

USO DEL CONTRASTE ACÚSTICO PARA EVALUAR LA MOLESTIA PERCIBIDA POR EL RUIDO

PACS: 43.50.Qp

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

RESUMEN

La falta de vocabulario específico, nos impide poder describir con palabras como es el ruido que nos molesta. La psicoacústica aporta herramientas potentes que pueden cuantificar los aspectos cualitativos del ruido, pero no resuelven el problema de cuantificar la molestia percibida. Si las personas somos capaces de valorar de forma subjetiva la molestia, de una forma relativamente rápida, se podría hacer lo mismo de forma objetiva? La experiencia demuestra que en acústica, la solución más compleja, no siempre es la mejor. En este artículo se describe el contraste acústico también llamado emersión acústica. Conceptualmente es muy simple: se basa en el fenómeno bien conocido por el que un ruido con muchos desniveles es en general considerado más molesto que un ruido de nivel casi-constante. Este sencillo indicador permite valorar el grado de molestia de una forma simple sin precisar de instrumentación específica ni de cálculos complejos.

ABSTRACT

The lack of specific vocabulary, prevents us from being able to describe in words how is the noise that bothers us. Psychoacoustics provides powerful tools that can quantify the qualitative aspects of noise, but do not solve the problem of quantifying the perceived discomfort or perceived nuisance. If people are able to assess discomfort subjectively, relatively quickly, the same could be done objectively? Experience shows that in acoustics, the more complex solution is not always the best one. This paper describes the acoustic contrast, also called acoustic rise. Conceptually it's very simple: it's based on well-known phenomenon whereby a noise with many fluctuations is generally considered more annoying than the sound of near-constant level. This indicator assesses the degree of discomfort in a simple manner without requiring specific instrumentation or complex calculations.

1. INTRODUCCIÓN

Para evaluar la afectación que el ruido produce sobre las personas, se realizan mediciones sonométricas. En principio todas estas mediciones, deberían poder valorar el grado de afectación del ruido. Diversos trabajos de investigación, confirman que existe una correlación clara entre el nivel de molestia percibido y el nivel de presión sonora expresado en dB(A), para niveles superiores a los 60 dB(A) aproximadamente. Para los niveles de presión acústica elevados, no existen problemas con el límite inferior de medida de los equipos. Sin embargo éste problema puede darse con facilidad en las mediciones de presión sonora en ambiente interior, donde el nivel

de ruido suele ser bastante bajo, normalmente por debajo de los 30 dB(A). En estos casos se constata que no existe una relación clara entre el grado de molestia y el nivel de presión sonora expresado en dB(A), por lo que las mediciones sonométricas que se realizan, no valoran adecuadamente la molestia generada por el ruido percibido. Para corregir estas deficiencias, se recurre a añadir unos factores de corrección, partiendo eso sí, del nivel global en dB(A), que tienen por objetivo matizar el resultado obtenido en base a: la presencia de componentes de baja frecuencia, la presencia de componentes tonales, y la presencia de componentes impulsivas.

2. QUE ASPECTOS DEL RUIDO CAUSAN MÁS MOLESTIA?

Para responder a esta pregunta, hay que especificar qué situación se considera. No es lo mismo estar en ambiente exterior que en ambiente interior, independientemente del nivel de ruido, ya que la presencia de objetos más cercanos influye en nuestro sistema de percepción. En ambiente interior, las estructuras, el tiempo de reverberación, las reflexiones, etc. pueden matizar las sensaciones percibidas, mientras que en espacio abierto en general prevalece el campo directo procedente de la fuente o fuentes de ruido.

La proximidad de un sonido, en general conlleva un mayor grado de alerta, lo cual a su vez causa una mayor alteración. Este efecto es consecuencia de la función natural del oído, que esencialmente nos alerta de lo que acontece a nuestro alrededor, complementando en ocasiones a la visión. Como es sabido, no se puede desconectar el oído, éste siempre trabaja, las 24 h los 365 días del año. De noche cuando la visión no es útil, es cuando el sonido adquiere mayor relevancia. Escuchar un ligero chasquido cerca de nosotros nos puede generar inquietud por querer saber de qué se trata. Para que ese sonido sea perceptible mientras estamos durmiendo, debe superar el ruido de fondo suficientemente como para despertarnos. El grado de superación dependerá de la fase de sueño en la que se está y del individuo. En general la decisión de si un ruido molesta o no, no requiere mucho tiempo, y siempre se hace en base al ruido que nos rodea en ese momento, y al tipo de actividad que deseamos o estamos realizando. Si ese ruido interfiere en nuestra tarea, se considerará molesto. (Berglund 1995).

