



**FIA 2018**

**XI Congreso Iberoamericano de Acústica; X Congreso Ibérico de Acústica; 49º Congreso Español de Acústica -TECNIACUSTICA'18-  
24 al 26 de octubre**

## **DESCRIPTORES DE LA CALIDAD SONORA EN AMBIENTES COTIDIANOS**

**PACS:** 43.50.Rq

Dr. Robert Barti Domingo  
RBD-acústica  
Población: Mollet del Vallès (Barcelona)  
País: España  
Tel: +34 619 98 33 84  
E-Mail: robert@rbd-acustica.com

### **Palabras Clave:**

Percepción sonora, calidad acústica, paisaje sonoro, sonido binaural, contraste acústico.

### **ABSTRACT**

Increasingly, the design of sound spaces becomes more important in order to achieve a more friendly environment. Traffic noise is the most important sound source in the streets and squares of cities. To improve the sound quality in these places, the noise from vehicles is minimized, and in some cases natural sounds as waterfalls are added to soundscape. The evaluations are made mainly through surveys of the people located in the spaces analyzed, which are sometimes complemented with sound level measurements and binaural sound recordings. It is verified as in general, sounds with very similar sound levels, produce very different reactions. In this communication, we propose the use of some environmental sound quality descriptors together with an assessment of conscious perception, to assess the subjective reactions of the population in everyday sound spaces, and offer an alternative to classical measurements.

### **RESUMEN**

Cada vez adquiere más importancia el diseño de espacios sonoros, con el fin de conseguir un entorno más amigable. El ruido de tráfico constituye la fuente sonora más importante en las calles y plazas de las ciudades. Para mejorar la calidad sonora, se minimiza el impacto acústico de los vehículos, y en algunos casos se añaden sonidos naturales como los saltos de agua. Las evaluaciones se hacen principalmente mediante encuestas a las personas situadas en los espacios analizados, que en ocasiones se complementan con mediciones del nivel sonoro y grabaciones binaurales. Se comprueba como en general, sonidos con niveles sonoros muy similares, producen reacciones muy dispares. En esta comunicación, se propone el uso de algunos descriptores de calidad sonora ambiental junto con una valoración de la percepción consciente, para valorar las reacciones subjetivas de la población en los espacios sonoros cotidianos y ofrecer una alternativa a las mediciones clásicas.

### **1. INTRODUCCIÓN.**

El origen de la palabra "soundscape" que se podría traducir por paisaje sonoro, no está bien definido, pero uno de los primeros trabajos destacables [1] establece tres objetivos básicos. El primero el análisis del paisaje sonoro y el lenguaje para su descripción. El segundo objetivo es estudiar las características del paisaje sonoro, tal como se percibe por las personas y el



**FIA 2018**

**XI Congreso Iberoamericano de Acústica; X Congreso Ibérico de Acústica; 49º Congreso Español de Acústica -TECNIACUSTICA'18-  
24 al 26 de octubre**

desarrollo de técnicas experimentales para el análisis del paisaje sonoro. Y finalmente investigar las posibilidades que el diseño sonoro de las ciudades ofrece y establecer algunos criterios para su diseño. En su trabajo, realiza un paseo sonoro por el centro de Boston, con 33 puntos de valoración. No deja de ser curioso que en pleno auge de uso de la ponderación A para la medida del sonido en los años 60 como panacea, el autor realiza mediciones en octavas (53 Hz a 6,8 KHz) sin usar la ponderación A y habla de percepción sonora. Desde los años 60 hasta la actualidad, la sociedad ha evolucionado mucho, los conocimientos científicos y técnicos son mejores y más precisos, y la tecnología permite unos registros de audio perfectos que permiten un análisis exhaustivo y detallado de los sonidos que van mucho más allá de una vulgar medición de presión acústica. Sin embargo, hasta la fecha no se ha desarrollado ningún indicador que permita establecer una correlación precisa entre el resultado objetivo de una medición, y las percepciones sonoras subjetivas de las personas que están inmersas en un determinado ruido ambiente. Entre las causas, algunas son bien conocidas, como la diferencia entre lo medido con un micrófono, y lo percibido con dos oídos por un humano. Otras son más desconocidas, como la influencia del estado de ánimo y las imágenes que vemos, sobre las sensaciones sonoras percibidas.

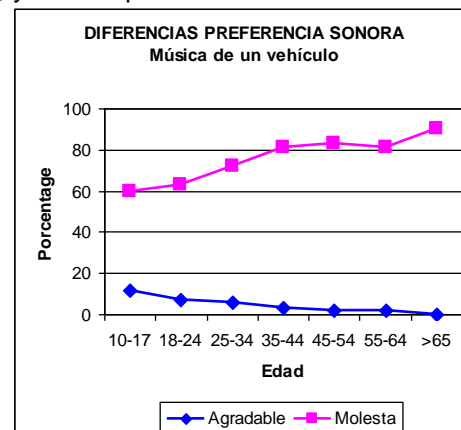
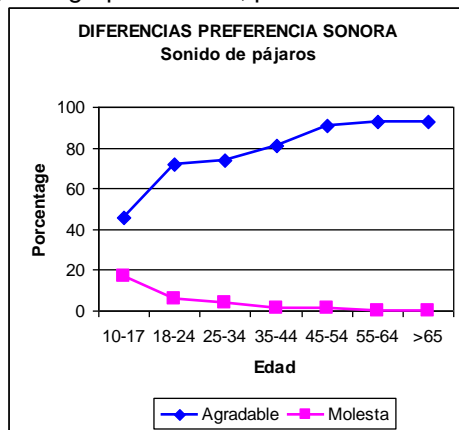
## **2. PAISAJE SONORO Y MEDIO NATURAL.**

El diseño sonoro de los espacios transitables, sean abiertos o cerrados, es una tendencia creciente las últimas décadas, muy ligado al concepto de “smart city” donde se pretende mejorar la calidad de vida de los ciudadanos. Sin duda la creciente sensibilidad de la población por el medio ambiente, ha posibilitado este auge. La planificación sonora de los entornos urbanos sigue siendo una asignatura pendiente en muchas ciudades. Frecuentemente se constata que se confunde el cumplimiento de la legislación en materia de ruido, con la creación de espacios sonoros agradables, lo cual evidencia que el diseño sonoro de las ciudades se debe hacer de una manera más creativa, dejando de lado la metodología que establece la legislación. La planificación urbanística tradicionalmente ha sido por temas puramente estéticos, donde la imagen prevalece, y el sonido simplemente es ignorado o despreciado. Así se valoran los espacios con elementos llamados “naturales” es decir con presencia de vegetación, fauna, y saltos o fuentes de agua. Aparece el concepto de espacios “eco-friendly” como concepto de lugares respetuosos con el medio ambiente, confundido muchas veces con la presencia de elementos naturales. Es llamativo que dos los tres elementos nombrados, generen sonido: los pájaros y los saltos o fuentes de agua. Realmente son los sonidos procedentes de éstos elementos los que se valoran, y no su imagen, que en el caso de los pájaros por ejemplo, difícilmente se pueden observar con claridad en un escenario real. Según algunos autores [4], un modelo que permite describir el paisaje sonoro de espacios abiertos tiene cuatro apartados: las características de cada fuente sonora, los efectos acústicos del espacio, los aspectos sociales, y otros aspectos como el clima, las imágenes o las actividades que se realizan en ese espacio. Este clasificación puede aplicarse también para espacios cerrados.

