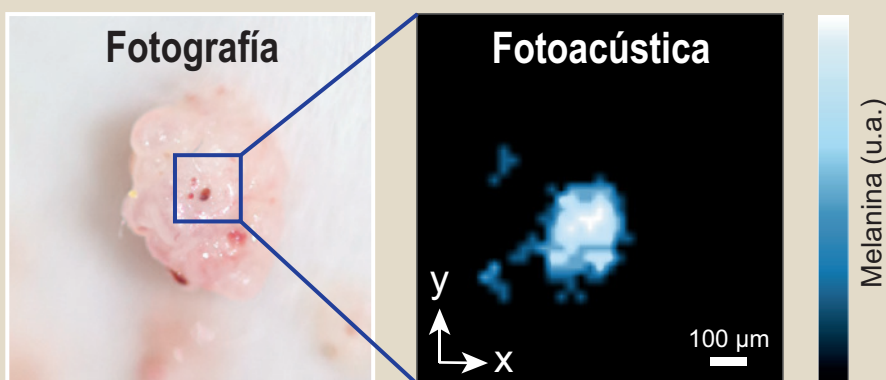
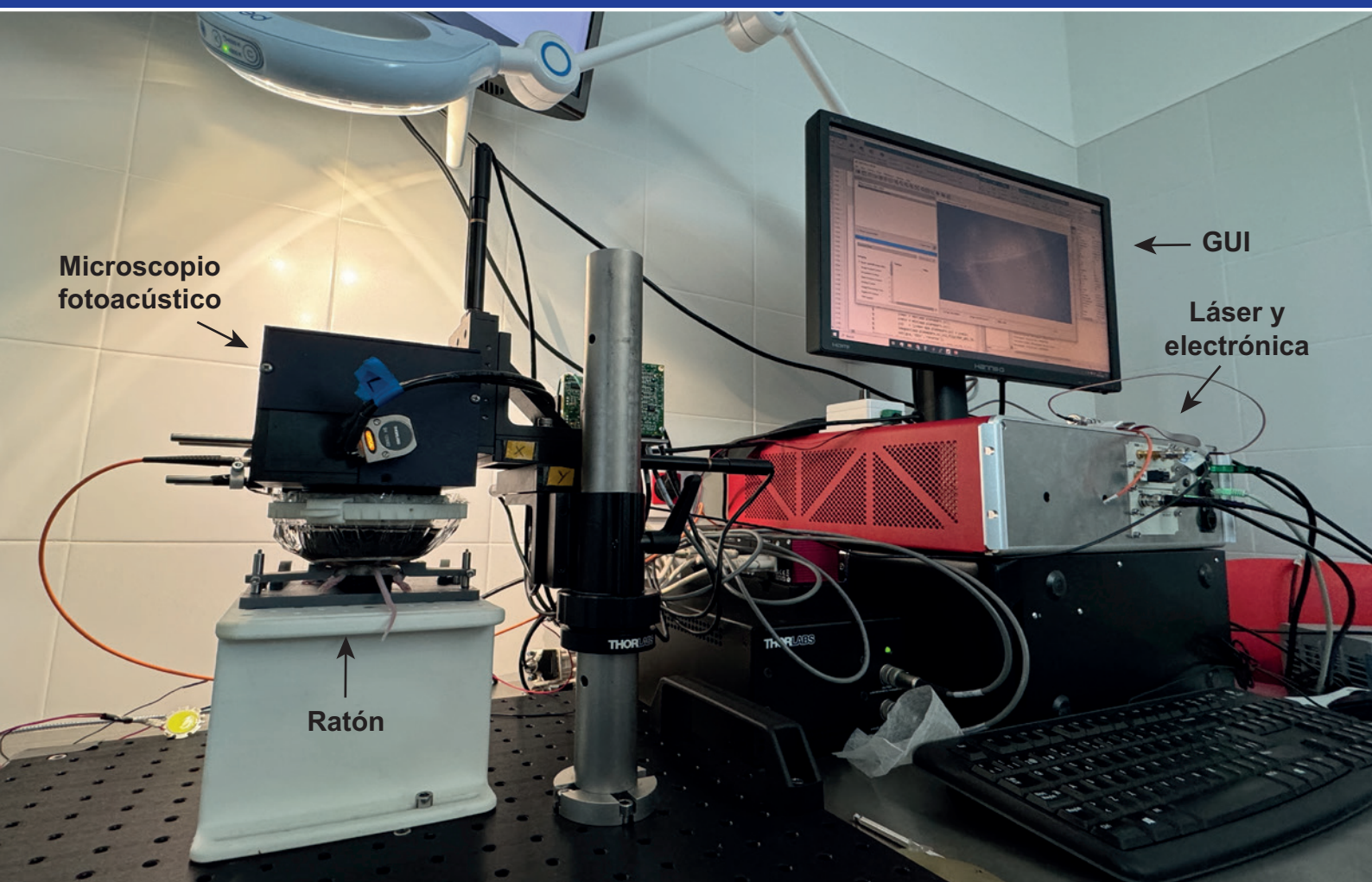




Microscopía
fotoacústica de
bajo coste y no
invasiva para
el diagnóstico
dermatológico
Página 3

Medida robusta
de la altura de
saltos verticales
mediante sonido
e inteligencia
artificial
Página 12

Reconstruyendo
la historia de
la Acústica en
España durante
los siglos XVIII
y XIX
Página 21

Más allá de la
audiometría tonal
liminar: pruebas
de habla en ruido
Página 34

Últimas noticias
sobre el
Congreso Forum
Acusticum
Euronoise 2025
Página 65



FORUM ACUSTICUM EURONOISE 2025

23-26 JUNE 2025 | Málaga, Spain.

Cierre de recepción de resúmenes:

19 de enero de 2025

Cierre de recepción de comunicaciones
con resumen aceptado:

23 de marzo de 2025



fa-euronoise2025.org

Revista de Acústica

Publicación periódica de la
Sociedad Española de Acústica,
SEA

Portada: Cortesía de
Javier A. Navarro-Calvo *et al.*

Edita

Sociedad Española de Acústica, SEA
www.sea-acustica.es
secretaria@sea-acustica.es

Director

Daniel de la Prida Caballero
revista@sea-acustica.es

Administración, suscripciones y publicidad

secretaria@sea-acustica.es

Comité de redacción

Ana Delgado Portela, Jaime Ramis,
Maria Ángeles Navacerrada, Jesús
Alba Fernández, Noé Jiménez,
Roberto San Millán, Jerónimo Vida,
Jesús Carbajo San Martín, Pedro
Poveda Martínez

Maquetación e impresión

Discript Preimpresión, S. L.
www.discript.net

Suscripción anual

España: € 50
Extranjero: € 70

Tarifas publicidad

Una página color € 600

Depósito legal

M-19769-1970

I.S.S.N.

0210-3680 (versión impresa)
2254-2396 (versión digital)



La **Revista de Acústica**, así como todos los artículos e ilustraciones publicados, están protegidos por las leyes de la propiedad intelectual. No obstante, se permite a los autores de los artículos la reutilización de los trabajos publicados con fines no comerciales, incluyendo el depósito de la versión final de la revista en repositorios institucionales, temáticos o páginas web personales, inmediatamente después de su publicación. El resto de la información contenida en la Revista puede reproducirse siempre que se cite la procedencia.



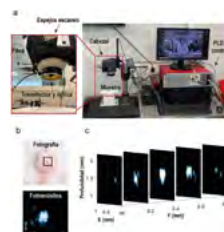
Revista de acústica

Vol. 55 | Núms. 3 y 4 | 3.º y 4.º Trimestres 2024

Sumario

3 Microscopía fotoacústica de bajo coste para imagen no invasiva de enfermedades dermatológicas

Javier A. Navarro-Calvo, Juan J. García-Garrigós,
Alejandro Cebrecos, Francisco Marco Jiménez y Francisco
Camarena



12 Avances en la medición de saltos verticales mediante sonido e Inteligencia Artificial: precisión y portabilidad

Lucas Banchero y José J. López



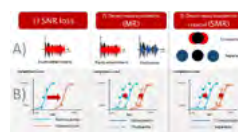
21 Reconstruyendo la historia de la Acústica en España durante los siglos XVIII y XIX

Walter A. Montano Rodríguez



34 Déficits auditivos más allá de la pérdida de audición: habla en ruido

Raúl Sánchez López



43 Resumen del Congreso Acústica / Tecniacústica 2024



49 Tesis

54 Publicaciones

57 Normativa

59 Novedades técnicas

65 Noticias

73 In Memoriam

76 Agenda

El sonido de lo posible.

Diseñe un techo acústico en cualquier color
o forma con Rockfon Mono® Acoustic.

Deje volar su imaginación.
soundsbeautiful.com/es

Sounds Beautiful

Microscopía fotoacústica de bajo coste para imagen no invasiva de enfermedades dermatológicas

Low-cost photoacoustic microscopy for non-invasive imaging of dermatologic diseases



Javier A. Navarro-Calvo¹, Juan J. García-Garrigós¹, Alejandro Cebrecos¹, Francisco Marco Jiménez², Francisco Camarena¹

¹ Instituto de Instrumentación para Imagen Molecular, Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC) – Universitat Politècnica de València (UPV), Valencia, España.

² Instituto de Ciencias y Tecnología Animal, Universitat Politècnica de València, Valencia, España.

Resumen

La imagen fotoacústica ha surgido durante las dos últimas décadas como una herramienta prometedora para el diagnóstico precoz de enfermedades dermatológicas de forma rápida y no invasiva. No obstante, resulta imprescindible avanzar en el desarrollo de técnicas que permitan reducir su coste para hacerla así accesible en consultas dermatológicas y centros de atención primaria. En este trabajo, exploramos algunas de las aplicaciones actuales de esta técnica en el campo de la dermatología. Además, describimos los avances de nuestro equipo en el desarrollo de un prototipo portátil de microscopía fotoacústica de bajo coste para imagen volumétrica de melanoma.

Palabras clave: fotoacústica, imagen médica, ultrasonidos, melanoma.

Abstract

Photoacoustic imaging has emerged over the last two decades as a promising tool for the early diagnosis of dermatologic diseases in a rapid and non-invasive manner. However, it is necessary to develop new techniques to reduce its cost and make it accessible in dermatologic clinics and primary care centers. In this paper, we explore some of the current applications of this technique in the field of dermatology. Also, we describe our progress in the development of a portable prototype of low-cost photoacoustic microscopy for volumetric imaging of melanoma.

Keywords: photoacoustic, medical imaging, ultrasound, melanoma.

1. Introducción

La imagen fotoacústica es una novedosa técnica de imagen biomédica basada en la detección de ondas acústicas generadas por ciertas moléculas tras ser excitadas por un pulso láser de corta duración. Esta emisión electromagnética produce una rápida expansión termoelástica en dichas moléculas absorbentes de luz, también conocidas como cromóforos, generando ondas acústicas detectables en el rango de los ultrasonidos. Con las señales recogidas, se reconstruyen las imágenes tridimensionales cuyo contraste viene dado, por tanto, por las diferencias en la absorción óptica de los cromóforos presentes en el tejido [1]. Además, gracias a su carácter híbrido, explota, por un lado, la detección mediante ultrasonidos cuyas ondas sufren menos dispersión en los tejidos que la luz, consiguiendo imágenes de alta resolución a profundidades mayores que las técnicas pu-

ramente ópticas; y, por otro, la excitación mediante luz láser que permite la especificidad de la espectroscopía óptica en la visualización de biomoléculas [2].

Una de las ventajas de esta modalidad de imagen es que aprovecha las diferencias entre cromóforos presentes de manera endógena en el organismo, como la melanina o la hemoglobina [1], tal y como se muestra en la Fig. 1. Esto permite obtener información anatómica, molecular y funcional según el color del láser utilizado, lo que se realiza, además, de manera no invasiva e indolora. Por todo ello, se trata de una herramienta muy valiosa en la ayuda al diagnóstico en diversas disciplinas médicas como la oncología [3], dermatología [4], neurología [5], etc.

Esta técnica se implementa comúnmente en tres tipos de modalidades diferentes en función de la escala de la imagen a obtener, como se muestra en el esquema

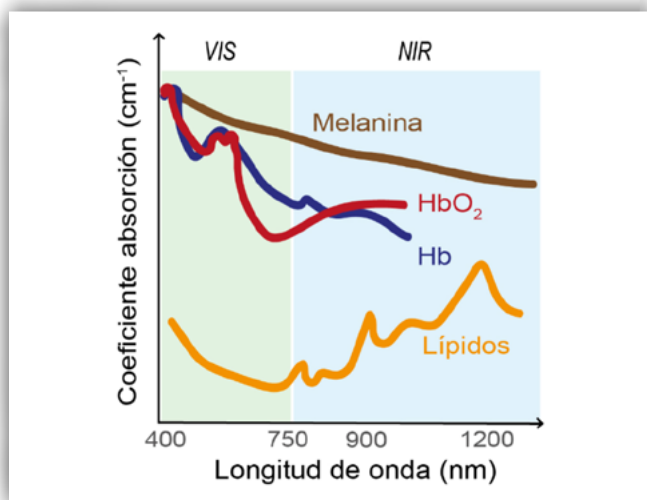


Figura 1. Espectro de absorción de los cromóforos endógenos más empleados en imagen fotoacústica. VIS: visible, NIR: infrarrojo cercano, HbO₂: oxihemoglobina, Hb: hemoglobina.

de la Fig. 2. La microscopía fotoacústica (Fig. 2, izquierda), en la cual se enmarca este trabajo, permite obtener imágenes de elevada resolución (1-50 μm) de regiones superficiales del tejido [6]. En esta modalidad, se emplea como fuente de excitación un haz láser altamente focalizado cuyo tamaño determina la resolución lateral de la imagen. Las débiles señales acústicas generadas son detectadas mediante un transductor focalizado monoelemento colocado de manera confocal a la excitación láser, manteniendo así una alta sensibilidad de detección. Alternativamente, en lo que se denomina mesoscopia fotoacústica (Fig. 2, centro), se utiliza una excitación láser

difusa con el objetivo de aumentar el rango de penetración a varios milímetros, a costa de reducir la resolución de la imagen ($< 100 \mu\text{m}$) que viene determinada por el tamaño del foco de un transductor de alta frecuencia. Para ambas modalidades, se requiere de un método de escaneo del sistema a lo largo del área del campo de visión deseado con el fin de obtener una imagen volumétrica. Por último, la modalidad de tomografía fotoacústica (Fig. 2, derecha) es capaz de obtener imágenes tridimensionales a profundidades de varios centímetros sin necesidad de escanear la muestra. Para ello, se excita un volumen amplio de muestra mediante un haz difuso, recogiendo las señales generadas utilizando un detector con múltiples elementos, que pueden ser piezoeléctricos convencionales o interferómetros ópticos, dispuestos en forma de array [2]. Además, con el fin de aumentar la aplicabilidad de la técnica y reducir el coste del sistema, es común acoplar la excitación óptica a sondas ecográficas convencionales, permitiendo superponer el contraste específico que aporta la fotoacústica a la imagen de ultrasonidos [7].

2. Imagen fotoacústica en dermatología

Existen muchas enfermedades dermatológicas, como el cáncer de piel, que no pueden diagnosticarse adecuadamente mediante una inspección visual. Por ello, la realización de biopsias por escisión seguida de una evaluación histopatológica sigue siendo el procedimiento estándar para el diagnóstico de enfermedades en dermatología [8]. Sin embargo, se trata de un procedimiento

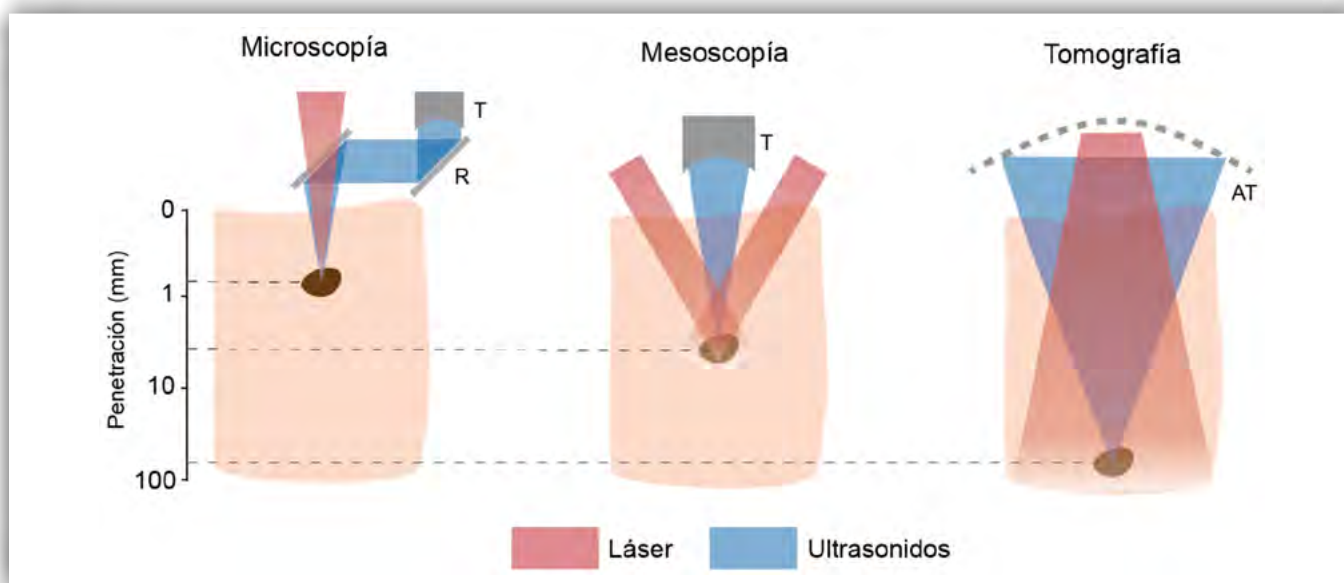


Figura 2. Modalidades de imagen fotoacústica en función del rango de penetración de la imagen. Microscopía de resolución óptica (izquierda), mesoscopia o microscopia de resolución acústica (centro), tomografía 2D con un *linear array* de ultrasonidos convencional (derecha). T: transductor, R: reflector, AT: array de ultrasonidos.

lento, incómodo para el paciente, y presenta riesgos como sangrado prolongado, infección y cicatrices. Además, en el caso de las cirugías de extirpación de tumores, dado que este procedimiento se lleva a cabo, generalmente, sin información previa de la lesión, se puede dejar parte del tejido cancerígeno sin extirpar, o extraer, por precaución, mucho más tejido del necesario. Es por ello por lo que, en los últimos años, se han desarrollado diversas técnicas de imagen no invasiva para aplicaciones dermatológicas, que puedan ofrecer una mayor información diagnóstica de una forma rápida, cómoda y, en muchos casos, económica. Además, al no alterar el tejido examinado, permiten evaluar regularmente la misma zona, mejorando la precisión de la intervención, el seguimiento de la enfermedad y la precisión en la evaluación de tratamientos [9].

Las técnicas ópticas han demostrado ser de gran utilidad a la hora de visualizar tejidos biológicos con alta resolución y especificidad. Nuevas modalidades como la microscopía confocal de reflectancia, la microscopía confocal de fluorescencia, o la tomografía de coherencia óptica, han supuesto un gran avance con respecto al microscopio óptico convencional. Sin embargo, la fuerte dispersión de los fotones en tejidos biológicos más allá del milímetro limita las aplicaciones clínicas de estas tecnologías a la hora de generar imágenes de lesiones cutáneas en profundidad [9]. Además, el campo de visión suele estar limitado a menos de 1 mm, lo que dificulta su aplicación clínica en lesiones más extensas. A su vez, la imagen por ultrasonidos de alta frecuencia (> 20 MHz) ha sido utilizada para medir la profundidad de la lesión en pacientes con melanoma. Sin embargo, las imágenes obtenidas poseen un bajo contraste específico de la lesión, resultando en errores en la medición [10].

En definitiva, el carácter híbrido de la imagen fotoacústica permite ofrecer imágenes con contraste específico a profundidades mayores que las técnicas ópticas, por lo que ha sido recientemente utilizada con éxito por diferentes grupos de investigación a la hora de evaluar diferentes patologías dérmicas, como se discute a continuación.

2.1. Imagen fotoacústica y melanoma

El melanoma es considerado la forma más agresiva de cáncer de piel, y su estadificación está directamente relacionada con la profundidad del tumor. Esta viene dada por el Índice de Breslow, que diferencia desde tumores de menos de 1 mm hasta mayores de 4, con grados intermedios en función de la ulceración y coloración de la lesión. Por encima de otras modalidades de imagen, la fotoacústica constituye una alternativa prometedora para medir de manera no invasiva la profundidad y la morfo-

gía volumétrica del melanoma con alto grado de especificidad [10]. Gracias a la alta absorción óptica de la melanina en el rango infrarrojo con respecto a la hemoglobina presente en la sangre, se pueden realizar imágenes *in vivo* de la lesión con alto contraste y de manera rápida sin la administración de agentes de contraste exógenos [11]. La capacidad de excitación multispectral, mediante múltiples longitudes de onda, permite obtener información adicional sobre la vascularización circundante al tumor, ayudando a distinguir entre lesiones malignas (melanoma) y benignas (nevo melanocítico) [12], [13].

Además de las aplicaciones basadas en imagen, la fotoacústica se puede usar para detectar partículas dentro en un fluido mediante la excitación continua de la muestra y el posterior análisis de la señal. Esta técnica se conoce como citometría de flujo fotoacústica, y ha demostrado su eficacia en la detección no invasiva de células tumorales circulantes (CTCs) en pacientes [13], las cuales llegan a los vasos sanguíneos después de proliferar de manera descontrolada hasta producir metástasis en otras zonas del cuerpo. Esta técnica de análisis resultaría muy útil para evaluar el estadio de la lesión de forma complementaria a las técnicas de imagen actuales, agilizando los tratamientos y mejorando el pronóstico de la enfermedad.

2.2. Imagen fotoacústica y otras enfermedades dermatológicas

Existen otras enfermedades dermatológicas relacionadas con variaciones en la fisiología de la vascularización de la piel. Por ello, la fotoacústica ha resultado de gran interés en el reconocimiento y extracción de biomarcadores característicos mediante la imagen de la microvasculatura bajo la piel, como una mayor densidad de vasos, cambios en su diámetro, número y tipo de bifurcaciones, tortuosidad, caoticidad, etc. Esto ha permitido el diagnóstico de enfermedades como la psoriasis o la esclerodermia [8]. Además, a través de estos mismos marcadores, se puede medir la disfunción de la microvasculatura subcutánea de forma que la piel sirva como ventana de diagnóstico de enfermedades cardiovasculares [14], como la arterioesclerosis, la hipertensión, y también la diabetes.

3. Motivación: hacia el bajo coste

Resulta evidente que la detección temprana de melanoma y otras enfermedades dermatológicas puede mejorar enormemente el pronóstico de los pacientes. Sin embargo, la gran mayoría de sistemas de imagen fotoacústica actuales emplean fuentes láser de estado sólido tipo Q-switched, que emiten pulsos de alta energía con una gran calidad de haz (haz Gaussiano). Sin embargo,

se trata de fuentes láser voluminosas con un coste muy elevado, dificultando su traslación a la práctica clínica en puntos de atención como clínicas dermatológicas o ambulatorios, donde la gran mayoría de pacientes necesitan herramientas que faciliten la gestión precoz de la enfermedad.

En los últimos años, los diodos láser pulsados (PLDs) han surgido como alternativa de muy bajo coste y compacta a los láseres utilizados convencionalmente [15]. No obstante, emiten pulsos de baja energía y muy baja calidad, dificultando la obtención de imágenes de alta resolución con una buena relación de señal a ruido. En los últimos años, algunos diseños ópticos han sido propuestos con el objetivo de mitigar estos efectos, permitiendo la universalización de la técnica. Sin embargo, no existen actualmente sistemas comerciales basados en esta tecnología de bajo coste.

A continuación, se muestran algunos métodos desarrollados en nuestro laboratorio que han permitido la obtención del primer prototipo portátil de microscopía fotoacústica basado en diodos láser de bajo coste para imagen volumétrica de melanoma.

4. Avances y mejoras

4.1. Acoplamiento a fibra óptica del haz láser

Para poder obtener PLDs con una potencia de pico nominal alta, se opta por apilar varios semiconductores obteniendo un patrón de emisión en forma de barras. Esto genera una fuente láser no uniforme con múltiples modos de propagación y una alta divergencia, lo que impide focalizar el haz en distancias de trabajo largas. Esto ha limitado su empleo en sistemas de imagen en los que tanto el láser como el transductor se dispongan en el mismo lado de la muestra (modo reflexión), así como la posibilidad de realizar imágenes de área grande de manera rápida mediante escaneo del haz láser, ambas características necesarias para su aplicación en un entorno clínico realista [15].

Un grupo de investigadores propuso el uso de un extenso juego de lentes cilíndricas, para tratar de obtener un haz homogéneo, permitiendo obtener imágenes de alta resolución en modo reflexión [16]. Sin embargo, se trata de una configuración voluminosa y no portable, impracticable a la hora de implementarlo en un dispositivo clínico.

Otros grupos, aun haciendo uso de fuentes láser de gran calidad, han optado por el acoplamiento del haz a fibras ópticas, facilitando el movimiento libre de la fuente. Esto permite su inserción en un cabezal móvil en que pueda estar en contacto con la zona a examinar, aplica-

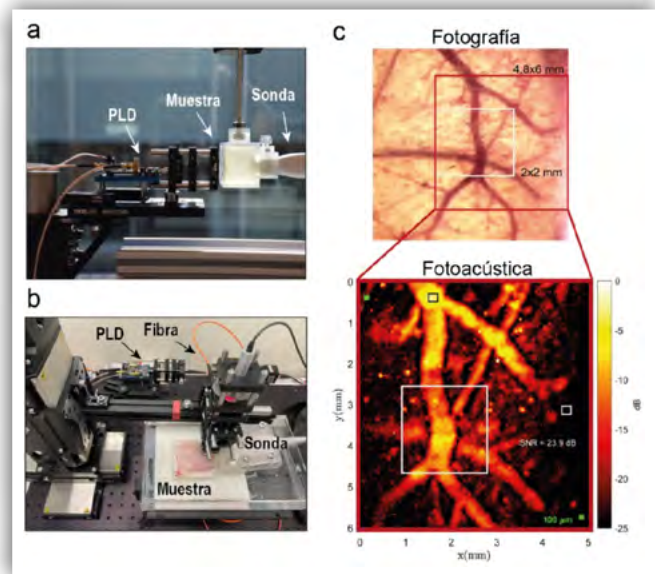


Figura 3. Set-up experimental de microscopía fotoacústica de bajo coste sin acoplamiento a fibra, en modo transmisión (a), y con acoplamiento a fibra, en modo reflexión (b). Resultados de imagen fotoacústica de la microvasculatura en oreja de conejo *ex vivo* (c).

ble en un entorno realista [7]. En nuestro laboratorio, haciendo uso de esta idea, se realizó un nuevo diseño basado en fibra óptica para obtener un haz homogéneo, y, además, móvil. Para ello, se acopló el haz de un diodo láser de baja calidad a una fibra óptica multimodo de núcleo cuadrado. A la salida de esta, conseguimos un haz de perfil *flat-top* perfectamente homogeneizado [17]. Así, mediante la fibra óptica y un juego sencillo de lentes, se obtiene un punto focal láser cuadrado (75 μm de lado) que se puede escanear mediante espejos y ser implementado en modo reflexión en un cabezal compacto claramente orientado a su uso clínico. Además, este método de homogenización permite el uso de un filtrado espacial o *pinhole*, con lo que se reduzca el punto focal al tamaño deseado cambiando simplemente el tamaño del *pinhole*, sin modificar el grado de focalización de la lente objetivo. Este diseño permite obtener imágenes de alta resolución (hasta 20 μm) en modo reflexión. En la Fig. 3 se muestra cómo este diseño acoplado a fibra (Fig. 3b) permite una configuración en modo reflexión más orientada a un dispositivo de imagen clínico, en comparación con el diseño previo sin acoplar (Fig. 3a).

Este diseño ha permitido obtener imágenes de vascularización de una oreja de conejo *ex vivo* (Fig. 3c) por primera vez utilizando diodos láser de bajo coste en una orientación en modo reflexión aplicable a clínica. Sin embargo, este primer sistema tiene varias deficiencias. En primer lugar, emplea un método de escaneo mecánico, que consiste en tres ejes motorizados que desplazan el cabezal punto a punto a lo largo del área de imagen, resultando así en un proceso de adquisición de la ima-

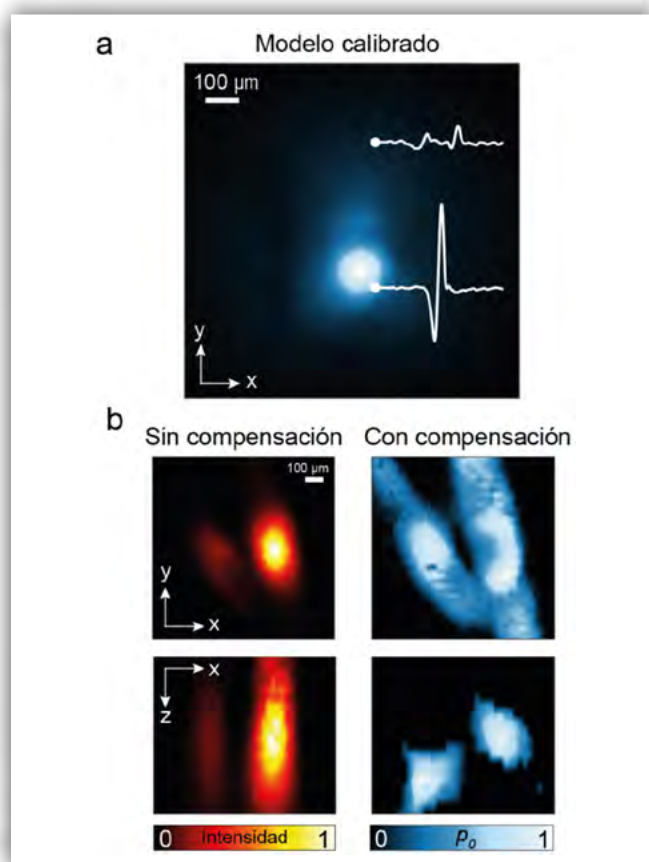


Figura 4. (a) Respuesta al impulso espacial del transductor calibrada experimentalmente en el plano focal, donde se muestran dos formas de onda dentro y fuera del foco acústico. (b) Imagen fotoacústica volumétrica de un *phantom* de suturas, sin aplicar (izquierda) y tras aplicar el algoritmo de compensación (derecha).

gen muy lento. Además, al utilizar una sonda lineal convencional de ultrasonidos de ancho de banda limitado, el sistema proporciona una baja sensibilidad de detección, haciendo necesario promediar la adquisición en cada punto más de 1000 veces, lo que eleva de forma impráctica el tiempo de adquisición de la imagen a varias horas.

4.2. Algoritmos de reconstrucción basados en modelos

Para mejorar los puntos débiles del primer sistema, se ha diseñado un transductor focalizado monoelemento de alta sensibilidad colocado de manera coaxial con la excitación láser para sustituir a la sonda lineal. Además, se ha introducido un sistema de espejos galvanométricos que escanean el haz láser de manera muy rápida a lo largo del área de imagen manteniendo el transductor estático, con el objetivo de reducir los tiempos de adquisición de imagen a pocos minutos. Sin embargo, este cambio introduce una desventaja, ya que el campo de visión de la imagen queda limitado al pequeño foco acústico donde la sensibilidad es máxima.

Como solución, se ha propuesto un algoritmo basado en un modelo que tiene en cuenta la respuesta al impulso espacial (SIR) del transductor, la cual puede ser calibrada previamente para que, al invertir el modelo, se obtenga una imagen compensada en un área mucho mayor que su foco acústico [18]. En la Fig. 4a se muestra el modelo calibrado en el plano focal usando una lámina de un absorbente homogéneo de menos de 1 μm de espesor, donde se aprecia el foco acústico, o campo de mayor sensibilidad del transductor, a lo largo de un área de $1 \times 1 \text{ mm}^2$. Una vez calibrado el modelo, se realizaron ensayos de imagen en un *phantom* formado por dos suturas quirúrgicas entrecruzadas, con un tamaño de imagen igual al modelo calibrado. Además, para obtener una imagen volumétrica, se realizaron múltiples planos en profundidad al escanear el cabezal a lo largo del eje vertical. Una vez adquiridas las imágenes de cada uno de los planos, las formas de onda recibidas en cada punto del plano se comparan con las del modelo calibrado en ese mismo punto al realizar el producto vectorial entre ambas, dando como resultado un valor entre 0 y 1 en función de su grado de semejanza.

