



# La obtención de medidas en oído real mediante sonda microfónica. Consideraciones prácticas.

**Franz Zenker Castro**

*Clínica Barajas. Santa Cruz de Tenerife, España.*

## Resumen

Las medidas con sonda microfónica aportan un método eficiente y eficaz en la verificación final de la adaptación audiotrófica toda vez que permiten estudiar la respuesta electroacústica con el molde adaptado y el audífono en funcionamiento en oído real. El uso de estas medidas tiene en cuenta las diferencias individuales de cada paciente y las peculiaridades de un audífono y molde auditivo en particular. Este tipo de medidas electroacústicas pueden ser llevadas a cabo en todo tipo de prótesis auditivas incluidas las digitales. En este artículo se revisan de forma práctica los procedimientos al uso en la clínica para la obtención de medidas de respuesta del audífono en oído real mediante sonda microfónica.

**Palabras Claves:** Medidas en Oído Real, Sonda Microfónica, audioanalizador, Adaptación Audiotrófica.

## Introducción

La verificación de la adaptación audiotrófica es el procedimiento orientado a constatar que los objetivos propuestos para la amplificación han sido alcanzados (1). Los objetivos se establecen a partir de los métodos de prescripción de la ganancia y deben ser contrastados finalmente en el oído real del paciente o en el acoplador (2). Varios protocolos de adaptación audiotrófica, especialmente aquellos orientados a población pediátrica, proponen las medidas con sonda microfónica como el procedimiento más eficaz, eficiente y válido para la verificación final de la adaptación (3,4,5).

El uso de la tecnología digital en la adaptación audiotrófica ha permitido mejorar la precisión en el ajuste y reglaje del audífono sin embargo también cuenta con algunas limitaciones. Por un lado la tecnología digital impone una excesiva simplificación y automatización a la vez que abusa de las representaciones virtuales en la verificación de la adaptación. Estas representaciones no reflejan la respuesta real de un aparato en particular lo que puede conllevar a errores. Es por ello que resulta imprescindible contar con procedimientos de verificación externos a los módulos de adaptación. En la actualidad las medidas en oído real con sonda microfónica están indicadas como el procedimiento apropiado para la verificación de la adaptación audiotrófica. Sin embargo, estas medidas no gozan

de excesiva popularidad por las siguientes razones:

- 1.- La creencia de que un audífono digital no puede ser verificado por procedimientos electroacústicos.
- 2.- La tendencia a seguir prestando mayor crédito a los métodos de verificación psicofísicos como la ganancia funcional. Es decir, las audiometrías en campo libre con y sin prótesis.
- 3.- Los aspectos de manipulación y destreza que exigen este tipo de medidas al aplicar la sonda en el Conducto Auditivo Externo (CAE). Especialmente cuando se trata de bebés o niños pequeños.

En este artículo presentamos una revisión de los procedimientos al uso en la obtención de medidas en oído real de forma práctica. Para una revisión de las definiciones y aplicaciones descritas en este estudio puede acudir a la revisión llevada a cabo por el autor en publicaciones anteriores (2).

## Consideraciones previas a la exploración mediante sonda microfónica

### La exploración otoscópica

Toda vez que las medidas en oído real consisten en

la introducción de una sonda microfónica en el CAE es absolutamente necesario llevar a cabo previamente una exploración otoscópica. La presencia de cerumen puede interferir en la correcta colocación de la sonda por lo que debe de ser extraído en caso de estar presente (6). Por otro lado, la observación bajo otoscopio de la anatomía del conducto nos va a facilitar la disposición de la sonda y nos permitirá tener en cuenta las peculiaridades del CAE de forma individualizada.

### Calibración de la Sonda

El primer paso en la obtención de medidas de oído real es la calibración de la sonda. Esta calibración se lleva a cabo de diferentes formas según el modelo de audioanalizador disponible. El objetivo es eliminar los artefactos acústicos que la sonda introduce al viajar el sonido a través de ella. Una vez calibrado, el audioanalizador, aplicará un factor de corrección a todas las medidas realizadas con posterioridad. Es por ello esencial que este proceso se lleve a cabo invariablemente antes de la exploración de acuerdo con las indicaciones de cada fabricante.