### **2.1. Preferencias sonoras.**

Las personas en cierta manera esperan o desean determinados sonidos por sus aspectos cualitativos más que por sus aspectos cuantitativos. En primer lugar está la preferencia esencial, donde generalmente las personas prefieren sonidos naturales o que les resulten familiares, en detrimento de los sonidos artificiales. Los sonidos extraños producen alerta en nuestro sentido auditivo, y captan la atención de nuestro cerebro, y eso se traduce en una peor calificación de la calidad sonora. En éste grupo se encuentran como no deseables los sonidos de vehículos. El sonido de actividades humanas, voces, música, etc. tienen generalmente una valoración neutral. En segundo lugar está la preferencia influenciada por la experiencia cultural, que puede coincidir con otras personas con similares experiencias. Es el caso del ruido de los vehículos: las personas amantes del motor, valoran positivamente este tipo de sonidos, mientras que otras no. Las valoraciones que se realicen pueden presentar resultados muy

dispares debido a estas particularidades llamadas macro-preferencias. Por ejemplo estando observando el ambiente sonoro en una plaza, pasa un vehículo deportivo de alta gama. La valoración de éste sonido de cada persona viene condicionada por su experiencia personal. Finalmente en tercer lugar están los aspectos sociales, género, edad, que se definen como micro-preferencias. En este caso la evaluación de sonidos por gente joven es distinta de la gente mayor. Los jóvenes son más tolerantes a sonidos de origen mecánico o música en la calle, mientras que la gente mayor es más tolerante a los sonidos naturales, culturales o de actividades humanas. Las gráficas siguientes [4] muestran las diferencias entre preferencias según el grupo de edad, para un sonido de pájaros, y música procedente de un vehículo.



### 3. INTERFERENCIA COGNITIVA VISUAL Y SONORA.

Son bien conocidas las interacciones entre la imagen y el sonido, de manera que la percepción cognitiva de ambos sentidos se ve alterada. Esta intensidad de la alteración depende de las condiciones particulares en cada caso y de cada individuo, lo que hace realmente difícil obtener datos fiables de las encuestas sobre los paseos que se pueden realizar en ambientes urbanos. Se han hecho diversos estudios [1] [2] donde se han comparado las respuestas subjetivas con el estímulo sonoro solo, el visual solo o ambos, con resultados distintos. Los resultados de las pruebas sin imagen (con ojos vendados), son más precisos al describir los aspectos más finos de los sonidos percibidos, que de otra manera pueden pasar desapercibidos por la mayoría de personas, lo cual tiende a "igualar" la sensibilidad de personas sin experiencia previa con las entrenadas y experimentadas en este tipo de pruebas. No obstante las pruebas con ojos vendados, no reflejan la realidad de la situación, porque salvo las personas con discapacidad visual, la mayoría de personas al andar o pasear ven las imágenes a su alrededor conjuntamente con la percepción sonora, y eso produce unas sensaciones que con los ojos vendados pueden ser distintas en algunos matices. Algunos trabajos [5] sugieren que las personas con discapacidad visual posicionan mejor la procedencia de los sonidos, que las personas con visión normal, pero tapando temporalmente los ojos. Un ejemplo clarificador de éste fenómeno que se ha usado para "resolver" problemas de ruido ambiente, es plantar una barrera vegetal entre el foco sonoro y el receptor a base de arbustos por ejemplo, que privan la visión directa de la fuente de ruido. El nivel sonoro detrás de los arbustos es el mismo que sin los arbustos, pero la sensación sonora percibida aparenta que realmente se ha reducido el ruido de forma apreciable [4], y hace que las quejas generalmente desaparezcan. Las personas afectadas al no ver a la fuente sonora, les da la sensación de que ésta ha disminuido de nivel.

### 4. SOUNDWALKING: CREANDO NARRATIVAS SONORAS.

El llamado "Soundwalking" (paseos sonoros) es un término creado por los miembros del World Soundscape Project en 1970. Se trata de una práctica creativa y de investigación que implica escuchar y, a veces, grabar mientras se desplaza andando por un lugar. Se ocupa de la relación entre los "Soundwalkers" y su entorno sónico circundante. Los paseos sonoros pueden ser individuales o en grupo, y pueden ser grabados o no. El ritmo del caminar, la vestimenta, la



FIA 2018

XI Congreso Iberoamericano de Acústica; X Congreso Ibérico de Acústica; 49º Congreso Español de Acústica -TECNIACUSTICA'18-  
24 al 26 de octubre

climatología, influyen en las propias percepciones de los sonidos. Valorar la calidad sonora en un punto es factible y técnicamente se puede analizar a partir de un registro en ese lugar. Sin embargo una valoración mientras el receptor de mueve, implica que los sonidos de las fuentes sean estáticas o no, se desplazan, lo cual dificulta más su evaluación, porque su contenido espectral e intensidad varían constantemente, y sin imágenes que muestren el movimiento, la valoración sonora es más difícil. Evaluar un recorrido acústico en su totalidad es complicado y carece de sentido acústico. Diferentes situaciones acústicas suceden a lo largo del tiempo que dura el trayecto, y toda esa amalgama de sonidos y sensaciones, difíciles de describir, no permiten obtener una valoración única. Si vamos de un sitio más ruidoso a uno menos ruidoso, que valoración daremos? Las valoraciones subjetivas se pueden hacer en un punto concreto. El concepto de “soudwalking” debería obtenerse a partir de una serie de puntos discretos donde se realiza la evaluación, y esas valoraciones que obviamente son cambiantes, coincidirán con las impresiones de las personas. La grabación de sonidos con un equipo profesional, es una herramienta que permite analizar objetivamente los sonidos y extraer conclusiones. Pero un paseo, conlleva un problema con la captación microfónica ya que aparecen componentes de baja frecuencia y saturaciones producidas por las oscilaciones del micrófono con el andar. El micrófono debe estar estático en un punto para evitar estos problemas acústicos.