Todas estas sensaciones matizan en gran medida la valoración de molestia o no de un ruido. En ambiente interior la presencia de objetos y estructuras cercanas, junto con la proximidad de personas ajenas, propician la aparición de estos ruidos. Los ruidos procedentes del exterior, generalmente quedan fuertemente coloreados por el aislamiento acústico de las estructuras, dominando siempre las bajas frecuencias, en los niveles de inmisión interior. En cambio en espacio abierto (en entorno urbano), por lo general, la valoración suele ser más dependiente del nivel sonoro sin efectos de proximidad. Los sonidos, a pesar de la mayor atenuación de las altas frecuencias, son más equilibrados que los niveles de inmisión en ambiente interior. En éste trabajo nos centraremos en los niveles de ruido inferiores a los 40 dB(A) y en ambiente interior.

El ruido o sonido, tiene diferentes aspectos físicos que se pueden medir y por tanto cuantificar. Los más básicos son:

- El nivel de presión acústica global (sea ponderado o no).
- La distribución espectral del ruido.

La presión acústica generalmente se promedia energéticamente, por lo que a mayor presión acústica, generalmente mayor molestia. Los niveles de presión acústica medidos, suelen integrarse durante un tiempo, dependiendo de la variabilidad de la fuente sonora. Es bien conocido que ante fuentes con mucha variabilidad de nivel, el resultado obtenido de la integración temporal, no refleja el grado de molestia. Hay diversos ejemplos cotidianos: el camión de recogida de basura, el paso de una moto ruidosa, un perro que ladra, etc. En todos estos casos el evento es considerado de corta duración su aparición en una medida de 5 minutos en período nocturno, puede alterar notablemente los niveles de presión obtenidos, pero en un promediado más largo su influencia será despreciable. El hecho de que unas personas se han despertado durante la noche a causa del ruido, no queda reflejado en una medición con un grado de integración elevado.

La distribución energética por bandas (octava o tercios) aportan una información cualitativa de la distribución espectral de la energía acústica. Si la energía se centra en las bandas centrales,

alrededor a los 2 KHz, el sonido será muy molesto, ya que a esas frecuencias el oído presenta su máxima sensibilidad. Si la misma energía se centra en las bajas frecuencias, la sensación producida será muy distinta. (Mouret, Vallet 1998)

Sin embargo tanto el nivel de presión acústica global, como su distribución espectral, no permiten explicar porqué una persona puede dormir plácidamente sentado en un incómodo asiento de un avión con un nivel de ruido de 85 dB(A), mientras que esa misma persona no puede conciliar el sueño cómodamente en su cama, con su pijama, con un ruido de 28 dB(A). El grado de molestia en ambiente interior, no depende únicamente del nivel de presión sonora, o del espectro de frecuencia del ruido, hay algo más.

Para que un ruido sea perceptible por el oído, debe ser audible, y además éste debe superar al ruido ambiente. Cuanto más destaque sobre el ruido ambiente, éste puede ser más perceptible, y hay una mayor probabilidad de que resulte molesto, sobre todo si éste interfiere en nuestra tarea, por ejemplo dormir.

En este trabajo no se trata de valorar los niveles de ruido percibido en función de la superación o no de los límites establecidos por la legislación vigente, sino de valorar el grado de molestia generado por dichos ruidos sobre la población, para encontrar un indicador que sea sensible a éste parámetro.