### Posicionamiento de los altavoces

En los registros in situ resulta crítico la distancia y el acimut del altavoz respecto al paciente para poder obtener medidas fiables (7,8,9). La mayoría de los fabricantes recomiendan distancias entre altavoz y paciente de 0.5 a 1 metro. Esta distancia establece un compromiso entre la exactitud de la medida y el confort del paciente a la vez que minimiza el efecto de la reverberación y del ruido de ambiente. El acimut recomendado por varios autores está entre 0° y 45° (8,9,10).

### **Métodos de colocación de la sonda**

El aspecto de mayor dificultad en la obtención de este tipo de medidas es la colocación de la sonda en el CAE. De la correcta inserción dependerá que finalmente obtengamos curvas de respuestas sin errores. La poca familiarización con estos procedimientos, especialmente en niños de corta edad, puede generar cierta ansiedad en el examinador al insertar la sonda. Este deberá de poseer la habilidad necesaria para manipular el equipo con seguridad e inspirar la suficiente confianza en el paciente y familiares para que pueda llevarse a cabo el registro con éxito.

### El método del posicionamiento visual

Este método se basa en el posicionamiento de la sonda a partir de la inspección visual del CAE. Consiste en colocar la sonda a una profundidad que varía en función de la edad y el sexo del paciente. Para ello tendremos en cuenta varios factores, primero, que el largo del CAE en un adulto es de 25 mm, segundo, que la distancia entre la entrada del CAE y el trago es de 10 mm y tercero, que la sonda tiene aproximadamente 30 mm de largo. A partir de estos datos debemos de colocar la sonda a unos 5 mm del tímpano (11). Para ello partiremos de las siguientes referencias. En el caso de una mujer adulta introducir la sonda 28

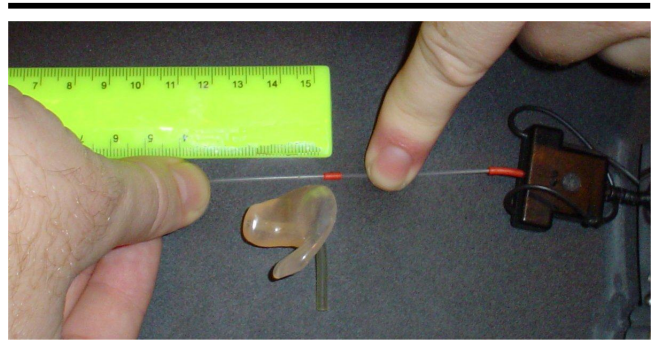
mm a partir del trago. En el caso de los varones adultos la sonda debe introducirse entre 20mm y 25 mm. Estas indicaciones son aproximadas y en algunos pacientes la sonda quedará a más o menos distancia del tímpano debido a diferencias individuales en la longitud del CAE.

Para facilitar el proceso de colocación es conveniente hacer una marca sobre la sonda. Algunos fabricantes entregan con el equipo unas anillas deslizantes con las que marcar los milímetros deseados.

### El método del posicionamiento geométrico

Esta técnica utiliza el molde auditivo o la carcasa del audífono como guía. Para ello se identifica en el molde el borde que coincide con el trago del oído del paciente y a continuación se aproxima la sonda al molde y se deja que esta exceda 5 mm del extremo (ver figura 1). Se marca la sonda y se introduce en el CAE hasta que la marca alcance el trago del paciente. Puede utilizarse un poco de material de impresión para fijar la sonda al CAE o algún tipo de lubricante.

**Fig. 1:** Método del posicionamiento geométrico. Se identifica en el molde el borde que coincide con el trago, se aproxima la sonda al molde y se deja que esta exceda 5 mm del extremo.



### **Lubricación de la sonda**

La porción de la sonda que es introducida en el CAE puede lubricarse con algún tipo de vaselina o producto específico al uso. Debe tenerse especial cuidado en no aplicar lubricante en exceso para no obstruir la sonda. El lubricante facilitará que la sonda se adhiera al CAE y facilitará la adaptación del molde. Así mismo con la aplicación del lubricante la sonda no se desplazará una vez colocada.

A continuación se revisan los procedimientos para la obtención de las medidas con sonda microfónica más frecuentes en la práctica clínica.

### **REUR – Respuesta en oído real no amplificado**

Los pasos en la obtención del REUR son los siguientes:

1. Llevar a cabo una exploración otoscópica.
2. Colocar el extremo de la sonda microfónica a una distancia apropiada del trago en el CAE.

