

## **MEJORA DE LA EFICACIA EN LA EVALUACIÓN DE COMPONENTES DE BAJA FRECUENCIA**

PACS: 43.50.Rq

Robert Barti  
Asesor y consultor acústico  
RBD acoustic engineering  
Calle La Vinya, 32  
08041 Barcelona  
España  
Tel: +34 619 983 384  
E-mail: robert@rbd.com

### **ABSTRACT**

In the last edition of Tecniacústica 2010, the problem of the unreliability of the methods currently used for the evaluation of low-frequency components under current legislation was discussed. On that occasion an initial approach based on the loudness of noise was presented, for the evaluation of low-frequency components of a sound that was aimed at a better correlation with the subjective evaluation indicator. The work presented in this occasion, adds more cases that allows for a greater degree of reliability, and seems to show better results than actual procedures. This paper presents the results obtained and compared with existing indicators.

### **RESUMEN**

En la pasada edición del Tecniacústica 2010, se expuso el problema de la poca fiabilidad de los métodos actualmente utilizados para la evaluación de las componentes de baja frecuencia según la Legislación vigente. En esa ocasión se presentó una primera aproximación de un indicador basado en la sonoridad, para la evaluación de las componentes de baja frecuencia de un sonido que apuntaba a una mejor correlación con la valoración subjetiva. El trabajo presentado en esta ocasión, añade más casos lo que permite disponer de un mayor grado de fiabilidad, y parece ofrecer unos resultados más. Esta comunicación presenta los resultados obtenidos y se comparan con los indicadores estándar actuales.

### **1. INTRODUCCIÓN**

Uno de los problemas más comunes en las quejas por ruido, suele ser la percepción de sonidos procedentes de actividades o de vecinos, en el dormitorio, lo que impide o dificulta conciliar el sueño. En particular la baja frecuencia suele ser el peor caso ante el que nos podemos encontrar. Es una señal que en general es difícil localizar su procedencia, lo que genera una mayor irritación sobre las personas afectadas. La descripción que realizan los afectados es bastante coincidente en la mayoría de casos. Se describe el ruido percibido como un sonido ensordecedor y en ocasiones con la sensación de temblores (vibraciones). Esta descripción encaja muy bien con la sensación que produce un sonido donde la energía acústica se concentra en las bandas de baja frecuencia. Además los afectados suelen comprobar sin entender por qué sucede, cómo el sonido se percibe

en unas zonas con mayor intensidad que en otras, lo que genera mayor confusión. Los efectos de la baja frecuencia difieren de los ruidos de espectro amplio, y distintos trabajos de investigación muestran que un sonido con un elevado contenido de baja frecuencia es más molesto que un sonido con el mismo nivel de presión acústica pero sin baja frecuencia. (Persson et al. 1990).

La penalización de un ruido por considerar la presencia de componentes de baja frecuencia es de vital importancia en niveles de inmisión en espacios cerrados. Para una zona sensible como un dormitorio, el límite máximo de inmisión permitido se sitúa en 25 dB(A). Teniendo en cuenta que el límite inferior del equipo de medida se sitúa generalmente entorno a los 18 dB(A), queda muy poco margen para dirimir si un ruido supera o no el límite establecido. Nótese que la penalización por componentes de baja frecuencia según las legislaciones vigentes, establece un escalado de 3 dB o 6 dB, que se suman algebraicamente al nivel sonoro medido. Es por tanto relativamente fácil que el nivel evaluado, supere el máximo permitido de 25 dB(A), si se aplica una penalización.