3. PORQUE UN SONIDO MOLESTA Y OTRO NO?.

Hay muchas causas. En general el concepto molestia debe ligarse al impedimento o dificultad para realizar alguna tarea concreta. Una misma fuente de ruido puede producir distinta reacción sobre las personas en función de la acción que se esté realizando. Tal es el caso de escuchar una música, o una locución mientras se realizan determinadas tareas. Ese ruido puede resultar molesto, y eso de forma independiente al nivel sonoro. Un ejemplo bien conocido es el fenómeno del “estacionamiento de un vehículo”. Esta tarea, requiere la coordinación de muchos movimientos, y precisa además de un cálculo de distancias, giro de volante, etc. para evitar colisionar con otros vehículos. Para realizar todas estas tareas, nuestro cerebro utiliza gran parte de la potencia de cálculo de que dispone. Se dice entonces que “nos concentramos” en la tarea de aparcar. Resulta curioso pero cierto, que si en el momento de estacionar tenemos la radio o música conectados, instintivamente, procederemos a apagar el sonido, porque nos distrae. Se hace realidad aquella frase: “callarse que no veo”. Lo mismo ocurre si estamos conduciendo y estamos muy pendientes del tráfico, buscando una calle. Si alguien pretende dialogar con nosotros en ese momento, no podremos escuchar y entender lo que dice, sin dejar de prestar atención a la circulación, y eso en ocasiones conlleva algún disgusto. Quizás en un futuro no muy lejano, veamos los coches con los conductores solos, para que nada ni nadie los distraiga.

Algo similar ocurre cuando se escucha música y se está leyendo o estudiando. Realmente, no podemos “centrar” la atención en dos cosas distintas de forma simultánea, o leemos o escuchamos la música. Nuestro cerebro no puede realizar dos tareas distintas que requieran potencia de cálculo o concentración. Los estudiantes que escuchan la música mientras estudian, tapan el ruido de fondo para evitar distracciones. Es decir la música les permite concentrarse en su tarea. Curiosamente una determinada canción puede ser agradable escucharla, y si nos gusta mucho, probablemente no nos moleste aunque el nivel sonoro sea elevado. Esa misma canción reproducida unas horas más tarde en período nocturno cuando queremos dormir, es probable que entonces nos resulte molesta.

El cerebro es capaz de realizar potentes funciones que le permiten identificar patrones o sonidos. Esto sucede con la voz de una persona. A pesar de que el canal de comunicación no sea perfecto (telefonía, ruido ambiente, etc.), podemos reconocer quien nos habla con relativa facilidad. El reconocimiento o búsqueda de un patrón, es sin duda uno de los efectos más devastadores de cara a la percepción de la molestia. La identificación del ritmo musical hace que la persona no pueda conciliar el sueño hasta que la fuente cesa su actividad o la persona se duerma por agotamiento. En estos casos el cerebro está “esperando” el siguiente ‘bum’ del ritmo musical.

Cuando no se percibe, por el cambio de canción o de ritmo, el cerebro “busca” rápidamente el nuevo patrón. Eso produce la sensación sobre las personas afectadas de que el ruido “se le mete en la cabeza”. En general los ruidos de baja frecuencia son los causantes de este fenómeno, y dada su difícil localización o procedencia dentro de una sala, a veces se confunde con fenómenos vibratorios. Todos estos fenómenos se producen por el efecto de memoria o experiencia acumulada del cerebro. Nótese que un sonido familiar no genera tanta alarma como un sonido nuevo. Sucede lo mismo con un sonido constante o casi constante en amplitud o intensidad, respecto de otros sonidos con una mayor variación en su intensidad. Estos últimos se consideran más molestos. Se puede observar pues, que la molestia de un ruido es una cuestión muy subjetiva que no depende únicamente del nivel sonoro absoluto sino de los desniveles.

4. EL CONFORT ACÚSTICO.

El concepto de confort acústico tiene una amplia aplicación en la construcción, donde se da a entender que el ruido procedente de otras estancias o del exterior, está muy controlado, y además el tiempo de reverberación esta también tratado. Para la construcción, quizás sería más adecuado hablar de la calidad del ambiente sonoro, puesto que en la construcción se crean espacios, generalmente cerrados, donde se disfruta de un determinado ambiente propiciado por los revestimientos, las dimensiones de la sala, y el aislamiento acústico respecto los distintos focos sonoros.