3. Colocar al paciente a una distancia y azimut apropiados del altavoz.
4. Seleccionar la intensidad del estímulo a un valor por encima del ruido ambiente y a una intensidad suficiente para llevar a cabo posteriormente el examen con el audífono.
5. Llevar a cabo la medición.

**Fig. 2:** Montaje de la medida del REUR. Se observa la sonda introducida en el CAE.



### REAR – Respuesta en oído real amplificado.

Los pasos en la obtención del REAR son los siguientes:

1. Llevar a cabo una exploración otoscópica.
2. Colocar el extremo de la sonda microfónica a una distancia apropiada del trago en el CAE.
3. Si el objeto de la medición es obtener posteriormente la Ganancia de Inserción, la sonda deberá colocarse de la misma forma que durante la obtención de la medida del REUR.
4. Colocar el audífono en el oído del paciente mientras se sostiene la sonda de forma que la posición de esta en el CAE no se vea alterada.
5. Encender el audífono y ajustar la ganancia del aparato al nivel deseado.
6. Colocar al paciente a una distancia y azimut apropiados del altavoz.
7. Seleccionar la intensidad del estímulo a un valor por encima del ruido de ambiente y a una intensidad suficiente para llevar a cabo el examen con amplificación.
8. Llevar a cabo la medición.

### REIG – Ganancia de Inserción

Los pasos en la obtención del REIG son los siguientes:

1. Llevar a cabo la medida del REUR.
2. Llevar a cabo un REAR usando las mismas condiciones de presentación de los estímulos sonoros y punto

de medida en el CAE que con el REUR.

3. Restar el REUR al REAR en todas las frecuencias.
4. Ajustar las características del audífono de forma que el REAR se aproxime de la mejor forma posible a los objetivos establecido por el REIG en todas las frecuencias.

**Fig. 3:** Montaje de la medida en oído real del REAR. Se observa la sonda introducida en el CAE, el molde acústico y el audífono en funcionamiento.



### REOR – Respuesta en oído real ocluido.

Los pasos en la obtención del REOR son los siguientes:

1. Llevar a cabo una exploración otoscópica.
2. Colocar el extremo de la sonda microfónica a una distancia apropiada del trago en el CAE.
3. Si el objeto de la medición es la comparación entre los resultados del REOR con el REUR la sonda deberá colocarse de la misma forma que durante ambas mediciones.
4. Colocar el audífono en el oído del paciente mientras se sostiene la sonda de forma que la posición de esta en el CAE no sea alterada. Asegurarse de que el audífono está apagado.
5. Colocar al paciente a una distancia y azimut apropiados del altavoz.
6. Seleccionar una intensidad del estímulo apropiada. Dado que la intensidad de los estímulos suele variar es conveniente usar el mismo valor que el empleado en la obtención del REUR y del REOR.

### RECD – Diferencia entre oído real y acoplador

La mayoría de audioanalizadores llevan a cabo el cálculo del RECD de forma automática a partir de las medidas obtenidas previamente en el acoplador y en el oído real del paciente. Para llevar a cabo esta medida es necesario disponer de unos auriculares de inserción, un acoplador de 2cm<sup>3</sup>, la sonda microfónica y una adaptador para el acoplador.

Los pasos en la obtención del RECD son los siguientes:

A) Medida en acoplador.

1. Fijar el transductor empleado en la presentación de la señal al conector del altavoz si fuera necesario.
2. Fijar el acoplador 2cm<sup>3</sup> al acoplador del micrófono.
3. Conectar el transductor al acoplador.
4. Presentar la señal.
5. Almacenar en el equipo las medidas obtenidas en el acoplador.

**Fig. 4:** Montaje de la medida en acoplador del RECD. Se observa de izquierda a derecha el auricular de inserción conectado al acoplador de 2 cm<sup>3</sup>, el adaptador al otro extremo y finalmente la sonda microfónica.



B) Medida en oído real

1. Llevar a cabo una exploración otoscópica.
2. Colocar el extremo de la sonda microfónica a una distancia apropiada del trago en el CAE.
3. Colocar el transductor al tubo del molde.
4. Colocar el molde en el oído del paciente con cuidado de no desplazar la sonda microfónica.
5. Aplicar la misma señal que la presentada en la medida del acoplador.
6. Almacenar en el equipo las medidas obtenidas.
7. Restar la respuesta almacenada del acoplador a la obtenida en el oído real para obtener de esta forma los valores definitivos del RECD. Dependiendo del equipo este paso podrá hacerse de forma automática o habrá que llevar a cabo la sustracción entre ambas medidas manualmente para cada frecuencia.