Como se aprecia en la imagen de la proyección desde arriba del *phantom* de suturas (Fig. 4b), la compensación de la SIR permite uniformizar la señal a ruido en todo el rango de escaneo de $1 \times 1 \text{ mm}^2$, en comparación con la imagen sin compensar donde se observa el efecto del campo de visión limitado al tamaño del foco acústico de un diámetro aproximado de 150 μm . Además, en la vista de sección en profundidad (Fig. 4b inferior) se observa como este algoritmo de compensación, aplicado a cada plano de imagen en el eje vertical, actúa como un filtro de selección de las señales fotoacústicas provenientes solamente del plano de focal y elimina las que provienen de fuera del mismo. De este modo, se obtiene una imagen reconstruida con tamaños de sección transversal en profundidad fidedignos a las suturas reales, en comparación a la imagen elongada en profundidad, como se observa, respectivamente, en las imágenes derecha e izquierda de la Fig. 4b inferior.

Este novedoso enfoque ha permitido realizar imágenes volumétricas de 1 mm^3 en menos de 3 minutos, gracias al escaneo láser rápido y, también, a la aplicación directa del algoritmo de inversión del modelo calibrado, que permite su ejecución en tiempo real, en comparación, por ejemplo, con otros algoritmos de optimización iterativa comúnmente empleados.

5. Prototipo de microscopía fotoacústica de bajo coste

Estos avances llevados a cabo en nuestro laboratorio han permitido la construcción del primer prototipo portá-

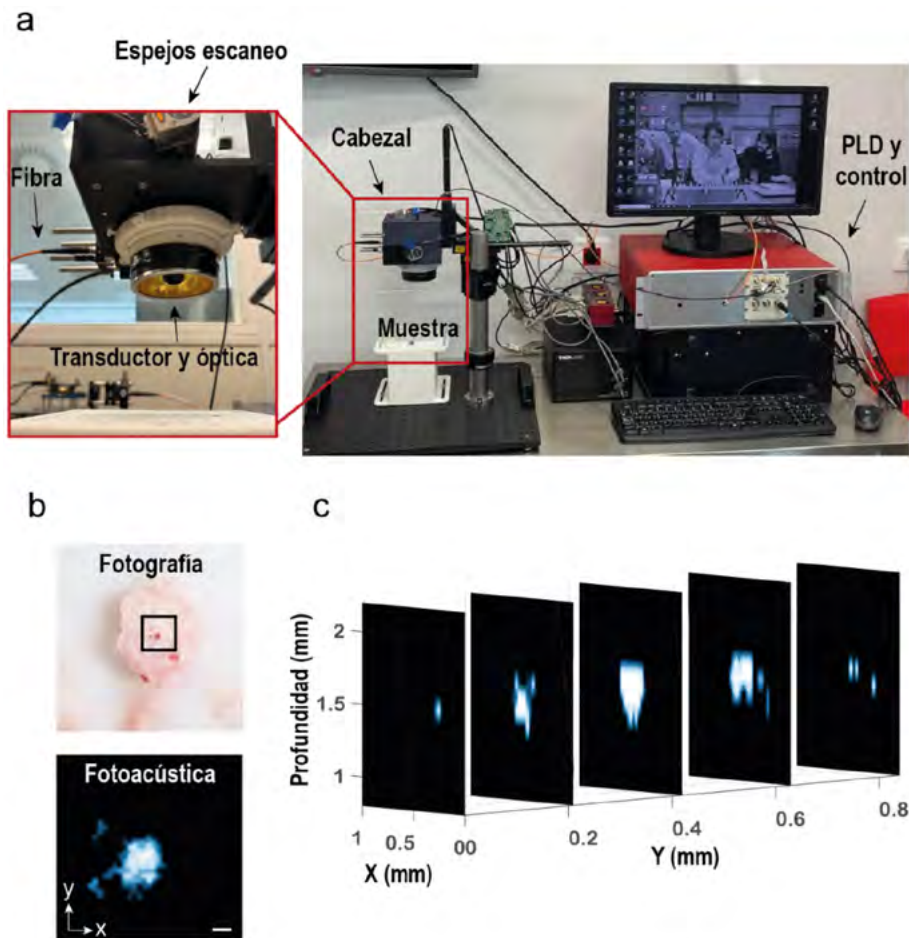


Figura 5. Prototipo de microscopía fotoacústica de bajo coste. **(a)** Imagen del sistema en un entorno realista. El marco rojo muestra una imagen ampliada del cabezal del microscopio. **(b)** Vista superior de un melanoma in vivo con fotoacústica (inferior) y fotografía (superior). La barra de escala equivale a 100 μm . **(c)** Cortes axiales del volumen de melanoma adquirido con el sistema.

til de microscopía fotoacústica de bajo coste basado en diodo láser pulsado, cuyo diseño completo se muestra en la Fig. 5a. Este microscopio fotoacústico integra un PLD que emite pulsos de 100 ns a una longitud de onda de 905 nm y a una elevada frecuencia de repetición pulsos de hasta 10 kHz (905D2S3JT09X, Laser Components, Alemania). Utilizando el diseño óptico previo de acoplamiento a una fibra óptica multimodo de núcleo cuadrado, se obtiene un punto focal láser de sección cuadrada de 75 μm de lado con una energía de pulso de aproximadamente 4 μJ , a una distancia de focalización de 1 cm de la lente final. La posición del foco óptico es escaneada mediante un juego de dos espejos galvanométricos (QS20XY-AG, Thorlabs, US) a lo largo del plano de imagen. Las ondas generadas son detectadas por un transductor focalizado monoelemento de PVDF en forma de anillo con una apertura de 60 mm y una distancia focal de 30.25 mm, con 19 MHz de frecuencia central y 150% de ancho de banda (Precision Acoustics Ltd, UK).

Por la apertura central del transductor pasa el eje óptico del haz láser, permitiendo la configuración en modo reflexión con el foco acústico y óptico alineados coaxialmente, y focales para la posición central de escaneo (zoom de la Fig. 5a). Una pieza de sinterizado de poliamida sujeta una membrana film de plástico transparente para poder rellenar el transductor de agua desionizada y proporcionar así el acoplo acústico de forma eficaz a la muestra de ensayo, que se sitúa debajo de ella en seco. Las señales fotoacústicas son amplificadas y filtradas paso-bajo (ZFL-500LN+ y BLP-27+, Minicircuits) antes de ser digitalizadas (ADQ14DC-2A-VG-PCIE, Teledyne SP Devices). Todo el proceso de escaneo láser, generación de pulsos y señales de sincronización se dirige por un firmware desarrollado en un controlador (STEMlab 125-14, RedPitaya), y la adquisición y el procesamiento es llevado a cabo en una GUI desarrollada en MATLAB (Mathworks).

Se han realizado experimentos de imagen en ratones con melanoma inducido *in vivo*, para medir la profundidad y los bordes de la lesión. En la vista superior (Fig. 5b) se observa como la imagen fotoacústica obtiene una imagen de alta resolución con contraste selectivo de las agrupaciones de melanocitos observables en la fotografía de la misma lesión. Al reconstruir el volumen de 1 mm³ completo y representar los diferentes cortes transversales en profundidad xz (Fig. 5c), se observa la profundidad máxima de la lesión a lo largo de toda su extensión.

Esto permite obtener un conocimiento *a priori* del estado del melanoma de manera completa y totalmente no invasiva, lo que permitirá un mejor diagnóstico en un estadio temprano de la enfermedad, lo cual resulta de vital importancia dado el peor pronóstico de la enfermedad con un índice o espesor de Breslow mayor a 0.8 mm [19].

6. Conclusiones

La imagen fotoacústica se presenta como una herramienta con un enorme potencial en la ayuda al diagnóstico precoz de enfermedades dermatológicas de manera rápida y no invasiva. Sin embargo, existe la necesidad de generar nuevas técnicas de imagen fotoacústica para conseguir reducir el coste de esta tecnología, haciendo factible su traslación a puntos de atención primarios o consultas dermatológicas.

Los métodos desarrollados por nuestro equipo han permitido obtener unos primeros resultados que demuestran la posibilidad de obtener imágenes de melanoma *in vivo* en profundidad de manera totalmente no invasiva y con un prototipo de bajo coste.

Como trabajo futuro, se tratará de explotar el potencial de este diseño, intentando obtener imágenes más rápido, de un área mayor, y con varias longitudes de onda óptica para obtener información funcional del estado de la lesión.

Agradecimientos

Agradecemos el soporte de financiación a través de los programas de convocatorias competitivas: Agència Valenciana de la Innovació (AVI) a través del proyecto IN-NVA1/2022/50, Programa Investigo INVEST/2022/171 de fondos de la Unión Europea Next Generation EU, y también, Prometeo CIPROM/2021/003 y Equipamiento e Infraestructuras FEDER 2021-22 IDIFEDER/2021/004.

Referencias

[1] P. Beard, "Biomedical photoacoustic imaging," 2011, *Royal Society*. doi: 10.1098/rsfs.2011.0028.

[2] *Biomedical Photoacoustics*. Springer Nature Switzerland, 2024. doi: 10.1007/978-3-031-61411-8.

[3] L. Lin *et al.*, "Single-breath-hold photoacoustic computed tomography of the breast," *Nat Commun*, vol. 9, no. 1, Dec. 2018, doi: 10.1038/s41467-018-04576-z.

[4] M. Schwarz, A. Buehler, J. Aguirre, and V. Ntziachristos, "Three-dimensional multispectral optoacoustic mesoscopy reveals melanin and blood oxygenation in human skin *in vivo*," Jan. 01, 2016, *Wiley-VCH Verlag*. doi: 10.1002/jbio.201500247.

[5] D. Razansky, J. Klohs, and R. Ni, "Multi-scale optoacoustic molecular imaging of brain diseases," doi: 10.1007/s00259-021-05207-4/Published.

[6] J. Yao and L. V. Wang, "Photoacoustic microscopy," *Laser Photon Rev*, vol. 7, no. 5, pp. 758–778, Sep. 2013, doi: 10.1002/lpor.201200060.

[7] Q. Chen, W. Qin, W. Qi, and L. Xi, "Progress of clinical translation of handheld and semi-handheld photoacoustic imaging," Jun. 01, 2021, *Elsevier GmbH*. doi: 10.1016/j.pacs.2021.100264.

[8] B. Hindelang *et al.*, "Non-invasive imaging in dermatology and the unique potential of raster-scan optoacoustic mesoscopy," Jun. 01, 2019, *Blackwell Publishing Ltd*. doi: 10.1111/jdv.15342.

[9] T. Von Knorring *et al.*, "Differentiation Between Benign and Malignant Pigmented Skin Tumours Using Bedside Diagnostic Imaging Technologies: A Pilot Study," *Acta Derm Venereol*, vol. 102, 2022, doi: 10.2340/actadv.v101.571.

[10] J. W. Fakhoury *et al.*, "Photoacoustic imaging for cutaneous melanoma assessment: a comprehensive review," *J Biomed Opt*, vol. 29, no. S1, Jan. 2024, doi: 10.1117/1.jbo.29.s1.s11518.

[11] A. F. Kukk, F. Scheling, R. Panzer, S. Emmert, and B. Roth, "Non-invasive 3D imaging of human melanocytic lesions by combined ultrasound and photoacoustic tomography: a pilot study," *Sci Rep*, vol. 14, no. 1, Dec. 2024, doi: 10.1038/s41598-024-53220-y.

[12] J.-T. Oh, M.-L. Li, H. F. Zhang, K. Maslov, G. Stoica, and L. V. Wang, "Three-dimensional imaging of skin melanoma *in vivo* by dual-wavelength photoacoustic microscopy," *J Biomed Opt*, vol. 11, no. 3, p. 034032, 2006, doi: 10.1117/1.2210907.

[13] D. C. Deacon, E. A. Smith, and R. L. Judson-Torres, "Molecular Biomarkers for Melanoma Screening, Diagnosis and Prognosis: Current State and Future Prospects," *Front Med (Lausanne)*, vol. 8, Apr. 2021, doi: 10.3389/fmed.2021.642380.

- [14] R. G. IJzerman *et al.*, "Individuals at increased coronary heart disease risk are characterized by an impaired microvascular function in skin," *Eur J Clin Invest*, vol. 33, no. 7, pp. 536–542, Jul. 2003, doi: 10.1046/j.1365-2362.2003.01179.x.
- [15] B. Huang and T. T. W. Wong, "Review of low-cost light sources and miniaturized designs in photoacoustic microscopy," *J Biomed Opt*, vol. 29, no. S1, Oct. 2023, doi: 10.1117/1.jbo.29.s1.s11503.
- [16] X. Li, K. Yeung, V. T. C. Tsang, B. Huang, C. T. K. Lo, and T. T. W. Wong, "Low-cost high-resolution photoacoustic microscopy of blood oxygenation with two laser diodes," *Biomed Opt Express*, vol. 13, no. 7, p. 3893, Jul. 2022, doi: 10.1364/boe.458645.
- [17] J. J. García-Garrigós, A. Cebrecos, J. A. Navarro-Calvo, and F. Camarena, "A fiber-coupled laser diode design for reflection mode optical resolution photoacoustic microscopy," *Ultrasonics*, vol. 132, Jul. 2023, doi: 10.1016/j.ultras.2023.107008.
- [18] X. L. Deán-Ben and D. Razansky, "A practical guide for model-based reconstruction in optoacoustic imaging," Nov. 01, 2022, *Frontiers Media SA*. doi: 10.3389/fphy.2022.1028258.
- [19] S. N. Lo, R. A. Scolyer, and J. F. Thompson, "Long-Term Survival of Patients with Thin (T1) Cutaneous Melanomas: A Breslow Thickness Cut Point of 0.8 mm Separates Higher-Risk and Lower-Risk Tumors," *Ann Surg Oncol*, vol. 25, no. 4, pp. 894–902, Apr. 2018, doi: 10.1245/s10434-017-6325-1.



Envíese a: **Revista Española de Acústica - SEA**
e-mail: secretaria@sea-acustica.es
<http://www.sea-acustica.es>

Estoy interesado en:

- **ASOCIARME A LA SOCIEDAD ESPAÑOLA DE ACÚSTICA** ☐
- **SUSCRIBIRME A LA REVISTA DE ACÚSTICA** ☐

Apellidos: _____ Nombre: _____

Dirección para correspondencia: _____

C.P.: _____ Ciudad: _____ Provincia: _____

Tel.: _____ Fax: _____ e-mail: _____

Centro de trabajo: _____

Puesto de trabajo: _____

Dirección: _____

C.P.: _____ Ciudad: _____ Provincia: _____

Tel.: _____ Fax: _____ e-mail: _____

Ingeniería
Acústica
TRES60°

análisis
diseño
fabricación
instalación
certificación

para escuchar **salud**



Avances en la medición de saltos verticales mediante sonido e Inteligencia Artificial: precisión y portabilidad

Advancements in Vertical Jump Measurement Using Sound and Artificial Intelligence: Precision and Portability



Lucas Banchoero¹, José J. López¹

¹ Instituto ITEAM - Universitat Politècnica de València
{lbanmar@upv.edu.es}

Resumen

La medición precisa de la altura en saltos verticales es crucial para evaluar el rendimiento muscular y la coordinación corporal en deportistas y personas activas. Los métodos tradicionales, como las plataformas de fuerza y los sistemas de captura de movimiento, han sido el estándar, pero presentan desafíos significativos en términos de portabilidad y complejidad técnica. En respuesta a estas limitaciones, el uso de dispositivos móviles ha ganado atención como una alternativa accesible y efectiva. Este artículo explora avances recientes en la medición de saltos utilizando tecnología de audio y técnicas de Inteligencia Artificial (IA). Se ha desarrollado un algoritmo basado en redes neuronales profundas que permite identificar con precisión los eventos clave de despegue y aterrizaje a partir de grabaciones de sonido. Este enfoque supera los desafíos inherentes al ruido ambiental en entornos deportivos, demostrando una alta precisión y fiabilidad comparada con métodos convencionales. Además, se está investigando una nueva aproximación que optimiza el *set-up* experimental para hacerlo más práctico y accesible, sin la necesidad de añadir elementos adicionales en los atletas. Estos avances prometen no solo mejorar la precisión de las mediciones, sino también facilitar su implementación en entornos deportivos y de rehabilitación física. Este estudio subraya el potencial transformador de la IA en la evaluación del rendimiento físico, proporcionando herramientas innovadoras y eficaces para profesionales del deporte y la salud.

Palabras clave: salto, audio, teléfono inteligente, inteligencia artificial, deporte.

Abstract

Accurate measurement of vertical jump height is crucial for assessing muscular performance and body coordination in athletes and active individuals. Traditional methods such as force platforms and motion capture systems have been the standard but pose significant challenges in terms of portability and technical complexity. In response to these limitations, mobile devices have garnered attention as an accessible and effective alternative. This article explores recent advances in jump measurement using audio technology and Artificial Intelligence (AI) techniques. An algorithm based on deep neural networks has been developed to accurately identify key take-off and landing events from sound recordings. This approach overcomes inherent challenges of environmental noise in sports settings, demonstrating high precision and reliability compared to conventional methods. Furthermore, a new approach is being investigated to optimize the experimental setup for increased practicality and accessibility, without the need to add additional elements on athletes. These advancements promise not only to enhance measurement accuracy but also to facilitate implementation in sports and physical rehabilitation settings. This study underscores the transformative potential of AI in evaluating physical performance, providing innovative and effective tools for sports and health professionals.

Keywords: jump, audio, smartphone, artificial intelligence, sport.

1. Introducción

La medición precisa de la altura de los saltos es esencial para evaluar la potencia muscular de las extremida-

des inferiores [1], [2] y la coordinación de todo el cuerpo, tanto en poblaciones atléticas como no atléticas. Los profesionales del deporte utilizan esta medida para estudiar las capacidades neuromusculares y de rendimiento,

observando cómo varía la altura del salto en función del rendimiento funcional [3].

Existen tres métodos principales para evaluar la altura del salto: integración numérica de las fuerzas de reacción del suelo mediante plataformas de fuerza [4], seguimiento del centro de gravedad a través de la captura de movimiento biomecánico [5], [6] y la transformación del tiempo de vuelo en altura de salto utilizando cinemática lineal básica [7]. Cada método tiene sus propias ventajas y desventajas en términos de precisión y aplicación práctica.

En el ámbito deportivo, los instrumentos de cronometraje han ganado popularidad debido a su simplicidad, portabilidad y costo accesible en comparación con equipos de laboratorio. Estos dispositivos registran con precisión los momentos clave durante los saltos para calcular parámetros como el desplazamiento del centro de gravedad o la altura del salto [8]. Se han desarrollado varios tipos de sistemas, desde colchonetas de contacto hasta colchonetas de fotocélulas, que utilizan tecnología infrarroja para detectar los eventos de despegue y aterrizaje [9], [10], [11]. Recientemente, han surgido aplicaciones para teléfonos inteligentes que permiten a los usuarios seleccionar manualmente los cuadros de vídeo relevantes para calcular el tiempo de vuelo [12].

A pesar de estas innovaciones, la digitalización manual mediante observación de vídeo presenta desafíos, como limitaciones en la resolución temporal debido a la frecuencia de muestreo de los sensores de imagen y problemas con la velocidad de obturación en condiciones de poca luz [13], [14]. Además, la detección automática basada en audio ha mostrado mejoras en la precisión, aunque presenta desafíos en entornos ruidosos donde pueden surgir falsos positivos debido a interferencias acústicas.

Este artículo introduce un algoritmo avanzado diseñado para operar eficazmente en diversos entornos acústicos, utilizando redes neuronales profundas entrenadas con sonidos específicos de despegue y aterrizaje para mejorar la precisión y reducir errores en la medición.

2. Método con algoritmos clásicos

El algoritmo desarrollado en el estudio [15] se centra en el desarrollo de un método no invasivo para medir la altura de salto mediante el procesamiento de señales de audio. Tradicionalmente, la medición de la altura del salto se realiza con instrumentos de laboratorio como placas de fuerza y sistemas de captura de movimiento en 3D, o con dispositivos más simples como esteras de salto y alfombras de fotocélulas. Sin embargo, estos métodos tienen limitaciones en cuanto a portabilidad y precisión, lo que motiva la búsqueda de una nueva metodología basada en la captura de audio.

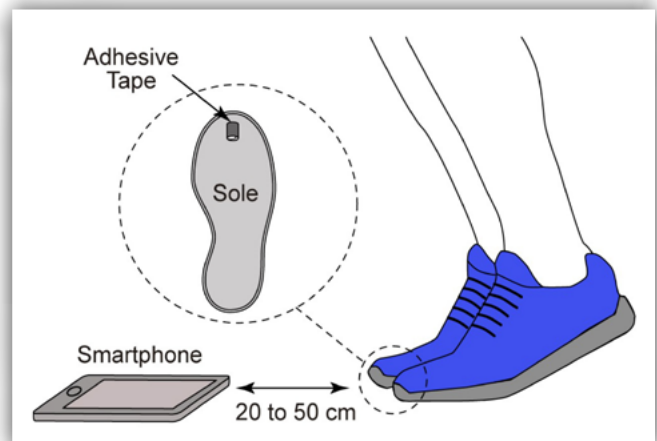


Figura 1. Set-up del experimento de grabación de salto con *smartphone*.

El sistema propuesto utiliza un micrófono de *smartphone* situado cerca de los pies del atleta para capturar el patrón de ondas sonoras durante el salto, tal y como se muestra en la Figura 1. Para facilitar la identificación de la fase de despegue, se adhiere una pieza de cinta adhesiva a la suela del zapato del atleta. El algoritmo de procesamiento de señales de audio desarrollado detecta automáticamente los eventos de despegue y aterrizaje, permitiendo calcular el tiempo de vuelo, en tiempo real, con una alta precisión y robustez frente al ruido.

En el experimento participaron 43 individuos, cada uno ejecutando cinco saltos con contramovimiento, totalizando así 215 saltos evaluados. Las mediciones obtenidas mediante el sistema basado en audio fueron contrastadas con las registradas por una estera de salto estándar. Durante los saltos, el micrófono del *smartphone* capturó los sonidos emitidos, y un algoritmo avanzado de procesamiento de señales de audio se encargó de identificar de manera automatizada los momentos de despegue y aterrizaje, basándose en los patrones acústicos detectados. Según los resultados del estudio, se determinó que las frecuencias altas predominan durante el despegue, mientras que las frecuencias bajas son más prominentes durante el aterrizaje. Para lograr esta discriminación, la señal de audio fue sometida a filtrado mediante un filtro paso alto y un filtro paso bajo, generando así dos señales filtradas distintas. Posteriormente, se llevó a cabo un análisis detallado de los picos de energía máxima en estas señales filtradas, que fueron identificados como eventos de despegue o aterrizaje, respectivamente.

Los resultados mostraron una alta concordancia entre las mediciones del sistema basado en audio y las de la estera de salto. Las estadísticas descriptivas indicaron tiempos de vuelo medios de 451.9 ± 85.8 ms para el sistema basado en audio y 453.7 ± 85.3 ms para la estera de salto. La altura del salto calculada fue de

25.9 ± 9.5 cm para el sistema basado en audio y 26.1 ± 9.5 cm para la estera de salto. El coeficiente de correlación de Pearson mostró una asociación casi perfecta entre los dos sistemas ($r = 0.996$, $p < 0.01$). Además, el coeficiente de correlación intraclase (ICC) mostró una concordancia casi perfecta tanto en consistencia como en acuerdo absoluto para el tiempo de vuelo y la altura del salto (ICC = 0.995 – 0.997).

La diferencia media entre los instrumentos fue de 1.7 ms para el tiempo de vuelo y 0.18 cm para la altura del salto, ambas diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.01$). Los gráficos de Bland-Altman mostraron un alto nivel de acuerdo con un sesgo sistemático bajo y errores aleatorios pequeños. La incertidumbre de las mediciones, dada por el error típico o estándar de estimación (SEE), fue baja: 7.2 ms para el tiempo de vuelo y 0.81 cm para la altura del salto.

En la discusión, se destaca que el sistema desarrollado proporciona una medición precisa y confiable de la altura de salto en tiempo real. Este sistema supera las limitaciones de resolución temporal de las aplicaciones de *smartphones* existentes y reduce el tiempo de procesamiento manual. Los resultados sugieren que el sistema basado en audio es una herramienta sensible para monitorear cambios en la altura del salto, con una relación señal a ruido favorable. Sin embargo, el estudio no aborda el desempeño del sistema en entornos con niveles de ruido muy elevados, como pabellones deportivos concurridos, donde la precisión del sistema podría verse comprometida. Por este hecho, se desarrolló un segundo método, en este caso basado en IA.

3. Método basado en Inteligencia Artificial

En [16], se abordan las limitaciones del método clásico de medición de altura del salto vertical [15], específicamente en entornos ruidosos donde el ruido de fondo, especialmente cuando el carácter de este es impulsivo, puede interferir y distorsionar los eventos de interés, como los sonidos de despegue y aterrizaje durante el salto. Estos desafíos han sido un obstáculo significativo para la precisión de las mediciones acústicas tradicionales, especialmente en la evaluación precisa del rendimiento físico en deportistas y otros individuos activos.

En respuesta a estas dificultades, se ha desarrollado un enfoque innovador utilizando Inteligencia Artificial. En este estudio, se ha implementado un algoritmo basado en redes neuronales profundas que permite discriminar de manera efectiva entre el ruido ambiental y los eventos clave del salto, utilizando grabaciones de audio capturadas con un teléfono móvil. Aunque la aplicación móvil

para el sistema aún está en desarrollo, este avance tecnológico promete ofrecer una solución portátil y accesible para medir la altura del salto vertical con precisión en una variedad de entornos prácticos y deportivos.

Para el desarrollo del sistema, se registraron más de 300 saltos con el fin de entrenar y validar el rendimiento de la red neuronal. La recolección de datos se realizó utilizando un sistema de captura de audio que registraba las ondas sonoras producidas por los atletas durante los saltos. Para ello, se colocó estratégicamente un micrófono para captar los sonidos de despegue y aterrizaje. Las grabaciones de audio se realizaron a una frecuencia de muestreo de 48,000 Hz utilizando el sistema de audio de un teléfono inteligente, replicando condiciones similares a las de la digitalización manual de vídeo a través de aplicaciones de teléfonos inteligentes.

El proceso de validación del sistema se llevó a cabo utilizando un tapete de salto validado (Chronojump-Boscosystem) como referencia. Este tapete de salto sirvió como *ground-truth* contra la cual se compararon las mediciones del sistema basado en audio. El estudio incluyó mediciones repetidas de la altura del salto contramovimiento (CMJ) durante una única sesión de prueba. Los sujetos realizaron tres saltos CMJ con un minuto de descanso entre cada uno, tras un calentamiento estandarizado que incluía 5 minutos de carrera con cambios de dirección y 3 minutos de estiramientos dinámicos y ejercicios de movimiento. Solo se consideraron los intentos exitosos que cumplieron con una técnica precisa.

En cuanto a las características del sistema de audio, los sonidos del despegue y aterrizaje se identificaron y clasificaron utilizando un algoritmo basado en redes neuronales convolucionales (CNN). En estudios previos, se demostró que los algoritmos basados en el procesamiento clásico de señales eran efectivos en ambientes moderadamente ruidosos. Sin embargo, en entornos acústicamente desafiantes, como recintos deportivos abarrotados o gimnasios durante momentos de ruido impulsivo intenso, estos algoritmos presentaban limitaciones significativas, generando falsos positivos. La nueva aproximación emplea técnicas avanzadas de IA para diferenciar entre el ruido ambiental y los eventos de salto genuinos.

Para este fin, se utilizó un enfoque que integra parámetros tiempo-frecuencia, como los espectrogramas, en tareas de clasificación mediante CNN. Estos espectrogramas proporcionan una representación completa del contenido frecuencial de la señal a lo largo del tiempo, permitiendo a las CNN discernir patrones y variaciones cruciales para una clasificación precisa. La utilización de la escala de frecuencia Mel en estas tareas resulta particularmente relevante, ofreciendo una resolución logarítmica en el eje de frecuencia que resulta muy efectiva

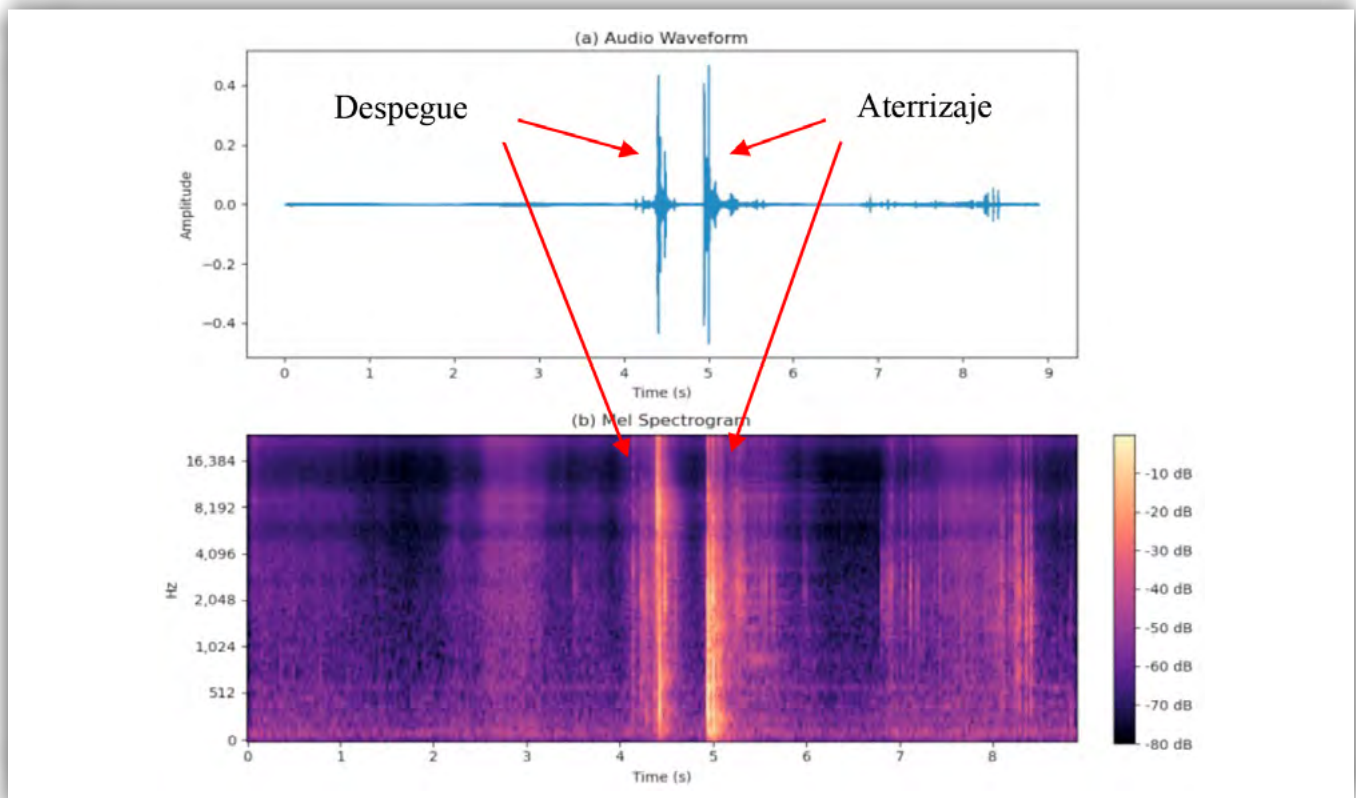


Figura 2. Evento de salto típico: (a) Forma de Onda; (b) Espectrograma de Mel.

para el análisis de señales sonoras, como se muestra en la Figura 2 del estudio.

Para mejorar la detección de los eventos acústicos, se calcularon más características, como el espectrograma delta y el espectrograma delta-delta, derivados del espectrograma de Mel mediante el procesamiento de derivada a lo largo del tiempo. Estas características no solo proporcionan información sobre la energía por banda de frecuencia, sino que también capturan la velocidad y la aceleración de los cambios en el audio, como se ilustra en la Figura 3. Estos atributos son especialmente útiles para identificar con precisión eventos como el despegue y aterrizaje en saltos, donde las regiones de interés muestran características delta y delta-delta más destacadas en comparación con el ruido de fondo, facilitando así la detección precisa del ruido asociado a los saltos.

El sistema se evaluó en condiciones de ruido de fondo constante, oscilando entre 70 y 90 dBA, típicas en gimnasios y áreas de entrenamiento. Además, se añadieron ruidos impulsivos para simular condiciones más desafiantes, como el ruido de pesas cayendo o el ruido generado por el equipo de entrenamiento. El algoritmo entrenado mostró una robustez considerable, permitiendo una detección precisa de los eventos de salto incluso en presencia de ruido de fondo y ruidos impulsivos.

En términos de resultados, el sistema desarrollado mostró una precisión excelente en ambientes silenciosos y moderadamente ruidosos, y una precisión muy buena en ambientes extremadamente ruidosos. La comparación con el tapete de salto validado indicó que el sistema de audio basado en IA era un instrumento fiable para medir la altura del salto en cualquier tipo de entorno. En los experimentos de validación, los resultados mostraron que el sistema tenía una precisión muy cercana a la del tapete de salto, con errores promedio inferiores a 1 cm en condiciones ideales y moderadamente ruidosas, y menos de 2 cm en entornos extremadamente ruidosos. Esta precisión es crucial para los profesionales de la ciencia del deporte y los atletas, ya que permite una evaluación precisa y continua del rendimiento físico sin los costos y limitaciones asociados con los métodos tradicionales. Además, la implementación del sistema en forma de una aplicación de teléfono inteligente lo hace accesible y práctico para su uso en diversas configuraciones de entrenamiento y evaluación, desde gimnasios hasta campos deportivos al aire libre.