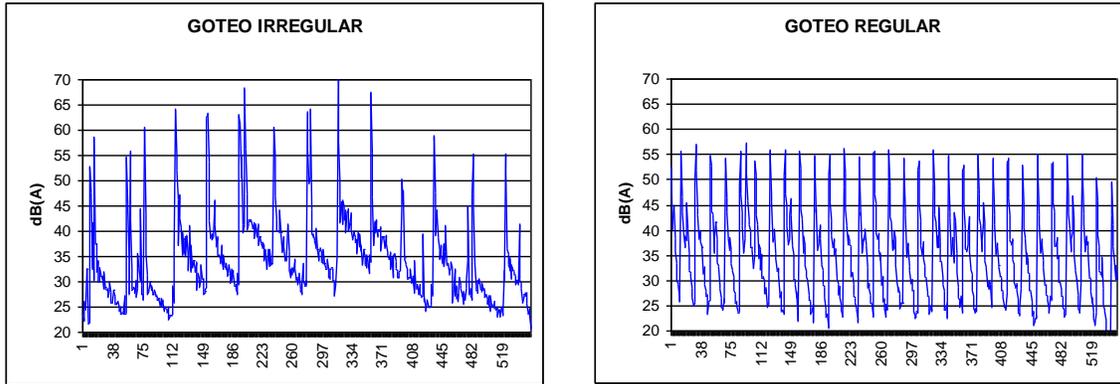
El concepto de confort acústico es más adecuado usarlo para describir las propiedades cualitativas que el sonido puede producir. El confort acústico se basa en dos aspectos: la calidad y cantidad de energía acústica radiada. El confort acústico tiene su influencia sobre la calidad del trabajo, del sueño, etc. Cuando la calidad del ambiente sonoro se deteriora, se observan efectos negativos como la baja productividad, los conflictos vecinales, y en casos muy graves llegando a problemas psicológicos. Así pues podemos hablar del confort acústico que un sonido produce sobre las personas. No debe confundirse con la calidad acústica de un sonido, donde mediante indicadores psicoacústicos, se trata de cuantificar los aspectos cualitativos de un sonido. Distintos trabajos (Vallet et Al. 2000, Hiramatsu 2000, Ouis 2002) muestran que las personas moderadamente expuestas al ruido, en general se quejan mucho más que otras expuestas a niveles de ruido superiores y que supuestamente deberían quejarse mas. Parece que los elevados niveles de contaminación acústica en algunas zonas, conllevan un cierto grado de “resignación” por parte de los afectados, que lo atribuyen a una situación “normal”. Ciertamente, los niveles de ruido cerca de las vías de comunicación con densidades de circulación elevadas, producen menor molestia que las personas expuestas al ruido discontinuo de un cruce regulado con semáforo. (Barti 1995).

5. CONTRASTE ACÚSTICO.

El contraste de una imagen es la distancia entre los valores más oscuros y los más luminosos. Una imagen en blanco y negro sería la más contrastada, puesto que no hay grises. En acústica, no podemos “ver” el sonido, y por tanto perdemos esa capacidad de referenciar un nivel con otro. Notemos que para comparar sonidos no se pueden superponer éstos, ya que se crearía un nuevo sonido. No obstante en acústica tenemos dos conceptos similares: El nivel de inmisión, y el nivel de ruido ambiente. Las distintas fuentes de ruido se producen en diferentes momentos y diferentes lugares. Por ejemplo en la cocina existen diversos utensilios que producen diferentes niveles de ruido. La nevera y el lavavajillas suelen producir niveles bajos de ruido, mientras que una batidora o una trituradora, suelen hacer niveles de ruido muy superiores. Independientemente del utensilio considerado, se podría definir un ruido ambiente esperado dentro de una cocina. El tiempo de funcionamiento es también otro factor a tener en cuenta. La duración de un vuelo comercial, suele ser muy superior al del tiempo en hacer una mayonesa o triturar una carne, por ejemplo. Se analiza pues los desniveles que una fuente de ruido produce sobre su entorno más inmediato.

El contraste acústico tiene a su vez dos variantes: El contraste global o por bandas de frecuencia. De cara a valorar el grado de molestia de forma sencilla, se opta por el contraste de nivel global, por dar un único resultado, dejando el contraste espectral para posteriores estudios. Como se trata de cuantificar los desniveles sonoros entre el ruido producido por la fuente sonora y el ruido ambiente, no se utiliza el Leq, puesto que con su integración “elimina” justamente las oscilaciones

o variaciones de nivel que es lo que se pretende encontrar. Se recurre a los percentiles. Inicialmente L10 y L90, que tradicionalmente se han usado para mostrar los niveles más elevados y los más bajos. Los “máximos” de señal viene dados por el L10, mientras que el ruido de fondo o ambiente sería el L90. Tras varias pruebas con señales con desniveles apreciables se comprueba que el indicador L5 ofrece unos mejores resultados, puesto que se acerca más a los niveles más elevados especialmente en señales con notables oscilaciones. Es el caso del goteo de un grifo, donde la frecuencia del goteo y su intensidad varían. Las siguientes gráficas muestran un fragmento de la señal temporal con la misma duración, para el goteo irregular y el goteo regular.