**REDD – Diferencia entre oído real y el dial del audiómetro**

Los pasos en la obtención del REDD son los siguientes:

1. Llevar a cabo una exploración otoscópica.

2. Colocar el extremo de la sonda microfónica a una distancia apropiada del trago en el CAE.
3. Colocar los auriculares empleados durante la audiometría tonal en el oído del paciente tratando de mantener la sonda microfónica en la posición apropiada (paso 2) evitando posibles desplazamientos.
4. Colocar en el audiómetro la frecuencia de exploración deseada (p.e.: 2 kHz) y presentar un tono continuo a 70 dB HL .
5. Medir la presión de salida con el audioanalizador en el CAE a través de la sonda.
6. El REDD vendrá dado por la diferencia entre la intensidad del estímulo (70 dB HL) y la intensidad obtenida con la sonda en el oído real (p.e.: 80 dB SPL) para la frecuencia estudiada (p.e.: 2 kHz). Algunos equipos pueden llevar a cabo esta sustracción de forma automática.
7. Continuar y repetir el mismo procedimiento hasta obtener los valores del REDD para las frecuencias de estimulación deseadas.

**Fig. 5:** Montaje de la medida en oído real del RECD. Se observa la sonda introducida en el CAE, el molde acústico personal y el auricular de inserción conectado al tubo del molde.



**RESR – Respuesta de saturación en oído real**

Los pasos en la obtención del RESR son los siguientes:

1. Llevar a cabo una exploración otoscópica.
2. Colocar el extremo de la sonda microfónica a una distancia apropiada del trago en el CAE.
3. Colocar el audífono en el oído del paciente mientras se sostiene la sonda de forma que la posición de esta en el CAE no se vea alterada.
4. Poner en marcha el audífono y regular el control de ganancia a la máxima presión de salida sin que llegue a retroalimentarse.
5. Seleccionar una señal de entrada con suficiente potencia para llevar al audífono a la máxima presión de salida (p.e.: un tono puro a 90 dB SPL)

## 6. Llevar a cabo la medición.

Dado que probablemente alcancemos un nivel de intensidad elevado en el oído del paciente es aconsejable llevar a cabo esta medida en el acoplador utilizando el RECD para predecir los valores en oído real. Los valores del RESR pueden variar dependiendo de la señal de entrada aplicada. Con señales de banda estrecha como barridos de tonos puros se obtienen mejores estimaciones que con señales de banda ancha como ruido blanco o ruido ponderado según el espectro del habla.

**Fig. 6:** Montaje para obtener el RECD. A la izquierda se observa la colocación de la sonda microfónica en el CAE. A la derecha la colocación posterior del auricular sobre la sonda.



## CONCLUSIONES

En este estudio se revisa la metodología al uso en la práctica clínica para la obtención de las medidas de la respuesta del audífono en oído real mediante sonda microfónica. Este tipo de procedimientos aportan un método eficaz y eficiente en la verificación final de la adaptación audioprotésica toda vez que permiten visualizar la respuesta electroacústica con el molde adaptado y el audífono en funcionamiento en el oído real del paciente (12).

Las representaciones virtuales de las respuestas del audífono ofrecidas en los módulos de adaptación como verificación de la adaptación no tienen porqué reflejar la respuesta final en oído real de un audífono en particular. Dos factores pueden alterar estas representaciones, a saber, las características individuales de cada paciente y las posibles alteraciones en la respuesta del aparato (13). Estas diferencias son especialmente verdad en niños de corta edad en las que la variabilidad en el volumen del CAE no coincide en la mayoría de los casos con las estimaciones llevadas a cabo por los fabricantes en los módulos de adaptación (14). Hawkins y Cook (15) compararon en un reciente estudio la respuesta real en acoplador de varios modelos de audífonos y las respuestas virtuales ofrecidas por diferentes módulos de adaptación. Los resultados mostraron diferencias entre la ganancia de inserción real y virtual que llegaron a superar los 15 dB en algunas fre-

cuencias. En la mayoría de las respuestas de los audífonos se detectó una sobrestimación del valor real.