## 2. EVALUACIÓN DE LAS COMPONENTES DE BAJA FRECUENCIA.

### 2.1. Presencia de componentes de baja frecuencia según RD 1367/2007.

La metodología descrita en el anexo IV, parte de la medición simultánea de los niveles de ruido expresados en dB(A) y dB(C). En general cuanto mayor sea la diferencia entre ambos indicadores, mayor proporción de baja frecuencia respecto las frecuencias medias y altas y por tanto mayor percepción de los graves. El método expuesto en el anexo IV determina  $L_f$ , como la diferencia entre  $L_{eqC} - L_{eqA}$  debidamente corregidos por el ruido de fondo. Cuando esta diferencia es inferior a los 10 dB, se considera que no hay percepción de componentes de baja frecuencia. Cuando este indicador está entre 10 y 15 dB, se considera que hay una percepción neta, y cuando se superan los 15 dB, se considera que la percepción es fuerte. Este procedimiento no tiene en cuenta las condiciones acústicas del entorno ni el espectro de ruido residual, que altera a la capacidad sensitiva del oído.

### 2.2. Presencia de componentes de baja frecuencia según D176/2009.

La metodología utilizada de base es la misma del RD 1367/2007, pero limita la banda de frecuencias entre 20 Hz y 160 Hz. El método tiene dos partes: en un primer paso, se considera que no hay percepción de baja frecuencia si el desnivel  $L_{eqC} - L_{eqA}$  (20Hz-160Hz) es menor de 20 dB. Caso de obtener un desnivel superior se aplica al nivel sonoro sin ponderar, un segundo criterio basado en la audibilidad del sonido según norma ISO 226:2003. Se determina el índice  $L_B$  como la suma del contenido energético de las bandas que superan el umbral audible. Finalmente se considera que no hay percepción de baja frecuencia si  $L_B$  es menor de 25 dB. Se considera percepción neta cuando este indicador se encuentra entre 25 y 35 dB, y se considera una percepción fuerte para niveles de  $L_B$  superiores a los 35 dB.

Ambos métodos parten del valor energético del ruido, corregido por el ruido de fondo, para evaluar la presencia de componentes de baja frecuencia. Estos métodos se basan en el valor energético absoluto, y no tienen en cuenta el nivel del ruido de fondo, como referencia. Respecto de la sensación humana, la sensación de molestia de un ruido se rige más bien por la diferencia de niveles, es decir de la inmisión respecto del ruido de fondo. Por lo tanto, aunque el espectro presente un valor energético absoluto elevado, no significa que su contenido de baja frecuencia sea elevado.

## 3. MÉTODOS PARA LA EVALUACIÓN DE COMPONENTES DE BAJA FRECUENCIA.

No existe ningún método aceptado como modelo o estándar. Existen distintos métodos que tratan de dar respuesta a éste problema. La tabla siguiente resume los métodos más importantes.

PAIS	PUNTOS MEDIDA	UBICACIÓN PUNTOS	PUNTO EN ESQUINA	RANGO FRECUENCIAS	DIST. MIN. PAREDES	ALTURA
Alemania	1	1 tecnico		10 - 80		
Austria	1	1 tecnico		10 - 80		
Dinamarca	3	2 usuario	1	5 - 160	0,5	
España	3 +	3 técnico		20 - 20.000	1	1,2 - 1,5
Finlandia	múltiples	usuario		20 - 200	1	
Holanda	1	1 tecnico / usuario	1 opcional	20 - 100	0,2 a 0,5	
ISO 16032	3	2 usuario	1	20 - 200	0,1	0,1
Japón	1	1 usuario		10 - 80		
Suecia	3	2 usuario	1	31,5 - 200	0,5	0,6-1,2-1,6
USA	múltiples		preferentemente			

Aunque se aprecian diferencias entre los distintos métodos de medida, hay algunos aspectos que son bastante coincidentes. Por ejemplo, el margen de frecuencia se centra generalmente de 20 a 200 Hz, los puntos de medida son múltiples, y las distancias a los elementos constructivos suelen ser menores de 1 m. Resulta destacable que en algunos de estos métodos, los puntos de medida los fija o determina el afectado. Las mediciones en las esquinas, siempre presentan niveles de baja frecuencia superiores a otros puntos dentro del recinto. En éste aspecto no hay unanimidad, probablemente porque en general los puntos donde se encuentran mayoritariamente las personas no suelen ser las esquinas de los recintos, por lo que hacer una medición en la esquina, no nos indica el grado de afectación real al que se ve sometida la persona afectada.

