

Ventilación en cámaras audiométricas

AUTOR:

Pablo Zúñiga Moreno
Sección Seguridad en el Trabajo
Departamento Salud Ocupacional

PALABRAS CLAVES:

ruido, audiometría, ventilación

1. INTRODUCCIÓN

Dentro de las enfermedades profesionales, la hipoacusia o pérdida auditiva afecta a una gran parte de la población laboral, lo que se ha visto incrementado con los avances de la industrialización y, por consiguiente, con la exposición a ruido. Como medida de vigilancia y seguimiento del riesgo de desarrollar pérdida auditiva, el Ministerio de Salud, MINSAL, dispone que la población laboral expuesta a ruido deba someterse a un programa de vigilancia, que incluye la evaluación auditiva (otoscopia y audiometría) según las directrices de la Guía Técnica para la Evaluación Auditiva de la Vigilancia de la Salud de los Trabajadores Expuestos Ocupacionalmente a Ruido.

En este contexto de la vigilancia de la salud auditiva, la audiometría corresponde al examen que determina el nivel de audición de una persona trabajadora, por medio de la prueba de obtención de umbrales auditivos por vía aérea, examen que puede ser realizado en terreno o confinando a la persona dentro de una cámara audiométrica, recinto cerrado con un ambiente interior apto para la realización de exámenes audiométricos.

Para que una audiometría realizada al interior de una cámara audiométrica sea representativa, es necesario que durante el examen las condiciones ambientales determinadas por la ventilación sean confortables, de modo que la persona se encuentre tranquila y sin molestias, ya que la audiometría requiere una concentración mental importante para percibir los sonidos emitidos. En adición, el ruido de fondo que implica el funcionamiento de sistemas de ventilación debe ser lo menor posible para no enmascarar las señales que envíe el examinador.

En el contexto señalado, la presente nota técnica tiene por finalidad identificar los parámetros de ventilación relevantes que permiten mantener una calidad del aire adecuada¹ que no genere molestias en la persona situada en su interior, así como la forma en que dichos parámetros pueden ser obtenidos y evaluados, teniendo en cuenta que el funcionamiento de los sistemas de ventilación no debe incrementar los niveles de ruido de fondo, tanto en la precámara como al interior de la cámara audiométrica.

¹ Se puede definir calidad del aire interior aceptable como un volumen de aire donde no existen contaminantes en concentraciones nocivas determinadas por autoridades competentes, y con la que un 80% o más de las personas que ocupan dicho espacio no manifiestan disconformidad.

2. OBJETIVO

Identificar los parámetros críticos de ventilación aplicables a Salas de Audiometrías (precámara y cámara audiométrica), incluyendo las formas de obtenerlos e indicando los valores de referencia para cada uno y considerando que éstos no incrementen el nivel de ruido de fondo explicitado en las normativas aplicables.

3. DESARROLLO

3.1. Descripción instalaciones

Las audiometrías se realizan en instalaciones denominadas Salas de Audiometría, las cuales se subdividen en dos áreas principales, como se esquematiza en la Figura N°1a. Una de ellas corresponde a la precámara, la cual es la parte más externa en la que se ubica el examinador y se encuentra dotada con el equipamiento necesario para realizar las pruebas auditivas que componen el examen y el panel de control del audiómetro, y la otra corresponde a la Cámara Audiométrica (Figura N°1b), la cual consiste en un recinto cerrado en el que se ubica la persona trabajadora que será evaluada, y que está especialmente diseñado y construido para tener en su interior un nivel del ruido de fondo que no debe exceder los criterios establecidos según la especificidad de la audiometría, así también cuenta con el tablero de conexiones patch para la conexión de los transductores, botón de señal y micrófono que deben conectarse al audiómetro.