Los percentiles L5, L10 y L90 obtenidos en cada caso, se resumen en las tablas siguientes.

Goteo irregular	
L5	53,0
L10	44,4
L90	27,5

Goteo regular	
L5	53,8
L10	50,3
L90	29,2

Vemos que para el caso del goteo irregular, el percentil L5 refleja mejor las oscilaciones de nivel generado. Por este motivo se escoge el percentil L5 para la formulación del contraste.

El contraste acústico se define pues como:

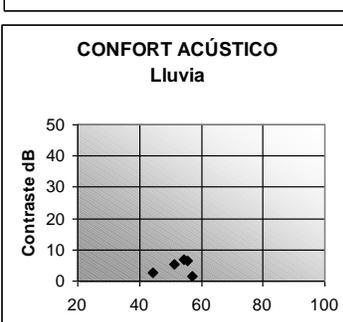
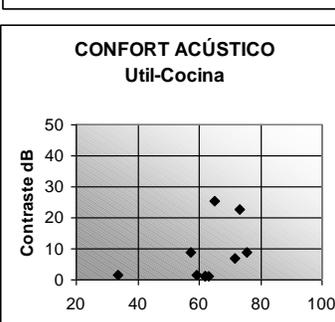
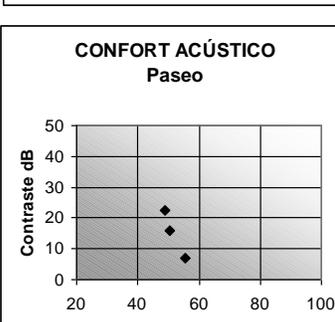
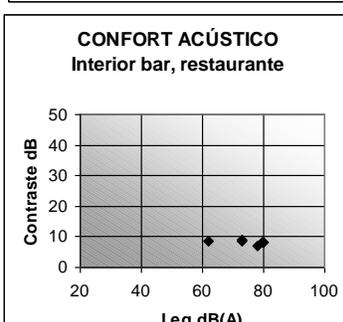
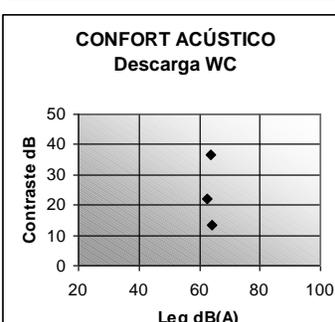
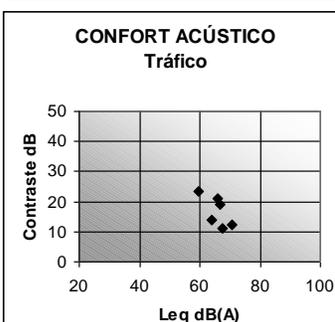
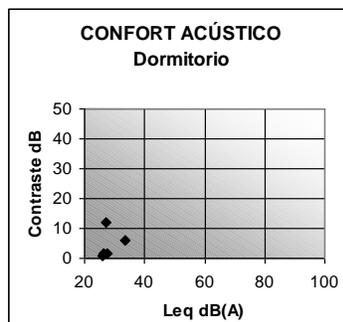
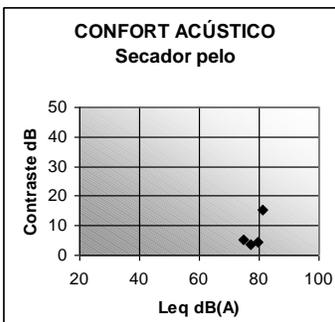
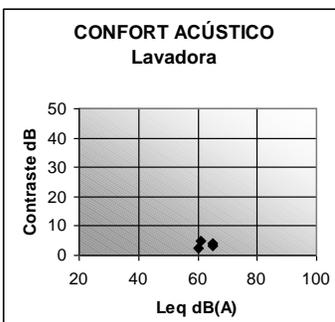
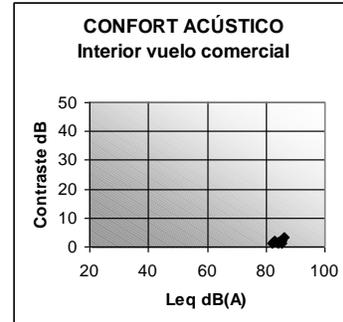
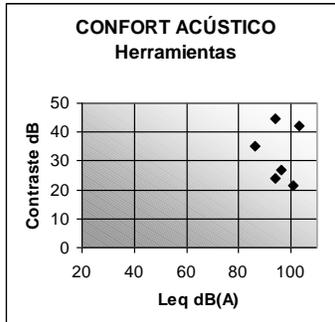
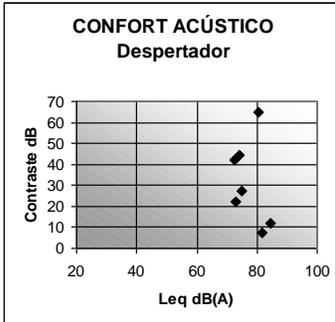
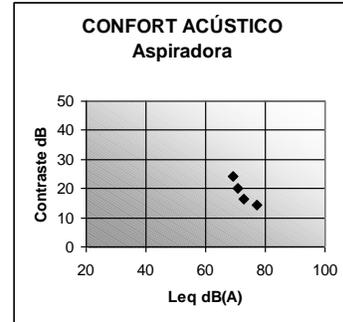
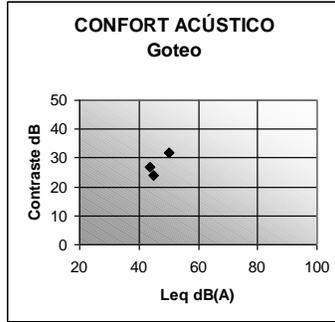
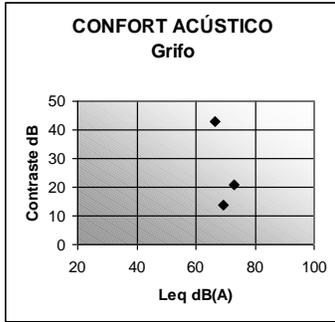
$$\text{Contraste acústico (C)} = L5 - L90 \text{ dB}$$