Respecto de los niveles máximos permitidos para las distintas bandas de frecuencia, no todos los métodos establecen un límite máximo. La tabla siguiente resume los niveles máximos permitidos para distintas legislaciones.

Hz	ISO 226	Nº9 1997 Dinamarca	SP INFO 1996:17 Suecia	Defra 2005 Reino Unido	DIN 45680 Alemania 1997	DIN 45680* Alemania 2013	Holanda	Finlandia
8					103	100		
10		90,4		92	95	92	92	
12,5		83,4		87	87	84	88	
16		76,7		83	79	76	84	
20	78,5	70,5		74	71	68,5	74	74
25	68,7	64,7		64	63	58,7	64	64
31,5	59,5	59,4	56	56	55,5	49,5	55	56
40	51,1	54,6	49	49	48	41,1	46	49
50	44	50,2	43	43	40,5	34	39	44
63	37,5	46,2	41,5	42	33,5	27,5	33	42
80	31,5	42,5	40	40	33	21,5	27	40
100	26,5	39,1	38	38	33,5	16,5	22	38
125	22,1	36,1	36	36		12,1	18	36
160	17,9	33,4	34	34			14	34
200	14,4		32				10	32
250	11,4							

Resulta bastante obvio que los niveles de baja frecuencia medidos dependen en gran medida de la posición elegida. Para valorar la molestia generada por la baja frecuencia, los promedios entre distintas mediciones no son adecuados, ya que las personas presentes en los puntos de mayor nivel no se benefician de que en otros puntos el nivel sonoro sea inferior. Por esto parece que lo más aconsejable sea escoger los puntos allí donde el usuario manifiesta que oye el ruido con más intensidad. (Simmons C. 1997). Pedersen propone un método donde se mide únicamente en las cuatro esquinas del recinto, se realiza un promedio energético buscando el máximo valor y se le resta 4 dB. Las incertidumbres asociadas a este método son muy bajas, y hay una buena correlación con la molestia. Sin embargo la distribución de energía de baja frecuencia no siempre es simétrica y por otro lado los resultados prácticos muestran que con éste método, en general se sobervaloran los niveles percibidos por los afectados. Los casos prácticos que se muestran en este trabajo se han medido en las posiciones donde las personas afectadas manifiestan que se oye el ruido con mayor intensidad.

#### 4. PERCEPCIÓN DE COMPONENTES DE BAJA FRECUENCIA.

El oído interno dispone de dos tipos de células ciliadas: las células ciliadas interiores (CCI) y las células ciliadas exteriores (CCE). Las CCI no están acopladas mecánicamente a la membrana tectónica, son sensibles a la velocidad de las vibraciones, haciéndolas insensibles a bajas frecuencias. Las CCE son mucho más numerosas están acopladas mecánicamente a la membrana tectónica, y son sensibles al desplazamiento haciéndolas sensibles a las bajas y muy bajas frecuencias. Las CCE están conectadas al cerebro mediante la vía aferente de tipo II que puede introducir atenuación en las bajas frecuencias. Esta misma vía aferente es la utilizada para las señales de alarma y los tinnitus. Algunos trabajos (Krahé 2010) muestran que el contenido de las medias y altas frecuencias enmascara la percepción de las bajas frecuencias.

Las quejas por percepción de baja frecuencia han aumentado notablemente en los últimos años, en la mayoría de países de la UE. Este fenómeno se debe a que la población se ha vuelto más sensible? Hay un incremento de los niveles de baja frecuencia? Sin duda el uso abusivo de la