4. Nueva aproximación sin cinta adhesiva

Con el objetivo de hacer el sistema más accesible y práctico para su uso en diferentes entornos deportivos,

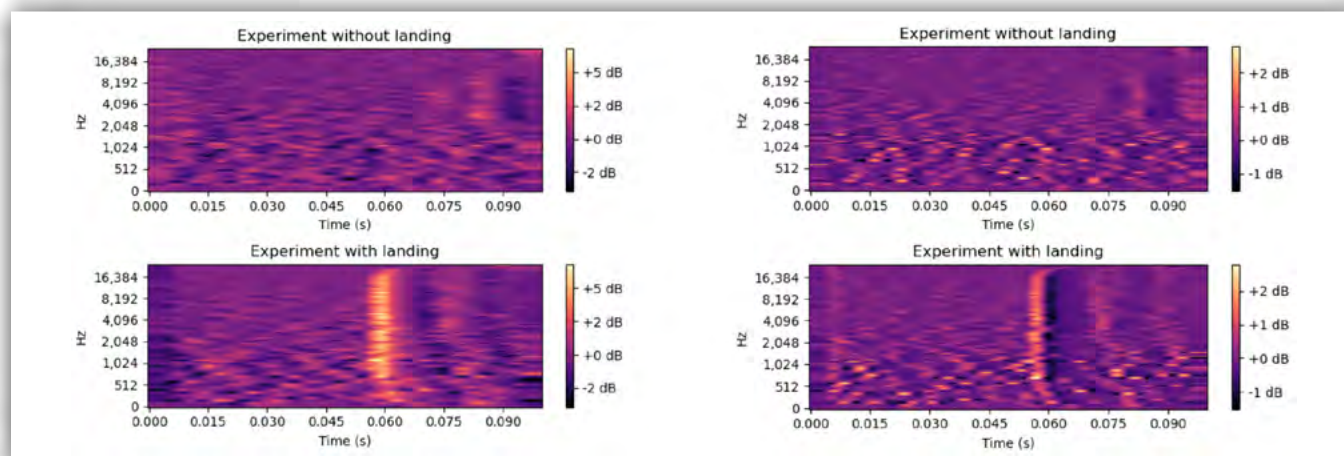


Figura 3. Comparación de espectrogramas Mel para eventos de aterrizaje y no aterrizaje. Izquierda: delta-espectrograma de Mel; Derecha: delta-delta-espectrograma de Mel.

se llevaron a cabo experimentos utilizando grabaciones de saltos sin la necesidad de cinta adhesiva en los pies de los sujetos. Esta decisión se basa fundamentalmente en que la eliminación de la cinta adhesiva simplifica significativamente el proceso de preparación previo al salto. Los atletas y usuarios no necesitan aplicar ni retirar cinta adhesiva en sus zapatos, lo que reduce el tiempo necesario para la configuración a la par que mejora la eficiencia del sistema de medición.

Esta modificación también puede incrementar la aceptación del método entre los atletas y profesionales del deporte, haciendo que sea más atractivo para su im-

plementación en entornos de entrenamiento y evaluación deportiva.

La modificación en el uso de cinta adhesiva tiene un impacto significativo en la forma de onda de las grabaciones de audio de los saltos, como se puede comprobar en la Figura 4. Se observa que, a diferencia de los experimentos anteriores con cinta adhesiva, el crujido de la zapatilla genera una menor amplitud en la señal de audio en comparación con el sistema que utilizaba dicha cinta. Esta disminución en la amplitud sugiere que podría ser más difícil detectar las señales de despegue, ya que la señal es menos pronunciada en esta nueva configura-

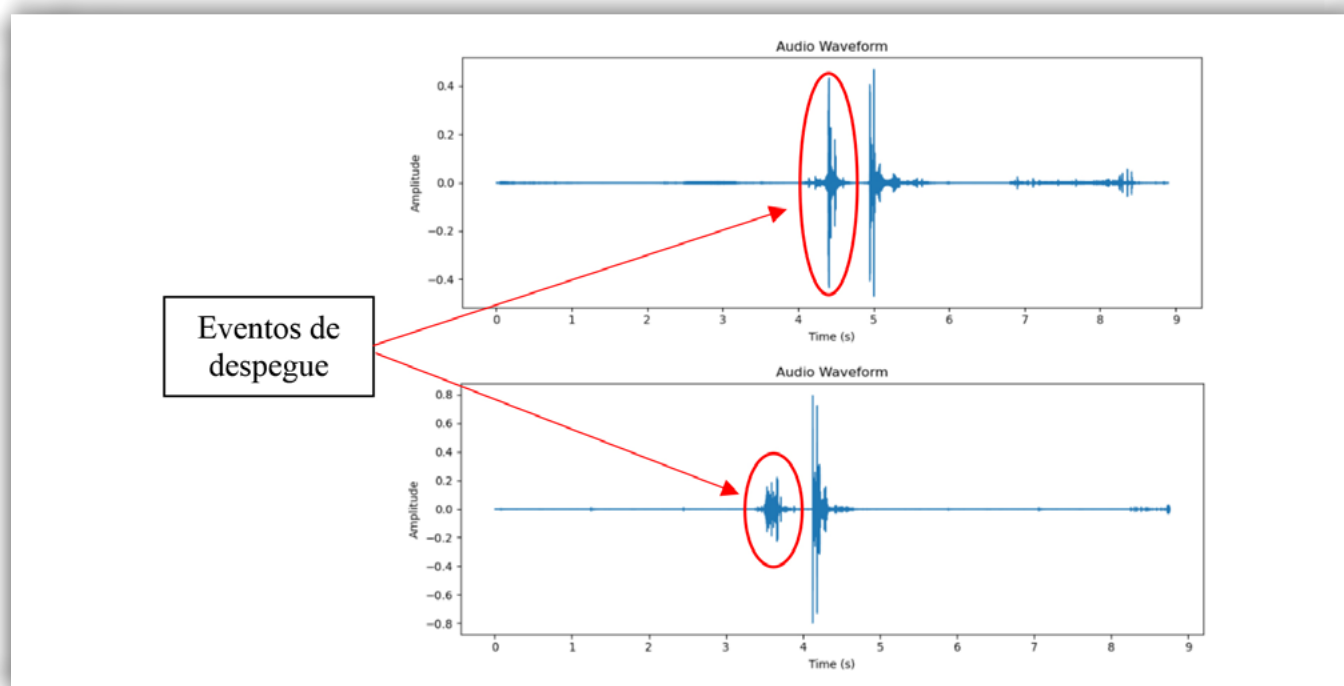


Figura 4. Comparación de forma de onda de evento típico de salto. Arriba: Con cinta adhesiva; Abajo: Sin cinta adhesiva.

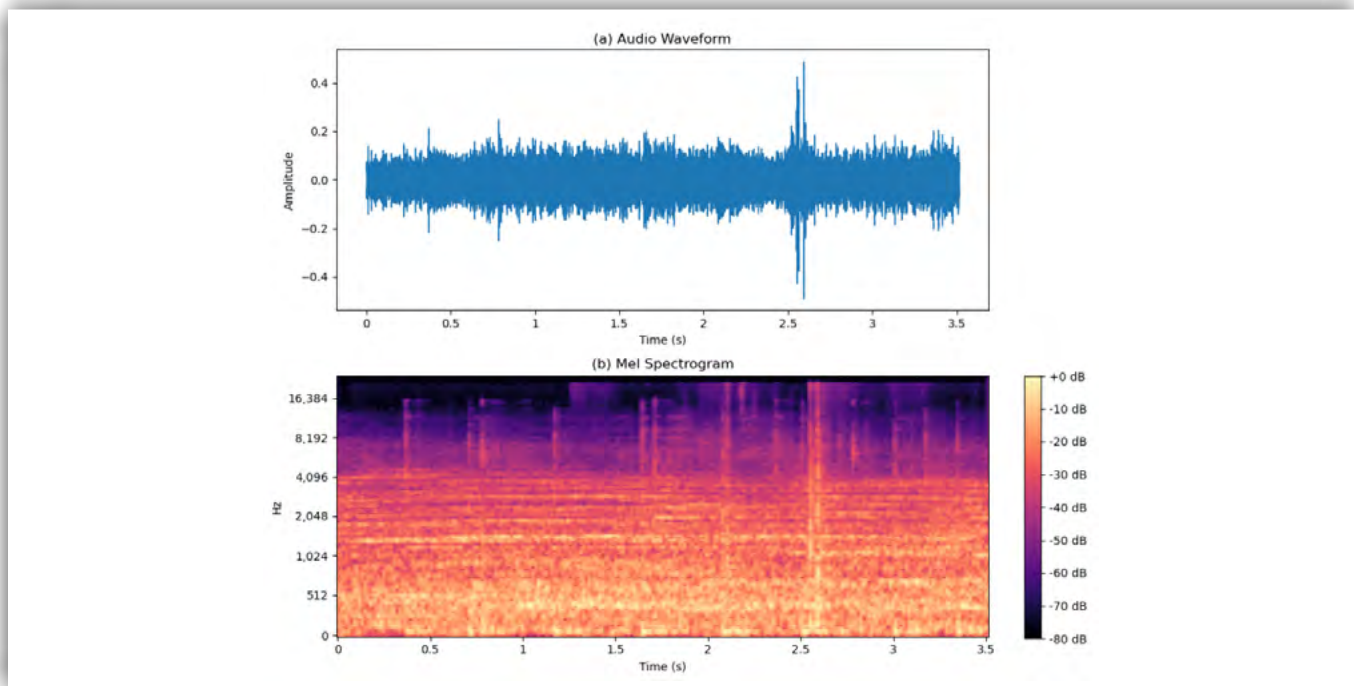


Figura 5. Evento de salto típico con ruido añadido: (a) Forma de Onda; (b) Espectrograma de Mel.

ción, lo que reduce también la energía frecuencial de esta fase del salto, especialmente en las frecuencias altas, como se mencionó anteriormente.

Además, un aspecto a tener en cuenta sabiendo que la energía de la señal de despegue no es la misma con cinta adhesiva que sin la misma, es que, una vez añadido el ruido sintético, como en los experimentos anteriores, se puede observar claramente (Figura 5) cómo el ruido enmascara completamente la señal del crujido de la zapatilla. Sin embargo, en esta aproximación, exploraremos la optimización del algoritmo para enfocarse únicamente en las frecuencias medias donde ocurre el crujido de la zapatilla, con el fin de evaluar la efectividad del sistema tras eliminar la cinta adhesiva.

Para evaluar la efectividad de esta nueva aproximación, se realizaron experimentos con la participación de 26 nuevos usuarios que usaron diversos tipos de calzado deportivo. Los resultados se detallan en la Figura 6, donde se puede ver la diferencia entre los errores en la detección del despegue y del aterrizaje. A continuación, se detallan los errores medios y las desviaciones estándar en las métricas de tiempo de vuelo, aterrizaje y despegue bajo diferentes condiciones:

- **Tiempo de Vuelo:**

- Sin ruido: Error medio de 0.01274 segundos, desviación estándar de 0.02311 segundos.
- Con ruido: Error medio de 0.05629 segundos, desviación estándar de 0.0569 segundos.

- **Aterrizaje:**

- Sin ruido: Error medio de 0.00288 segundos, desviación estándar de 0.00933 segundos.
- Con ruido: Error medio de 0.00288 segundos, desviación estándar de 0.00933 segundos.

- **Despegue:**

- Sin ruido: Error medio de 0.0111 segundos, desviación estándar de 0.02188 segundos.
- Con ruido: Error medio de 0.05474 segundos, desviación estándar de 0.05797 segundos.

Como se puede observar en las gráficas anteriores, la detección del aterrizaje muestra una precisión notablemente alta y consistente bajo el nuevo *set-up* del experimento, proporcionando una localización casi perfecta del evento. Esto indica que la eliminación de la cinta adhesiva no afecta de manera significativa a la capacidad del sistema para identificar con precisión el momento de aterrizaje durante los saltos.

Por otro lado, como se esperaba, la supresión de la cinta adhesiva en el experimento ha generado desafíos adicionales en la detección de los segmentos de despegue por parte de la IA. Los resultados muestran que la IA experimenta mayores dificultades en distinguir los momentos precisos de despegue debido a la reducción en la excitación de frecuencias específicas, que anteriormente eran más prominentes con el uso de la cinta adhesiva. Esta disminución en la señal de despegue se ve

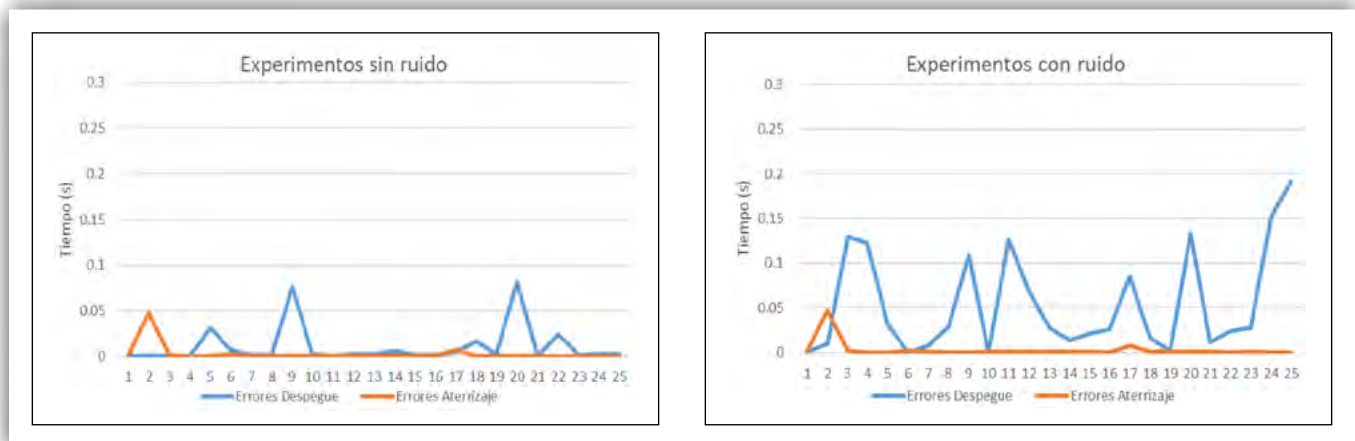


Figura 6. Errores de despegue y de aterrizaje. Izquierda: Experimentos sin ruido; Derecha: Experimentos con ruido; Línea Azul: Errores en despegue; Línea Naranja: Errores en aterrizaje.

exacerbada en las muestras con ruido ambiental, donde los sonidos impulsivos y el ruido de fondo enmascaran con mayor intensidad la señal deseada.

5. Conclusiones

En esta publicación se han explorado varios avances en la medición de la altura de saltos verticales, destacando tres metodologías distintas que abordan diferentes desafíos y limitaciones técnicas.

En primer lugar, se desarrolló un método inicial utilizando algoritmos clásicos de procesamiento de señales de audio para medir la altura del salto. Este enfoque empleó un micrófono de *smartphone* cerca de los pies del atleta para capturar las ondas sonoras durante el salto. El algoritmo desarrollado pudo detectar automáticamente los eventos de despegue y aterrizaje, permitiendo calcular el tiempo de vuelo con alta precisión y robustez. Sin embargo, este método requería la colocación de cinta adhesiva en la suela del zapato para mejorar la detección acústica, lo cual limitaba su practicidad en entornos deportivos reales.

En respuesta a las limitaciones encontradas con el método clásico, se desarrolló un enfoque innovador basado en Inteligencia Artificial (IA). Este método utiliza redes neuronales profundas para discriminar de manera efectiva entre el ruido ambiental y los eventos clave del salto, como son el despegue y el aterrizaje. El sistema fue entrenado con más de 300 saltos y validado utilizando un tapete de salto como referencia. La tecnología demostró ser robusta incluso en entornos ruidosos como gimnasios con niveles variables de ruido de fondo y ruidos impulsivos, manteniendo una precisión cercana a la del método tradicional con cinta adhesiva.

Finalmente, se está explorando una nueva aproximación que prescinde del uso de cinta adhesiva. Este enfo-

que busca ajustar y mejorar los algoritmos de IA para permitir la medición precisa del tiempo de vuelo sin la necesidad de aditamentos adicionales en los atletas. Este desarrollo representa un avance significativo hacia la simplificación del proceso de medición, haciéndolo más accesible y práctico para su implementación en diversos entornos deportivos y de evaluación física.

En conclusión, estos avances en tecnología de medición de saltos verticales subrayan la importancia de la innovación continua en la ciencia del deporte. La integración de IA y técnicas avanzadas de procesamiento de señales promete no solo mejorar la precisión de las mediciones, sino también hacerlas más versátiles y fáciles de implementar en el campo deportivo.

Agradecimientos

Este proyecto ha sido subvencionado con los proyectos SONEM3D (CIAICO/2021/057) y AEOLIAN:OMAP (TED2021-131003B-C22).

Referencias

- [1] M. Buchheit, M. Spencer, and S. Ahmaidi, "Reliability, usefulness, and validity of a repeated sprint and jump ability test," *Int J Sports Physiol Perform*, vol. 5, no. 1, 2010, doi: 10.1123/ijsp.5.1.3.
- [2] L. Petrigna *et al.*, "A Review of Countermovement and Squat Jump Testing Methods in the Context of Public Health Examination in Adolescence: Reliability and Feasibility of Current Testing Procedures," *Frontiers in Physiology*, vol. 10, 2019. doi: 10.3389/fphys.2019.01384.
- [3] C. Bosco, P. Luhtanen, and P. V. Komi, "A simple method for measurement of mechanical power in jumping," *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*, vol. 50, no. 2, 1983, doi: 10.1007/BF00422166.

- [4] F. Conceição, M. Lewis, H. Lopes, and E. M. M. Fonseca, "An Evaluation of the Accuracy and Precision of Jump Height Measurements Using Different Technologies and Analytical Methods," *Applied Sciences (Switzerland)*, vol. 12, no. 1, 2022, doi: 10.3390/app12010511.
- [5] S. Barris and C. Button, "A review of vision-based motion analysis in sport," *Sports Medicine*, vol. 38, no. 12, 2008. doi: 10.2165/00007256-200838120-00006.
- [6] J. Xu et al., "A Systematic Review of the Different Calculation Methods for Measuring Jump Height During the Countermovement and Drop Jump Tests," *Sports Medicine*, vol. 53, no. 5, 2023. doi: 10.1007/s40279-023-01828-x.
- [7] D. Yamashita, M. Murata, and Y. Inaba, "Effect of landing posture on jump height calculated from flight time," *Applied Sciences (Switzerland)*, vol. 10, no. 3, 2020, doi: 10.3390/app10030776.
- [8] M. Buckthorpe, J. Morris, and J. P. Folland, "Validity of vertical jump measurement devices," *J Sports Sci*, vol. 30, no. 1, 2012, doi: 10.1080/02640414.2011.624539.
- [9] B. Pueo, P. Lipinska, J. M. Jiménez-Olmedo, P. Zmijewski, and W. G. Hopkins, "Accuracy of jump-mat systems for measuring jump height," *Int J Sports Physiol Perform*, vol. 12, no. 7, 2017, doi: 10.1123/ijsp.2016-0511.
- [10] J. García-López, J. C. Morante, A. Ogueta-Alday, and J. A. Rodríguez-Marroyo, "The type of mat (contact vs. photocell) affects vertical jump height estimated from flight time," *J Strength Cond Res*, vol. 27, no. 4, 2013, doi: 10.1519/JSC.0b013e31826520d7.
- [11] C. Castagna, M. Ganzetti, M. Ditroilo, M. Giovannelli, A. Rocchetti, and V. Manzi, "Concurrent validity of vertical jump performance assessment systems," *J Strength Cond Res*, vol. 27, no. 3, 2013, doi: 10.1519/JSC.0b013e31825dbcc5.
- [12] C. Balsalobre-Fernández, M. Glaister, and R. A. Lockey, "The validity and reliability of an iPhone app for measuring vertical jump performance," *J Sports Sci*, vol. 33, no. 15, 2015, doi: 10.1080/02640414.2014.996184.
- [13] N. P. Linthorne, "Analysis of standing vertical jumps using a force platform," *Am J Phys*, vol. 69, no. 11, 2001, doi: 10.1119/1.1397460.
- [14] B. Pueo, "High speed cameras for motion analysis in sports science," *Journal of Human Sport and Exercise*, vol. 11, no. 1, 2016, doi: 10.14198/jhse.2016.111.05.
- [15] B. Pueo, J. J. Lopez, and J. M. Jimenez-Olmedo, "Audio-based system for automatic measurement of jump height in sports science," *Sensors (Switzerland)*, vol. 19, no. 11, 2019, doi: 10.3390/s19112543.
- [16] L. Banchoero, J. J. Lopez, B. Pueo, and J. M. Jimenez-Olmedo, "Combining Sound and Deep Neural Networks for the Measurement of Jump Height in Sports Science," *Sensors*, vol. 24, no. 11, 2024, doi: 10.3390/s24113505.

Índice de anunciantes

	Pág.
Rockfon - ROCKWOOL Group	2
Audiotec	11
Cesva Instruments	20
SAES	33
Ingeniería Acústica García Calderón	42
Sound of Numbers	48
AAC - Centro de Acústica Aplicada	53
Saint-Gobain	58
Iberacústica	64
CDM Stravitec	75

CESVA

NOISE MEASURING INSTRUMENTS SINCE 1969

SONÓMETRO **SC250** **CLASE 1** TOUCH & CLOUD

*Cuando el sonido
se puede tocar*



info@cesva.com
www.cesva.com



Pantalla
táctil
a color



Rango
único de
medición



Sonómetro
ampliable a
1/3 de octava



WIFI
Bluetooth
para App



Con memoria
y ficheros
en CSV



Curvas NC/NR
y Backerase de
los últimos 10 s

PERFECTAMENTE SIMPLE

SIMPLEMENTE PERFECTO

Reconstruyendo la historia de la Acústica en España durante los siglos XVIII y XIX

Reconstructing the history of Acoustics in Spain during the 18th and 19th centuries



Walter Alfredo Montano Rodríguez^{1*}

¹ ARQUICUST Laboratorio de acústica «Joseph Sauveur». Gualeguaychú, ER, Argentina.

* wmontano@arquicust.com. ORCID: 0000-0002-0059-5257 – Scopus Author ID: 57205127863

Resumen

En este artículo se intenta reconstruir una parte de la historia española que involucra a la Acústica entre los siglos XVIII y XIX, a partir de material recabado de fuentes primarias de información disponibles en Internet. Se presentarán y describirán hechos sociales, académicos y tecnológicos en los cuales la Acústica fue la protagonista, a fin de repasar el devenir de su historia en España y facilitar su sintetización. Aquí se describirá cómo a partir de la dominación de los fenómenos mecánicos, electromagnéticos y su combinación, se diseñaron aparatos capaces de mensurar y manipular las ondas elásticas, y cómo con el desarrollo de esa tecnología, la Acústica dio un salto epistemológico importante que permitió iniciar el fortalecimiento de sus diferentes ramas disciplinares, abriendo así el camino de su perfeccionamiento camino del siglo XX.

Palabras clave: Acústica, Ciencia del sonido, Historia de la Ciencia, Filosofía de la tecnología, Acústica musical.

Abstract

This article attempts to reconstruct part of the history of Spanish Acoustics between the 18th and 19th centuries, using material collected from primary sources available on the Internet. To review and begin to synthesize the evolution of its history in Spain, social, academical and technological facts in which Acoustics was the main character will be presented and described. It will be seen that, since the domination of mechanical and electromagnetic phenomena and their combination, devices were designed for the measurement and manipulation of elastic waves, and how, with the development of this technology, Acoustics took an important epistemological leap which enhanced the beginning of the strengthening of its different disciplinary branches, opening the way for its improvement towards the 20th century.

Keywords: Acoustics, Sound science, History of science, Philosophy of technology, Musical acoustics.

Introducción

La ventana temporal de este artículo se inicia en el siglo XVIII, puesto que se puede considerar que la Acústica ingresa a la Ciencia en 1701, al ser aceptada por la *Académie des sciences* de Francia. Esto ocurrió después de que el físico y matemático francés Joseph Sauveur (1653–1716) presentase *Principes d'Acoustique et de Musique* (Sauveur, 1701), donde demostraba que las ondas elásticas requieren un estudio independiente de otros fenómenos. Más tarde se incorporaron diversas ramas disciplinares que comparten el mismo criterio (el habla, la audición, etc.).

La difusión de la Acústica en España avanzaba de la mano del racionalismo de la Ilustración, apareciendo individualizada como disciplina en una revista vernácula de 1763, donde la Acústica se mencionaba como parte de las «Matemáticas mixtas», y la Música como integrante de los «Cálculos aritméticos» (Correo, 1763, p. 330), apareciendo «acústica» escrita algunas veces como «acuustica» y otras como «acoustica».

En este metaestudio se sigue la lógica de agrupar en diferentes secciones los hechos históricos que, a criterio de este autor, comparten temáticas similares, por lo que no hay orden cronológico entre las secciones; además,

esta investigación se circunscribe a documentos que son fuentes de datos primarios de información de acceso público en Internet, es decir, que se omite el comentario de las apariciones de reseñas que no pueden ser corroboradas; por ello, aquí se utiliza la palabra *reconstruir* con la significancia que ofrece la segunda acepción de la RAE «Unir, allegar, evocar recuerdos o ideas para completar el conocimiento de un hecho o el concepto de algo» (RAE, 2024).

La digitalización de documentos antiguos brinda la oportunidad de hacer hallazgos inimaginables, que en el caso de España sitúan a ésta a la palestra en Europa, en algunos hechos científicos concretados durante la Ilustración. Este es el caso, por ejemplo, del destacado médico y físico catalán Francisco Salva Campillo (1751–1828), que en 1795 presentó la telegrafía y en 1804 se anticipó al escribir acerca de cómo se podría realizar la comunicación inalámbrica. Precisamente en 2016 obtuvo el merecido reconocimiento internacional de sus trabajos pioneros y originales en la transmisión eléctrica de señales (Ardanuy, 2018).

Este artículo se centra en rescatar hechos académicos y sociales vinculados a la Acústica en la España peninsular y puramente vernáculos, con la intención de reconstruir la rica historia que posee. Es posible que algunos de estos hechos se traten de eventos o esfuerzos aislados, siendo muchos de ellos terminados abruptamente, ya fuese por desinterés económico, por impedimentos religiosos y/o políticos, o por desavenencias profesionales. Por el contrafáctico se podrían escribir especulaciones o conjeturas de qué hubiera sucedido si no hubiese existido esa ‘máquina de impedir’. Sin embargo, este análisis no es objeto del presente artículo por lo que quedará en mano de los lectores sacar sus propias conclusiones al respecto.

Dado que la Acústica como temática estaba más desarrollada en la Medicina (distribuida entre sus distintas especialidades) durante esos siglos, no se incluye aquí su descripción.

1. La introducción de la Acústica en la educación

En un artículo anterior, este autor hizo un resumen de cómo el estudio de la Acústica ingresó en la educación española a través de la enseñanza de la «Física experimental» integrada a las «Matemáticas mixtas», primero en los colegios Jesuitas y luego en los Colegios Reales, y cuyo estudio se individualiza en 1794 gracias a la visión de Gaspar Melchor de Jovellanos, que separa la Acústica de las Matemáticas para integrarla en la Física (Montano, 2024).

1.1. Acústica dentro de la Física

Durante el siglo XVIII, la Física Experimental formaba parte de los cursos preparatorios universitarios, y la Acústica se enseñaba junto a la Óptica. Así, «Acústica y Óptica» se mantuvieron juntas hasta avanzado el siglo XX, primero como tema y luego como cátedra (Montano, 2024). Todavía no se puede precisar una fecha exacta de cuándo ingresó al plan de educación universitario, pero un indicio la ubicaría en la década de 1840 (Boletín, 1843); y en los libros vernáculos de Física, las primeras ediciones de uso oficial datan de 1845, aunque la mayor parte de sus contenidos son traducciones y adaptaciones de libros de autores franceses entre los que destacan Ganot, Després, Deguin o Pouillet.

1.2. El ingreso de Acústica al plan de estudios de Arquitectura

Se podría fijar que la Acústica ingresa a una carrera de grado en España en enero de 1855, cuando se incorpora al 4º año de Arquitectura como la cátedra de «Notiones de acústica, óptica e higiene aplicada a la arquitectura» (ver Fig. 1) en la *Real Academia de Nobles Artes* de San Fernando de Madrid.

Hasta la fecha no se encuentra en Internet su primer programa de estudios, y todas las menciones indican que se siguió la línea del libro del arquitecto francés Théodore Lachèze «*Acoustique et optique des salles de réunions publiques*» (Lachèze, 1848), más tarde traducido al castellano e incorporado oficialmente a estos planes de estudio. Paulatinamente esta clase se incorpora, con el mismo modelo académico, al resto de las universidades españolas que enseñaban Arquitectura.

De la numerosa cantidad de artículos de divulgación científica y periodística vinculando la Acústica con la Arquitectura, es a partir de 1880 que se tiene evidencia de su aplicación práctica en las edificaciones. En particular, es en el periódico de Instrucción Pública, a principios de 1884, donde un docente y pedagogo escribió una columna denunciando que las edificaciones escolares diseñadas por las autoridades no tenían en cuenta la acústica en materia de higiene (Soler y Arqués, 1884). A continuación, se destacan otras publicaciones:

- **Pedro de Alcántara García (1842-1906).** Profesor y pedagogo, en su «Tratado de Higiene Escolar» (1886) reconoce el papel que desempeña la higiene escolar en el movimiento pedagógico que alcanza a todos los elementos organizativos de la escuela; la segunda parte del libro la dedica a las condiciones higiénicas de la escuela relativas al espacio y las condiciones acústicas.



Figura 1. Ingreso de la Acústica al plan de estudios de Arquitectura (1855).

- **Eduardo de Adaro Magro (1848–1906).** Este destacado e influyente arquitecto publicó en 1897 un artículo en la revista de la *Sociedad Central de Arquitectos* titulado «La acústica en las salas», en el cual presenta, comenta, analiza y critica muchos conceptos de la acústica que ofrecen diversos autores (Arquitectura, 1893-a) (Arquitectura, 1893-b).

1.3. El sonomètre (sonómetro) en los gabinetes de Física

El músico y pedagogo francés Étienne Loulié (1654–1702), además de la primera versión del *métronomme* (metrónomo), inventó en 1693 el *sonomètre* (sonómetro), el cual consistía de una caja con cuerdas tensadas de distinta longitud, que se podían variar por medio de una cuña. Estas cuerdas, junto a una regla milimetrada, que tenía señalados los intervalos musicales, permitía hallar el tono musical; de esta manera, y de la mano de la Ilustración francesa, se dio inicio en la Ciencia a la medición de la frecuencia de los sonidos aplicando un patrón determinista, limitado a comparar notas musicales por resonancia (Loulíé, 1693, pp. 29-36). Hasta ahora no se han encontrado evidencias de que haya habido un sonómetro de Loulié en España, pero sí hay referencias del conocimiento de su utilidad (Salanoba, 1793, p. 385). Dicho instrumento tuvo algunas mejoras, pero su perfeccionamiento fue realizado en 1827 por Félix Savart (1791–1841) –médico cirujano que se dedicó a la Física– quien retomó y mejoró el *sonomètre* de Loulié, mediante una gran caja rectangular y una cuerda larga. Este instrumento, que se conoce también como monocordio, permitió, por primera vez, medir tonos musicales con precisión, modificando la tensión de la cuerda mediante pesas (Gires, 2006).

Una de las primeras menciones de la posible introducción de este sonómetro en las escuelas españolas aparece en 1846 en un «Catálogo modelo de las máquinas é instrumentos necesarios en una cátedra de Física experimental» (SIC), compartido en un boletín del Consejo de Instrucción Pública (Boletín, 1846, p. 552). A criterio del autor, una de las mejores explicaciones pedagógicas del uso del sonómetro de Savart en los libros de enseñanza españoles, se encuentra en una obra de Francisco de Paula Montells y Nadal (1813–1893) publicado en 1854 por la Universidad de Cádiz (Montells, 1854, p. 169); este libro tuvo una primera edición en 1848, pero esta no se encuentra en Internet, por lo que no es posible corroborar si en esa versión se incluía el sonómetro.

2. Institución en 1766 de la primera Dirección de Acústica en España

Al estilo de las sociedades científicas que se estaban instituyendo en el resto de Europa (por el espíritu de la Ilustración), se creó en Barcelona la *Conferencia Physycomatemática Experimental* el 18 de enero de 1764 – más tarde renombrada como *Reial Acadèmia de Ciències i Arts de Barcelona* RACAB (Escudé, 1907, p. 134) –. Su objeto fue el «cultivo de la Ciencias Naturales y la perfección de las Artes útiles, estudiando los descubrimientos conocidos, repitiendo los experimentos hechos» (Consultor, 1857, p. 468); después de dos años, el 14 de mayo de 1766 se constituyeron las *Direcciones de Ciencias Naturales*, y en la Fig. 2 se presenta un extracto del documento manuscrito en el que se lee el establecimiento de la Dirección de «Pneumática y Acústica» con Jaume Roig como director (canónigo de la Catedral de Barcelona) y con Domènec Gecsel i Roig (canónigo y Doctor en Teología) como revisor.