#### 4.1. La grabación binaural.

Los sistemas de grabación binaural, permiten obtener registros sonoros con dos canales, lo que permite la “inmersión sonora” a la persona que escuche esa grabación. No obstante, debe tenerse en cuenta que una grabación binaural no es la panacea que nos permita obtener resultados maravillosos. En primer lugar el análisis de las señales de cada canal se hace por separado, cuando debería ser un procesado binaural, como hace nuestro cerebro. En segundo lugar los registros binaurales, permiten realizar funciones potentes de nuestro sentido auditivo como identificar la procedencia del sonido, seleccionar un sonido o sonidos concretos, mejorar la relación señal-ruido, y descodificar información. La más destacada comercialmente es la localización de fuentes en el espacio 3 D, que en aplicaciones “soundscape” no tiene ningún interés. Con la reproducción de los sonidos mediante auriculares, se pierde la sensación de distancia o profundidad. La reproducción de sonidos a través de altavoces, y a condición de que el pabellón auditivo del maniquí (HATS) sea exactamente igual al nuestro, podremos localizar la procedencia de los sonidos, y además tendremos la sensación de profundidad o distancia. Sin embargo los sistemas comerciales no tienen nuestro pabellón auditivo sino una aproximación a éste, por lo que el efecto distancia no se puede percibir. La ventaja de utilizar sistemas binaurales para reproducir grabaciones de paisajes sonoros, no es la localización de fuentes sonoras, sino la posibilidad de que nuestro sentido auditivo pueda extraer información de las señales sonoras que llegan a los dos micrófonos. El procesado de nuestro sistema auditivo nos permite realizar funciones muy complejas como “seleccionar” y reconocer sonidos, mejorar la relación señal – ruido, descifrar una locución y extraer su mensaje. Para hacer este procesado, nuestro cerebro no necesita una señal binaural perfecta [7], basta con una señal estéreo para que el sentido auditivo pueda situarse en la escena sonora, como si estuviera allí. Nótese que para evaluar un paisaje sonoro, no hace falta saber exactamente dónde están situadas las fuentes acústicas para hacernos una idea del ambiente sonoro. Sería el caso de estar en una plaza escuchando el sonido ambiente. Escogeremos una posición y una orientación en principio no predefinidas, en la cual nos sintamos cómodos, por ejemplo de espaldas al sol, o en una sombra. En las valoraciones del paisaje sonoro, la “precisión” del registro binaural con sistemas HATS, no aporta información alguna que no se pueda obtener con un sistema estéreo mucho más sencillo y económico.

#### 5. DESCRIPTORES DE LA CALIDAD SONORA.

Un sonido tienen muchos atributos que son difícilmente mensurables. Los parámetros más conocidos son el nivel de la señal (presión acústica) y su distribución en frecuencia (espectro).

Hay aspectos del sonido que pueden ser medibles con técnicas avanzadas, como la psicoacústica. Se pueden encontrar multitud de ejemplos de señales acústicas con espectros muy similares, y que corresponden a sonidos muy distintos. Los aspectos físicos del sonido se pueden analizar mediante indicadores y técnicas más o menos efectivas que permiten una descripción objetiva del sonido. Pero los sonidos transmiten información y cuando ésta es más importante que el sonido “per se”, las técnicas de análisis se quedan cortas. Unas notas musicales interpretadas con un oboe pueden inducir tristeza. Las mismas notas interpretadas con una trompeta, no. La descripción cualitativa de un sonido es muy compleja y tratar de valorar la reacción de las personas ante determinados sonidos, es una tarea difícil.

## 6. PARAMETRIZACIÓN DE LA RESPUESTA SUBJETIVA DE ENTORNOS SONOROS.

El concepto de ambiente sonoro deseable, sería aquel ambiente acústico donde no se perciban sonidos que nos llamen la atención, y en caso de haberlos, que sean monótonos. Es decir sonidos que no tengan contenido de información asociada. El objetivo del trabajo presentado en esta comunicación es encontrar un indicador simple y de fácil uso y cálculo, que tenga un grado de correlación elevado respecto a la percepción sonora, en éste caso basada en los resultados de una prueba que se realiza en ambiente controlado. La tarea es inabordable por la cantidad de variables que intervienen. Por ello se escogen unas señales sonoras típicas que podemos encontrar cotidianamente, para tratar de predecir cual se considera mejor. El caso estudiado es de centros comerciales dedicados a la jardinería. En estos centros hay plantas de todo tipo y también todos los elementos necesarios para el cultivo, cuidado, riego, etc. de las plantas. Se escogen cinco centros de dimensiones similares todos ellos situados fuera de las ciudades.

Los sonidos se graban sobre soporte digital, a través de la salida AC de dos sonómetros de precisión tipo I, lo que nos permite tener una señal estéreo de calidad. Lo más importante no es la tipología del sonómetro, sino que antes de las grabaciones se calibra el registro, grabando el tono de calibración de 94 dB en ambos canales. El punto donde se realiza la grabación sonora se sitúa en una parte más o menos central del local donde no se molesta al paso de personas y de manera que no se vea que se está grabando, para no influir en la actitud de éstas. Los registros son de tres minutos. Estos registros se escuchan a través de unos auriculares por parte del panel de prueba formado por 12 personas adultas entre 28 y 54 años. Los encuestados deben escuchar los fragmentos sonoros y escoger que ambiente se considera el más adecuado de los cinco mostrados. La pregunta formulada a los participantes era exactamente: “En que escenario sonoro se considera usted más cómodo?”. Los casos 1, 2 y 5 corresponden a grandes superficies comerciales con una parte destinada a jardinería, los espacios interiores se pueden considerar equivalentes entre ellos. Se caracterizan por tener un techo bastante elevado, espacios abiertos sectorizados por estanterías y similares. Los casos 3 y 4 corresponden a centros de jardinería específicos (*garden center*) con una arquitectura distinta de las anteriores. Espacios no tan altos, y con una parte exterior amplia. En todos los casos se hace el registro en el interior del establecimiento, salvo en el caso 4, donde se opta por hacer el registro en el exterior (cubierto) y cercano a una fuente de agua. La descripción de los sonidos grabados en los cinco escenarios se muestran seguidamente:

- Caso 1. Ruido ambiente con música de fondo, algunas voces lejanas. Los últimos 60 segundos del registro aparecen señales de voces más próximas, y de arrastre de un carrito con las ruedas deslizándose irregularmente (4 KHz – 8 KHz).
- Caso 2. Los niveles sonoros son los más bajos y no se observa ningún elemento destacable salvo al principio, un golpe lejano, y una locución por megafonía.
- Caso 3. Al inicio algún golpe lejano. Al final voces.
- Caso 4. Sonido de algunos vehículos que pasan por las cercanías, voces, y ruido de una fuente de agua durante todo el registro.
- Caso 5. Golpes fuertes al principio y parte central, al final sin ruidos.