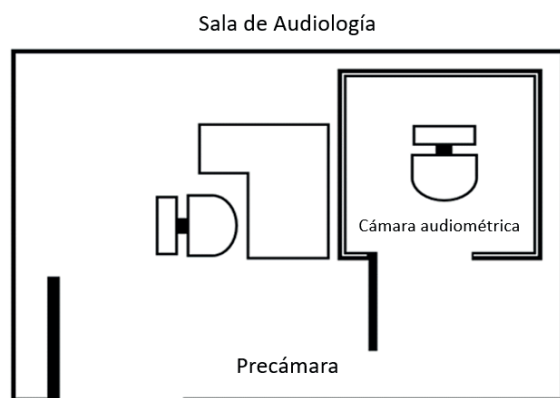


Figura N°1a:
Esquematación de una Sala de Audiometría



Figura N°1b:
Cámara audiométrica (imagen de referencia)

Con respecto al tamaño de una cámara audiométrica, éstas son espacios reducidos para la estancia de una persona, con dimensiones comunes del orden de 1,2 m de largo por 1,2 m de ancho por 2,00 m de altura aproximadamente, de acuerdo con una búsqueda en el mercado realizada para la presente nota técnica.

Tomando en cuenta que la utilización de éstas debe realizarse con la puerta cerrada, la persona presente puede experimentar una sensación de encerramiento, que puede agudizarse si no se cuenta con una ventilación adecuada que le permita un estado de bienestar mental óptimo.

3.2. Descripción de la Ventilación en Cámaras Audiométricas

En general, las cámaras audiométricas disponibles en el mercado tienen incorporados sistemas de ventilación, los cuales cuentan con sistemas reductores de ruido para sus componentes (ventiladores y ductos), como se muestra en las Figuras N°2a y N°2b, con el objetivo de dar cumplimiento a los niveles de ruido requeridos para desarrollar el examen audiométrico en óptimas condiciones, sin perjuicio de las condiciones de calidad del aire que deban generarse.

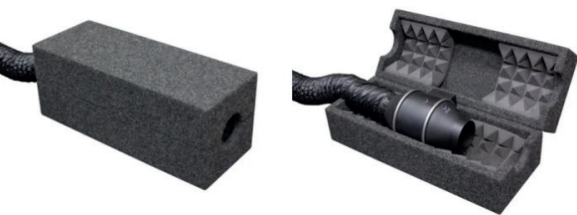


Figura N°2a:
Sistemas reductores de ruido para ventiladores (imagen de referencia)

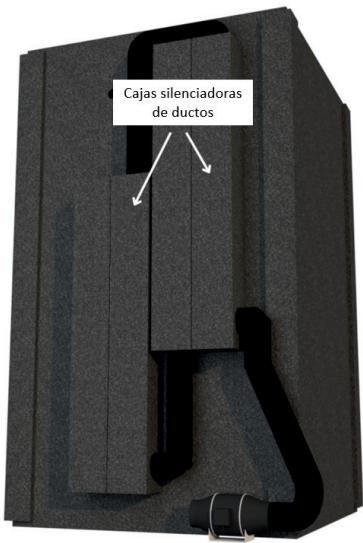


Figura N°2b:
Sistemas reductores de ruido para ductos (imagen de referencia)

La ventilación interior de estas cámaras cuenta con una entrada y una salida del aire. La configuración recomendada para una renovación adecuada del aire interior de la cámara es la inyección por la entrada superior de la cámara y la salida por sobrepresión en la parte baja, como se muestra en la Figura N°2c, ya que ésta permite que el caudal de ventilación circule por todo el volumen, generando un ambiente con condiciones homogéneas.

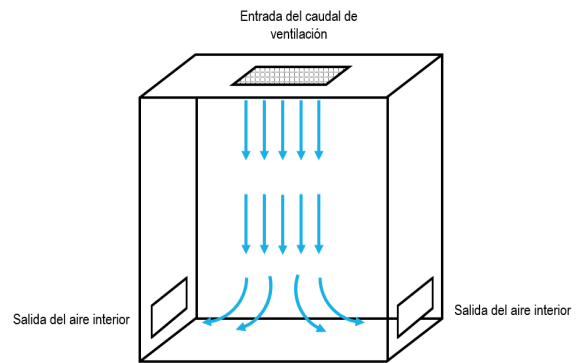


Figura N°2c:
Esquematización de una distribución del aire al interior ideal

Por lo general, estas cámaras toman el aire desde la precámara donde se encuentran ubicadas y también lo descargan en éstas, por lo que la temperatura y humedad al interior dependen de las condiciones de esta sala. No obstante, puede existir la posibilidad de que la inyección de aire a la cámara sea acoplada directamente al sistema de ventilación de la instalación para independizarse de las condiciones de la precámara, lo cual debe estar asesorado por profesionales en ventilación.