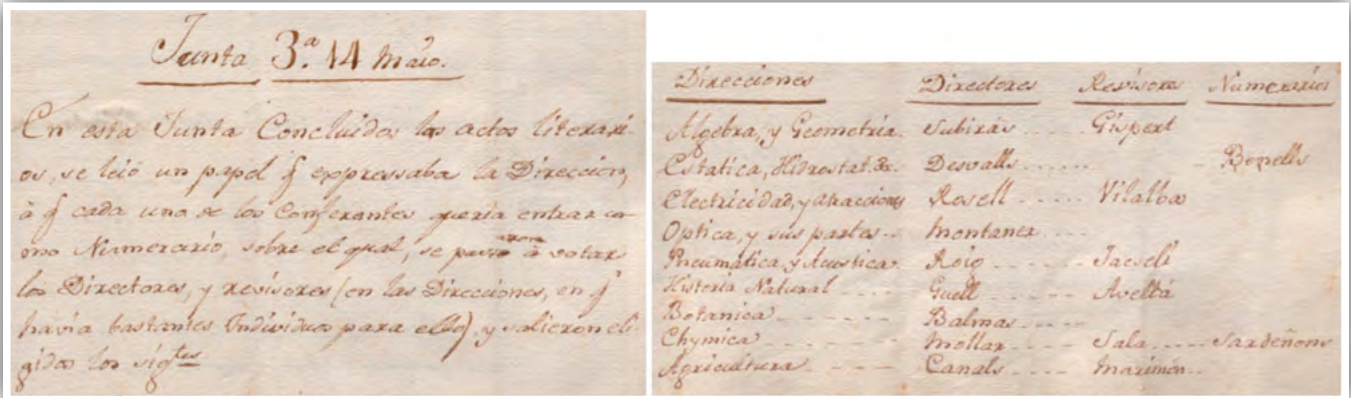


Figura 2. Creación de la Dirección de «Pneumática y Acústica» en mayo de 1766.

La Dirección de «Pneumática y Acústica» (a veces aludida como «Neumática y Acústica»), se mantuvo hasta 1916 (CSUC, 2021). El porqué de que ambas disciplinas se encontrasen agrupadas, según se lee en los libros de Física experimental de la época, se debe a que el fenómeno sonoro se asimilaba con un fenómeno del aire, que a su vez se incluía en el estudio de la neumática (o *pneumática*). Es por este motivo que estaban agrupadas, ya que las pruebas de transmisión aérea se hacían dentro de una campana de vidrio a la que se le practicaba vacío. En un artículo anterior de este autor se comentó que fue en esta Academia donde Antoni Cibat brindó, en 1795, una de las primeras conferencias sobre la Acústica en España (Montano, 2024); se agrega que esta institución es la primera de su tipo en España, y una de las primeras en Europa.

3. La Acústica en espacios arquitectónicos

Esta sección ofrece una mirada acerca de cómo se tuvo en cuenta la Acústica en el diseño o reconstrucción de los teatros y salas que se enumeran. No se entra, sin embargo, en la discusión de si su respuesta sonora ‘fue buena o mala’, pues no es objeto de este artículo, máxime cuando la práctica común era la de copiar, adaptar, redimensionar o replicar otros modelos arquitectónicos ya construidos.

Durante la Ilustración, los libros que se leían en España provenían mayoritariamente de Francia, y respecto a los de Arquitectura y teatros, en 1769 se publicó uno de los primeros tratados que incluye la Acústica (Chau-mont, 1769), aunque el más conocido es el «*Essai sur l'Architecture Théâtrale*» de Pierre Patte, editado en 1782. En España, hasta el momento, la evidencia más temprana de la publicación de un libro que aluda a la Acústica en teatros es la del músico y matemático catalán Benito Bails, pionero en difundir la Arquitectura

moderna nacida de la Ilustración. En cualquier caso, y sin menospreciar los grandes aportes que hizo a la Ciencia, los investigadores coinciden en que cuando describe «la figura de los palcos incide en la acústica» (Bails, 1783, p. 880), esos textos son una traducción directa del tratado de Patte, tal y como transcribe Navascués Palacio (1983, p. 126) en un estudio crítico de la obra de Bails.

Respecto a las primigenias apariciones que permitan vincular la Acústica a los teatros en los medios de comunicación, consta en una carta de 1788 (ver Fig. 3a) en la que se indica que el ingeniero y matemático Carlos Francisco Cabrer tuvo en cuenta, para la restauración del «Teatro Nuevo» de Barcelona, las Leyes de la Óptica y la Acústica (Virella Cassañez, 1888). A continuación, se presenta un listado, hasta 1855, año en que la Acústica ingresa al plan de estudios de Arquitectura, de algunas menciones que aparecieron en la prensa, acerca de la construcción de espacios en los que se trataron consideraciones acústicas en los diseños.

- **Palacio de las Cortes.** En una columna del *Diario Constitucional* de Zaragoza del 27 de febrero de 1821 (ver Fig. 3b), se da cuenta de las características arquitectónicas del primer edificio para el Congreso español (Diario, 1821).
- **Teatro de Valencia.** En una carta dirigida a un diario, el lector reclama que para la construcción del teatro se debe conducir un estudio para que «los actores puedan dejarse entender sin gran esfuerzo, y los espectadores ver y oír clara y cómodamente desde cualquier punto (...) exige grandes conocimientos de óptica y de acústica» (Correo, 1832, p. 5).
- **Palacio de las Cortes.** Un artículo de 1835 relata la dificultad que tienen los taquígrafos para escribir las conversaciones correctamente dentro del Palacio de las Cortes dada su poca inteligibilidad, por-

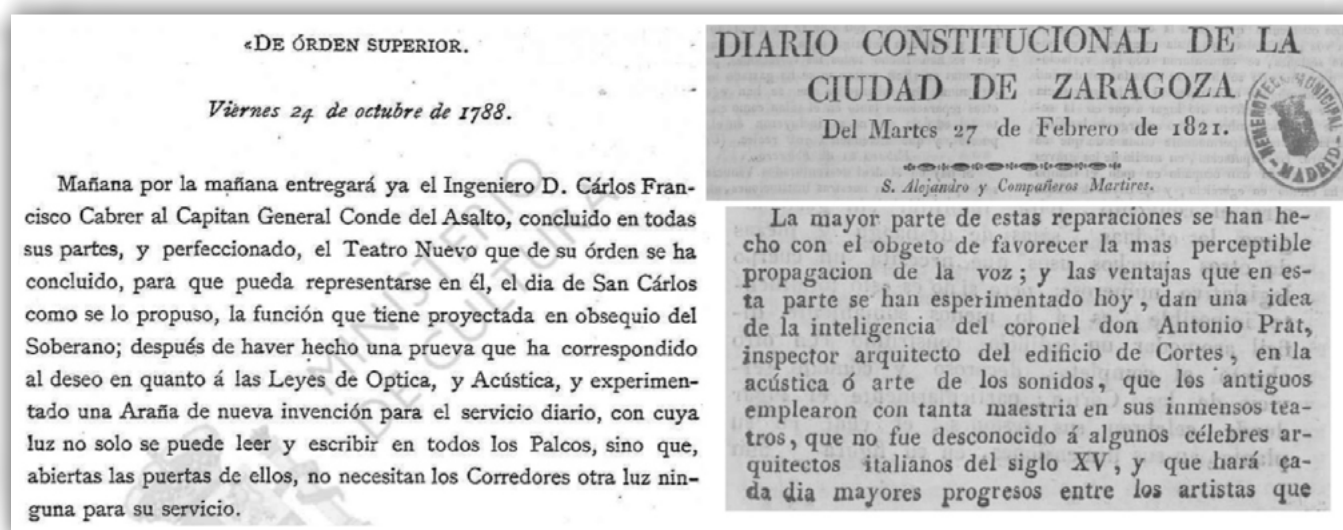


Figura 3. Comentarios periodísticos acerca de la aplicación de la Acústica en teatros.

que «en un edificio en que según las leyes de acústica, la columna sonora se quiebra en tanta multitud de ángulos salientes, y recorre tantos escondites, llegándole siempre el sonido quebrado e imperfecto» (Observador, 1835).

- **Figura de los teatros.** En junio de 1836 encontramos que el arquitecto José Solano de la Matalinare, leyó una memoria en la Real Academia de Ciencias Naturales de Madrid «sobre la figura de los teatros, en qué haciendo jugar los mejores principios de óptica y acústica, indicó las formas que se han seguido hasta aquí generalmente en su construcción» (Boletín, 1836, p.8).
- **Teatro del Circo.** Inaugurado en 1842, hay numerosas opiniones a favor y en contra de su concepción acústica, ya que lo que para algunas actividades era útil no lo fue para otras.
- **Coliseo de Guadalajara.** Acerca del «Teatro Principal» inaugurado en Guadalajara en 1842, el profesor y artista Benito Diana dio las indicaciones de Acústica sobre el diseño del arquitecto José María Guallart y Sánchez (Comercio, 1842, p. 3).
- **Teatro de San Fernando de Sevilla.** Diseñado por el arquitecto Manuel Portillo y Navarrete, se indica que «la forma curvilínea de la platea en general es de muy buen efecto, tanto considerada ópticamente como para la acústica» (Popular, 1847, p. 3).
- **Teatro Oriente.** Originalmente pensado para que sea el Teatro Real en Madrid, muchos arquitectos atravesaron su diseño, y durante su construcción se comentó que «La acústica está en él tan bien entendida, que la voz llegará cómodamente a todas las localidades» (Heraldo, 1848, p. 4); a poste-

rior de su inauguración son innumerables las quejas de sus deficiencias sonoras.

- **Teatro de los Basílios.** Sobre esta sala de 1849, el arquitecto Carlos Bosch «ha tenido presentes todos los principios y reglas de óptica y de acústica para conseguir el fin que se ha propuesto en esta obra», comentando que la forma elíptica con centro focal «el sonido de la voz no podrá ser vago ni confuso, sino que se transmitirá íntegro a cualquier parte que se halle el espectador» (Época, 1849, p. 2).
- **Nuevo edificio del Congreso de Diputados.** Al poco tiempo de su inauguración ya se hicieron sentir las quejas de los propios legisladores, periodistas y taquígrafos; son innumerables los artículos y columnas que reclamaron para que se corrigieran las deficiencias acústicas.
- **Gran Teatro del Liceo en Barcelona.** Tuvo gran difusión en todos los medios de que fue diseñado «con un foro extenso, desahogado, y construido con arreglo a las reglas más seguras de óptica y de acústica» (Semanario, 1851).

4. Algunos académicos involucrados en la difusión de la Acústica

A continuación, se comparten breves datos biográficos de algunos académicos que, además de los públicamente conocidos, están mencionados en los medios como personajes importantes para la Acústica, ya sea por sus cátedras o por brindar conferencias que abarcan la Acústica (no se incluyen los involucrados a la RACAB). Asimismo, en la Fig. 4 se comparten tapas de algunos libros vernáculos de Acústica publicados.

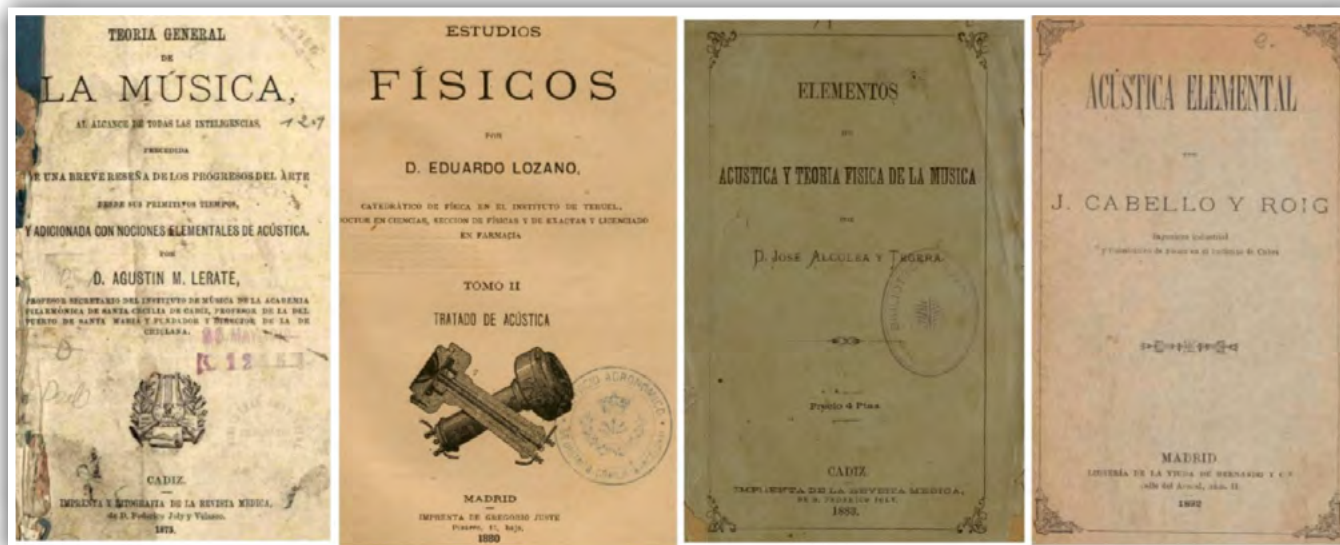


Figura 4. Tapas de libros vernáculos de Acústica del siglo XIX.

- **Benito Bails (1737–1790).** Nacido en Barcelona, se formó en Francia con los Jesuitas, destacándose su formación como matemático; regresó a España en 1761. De acuerdo con (Miró Domínguez, 2024), la Real Academia de San Fernando, en 1767, «se había planteado la necesidad de introducir el estudio de las matemáticas como único medio para formar buenos arquitectos», y es así como Bails fue designado Director de Matemáticas en 1768. Durante ese periodo publicó varios libros, uno de ellos sobre la «Arquitectura Civil» (Bails, 1783), en el cual hay alusiones a la Acústica, tal y como se explicó algunas líneas más arriba.
- **Pedro Vieta (1840–1890).** En 1841 da una conferencia de Acústica titulada «Física aplicada a las artes» (Vieta, 1841), que, posteriormente, repetirá en diversas ocasiones. Fue discípulo de Antoni Cibat, quien también fue un gran divulgador de las aplicaciones práctica y técnicas de la Acústica.
- **Mariano Calvo y Pereyra (1815–1884).** Arquitecto sevillano, aparece como uno de los primeros docentes de Acústica en la carrera de Arquitectura en 1858.
- **Gumersindo de Vicuña y Lezcano (1840–1890).** Ingeniero Industrial y Doctor en Ciencias, fue el impulsor de la introducción de la «Física matemática» en España. Divulgador de la Física y la tecnología, fue uno de los pioneros en explicar los vínculos de la Acústica con otras disciplinas (Vicuña, 1878-a) con su «Manual de física popular». Además, está entre los primeros en difundir científicamente la telefonía: a fines de 1877 publicó un extenso artículo (Vicuña, 1877), brindando, también a *posteriori*, el 21 de enero 1878, una conferencia en El Ateneo de Madrid (Vicuña, 1878-b).
- **Francisco de Paula Rojas y Caballero-Infante (1832–1909).** Nació en Jerez de la Frontera y fue un notable ingeniero en su época. Además, se destacó en «Acústica experimental» por lo que recibió el mote del «Tyndall español». Brindó varias conferencias de Acústica acompañado de diversos aparatos.
- **Agustín María Lerate Macías (1847–1919).** Músico sevillano y fabricante de arpas, fue pedagogo y profesor de música; en colegios de Cádiz enseñó acústica musical.
- **José Alcolea y Tejera (?–1899).** Músico y compositor sevillano, aparece en 1877 como profesor de «Nociones de la acústica» y «Física de la música». En 1883 publicó un libro original titulado «Elementos de acústica y teoría física de la música».
- **Luis Domènech y Montaner (1850–1923).** Arquitecto, que además estudió Ciencias Exactas. Como docente se interesó en la Acústica y, en 1888, realizó ensayos de propagación del sonido en espacios (Bertrán, 1909, p. 360). De sus apuntes de clases se editó un «Tratado de acústica aplicado a las construcciones». Entre sus diseños emblemáticos se destaca el del *Palau de la Música Catalana*.
- **José Cabello y Roig (1844–1918).** Ingeniero que se dedicó a la docencia de la Física, también fue músico; gran divulgador de la ciencia, entre sus muchas publicaciones se encuentra «Acústica elemental» con una primera edición en 1881, considerado éste como un libro fundacional.



Figura 5. *Tecnefón*: (a) Ironía sobre su invención; (b) publicación en su cincuentenario (Correspondencia, 1914); (c) descripción de su funcionamiento (Ondas, 1927).

- **Cipriano Martínez Rücker (1861–1924).** Músico y compositor cordobés, así como pedagogo y profesor, tuvo la cátedra de «Acústica musical». En 1899 publicó un artículo vinculándola interdisciplinariamente en lo que hoy identificamos como Psicoacústica.
- **Eduardo Lozano y Ponce de León (1844–1927).** Destacado físico, en 1880 escribió la obra inconclusa «Tratado de acústica», siendo una de las primeras obras de este tipo escritas en España. Fue catedrático de «Acústica y Óptica» en Barcelona y en Madrid. Este físico fue una de las personas que recibió a Einstein en España. Por su labor civil, una plaza lleva su nombre en el distrito de Puente de Vallecas, Madrid.
- **Luis Cabello y Asó (1833–1914).** Arquitecto, enseñó «Óptica y acústica de edificios» desde 1886 hasta su muerte.

5. El *Tecnefón*: la máquina musical que habla

El siglo XIX está señalado por el positivismo y la necesidad de crear máquinas nuevas y, en España, el periodista, docente, músico e inventor gallego Severino Pérez Vázquez (1840–1915) presentó, en 1864, el prototipo de una máquina llamada *Tecnefón* (más detalles en Fig. 5), a la que dedicó cinco años de construcción. Esta máquina permitía sintetizar sonidos musicales similares a fonemas vocales, de manera analógica, por medio de un sistema de tubos y válvulas por el que circulaba aire. El invento tuvo gran difusión en la prensa española y, a pesar de que consiguió subvención para el prototipo, Pérez Vázquez nunca pudo culminarlo por falta de financiación.

El *Tecnefón* es rescatado del olvido en 2005 cuando Elena Battaner Moro presentó un trabajo completo sobre esta máquina parlante y el devenir de esta invención en el III Congreso Internacional de Fonética Experimental (Battaner Moro, 2006). Los dos libros que publicó Severino Pérez explicando en detalle la fabricación y funcionamiento del *Tecnefón* se encuentran disponibles en Internet.

6. Los albores de la tecnología sonora

Los trabajos de Helmholtz dieron un mejor entendimiento del fenómeno sonoro, y sirvieron para perfeccionar métodos electroacústicos en la transmisión eléctrica del sonido, así como los mecánicos para su grabación y reproducción. En esta sección se comparte la aparición del teléfono y del fonógrafo en la España peninsular.

6.1. La telefonía

Cuando se inició la telegrafía, a esta tecnología también se la denominó, entre otras, «telefonía acústica» o «comunicación acústica» por dos motivos principales: (1) los operadores debían escuchar los golpes para descifrar los mensajes y, (2) algunas compañías lo patentaron bajo esa nominación a sabiendas de que en el futuro esos cables transmitirían la voz (el sonido).

Es así que, en marzo de 1860, aparece en la prensa española que el subdirector de Telégrafos, el ingeniero y músico mallorquín Rafael Palet y Villava (?–1884) había inventado un sistema de telefonía que sería adquirido por el Ayuntamiento de Madrid (Público, 1860, p. 3). Esta noticia, desde el conocimiento actual puede parecer errónea, si se piensa en la telefonía hablada. Sin embargo, se puede conjeturar que Palet y Villava habría intro-

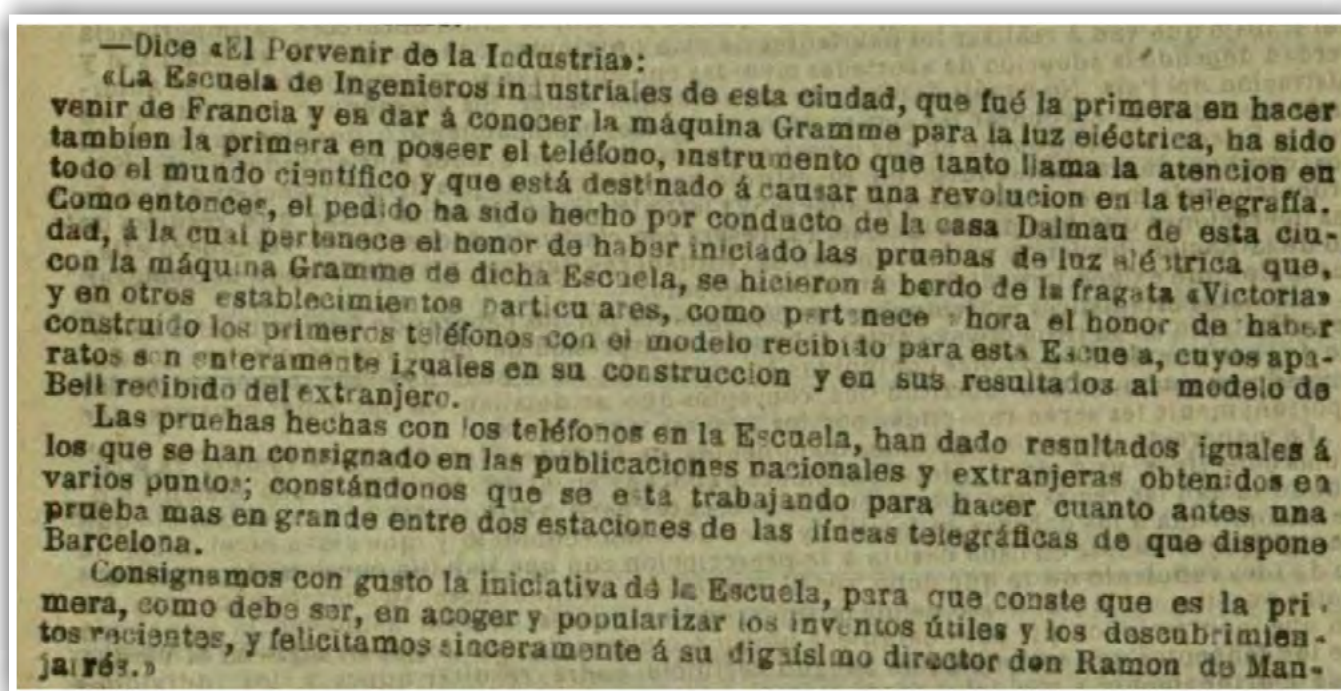


Figura 6. Columna periodística sobre la primera comunicación telefónica el 21 de diciembre de 1877.

ducido alguna mejora en el sistema telegráfico a la cual denominó 'telefonía'.

En relación con el teléfono propiamente dicho, la primera patente de explotación comercial de la telefonía fue otorgada en 1876 a Graham Bell (1847–1922), aun cuando Antonio Meucci (1808–1889) había ingresado una solicitud en 1869. Esta disputa no fue ajena a la prensa española, como se puede leer en las siguientes referencias (Controversia, 1889, p. 20) (Ilustración, 1899, p. 414). No fue hasta 2002 que el Congreso de los EE. UU. puso fin a dicha controversia otorgándole a Meucci el reconocimiento de ser el primero en ensayar la telefonía en 1854 (LOC, 2022).

Regresando a la España peninsular, fue a finales de 1877, en Barcelona, cuando los ingenieros Francesc Dalmau i Faura y Tomàs Dalmau i Garcia, padre e hijo, respectivamente, y ambos músicos, representaron las patentes de Bell en Barcelona para toda España (ver Fig. 6), concretando el primer ensayo de telefonía en la *Escuela de Ingenieros Industriales* de Barcelona (Imprenta, 1877). Además, realizaron otro ensayo en el que conectaron Barcelona y Girona usando una línea telegráfica especial del ferrocarril (Diario, 1877) el 26 de diciembre del citado año.

Los experimentos que realizaron los Dalmau son de una proeza tecnológica importante para la época, teniendo en cuenta que para las conexiones entre sus aparatos debieron usar los cables de telegrafía, que eran básicamente de acero con bajo contenido de cobre, con lo que

su conductancia sería bajísima. Se debe considerar, también, que para obtener el mejor acoplamiento de los elementos debieron probar diferentes bobinados e imanes, hasta conseguir equiparar la impedancia mecánica, logrando así la transmisión eléctrica del sonido con la menor distorsión posible. Todas estas pruebas se realizaron por la noche, seguramente para que la resistividad de los cables fuese la mínima posible, teniendo así menos ruido eléctrico en las líneas como el causado por las transmisiones telegráficas.

Tecnología del teléfono para la medicina

Los médicos no fueron ajenos a esta invención, ya que esperaban algún aparato que les permitiera escuchar mejor los sonidos por auscultación de los ruidos interiores del organismo humano, y se encuentra que el 3 de enero de 1878 algunos alumnos de Medicina de Barcelona concurren a la tienda de los Dalmau «para experimentar los efectos del teléfono y estudiar su aplicación á ciertas enfermedades de las entrañas. Al efecto, á la mayor brevedad tendrán lugar en aquel hospital, bajo la dirección de uno de sus más distinguidos catedráticos, algunas pruebas del mismo» (SIC) (Crónica, 1878).

En 1879, el ingeniero y músico galés D. E. Hughes inventó un aparato electromagnético y mecánico al que nombró *sonometer* (sonómetro) y que utilizaba lo que se considera, como tal, como el primer micrófono (Nature, 1879). Este dispositivo fue posteriormente mejorado, en conjunción con el médico y fisiólogo B. W. Richardson,

para ser utilizado en la medición de la audición, con lo que se cambió de nombre al de *audiometer* (audiómetro). Inmediatamente la prensa española se hizo eco de esta novedad (Fénix, 1879). Hasta el momento no se han encontrado referencias de su uso en España antes del 1900, existiendo una mención de su utilización, con modificaciones, en Barcelona, en 1907, para medir el ruido de los rayos durante tormentas (Guillén-García, 1907).

6.2. El fonógrafo y el gramófono

El francés Édouard-Léon Scott de Martinville (1817–1879) inventó y patentó el primer sistema mecánico de grabación del sonido, el *phono-autographe* (fonoautógrafo), en 1857. Este equipo era capaz de inscribir las ondas sonoras sobre un tiento, pero era, posteriormente, imposible reproducirlas¹. Aun así, el aparato sentó las bases de cómo se registra el sonido sobre un medio físico (Feaster, 2010). El primer dispositivo conocido que permitió grabar y escuchar el sonido fue el fonógrafo inventado y patentado por Edison en 1877. Los Dalmat, al mismo momento que ensayaron la telefonía, presentaron el *fonógrafo* en Barcelona. Se encuentran muchas menciones de que en España, hasta fines del siglo XIX, se patentaron fonógrafos, pero no son más que mejoras del modelo de Edison.

En cuanto a literatura técnica, el telegrafista y divulgador científico José Casas Barbosa (1846–1896) publicó en 1879 el libro «El teléfono, el micrófono y el fonógrafo» donde describe esas maravillas técnicas (Casas Barbosa, 1879). Este libro es la traducción y adaptación de aquel escrito por Théodore du Mancel en Francia con el mismo título (Mancel, 1878). Aun siendo eso así, se puede considerar este texto como uno de los primeros manuales de electroacústica impreso en España.

Aún no está sintetizada la investigación de la llegada a España del *gramófono* (patentado por E. Berliner a fines de 1887), y la escasa documentación digitalizada permite ubicar ésta en 1891, por lo que queda pendiente esta pesquisa. Respecto a las primeras grabaciones sonoras realizadas utilizando estos medios acústicos y mecánicos, un resumen interesante fue publicado por Carlos Martín Ballester (2012).

7. La Acústica en la Música

La enseñanza del fenómeno sonoro en la Música siempre estuvo presente, por lo que abarcar todo este universo escapa a los objetos de este artículo, mencio-

nándose aquí situaciones que, a criterio del autor, vincularon el estudio de las ondas sonoras con la Música. La mayoría de las publicaciones del siglo XVIII, en castellano, son traducciones y/o adaptaciones de escritos franceses y, en menor medida, italianos y alemanes. Por este motivo la difusión en España de la «ciencia del sonido» (como también se identificaba a la Acústica), iba de la mano de los avances del resto de Europa.

De los escasos documentos que hay disponibles en Internet, se aprecia que fue en la última década del siglo XVIII cuando aparecieron menciones más directas a los trabajos y teorías de Sauveur o Chladni, así como de otros físicos, siendo una de estas primeras menciones la publicada en 1790 por el Abate Juan Andrés y Morell (Montano, 2023). También se conserva un discurso publicado por José María Calderón de la Barca (1762–1830) en noviembre de 1796 sobre «El origen y el progreso de la ciencia Música». En él, y a lo largo de cuarenta páginas, hace una exposición muy avanzada para su época en la que liga la Acústica con los sentidos del habla y escucha, así como con la Música y las Matemáticas. Este discurso está lleno de preguntas filosóficas, incluyendo también críticas a la falta de conocimientos de parte de los maestros sobre la Acústica (Calderón de la Barca, 1796).

Ya en el siglo XIX aparecen, en las publicaciones de difusión musical españolas, múltiples referencias que vinculan la Física con la Música, y un largo artículo de 1843, con argumentos nacidos del positivismo, explica que «La música *física* se ocupaba de las causas naturales del sonido y del canto, tratando en primer lugar de los números y proporciones, y de aquí vino la música *física aritmética*, y luego de las leyes de la naturaleza relativas al sonido y sus efectos» (Mata, 1843). Más tarde, en 1855, la revista *Gaceta Musical* publicó un capítulo completo acerca de las «Observaciones sobre la música en sus relaciones física, artística y estética» (Siesto, 1855), que es una traducción adaptada de libros extranjeros. Dentro de esta misma tendencia positivista, en 1857 y bajo el nombre de «Acústica», se describe, en un lenguaje apropiado para niños, la teoría física de la Música (Tamarit, 1857). Utilizando la frase «Acústica musical», agrupando ambas disciplinas, se encuentran menciones en la prensa a partir de 1860, aproximadamente.

Desde la década de 1870 son numerosos los artículos en los medios de comunicación españoles que vinculan la Música con la Acústica desde el punto de vista fisiológico, coincidiendo, a posteriori, con el trabajo de

¹ En 2008, por medio de imágenes digitales de los tientos, se usaron sistemas de procesamiento de señal para convertir esas imágenes impresas sobre cueros a sonidos digitales sintetizados, que ahora se pueden escuchar (FirstSounds, n.d.). Las grabaciones pueden escucharse en <https://www.firstsounds.org/sounds/scott.php> [accesible el 14/11/2024].

Helmholtz «Sobre las sensaciones de tono como base fisiológica para la teoría de la música». Es recurrente, a partir de la década de 1870, la mención de que en los colegios e institutos de música españoles se estudia Acústica, Teoría física de la música, etc.

Conclusiones

En este artículo se ha presentado un compendio consolidado de la información de fuentes primarias de datos disponibles en Internet, lo que no significa que se haya escrito todo lo que se podría decir de las temáticas abordadas. Por el contrario, cada sección de este artículo podría ser el detonante de investigaciones particulares, o de otras que incluyan la acústica aplicada a la fonética o la fonología, etc.

Respecto a la *Reial Acadèmia de Ciències i Arts de Barcelona* (RACAB), se debería hacer un trabajo de arqueología documentaria entre todos sus manuscritos, para identificar las actividades que realizó la Dirección de «Pneumática y Acústica», además de sus conferencias y disertaciones regulares, ya que desde su buscador se encuentran al menos once personas que integraron esta Dirección hasta 1832, sabiéndose, además, que funcionó hasta 1916.

En relación con el *Tecnefón*, además de las razones de su abandono que comparte Elena Battaner Moro, también se podría conjeturar que haya quedado relegado al olvido por tratarse de un aparato mecánico-neumático, al que no se le practicaron mejoras eléctricas como la de sustituir el fuelle por un soplador, etc.; con la descripción que hace Severino de su máquina parlante tal vez se podría escribir un código computacional de síntesis de sonido, para emular su funcionamiento acústico: queda el desafío planteado.

De lo hasta aquí investigado, se aprecia que fue en las últimas décadas del siglo XIX, que la Acústica comienza a tener una orientación más rigurosa en España, siendo su formalización académica llamativamente concreta en docentes y profesionales que fueron músicos; además, *a priori*, se infiere que es en Cádiz donde se destacan numerosos compositores y estudiosos que vinculan la Acústica con la Música, quienes aportaron grandes libros de carácter científico y pedagógico. Desde entonces, los claustros universitarios precisarían de varias décadas para que la Acústica fuese finalmente considerada como científica, coincidiendo los historiadores en que esto se concretó en 1907 con el físico Esteve Terradas e Illa (1883–1950), al que consideran como el primero que tuvo la formación académica adecuada.