6. PRUEBAS REALIZADAS.

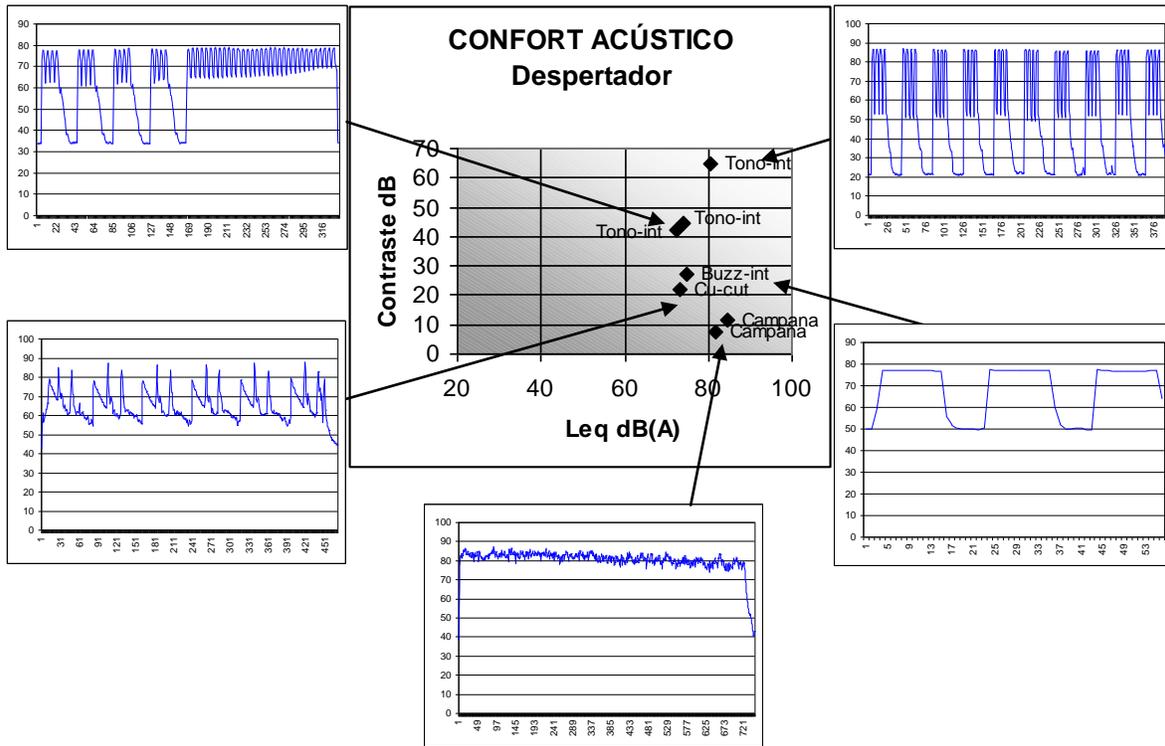
Para estudiar el comportamiento de este indicador, se graban sobre un soporte digital a través de un sonómetro de precisión, los sonidos de distintas fuentes sonoras corrientes a las que podemos estar expuestos. El uso del sonómetro nos permite saber los niveles sonoros con precisión. Se realiza un post-procesado de los registros, obteniendo diversos indicadores. Se hace un estudio estadístico, un análisis espectral, y un análisis de sonoridad usando el método de Zwicker. Las fuentes de ruido seleccionadas son de uso corriente o de situaciones y entornos habituales. Concretamente se han seleccionado el sonido de: aspiradora, grifo, goteo, descarga cisterna WC, utensilios de cocina, ruido de tráfico, secador de pelo, ruido en dormitorio, ruido de paseo, ruido en interior de vuelo comercial, ruido interior de bares y restaurantes (sin música), ruido de lluvia, ruido de lavadora, ruido de máquinas industriales (radial, sierra eléctrica, martillo neumático, etc.) y ruido de despertador. Todos estos sonidos se han grabado en las posiciones habituales en que se encuentra una persona respecto a la fuente de ruido. Las muestras de ruido reflejan las condiciones normales de uso o funcionamiento. Se han grabado un total de 72 fuentes de ruido.