ponderación A ha tenido algo que ver, ya que esta ponderación atenúa fuertemente el nivel de baja frecuencia por lo que los resultados obtenidos no se ajustan a la realidad (Persson et Al. 1990, Berglund et Al. 1995, Barti 1995, Krahé 2008). Por otro lado el aislamiento de la construcción en la UE ha mejorado en las últimas décadas. Mirando con detalle, las mejoras de las soluciones constructivas y de los nuevos materiales, se han traducido en un incremento del aislamiento al ruido aéreo de las bandas de medias y altas frecuencias. Esto ha hecho disminuir el ruido en ambiente interior en estas bandas de frecuencias, pero se ha mantenido el de baja frecuencia, lo cual empeora la sensación de molestia por baja frecuencia percibido por las personas (Krahe 2008). Diversos estudios (Barti 1999, IPSOS 2003,...) evidencian que la población joven presenta un notable grado de deterioramiento auditivo, disminuyendo la sensibilidad auditiva a medias y altas frecuencias. Curiosamente la mayoría de quejas por percepción de baja frecuencia proviene de gente adulta entre 50 y 70 años. Nótese que estas personas no tienen la agudeza auditiva de la adolescencia, y por ello sufren más ante las señales de baja frecuencia.

La principal característica de la baja frecuencia es su carácter de intrusividad. Los trabajos de Lindberg y Backteman (1988) muestran que la baja frecuencia contribuye a:

1. Sensación de presión en el oído externo. Efecto similar a conducir un vehículo con ventana abierta.
2. Efectos de enmascaramiento temporal sobre las medias y altas frecuencias que dificulta la conversación. La conversación es una señal fuertemente modulada en amplitud y puede verse afectada por los llamados patrones de enmascaramiento temporal.
3. Sensación de percepción de vibraciones en algunos enseres de la casa. (mesita de noche, lámpara, etc.)

Berglund y Lindvall (1995) añaden otros efectos:

1. Deterioro de la calidad de las tareas realizadas.
2. Reducción del descanso reparador.
3. Interferencia con el sueño, dolor de cabeza, irritabilidad.

La experiencia muestra que el nivel sonoro de un ruido de baja frecuencia no tiene porqué ser elevado para generar molestia. Cuando la fuente de ruido es externa, cerrar las puertas o las ventanas de la sala, no mejora la situación, más bien la empeora, enfatizándose más aún la percepción de la baja frecuencia. Algunos trabajos (Krahe 2010) muestran que la molestia del ruido de baja frecuencia disminuye cuando hay energía a frecuencias altas. Con las ventanas abiertas, el ruido exterior de frecuencias altas, puede entrar libremente haciendo que la percepción de las bajas frecuencias disminuya. La percepción auditiva empieza estadísticamente a los 20 Hz. Pueden darse casos de sensibilidad auditiva por debajo de los 20 Hz. Aunque esto se podría considerar en principio como un caso atípico, lo cierto es que es más habitual de lo que parece. La percepción táctil del sonido se encuentra sólo a unos 20-25 dB por debajo del umbral auditivo. (Landstrom et Al. 1983). La característica del sonido cambia a medida que nos acercamos a los 20 Hz. El sonido pasa de ser continuo a ser pulsado, es decir, desaparece la tonalidad del sonido. Esta percepción de los períodos es lo que los afectados manifiestan como “se percibe como una presión en el interior del oído”. (Moller & Pedersen 2004). Este fenómeno varía de una persona a otra.

## **5. MOLESTIA GENERADA.**

La molestia generada sobre un individuo, depende por un lado de las características acústicas del ruido, y de otro de las particularidades culturales y sociales de la persona. (Guski 1999). En el caso concreto de la baja frecuencia, algunos de los descriptores más usados son:

- a. Desagradable. Los trabajos de Inurai et Al. (2000) establecen una escala de desagradabilidad del sonido por la presencia de baja frecuencia. Este trabajo muestra que un sonido de baja frecuencia no resulta molesto por el hecho de ser audible.
- b. Balance espectral. El balance energético entre las bajas, medias y altas frecuencias, describe el carácter molesto de un ruido. (Bryan 1976, Blazier 1981, Barti 2000).
- c. Diferencia dB(C) – dB(A). Los trabajos de Broner 1979, Kjellberg et Al 1997, muestran que la diferencia de dB, es un indicador del contenido de baja frecuencia. Si la diferencia

supera los 20 dB, es un indicativo de percepción de baja frecuencia. No obstante para niveles bajos de ruido, este indicador no es válido.