Diferentes autores (16,17,18,19) han mostrado como el empleo de señales de prueba complejas y procedimientos de examen apropiados es posible verificar la adaptación de audífonos digitales. La mayoría de los fabricantes incorporan en sus nuevas familias de aparatos opciones para llevar a cabo este tipo de mediciones (20).

La verificación más tradicional de la adaptación se ha basado en la obtención de la ganancia funcional mediante la audiometría tonal o logoaudiometría con y sin prótesis (21). Estas verificaciones se basan en procedimientos psicoacústicos no exentos de complicaciones con los nuevos aparatos de tecnología digital (22). Los umbrales medidos en campo abierto pueden ser útiles para evaluar la audibilidad de los sonidos suaves pero no reflejan el funcionamiento del aparato a intensidades conversacionales normales o fuertes.

El posicionamiento de la sonda, la colocación del paciente ante los altavoces y el conocimiento del equipo de medición resultan imprescindibles en la obtención fiable de las respuestas en oído real. La poca familiarización con el audioanalizador y la necesidad, especialmente en niños, de mantener una postura determinada durante la exploración, pueden consumir mucho tiempo en la rutina de la clínica diaria (23). Este inconveniente puede frustrar al explorador y hacer que desista de aplicar las medidas con sonda microfónica. Sin embargo el conocimiento y aplicación de estas exploraciones, especialmente a través de la obtención del RECD, permite evitar las complicaciones anteriormente señaladas (24).

La integración de este tipo de medidas con la ganancia prescrita por algún método genérico de adaptación como el Desired Sensation Level (25) o el National Acoustic Laboratory (26), facilita una eficaz herramienta al explorador que finalmente resultará imprescindible en toda adaptación audioprotésica tanto del paciente adulto como pediátrico (27).

## Bibliografía

1. **Fabry DA** (2003). Nonlinear hearing AIDS and verification of fitting targets. *Trends Amplif.* 2003;7 (3):99-115.
2. **Zenker F** (2001). Medidas en oído real mediante sonda microfónica. Definición y aplicaciones. [online]. *Auditio: Revista electrónica de audiolología*. 15 Septiembre 2001, vol. 1(1), pp. 10-15. <<http://www.auditio.com/revista/pdf/vol1/1/040101.pdf>>
3. **Grupo Audioprotésico Pediátrico** (2004). Recomendaciones al protocolo de amplificación pediátrica. *Grupo Audioprotésico Pediátrico (GAP)*. Editor: Juan Carlos Calvo Prieto, Programa Infantil Phonak, Barcelona.