Tabla N°1:
Parámetros de Calidad del Aire Salas de Audiometría

Parámetro	Valor recomendado*
Caudal de ventilación	Desde 30 m³/h (precámara)
	En función de las Renovaciones-hora (cámara)
Velocidad del aire	No mayor a 0,25 m/s
Temperatura del aire	Entre 21°C y 23°C (invierno)
	Entre 24°C y 26°C (verano)
Humedad relativa	Entre 30% y 70%
Renovaciones – hora	Mínimo 6 (precámara)
	Entre 6 y 10 (cámara)
(*) Obtenidos de ASHRAE como resultado de numerosos estudios donde se consultó a las personas por su grado de satisfacción en relación con las condiciones de temperatura, humedad y olores del aire del ambiente (cabe destacar que estas personas ya estaban aclimatadas a las condiciones de calidad del aire).	

3.3. Parámetros a considerar para caracterizar de la ventilación en Salas de Audiometría

Para caracterizar la ventilación (calidad del aire) en estos recintos, ya sea en la precámara como al interior de la cámara audiométrica, la presente Nota Técnica propone considerar los siguientes parámetros: caudal de ventilación, velocidad del aire, temperatura, humedad relativa y renovaciones-hora respectivamente, los cuales se describen en forma específica desde el punto 3.3.1 al 3.3.5, junto con los valores recomendados para cada uno según la Tabla N°1.

NOTA: Una de las fuentes que contribuye al aumento de los niveles de ruido de fondo² es el funcionamiento de los sistemas de ventilación presentes dentro de la Sala de Audiometría, producido por los mecanismos del motor del ventilador y por la velocidad con la que el aire escurre al interior de ductos o terminales de inyección y extracción. Por tanto, mientras la ventilación existente se encuentre en funcionamiento, tanto a nivel de la precámara como al interior de la misma cámara, los niveles de ruido generados no deben sobrepasar los límites recomendados en las Guías Técnicas de Audiologías del ISP³.

3.3.1. Caudal de ventilación

Permite la dilución de olores relacionados a efluentes humanos, como la transpiración, mante-

niendo la temperatura como la humedad del aire en los rangos de confortabilidad recomendados. Los valores de referencia se fijan por persona que ocupa el espacio, considerándose adecuado para la precámara un caudal de a lo menos 30 m³/h, tomando como referencia lo que se recomienda para una oficina estándar, mientras que para el interior de la cámara audiométrica, el caudal de ventilación se fijará en función a las renovaciones-hora (ver el punto 3.3.5).

3.3.2. Velocidad del aire

Afecta la sensación térmica de las personas, produciendo un efecto de enfriamiento de la piel expuesta al flujo de aire, lo que se incrementa en la medida que la velocidad del aire es mayor. Al respecto, tanto para la precámara como para el interior de la cámara audiométrica, se considerará una velocidad promedio del aire no mayor que 0,25 (m/s) en la zona donde se ubique la persona.

3.3.3. Temperatura del aire

Se relaciona con la confortabilidad térmica de las personas, fijándose un rango de valores de acuerdo con la vestimenta. En verano, las prendas utilizadas son más livianas, dejando mayor porcentaje de piel expuesta (brazos, por ejemplo). Por otra parte, en invierno la ropa es más gruesa, dejando menos piel expuesta y dificultando que el calor corporal sea eliminado al ambiente. Al respecto, tanto para la precámara como para el interior de la cámara audiométrica, se recomienda que los rangos de valores de temperatura se encuentren entre los 24°C y 26°C (verano) y entre los 21°C y 23°C (invierno), respectivamente.

2 El nivel de ruido de fondo puede enmascarar las señales emitidas por el examinador e influir en los resultados de una audiometría.

3 Balanced Noise Criterion Curves NCB-45 para la precámara, ISO 6189-1983 para las audiometrías de vigilancia e ISO 8253-1 para audiometrías clínicas y Evaluación Auditiva Médico Legal (EAML).

3.3.4. Humedad relativa del aire

Principalmente tiene efectos en la sensación de sequedad en mucosas. Una baja humedad (aire seco) puede generar resequedad en la piel, irritación de ojos y mucosas, además de fomentar la electricidad estática en las personas. Al respecto, tanto para la precámara como para el interior de la cámara audiométrica, se recomienda un rango óptimo de variación de la humedad entre 30% y 70%, de forma de minimizar estos efectos.