Al igual que otras investigaciones sobre un tema tan específico como el que se narró en este artículo, la inda-

gación y búsqueda de datos adicionales tiene que hacerse en archivos físicos y/o microfilmados que, en general, son de acceso restringido para la protección de esos materiales, o esperar a que en el futuro existan repositorios a libre disposición con ese material digitalizado. Será en ese futuro que se podrán actualizar las pesquisas aquí iniciadas y, seguramente, se estará en condiciones de complementar (o eventualmente corregir) lo que aquí fue compartido.

El autor es socio de la SEA y Miembro del *Comité de Archivo e Historia* de la ASA, y también integra las asociaciones acústicas de Argentina y de Uruguay.

El autor quiere agradecer a Iván Rodas del Arxiu de la *Reial Acadèmia de Ciències i Arts* de Barcelona, por compartir información relevante para la investigación; también a revisores y editores de la *Revista de Acústica* de la SEA, por las sugerencias, observaciones y la publicación de este artículo, que se presenta bajo una única agenda de pura investigación acústica en *Historia de la ciencia y Filosofía de la Tecnología*.

Se declara que no existen conflictos de intereses (siempre se mencionan las fuentes de datos), y tanto la investigación como la redacción del artículo no tuvieron financiamiento, siendo ambas realizadas en el tiempo libre del autor.

Referencias

Nota. Las referencias sin enlaces están disponibles en: <https://hemerotecadigital.bne.es/hd/es/advanced>

Alcántara García, Pedro de (1886) *Tratado de Higiene Escolar*. <https://beceneslp.edu.mx/pagina/node/601>

Ardanuy, Jesús Fraile (2018) *Milestone del telégrafo eléctrico de Francisco Salvá y Campillo*. IEEE Sección España. <https://ieeespain.org/milestone-del-telegrafo-electrico-de-francisco-salva-y-campillo/>

Arquitectura (1897-a) *La acústica en las salas (I)*. Resumen de arquitectura, del 01/03/1897.

Arquitectura (1897-b) *La acústica en las salas (II)*. Resumen de arquitectura, del 01/04/1897.

Bails, Benito (1783) *Elementos de Matemáticas. Tom. IX. Parte I. Que trata de la Arquitectura Civil*.

Ballester, Carlos Martín (2012) *Origen y evolución del sonido grabado en España. Análisis de la obra del “Tío de la Tiza” desde la discografía antigua*. Conferencia. https://www.carlosmb.com/media/conferencia_de_cadiz.pdf

Battaner Moro, Elena (2006) *Un caso de heterodoxia lingüística en la España del XIX: El Tecnefón, una máqui-*

- na parlante. Universidad Rey Juan Carlos (Madrid). <https://www.researchgate.net/publication/296462164>
- Bertrán de Quintana, Miguel (1909) *La acústica aplicada á los edificios*. Revista, Año XIII N° 209.
- Bofill y Poch, Arturo (1914) *Real Academia de Ciencias y Artes de Barcelona Fiestas científicas celebradas con motivo del cl aniversario de su fundación*. RACAB. Disponible en: <https://archive.org/details/texts>
- Boletín (1836) *Boletín de medicina, cirugía y farmacia*. Tomo III No 109, 30 de junio de 1836. Disponible en:
- Casas Barbosa, José (1879) *El teléfono, el micrófono y el fonógrafo*. Maravillas de la telefonía. https://issuu.com/mnactec/docs/a_621.395.6_cas/1
- Calderón de la Barca, Joseph María (1796) *Discurso histórico sobre el origen y el progreso de la ciencia Música*.
- Chaumont, Chevalier de (1769) *Exposition des principes qu'on doit suivre dans l'ordonnance des theatres modernes*. Editor Jombert. Disponible en: <https://gallica.bnf.fr/accueil/es/content/accueil-es?mode=desktop>
- Comercio, El Eco del (1842) Ayuntamiento Constitucional de Guadalajara, n.º 55 25 de octubre de 1842.
- Controversia, La (1889) *Extranjero*. Varias. 19/2/1889 Vol(III) 77. <https://hemerotecadigital.bne.es/hd/es/advanced>
- Correo (1763) *Necesidad, y utilidad de las Ciencias, su división, objetos diferentes, y usos*. Correo general histórico, literario, y económico de la Europa, n.º 2. Disponible en: <https://hemerotecadigital.bne.es/hd/es/advanced>
- Correo, El (1832) Correspondencia. 27/08/1832, n.º 646 p. 5. <https://hemerotecadigital.bne.es/hd/es/advanced>
- Crónica, La (1878) Gacetilla. La Crónica de Cataluña. Año XXV N° 7, 04/01/1878.
- Diario de Barcelona (1877) del 28 diciembre 1877. https://arca.bnc.cat/arcabib_pro/es/consulta/busqueda.do
- Diario (1821) Madrid 21 de Febrero. Diario Constitucional de la Ciudad de Zaragoza. No 58. Disponible en: https://prensahistorica.mcu.es/es/consulta/resultados_ocr.do
- Du Moncel, Théodore (1878) *Le téléphone, le microphone et le phonographe*. Disponible en: <https://gallica.bnf.fr/accueil/es/content/accueil-es?mode=desktop>
- Feaster, Patrick (2010) *The Phonautographic Manuscripts of ... Martinville*. <https://archive.org/details/texts>
- Fénix, El (1879) El audiómetro. Año I No. 167 p. 4, 22/07/1879
- FirstSounds (n.d.) *Édouard-Léon Scott de Martinville. Édouard-Léon Scott de Martinville The history of sound recording begins here*. FirstSounds.ORG. <http://www.firstsounds.org/research/scott.php>
- Gires, F. (2006) *L'Empire de la physique. Cabinet de physique du lycée Guez de Balzac d'Angoulême*. France. http://www.aseiste.org/documents/empire_de_la_pysique.pdf
- Guillén-García, Guillermo J. de (1907) *Empleo de las ondas hertzianas ...* Memoria RACAB, años 1907-1908.
- Heraldo, El (1848) *Construcción del nuevo teatro*. Variedades.
- Ilustración artística, La (1899) *Exposición de Como*. N° 913, Barcelona. 26/6/1899.
- Lachèz, Théodore (1843) *Acoustique et optique des salles de réunions publiques, théâtres et amphithéâtres, spectacles, concerts, etc.* París. Disponible en: <https://gallica.bnf.fr/accueil/es/content/accueil-es?mode=desktop>
- Loulié, Étienne (1693) *Nouveau système de musique. Ou Nouvelle division du monocorde [...] Avec la description & l'usage du sonomètre*. Disponible en: <https://gallica.bnf.fr/accueil/es/content/accueil-es?mode=desktop>
- LOC (2022) *Who is credited with inventing the telephone?* Science Reference Section. Library of Congress. <https://www.loc.gov/everyday-mysteries/technology/item/who-is-credited-with-inventing-the-telephone/>
- Mata, P. (1843) *Historia de la música*. El Anfión Matritense n.º 16 p.123, 23/04/1843.
- Miró Domínguez, Aurora (21/08/2024) *Bails, Benito (1730-1797)*. Biblioteca Virtual de la Filología Española. <https://www.bvfe.es/es/autor/9270-bails-benito.html>
- Montano, W. A. (2022) *Ampliando el significado de la palabra «ruido». Un aporte desde el campo disciplinar de la acústica*. SEA. <https://documentacion.sea-acustica.es/storage/publicaciones/6309bb4d38389.pdf>
- Montano Rodríguez, Walter Alfredo (2023) *Juan Andrés y Morell: La Ilustración española y la ciencia Acústica*. Revista Acústica, SEA (54)3-4, pp. 3-10. <https://documentacion.sea-acustica.es/revista/4677>
- Montano, W. A. (2024) *Antoni Cibat: La física experimental y su conferencia «Ensayo sobre la acústica» en 1795*. Revista Acústica, SEA. <https://documentacion.sea-acustica.es/storage/publicaciones/6671ca75b8cde.pdf>

- Montells y Nadal, Francisco de Paula (1854) *Curso de física experimental y nociones de química*. Cádiz.
- Nature (1879) *The Audiometer*. Nature 20, pp. 102–103. <https://doi.org/10.1038/020102a0>
- Navascués Palacio, Pedro (1983) Estudio crítico de la Arquitectura Civil de Benito Bails. Murcia. https://oa.upm.es/7207/1/72.072_BAL_de1.pdf
- Observador, El (1835) *Sobre taquigrafía y taquígrafos*. El Observador.
- Popular, El (1847) Teatro de San Fernando de Sevilla. El Popular. <https://hemerotecadigital.bne.es/hd/es/advanced>
- Público, El Clamor (1860) Telefonía de Rafael Palet y Villa-va. <https://hemerotecadigital.bne.es/hd/es/advanced>
- RACAB (n.d.) *Académicos*. Reial Acadèmia de les Ciències i les Arts de Barcelona.
- RACAB (1876) *Memorias de la Real Academia de Ciencias y Artes de Barcelona*, tomo 1: no.1-8 (1876-1884).
- RAE (2024-08-09) Diccionario de la lengua española, 23.^a ed., [versión 23.7 en línea]. <https://dle.rae.es>
- Salanoba, Pedro de (1793) *Literatura*. Diario de Madrid 2/04/1793. <https://hemerotecadigital.bne.es/hd/es/advanced>
- Sauveur, Joseph (1701) *Principes d'Acoustique et de Musique [...]*. Inséré dans les « Mémoires » de 1701 de l'Académie royale des sciences. Disponible en: <https://gallica.bnf.fr/accueil/es/content/accueil-es?-mode=desktop>
- Sellés, Manuel A. (2001) *Ciencia y enseñanza en la España del mil setecientos*. UNED. <https://revistas.uned.es/index.php/endoxa/article/view/5019/4838>
- Semanario pintoresco español (1851) *Gran Teatro del Liceo en Barcelona*.
- Soler y Arqués, Carlos (1884) *Nuestras escuelas. Sección orgánica*. El magisterio español, 29/02/1884.
- Tamarit, Emilio de (1857) *Acústica. La música*. Educación pintoresca. 1857, n.º 20 p. 130.
- Vicuña y Lazcano, Gumersindo (1877) *La telefonía eléctrica*. La Academia. Tomo II N° 23, 30/12/1877.
- Vicuña y Lazcano, Gumersindo (1878-a) *Manual de física popular*. Universidad Central, Madrid.
- Vicuña y Lazcano, Gumersindo (1878-b) *Ateneo*. El Globo p. 2, Madrid 22/01/1878.
- Virella Cassañez, F. (1888) *De Orden superior*. Viernes 24 de octubre de 1788. La España regional: Año 3, Tomo 4, p.47. https://arca.bnc.cat/arcabib_pro/es/consulta/busqueda.do

El futuro es un mundo apasionante. Hagámoslo seguro.

Especialistas en tecnología y protección submarina.

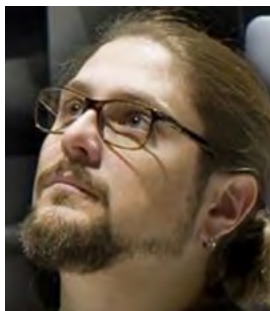


saes®

Innovar_Desarrollar_Proteger

Déficits auditivos más allá de la pérdida de audición: habla en ruido

Auditory deficits beyond hearing loss: speech in noise



Raúl Sánchez López¹

¹ Institute of Globally Distributed Open Research and Education, Søborg, Denmark.

Resumen

La audición es fundamental para nuestra capacidad de comunicación. Sin embargo, la discapacidad auditiva suele evaluarse únicamente mediante el audiograma, que no refleja completamente la complejidad de esta condición. Si bien el audiograma mide la sensibilidad del oído a los sonidos, no evalúa cómo el cerebro procesa estos sonidos, especialmente en entornos ruidosos. Este trabajo explora diferentes formas de evaluar cómo las personas con pérdida auditiva entienden el habla en entornos ruidosos e identifica los factores que dificultan la comprensión del habla más allá de la simple pérdida de audición. Para ello, analizamos conceptos como la pérdida de claridad y cómo el sistema auditivo procesa la palabra en personas con y sin pérdida de audición. También se introducen los conceptos de desenmascaramiento temporal y espacial, y que afectan tanto a normoyentes como a personas con hipoacusia. Finalmente, se introduce el concepto de pérdida de contraste (*contrast loss*) como un *proxy* para caracterizar los déficits de los pacientes hipoacúsicos en términos de su esperado entendimiento en ruido incluso con dispositivos auditivos. La pérdida de contraste se estima utilizando la prueba del umbral de contraste audible, que utiliza una señal que no depende del lenguaje. Este trabajo es una minirevisión que tiene el objetivo de transmitir, tanto a ingenieros acústicos como a personal relacionado con la audiología clínica, la importancia de la evaluación de la palabra en ruido en personas con pérdida de audición.

Palabras clave: audiología, pérdida auditiva, hipoacusia, habla en ruido.

Abstract

The sense of hearing is fundamental to our ability to communicate. However, hearing impairment is often assessed solely through audiometry, which does not fully capture the complexity of the hearing deficits. While audiometry measures the ear's sensitivity to sound, it does not evaluate how the brain processes these sounds, especially in noisy environments. This study explores different ways of assessing how people with hearing loss understand speech in noisy environments and identifies the factors that hinder speech comprehension beyond simple hearing loss. To do this, we analyze concepts such as the loss of clarity and how the speech is processed by the auditory system in people with and without hearing loss. We also introduce the concepts of temporal and spatial masking, which affect both normal-hearing and hearing-impaired individuals. Finally, the concept of contrast loss is introduced as a proxy for characterizing the deficits of hearing-impaired patients in terms of their expected speech understanding in noise, even with hearing aids. Contrast loss is estimated using the audible contrast threshold test, which uses a signal that is independent of language. This mini-review aims to convey to both acoustic engineers and clinical audiology professionals the importance of assessing speech in noise in people with hearing loss.

Keywords: audiology, hearing loss, hearing impairment, speech-in-noise.

Introducción

Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), la pérdida de audición puede ser considerada como disca-

pacitante si los umbrales audiométricos se encuentran por encima de los 40 dB HL en el mejor oído. Sin embargo, esta definición no tiene en cuenta cuáles son los dé-

ficits comunicativos reales que tiene el paciente hipoacúsico.

La audiometría tonal liminar (PTA, siglas en inglés de *Pure-Tone Audiometry*), cuyas ventajas e inconvenientes pueden observarse en la Tabla 1, es una prueba estandarizada cuyo procedimiento está recogido en la norma ISO 8253-1 [1]. Esta prueba consiste en determinar la mínima intensidad (nivel liminar, o también umbral auditivo) a la que el paciente puede detectar tonos puros (i.e., sinusoides) a diferentes frecuencias. Si evaluamos la importancia de esta prueba desde un punto de vista crítico podemos encontrar ventajas e inconvenientes. Lo cierto es que en múltiples estudios se ha demostrado que personas con umbrales auditivos similares pueden exhibir perfiles audiométricos bien distintos si se tienen en consideración otras pruebas. El objetivo de este texto es exponer y discutir acerca de otras pruebas audiométricas que, utilizando habla y ruido, pueden ofrecer una mejor caracterización de los déficits auditivos, yendo más allá de la sensibilidad a tonos puros. En este texto nos centraremos en las pruebas verbales como vehículo para cuantificar la hipoacusia más allá de la pérdida de audibilidad.

La audiometría verbal es también una prueba estandarizada cuyo procedimiento está explicado en la ISO 8253-3 [2,3]. La prueba consiste en la presentación de palabras a través de auriculares o altavoces, que el paciente ha de repetir. El ensayo se realiza en silencio y a diferentes niveles de presión sonora. Su uso se ha extendido en España desde que se implantó la nueva titulación de Audioprótesis / Audiología Protésica y es usada comúnmente en la práctica diaria. El material verbal más utilizado es el de Cárdenas et al. [4], que cuenta con material para la estimación del umbral de recepción verbal (URV), así como listados de palabras bisílabas para el estudio de la función de inteligibilidad verbal. Aunque provee de información de valiosa importancia para la adaptación protésica, el resultado de esta prueba no se utiliza para el ajuste de los parámetros de los ayudas auditivos (audífonos) y su uso se limita a la gestión de expectativas.

Por otra parte, la audiometría verbal puede ser de gran utilidad en el diagnóstico diferencial [5]. Debido a las diferentes patologías que pueden dar lugar una específica elevación de los umbrales auditivos, es necesario

combinar los resultados de diferentes pruebas para obtener un diagnóstico preciso. Las pruebas verbales son pruebas de discriminación y son necesariamente supraumbral, lo que quiere decir que se realizan con estímulos por encima del umbral de sensibilidad y no deberían verse afectadas por la falta de nivel sonoro suficiente. Un resultado anormal en una prueba de audiometría verbal puede sugerir la presencia de distorsiones supraumbrales como reclutamiento o la presencia de una pérdida retrococlear.

Pruebas de inteligibilidad de la palabra en silencio y en ruido

La audiometría verbal se realiza en silencio. Sin embargo, la mayoría de las situaciones en las que nos encontramos en la vida cotidiana se desarrollan en ambientes donde hay habla y ruido, con lo que pareciera interesante evaluar la inteligibilidad no sólo en silencio sino también en ruido. No obstante, el evaluar la discriminación de la palabra en la práctica clínica con ruido trae consigo nuevas preguntas: ¿qué tipo de ruido ha de utilizarse?, ¿qué material verbal?, ¿debe hacerse a través de los audífonos o sin ellos? Por lo tanto, es importante conocer los fenómenos observados en pruebas de audiometría verbal en ruido.

Las pruebas verbales en ruido, a diferencia de la audiometría verbal, no están estandarizadas y existen múltiples enfoques en el diseño y propósito de las mismas. Las pruebas difieren, sobre todo, en el procedimiento, así como en los tipos de material verbal y de ruido. En las pruebas verbales en ruido, la palabra y el ruido se presentan a diferentes niveles y, comúnmente, se reportan los resultados en términos de relación señal a ruido (SNR, siglas en inglés de Signal-To-Noise Ratio), que es la diferencia entre el nivel de la palabra y el del ruido. Por ejemplo, si se evalúa la inteligibilidad cuando la palabra se presenta a 62 dB SPL y el ruido a 65 dB SPL, se dirá que la prueba se ha realizado a -3 dB SNR.

Tipos de pruebas verbales en ruido

Dado que, como se ha comentado anteriormente, las pruebas verbales en ruido no están estandarizadas, se

Tabla 1. Ventajas e inconvenientes de la audiometría tonal liminar como prueba diagnóstica.

Audiometría tonal liminar	
Ventajas	Inconvenientes
• Prueba estandarizada • Fácil de hacer • Cuantifica la hipoacusia • Útil para "localizar el problema": conductiva vs neurosensorial • Específica en frecuencias	• Poco informativa: mínima sensibilidad a sonidos concretos • Basada en tonos puros: sonidos "ideales", no comunes en la vida diaria • No aborda problemas de comunicación

han seguido, en el estado del arte, diversos caminos para su realización, difiriendo principalmente en el material verbal y el tipo de ruido.

No todas las pruebas de inteligibilidad en ruido tienen como objetivo evaluar la audición de las personas hipoacúsicas. Algunas también persiguen determinar cómo afectan los diferentes tipos de ruido a la percepción de la palabra de un modo general. En esos casos, el objetivo audiológico es, entonces, evaluar las diferencias entre personas hipoacúsicas y normoyentes e identificar las posibles causas de estas diferencias. La Tabla 2 compendia algunas de las potenciales pruebas verbales en ruido, descritas en castellano.

Habla en ruido y audibilidad: atenuación y distorsión

Modelo de disfunción comunicativa de Plomp

Plomp [13] revisó los problemas de comunicación en personas con pérdida de audición, especialmente en

ambientes ruidosos. Su modelo, ejemplificado en la Figura 1, propone que toda hipoacusia que afecta al entendimiento puede ser interpretada como la suma de dos componentes:

- **Atenuación (*A loss*):** el habla no es inteligible hasta que alcanza cierto nivel. Cuando el habla es audible la persona hipoacúsica presenta umbrales de recepción verbal (URVs) en silencio elevados, pero URVs en ruido equivalentes a los de un normoyente.
- **Distorsión (*D loss*):** Aunque el habla sea amplificada, el URV se encuentra aún elevado tanto en silencio como en ruido, lo que sugiere que la amplificación no es suficiente para una mejor inteligibilidad en ruido.

Más tarde, y con el objetivo de asegurar la fiabilidad de los resultados, se propuso una prueba de inteligibilidad del habla en ruido, que utilizaba unas condiciones concretas [14, 15], que se describen a continuación:

Tabla 2. Pruebas verbales en ruido existentes en castellano.

Test	Material	Ruido	Procedimiento	Referencia
HINT (Hearing in Noise Test)	Frases representativas de la lengua	Ruido estacionario con espectro del habla LTASS ¹	Adaptativo 1up - 1down para estimar URV ²	Huarte [6]
SPIN (vr-LFE) (Speech perception in noise)	Frases con o sin última palabra predecible	Murmullo de múltiples hablantes	Se puntúa solo la última palabra	Cervera <i>et al.</i> [7]
SIN / WIN (Sentences in noise / Words in noise)	Frases / Palabras	No establecido	SNR fijo: se realiza a diferentes SNRs y se estima la función del habla	de Cárdenas y Marrero Aguiar [4]
QuickSIN	Frases	Murmullo (cuatro hablantes)	Cinco palabras clave se puntúan desde +25 dB	Marrero Aguiar <i>et al.</i> [8] No disponible en castellano
PAVER (Pruebas de audiometría verbal en ruido)	Frases ponderadas grabadas en dos situaciones de esfuerzo vocal	Murmullo de niños grabado en un escenario realista	Cinco palabras clave se puntúan desde +25 dB	Maggio de Maggi <i>et al.</i> , Marrero Aguiar <i>et al.</i> [8,9]
Spanish Matrix Sentence test	Frases con estructura fijada según [10]	Ruido estacionario con espectro del habla LTASS	Se puede utilizar en un contexto abierto o cerrado Se puede utilizar de modo adaptativo o a SNRs fijos	Hochmuth <i>et al.</i> [11]
Prueba Auditiva de Habla en Ruido en Español (PAHRE)	Frases ponderadas grabadas en dos situaciones de esfuerzo vocal	Murmullo de varios hablantes	Similar al PAVER	Rodríguez-Ferreiro <i>et al.</i> [12]

¹ LTASS: Long-Term Average Speech Spectrum (espectro medio del habla en largo término). El espectro del habla es analizado en grabaciones de larga duración y promediado. El espectro resultante se utiliza como filtro inverso para que el contenido espectral del ruido sea el mismo que el de la palabra pero temporalmente sea aleatorio.

² URV: Umbral de recepción verbal.

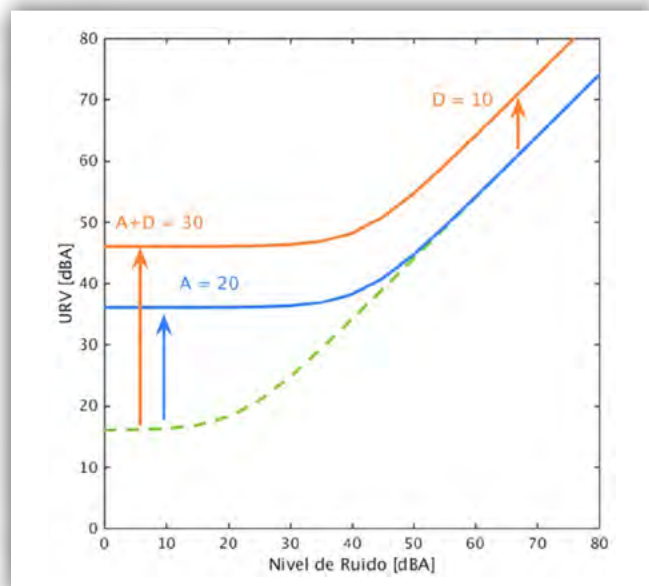


Figura 1. Modelo de Plomp o de los URVs en déficits de comunicación.

1. El material verbal debe contar con frases utilizadas comúnmente y características del lenguaje del oyente.
2. El ruido ha de ser estacionario (sin fluctuaciones) y tener el mismo espectro que el de la grabación del material verbal utilizado. De esta manera se asegura que en cada banda de frecuencias el nivel de señal a ruido está bien definido.
3. El URV se mide siguiendo un protocolo adaptativo de tipo 1up - 1down, lo que asegura un resultado estadísticamente más robusto.

Este procedimiento es la base de Hearing in Noise Test - HINT [16].

El modelo de Plomp ejemplificado de manera gráfica en la Figura 1 explica los resultados de URV en dBA para diferentes niveles de ruido. En normoyentes, (curva verde discontinua), el URV permanece constante a 16 dBA hasta que el ruido es aproximadamente 15 dBA. Plomp explica este fenómeno haciendo uso del concepto de ruido interno. Si el ruido interno está por debajo del ruido externo, el URV será igual al URV en silencio. Por encima de este valor, el URV aumenta linealmente con el nivel de ruido (externo) con una relación señal a ruido de unos -6 dB SNR. En el caso de hipoacusia, es posible que haya solamente una pérdida de audibilidad ($A > 0$, $D = 0$, curva azul), que afecta al comportamiento a bajos niveles de ruido, pero no a niveles de ruido donde la palabra es totalmente audible. La curva naranja representa el comportamiento de una hipoacusia con pérdida de audibilidad, pero también con distorsiones supraliminares ($D > 0$), que afecta al umbral en silencio (URV normoyen-

te + $A + D$) y al umbral en ruido (URV normoyente en diferencia de señal del habla-a-ruido + D).

Clases de hipoacusia según Killion

Killion and Niquette [17] propusieron un modelo de clasificación de diferentes tipos de hipoacusia neurosensorial.

- Pérdida de sensibilidad: se atribuye a la pérdida de células ciliadas externas o a la pérdida de potencial endococlear. Si esta pérdida de audición es compensada con amplificación se prevé que la hipoacusia será correctamente compensada, es decir, que la inteligibilidad en ruido será similar a la de un normoyente.
- Pérdida de claridad: se atribuye a la pérdida de células ciliadas internas, o de conexiones sinápticas, o de ambas, y se refleja en una pérdida de la relación señal a ruido (*SNR loss*), que podría ser medida con una prueba de inteligibilidad del habla en ruido en el ámbito clínico.

Dificultades del habla en ruido en personas hipoacúsicas

Distorsión supraliminar, *D loss* y *SNR loss*, ¿son lo mismo?

La definición de los conceptos *D loss* y *SNR loss* expuestos anteriormente responde a la necesidad de identificar y cuantificar las dificultades de percepción verbal en ruido en personas con pérdida de audición. Mientras que la *D loss* [15], se refiere al resultado de un procedimiento y condiciones concretas, la *SNR loss* se refiere de una manera más general a la diferencia en dB SNR entre hipoacúsicos y normoyentes. Esta *SNR loss* es calculada en un punto concreto de la función psicométrica del habla, es decir, a un porcentaje de inteligibilidad concreta. La *SNR loss* tampoco alude a un tipo de ruido o material verbal estandarizado. Por ejemplo, Smits and Festen [18] han propuesto una estandarización del *SNR loss* con la idea de hacer que los resultados sean más fácilmente interpretables y extender su uso para todo tipo de pruebas de habla en ruido.

En este sentido, en [19] se ideó una prueba rápida de inteligibilidad de la palabra en ruido (QuickSIN), presentada en su versión castellana anteriormente en la Tabla 2, que ofrece como resultado una cuantificación del *SNR loss*. La prueba consiste en presentar cinco frases con cinco palabras clave, cada una con diferente SNR descendiendo entre 25 dB y 0 dB SNR. El ruido utilizado es presentado de forma diótica y se trata de un ruido de murmullo (*multi-talker babble*). El resultado promedio en normoyentes en esta prueba es de entre 2 y -3 dB SNR.

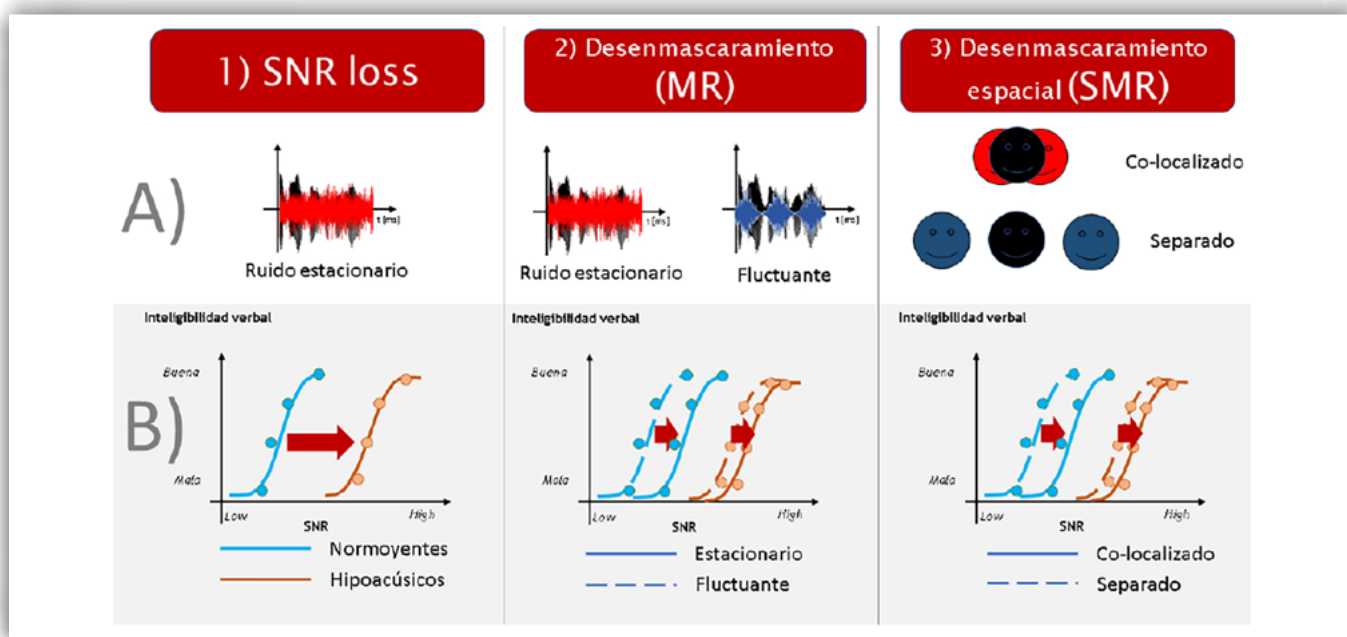


Figura 2. Esquema de los fenómenos observados en pruebas de inteligibilidad verbal en ruido en personas normoyentes e hipoacúsicas.

El cálculo de *SNR loss* consiste, entonces, en contabilizar las palabras clave acertadas de forma que:

$$SNR_{loss} = 25,5 - \text{total de aciertos}$$

Por ejemplo, si el paciente repite correctamente las frases 1, 2 y 3 (a 25, 20 y 15 dB SNR, respectivamente) y 2 palabras de la frase 4 (10 dB SNR) el resultado será de:

$$SNR_{loss} = 25,5 - 5 \times 3 - 2 = 8,5 \text{ dB}$$

Esta prueba ha sido evaluada en comparación con HINT en múltiples ocasiones [20–22], está disponible en varios modelos de audiómetros comerciales y se ha mostrado su utilidad en evaluaciones rutinarias en la práctica clínica [23]. Desafortunadamente, no está disponible en muchos idiomas aparte del inglés.

Desenmascaramiento

No todas las pruebas de inteligibilidad en ruido tienen como objetivo evaluar la audición de los pacientes con pérdida auditiva, sino que algunas buscan identificar, también, cómo afectan los diferentes tipos de ruido a la percepción de la palabra de un modo general. De estas pruebas se pueden extraer conclusiones, por ejemplo, con respecto a las diferencias perceptuales entre personas normoyentes e hipoacúsicas ante diferentes tipos de ruido. Otro ejemplo podría ser la evaluación perceptual con ayudas auditivas, con el propósito de verificar la efectividad de la adaptación protésica.

La Figura 2 muestra un esquema de tres fenómenos observados en pruebas de audiometría verbal en ruido

que pueden ser de interés en audiología clínica: (1) la pérdida de relación señal a ruido (*SNR loss*), (2) el desenmascaramiento temporal, y (3) el desenmascaramiento espacial.

La Figura 2 muestra ejemplos de patrones de señales y ruidos en distintas situaciones de ruido y la diferencia esperable en términos de inteligibilidad verbal en cada una de estas situaciones entre personas normoyentes e hipoacúsicas.

SNR Loss

En el Panel 1A de la Figura 2, la forma de onda de la palabra (negro) se ve enmascarada por la del ruido (rojo). En el Panel 1B, la función de inteligibilidad en su punto medio (50% de inteligibilidad) de los pacientes con pérdida de audición es más elevada (naranja) en comparación con la de los normoyentes, lo que define la *SNR loss*.