- 4. Auditory-Verbal International** (2003). Recommended Protocol for Audiological Assessment, Hearing Aid Evaluation, and Cochlear Implant Monitoring.
- 5. Upfold LJ & Smither MF** (1981). Hearing-aid fitting protocol. *Br J Audiol*. Aug;15(3):181-8.
- 6. Tecca J** (1994). Use of Real-Ear Measurements to Verify Hearing Aid Fittings. In Valente (ed.): *Strategies for selecting and verifying hearing aid fittings* (pgs. 88-107). Thieme Medical Publisher Inc., New York.
- 7. Hawkins D & Mueller H** (1986). Some variables affecting the accuracy of probe tube microphone measurements. *Hearing Instruments*, 37 (1):8-12,49.
- 8. Hawkins D & Mueller H** (1992). Procedural considerations in probe-microphone measurements. In Mueller, Hawkins, Northem (eds.): *Probe Microphone Measurements: Hearing Aid Selection and Assessment* (pgs. 67-90). San Diego, CA: Singular Publishing Group Inc.
- 9. Ickes M, Hawkins D & Cooper W** (1991). Effect of reference microphone location and loudspeaker azimuth on probe tube microphone measurements. *Journal of the American Academy of Audiology*,2:156-163.
- 10. Stone M A & Moore BCJ** (2004). Estimadte variability of real-ear insertion response (REI) due to loudspeaker type and placement. *International Journal of Audiology* 43: 271-275.
- 11. Hawkins D, Alvarez E & Houlihan J** (1991). Reliability of three types of probe tube microphone measurements. *Hearing Instruments*, 42:14-16.
- 12. Zenker F y Barajas JJ** (1999). Adaptación de audífonos en función del promedio del espectro de la palabra hablada. Estudio de un caso único. En: *Logopedia escolar y clínica. Últimos avances en Evaluación e Intervención*. Editor: José Domingo Martín Espino, Madrid, Editorial CEPE, 1999, pp. 329-336.
- 13. Dave Farby** (2004). Real Ear Measurements and Digital Hearing Aids: Realities, Myths, and Measurement Techniques. *Phonak Focus* 32.
- 14. Zenker F** (2002). La prescripción de la ganancia en la adaptación audiotrófica. [on-line]. *Auditio: Revista electrónica de audiolgía*. 1 Septiembre 2002, vol. 1(3), pp. 20-24. <<http://www.auditio.com/revista/pdf/vol1/3/010202.pdf>>
- 15. Hawkins DB & Cook J** (2003). Hearing aid software predictive gain values: How accurate are they? *Hearing Journal*, Volume 56 (7):26-34.
- 16. Scollie, SD & Seewald RC** (2002). Evaluation of electroacoustic test signals I: Comparison with amplified speech. *Ear and Hearing* 23, 477-487.
- 17. Scollie SD, Steinberg MJ & Seewald RC** (2002). Evaluation of electroacoustic test signals II: Development and cross-validation of correction factors. *Ear and Hearing* 23, 488-498.
- 18. Zenker F, Delgado J y Barajas JJ** (2003). Características acústicas y aplicaciones audiológicas del promedio del espectro del habla a largo plazo. *Revista de Logopedia, Foniatría y Audiología*, Vol. 23, No. 2, 13-20.
- 19. Dreschler WA, Verschuure H, Ludvigsen C & Westermann S** (2001). ICRA noises: artificial noise signals with speech-like spectral and temporal properties for hearing instrument assessment. International Collegium for Rehabilitative Audiology. *Audiology*. May-Jun;40(3):148-57.
- 20. Frye GJ** (2002). El examen del audífono digital. [en-línea]. *Auditio: Revista electrónica de audiolgía*. 1 Marzo 2002, vol. 1(2), pp. 2529. <<http://www.auditio.com/revista/pdf/vol1/2/010203.pdf>>.
- 21. Macrae J & Frazier G** (1980). An investigation of variables affecting aided thresholds. *Austral J Audiol*; 2:56-62.
- 22. Stelmachowicz G, Hoover B, Dawna E. Lewis, & Brennan M** (2002). Is Functional Gain Really Functional?. *The Hearing Journal Archives on Audiology Online*. <<http://www.audiologyonline.com/management/uploads/articles/Stelmachowicz3-26-03.pdf>>
- 23. Seewald RC, Moodie KS, Sinclair S & Cornelisse LE** (1996). Traditional and theoretical approaches to selecting amplification for infants and young children. In Bess FH, Gravel JS, Tharpe AM, eds., *Amplification for Children with Auditory Deficits*. Nashville, TN: Bill Wilkerson Center Press, 1996: 161-191.
- 24. Wetzell C, Harford ER** (1983). Predictability of real ear hearing aid performance from coupler measurements. *Ear Hear*;4:237-242.
- 25. Seewald RC, Ross M & Spiro MK** (1985). Selecting amplification characteristics for young hearing-impaired children. *Ear and Hearing*, 6(1): 48-53.
- 26. Harvey Dillon** (1999). NAL-NL1: A new prescriptive fitting procedure for non-linear hearing aids. *Hearing J.*, 52 (4), 10-16.
- 27. Zenker F** (2004). Medidas en Oído Real mediante sonda microfónica (I). *Revista de la Asociación Nacional de Audioprotesistas*. Nº75 noviembre 2004, pp.15-19.

---

Recibido el 13 de Septiembre del 2006.  
Aceptado el 23 de Octubre del 2006.  
Publicado (on-line) 1 de Diciembre del 2006.  
<http://www.auditio.com/revista>

Contacto con el autor: Franz Zenker Castro. Dpto.  
de Audiología. Clínica Barajas. C/Pérez de Rozas 8.  
38004 Santa Cruz de Tenerife. España.  
E-mail: [zenker@clinicabarajas.com](mailto:zenker@clinicabarajas.com)

Para citar este artículo:

Zenker, F. (2006). La obtención de medidas en oído real mediante sonda microfónica. Consideraciones prácticas. [en-linea]. *Auditio: Revista electrónica de audiología*. 1 Diciembre 2006, vol. 3(2), pp. 36-42.  
<<http://www.auditio.com/revista/pdf/vol3/2/030202.pdf>>