FIA 2018

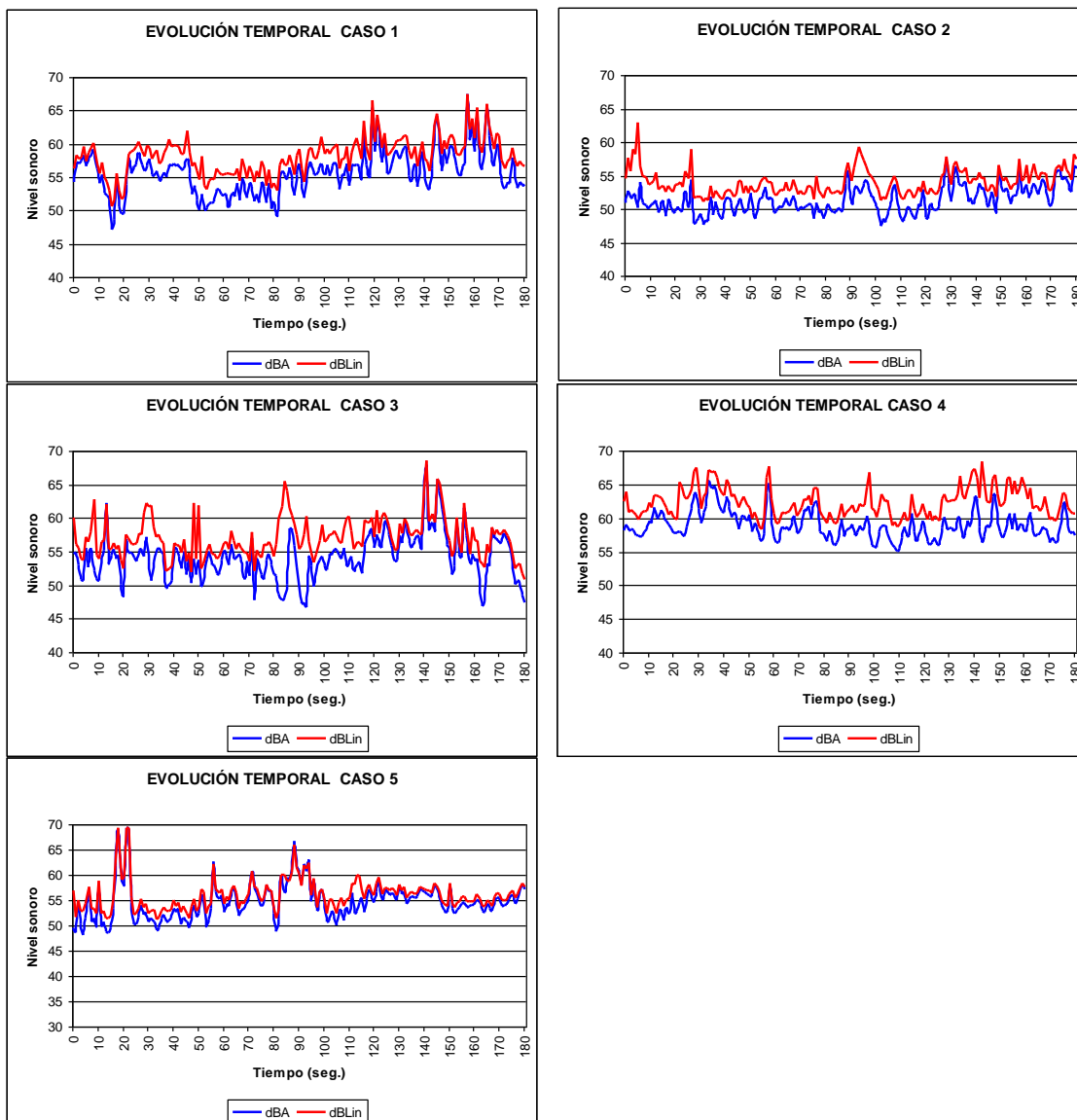
XI Congreso Iberoamericano de Acústica; X Congreso Ibérico de Acústica; 49º Congreso Español de Acústica -TECNIACUSTICA'18-  
24 al 26 de octubre

Como tratamos de obtener un indicador, partimos del resultado de las encuestas. Los resultados de las diferentes pruebas realizado por las 12 personas dieron el siguiente resultado. Como se puede comprobar las respuestas se repartieron entre los casos 2, 3 y 4.

ENTORNO SONORO DESEABLE					
PERSONA	Caso 1	Caso 2	Caso 3	Caso 4	Caso 5
P1				X	
P2		X			
P3				X	
P4				X	
P5				X	
P6			X		
P7		X			
P8				X	
P9				X	
P10			X		
P11		X			
P12		X			

6.1. Análisis temporal.

A partir de estos resultados analizamos los distintos fragmentos sonoros. Empezamos por mostrar las evoluciones temporales. Estas se muestran con ponderación A y en Lineal. Se puede observar como hay registros que presentan más variabilidad de niveles y otros no.



FIA 2018

XI Congreso Iberoamericano de Acústica; X Congreso Ibérico de Acústica; 49º Congreso Español de Acústica -TECNIACUSTICA'18-  
24 al 26 de octubre

