

## IMPORTANCIA DE LA PERCEPCIÓN BINAURAL EN LA MEDIDA DEL RUIDO

PACS: 43.50.Rq

Barti Domingo, Robert  
Director Área de Acústica. Laboratorio LEM  
Pol. Ind. Cova Solera  
Avd. Can Sucarrats, 110, nave 11  
08191 Rubí. Barcelona. España  
Tel: 935 862 680  
Fax: 935 862 681  
E-mail: robert@lem-sl.com

### ABSTRACT

Human hearing uses binaural perception. The use of two ears, let's the brain does some improved functions like recognition of talker, sound localization or selection of sound source. In the real life, reverberation and echoes have influence to the signals reaching the listener. But however the processing of these signals by the brain, and the resulting perception of the acoustic signal, includes the apparent signal to noise ratio concept. The measurement technique that is conventionally used for the measurement of sound differs in some important aspects from the human perceive and evaluate sounds. It become obvious that the effect of noise (nuisance) on humans, can not be validated by the still use of conventional (old fashioned) measurement technique.

### RESUMEN

La percepción auditiva humana es binaural. El uso de dos oídos nos permite realizar funciones altamente especializadas como el reconocimiento de parlantes, la localización de fuentes de sonido o la selección de éstas. En la vida real, la reverberación y el eco tienen su influencia sobre las señales recibidas por el oído. Pero además en el procesamiento de estas señales por el cerebro, debe incluirse el concepto de relación señal – ruido aparente. Las técnicas de medida convencionales utilizadas para la medida del sonido difieren notablemente en algunos aspectos de la forma en que los sonidos son percibidos y evaluados por las personas. Parece obvio que los efectos del ruido (molestia) sobre el hombre, no pueden validarse con el uso reiterado de sistemas (arcaicos) de medida convencionales.

### INTRODUCCIÓN

El sistema auditivo humano es binaural por naturaleza. Esta particularidad permite que podamos entre otras cosas, escuchar y entender una conversación en entornos ruidosos. Las complejas operaciones que realiza nuestro cerebro, permiten que la capacidad de reconocimiento acústico del entorno se recupere aunque sea parcialmente, después de un trauma acústico. Una de las primeras ventajas que se pueden destacar es el aumento de la sonoridad binaural respecto de la monoaural, 3 dB cuando estamos con niveles cercanos al umbral auditivo y de 6 dB cuando tenemos niveles superiores. El nivel de enmascaramiento (MLD) permite al sistema binaural utilizar el tiempo interaural y las diferencias de intensidad entre ambos oídos, para “extraer” la señal deseada del ruido que la rodea. La capacidad de localización de las fuentes de sonido es una propiedad importante de cara a la vida cotidiana.

Por ejemplo andando por la acera, podemos escuchar a nuestras espaldas el ruido de un vehículo y cómo se acerca a nosotros. Sin verlo podemos saber si está frenando acelerando, derrapando, etc. También en ocasiones la capacidad de comunicación oral requiere identificar previamente la posición de la fuente de sonido.

## **EL PROBLEMA**

Sin embargo a ésta capacidad positiva de “extraer” sonidos o mejor dicho, información del sonido que llega a nuestros oídos, también tiene su parte negativa. ¿Que ocurre cuando estamos en un entorno muy silencioso, y pasados unos minutos, escuchamos el ritmo de baja frecuencia de una música? Probablemente esta pequeña señal nos dificultará conciliar el sueño. Nuestro cerebro “se fija” el ese ritmo, y ya no podemos dejar de escucharlo. Nos pondremos nerviosos, aspecto que empeora notablemente el grado de irritación y molestia que el ruido ocasiona. Si medimos con tecnología tradicional ese ruido, probablemente nos llevaremos la sorpresa de que el nivel está por debajo del máximo permitido.

Generalmente, cuando se realiza una medida de inspección, encontramos situaciones muy similares a las descritas anteriormente. En ocasiones no es una música sino el ronroneo incesante de los equipos de aire acondicionado. Se trata de señales de muy baja frecuencia, generalmente con componente tonal a 50 Hz y 100 Hz. Por otro lado se mide siempre con la ponderación A que “rebaja” notablemente los niveles a estas bandas, y en muchas ocasiones además se mide con elevados grados de integración temporal. Todo ello conduce a unos niveles de evaluación anormalmente bajos y que no se corresponden en absoluto con la sensación que percibe la persona o personas afectadas. Da la sensación de que lo que se pretenda, lejos de evaluar realmente y lo mas fielmente posible el ruido, es “ocultar” a éste, de manera que se mida como se mida, más o menos siempre de lo mismo.

