

Aspectos técnicos de la intercomparación de micrófonos patrones entre laboratorios

Riganti, J.

Centro de Investigación y Desarrollo en Física (CEFIS)

RESUMEN

El objetivo del trabajo es presentar los resultados de dos intercomparaciones internacionales de micrófonos patrones de 1", siguiendo los lineamientos de la norma internacional IEC 61094-2^[1]. La primera de ellas, se llevó a cabo en 1998 interviniendo los laboratorios del CENAM (Méjico), INMETRO (Brasil), INTI y el DPLA de Dinamarca actuando como laboratorio piloto. La segunda se realizó en el marco de la intercomparación SIM AUV.A-K1, participando los laboratorios del CENAM, INMETRO, NIST (EEUU), INTI y el INMS de Canadá que fue el laboratorio piloto. En ambas ocasiones los laboratorios pilotos aportaron dos micrófonos patrones. Por lo tanto, se utilizó como tercer micrófono uno propio de INTI calibrado en 1983 y 1994 por el PTB de Alemania y que viene siendo calibrado anualmente en nuestro laboratorio, lo que permite estudiar su estabilidad y la del sistema de calibración. Finalmente, se detallan las mediciones realizadas en cada intercomparación, los inconvenientes que surgieron y las conclusiones a las que se arribaron.

INTERCOMPARACION CON EL DPLA

El sistema de calibración implementado, siguiendo los lineamientos de la IEC 327^[2] fue presentado en 1985^[3]. Para adecuarlo a las exigencias de la IEC 61094-2, se introdujeron modificaciones en el cálculo y la medición de las variables que afectan la determinación de la impedancia acústica del acoplador y los micrófonos. Los micrófonos patrón provistos por el DPLA fueron dos B&K 4160, N° de serie 756412 y 907038, provistos con los datos de la profundidad frontal (p_f), volumen frontal (V_f), volumen equivalente (V_{eq}), y la frecuencia de resonancia (f_o), medidos por dicho laboratorio. No se consignarán los valores del micrófono 907038 debido a que el DPLA informó variaciones en la profundidad frontal: 1,904 mm al comienzo y 1,914 mm al

final de la intercomparación. Ambos valores se hallan fuera de la tolerancia especificada por el fabricante: $1,95 \text{ mm} \pm 0,03 \text{ mm}$. El valor medido en la U.T. Mecánica del CEFIS, mediante una máquina de medir tres coordenadas (marca SIP, modelo MU-214B con palpador óptico) fue 1,937 mm. Se realizaron cuatro mediciones con un desvío standard de 0,01 mm. A partir de este valor se calcula la profundidad frontal y, mediante el sistema desarrollado por Bruel y Kjaer^[4], se determina el volumen equivalente. En la siguiente tabla se resumen los valores obtenidos por ambos laboratorios para el micrófono 756412.

componente	DPLA	INTI
Profundidad frontal [10^{-3} m]	1,973	1,966
volumen frontal [10^{-9} m^3]	539	534
volumen equivalente [10^{-9} m^3]	136	142

Para las calibraciones desde 63 Hz hasta 1 kHz se utilizó el acoplador de "20cm³". La influencia en el resultado final por estas diferencias es del orden de 0,001 dB. La desventaja en la utilización de este acoplador consistió en la muy pobre repetibilidad, sobre todo a 63 Hz. Intercalando un analizador en tiempo real pudo observarse una relación señal-ruido inferior a 30 dB debido a varios factores: funcionamiento del sistema de aire acondicionado, apertura y cierre de puertas en el edificio y juego entre los micrófonos y el acoplador. Esto llevó a realizar las mediciones fuera del horario de trabajo, duplicar las mediciones intercambiando los micrófonos de posición, descartando las mediciones con diferencias superiores a 0,01 dB. Este procedimiento aumentó el tiempo de medición a dos horas con lo cual se observó un incremento de temperatura en los micrófonos de casi 3 °C