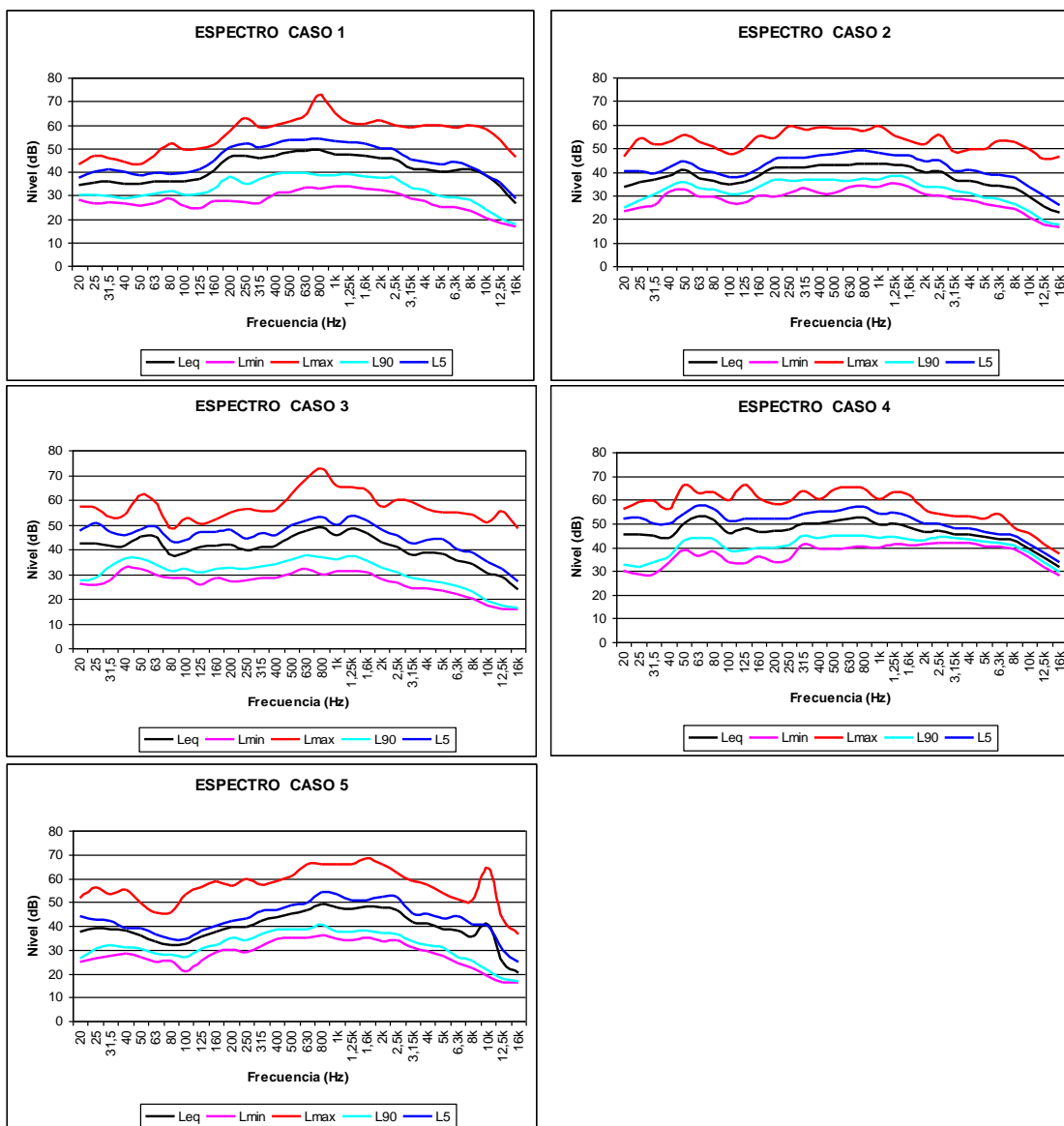
Los niveles sonoros globales se resumen en la tabla siguiente.

CASO	Leq dBA	Leq dBLin
Caso 1	57,2	58,7
Caso 2	52,1	54,3
Caso 3	55,7	57,7
Caso 4	59,7	62,9
Caso 5	57,2	57,8

Se comprueba que el caso 2 es el que presenta un menor nivel sonoro, pero el caso más votado como deseable es el nº 4, que justamente resulta que es el que tiene un mayor nivel sonoro. El caso 5 presenta la particularidad de que a los 20 segundos aproximadamente, se escuchan golpes de martillo. Por las respuestas de los encuestados se deduce que las señales impulsivas se han valorado muy negativamente en este caso. De la señal temporal y los niveles globales (Leq) poca cosa podemos deducir. En todo caso poner de manifiesto que el caso 4 con mayor nivel sonoro se considera el más deseable. Porque?

### 6.2. Análisis en frecuencia.

Se hace un análisis en frecuencia. Los espectros de los cinco casos son similares, salvo el caso 4, donde se observa que entre las bandas de 2 KHz hasta 20 KHz, los niveles espectrales presentan poca variación. Los resultados obtenidos se muestran seguidamente.



El pico que se puede observar en el caso 5, corresponde al sistema de alarma contra incendios. Es un tono que no es constante situado en la banda de los 10 KHz. Su nivel no es perceptible para los adultos, pero si para menores de 6-8 años. Es un aspecto que al margen del objetivo de éste estudio, debería evitarse por las molestias que puede causar entre los más pequeños que no pueden expresar lo que oyen. De las gráficas anteriores cabe destacar que los niveles máximos se apartan bastante del L5, mientras que los niveles del L90 están próximos a los niveles mínimos. Es destacable que el caso escogido como más adecuado (caso 4) es el que presenta un espectro a partir de los 2 KHz con pocos desniveles entre los indicadores mostrados.

### 6.3. Contraste acústico.

En el proceso de escuchar un sonido con una duración en éste caso de 3 minutos, nuestra mente trata de valorar el conjunto, teniendo en cuenta las distintas impresiones que hemos escuchado producido por diferentes fuentes sonoras, voces, carritos, golpes, música, etc. Las sensaciones que se producen, se van diluyendo a medida que pasa el tiempo, siendo cada vez más difícil el poder “recordar” cómo sonaban los primeros instantes del registro. Sólo recordamos los fragmentos sonoros de mayor intensidad aunque sin poder precisar su nivel respecto de otros más recientes. Por otro lado, los sonidos más recientes pueden influir más en la decisión final. Realmente la valoración cualitativa del sonido se hace en base a la distribución en frecuencia, y a la evolución temporal del sonido. La primera es la más compleja, dado que muchos sonidos llevan asociados un significado y eso incrementa la curiosidad acústica, y por tanto nos fijamos más en unos sonidos que en otros, no por su nivel, sino por su contenido en frecuencia. Esto puede propiciar que otros sonidos de la misma o incluso superior intensidad, no queden retenidos por la mente y pasen más “desapercibidos”. La segunda es más simple de recordar, especialmente los golpes o impulsos.

El año 2015 se presentó en el Tecniacústica, el uso del contraste acústico para valorar el grado de confort acústico de sonidos cotidianos [8]. El contraste acústico valora los desniveles sonoros, que hacen que el sonido sea más molesto. Un sonido con poco contraste acústico será en principio menos molesto. El contraste acústico para los 5 casos expuestos anteriormente se muestra en la tabla siguiente.