Desenmascaramiento temporal (MR)

El desenmascaramiento temporal (*masking release*) es la diferencia en dB SNR entre una prueba de inteligibilidad del habla en ruido estacionario y otra en ruido fluctuante. Festen *et al.* [24] observaron que las personas normoyentes son capaces de hacer uso de la escucha en los valles del ruido fluctuante, lo que les proporciona un beneficio de entre 4 y 8 dB, mientras que en personas hipoacúsicas este beneficio es reducido y, en ocasiones, incluso inexistente. El Panel 2A de la Figura 2 muestra la misma forma de onda de la izquierda del panel 1A mientras que la forma de onda de la derecha presenta un

ruido fluctuante (azul), en el que es posible “desenmascarar” la forma de onda de la palabra en los valles. En el Panel 2B se puede observar que tanto personas normoyentes como hipoacúsicas presentan una ventaja (la función de inteligibilidad se desplaza hacia la izquierda) en el caso del ruido fluctuante (línea discontinua), aunque en proporción muy dispar.

Desenmascaramiento espacial (SMR)

Este tipo de desenmascaramiento se refiere al beneficio auditivo que se observa cuando la palabra y el ruido provienen de diferentes direcciones, en comparación con cuando ambos provienen del mismo sitio, es decir, colocados [25,26]. Tal y como ocurría con el desenmascaramiento temporal, este beneficio se ve también reducido en personas hipoacúsicas. Las razones de esta diferencia parecen no estar tan sólo relacionadas con la falta de audibilidad sino también con diferencias en el procesamiento espacial del sonido. Panel 3A: esquema utilizando caras como locutores. La condición colocada presenta todos los locutores (principal en negro y enmascaradores en rojo) en el mismo sitio mientras que la condición separada presenta a los locutores enmascaradores (azules) en los extremos. Panel 3B: tanto las personas normoyentes como las hipoacúsicas presentan una ventaja en la condición separada, tal y como pasaba también en el caso de desenmascaramiento (2B).

La pérdida de contraste audible como proxy de la percepción del habla en ruido

Se han realizado esfuerzos de investigación en la dirección de desarrollo de pruebas de habla multilingües. Estas pruebas aún necesitan una cuidadosa selección y validación del material del habla, y su validez es limitada. Tanto las llamadas pruebas de matriz de frases, como la prueba de tríos de dígitos (introducida por primera vez como prueba de cribado de inteligibilidad del habla a nivel nacional por teléfono en Países Bajos) se ven afectadas por los mismos inconvenientes [27]. Aunque el desarrollo y la validación del material del habla en diferentes idiomas es más fácil, los umbrales de recepción del habla obtenidos con estas pruebas no son realistas, ya que el estímulo del habla es cognitivamente poco exigente (frases o números presentados con una estructura fija). Por lo tanto, estas pruebas requieren de muchos esfuerzos para poder llegar a ser la forma preferida y estandarizada para evaluar las capacidades de reconocimiento del habla en ruido para una implementación a nivel mundial.

Como alternativa, en [28] se ha propuesto un nuevo test auditivo, el umbral de contraste audible (*audible contrast threshold* o ACT en inglés). Esta prueba está basada

en varios estudios de percepción de modulaciones espectro-temporales en los que se demostró la alta y significativa correlación del ACT y el UVR en ruido de conversaciones. El resultado de esta prueba proporciona una estimación de la pérdida de contraste (*contrast loss*), que complementa la pérdida de audición, y permite la caracterización de los déficits auditivos más allá del audiograma. Además, puede ser utilizado para ajustar reductores de ruido de dispositivos auditivos. Esta prueba está actualmente disponible en algunos audiómetros comerciales.

Posibles causas de déficits supraliminares

Las potenciales causas de los déficits auditivos supraliminares ha sido estudiadas extensivamente en el estado del arte, siendo un gran ejemplo la revisión realizada por Houtgast y Festen [29]. No se incluyen en este documento las conclusiones extraídas en [29], por razones de espacio, y puesto que pueden consultarse en la propia investigación de los mismos.

En cualquier caso, el autor de este artículo realizó una extensiva revisión de la literatura que permitiera complementar la de [29]. Los requerimientos de los estudios revisados durante esta investigación fueron:

- Estudios en los que otras pruebas auditivas y cognitivas se relacionaran con el *SNR loss*, especialmente cuando las condiciones fueron como en las propuestas por Plomp [15].
- Estudios de inteligibilidad de la palabra utilizando procesamiento de la señal que distorsione la palabra.

Como principal resultado de la revisión, la conclusión fue que la causa de los déficits supraliminares puede encontrarse en que la representación interna de los sonidos, procesada en el nervio auditivo, se encuentra anormalmente distorsionada. La neuropatía auditiva sería, entonces, un caso extremo donde esta distorsión es evidente. Sin embargo, la pérdida de selectividad frecuencial y una codificación temporal ineficiente podrían producir distorsiones en la representación interna de los sonidos que afecten el entendimiento del habla, además de otras consecuencias perceptuales, sin que esto se vea reflejado en el audiograma con tonos puros.

Conclusión

La audiometría tonal liminar es una prueba estandarizada y extendida en la práctica clínica en todo el mundo. Sin embargo, solamente es capaz de caracterizar una pequeña parte de los déficits auditivos de las personas hipoacúsicas.

El uso de otras pruebas de inteligibilidad del habla en ruido puede proporcionar información adicional que ayude a caracterizar la discapacidad auditiva más allá del audiograma.

Agradecimientos

Quiero agradecer a mis supervisores Morten Løve Jepsen y Torsten Dau y también a Helia Relaño Iborra por su ayuda en la redacción de este manuscrito. Partes de este manuscrito se publicaron en el Blog de Auris Scientia antes de su desaparición y presentados en el Congreso de AEDA 2016 (Cartagena). Agradezco también la labor de edición de Daniel de la Prida. Este trabajo ha sido parcialmente soportado por la Fundación Pedro Salas Cabo.

Declaración de interés

El autor no mantiene ninguna relación en la actualidad que pueda ser percibida como un conflicto de interés más allá de las declaradas en el trabajo de Zaar *et al.* [28].

Referencias

- [1] International Organization for Standardization. ISO 8253-1:2010 Acoustics - Audiometric test methods. Part 1: Pure-tone air and bone conduction audiometry. Geneva, Switzerland: 2010.
- [2] Asociación Española de Audiología. Normalización de las pruebas audiológicas (II): La audiometría verbal o logaudiometría. *Auditio* 2002;1:34–6.
- [3] International Organization for Standardization. ISO 8253-3:2022 Acoustics. Audiometric test methods. Part 3: Speech audiometry. International Organization for Standardization 2022.
- [4] de Cárdenas MR, Marrero Aguiar V. Cuaderno de logaudiometría. Universidad Nacional de Educación a distancia; 1994.
- [5] Gelfand SA, Calandruccio L. Essentials of Audiology. 5th ed. New York: Thieme Publishers New York; 2023.
- [6] Huarte A. The Castilian Spanish hearing in noise test. *Int J Audiol* 2008;47:369–70.
- [7] Cervera T, González-Álvarez J. Test of Spanish sentences to measure speech intelligibility in noise conditions. *Behav Res Methods* 2011;43:459–67.
- [8] Marrero Aguiar V, Maggio de Maggi M, Calvo JC. Logaudiometría infantil en ruido. Pruebas PAVÉR. In: Asociación Española de Audiología, editor. Actas XIII Congreso de la Asociación Española de Audiología (AEDA), Cartagena: 2016.
- [9] Maggio de Maggi M, Marrero Aguiar V, Calvo JC. Material para la evaluación de la percepción del hablar en ruido en niños. Frases PIP-UNED. In: Asociación Española de Audiología, editor. Actas del X Congreso de la Asociación Española de Audiología (AEDA), 2013.
- [10] Hagerman B. Sentences for testing speech intelligibility in noise. *Scand Audiol* 1982;11:79–87.
- [11] Hochmuth S, Brand T, Zokoll MA, Castro FZ, Wardenga N, Kollmeier B. A Spanish matrix sentence test for assessing speech reception thresholds in noise. *Int J Audiol* 2012;51:536–44.
- [12] Rodríguez-Ferreiro M, Durán-Bouza M, Marrero-Aguiar V. Design and development of a Spanish hearing test for speech in noise (PAHRE). *Audiol Res* 2022;13:32–48.
- [13] Plomp R. Auditory handicap of hearing impairment and the limited benefit of hearing aids. *J Acoust Soc Am* 1978;63:533–49.
- [14] Plomp R, Mimpen AM. Speech-reception threshold for sentences as a function of age and noise level. *J Acoust Soc Am* 1979;66:1333–42.
- [15] Plomp R. A signal-to-noise ratio model for the speech-reception threshold of the hearing impaired. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research* 1986;29:146–54.
- [16] Nilsson M, Soli SD, Sullivan JA. Development of the Hearing in Noise Test for the measurement of speech reception thresholds in quiet and in noise. *J Acoust Soc Am* 1994;95:1085–99.
- [17] Killion MC, Niquette PA. What can the pure-tone audiogram tell us about a patient's SNR loss? *Hear J* 2000;53:46–8.
- [18] Smits C, Festen JM. The interpretation of speech reception threshold data in normal-hearing and hearing-impaired listeners: Steady-state noise. *J Acoust Soc Am* 2011;130:2987–98.
- [19] Killion MC, Niquette PA, Gudmundsen GI, Revit LJ, Banerjee S. Development of a quick speech-in-noise test for measuring signal-to-noise ratio loss in normal-hearing and hearing-impaired listeners. *J Acoust Soc Am* 2004;116:2395–405.
- [20] Wilson RH, McArdle RA, Smith SL. An evaluation of the BKB-SIN, HINT, QuickSIN, and WIN materials on listeners with normal hearing and listeners with hearing loss 2007.

- [21] Duncan KR, Aarts NL. A comparison of the HINT and Quick SIN tests. *Journal of Speech Language Pathology and Audiology* 2006;30:86.
- [22] Wilson RH, McArdle R. Speech signals used to evaluate functional status of the auditory system. *J Rehabil Res Dev* 2005;42.
- [23] Fitzgerald MB, Ward KM, Gianakas SP, Smith ML, Blevins NH, Swanson AP. Speech-in-Noise Assessment in the Routine Audiologic Test Battery: Relationship to Perceived Auditory Disability. *Ear Hear* 2024;45:816–26.
- [24] Festen JM, Plomp R. Effects of fluctuating noise and interfering speech on the speech-reception threshold for impaired and normal hearing. *J Acoust Soc Am* 1990;88:1725–36.
- [25] Glyde H, Buchholz J, Dillon H, Best V, Hickson L, Cameron S. The effect of better-ear glimpsing on spatial release from masking. *J Acoust Soc Am* 2013;134:2937–45.
- [26] Glyde H, Buchholz JM, Nielsen L, Best V, Dillon H, Cameron S, et al. Effect of audibility on spatial release from speech-on-speech masking. *J Acoust Soc Am* 2015;138:3311–9.
- [27] Akeroyd MA, Arlinger S, Bentler RA, Boothroyd A, Dillier N, Dreschler WA, et al. International Collegium of Rehabilitative Audiology (ICRA) recommendations for the construction of multilingual speech tests: ICRA Working Group on Multilingual Speech Tests. *Int J Audiol* 2015;54:17–22.
- [28] Zaar J, Simonsen LB, Sanchez-Lopez R, Laugesen S. The Audible Contrast Threshold (ACT) test: A clinical spectro-temporal modulation detection test. *Hear Res* 2024;453:109103.
- [29] Houtgast T, Festen JM. On the auditory and cognitive functions that may explain an individual's elevation of the speech reception threshold in noise. *Int J Audiol* 2008;47:287–95.

Ingeniería Acústica García-Calderón

Proveedores de equipamiento para medidas de ruido y vibraciones
Diseño y suministro de cámaras anecoicas

CÁMARAS ACÚSTICAS



FUENTES SONORAS ULTRALIGERAS



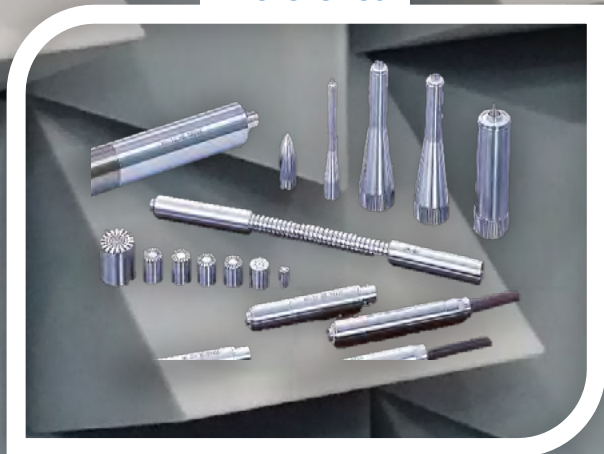
MÁQUINAS DE IMPACTO



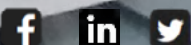
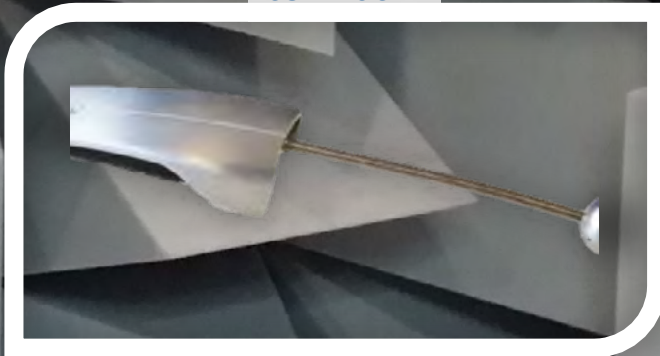
ANALIZADORES



MICRÓFONOS



SONDAS 3D



Ingeniería Acústica García-Calderón

 C/ Soto Hidalgo 24, local 8
28042 Madrid, Spain

 Telf.: +34 91 128 89 47

 info@garcia-calderon.com

 <https://garcia-calderon.com/>



ACÚSTICA / TECNIACÚSTICA 2024

Faro (Portugal)



Entre los días 11 y 13 de septiembre de 2024 se ha celebrado el congreso Acústica / Tecniacústica 2024, que ha incluido el XIII Congreso Ibérico de Acústica, así como el 55º Congreso Español de Acústica. Este encuentro ibérico anual de acústica, celebrado de manera hermanada por las Sociedades Acústicas Española y Portuguesa se ha celebrado este año en Faro, Portugal, siguiendo la habitual progresión de celebrarse durante tres años en España, para celebrarse el cuarto año en tierras portuguesas.

En esta ocasión, la sede anfitriona ha sido la *Universidade do Algarve*, que con gran entusiasmo ha recibido a todos los acústicos allí congregados para el desarrollo del Congreso. Por lo tanto, en esta ocasión, la organización ha corrido principalmente a cargo de la *Sociedade Portuguesa de Acústica –SPA–* y de la *Universidade do Algarve*, con el apoyo de la Sociedad Española de Acústica –SEA–. Además, ha contado también con el apoyo institucional del *Laboratório Nacional de Engenharia Civil –LNEC–*, la *European Acous-*



tics Association –EAA– y la *International Commission for Acoustics* –ICA–.

Durante la ceremonia inaugural del congreso Acústica 2024 presidió la mesa el Vicerrector de Investigación y Cultura de la Universidad del Algarve, D. Nuno Bicho. En la mesa del acto inaugural también participaron D. Eusébio da Conceição, en representación del Comité Organizador Local; D. Jorge Patrício, Dña. Sónia Antunes y D. Paulo Mendes de la *Sociedade Portuguesa de Acústica*; y D. Antonio Pedrero de la Sociedad Española de Acústica. En este acto, todas las personalidades de la mesa se mostraron alegres de recibir a tantos acústicos en Faro, para el Congreso, y se animó a los congresistas a expresar el tiempo en Faro no sólo observando las últimas investigaciones de los demás colegas acústicos, sino también disfrutando del cariz social del evento y aprovechar para visitar la ciudad de Faro y sus alrededores.



Este acto inaugural sirvió también para dar a conocer los nombres de los jóvenes acústicos receptores de las bolsas de viaje sufragadas por la Federación Iberoamericana de Acústica –FIA–. Las bolsas de viaje de la FIA fueron concedidas este año a:

- Enrique Manuel González Mateo, de la Universidad Politécnica de Valencia
- Irene Pi Martín, de la Universidad Politécnica de Valencia
- Marco Antonio Ribera Tejeda, de la *Universidade de Coimbra*
- Alba Eroles Simó, de la Universidad Politécnica de Valencia
- José Daniel Pastor Sar, de la Universidad de Alicante

Durante el acto inaugural se contó, también, con una actuación musical a cargo de “Versus Tuna”, una de las diversas tunas universitarias con las que cuenta la Universidad del Algarve, que hizo disfrutar a los asistentes con una actividad musical entretenida y desenfadada, que sirvió de nexo perfecto entre la ceremonia inaugural y el primer acto académico del Congreso, la ponencia plenaria inaugural, a cargo del Prof. Juan Negreira.



Con respecto a esta primera ponencia plenaria, a cargo del Prof. Juan Negreira de la Universidad de La Salle, y titulada “Importancia de las reflexiones tempranas en espacios ordinarios dedicados a la comunicación: relación con requisitos normativos existentes”, en ella se trató la problemática que, en ocasiones, conlleva la utilización aislada de las usuales métricas descriptivas de la acústica de salas como, por ejemplo, el tiempo de reverberación. Durante su exposición, el Prof. Negreira presentó algunos ejemplos en los que los criterios objetivos y la percepción subjetiva del entorno no acaban de encontrarse suficientemente relacionados. Además, presentó algunas investigaciones en curso que buscan evaluar la relevancia que las reflexiones tempranas pueden tener en la percepción sonora de un recinto.



Además de esta ponencia plenaria, se han impartido, durante el Congreso, otras dos conferencias plenarias de gran interés:

Una de ellas a cargo de la Prof. Elisabete Fraga de Freitas de la *Universidade do Minho*, titulada “*Interações do ruído pneu-pavimento*” en la que abordó las diferentes

casuísticas, así como sus ventajas e inconvenientes, del uso de pavimentos fonoabsorbentes para reducir el impacto acústico de la circulación de vehículos en entornos urbanos y en carreteras. Además, puso el foco en el cambio paradigmático que está suponiendo la incursión de los vehículos eléctricos en algunas de las componentes del ruido de tráfico.



Por otro lado, la conferencia plenaria de cierre del Congreso corrió a cargo del Prof. Michael Vorländer, de la Universidad de Aquisgrán (*RWTH Aachen University*), titulada “Virtual Acoustics Environments for Perception Research”, que ilustró a los asistentes con los conceptos más importantes para el diseño de entornos acústicos virtuales que permitan la realización de pruebas perceptuales de manera simulada. En este sentido, y tras describir los principales factores que se encuentran involucrados en un proceso de auralización, el Prof. Vorländer pasó a presentar algunas de las investigaciones que se están llevando en su grupo de investigación, para hacer que las simulaciones acústicas representen fielmente a la realidad. Así, entre otros, puso ejemplos de simulación acústica en entornos exteriores, en los que se contaba de manera precisa con los efectos de difracción sonora en los bordes de los edificios, así como con los fenómenos de absorción sonora en el aire, en función de la época del año.



Durante los tres días de Congreso se contó con la presencia de más de 230 congresistas y se presentaron alrededor de 180 comunicaciones. El Congreso se articuló en nueve Temas y 10 Sesiones Estructuradas, que se desarrollaron, de manera simultánea en cuatro salas.

El Libro de Actas, que cuenta con la Publicación Oficial del Congreso, puede encontrarse en formato digital en la página de la Sociedad Española de Acústica:

<https://www.sea-acustica.es/publicaciones-congresos/>

El acto de clausura contó con una mesa conformada por los mismos integrantes que en el acto de apertura. Durante esta sesión, la Prof. María Machimbarrena, Secretaria de la Sociedad Española de Acústica, presentó un listado con el nombre de los jóvenes acústicos que habían contado con Bolsas de Viaje, otorgadas por la Sociedad Española de Acústica, para la asistencia al Congreso. El listado completo se presenta a continuación:

- Jordi García Peris, de la Universidad Politécnica de Valencia (Campus de Gandía)
- Lucía de Fátima Schroder Antúnez, de la Universidad de Málaga
- Víctor Rodríguez Montaña, de la Universidad de Cádiz
- Rocío Pérez Vargas, de la Universidad de Cádiz
- Javier Díez Revilla, de la Universidad Politécnica de Madrid
- Jorge Ortigoso Narro, de la Universidad Carlos III de Madrid
- Irene Pi Martín, de la Universidad Politécnica de Valencia
- Javier A. Navarro Calvo, de la Universidad Politécnica de Valencia
- María Cristina Quintero Pérez, de la Universidad de Málaga





Asimismo, la Prof. María Machimbarrena, también se encargó de presentar: (1) el premio Andrés Lara, otorgado por la Sociedad Española de Acústica, a Javier A. Navarro Calvo, por su trabajo “Más allá del foco acústico: ampliando el campo de visión de la imagen en microscopía fotoacústica”, y (2) el premio Fundación Ramón Areces a Lucas Banchero, por su trabajo “Avances en la medición de saltos verticales mediante sonido e inteligencia artificial: precisión y portabilidad”. Versiones de estos artículos premiados, especialmente adaptadas para la Revista de Acústica, se incluyen en este número.

También durante el acto de clausura, y para cerrar el mismo, se presentaron los próximos congresos de acústica, organizados por las Sociedades Española y Portuguesa de Acústica. Así, se presentaron el *Forum Acusticum Euronoise 2025*, que está siendo organizado por la Sociedad Española de Acústica y que se celebrará en Málaga entre los días 23 y 26 de junio de 2025, y el *International Congress of Acoustics –ICA 2028–*, que será organizado por la *Sociedade Portuguesa de Acústica* y que se celebrará entre los días 11 y 14 de septiembre de 2028 en la isla de Madeira.

Como en ocasiones anteriores, durante el desarrollo del Congreso, también se contó con la habitual Exposi-



ción de Productos y Servicios en Acústica y Vibraciones, EXPOACÚSTICA, que contó con la participación de:

- CDM Stravitec
- Gyptec Ibérica / Volcalis
- Specman / Hottinger Brüel and Kjær
- dBelectronics
- Eximo / Svantek
- AMC Mecanocaucho
- Track-Noise
- Audiotec
- HEAD-acoustics
- GISCAD / ACOEM
- Sevenbel
- Sound of Numbers

Entre los actos sociales se encontraron una visita al *Museu Regional do Algarve*, en el que se tuvo la oportunidad de conocer en mayor profundidad las costumbres y tradiciones de la Región del Algarve, así como de degustar algunos de sus típicos vinos dulces.

Además, se pudo disfrutar de un momento musical en la *Igreja da Misericórdia de Faro*, donde se escucharon seis piezas musicales, interpretadas a voz y teclado, en un entorno con una reverberación particular.





Los actos sociales contaron adicionalmente, y como es costumbre, con una Cena de Gala, que en esta ocasión se desarrolló en el recinto de eventos Monte Amarelo, situado en la localidad de Olhão, próxima a Faro. Durante la Cena de Gala se contó con una actuación musical en la que varios interpretes tocaron diversas pie-

zas de música popular portuguesa, mientras que otros, vestidos con indumentarias tradicionales, realizaban bailes típicos al son de la música.

Tras la cena se realizó la tradicional rifa, en la que se sortearon obsequios donados por diversas entidades y empresas participantes en el Congreso. Además, la Sociedad Portuguesa de Acústica otorgó diplomas de distinción a tres miembros de la Sociedad Española de Acústica, por su implicación en la difusión de la acústica y sus contribuciones a la hermandad entre ambas sociedades. Los homenajeados fueron D. Antonio Pérez-López, Presidente de Honor, y anterior Presidente, de la Sociedad Española de Acústica; D. Francesc Daumal i Domènech, profesor catedrático de la Universidad Politécnica de Cataluña; y D. Antonio Pedrero González, actual Presidente de la Sociedad Española de Acústica.

Desde la Sociedad Española de Acústica queremos felicitar a nuestros amigos de la Sociedad Portuguesa de Acústica por la tan satisfactoria organización del Congreso Acústica / Tecniacústica 2024.

Sonómetros

Fuentes de ruido

Sondas de intensidad sonora

Software de cálculo de aislamientos acústicos

Sistemas de medida avanzados

Micrófonos

Analizadores de audio

Monitorizado de ruido y vibraciones

Cámaras acústicas

Software de predicción de niveles sonoros en exteriores e interiores



SOUND OF NUMBERS



Desarrolladores y proveedores de tecnología para ingeniería acústica

Ni Norsonic

M MICROFLOWN
TECHNOLOGIES

MARSHALL DAY
Acoustics

DataKustik

SEMEX ENGCON

G.R.A.S. **AP**



WWW.ACOUSTICWARE.COM

A proposal for a new method to assess road traffic noise in the United Kingdom

Tribunal:

Presidente: Antonio Torija Martínez, University of Salford.

Secretario: Jordi Romeu Garbí, Universitat Politècnica de Catalunya.

Vocal: Joan Jorge Sánchez, Universitat Politècnica de Catalunya

Vocal: Miguel Ausejo Prieto, Euro-control S.A.

Vocal: Marc Arnela Coll, Universitat Ramon Llull

Resumen:

La tesis propone un enfoque innovador para la evaluación del ruido del tráfico rodado en el Reino Unido, con el objetivo de revisar parcialmente la metodología existente descrita en el *Design Manual for Roads and Bridges* (DMRB). Esta evaluación trasciende los mandatos de la ley y la política de planificación, alcanzando las obligaciones impuestas tanto por la ley común como por la legislación ambiental.

El documento reexamina las estipulaciones legales y reglamentarias que las evaluaciones de ruido tienen que satisfacer. Ofrece un examen minucioso y claro de la progresión de la legislación sobre el ruido en Inglaterra, trazando la historia del ruido ferroviario, rodado y aéreo desde su inicio hasta el presente.

Una vez establecidos los prerrequisitos legales y reglamentarios, la tesis realiza un análisis crítico de las políticas de planificación vigentes en materia de ruido, considerando factores como la sostenibilidad y los



Autor:

Josep Simona Pujadó

Director/es:

Josep Maria Rossell Garriga

Marc Vallbé Mumbrú

Fecha de defensa:

21 de noviembre de 2024

Lugar:

Universitat Politècnica de Catalunya

e-mail:

josep.simona@upc.edu

principios de buen diseño. Posteriormente, examina la metodología actualmente prescrita en el DMRB.

La tesis después se adentra en el análisis coste-beneficio, explorando su aplicación en la evaluación del ruido del tráfico rodado y la implementación de estrategias de atenuación del ruido. Con esta base, presenta una propuesta para modificar la metodología existente del DMRB.

Las enmiendas propuestas alcanzan cuatro aspectos clave:

1. Ampliar el informe de impactos para incluir tanto los receptores individuales como la comunidad más amplia, abordando así las estipulaciones de la ley comuna y ambiental.

2. Cambiar el foco de reportar impactos a reportar efectos.

3. Aclarar el análisis coste-beneficio implicado en la adopción de medidas de reducción del ruido.

4. Asignar un valor monetario a los efectos del ruido, que podría servir como indicador de la importancia de un proyecto.

Este enfoque refinado tiene como objetivo mejorar el marco para la evaluación del ruido, asegurando una evaluación más holística y efectiva de las implicaciones del ruido del tráfico rodado.

Además, la investigación presentada en esta tesis investiga los factores que se tienen que considerar en cualquier propuesta que contemple sustituir la metodología actual de predicción del ruido del tráfico rodado (CRTN) por un nuevo método basado en el proyecto de investigación europeo Harmonoise. Se centra específicamente en el proceso de toma de decisiones respecto a la idoneidad de introducir una valla acústica en una ubicación determinada, considerando no solo su eficacia en la reducción del ruido sino también su impacto en la compensación por la pérdida de valor del terreno bajo la Land Compensation Act 1973.

La tesis se estructura en 10 capítulos principales.

Abstract:

This thesis proposes a novel approach for assessing road traffic noise in the United Kingdom, aiming to partially revise the existing methodology outlined in the Design Manual for Roads and Bridges (DMRB). This assessment transcends the mandates of planning law and policy, encompassing obligations imposed by both common law and environmental legislation.

The document re-examines the legal and regulatory stipulations that noise assessments must satisfy. It offers a thorough and lucid examination of the progression of noise legislation in England, tracing the history of rail, road, and aircraft noise from their inception to the present.

Upon establishing the legal and regulatory prerequisites, the thesis conducts a critical analysis of the prevailing planning policies concerning noise, considering factors such as sustainability and good design principles. Subsequently, it scrutinises the methodology currently prescribed in the DMRB.

The thesis then delves into cost-benefit analysis, exploring its application in evaluating road traffic noise and the implementation of noise abatement strategies. With this groundwork in place, it introduces a proposition to modify the existing DMRB methodology.

The proposed amendments encompass four key aspects:

1. Expanding the reporting of impacts to include both individual receptors and the wider community, thereby addressing the stipulations of common and environmental law.
2. Shifting the focus from reporting 'impacts' to reporting 'effects'.
3. Elucidating the cost-benefit analysis involved in the adoption of noise reduction measures.
4. Assigning a monetary value to noise effects, which could serve as an indicator of a project's significance.

This refined approach aims to enhance the framework for noise assessment, ensuring a more holistic and effective evaluation of road traffic noise implications.

Furthermore, the research presented in this thesis investigates the factors that must be considered in any proposal that contemplates replacing the current road traffic noise prediction methodology (CRTN) with a new method based on the Harmonoise European research project.

It specifically focuses on the decision-making process regarding the introduction of a noise mitigation measure (where a noise fence is taken as an example of one of such mitigation measures). This decision-making process should include not only the cost of the mitigation measure but also the cost of any compensation to be paid for the loss of value in an interest of land under the Land Compensation Act 1973.

The thesis is structured in 10 main chapters.

Evolución de la respuesta neuromotora a la estimulación acústica binaural en la enfermedad de Parkinson

Tribunal:

Presidente: Manuel Recuerdo López,
Universidad Politécnica de Madrid.

Secretario: Daniel González Nieto,
Universidad Politécnica de Madrid.

Vocal: Ricardo Bruña Fernández,
Universidad Complutense de Madrid.

Vocal: Juan Carlos Martínez Castri-
llo, Universidad de Alcalá.

Vocal: Susana Raquel Pinto Da
Costa, Universidade Do Minho.

Resumen:

La enfermedad de Parkinson (EP) es un trastorno neurodegenerativo crónico y progresivo que afecta al sistema nervioso, cuyo origen aún se desconoce y que aún no tiene cura. Es la segunda enfermedad neurodegenerativa más común después del alzhéimer y afecta al 2-3% de la población mayor de 65 años. Este trastorno supone una gran carga para los pacientes, familiares y cuidadores, así como para los sistemas de salud y sociales, generando un importante impacto socioeconómico. Debido a las limitaciones que tienen las terapias convencionales, resulta muy interesante el estudio de terapias no farmacológicas que puedan contribuir a mejorar los síntomas. En los últimos años se ha producido un importante auge en el estudio de terapias experimentales para intentar mejorar la calidad de vida de los pacientes, destacando aquellas que están basadas en la neuroestimulación.

En concreto, en esta tesis se analiza el potencial de la estimulación acústica en el rango auditivo para producir determinados cambios que puedan mejorar algunos de los síntomas más habituales de esta enfermedad. En estudios anteriores se ha comprobado que la es-



Autor:

David González Calleja

Director/es:

Guillermo de Arcas Castro
Juan Manuel López Navarro

Fecha de defensa:

29 de noviembre de 2024

Lugar:

Universidad Politécnica de Madrid

e-mail:

david.gonzalez.calleja@alumnos.
upm.es

timulación auditiva puede modificar la actividad eléctrica cerebral, compensando algunas de las alteraciones descritas en enfermos de Parkinson. En particular, un estudio previo demostró que la estimulación acústica con ritmos binaurales a una frecuencia de 14 Hz, dentro del rango de la banda beta, puede reducir la potencia de la banda theta en agudo, patológicamente elevada en afectados por esta patología. Esto da lugar a la hipótesis de si esta estimulación podría normalizar a largo plazo esta actividad eléctrica cerebral anormal y si, a su vez, esta normalización podría mejorar alguno de los síntomas de esta enfermedad.

Para comprobar esta hipótesis, en primer lugar, se analiza el estado del arte en lo que respecta a intervenciones terapéuticas basadas en estimulación auditiva, que puedan aplicarse en la enfermedad de Parkinson, para poder elaborar un protocolo de estimulación basado en la escucha regular de ondas binaurales. En segundo lugar, se desarrolla y valida una metodología para analizar el efecto de la estimulación en la actividad eléctrica cerebral por medio de un primer estudio, en el que se registra el electroencefalograma basal de un grupo de pacientes de Parkinson, permitiendo además confirmar las alteraciones descritas en la literatura. En tercer lugar, basándose en dicha metodología, se analiza el efecto a largo plazo del protocolo de estimulación acústica diseñado sobre la actividad eléctrica cerebral de un grupo de pacientes de Parkinson en estadios iniciales, a lo largo de un estudio longitudinal en el que se registra el EEG inicialmente, a los 3 meses y a los 6 meses. Por último, se analiza si estos cambios observados a nivel de EEG se traducen en la mejora de algunos síntomas motores, como el temblor y la bradicinesia, a través de un estudio de 8 semanas en el que se registran estos síntomas en un grupo de pacientes de Parkinson, utilizando dispositivos portables y teléfonos móviles para la monitorización.