- d. Diferencia dB(LIN) – dB(A). Este indicador fue investigado por Cocchi et Al. 1992. Correlaciona bien para bajos niveles sonoros.
- e. Variaciones de nivel. Distintos trabajos muestran que las fluctuaciones del nivel sonoro, incrementan la sensación de molestia. (Bradley 1994, Barti 1995, Leventhall 2003).

Este último indicador es el que se ha utilizado en este trabajo por ser sencillo y fácil de aplicar, que no requiere hacer cálculos o conversiones complejas.

## **6. SONORIDAD.**

La sonoridad de un ruido tiene en cuenta el nivel y la frecuencia y las curvas de igual sonoridad muestran la sensibilidad auditiva para diferentes niveles de intensidad acústica. La sonoridad es lo más cercano a la percepción del sonido. Los niveles expresados en dB(A) quedan muy lejos de la sensación percibida para niveles moderados de intensidad. Existen dos métodos estandarizados por ISO para medir la sonoridad: ISO 532 A llamado método de Stevens, y la ISO 532 B llamado método de Zwicker. Esta norma cambia de métodos y pasará a ser ISO 532-1 método de Zwicker, y ISO 532-2 método de Moore/Glasberg. Para el cálculo de sonoridad en este trabajo se parte del método de Zwicker, por dos motivos: el primero es para aprovechar todos los cálculos realizados con distintos casos desde hace 5 años hasta la fecha. El segundo porque el método de Zwicker está en este momento normalizado como método para evaluar la sonoridad de un ruido. Con el método de Zwicker se obtiene la sonoridad a partir del espectro en tercios de octava de 25 Hz a 12,5 KHz. El método de cálculo se basa en un programa en Basic elaborado por Kuwano y Namba (1984). Este programa se adapta a Matlab para su implementación.

## **7. CASOS ANALIZADOS. MUESTREO.**

Los casos considerados corresponden a personas que se ven afectadas por la presencia de baja frecuencia en sus domicilios. Se han analizado un total de 79 casos distintos. En la gran mayoría las personas afectadas indican el punto donde se produce la molestia, que suele ser en el dormitorio. La fuente de ruido principal son actividades relacionadas principalmente con el ocio nocturno. En la mayoría de casos existe una actividad en los bajos del edificio o en las inmediaciones, y la vivienda afectada es el primer o segundo piso. Todas las mediciones se han realizado con la presencia del técnico en el punto de medida, y con las ventanas y accesos cerrados en caso de las mediciones en ambiente interior, y en la fachada, en ambiente exterior. De los 79 casos, 61 son en ambiente interior y 18 en ambiente exterior.

Respecto a la distribución espectral de los niveles de inmisión se puede observar como la energía de baja frecuencia se centra principalmente entre 40 Hz y 160 Hz para las actividades interiores y entre los 20 Hz y los 125 Hz para las actividades exteriores.

## **8. COMPORTAMIENTO DE LOS INDICADORES ACTUALES.**

Los métodos que aparecen referenciados en el RD1367 y en el D176, se comparan inicialmente con las dos nuevas funciones que se pretenden aplicar al nuevo método, basadas en el desnivel sonoro por un lado, y en la sonoridad por otro. Los 79 casos analizados en este trabajo se dividen en tres bloques, en función de la percepción subjetiva. La valoración subjetiva es poco fiable en cuanto a valorar cantidades. No obstante, y a pesar del carácter subjetivo, puede resultar más fácil detectar la presencia o no de componentes de BF.

Los resultados muestran que los dos indicadores coinciden en el 45,6 % de los casos. Sin embargo lo más preocupante desde el punto de vista técnico, es la evaluación opuesta. Un indicador muestra que no hay componentes de BF y el otro indicador dice que hay percepción fuerte, y viceversa. La valoración opuesta llega al 27,8 % de los casos. En el 26,65 de los casos la valoración de los dos indicadores para el mismo ruido era simplemente distinta. Con estos resultados resulta evidente que los resultados que ofrecen los métodos legislativos actuales, resultan en general bastante contradictorios entre ellos lo que supone un demérito para la credibilidad de la ingeniería ante la sociedad.