CASO	Leq dBA	Leq dBLin	Contraste Ac
Caso 1	57,2	58,7	7,7
Caso 2	52,1	54,3	5,8
Caso 3	55,7	57,7	8,6
Caso 4	59,7	62,9	7,0
Caso 5	57,2	57,8	8,6

El contraste acústico calculado es del todo el fragmento de audio con una duración de 3 minutos, y se observa que no ofrece ninguna ventaja aparentemente respecto al nivel Leq. No obstante el contraste es independiente del nivel sonoro, y se centra en los desniveles sonoros del registro. Podemos observar cómo el caso 4 es el que tiene mayor nivel sonoro, y en cambio es el caso 2 el que presenta un menor contraste, y por tanto menor curiosidad acústica. Este resultado que puede llevar a confusión, es debido a que coinciden dos aspectos. Por un lado el nivel sonoro del caso 2 es el más bajo, y por otro lado los desniveles sonoros también son los más moderados. Ambos conceptos no deben confundirse. Los resultados con este indicador parece que se apartan un poco de las valoraciones obtenidas por las pruebas.

## 7. ANÁLISIS DINÁMICO.

Realmente los análisis que se han hecho hasta ahora, hacen un promedio energético durante toda la duración del registro, es decir 3 minutos, ya sea de los niveles sonoros, o del espectro del sonido. Sin embargo, normalmente una persona no espera a escuchar todo el fragmento sonoro para emitir un juicio. Más bien se hacen valoraciones parciales a medida que la señal

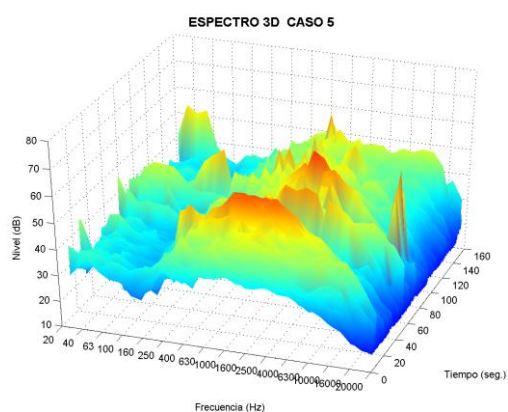
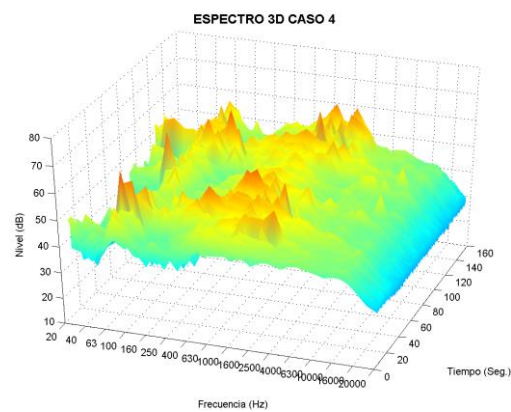
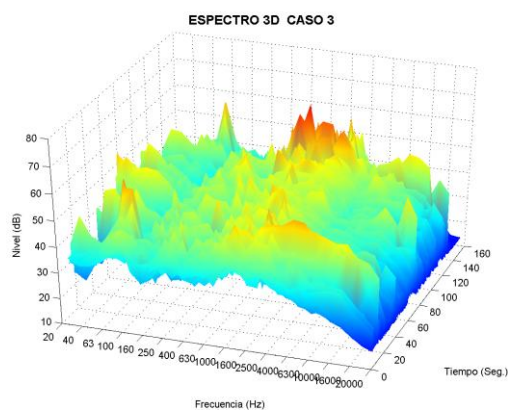
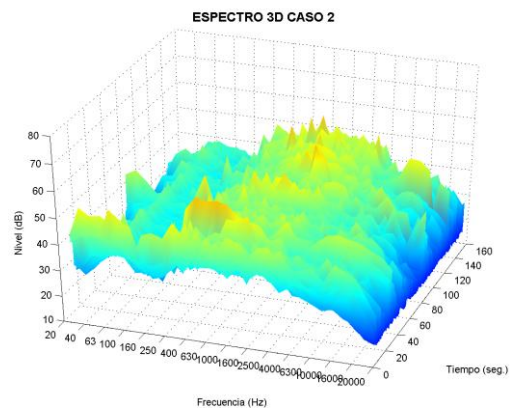
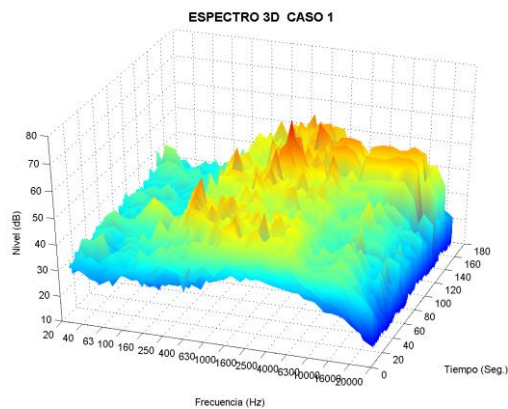


FIA 2018

XI Congreso Iberoamericano de Acústica; X Congreso Ibérico de Acústica; 49º Congreso Español de Acústica -TECNIACUSTICA'18-  
24 al 26 de octubre

de audio va avanzando, recordando determinados fragmentos que nos llaman la atención, para finalmente hacer una valoración global en base a las sensaciones parciales percibidas.

Este concepto que no es nuevo, sería el valor deslizante, es decir el valor del indicador va evolucionando con el paso del tiempo y siguiendo las evoluciones de la señal sonora. Una señal con un nivel sonoro muy monótono (no constante), es aburrido para nuestro cerebro puesto que no aporta información nueva, y la valoración de su nivel sonoro con el Leq, coincide muy bien con la percepción sonora en éstos casos. Sin embargo, los ambientes sonoros más cambiantes en nivel y contenido espectral, requieren más atención por parte del cerebro y por tanto menos relajantes o agradables. El Leq en éstos casos dista mucho de la sensación sonora percibida. La evolución del espectro nos permite ver cómo varía con el tiempo los niveles recibidos para cada banda de frecuencias. La imágenes siguientes muestran la evolución del espectro para cada caso.