3.3.5. Renovaciones–hora

Corresponde al número de veces que el volumen de aire de un espacio cerrado ha sido reemplazado por aire exterior en una hora. Se obtiene a partir del cociente calculado entre el caudal de ventilación (Q_v) y el volumen interior del recinto (V_E) vacío:

$$RH = \frac{\text{Caudal de ventilación}}{\text{Volumen del recinto}} = \frac{Q_v}{V_E}$$

Este parámetro incide en el tiempo de acondicionamiento del espacio, es decir, el tiempo que demora el sistema de ventilación en generar las condiciones de temperatura y humedad recomendadas, además de diluir posibles olores desagradables.

En el caso de la precámara, los tiempos del acondicionamiento de las condiciones mencionadas pueden asociarse a las de una oficina tradicional, por ejemplo, tomando del artículo 34 del D.S. N°594 del MINSAL, un valor mínimo de 6 renovaciones–hora, el que debe ser concordante con un caudal de ventilación de 30 m³/h por persona y una velocidad media en el puesto de trabajo no superior a 0,25 m/s.

En el caso de la cámara audiométrica, esto debe analizarse de una forma diferente debido a que el espacio es reducido, siendo necesario determinar cuánto tiempo es que la persona se encontrará dentro de la cámara, lo que depende del tipo de audiometría a realizar, las cuales se presentan a continuación:

- Examen Auditivo Médico Legal (EAML), de duración aproximada de 1 hora.
- Audiometría clínica, de duración promedio de 30 minutos.
- Audiometría en cámara de programa de vigilancia, de duración promedio de 15 minutos.

En el caso de los dos primeros exámenes, se hace el cambio del transductor durante el proceso, por lo que se abre la puerta de la cámara, exponiendo el interior de ésta a las condiciones de la precámara.

Para fijar un valor de renovaciones–hora, es necesario especificar cada cuántos minutos se desea un recambio completo del volumen de aire. Por ejemplo, si se asigna un valor de 6 renovaciones–horas (como en la precámara) significa que cada 10 minutos se producirá el remplazo del aire interior (viciado) por aire fresco. Por otro lado, un valor de 10 renovaciones–hora indica que el intercambio del volumen se da cada 6 minutos. Ahora bien, tomando como referencia un valor de volumen de 3 m³, el cual corresponde aproximadamente a la cabina audiométrica mencionada en el punto 3.1, es posible establecer el caudal de ventilación que permite estas renovaciones–horas, obteniéndose en el primer caso (6 R–H), un caudal de ventilación aproximado de 18 m³/h, mientras que para el segundo caso (10 R–H), 30 m³/h.

3.4. Cuantificación de los Parámetros Finales que caracterizan la ventilación en Salas de Audiometría

3.4.1. Realización de mediciones directas.

De forma de obtener los parámetros finales asociados a la calidad del aire existente en estos recintos, se hace necesario poder realizar mediciones individuales de caudal, velocidad del aire, temperatura (bulbo seco) y humedad relativa, tanto a nivel de la precámara como también al interior de la cámara audiométrica, las cuales se deben realizar con instrumentos que cumplan con las especificaciones de resolución y precisión recomendadas en la NT N°121 Ventilación General en Contexto de Confort del ISP para cada parámetro, además de los requerimientos de mantención y calibración especificados en el documento de referencia Guía para la Selección, Calibración y Mantención de Instrumentos utilizados para Evaluar la Ventilación en Ambientes Laborales del ISP, con el fin de asegurar la trazabilidad metrológica de los valores medidos.

3.4.2. Condiciones a considerar para realizar las mediciones.

Las mediciones en la precámara deben efectuarse bajo las condiciones de operación normal, es decir, con los sistemas de ventilación funcionando, puertas y ventanas cerradas, en el puesto de trabajo del examinador (no es necesario que éste se encuentre presente) y con el panel de control del audiómetro sin funcionar.

En relación con las mediciones dentro de la cámara audiométrica, éstas deben ejecutarse con la puerta cerrada y el sistema de ventilación funcionando normalmente, con la cámara vacía. Es importante hacer hincapié en que el reducido espacio de estas cámaras dificulta las mediciones, debido a que la presencia de una persona al inte-

rior o el tamaño de los instrumentos, si estos son grandes, puede afectar las mediciones debido a distorsiones en los flujos de aire. Por esta razón, es preferible utilizar instrumentos con sensor pequeño y que puedan ser operados de forma remota.