Las Ordenanzas Municipales deberían velar por la calidad acústica de los ciudadanos, pero usando las técnicas de medición clásicas, se llega a la conclusión de que este aspecto quizás no está bien resuelto. El principal problema es que las personas expuestas al ruido no ha podido descansar correctamente, y esto perjudica a su salud y a su relación social. La situación se resuelve finalmente, cuando pasado un tiempo (quizás unas horas) el cansancio y/o el cese de la actividad permita dormir plácidamente. Un caso digno de mención son los ruidos de impacto. Generalmente se mide el nivel de ruido ambiental, y se añade una penalización por presencia de componentes impulsivas. Aún penalizando con 6 dB (A por supuesto), en ocasiones ni se llega al límite máximo fijado por la ordenanza. Y sin embargo la persona o personas afectadas acaban de los nervios ante esta situación. ¿Sería posible medir de forma más eficiente?

## **LA PERCEPCIÓN BINAURAL**

Todas las personas tienen dos oídos y ello les permite disfrutar de las ventajas que la audición binaural les proporciona. Reynolds y Stevens en 1951 definieron la suma de sonoridad binaural (BLS). Es quizás una de las principales ventajas de la percepción binaural. Cuando una señal con información (voz, música,...) se mezcla con una de ruido ambiente, el fenómeno de diferencia de nivel de enmascaramiento (MLD) permite que las pequeñas diferencias de tiempo entre las señales que llegan a los 2 oídos y los desniveles de ambos canales, se utilicen para mejorar nuestra capacidad de descodificar la información. Cuando estamos en un entorno silencioso, señales con pequeña amplitud son fácilmente detectadas por nuestro sistema auditivo binaural.

Con el paso de los años el oído pierde sensibilidad en frecuencia y de nivel. Normalmente el proceso de presbiacusia afecta por igual a ambos oídos, pero en ocasiones algunos accidentes o enfermedades o simplemente la genética, pueden alterar este descenso de las cualidades acústicas de forma simétrica entre ambos oídos. Estas pérdidas de nuestras capacidades auditivas son corregidas “on line” por el cerebro para poder seguir realizando las operaciones de localización y seguimiento de las fuentes de sonido.

Ante un trauma acústico importante que suponga la pérdida en frecuencia parcial de un oído, el sistema binaural queda muy alterado. La localización de fuentes sonoras y la mayor dificultad en comunicarse en ambientes ruidosos son las consecuencias más importantes. El cerebro deberá “aprender” la nueva situación para modificar los IP (patrones de interferencia) y readaptarlos a la nueva situación acústica del oído. Este proceso lleva unos años, y supone volver, en cierto modo a nuestra etapa de la infancia, aunque sea a nivel acústico obviamente.

A pesar del envejecimiento del sistema auditivo y de sus consecuencias, la identificación y selección de sonidos se puede realizar sin esfuerzo, no así la localización de fuentes que en caso de haber padecido traumas acústicos importantes queda mermada. En consecuencia la capacidad de “extraer” un sonido entre el ruido es un proceso fácil que no se pierde con la edad.

## **OBJETIVO DEL ESTUDIO**

Se trata de hacer un estudio que permita comparar algunos aspectos de la percepción binaural y la monoaural. El primer problema que nos encontramos es que siempre tenemos dos oídos, de manera que la única forma de conseguir una percepción auditiva monoaural será mediante audición dicótica, anulando uno de los canales. Se decide eliminar el canal izquierdo, quedando para posteriores estudios la diferencia entre la percepción monoaural de ambos oídos. La presentación de señales monoaurales cruzando ambos canales y presentando la información acústica en ambos oídos simultáneamente no tiene los mismos efectos. La presentación de las muestras de sonido tiene lugar en un entorno silencioso. Los mensajes o registros de sonido sólo pueden ser escuchados una vez. Para evitar la ayuda a “descifrar” el mensaje, el orden de presentación de sonidos se altera entre monoaural y binaural.

Salvando la complejidad del problema, se pretende evaluar de forma aproximada la incidencia del tiempo de reverberación, y del ruido de fondo sobre la percepción monoaural y binaural. Posteriormente se constata la necesidad de hacer una subdivisión con el tipo de ruido, ya que se observa una dependencia de la capacidad de “extracción” de información con el tipo de ruido enmascarante.