## 9. DESCRIPCIÓN DEL NUEVO MÉTODO.

Como se ha comentado antes, la percepción de la baja frecuencia tiene una gran variabilidad con las personas y sobre todo del punto de medida en espacios interiores. Fijando estos puntos donde los afectados manifiestan que perciben estos sonidos, sólo queda por definir la forma de evaluar el grado de molestia percibido. Los datos de partida deben ser compatibles con los equipos de medida actuales. Por ello lo más razonable es aprovechar la información proporcionada por los análisis de frecuencia en tercios de octava. El margen de las bajas frecuencias, a tenor de los niveles registrados, se establece de 20 Hz hasta los 200 Hz, coincidiendo con la mayoría de métodos de medida expuestos anteriormente.

El nuevo método se basa en el cálculo de dos elementos distintos. Por un lado se parte de la sonoridad de las dos primeras bandas críticas, hasta los 200 Hz, y por otro lado, se tiene en cuenta los desniveles relativos de la inmisión respecto del ruido de fondo en cada caso, en lugar de partir de valores absolutos. Con esta estrategia de partida se realiza un análisis de regresión lineal múltiple usando como variables independientes, la sonoridad de la inmisión y del ruido de fondo de las dos primeras bandas críticas (hasta 200 Hz). Tras este proceso, se recurre a una sectorización y normalización de los valores obtenidos en base al escalado discreto actual de 0 - 3 - 6 dB. La fórmula final obtenida se muestra seguidamente:

$$NM = Son_{Inm} - 2,05 \cdot Son_{rf}$$

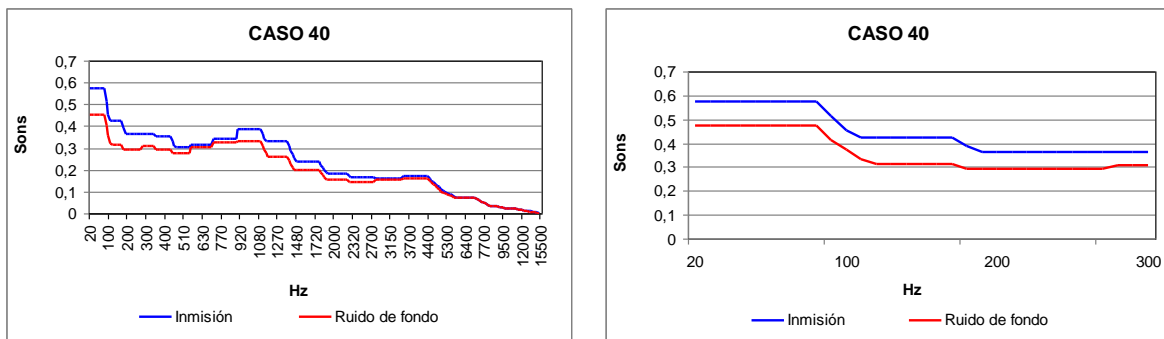
Escalado:

Para  $NM \leq 0,05$  entonces  $NM = 0$

Para  $0,05 < NM \leq 0,3$  entonces  $NM = 3$

Para  $0,3 < NM$  entonces  $NM = 6$

El gráfico siguiente muestra un ejemplo del cálculo de la sonoridad mediante el método de Zwicker, para el caso 40. A la izquierda se muestra el análisis completo para las 24 bandas críticas. El cálculo se hace a partir del espectro en 1/3 de octava de 25 Hz a 12,5 KHz. A la derecha se muestra un zoom de las dos primeras bandas seleccionadas para el cálculo de las componentes de baja frecuencia, de 20 Hz a 200 Hz.