NOTA: Se debe poner especial énfasis en la identificación de las entradas y salidas de aire, es decir, los inyectores y extractores de aire que están distribuidos al interior de cada espacio, de forma de comprobar si la ventilación está controlada por la inyección y que la extracción se da por sobrepresión, o viceversa. Además, se debe identificar la posición de los puestos de trabajo donde se ubican las personas presentes.

3.4.3. Obtención de los cálculos finales.

3.4.3.1. Caudal de ventilación

De forma primaria, se obtiene con instrumentos que midan directamente caudal de aire; no obstante, se puede estimar por medio de instrumentos que midan velocidad del aire (v_{aire}) en una sección, de área conocida ($A_{\text{sección}}$), por donde pase el flujo de aire:

$$Q_{\text{ventilación}} = v_{\text{aire}} \cdot A_{\text{sección}}$$

Para obtener un valor representativo de caudal de ventilación, si se utiliza un medidor de caudal, se debe tomar no menos de tres mediciones y obtener un valor promedio como se indica a continuación:

$$Q_{\text{ventilación}} = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n Q_i$$

Si se estima a partir de mediciones de velocidad del aire, se debe obtener un valor promedio a partir de mediciones individuales efectuadas en cada cuadrícula de una malla generada en la sección transversal al flujo, como se muestra en la Figura N°3a y luego multiplicar por el área de esta sección según se indica en Guía para la Evaluación Cuantitativa de Sistemas de Ventilación Localizada, del ISP:

$$\bar{v}_{\text{aire}} = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n v_{i,\text{malla}}$$
$$Q_{\text{ventilación}} = \bar{v}_{\text{aire}} \cdot A_{\text{sección}}$$

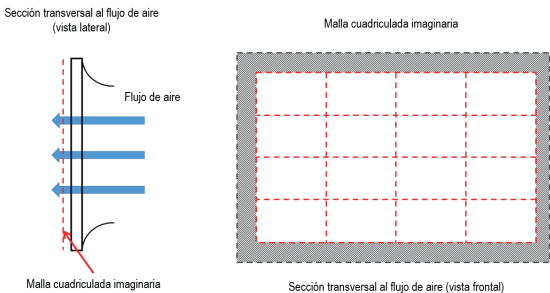


Figura N°3a: Esquematización la malla cuadrículada imaginaria para medición de velocidad del aire (imagen de referencia)

3.4.3.2. Velocidad del Aire

Se obtiene a partir de mediciones de velocidad, en donde la persona se encontrará sentada durante la realización del examen. Se consideran tres alturas medidas desde el suelo, a nivel de tobillos (10 cm), cintura (60 cm) y cabeza (110 cm). Luego, estos valores se promedian como se indica a continuación:

$$v_{\text{aire}} = \frac{(v_{\text{aire}})_{\text{tobillos}} + (v_{\text{aire}})_{\text{cintura}} + (v_{\text{aire}})_{\text{cabeza}}}{3}$$

NOTA: En el caso de la cámara audiométrica, por las complicaciones relacionadas al poco espacio y posibles distorsiones del flujo si se encuentra una persona en el interior midiendo, se puede estimar como la división entre el caudal de ventilación determinado en el punto 3.4.1 y el área interior de ésta que es transversal al flujo de aire (inyección):

$$v_{\text{aire}} = \frac{Q_{\text{ventilación}}}{A_{\text{cámara}}}$$

3.4.3.3. Temperatura (bulbo seco)

Se obtiene a partir de mediciones de temperatura, en donde la persona se encontrará sentada durante la realización del examen, considerando tres alturas medidas desde el suelo, a nivel de tobillos (10 cm), cintura (60 cm) y cabeza (110 cm). Luego, estos valores se promedian como se indica a continuación:

$$T_{\text{aire}} = \frac{(T_{\text{aire}})_{\text{tobillos}} + (T_{\text{aire}})_{\text{cintura}} + (T_{\text{aire}})_{\text{cabeza}}}{3}$$

NOTA: En el caso de la cámara audiométrica, debido al poco espacio, se puede asumir que la temperatura será uniforme, con lo que con una medición es suficiente para estimar la temperatura representativa del espacio.

