimo de la fuente (percentiles L_{10} y L_{90}), únicamente se pueden acotar sus valores.
- El procedimiento seguido, con ayuda del modelo teórico de Hopkins-Striker, permite caracterizar fuentes de ruido.