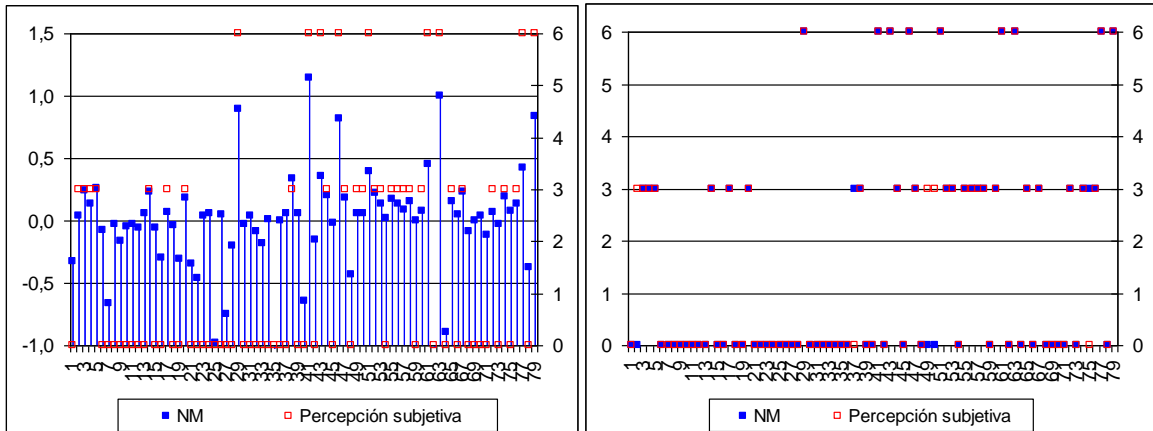
## 10. VALORACIÓN DE LOS RESULTADOS.

A los 79 casos se les aplica los distintos métodos para evaluar la presencia de componentes de BF, y se comparan con la percepción subjetiva. Las valoraciones más precisas se producen cuando no hay percepción de baja frecuencia, y cuando la percepción es fuerte. Obviamente, la sensación que un sonido produce sobre una persona, puede diferir de otras, por lo que las valoraciones subjetivas, solo son un indicador de la tendencia. Notamos que se han descartado muchos otros casos donde la valoración subjetiva no se hizo, o bien ésta era poco fiable. Por la limitación de extensión de la comunicación sólo se presentan los resultados obtenidos por el nuevo método propuesto.

### 10.3. Valoración de la BF según NM.

Se aplica la metodología del NM descrita anteriormente, a los 79 casos. El gráfico siguiente muestra los resultados obtenidos para los 79 casos analizados. A la izquierda se muestra el

resultado de la evaluación, y a la derecha el resultado una vez aplicado el escalado o segmentación de 0 - 3 - 6 dB.



Después del escalado (gráfica derecha) podemos observar como la mayoría de casos el indicador NM coincide con la percepción subjetiva propuesta. Las tabla siguiente muestra el porcentaje de acierto, para los tres métodos expuestos.

PORCENTAJE DE ACIERTO	
RD 1367/2007	0,304
D176/2009	0,468
Nuevo método	0,937

Podemos observar como el porcentaje del nuevo método propuesto, es notablemente superior a dos de los indicadores actuales.

### 11. CONCLUSIONES.

Los resultados obtenidos, evidencian que se pueden desarrollar métodos para la evaluación de la BF, que aún siendo muy sencillos como el expuesto en este trabajo, son mucho más eficaces que los actuales.

El banco de muestras con 79 casos, no se puede considerar en ningún caso suficiente, si bien da una muestra bastante significativa de la tendencia y de los resultados que se pueden obtener. La implementación de éste método es muy sencilla, ya que se parte de los datos del espectro en 1/3 de octava que cualquier equipo de medida, puede obtener en estos momentos. El cálculo posterior, es también muy sencillo, y podría implementarse sin problemas en el “soft” del equipo de medida. Nótese que las mediciones nunca pueden pretender dar valores instantáneos, por lo que dedicar unas fracciones de segundo para realizar los cálculos no supone ningún problema. El método expuesto no es infalible, y sería necesario aplicarlo a muchos más casos, donde se disponga de una información sobre la sensación subjetiva, para establecer comparaciones.