Los resultados de los trabajos de esta tesis han mostrado que la estimulación acústica con ritmos binaurales en la banda beta tiene ciertos efectos positivos. En el análisis a lo largo del tiempo de la actividad eléctrica cerebral, se ha observado una reducción de la potencia relativa de la banda theta en zonas del Área Motora Primaria y el Área Motora Suplementaria, cuya actividad cerebral anormal se relaciona con síntomas motores como discinesias y congelación de la marcha. Mientras

que este efecto es notable a corto plazo, con el paso del tiempo se ha detectado un fenómeno de habituación, disminuyendo la eficacia de la estimulación. Por otro lado, también se ha detectado que la estimulación funciona de diferente forma entre subgrupos de pacientes. En el análisis de la evolución de los síntomas motores, los resultados han mostrado, de forma mantenida en el tiempo, un nivel de temblor en reposo

menor en un grupo de pacientes a los que se les aplicó la estimulación acústica en comparación con otro grupo al que se les aplicó una estimulación placebo, aunque se ha encontrado una gran variabilidad entre e intra-pacientes. La variabilidad en la respuesta a la estimulación acústica encontrada en estos estudios es una cuestión recurrente que debería ser estudiada en futuros trabajos.

Estos resultados han confirmado que la estimulación con ritmos binaurales produce cierto efecto de arrastre sobre las ondas cerebrales que potencialmente podría activar rutas compensatorias para circuitos motores dañados en la EP. No obstante, los mecanismos concretos que generan este efecto de normalización están aún por descubrir.

La tesis se estructura en 6 capítulos.

Abstract:

Parkinson's Disease (PD) is a chronic and progressive neurodegenerative disorder that affects the nervous system. Its origin is still unknown, and there is no cure yet. It is the second most common neurodegenerative disease after Alzheimer's, affecting 2-3% of the population over the age of 65. This disorder poses a significant burden on patients, families, and caregivers, as well as on health and social systems, generating a substantial socioeconomic impact. Due to the limitations of conventional therapies, it is highly interesting to study non-pharmacological therapies that could help to improve the quality of life of those affected by this disease. In recent years, there has been a significant increase in the study of experimental therapies and particularly in those based on neurostimulation.

Specifically, this thesis analyzes the potential of acoustic stimulation within the auditory range to produce certain changes that may improve some of the most common symptoms of this disease. Previous studies have shown that auditory stimulation can modify brain electrical activity, compensating for some of the abnormalities described in Parkinson's patients. In particular, a prior study demonstrated that acoustic stimulation with binaural beats at a frequency of 14 Hz, within the beta band range, can acutely reduce the power of the theta band, which is pathologically elevated in Parkinson's patients. This leads to the hypothesis that this stimulation could normalize this abnormal brain electrical activity in the long term and that this normalization could, in turn, improve some of the symptoms of this disease.

To test this hypothesis, the state of the art in therapeutic interventions based on auditory stimulation that could be applied to Parkinson's disease is first analyzed to develop a stimulation protocol based on regular listening to binaural beats. Secondly, a methodology is developed and validated to analyze the effect of stimulation on brain electrical activity through an initial study, in which the baseline electroencephalogram (EEG) of a group of Parkinson's patients is recorded in resting state to confirm the alterations described in the literature. Then, using this methodology, the long-term effect of the designed acoustic stimulation protocol on the brain electrical activity of a group of Parkinson's patients in early stages is analyzed through a longitudinal study, in which participants listen once a day the designed audio and their EEG is analyzed before and after the stimulation at the beginning of the study, 3 months later, and after 6 months. Finally, it is analyzed whether these observed changes at the EEG level produce some improvements in some motor symptoms, in particular tremor and bradykinesia, through an 8-week study in which these symptoms are monitored in a group of Parkinson's patients using wearables and mobile phones.

The results of this thesis have shown that acoustic stimulation with binaural beats in the beta band has certain positive effects. In the longitudinal analysis of brain electrical activity, a reduction in the relative power of the theta band in areas of the Primary Motor Area and the Supplementary Motor Area was observed, whose abnormal brain activity is associated with motor symptoms such as dyskinesia and freezing of gait. While this effect is notable in the short term, a phenomenon of habituation has been detected over time, reducing the efficacy of the stimulation. On the other hand, it has also been found that stimulation works differently among subgroups of patients. In the analysis of the evolution of motor symptoms, the results have shown a consistently lower level of resting tremor over time in a group of patients who received acoustic stimulation compared to another group who received placebo stimulation, although there was significant inter- and intra-patient variability. The variability in response to acoustic stimulation found in these studies is a recurring issue that should be studied in future work.

These results have confirmed that stimulation with binaural beats produces a certain entrainment effect on brain waves that could potentially activate compensatory pathways for damaged motor circuits in PD. However, the specific mechanisms that generate this normalization effect are still to be discovered.

The thesis is structured in 6 chapters.

EL SOFTWARE DE ACÚSTICA ADECUADO PARA CADA NECESIDAD

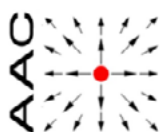
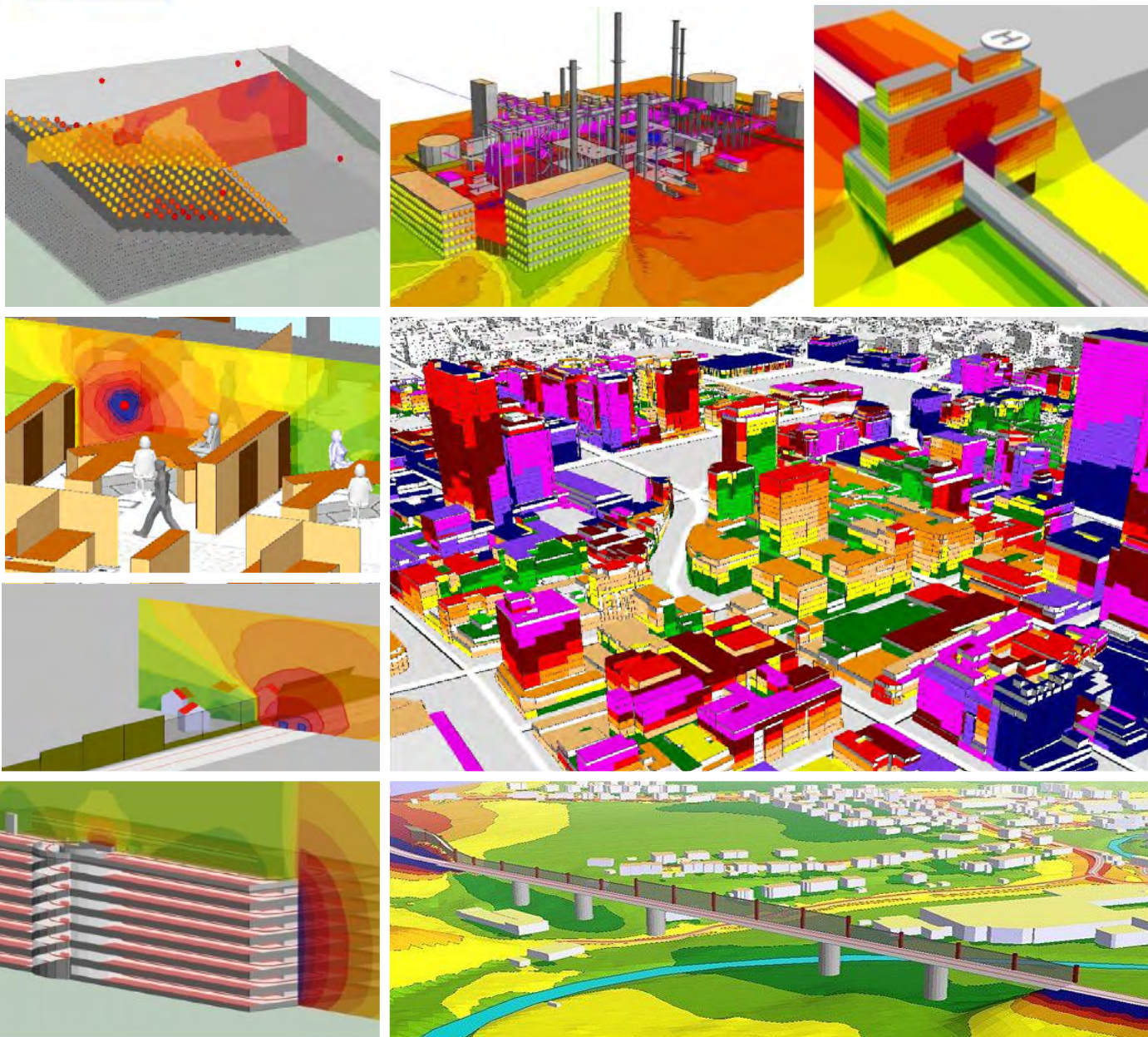


SoundPLAN_{noise} / SoundPLAN_{essential}

La mejor relación calidad / precio

- Todos los métodos de cálculo disponibles sin coste adicional
- Eficiencia, elevadas prestaciones y alta velocidad de cálculo
- Número de fuentes, receptores y objetos ilimitado

Solicite una licencia de prueba



AAC CENTRO DE ACÚSTICA APLICADA
Ingeniería + Laboratorio



- Especialistas en situaciones complejas.
- Amplio alcance acreditado por ENAC desde 1996.
- Expertos en combinación de mediciones y modelos
- Innovación. Larga tradición en proyectos de I+D+i.

Distribuidor de **SoundPLAN** en España y Portugal

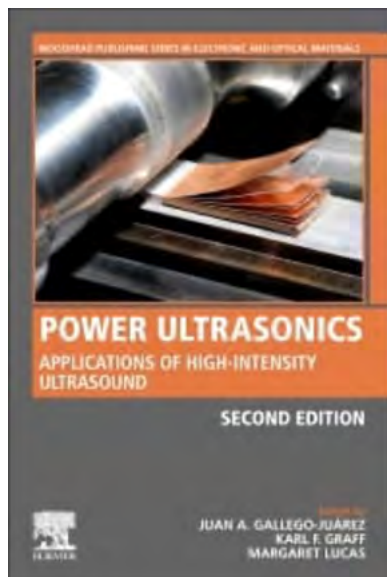
Parque Tecnológico de Álava (VITORIA-GASTEIZ) – España

TEL. (+34) 945 298 233 www.aacacustica.com

Sucursal en Colombia

aac@aacacustica.com soundplan@aacacustica.com

Power Ultrasonics Applications of High-Intensity Ultrasound, 2nd Edition



Autores: Juan A. Gallego-Juárez, Karl F. Graff y Margaret Lucas

Edición: Elsevier - Woodhead Publishing

Año de publicación: 2023

ISBN: 9780128202548

Sinopsis

Power Ultrasonics. Application of High-Intensity Ultrasound (Ultrasonidos de potencia: aplicaciones de los ultrasonidos de alta intensidad), segunda edición, ofrece una referencia exhaustiva sobre los fundamentos, el procesamiento, la ingeniería y las aplicaciones médicas, alimentarias y farmacéuticas del procesamiento por ultrasonidos. Los capítulos cubren los fundamentos de la propagación no lineal de las ondas ultrasónicas en fluidos y sólidos, discuten los materiales y diseños de los transductores y dispositivos ultrasónicos de potencia, identifican las aplicaciones de los ultrasonidos de alta potencia en ingeniería de materiales e ingeniería mecánica, tecnología de procesamiento de alimentos, monitorización y remediación medioambiental y procesamiento industrial y

químico (incluyendo productos farmacéuticos), medicina y biotecnología, y cubren los desarrollos en aplicaciones de terapia y cirugía por ultrasonidos.

La nueva edición también incluye avances recientes en técnicas de modelado, caracterización y medición, junto con fabricación aditiva y microfabricación. Se trata de una referencia inestimable para los estudiantes de posgrado y los investigadores que trabajan en las disciplinas de la ciencia y la ingeniería de materiales. Además, quienes trabajan en la física de la acústica, sonido y ultrasonidos, sonoquímica, ingeniería acústica y tecnología de procesos industriales, directores de I+D, producción e ingenieros biomédicos lo encontrarán útil para su trabajo.

Sobre los autores

Juan A. Gallego-Juárez es Profesor de Investigación del Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC), en Madrid, España, donde fundó el Laboratorio de Ultrasonidos en 1971 y fue Director del «Instituto de Acústica» durante más de 12 años. También fue Director del Centro de Tecnologías Físicas que integraba varios institutos de investigación. Tras su jubilación obligatoria en 2011, continuó durante 7 años en el CSIC en el cargo «ad Honorem.» Desde 2018 es presidente de Pusonics S.L., empresa que fundó en 2008. Fue galardonado con la Medalla Rayleigh 2017 por el *Institute of Acoustics* del Reino Unido.

Karl F. Graff es una autoridad internacional en el campo de los ultrasonidos de potencia, incluyendo los transductores, las aplicaciones y los sistemas. Graff dirigió los esfuerzos para fundar la empresa EWI, de la que fue director ejecutivo desde 1987 a 2000. Así, supervisó el crecimiento de EWI, que pasó de ser una pequeña empresa emergente a ser una organización líder mundial en unión de materiales y tecnologías

de fabricación afines. Desde 2000, investiga en ultrasonidos de potencia en diversos procesos de fabricación, y sigue enseñando y asesorando a estudiantes de posgrado en la Universidad Estatal de Ohio.

Margaret Lucas, miembro de la Real Academia de Ingeniería (FREng – *Fellow of the Royal Society of Engineering*) y de la Real Sociedad de Edimburgo (FRSE – *Fellow of the Royal Society of Edinburgh*), ocupa la cátedra Regius de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad de Glasgow, donde también es Profesora de Ultrasonidos y Directora del Centro de Ultrasonidos Médicos e Industriales de la Escuela de Ingeniería James Watt. Su investigación se centra en los ultrasonidos de potencia en aplicaciones médicas, de fabricación, espaciales y de exploración terrestre, y actualmente trabaja sobre todo en dispositivos quirúrgicos ultrasónicos.

¿Qué sabemos de? Los acúfenos



Autores: Pedro Cobo Parra y María Cuesta Ruiz

Edición: Editorial CSIC y Catarata

Año de publicación: 2024

ISBN: 9788400113353

Sinopsis

El acúfeno es la percepción de un sonido que no se ha generado en ninguna fuente externa al sistema auditivo. Se puede percibir como un tono o un ruido tipo grillo o lluvia fina, lateralizado hacia los oídos izquierdo, derecho o ambos, a una frecuencia baja, media o alta. Muchas personas consiguen habituarse a él y solo les produce una ligera molestia. En otras, sin embargo, origina trastornos emocionales (estrés, ansiedad, depresión) que reducen considerablemente su calidad de vida. Como no existen técnicas objetivas para la medida del acúfeno, su frecuencia e intensidad se estiman ajustando un sonido generado por algún instrumento al propio acúfeno del sujeto y el sufrimiento emocional asociado al acúfeno se evalúa mediante cuestionarios especialmente diseñados para ello.

A día de hoy no existe ningún medicamento aprobado, aunque sí varios tratamientos para aliviar el sufrimiento emocional asociado. En esta obra se describen los mecanismos del acúfeno, sus características (epidemiología, etiología, heterogeneidad), las técnicas que existen para su evaluación, así como los tratamientos para reducir el sufrimiento emocional que producen.

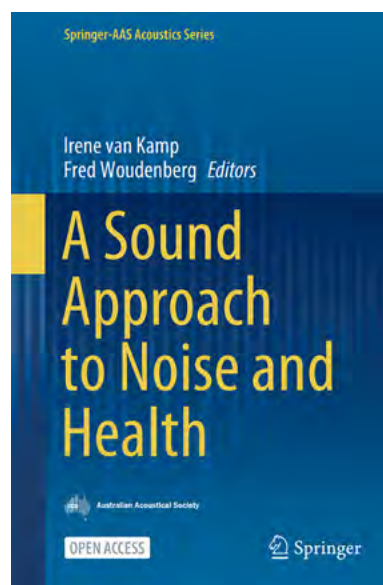
Sobre los autores

Pedro Cobo Parra es doctor en Ciencias Físicas por la Universidad Complutense de Madrid (UCM) e investigador científico del ITEFI-CSIC. Ha trabajado en diversos campos de la acústica, específicamente en hidroacústica, acústica ambiental y acústica fisiológica. En los últimos años se ha especializado en la evaluación y tratamiento del acúfeno. Desde 2018, codirige un estudio clínico sobre terapias sonoras del acúfeno. Es autor de los li-

bros “Control activo del ruido. Principios y aplicaciones” y “Absorción del sonido” (ambos del CSIC) y coautor de “El ruido”, de la colección “¿Qué sabemos de?”.

María Cuesta Ruiz es doctora en Ciencias Físicas por la UCM y científica titular del ITEFI-CSIC. En el campo de la acústica se ha especializado en la evaluación y control del ruido ambiental. Desde 2018, colabora con Pedro Cobo en el estudio clínico sobre el diseño de nuevas terapias para los acúfenos. Es coautora de “El ruido”, de la colección “¿Qué sabemos de?”.

A Sound Approach to Noise and Health



Autores: Irene van Kamp y Fred Woudenberg (Editores)

Edición: Springer – Australian Acoustical Society

Año de publicación: 2024

ISBN: 9789819761203

Prefacio, por los autores

Era 2018 cuando conversamos, y posteriormente firmamos contrato, con Springer Nature para editar un libro de unas 200 páginas sobre ruido y salud. Conocimos la serie de libros sobre Acústica de la Edi-

torial Springer en el Congreso Inter-noise de Creta, a través de Loy d'Silva y Marion Burgess. En ese momento, se realizaron ciertos preparativos y se comenzó a contactar a potenciales autores, para el compendio. El libro estaba originalmente planeado para publicarse en 2020, pero entonces llegó la COVID. Tras un nuevo plan, y 6 años después de su concepción, el libro ya está aquí. Aunque la temática es ya conocida en su ámbito, es aún sorprendente y no está desactualizada.

El sonido juega un papel crucial en la vida humana, en nuestra percepción del espacio y del tiempo, en nuestra sensación de seguridad o amenaza y en nuestra supervivencia, pero también en la expresión de emociones, en la poesía e, incluso, en la codeterminación del sentido de la vida. El papel del sonido en nuestra vida cotidiana es, a menudo, minusvalorado o, directamente, dado por supuesto. También ocurre así con sus efectos beneficiosos y dañinos. Nuestros cuerpos responden al sonido, según algunos, en respuesta al significado que les damos, mientras que otros defienden que las respuestas siempre estarán ahí, sean los sonidos deseados o no. Esta es una de las razones para la adaptación de la definición de “ruido”. La definición original de la palabra ruido como “sonido no deseado” ha sido recientemente extendida para añadir “y/o dañino”: algunos efectos ocurren nos gusten los sonidos o no. Al mismo tiempo, los sonidos adquieren un significado en determinados contextos físicos, sociales y personales y, en ese sentido, el campo difiere mucho de otros peligros medioambientales como la contaminación del agua o del aire. Excepto en casos extremos, en los que ruidos a volúmenes muy elevados pueden dañar nuestros oí-

dos, los sonidos no deseados son dañinos por repetición (el goteo del agua agujerea la roca, no por fuerza, sino por persistencia). Además, y para complicar aún más la historia, los paisajes sonoros son dinámicos y cambian con el tiempo, al igual que sus significados. Los paisajes sonoros cambiarán inevitablemente en el futuro. No es sencillo tener en cuenta todos estos aspectos al estudiar el sonido ambiental, pero tampoco al aplicar gobernanza sobre ellos. La mayoría de los estudios y las políticas se centran en fuentes y efectos únicos, y las consideraciones económicas juegan un importante papel. El enfoque de paisaje sonoro es una respuesta a esta situación, pero no se ha centrado en los efectos beneficiosos y perjudiciales a gran escala, de la exposición crónica a sonidos indeseados o dañinos. Sin embargo, se está produciendo un avance hacia un enfoque interdisciplinar, vinculando la planificación urbana al ámbito de la sostenibilidad y la salud pública, prestando atención a los efectos nocivos y beneficiosos, y tomando conciencia del entorno sonoro como primer paso para mejorarlo.

Habiendo trabajado en este ámbito durante aproximadamente 30 y 40 años, incluyendo la colaboración en diversos libros en Países Bajos en el pasado, como editores de este libro sentimos la necesidad de ofrecer toda la historia en un único lugar, con la esperanza de que las diferentes disciplinas se encuentren. Nuestro objetivo es compartir con un público más amplio los múltiples aspectos de este fascinante campo del sonido y hacerles conscientes de que todos contribuimos, profesional y personalmente. Esperamos que nuestro *A Sound Approach to Noise and Health* (Enfoque sonoro del ruido y la salud) contribuya a crear un futuro en el que muchas

menos personas sufran los efectos negativos del ruido y muchas más disfruten de los sonidos que les devuelven el bienestar en un espacio definido por el sonido y rodeado de silencio.

Sobre los autores

Irene van Kamp trabaja en el Instituto Nacional de Salud Pública y Medio Ambiente de los Países Bajos. Trabaja como investigadora sénior en el ámbito del entorno vital saludable, con experiencia específica en el campo del ruido ambiental. Su principal interés investigador es la interacción entre las personas y su entorno social y físico, con los efectos sobre la salud física y mental. Este interés se refleja tanto en su labor conceptual como en sus trabajos de investigación y publicaciones. Actualmente coordina un proyecto del programa Horizonte 2020 sobre la calidad ambiental temprana y los efectos en la salud mental a lo largo de la vida (Equal-Life). En 2012 recibió el premio holandés Golden Decibel por su trabajo científico en el campo del ruido. En 2021 recibió el Premio ICBen a la Excelencia en la Investigación sobre los Efectos Biológicos del Ruido.

Fred Woudenberg se formó como psicólogo y se doctoró en psicofarmacología en la Universidad de Utrecht. En la actualidad, dirige el Departamento de Entorno Vital del Servicio Municipal de Salud de Ámsterdam. A lo largo de su carrera se ha centrado en el ruido y la salud. Es redactor jefe de la revista neerlandesa «GELUID», fue redactor jefe del libro «*Geluid and Gezondheid*» (Ruido y salud) y formó parte del consejo de la *Nederlandse Stichting Geluidshinder* (Fundación Neerlandesa contra el Ruido) durante 12 años. También fue miembro del Consejo de Sanidad neerlandés durante 23 años.

Antártica Sonora



Autores: Andrea Javiera Navarro y Carlos Patricio Denis

Edición: Andrea Javiera Navarro

Año de publicación: 2024

ISBN: 9789564182858

Reseña

El texto “Antártica Sonora” constituye una entretenida, y brillantemente ilustrada, obra de divulgación acerca de la Antártida y su paisaje sonoro. Este libro infantil, con textos de Andrea Navarro e ilustraciones de Carlos Denis, tiene en su foco la divulgación de los sonidos de la Antártida, sin perder en el camino la divulgación en geografía y biología. Así, la publicación explica a los más pequeños, de manera precisa pero accesible, conceptos relacionados con los icebergs o la biodiversidad terrestre y marina, siempre aportando una grabación sonora real a través de QRs. Entre las grabaciones sonoras presentes en el libro se pueden encontrar las relacionadas con distintos tipos de ballenas, pingüinos, focas y aves que habitan la Antártida, así como con el crujir del hielo, o con el sonido generado por el choque de los icebergs.

Sin lugar a dudas, esta obra, gratuita y de acceso abierto en Internet, permite una divulgación so-

nora de los paisajes sonoros de la Antártida de una manera sencilla y accesible, aportando a los más pequeños una concepción no solo visual, sino también auditiva de un entorno tan remoto como la Antártida, y potencialmente despertando intereses sonoros desde la infancia.

Sinopsis

¿Imaginas poder teletransportarte a cualquier lugar del planeta? A través de los ojos de Maruja, una reconocida científica, y su nieta Ana, no solo recorrerás los paisajes polares, sino que también podrás escuchar fascinantes registros de las profundidades marinas.

El libro *Antártica sonora* se puede abordar desde tres enfoques:

Ciencia: a través de la acústica marina creamos un proyecto cultural para rescatar el patrimonio antártico.

Arte: las ilustraciones de *Antártica sonora* fueron pintadas a mano por el ilustrador chileno Carlos Denis.

Comunicación: trabajamos para acercar el continente blanco a audiencias globales.

Disponible en español, inglés y alemán.

Sobre los autores

Antártica Sonora es un proyecto de divulgación científica de alcance internacional que reunió a profesionales de diversas disciplinas con el objetivo de crear una plataforma interactiva con contenido innovador y accesible para todas las personas.

Periodistas, ilustradores, comunicadores audiovisuales, desarrolladores web e investigadores en acústica marina de Chile y Alemania, trabajaron en conjunto para contribuir a la comprensión de los ecosistemas polares y llevar una

parte de la ciencia antártica a audiencias de todo el mundo.

La directora del proyecto, Andrea Navarro, es licenciada en comunicación social y periodista por la Universidad Diego Portales (UDP) de Santiago de Chile, y cuenta con más de diez años de experiencia en comunicación de las ciencias. Ha publicado artículos en diversos medios de comunicación de circulación nacional (Chile) e internacional. También es diplomada en asuntos antárticos y se ha especializado en la difusión y divulgación de temáticas científicas, generando contenido para diferentes audiencias en múltiples plataformas. Fue una de las ganadoras del primer concurso destinado a cubrir en terreno la Expedición Científica Antártica de Chile. A lo largo de su carrera, ha dirigido y participado en proyectos multidisciplinarios vinculados al patrimonio científico y cultural de la Patagonia y Antártica.



Últimas publicaciones legislativas y normativas

Normas sobre acústica de AENOR

AEN-CTN 74 Acústica

UNE-EN ISO 16032:2024

Acústica. Medición del nivel de presión sonora de las instalaciones o de actividades en los edificios. Método de peritaje. (ISO 16032:2024).

CTN 74/SC 2 ACÚSTICA EN LA EDIFICACIÓN

Vigente: 2024-11-06

UNE-EN ISO 7029:2017/A1:2024

Acústica. Distribución estadística de los umbrales de audición en función de la edad y del género. Modificación 1: Corrección de los valores de los parámetros para estimar la distribución del umbral de audición. (ISO 7029:2017/Amd 1:2024).

CTN 74/SC 1 RUIDO

Vigente: 2024-11-06

UNE-EN ISO 10534-2:2024

Acústica. Determinación de propiedades acústicas en tubos de impedancia. Parte 2: Técnica de dos micrófonos para el coeficiente de absorción acústica normal y para la

impedancia superficial normal. (ISO 10534-2:2023).

CTN 74/SC 2 ACÚSTICA EN LA EDIFICACIÓN

Vigente: 2024-04-24

UNE-EN 14366-1:2024

Medición en laboratorio del ruido aéreo y estructural del equipamiento técnico. Parte 1: Reglas de aplicación para las instalaciones de evacuación de aguas residuales.

CTN 74/SC 2 ACÚSTICA EN LA EDIFICACIÓN

Vigente: 2024-04-24

Las soluciones acústicas completas que tus proyectos necesitan

- ENVOLVENTE
- ACRISTALAMIENTOS
- TABIQUERÍA
- TECHOS

Adaptados a las necesidades
de cada proyecto aportando el mayor
confort acústico y estético.

*Nos comprometemos a construir mejor
para las personas y el planeta*



Ecophon Clipso™, tejido técnico acústico tensado

Ecophon Clipso permite el revestimiento integral de techos y paredes, creando un aspecto continuo y sin juntas a la vez que ofrece una excelente absorción acústica y permite altos grados de personalización (impresiones y retroiluminación).

Saint-Gobain **Ecophon**, líder mundial en sistemas acústicos, ha lanzado una nueva solución de **acondicionamiento acústico** en forma de **tejido técnico tensado**, que permite cubrir **paredes y techos** con un revestimiento integral. En esta solución el tejido se tensa, en frío, mediante un discreto perfil, fijado al perímetro de la sala. Esta fijación crea un **aspecto continuo, sin juntas**, donde la superficie visible es un tejido muy resistente y altamente personalizable. El sistema se caracteriza por su:

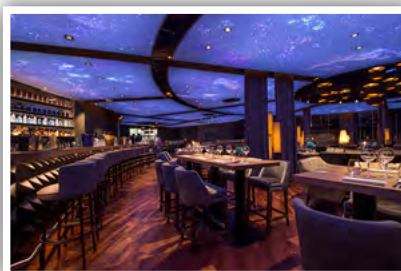
- Absorción acústica **hasta de clase A** (dependiendo del sistema).
- **Instalación en frío** y en seco; rápido de instalar, sin olores y sin apenas desperdicios.
- Aspecto **continuo** y sin juntas.
- **Adaptabilidad** a todo tipo de entornos.
- Alta **personalización** (retroiluminación, impresiones, 24 colores, integración de instalaciones...).
- Posibilidad de utilización de unidades suspendidas (islas, baffles, pantallas...).

Son diversos los proyectos que han escogido esta solución para su construcción o renovación, como es el caso de la **sede de la Unión Geofísica Americana (AGU)** en

Washington D.C. (Estados Unidos). En este proyecto, en el que se instalaron 800 m² de la solución técnica So Acoustic 495 D en color azul, se cubrió la parte superior de la escalera principal, así como el techo de la última planta, creando un aspecto 3D.



Otro proyecto en el que se ha utilizado la solución es el **restaurante Cosmo en Clermont-Ferrand** (Francia), donde se instalaron 500 m² de islas acústicas en tamaño XXL, impresas y retroiluminadas, en la zona de comedor. En ambos proyectos, los sistemas respondieron satisfactoriamente a las exigencias acústicas, de **sostenibilidad** y adaptabilidad que requerían estos proyectos.



La nueva solución Ecophon Clipso responde al compromiso de la marca de construir mejor para las personas y el planeta.



Ensayos acústicos de Stravifloor Deck sobre madera contralaminada CLT

A medida que la construcción en madera gana protagonismo a nivel global, especialmente en proyectos sostenibles, se hace imprescindible incorporar soluciones acústicas que no solo aseguren el cumplimiento de las normativas de edificación, sino que también garanticen el confort de los usuarios. Stravifloor Deck es un sistema húmedo de suelo flotante, diseñado para estructuras de madera y CLT, que ha obtenido resultados extraordinarios en una reciente campaña de ensayos en laboratorio. La solución alcanzó un nivel de aislamiento al ruido de impacto $L_{n,w} = 31(1)$ dB, mientras que el aislamiento al ruido aéreo fue de $R_w(C, Ctr) = 77(-4, -10)$ dB, mostrando su enorme eficacia en la minimización de la transmisión de ruido a través de suelos.



Esta solución es ideal para alcanzar objetivos de construcción sostenible, pues requiere de apenas una colada de 50 mm de espesor de hormigón para obtener un altísimo rendimiento de aislamiento acústico. De esta manera, es posible diseñar losas flotantes acústicas de una altura total de apenas 80 mm. Por si fuera poco, el Stravifloor Deck es compatible con sistemas de suelo radiante, requiriendo simplemente de un espesor de losa flotante de 56 mm para integrar los elementos de calefacción (considerando un serpentín de 16 mm y un recubrimiento de hormigón de 20 mm). El encofrado integrado presenta el potencial de realización de

losas ultrafinas, sin representar una pérdida efectiva de espesor, reduciendo la altura total al mínimo. La chapa colaborante distintiva en cola de milano proporciona rigidez a flexión a la vez que reduce el volumen requerido de hormigón o mortero, dando lugar a una solución más ligera y, por lo tanto, más sostenible que otras alternativas de espesor similar. Este sistema puede, asimismo, combinarse con soluciones de techos suspendidos, característica esencial en los países en los que los requerimientos de protección al fuego obligan a ello.

Puede obtener información más detallada en la página web de CDM Stravitec (<https://cdm-stravitec.com/es/solutions/stravifloor-deck>). Recuerde que también tiene a su disposición nuestra extensa biblioteca de ensayos acústicos, Stravi-dB (<https://stravi-db.com/login>), para proporcionarle apoyo técnico en la toma de decisiones para su próximo proyecto en madera.

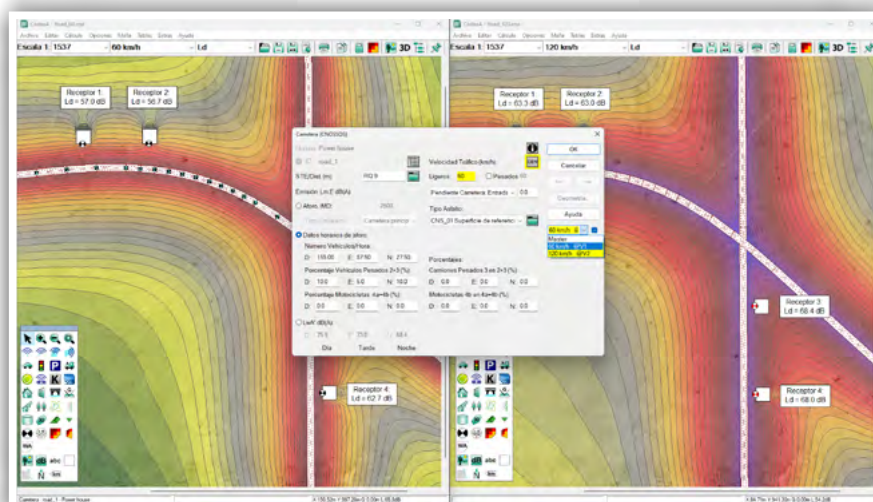


Nueva versión de CadnaA 2024 MR1

La última versión de CadnaA incluye importantes novedades que facilitarán enormemente la elaboración de mapas de ruido.