## **GRABACIONES DE SONIDO BINAURAL**

Para poder establecer la importancia de la capacidad auditiva binaural, se graban en soporte digital, sonidos en distintos ambientes y en distintas condiciones. La grabación se realiza mediante la técnica del maniquí. Se pretende evaluar la influencia de tres factores, el tiempo de reverberación, el ruido de fondo y el tipo de ruido, sobre la capacidad de entender un mensaje. Las muestras de sonido corresponden a situaciones muy diversas, tanto en espacios cerrados como en espacios abiertos o semiabiertos. En todos los casos se graban mensajes hablados de personas cercanas al punto de medida.

Los espacios cerrados han sido, despachos, oficinas de atención al público, restauración y bares, locales comerciales (algunos sin ocupar), dormitorios particulares y grandes superficies. En cuanto a los espacios abiertos o semiabiertos han sido, estacionamientos, pistas de básquet, distintos tipos de calles (algunas peatonales), y jardines. Los registros se han hecho durante varios minutos, de los cuales se ha seleccionado un fragmento que nos era útil para nuestro estudio. La duración de los fragmentos oscila entre los 3 s. y los 6 s. aproximadamente.

## **EL TEST DE MEDICIONES**

Mediante un test con sonidos presentados dicóticamente, se pretende reproducir la situación de las grabaciones. El panel del test lo forman 5 personas, 3 adultos (de 44, 48 y 49 años) y 2 niños (13 y 15 años). La muestra es muy reducida y por tanto los resultados obtenidos no van a ser concluyentes. Para evaluar la influencia del TR60, y del ruido sobre la capacidad auditiva se ha medido de forma aproximada el valor de estos parámetros para cada

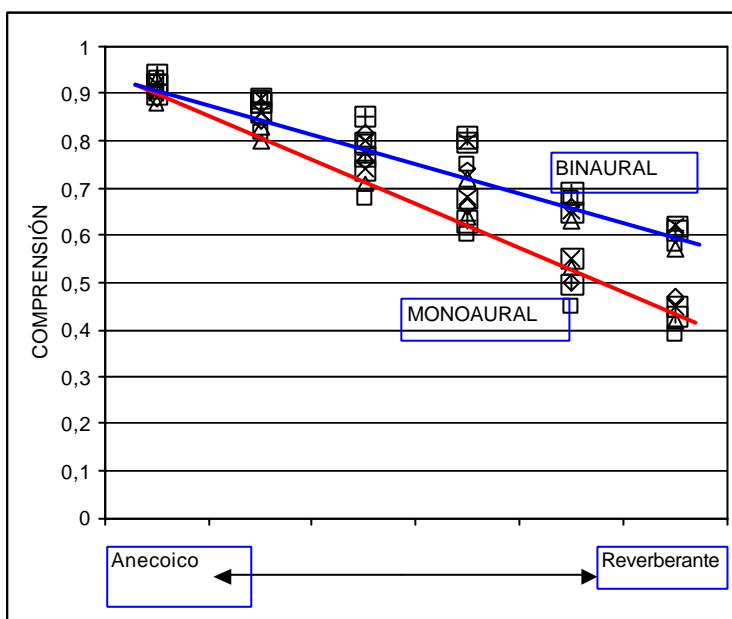
situación. Así en el caso de espacios cerrados, se produce un impulso mediante la explosión de un globo. La determinación del nivel de ruido se establece respecto al nivel de la señal que se quiere "seguir". El TR60 de cada situación no se podía modificar. Sin embargo el ruido de fondo si que se modificaba, ya que se aumentaba éste con ruido de electrodomésticos, y con voces (generalmente procedentes de una TV o radio).

## RESULTADOS OBTENIDOS

La presentación de las muestras de sonido por vía dicótica, tienen un pre-estímulo para evitar el efecto "sorpresa" en el reconocimiento del mensaje. Con esta técnica se consiguen mejores resultados, ya que el sujeto no está impaciente a la espera de una señal que no sabe cuando se va a producir. Esta inquietud se traduce por regla general en un resultado peor al real en la descodificación del mensaje. El pre-estímulo es una señal de ruido rosa de muy bajo nivel y de 1s. de duración, que avisa de la llegada inminente del mensaje. Su objetivo no es modificar el umbral de sensibilidad sino de alertar.

### Influencia del TR60

De los espacios cerrados medidos se seleccionan seis que ofrecen un margen de TR60 suficiente. La distancia entre la fuente de señal y el receptor es similar. La fuente de señal es un voz que se sitúa frente al punto receptor. Clasificando las distintas situaciones en espacios cerrados en función del tiempo de reverberación medido se obtiene el siguiente resultado.