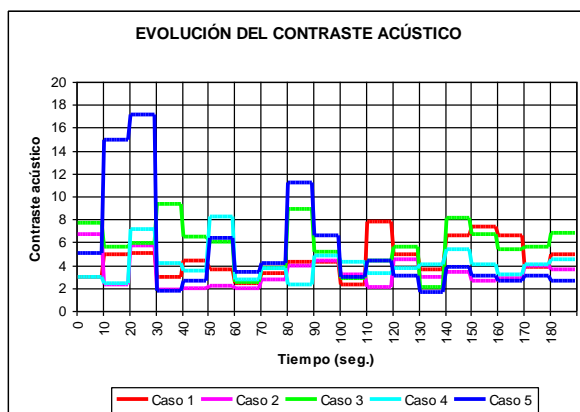
FIA 2018

XI Congreso Iberoamericano de Acústica; X Congreso Ibérico de Acústica; 49º Congreso Español de Acústica -TECNIACUSTICA'18-  
24 al 26 de octubre

De los distintos “waterfalls” mostrados, se puede observar lo siguiente:

- Caso 1. Los últimos 60 segundos del registro aparecen señales de voces, y de arrastre de un carrito con las ruedas deslizando irregularmente (4 KHz – 8 KHz). Esta circunstancia hace que el ambiente acústico del caso 1 sea valorado como poco adecuado.
- Caso 2. Los niveles sonoros son los más bajos y no se observa ningún elemento destacable salvo al principio, un golpe lejano, y una locución por megafonía.
- Caso 3. Al inicio algún golpe lejano. Al final voces.
- Caso 4. Sonido de algunos vehículos que pasan por las cercanías, voces, y ruido de una fuente de agua durante todo el registro.
- Caso 5. Golpes fuertes al principio y parte central, al final sin ruidos.

Con las muestras disponibles se ha considerado que un tiempo de integración de 10 segundos sería en principio adecuado. El contraste acumulado se obtiene con una integración temporal fijada en 10 segundos, lo que nos da una evolución discreta del contraste como se muestra en la figura siguiente. Sin embargo la correlación con los resultados de la encuesta fue decepcionante.



CASO	Contraste acumulado
Caso 1	86,1
Caso 2	63,2
Caso 3	109,0
Caso 4	78,5
Caso 5	100,6

## 8. PERCEPCION AUDITIVA.

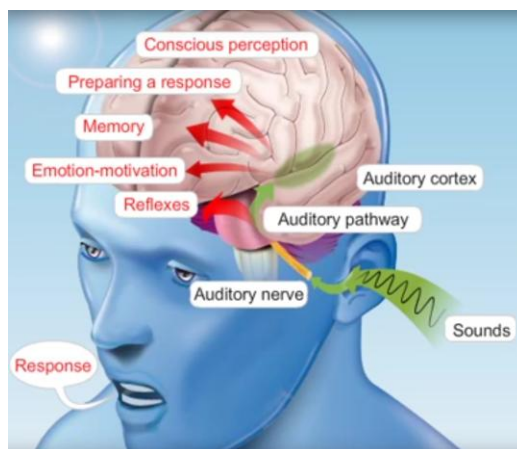
Los sonidos deseados en los ambientes cotidianos en exteriores, suelen contener elementos que se consideran naturales como el canto de los pájaros o el ruido de saltos de agua entre otros. En los espacios interiores no tiene sentido esperar este tipo de sonidos. La selección del ambiente sonoro óptimo va más orientada hacia un nivel sonoro moderado (algunos dirían 0), con sonidos sin estridencias y con unas condiciones acústicas arquitectónicas adecuadas, es decir, con un TR60 moderado - bajo. En los casos seleccionados de grandes superficies, al tratarse de centros con artículos de jardinería o centros de jardinería, parece obvia la relación sonora con el agua.

El procesado del sonido en el cerebro tiene tres niveles del más primario al más avanzado, como muestra la figura siguiente. Los niveles de procesamiento siguen el orden indicado a continuación:

1. Reflejo. Permite saltar, o girar la cabeza, en cuanto oímos el sonido.
2. Córtex auditivo. Donde el sonido es percibido.
3. Otras áreas cerebrales. Percepción consciente. Reconocimiento del sonido por comparación con otros almacenados previamente. Respuesta.

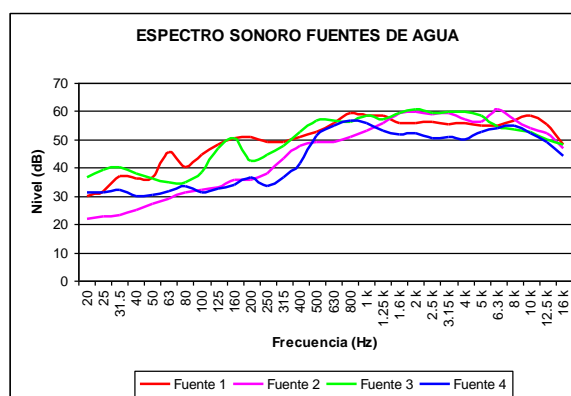
FIA 2018

XI Congreso Iberoamericano de Acústica; X Congreso Ibérico de Acústica; 49º Congreso Español de Acústica -TECNIACUSTICA'18-  
24 al 26 de octubre



La respuesta al estímulo sonoro, se produce a tercer nivel y eso conlleva una valoración condicionada por las experiencias previas de cada individuo. En base a esa experiencia la reacción al mismo estímulo sonoro puede variar apreciablemente entre individuos. Este es el caso que nos ocupa, ya que los sonidos percibidos no se valoran de forma objetiva, sino dentro de un contexto. Al estar comparando ambientes sonoros relacionados con la jardinería, la mayoría de los encuestados, valoraron positivamente la presencia de sonidos de origen natural. Esto explica porqué el caso 4 a pesar de tener el mayor nivel sonoro es el mejor valorado. El registro 4, se hizo cercano a una fuente de agua, situada en un exterior. Se puede oír perfectamente en un primer plano el ruido del agua, y de fondo se escucha puntualmente el paso de algunos vehículos. Cabe decir que el ruido de algún vehículo fue lo que algunas personas consideraron no deseable y descartaron esta opción.

Las fuentes o saltos de agua ofrecen unos espectros de características similares si las dimensiones de la fuente, el número de surtidores y las presiones del agua son similares. Se muestra un ejemplo de 4 fuentes de tamaño medio - pequeño de características similares, medidas a unos 8 m, de distancia.