La ausencia o presencia fuerte de componentes de BF, es relativamente fácil de apreciar en un sonido, aunque el concepto “fuerte” es difícil de fijar de forma unívoca. Sin embargo entre ambos estados, se hace muy difícil establecer un escalado subjetivo fiable. En muchos casos el concepto de “percepción neta”, tiene diferentes interpretaciones en función del lugar donde se produce el fenómeno y de la impresión subjetiva de la persona.

El escalado de 0-3-6 dB, produce resultados en que en muchas ocasiones se penaliza o no por una décima de decibelio, generando como mínimo dudas respecto del resultado. Parecería más razonable un escalado progresivo de la aplicación de las penalizaciones. Aunque este punto parece bastante evidente y claro desde el punto de vista de la ingeniería, no lo es desde el punto de vista del legislador, quien ve en este cambio una modificación importante. Según el legislador,

un cambio como el propuesto no puede ser aplicado ya que afecta al redactado de la Ley, por lo que se requiere una revisión o modificación del texto legislativo. Realmente lo más simple sería modificar el anexo técnico. Otro aspecto que entra en conflicto a nivel legislativo, es un cambio de los valores máximos permitidos. Dichos valores obviamente dependen del indicador utilizado. El desconocimiento de los aspectos técnico del legislador deberían poder ser suplidos por personal competente en la materia. Los aspectos legislativos no deberían impedir o dificultar la actualización y revisión de los procedimientos técnicos para evaluar el sonido. Debería prevalecer el interés en hacer una evaluación lo más cercana posible a la percepción humana respecto a mantener los textos legislativos publicados.

## 12. BIBLIOGRAFIA.

- Alec N. Salt, Jeffery T. Lichtenhan. *Perception-based perception from low frequency sounds may not be enough*. *Internoise 2012*.
- Barti R. *Perceived traffic noise. LS index. International results*. *Internoise 2000*. Nice (2000).
- Barti R. *Problemas auditivos en la gente joven*. *Tecniacústica'99*. Avila (1999).
- Barti R. *Ruido de tráfico en la ciudad. Propuesta de nueva normativa*. *Tecniacústica 95*. La coruña (1995).
- Berglund B., Lindvall T. *Community Noise* (1995)
- Guski R. et Al., *The concept of noise annoyance: How international experts see it*. *JSV 223* (1999).
- Guski R., *Personal and social variables as co-determinants of noise annoyance*. *Noise and Health*. (1999).
- Krahe D. *Low frequency noise. Strain on the brain*. 14<sup>th</sup> International Meeting on Low Frequency Noise and Vibration and its Control. Aalborg 2010.
- Krahe D. *Why is sharp-limited low-frequency noise extremely annoying?* *Acoustics*. Paris 2008.
- Landstrom U., Lundstrom R., Bystrom M., *Exposure to infrasound - Perception and changes in wakefulness*, *J. Low Freq. Noise and Vib.*, Vol. 2(1). (1983).
- Leventhall G. *A Review of Published Research on Low Frequency Noise and its Effects*. DEFRA report (2003).
- Moller H., Pedersen S., *Hearing at low and infrasonic frequencies*. *Noise & Health 2004* Vol 6.
- Namba S., Kuwano S. *Psychological study on Leq as a measure of loudness of various kinds of noises*. *JASJ* (1984)
- Pedersen S. et Al., *Indoor measurements of noise at low frequencies. Problems and solutions*. *Journal Low Frequency Noise, Vibration and Active control*. Vol 26 nº4 (2007).
- Persson et Al, *Loudness, annoyance and the dBA in evaluating low frequency sounds*. *Journal of Low frequency Noise and Vibration*, Vol 9 (1990).
- Simmons C., *Measurements of Sound Pressure Levels at Low Frequencies in Rooms. Comparison of Available Methods and Standards with Respect to Microphone Positions*. SP REPORT 1997:27.