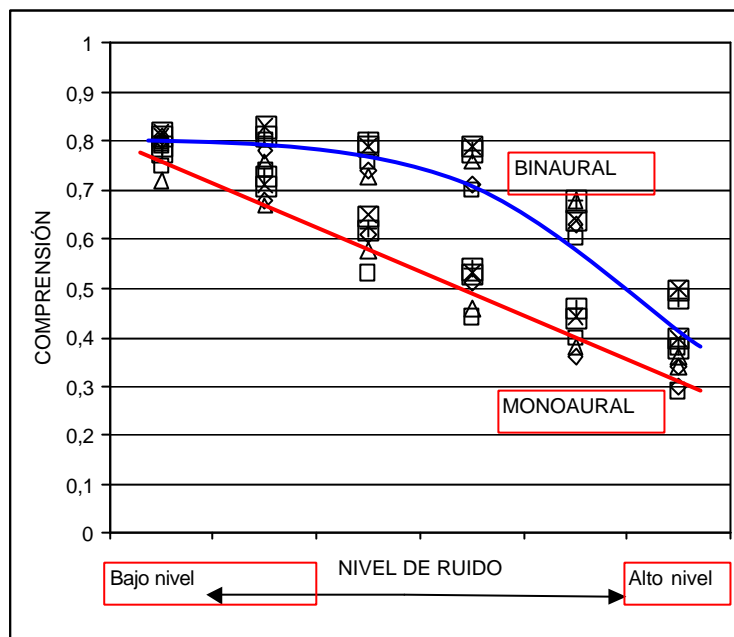
De la figura anterior se observa como la percepción binaural proporciona una mejora en la audición de mensajes. Para entornos anecoicos (poco reverberantes) no se observan diferencias entre la audición monoaural y la binaural. Esta situación se corresponde con espacios pequeños, en el experimento, se trata de espacios de ámbito doméstico. En los ámbitos domésticos las posiciones de recepción son las habituales (sentado). En los espacios mayores la posición preferente ha sido de pie. En ambiente "anecoico" no se llega al 100% de efectividad debido probablemente a que el orador no es un experimentado profesional, y por tanto su locución no es perfecta, y porque el TR60 es bajo pero no cero.

### Influencia del ruido de fondo

Para la evaluación del ruido de fondo se parte de espacios con características similares de TR60. Concretamente se usan tres cocinas con volúmenes similares y donde la situación

que se recoge es la escucha de la TV situada a poca distancia del punto de medida. Los sujetos se sitúan alrededor de la mesa, sentados y como en otras situaciones en posición "normal". El ruido procede de diversos electrodomésticos. Se ha utilizado, ruido de campana extractora, ruido de batidora, aspiradora, secadora, lavadora, nevera y la propia TV. La señal a "detectar" son los mensajes del interlocutor situado frente al punto de medida. Al realizar los análisis se observó que el tipo de señal enmascarante (ruido) era importante.

Por ejemplo el ruido de espectro amplio de carácter aleatorio (semejante al ruido blanco o rosa) emitido por batidoras, secadoras o similares tenía un efecto similar tanto en audición monoaural como binaural. Los resultados obtenidos se muestran a continuación.



La gráfica anterior muestra el caso de comprensión del mensaje por influencia del ruido de podríamos decir, banda ancha. Para niveles bajos o elevados, la percepción binaural no mejora sensiblemente la capacidad de comprensión. Sin embargo, para niveles moderados se observa una mejora en la percepción binaural respecto de la monoaural. En todas las situaciones el nivel de señal era similar e independiente del nivel del ruido.

Como se ha indicado anteriormente, el tipo de ruido influye en la capacidad de entendimiento del mensaje. Cabe destacar que en ésta parte del experimento la posición relativa entre fuente de sonido deseado y fuentes enmascarantes es muy importante. Si la fuente enmascarante y la de información se encuentra dentro del cono de confusión, no es posible su discriminación espacial, por lo que la mejora con la percepción binaural se reduce únicamente el aumento de sonoridad. Pero si la fuente enmascarante y de información están fuera del cono de confusión, el sistema binaural permite focalizar su atención sobre la fuente deseada. La señal de ruido de banda ancha, al ser más incorrelada puede ser también "cancelada" y no afecta tanto como una locución. Sobre todo teniendo en cuenta que la locución enmascarante es en el mismo idioma y de nivel similar.