3.4.3.4. Humedad Relativa

Se obtiene a partir de mediciones de humedad relativa del aire, en donde la persona se encontrará sentada durante la realización del examen, considerando tres alturas medidas desde el suelo, a nivel de tobillos (10 cm), cintura (60 cm) y cabeza (110 cm). Luego, estos valores se promedian como se indica a continuación:

$$\Phi_{\text{aire}} = \frac{(\Phi_{\text{aire}})_{\text{tobillos}} + (\Phi_{\text{aire}})_{\text{cintura}} + (\Phi_{\text{aire}})_{\text{cabeza}}}{3}$$

NOTA: En el caso de la cámara audiométrica, debido al poco espacio, se puede asumir que la temperatura será uniforme, con lo que con una medición es suficiente para estimar la humedad relativa representativa del espacio.

3.4.3.5. Renovaciones-hora

Se determinan a partir del caudal de ventilación calculado en 3.4.3.1 y el volumen interno de la cámara, según se indica en el punto 3.3.5.

4. CONCLUSIONES

- 4.1. Los parámetros de ventilación que inciden en la calidad de aire interior, tanto en la precámara como en el interior de la cámara audiométrica, corresponden al caudal de ventilación, velocidad del aire, temperatura y humedad relativa, ya que influyen en la percepción de la confortabilidad de las personas, afectando su concentración durante la ejecución de la audiometría, lo que adquiere una mayor relevancia dentro de la cámara audiométrica por ser un espacio reducido, debido a que condiciones de ventilación inadecuadas pueden generar una sensación de incomodidad significativa, y por ende, afectar de forma negativa el desempeño de la persona y la fiabilidad de los resultados del examen.
- 4.2. Las renovaciones–hora son un indicador útil del tiempo estimado en que ocurre el intercambio del aire viciado por aire fresco, lo que es particularmente relevante para minimizar la acumulación de olores corporales y mantener las condiciones de confortabilidad recomendadas.

5. CONSIDERACIONES FINALES

- 5.1. Como el nivel de ruido de fondo es un factor crítico que puede influir en los resultados del examen audiométrico, es importante señalar que resulta fundamental que el diseño e implementación de los sistemas de ventilación

garanticen su funcionamiento con niveles de ruido de fondo que se ajusten a los requerimientos de este tipo de áreas, lo que se logra mediante la incorporación de mecanismos de atenuación del ruido en las fuentes de emisión y un diseño que favorezca un flujo de aire uniforme, con valores de velocidad mínimas y sin resistencias que generen turbulencias.

- 5.2. Para asegurar que las condiciones de funcionamiento del sistema de ventilación existente se mantengan en el tiempo, debe evaluarse de forma periódica tanto los parámetros relacionados con la calidad de aire como el nivel de ruido de fondo y cualquier modificación que éste requiera, asesorándose con expertos en la materia, con la finalidad de evitar posibles alteraciones en los parámetros anteriormente mencionados.

6. REFERENCIAS

- 6.1. ASHRAE, “ASHRAE Handbook – HVAC Applications”, Chapter “Noise and Vibration Control”, 20XX.
- 6.2. Instituto de Salud Pública de Chile, “Guía para la Evaluación Cuantitativa de Sistemas de Ventilación Localizada”. Versión 2.0, 2021.
- 6.3. Instituto de Salud Pública de Chile, “Guía para la Selección, Calibración y Mantenición de Instrumentos utilizados para Evaluar la Ventilación en Ambientes Laborales”, versión 2.0, 2021.
- 6.4. Instituto de Salud Pública de Chile, “Guía Técnica para la Evaluación Auditiva Médico Legal (EAML) de los Trabajadores Expuestos Ocupacionalmente a Ruido”, versión 2.0, 2017.
- 6.5. Instituto de Salud Pública de Chile, “Guía Técnica para la Evaluación Auditiva de Vigilancia de la Salud de los Trabajadores Expuestos Ocupacionalmente a Ruido”, versión 2.0, 2017.
- 6.6. Instituto de Salud Pública de Chile, NT N°121: “Ventilación General en Contexto de Confort”, 2023.

7. AGRADECIMIENTOS

El autor de la presente nota técnica agradece la colaboración de Audiologa Natalia Gilbert Hernández, por sus aportes al presente documento.