7. RESULTADOS OBTENIDOS.

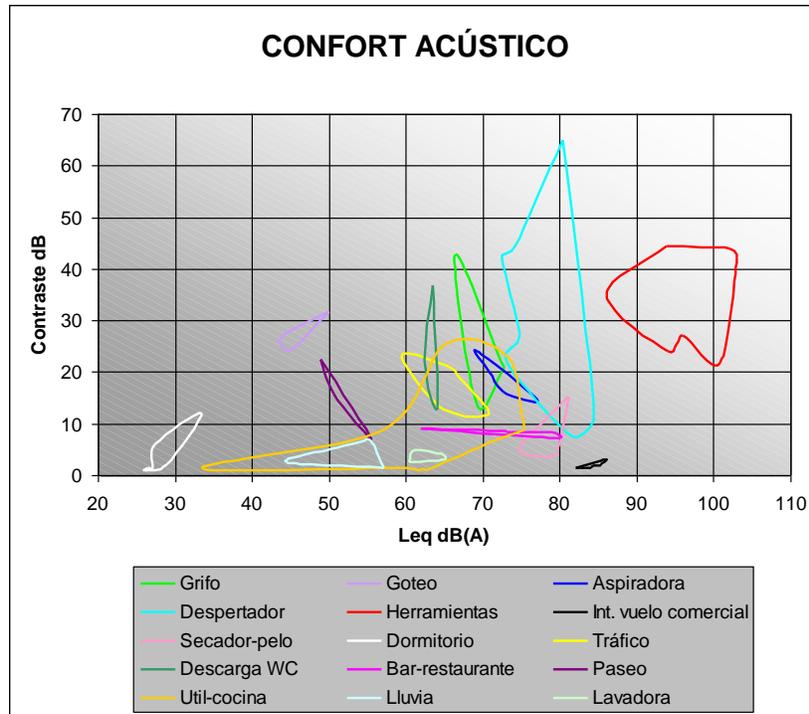
Para cada muestra de sonido se realiza el cálculo del contraste acústico. Los valores obtenidos se comparan con el nivel sonoro L_{eq} dB(A). Los gráficos siguientes muestran los resultados obtenidos del confort acústico de las distintas fuentes de ruido. En estos gráficos se puede ver como cada tipo de ruido ocupa un espacio distinto dentro del plano. Cada punto representa una fuente de ruido.