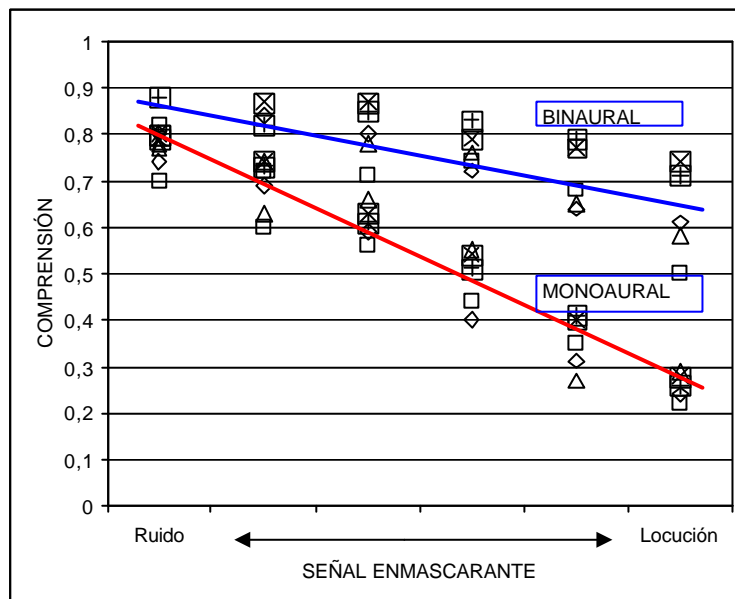
Cabe destacar del gráfico siguiente, que en los resultados de la percepción binaural se destacan dos casos (cruces + y x ) que ofrecen siempre valores más elevados de comprensión del mensaje. Estos casos se corresponden con el de los niños. La cuestión es ¿porqué? La respuesta exacta no se puede avanzar, puesto que se trata de una muestra con dos casos. Sin embargo tienen en común que su oído es mucho más perfecto que el de los adultos y no se encuentra, envejecido o dañado. Esto vendría a reforzar la idea de que si nuestro oído trabaja correctamente y tiene un margen en frecuencia amplio, su capacidad de discriminación de información en entornos desfavorables acústicamente, es superior. En consecuencia, la gente joven, con oídos en buen estado puede escuchar mensajes que para gente mayor resulta

mucho más difícil. Un ejemplo claro lo tenemos en los bares musicales o discotecas. Los jóvenes pueden “comunicarse” hablando, mientras que para los adultos esa “comunicación” resulta mucho más difícil.

Esta situación se produce con frecuencia en nuestra vida diaria. En el comedor de un restaurante no suele haber medidas correctoras acústicas, y la ausencia de materiales absorbentes favorece que el nivel de ruido sea en ocasiones ensordecedor. Si en una mesa hay una conversación entre adultos y jóvenes, estos pueden escuchar mejor a sus interlocutores. Otra situación por desgracia también muy frecuente es estar hablando con unas personas, paseando por la calle. La situación más habitual será que se coloquen en fila unos al lado de otros de manera que inevitablemente no todos están cerca entre sí. Cuando nuestros interlocutores nos entienden pero nosotros no los entendemos, es que algo no funciona en nuestro sentido auditivo. Probablemente padecemos de un pequeño trauma acústico sin ser conscientes de ello.

Con una audiometría clásica no se pueden evaluar los efectos nocivos de ciertas prácticas como frecuentar discotecas o bares con elevados niveles de sonido, llevar reproductores con auriculares con volumen elevado de sonido. La disminución de la sensibilidad auditiva a frecuencias elevadas no se considera nociva. Sin embargo la realidad demuestra que la capacidad de comunicación se resiente notablemente.

La figura siguiente muestra el caso en que se compara ruido de carácter aleatorio generado por extractores, aspiradoras, etc. respecto del ruido generado por voces, en éste caso la propia TV y voces cercanas.



## CONCLUSIONES

La audición binaural se muestra notablemente superior a la monoaural, especialmente cuando estamos en ambientes con otras voces enmascarantes. La percepción binaural permite “extraer” información del ruido ambiente. Es justamente ésta capacidad de “extracción” de la señal deseada del ruido y otros factores enmascarantes la que nos permite detectar sonidos de forma clara del ruido ambiental. En ocasiones éstas señales no son deseadas pero sí detectadas, aumentando el grado de discomfort acústico. La evaluación del nivel global no evalúa correctamente el grado de molestia generada. En consecuencia en las situaciones donde los niveles de ruido sean bajos, nuestra capacidad auditiva puede percibir sonidos de distinta manera a como los podemos medir por el método tradicional. Esta diferencia implica un aumento de la amplitud de la señal percibida (binaural) respecto de la medida (monoaural).