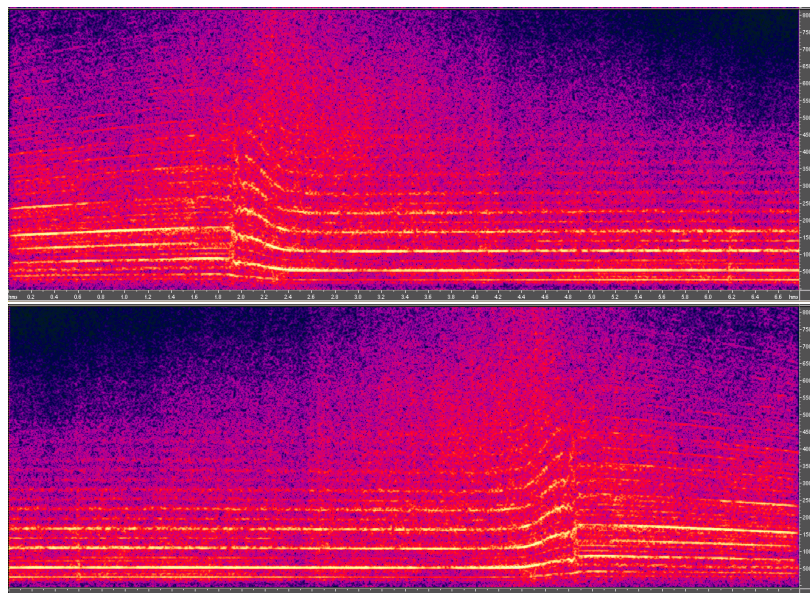
Lo más característico es un espectro tendente a ser plano entre 1 KHz y 8 KHz aproximadamente producido por el impacto de las columnas de agua sobre las superficies. La función "presencia de fuente/salto agua" se obtiene analizando los niveles incrementales entre bandas adyacentes en el margen de 2 KHz y 6,3 KHz. Los niveles obtenidos, se suman y se obtiene un indicador de presencia de fuente/salto agua, que tiende a 0 si la condición es cierta, es decir se trata de un espectro muy plano en ese margen de frecuencias. El resultado para los 5 casos se muestra en la tabla siguiente.

FIA 2018

XI Congreso Iberoamericano de Acústica; X Congreso Ibérico de Acústica; 49º Congreso Español de Acústica -TECNIACUSTICA'18-  
24 al 26 de octubre

CASO	Presencia fuente agua
Caso 1	9,9
Caso 2	9,2
Caso 3	12,0
Caso 4	0,6
Caso 5	12,3

Como se puede ver, el caso 4 ofrece el valor más bajo, por tanto hay presencia de fuente de agua. Con esta variable se puede añadir esta “predilección” por los sonidos naturales en ambientes sonoros, a la valoración objetiva. Esta opción permitiría modelar con más precisión las decisiones que se toman sobre las sensaciones sonoras en base al contenido del sonido, y no en cuanto a sus características. Es decir, tener en cuenta la percepción sonora al tercer nivel, donde los sonidos adquieren sentido, afecta notoriamente a la valoración subjetiva que se pueda hacer. Por tanto la experiencia sonora de cada persona, influye totalmente en la valoración de las sensaciones que produce un ambiente sonoro. Un ejemplo lo podemos mostrar reproduciendo los fragmentos sonoros al revés. Nuestro sentido auditivo está “acostumbrado” a determinados patrones de la evolución temporal de la señal. Reproducir un sonido al revés, crea desconcierto al sistema auditivo, ya que no encuentra un patrón similar en la memoria. Cuando los sonidos escuchados en orden inverso aportan información no redundante, es cuando se percibe la diferencia. En cambio si se escuchan sonidos redundantes, la diferencia es prácticamente imperceptible. De los 5 casos mostrados anteriormente, el caso 4, tiene un fondo sonoro del ruido de una fuente. Este ruido es redundante, siempre igual, con pequeñas fluctuaciones que no aportan información alguna. El paso de vehículos (ruido de rodadura) también es una información redundante. No obstante si se escucha el ruido del motor, entonces se puede detectar que algo no encaja con la experiencia de haber escuchado estos sonidos anteriormente, concretamente con el efecto Doppler del paso del vehículo, como se muestra en el ejemplo siguiente.



En la parte superior, el paso de un vehículo a velocidad constante. En la parte inferior, el mismo sonido reproducido al revés. Aunque el espectro y niveles sonoros sean exactamente iguales, la sensación sonora percibida es distinta. Las voces y otras señales que aportan información siguen unos patrones de evolución temporal que el cerebro tiene aprendidos. Estos patrones temporales son los que permiten entender un idioma en entornos desfavorables. En el resto de casos mostrados anteriormente, aparecen voces o golpes, que escuchados



## FIA 2018

XI Congreso Iberoamericano de Acústica; X Congreso Ibérico de Acústica; 49º Congreso Español de Acústica -TECNIACUSTICA'18-  
24 al 26 de octubre

inversamente, suenan muy distinto a pesar de tener el mismo nivel sonoro y espectro en frecuencia.

### 9. CONCLUSIONES.

1. El uso de indicadores clásicos como el Leq, y el uso de la ponderación A, se muestran totalmente inefectivos para valorar la percepción auditiva de los distintos ambientes sonoros y deberían ser abandonados en favor de indicadores de la calidad sonora.
2. El uso de indicadores más cercanos a la percepción sonora, como el contraste acústico que valora bien el grado de molestia, pueden aportar una mejora en esa valoración aunque sin llegar "per se", a resultados satisfactorios.
3. Se observa que el análisis cualitativo del sonido, debería ser complementado con la información asociada a éste descodificada por nuestro cerebro, para obtener una predicción más ajustada a la realidad.
4. Sería interesante disponer de una herramienta que permita tener en cuenta la información que aporta un sonido, basado en la experiencia sonora "básica", para poder hacer una valoración más cercana a la realidad.
5. La experiencia acústica personal, influye notablemente sobre la valoración de los ambientes sonoros. Las diferencias culturales pueden dificultar obtener un indicador universal, para la valoración de los aspectos subjetivos de los ambientes sonoros.

### 10. REFERENCIAS.

- [1] Michael F. Southworth "The sonic environment of cities". MIT library (1967)
- [2] Watts Gregory. "Tranquility Trails for promoting well-being in urban areas". Acoustic Bulletin (2018)
- [3] Souta Hidaka, Masakazu Ide. "Sound can suppress visual perception". Nature online (2015)
- [4] Kang Jian, Yang Wei, Zhang Mei. "Sound Environment and Acoustic Comfort in Urban Spaces". FFP 1998-2002 EU. Designing Open Spaces in the Urban Environment: a Bioclimatic Approach. RUROS project. (2004)
- [5] Tavry V., Zatorre R. J., Voss P., *The influence of vision on sound localization abilities in both the horizontal and vertical planes*. Frontiers in Psychology. (2013).
- [6] McCartney Andra. "Soundwalking: creating moving environmental sound narratives". The Oxford Handbook of Mobile Music Studies, Vol 2 (2014).
- [7] Ordoyo F., Barti R. "Comparación entre las técnicas binaural y estéreo para la localización de fuentes en el espacio 3D". Tecniacústica 2001.
- [8] Barti R. "Uso del contraste acústico para evaluar la molestia percibida por el ruido". Tecniacústica 2015.