Analizamos algunos casos de los ejemplos mostrados. Por ejemplo el ruido de despertadores. La función de un despertador es evidentemente “despertar” a durmiente. Resulta obvio que un estruendo despierta a cualquier persona. No obstante hay casos en que los usuarios manifiestan que no oyen al despertador, o más exactamente, no oyen determinado tipo de despertador. Cuando se dice “oye” realmente hay que interpretar “despertar”. Si vemos el gráfico correspondiente en la página anterior, observamos como los niveles sonoros medidos son similares, oscilando en los casos medidos, entre los 73 y los 84 dB(A). Se han medido distintos tipos de despertador, los de tipo electrónico, los de campana, y el de “cu-cut”.



Como se puede observar, el uso del contraste acústico permite para este grupo, hacer una clasificación en función del tipo de despertador. Los de campana quedan agrupados en la parte inferior del gráfico, y a pesar de ofrecer los niveles sonoros más elevados, no se pueden considerar buenos despertadores, por presentar un bajo contraste. Al lado opuesto tenemos los despertadores electrónicos, con transductor cerámico, que ofrecen niveles sonoros inferiores a los de campana, pero con un contraste muy superior, posibilitando que la persona despierte. Entre ambos grupos tenemos los de cu-cut y los de zumbador, que fueron de los primeros del tipo llamado “electrónico”. Se puede observar como en el dormitorio donde se oyen las voces presenta un contraste acústico muy superior al del dormitorio donde se percibe el ruido de tráfico exterior. El peor lugar de los tres para descansar es el que presenta un mayor nivel de contraste, por dos motivos. Primero, los desniveles mayores producen más molestia y por tanto mayor dificultad para conciliar el sueño. En segundo lugar, escuchar voces procedentes del vecino (no de la TV o similar), atrae mucho más la atención, que escuchar ruido de tráfico, que resulta mucho más monótono. El gráfico siguiente muestra el confort acústico para distintos ruidos, en función del contraste acústico para todos los casos analizados. Podemos observar como el contraste permite clasificar distintos tipos de ruido en función de su grado de molestia y agrupar a un mismo tipo de fuente de ruido dentro de una superficie cerrada. Cada tipo de ruido ocupa una zona en el espacio bi-dimensional formado por el Leq dB(A) y Contraste dB. Naturalmente dichas figuras no se pueden considerar definitivas, ya que no se disponen de suficientes muestras como para establecer un patrón único. También se puede observar que hay fuentes de ruido con una baja dispersión de niveles, como el ruido en el interior de un vuelo comercial, o el ruido de lavadora.



8. CONCLUSIONES.

- Se ha presentado un indicador basado en los desniveles de ruido que permite explicar porque dos ruidos con un nivel similar presentan distinto grado de molestia.
- Para describir ciertos aspectos del ruido relacionados con su capacidad de molestia, no es necesario recurrir a complejos cálculos. El concepto de diferencia de nivel no es nuevo. Uno de los primeros indicadores fue el TNI (UK) para valorar la molestia que el ruido de tráfico genera sobre la población.
- Los resultados mostrados no se pueden extrapolar a cualquier caso. Sería necesario incrementar el número de muestras y de fuentes de ruido para establecer unos patrones de comportamiento.
- El contraste acústico podría ser muy útil para dar una respuesta objetiva y complementar a los actuales métodos de medida, cuando los niveles de ruido medidos cumplen los límites máximos permitidos, y sin embargo siguen habiendo quejas por parte de los afectados.

9. BIBLIOGRAFÍA.

- Barti R. *Ruido de tráfico en la ciudad. Propuesta de nueva normativa*. Tecniacústica 95. La Coruña (1995).
- Berglund B., Lindvall T. *Community Noise* (1995)
- Hiramatsu K, Minoura K, Matsui T, Miyakita T, Osada Y, Yamamoto T. *An analysis of the general health questionnaire survey around airports in terms of annoyance reaction*. Inter Noise 2000, France : The 29th International Congress and Exhibition on Noise Control Engineering 27-30 August 2000, Nice, France.
- Langdon F.J., Scholes W.E, *The traffic noise index: a method of controlling noise nuisance*. Building research Station. 1968.
- Mouret J, Vallet M. *Les effets du bruit sur la santé*. Paris : Ministère de la Santé, 1998.
- Ouis D. *Annoyance caused by exposure to road traffic noise: an update*. Noise Health 2002 ; 4(15) : 69-79.
- Vallet M, Vincent B, Olivier D. *La gêne due au bruit des avions autour des aéroports*. Ministère de l'aménagement du territoire et de l'environnement - Mission bruit, 2000, Tome 1 ; 126 pages, Tome 2 ; 45 pages.