mediante una termocupla adosada a los mismos. Este hecho introduce una diferencia de 0,005 dB entre el valor inicial y el final. Fueron necesarias 20 series de mediciones (mas de un mes de trabajo) para poder consignar 5 mediciones con un desvío estándar aceptable ($\pm 0,01$ dB). Para las mediciones desde 1 kHz hasta 8 kHz se utilizó un acoplador de "3cm³". En INTI no se dispone de medios para determinar la frecuencia de resonancia (f_0) de los micrófonos y tampoco de la masa acústica (m_a) y la resistencia acústica (r_a) de los mismos. De acuerdo a la información disponible el valor mas apropiado en la actualidad es de $f_0 = 8250$ Hz ± 250 Hz. El procedimiento a consistió en calcular la componente real de la compliancia acústica (C_a) a partir del volumen equivalente medido; calcular la masa acústica a partir de la frecuencia de resonancia escogida y adoptar para la resistencia acústica el valor nominal de la resistencia acústica. Los valores obtenidos para el micrófono 756412 fueron: $C_a = 9,57 \cdot 10^{-13}$ m³ Pa⁻¹; $m_a = 389$ Pa s² m⁻³; $r_a = 2,15$ Pa s m³. Utilizando el acoplador de "3cm³" no se observaron mayores inconvenientes, salvo una pobre repetibilidad a 8 kHz la que se mejoró rotando 180° la posición del micrófono emisor respecto del receptor. En la figura 1 pueden observarse las diferencias de sensibilidad en dB (re. 1V/Pa) respecto del DPLA obtenidas para ambos micrófonos y con ambos acopladores.

INTERCOMPARACION CON EL INMS

Los micrófonos patrón provistos por el INMS fueron dos B&K 4160, N° de serie 907045 y 1734004. Lamentablemente, no se adjuntó ningún dato adicional, lo cual impide la información sobre comparación de resultados parciales. En este caso, la frecuencia inferior de medición fue 125 Hz. De la experiencia adquirida hasta el momento, se decidió utilizar el acoplador de "3cm³" para todo el rango de frecuencias con lo cual se obtiene una mejoría de 20 dB en la relación señal-ruido. Para mejorar la repetibilidad se reemplazó el generador por otro de mayor estabilidad y se utilizó un tubo capilar abierto para compensar las perturbaciones ambientales ocasionadas por las puertas. Para disminuir la incertidumbre a bajas frecuencias, se realizaron diez mediciones de la profundidad frontal rotando 45° a los micrófonos entre mediciones con lo cual el desvío estándar se redujo a 0,006 mm. Además, se aplicó una muy delgada capa de vaselina entre la pared del acoplador y la de los micrófonos para evitar la pérdida de aire por el espacio entre los mismos. Para mejorar la

repetibilidad a $\pm 0,01$ dB a 8 kHz, se realizaron 4 mediciones a dicha frecuencia. En cada una se rotó 45° el micrófono receptor respecto del emisor. Los resultados obtenidos se pueden observar en la Figura 1.

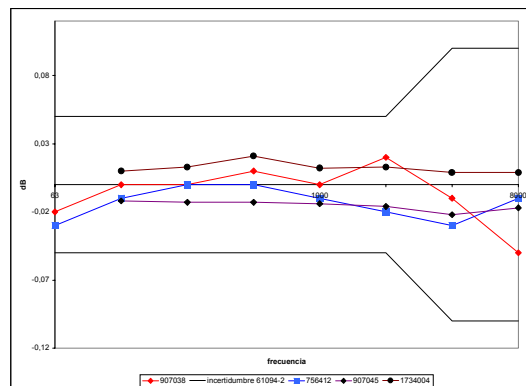


Fig. 1: Diferencia entre sensibilidad de los micrófonos medidos en INTI respecto del DPLA y el INMS.

CONCLUSIONES

Las diferencias observadas en la figura 1 muestran que los resultados obtenidos con el procedimiento y sistema de medición implementado en INTI son ampliamente satisfactorios ya que se hallan dentro de la incertidumbre estimada por la IEC 61094-2. En los informes presentados por el DPLA^[5] y el INMS^[6] se adopta como valor de referencia el valor medio de los resultados de todos los laboratorios participantes comprobándose que el máximo apartamiento de INTI es de 0,03 dB lo cual reafirma la conclusión anterior.

Referencias

- [1] IEC 61094-2, "Primary method for pressure calibration of laboratory standard microphones by the reciprocity technique", 1992-03.
- [2] IEC 327, "Precision method for pressure calibration of one-inch standard condenser microphones by the reciprocity technique", 1971.
- [3] J. M. Riganti, "Calibración de micrófonos patrones y de instrumental acústico", ARGENCOM85, pp 410-424.
- [4] Bruel & Kjaer 4143, "instruction Manual".
- [5] K. Rasmussen, "Report on SIM AUV.A-K1.prev Microphone Intercomparison", DPLA, 2001.
- [6] G. Wong, "SIM AUV.A-K1 Microphone Inter-laboratory comparison, Final Report", NRC-CNRC, July 2001.

Para mayor información contactarse con:

Jorge M. Riganti – riganti@inti.gov.ar

[Volver a página principal](#) ◀