Por una parte, a cada objeto se le puede asignar un valor diferente de atributo por cada una de las variantes incluidas en el proyecto, sin necesidad de duplicar objetos y pudiendo comparar diferentes escenarios de una manera más cómoda y sencilla.

Por ejemplo, en la imagen se puede ver un proyecto en el que se han creado dos variantes: una en la que la velocidad de las carreteras es



60 km/h y otra en la que esta velocidad es 120 km/h. Dentro de cada variante se le ha asignado un valor diferente al atributo "Velocidad Tráfico (km/h)".

Otra de las grandes novedades de la versión CadnaA 2024 MR1 es la incorporación de la nueva norma ISO 9613-2:2024 "Attenuation of sound during propagation outdoors — Part 2: Engineering method for the prediction of sound pressure levels outdoors" para la evaluación de fuentes de tipo industrial.

CadnaR.scan, aplicación móvil para el escaneo e importación de recintos a CadnaR

La nueva aplicación CadnaR.scan permite escanear y crear rápidamente un modelo digital 3D de su entorno. El modelo puede, después, ser importado a CadnaR para su procesamiento acústico.

El escaneo está basado en tecnologías de realidad aumentada, lo que permite realizar escaneos de recintos y plantas, incluyendo paredes, elementos de pared integrados y objetos existentes en la habitación.

CadnaR.scan permite navegar a través de los recintos mediante la vista 3D, pudiendo realizar cambios a través de herramientas básicas de edición.

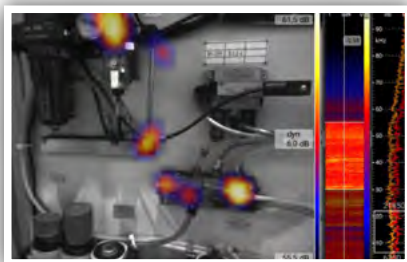
También permite seleccionar qué objetos o partes del escaneo se exportarán al software CadnaR.



Nueva SoundCam Ultra 3

Desde Ingeniería Acústica García-Calderón, presentamos la nueva cámara acústica SOUNDCAM ULTRA 3, de la marca CAE-SYSTEMS.





SoundCam Ultra 3 es una cámara ultrasónica que permite representar imágenes de sonidos en el rango entre los 2000 Hz y los 100 kHz. El dispositivo es capaz de localizar fuentes sonoras en tiempo real, mostrando los resultados de manera inmediata en la pantalla. El dispositivo es, además, tan fácil de utilizar como un *smartphone*.

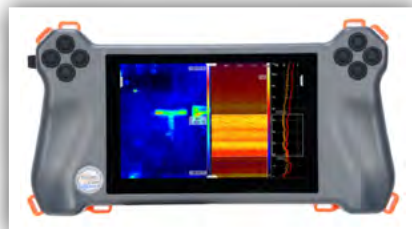


Al estar diseñada para la localización de fuentes de ruido de alta frecuencia, se trata de una cámara muy práctica y de pequeñas dimensiones. Además, la nueva SoundCam Ultra 3 cuenta con una cámara termográfica, lo que hace del instrumento un sistema "2 en 1".

Con sus 176 micrófonos, esta cámara es capaz de detectar fugas en circuitos de aire comprimido, así como derivaciones o falsos contactos en redes eléctricas con una resolución incomparable. Además, posee una función que permite transformar los ultrasonidos al rango audible, con lo que, junto con una velocidad de captura de 100 fotografías por segundo, hace muy sencillo capturar y analizar imágenes acústicas de ruidos transitorios mediante *beamforming*.

El audio, el video óptico, el vídeo térmico y el vídeo acústico están sincronizados a alta velocidad, con

lo que se puede observar el origen y la propagación del sonido.



Si desea obtener más información acerca de esta u otras cámaras acústicas distribuidas por IAG, o de cualquier otro instrumento que CAE-SYSTEMS, RION o IAG fabrique, no dude en ponerse en contacto con nosotros en el 91 128 89 47, por e-mail en info@garcia-calderon.com o a través de nuestra web <https://garcia-calderon.com>



SoundPLAN Noise: nueva versión disponible

Ya se encuentra disponible la versión 9.1 de SoundPLAN Noise.

Esta nueva versión incorpora novedades para hacer aún más fácil y eficiente el trabajo con el modelo. Entre algunas de las mejoras se encuentran las siguientes:

- Implementación de la norma ISO 9613-2:2024
- Revisión completa de los gráficos 3D
- Transmisión sonora a través de pantallas acústicas
- Mejoras en la importación de datos

Estas funciones e innovaciones hacen que SoundPLAN siga siendo el software de ruido ambiental más completo y práctico del mercado.

AAC Centro de Acústica Aplicada, como distribuidores de SoundPLAN Noise en España y Portugal, cuenta en su web (ver enlace más abajo) con información adicional acerca del programa, así como sobre SoundPLAN Essential y SoundPLAN Manda.

<https://www.aacacustica.com/soundplan/descarga-demos-y-manuales/>

Para cualquier otra duda puede ponerse en contacto con AAC Centro de Acústica Aplicada:

Email: soundplan@aacacustica.com

Teléfono: (+34) 94 529 82 33

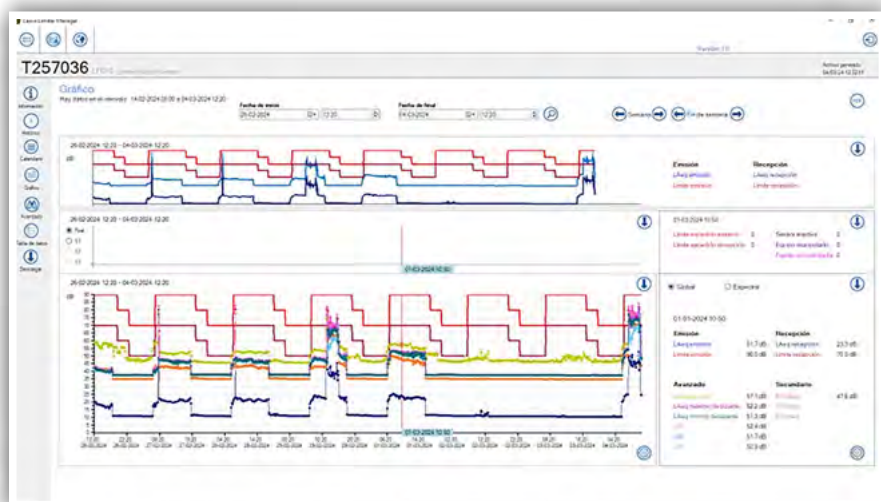
CESVA

Nuevo CESVA Limiter Manager SI070, la herramienta software para visualizar y analizar datos del limitador LF010

CESVA Limiter Manager es el nuevo software gratuito para que tanto instaladores como inspectores puedan almacenar, compartir, visualizar e incluso analizar datos del limitador acústico CESVA LF010.

Los instaladores podrán guardar en el software CESVA Limiter Manager tanto los datos descargados (.CLS) de diferentes limitadores y diferentes tramos temporales, como los datos de instalación y programación del limitador, el calendario de festivos y el histórico de acciones. De esta forma se podrá tener un listado de todos los limitadores con el intervalo de datos disponible.

El software permite visualizar en detalle un tramo temporal seleccionado, visualizando los niveles sonoros y las incidencias registradas, si-



multáneamente, de manera gráfica y numérica. Los gráficos son configurables, pudiéndose escoger las funciones representadas, el tramo visualizado, así como los ejes de abscisas (temporal) y de ordenadas (nivel sonoro en decibelios). De esta manera se puede ajustar la visualización a aquella que más se adapte a las necesidades del usuario en cada caso. Tanto los gráficos como los textos se pueden exportar a un procesador de texto para confeccionar informes. Los gráficos se generan en formato vectorial para asegurar una calidad profesional de los informes. El software, además, genera informes en PDF, de las visualizaciones y análisis realizados.

CESVA Limiter Manager es un software intuitivo y de muy fácil manejo que también da acceso a información avanzada como los niveles musicales y la información espectral por tercio de octava de cada instante, pudiéndose estudiar, para cada incidencia, su distribución energética, así como valorar las posibles causas de su aparición.

La nueva herramienta CESVA Limiter Manager es imprescindible para los inspectores de la administración de poblaciones que no tengan plataforma online, como LIDACO o Sentilo, puesto que les permitirá tener la misma capacidad

de análisis que con estas plataformas, en un software Windows.

En la página web de CESVA se puede descargar gratuitamente CESVA Limiter Manager (<https://www.cesva.com/es/productos/pc-software/cesva-limiter-manager/>), una guía rápida de uso y una guía de migración de datos desde el anterior software CESVA Limiter Studio.



HEADlab II – Nueva generación del sistema modular de adquisición de datos multicanal

La nueva generación del sistema modular de adquisición de datos HEADlab es perfecta para las aplicaciones móviles más exigentes, así como para cualquier tipo de medición multicanal de sonido y vibraciones. Los nuevos modelos HEADlab, de diseño robusto, son extremadamente silenciosos y ofrecen altas velocidades de transmisión de datos, así como compatibilidad con

CAN-FD y con opciones de sincronización mediante GPS y LAN (PTP).

Los sistemas HEADlab II constan de uno o varios controladores y uno o varios módulos de entrada, reproducción (*playback*) y/o alimentación, actuando este último como batería externa para aplicaciones móviles. Los clientes pueden configurar los módulos en base a sus necesidades y los diferentes tipos de sensores que utilicen (por ejemplo, micrófonos de condensador, micrófonos de bajo ruido (TEDS), sensores de aceleración, velocidad, presión, temperatura, carga, sísmicos, etc.), combinándolos entre sí de forma flexible. Un mecanismo de bloqueo integrado conecta los módulos entre sí formando unidades robustas.

El corazón del sistema HEADlab II es el potente controlador labCTRL II.1, que implementa el nuevo protocolo de interfaz HEADlink 2.0, permitiendo frecuencias de muestreo de entre 8 y 204,8 kHz por canal. labCTRL II.1 concentra y sincroniza los datos, alimenta los módulos conectados y establece la conexión con el PC. Además, conectando varios controladores, los sistemas pueden ampliarse a varios cientos de canales (actualmente más de 900 canales).

Todos los módulos y controladores HEADlab de las generaciones I y II son totalmente compatibles entre sí.

Más información en: HEAD acoustics *Data Sheet* HEADlab II (www.head-acoustics.com)



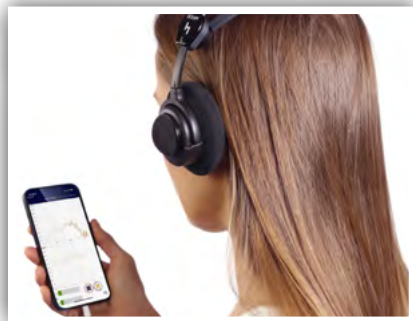
SQope - Auriculares digitales binaurales para las mediciones móviles de sonido

Los auriculares digitales SQope permiten la adquisición y reproducción móvil de sonido binaural, a través del puerto USB-C (adaptador *Lightning*) de un smartphone (iOS) o Tablet (iPadOS) en los que esté instalada la aplicación gratuita HEAD B2U.

Dado que SQope ya tiene preinstalados todos los filtros de ecualización necesarios, se puede grabar y reproducir, de forma inmediata, sonidos correctamente ecualizados.

Una vez instalada e inicializada la aplicación HEAD B2U, se puede comenzar a grabar tan pronto como se conecte SQope al dispositivo móvil. SQope se alimenta a través de la conexión USB y, por lo tanto, es completamente autosuficiente. Sus grabaciones se almacenan en el dispositivo móvil y pueden reproducirse a través de SQope o transferirse a un ordenador para su posterior análisis con ArtemiS SUITE.

También puede conectar SQope a los sistemas móviles de adquisición de datos SQobold/SQuadriga III, y guardar la señal de SQope junto con el GPS y el canal de vídeo del sistema móvil.



Gracias a su ligereza y facilidad de uso, SQope es adecuado para una amplia gama de aplicaciones, incluyendo grabaciones binaurales de ruido ambiental como ruido de turbi-

nas eólicas o ruido de aviones, pero también para investigaciones en paisaje sonoro, ingeniería de sonido, control de calidad y mucho más.

Más información en: HEAD acoustics *Data Sheet* SQope (www.head-acoustics.com)

IDEATEC advanced acoustic solutions

IDEATEC y SUMMUMSTUDIO presentan un sistema acústico modular 'CELL', hecho de plástico reciclado

En un mundo donde la funcionalidad y la estética se entrelazan de manera armónica, Ideatec Advanced Acoustic Solutions se enorgullece en presentar su revolucionario sistema acústico modular CELL, diseñado por el conocido estudio Summumstudio. Este innovador sistema está destinado a transformar la manera en que concebimos y articulamos los espacios, priorizando la calidad y el acondicionamiento acústico por encima de todo.

CELL está compuesto por paneles curvos consecutivos de fibra de poliéster (PET), un material que no solo destaca por sus propiedades acústicas, sino también por su sostenibilidad, puesto que el PET está compuesto de botellas de plástico

recicladas. Summumstudio ha concebido una colección que escapa de las modas pasajeras y se enfoca en una estética arquitectónica atemporal, creando un sistema que es a la vez técnico y elegante.

Una de las características más destacadas del CELL es su **agilidad y versatilidad**. Este sistema se adapta a diversos tipos de espacios, ofreciendo soluciones que mejoran tanto el rendimiento acústico como la funcionalidad del entorno. Con dos formatos de instalación disponibles, los arquitectos pueden elegir el que mejor se adapte a sus necesidades.

- **Formato de Panel Abierto:** los paneles se disponen en secuencia, creando una disposición frontal ondulante que aporta dinamismo y fluidez al diseño del espacio.
- **Formato Opaco:** en esta configuración, los módulos de paneles se colocan frontalmente, permitiendo visualizar las ondulaciones del producto desde un lateral.

Con el sistema acústico modular CELL, Ideatec Advanced Acoustic Solutions y Summumstudio invitan a repensar la acústica en la arquitectura. Este producto no solo mejora la calidad del sonido en nuestros entornos, sino que también mejora la estética de cada espacio.



*25 AÑOS
A TU LADO*



iberacústica

HACIENDO DEL MUNDO UN LUGAR MÁS SILENCIOSO

WWW.IBERACUSTICA.COM

Siguen a buen ritmo los preparativos para el próximo Forum Acusticum Euronoise 2025

El próximo año 2025, entre los días 23 y 26 de junio, se celebrará en Málaga un acontecimiento acústico de gran calado, que incluirá dos relevantes congresos internacionales de acústica, Forum Acusticum y Euronoise, en el mismo espacio y tiempo. La Sociedad Española de Acústica, principal organizadora del evento que espera reunir alrededor de 1000 congresistas en Málaga en torno a la Noche de San Juan, se encuentra trabajando a gran ritmo, pero con mucho ánimo, para que el evento cumpla con todas las expectativas de los asistentes.

A día de hoy, cuando aún quedan prácticamente siete meses para la celebración del evento, los preparativos, académicos, pero también sociales, se encuentran en un punto muy avanzado de desarrollo. En este

sentido, la página web del Congreso (<https://www.fa-euronoise2025.org/>) cuenta ya con abundante información a disposición de los potenciales participantes. Uno de los datos académicos de mayor interés, el nombre de los conferenciantes plenarios (*Keynote Speakers*) y sus temáticas, ya se encuentra a disposición. En total, en el Congreso Forum Acusticum Euronoise 2025 habrá cuatro conferencias plenarias:

- **Dr. Francesco Aletta**, de la *University College London, UK* – “Standardizing soundscape perception and other tales”
- **Dr. Noé Jiménez**, del Instituto de Instrumentación para Imagen Molecular (i3M) del CSIC – “Sculpting sound fields with acoustic holograms”
- **Prof. Mark Plumbley**, del *Centre for Vision, Speech, and Signal Processing (CVSSP)* de la *University of Surrey, UK* – “AI for Acoustics: Recognition, Captioning, Visualization, Se-

paration and Generation of Everyday Sounds”

- **Dr. Ana Širović**, del departamento de Biología de la *Norwegian University of Science and Technology, NO* – “Sounds of the Ocean: understanding marine life and its interactions with sound.”

Entre otros datos interesantes expuestos en la página web se pueden encontrar la sede del evento, que será el Palacio de Ferias y Congresos de Málaga, los distintos Temas Principales (*Main Themes*) y Sesiones Estructuradas (*Structured Sessions*) con los que contará el Congreso, así como las principales fechas de interés, que se enumeran a continuación:

- **Recepción de resúmenes (abstracts) – apertura y cierre:** 30 de septiembre de 2024 al 19 de enero de 2025
- **Aceptación de resúmenes – límite informativo:** 4 de febrero de 2025



FORUM ACUSTICUM EURONOISE 2025

23-26 JUNE 2025 | Málaga, Spain.

Cierre de recepción de resúmenes:

19 de enero de 2025

Cierre de recepción de comunicaciones
con resumen aceptado:

23 de marzo de 2025



- **Recepción de comunicaciones (papers) – cierre:** 23 de marzo de 2025
- **Aceptación de comunicaciones – límite informativo:** 6 de abril de 2025
- **Apertura y cierre de registro temprano (Early Bird):** 23 de septiembre de 2024 al 20 de abril de 2025

Para las potenciales empresas interesadas en participar en el Congreso, la sección de *Exhibition & Sponsorship* presenta toda la información necesaria con relación a las diferentes posibilidades de patrocinación y exhibición, incluyendo un detallado dossier informativo y un formulario de inscripción para las empresas.

El Congreso contará, además, de diversas actividades satélite, entre las que se encuentran la Escuela de Verano (*Summer School*) de la *European Acoustics Association* (EAA); *Forum Laboris*, un evento destinado a poner en contacto a empresas con potenciales candidatos jóvenes; un evento enfocado en el diseño y modelización en acústica de la edificación (*Design and Modelling in Building Acoustics*), organizado por el comité “TC RBA Room and Building acoustics” de la EAA; y diversas visitas técnicas a instalaciones de interés.

Para más información, actualizada de manera habitual, no dude en visitar la página web del Congreso: <https://www.fa-euronoise2025.org/>

Escuela de Verano (*Summer School*) de la *European Acoustics Association* en Málaga, en el marco del Congreso Forum Acusticum Euronoise 2025

La habitual *Summer School* de la *European Acoustics Association* para estudiantes de Grado, de Máster y de Doctorado, así como para jóvenes investigadores y profesionales del sector de la Acústica, se incluirá el próximo año entre los eventos satélite del Congreso Forum Acusticum Euronoise 2025.

La *Summer School*, que se celebrará en las instalaciones de la Universidad de Málaga durante el fin de semana previo al Congreso, los días 21 y 22 de junio de 2025, está organizada en esta ocasión por: Belén Casla-Herguedas, Tesorera de la SEA e investigadora del Instituto Eduardo Torroja del CSIC; Laura Estévez-Mauriz, profesora de la Universidad de León; y María Ángeles Navacerrada-Saturio, Vicepresidenta de la SEA y profesora de la Universidad Politécnica de Madrid.

Durante la *Summer School* se abordarán varias temáticas acústicas diferentes, en las nueve sesiones paralelas, entre las que podrán elegir los potenciales estudiantes. Las temáticas (*Hot Topics*) a cubrir durante la *Summer School*, que ya están elegidas, se presentan a continuación:

- **Fundamentals in Acoustics**, organizada por Maarten Hornikx, de la *Eindhoven University of Technology, NL*. Módulo destinado a personas no expertas en acústica.
- **Hot Topic 1 – Applications of Sound Signal Processing in Society and Digital Industry**, organizada por Manuel Rosa Zurera, de la Universidad de Alcalá.
- **Hot Topic 2 – Metamaterials in Acoustics and Vibrations**, organizada por Luis Godinho, de la *Universidade de Coimbra, PT*.
- **Hot Topic 3 – Perceptual Research in Acoustics: Fundamentals of Design, Performance and Analysis**, organizada por Daniel de la Prida, Vocal del Consejo Rector de la SEA y profesor de la Universidad Politécnica de Madrid.
- **Hot Topic 4 – Acoustic Holograms: Drawing with Sound**, organizada por Noé Jiménez, del Instituto de Instrumentación para Imagen Molecular (i3M) del CSIC, y ponente plenario en Forum Acusticum Euronoise 2025.
- **Hot Topic 5 – Vibroacoustics: a practical approach**, organizada por Eduardo Latorre-Iglesias, de la Universidad Politécnica de Madrid.
- **Hot Topic 6 – What Noise has to do with Urban Health? Approaches to Epidemio-**

logical Studies and Implementing Solutions, organizada por Laura Estévez-Mauriz y Martin Rössli, de la Universidad de León y de la *University of Basel, CH*, respectivamente.

- Hot Topic 7 – **Applications of Artificial Intelligence in Acoustics**, organizada por Rosa María Alsina-Pagès y Ester Vidaña-Vila, de La Salle Campus Barcelona (Universidad Ramon Llull)
- Hot Topic 8 – **Measurement method for sound field analysis, reconstruction and reproduction**, organizada por Efrén Fernández-Grande, de la Universidad Politécnica de Madrid.

Cada curso dispondrá de plazas limitadas, siendo de 100 asistentes para el módulo general de *Fundamentals in Acoustics* y de 25 para cada uno de los ocho *Hot Topics*. La inscripción, que se realiza a través de la página web del Congreso, ya se encuentra abierta.

Además de las diversas sesiones paralelas, la Summer School contará también con dos ponencias plenarios que serán comunes a todos los módulos: “*Deep Learning, AI and Acoustics*”, que será impartida por el Dr. Hamid Krim, miembro del personal técnico de AT&T Bell Labs; y “*Carriers paths in Acoustics*”, con ponente aún por confirmar. Además, algunos módulos contarán con pequeñas exposiciones de empresas del sector, relacionadas con la temática del módulo, para aportar una visión más práctica de las temáticas.

La inscripción a la Summer School tiene un coste muy ajustado, de 50€ para el módulo general y de 100€ para los *Hot Topics*. La EAA, principal patrocinadora del evento, sufragará la asistencia gratuita de hasta 25 ponentes para el módulo

general y de 10 ponentes en cada uno de los ocho *Hot Topics*.

Más información con respecto a la *Summer School* puede encontrarse en: <https://www.fa-euronoise2025.org/summer-school>

***Design and Modelling in Building Acoustics*: evento satélite del Forum Acusticum Euronoise 2025**

En paralelo con la *Summer School*, los días 21 y 22 de junio de 2025 tendrá lugar en Málaga otro de los eventos satélites del Congreso Forum Acusticum Euronoise 2025, el evento *Design and Modelling in Building Acoustics*. El seminario está dirigido a investigadores, ingenieros, arquitectos y consultores acústicos interesados en ampliar sus conocimientos sobre acústica de edificios, aunque también es adecuado para estudiantes de posgrado y jóvenes profesionales especializados en acústica, arquitectura o ingeniería que deseen profundizar en la modelización predictiva y las técnicas prácticas de aislamiento acústico.

Este acontecimiento estará organizado por Teresa Carrascal, del Instituto Eduardo Torroja del CSIC, y actual Directora de la parte de Edificación del comité técnico de Acústica de Salas y de la Edificación (TC RBA) de la EAA, así como por: Birgit Rassmussen, de la *Aalborg University* de Dinamarca; Catherine Gougou Carter, del CSTB de Francia; Patrizio Fausti de la *University of Ferrara* de Italia; y Stefan Schoenwald del EMPA de Suiza.

Durante el seminario se expondrán, entre otras cosas, los métodos de modelización más avanzados, centrándose en los avances prácticos y teóricos de los modelos de predicción del aislamiento acústico. Entre los temas que se tratarán figuran los modelos de predicción

para construcciones en madera, así como los métodos para evaluar el ruido de las instalaciones de los edificios y el ruido transmitido por el suelo.

Los asistentes se beneficiarán de las ponencias de destacados investigadores y profesionales, estudios de casos interactivos y debates sobre los nuevos retos de la investigación.

El programa preliminar del evento, con todos los detalles relativos a sus ponentes y temáticas se puede encontrar en la página web del Congreso:

<https://www.fa-euronoise2025.org/design-and-modelling-in-building-acoustics>

Sound of Numbers organiza las V Jornadas en Tecnologías para Ingeniería Acústica

Los días 13 y 14 de noviembre, Sound of Numbers organizó la 5ª edición del evento “Jornadas en Tecnologías para la Ingeniería Acústica” que realiza anualmente, donde se realizaron formaciones, *workshops* (talleres) y sesiones demostrativas de una parte de la tecnología para ingeniería acústica que desarrolla y distribuye. Por el Hotel NH Ribera del Manzanares en Madrid, sede del evento, pasaron más de 60 personas en los dos días.

Durante el primer día, se realizaron sesiones demostrativas de las tecnologías de medición y de análisis de Norsonic y Microflown Technologies. Entre algunas de las temáticas que se trataron durante estas sesiones, se encontraron las mediciones de acústica medioambiental y de aislamiento acústico en edificación, la localización y caracterización de fuentes sonoras, los sistemas de control de calidad a final de línea de producción mediante sensores avanzados y el *Machine Learning*.

En paralelo, James Kelly, del grupo Axiometrix, impartió un *workshop* sobre ensayos y mediciones de audio mediante el software APx500, analizadores de Audio Precisión y micrófonos GRAS.



Durante el segundo día, Antonio Notario impartió un curso completo del software de predicción CadnaA de Datakustik, comenzando la jornada con conceptos básicos que permitieron afianzar los fundamentos de este tipo de tecnología y finalizando con la demostración de herramientas más complejas y sofisticadas, con las que los asistentes podrán afrontar los retos más exigentes sobre predicción de ruido en exteriores.



Los productos acústicos Rockfon han alcanzado el estatus *Silver* de Cradle to Cradle Certified®

Además, Rockfon ha logrado el nivel *Platinum* en la categoría General - Política y Gestión Medioambiental, y el nivel *Gold* en Equidad Social.

Rockfon, parte del Grupo ROCKWOOL, anuncia con orgullo que el 86% de su gama de soluciones acústicas ha obtenido la acreditación *Cradle to Cradle Certified® Silver* según la versión 4.0 del estándar global de sostenibilidad. *Cradle to Cradle Certified® (C2C)* es una de las certificaciones más sólidas y líderes del mercado. Desde 2021, C2C ha sido la opción preferida por Rockfon para verificar la sostenibilidad en cinco áreas clave: Salud de los Materiales, Circularidad de los Productos, Protección del Aire y del Clima, Gestión del Agua y del Suelo, y Equidad Social.

“La versión 4.0 de C2C proporciona a Rockfon una valiosa referencia para medir su progreso en sostenibilidad y diferenciarse de la competencia”, comenta Parik Chopra, Director General de Rockfon.

La certificación C2C asegura que los productos Rockfon:

- Están diseñados para reducir las emisiones de carbono y el consumo de agua.
- Contribuyen a la economía circular.
- Son evaluados por su seguridad en cuanto a salud de los materiales.
- Tienen un enfoque positivo hacia la sociedad.

Hasta la fecha, más de 34.000 productos, en diversas industrias, desde materiales de construcción hasta automóviles, han sido acreditados con C2C. En el sector de la construcción, promotores y arqui-

tectos eligen productos sostenibles certificados con C2C, puesto que también otorgan puntos en esquemas de clasificación como LEED y WELL.

Las evaluaciones científicas e independientes como C2C son esenciales para definir una hoja de ruta en sostenibilidad. Desde 2016, ROCKWOOL ha utilizado los Objetivos de Desarrollo Sostenible de las Naciones Unidas para medir su progreso económico, social y medioambiental.



Rockfon - Nuevas Declaraciones Ambientales de Producto de 2ª Generación

Anuncio de una nueva versión de Declaraciones Ambientales de Producto (DAP) específicas para 160 variantes de nuestros productos acústicos.

Rockfon se enorgullece de presentar una nueva versión de las Declaraciones Ambientales de Producto (DAP) específicas para 160 variantes de los productos acústicos, entre soluciones acústicas para paredes y techos, con el objetivo de ofrecer transparencia y recursos adicionales a arquitectos, constructores y diseñadores.

La nueva versión amplía la cobertura al 91% de las ventas totales con DAP específicas de cada producto. Todos los impactos ambientales se declaran por módulo para cumplir la norma europea EN 15804+A2, lo que garantiza la claridad sobre el rendimiento en materia de sostenibilidad.

Los clientes tienen, así, acceso a información completa sobre el impacto ambiental específico de los productos, verificada y validada por terceros. La nueva versión facilita la introducción de valores en las evaluaciones del ciclo de vida de los edificios, de modo que los proyectos se evalúan y optimizan con precisión.

Estas nuevas DAP de Rockfon constituyen una actualización a la primera versión, lanzada en 2021, y en la que se ofrecía una declaración universal para todos los paneles de techo. Los valores de todos los productos se calcularían previamente agregando un factor de escala a un panel de referencia en función de la densidad de los valores.



Las nuevas DAP complementan varios esfuerzos recientes de Rockfon para participar en iniciativas de construcción ecológica y cumplir objetivos dentro de marcos regulatorios y voluntarios.

Se puede acceder a las DAP de segunda generación en la página web de Rockfon (<https://www.rockfon.es/documentos-y-herramientas/biblioteca-de-documentos/>).

Rockfon logra la reducción de emisiones de carbono en 65 variantes de productos

En total, las variantes de productos con emisiones reducidas representan en conjunto el 60% de las ventas anuales en Europa.

Rockfon anuncia una reducción media del 22% en el Potencial de

Calentamiento Global (PCG) de 65 variantes de productos acústicos para paredes y techos, llegando hasta un 40% en algunos productos. Esta mejora se debe a la actualización de tecnologías en una de las principales líneas de producción en Europa.

Las reducciones, calculadas en comparación con los valores de 2019, consideran las etapas del ciclo de vida desde la extracción de materia prima hasta la fabricación del producto (A1-A3).

“Las reducciones en nuestros productos se traducen en beneficios para las construcciones de nuestros clientes y el sector en general”, declaró Kasper Sánchez Viðbæk, Director de Sostenibilidad de Rockfon.

El PCG mide las emisiones de gases de efecto invernadero asociadas a cada producto, incluyendo los gases fósiles, biogénicos y de uso del suelo. Para Rockfon Color-all®, Rockfon Mono Acoustic, Rockfon Artic y Rockfon Ekla®, la reducción del PCG es de hasta un 40%, y de hasta un 35% para Rockfon Blanka®.



Estos valores actualizados se reflejan en las Declaraciones Ambientales de Productos (DAP) de Rockfon. Estos esfuerzos complementan el objetivo de ROCKWOOL de reducir las emisiones de alcance 1 y 2 en un 38% para 2034, como parte de su meta de cero emisiones netas para 2050.

Cosentino transforma su sede central en un espacio acústicamente saludable con la certificación Hábitat Acústico de Audiotec

La compañía **Cosentino** ha llevado a cabo un ambicioso proyecto de **acondicionamiento acústico** de las áreas clave de descanso de su sede central, ubicada en Cantoria, Almería, como parte de su compromiso con el **bienestar** de sus empleados y la mejora de sus espacios laborales.

Para la ejecución de este proyecto, Cosentino ha confiado en la firma española **Audiotec**, especializada en **soluciones de Ingeniería Acústica**. Audiotec diseñó e instaló un sistema de baffles acústicos negros, personalizados para adaptarse a las luminarias y difusores del techo. Ello permitió atenuar el ruido en estas áreas sin afectar a la estética ni la funcionalidad del espacio. Este sistema ha transformado estas zonas en lo que se denomina **“Hábitat Acústico”**, un entorno que mejora significativamente el bienestar y el confort acústico de los trabajadores.

El resultado de esta intervención ha sido reconocido con la colocación de una placa distintiva que certifica estas áreas de Cosentino como **“Espacio Acústicamente Saludable”**. La entrega de la placa fue realizada por **Ana Espinel**, CEO de Audiotec, quien, junto con **Judith Lora**, Directora de la delegación de Levante, visitó las instalaciones de Cosentino para comprobar el éxito del proyecto. Durante la visita estuvieron presentes **Verónica López**, Directora de Construcción, Espacios y Servicios Generales de Cosentino, y **Gustavo Riso**, Manager de Infraestructuras del Parque Industrial, que acompañaron a las representantes de Audiotec en su recorrido.



Este proyecto refleja la política activa de Cosentino en la creación de **entornos laborales saludables y confortables**, reafirmando su compromiso con el bienestar de sus empleados mediante soluciones innovadoras. Gracias a la labor de Audiotec y su **certificación Hábitat Acústico**, Cosentino ha logrado **transformar sus espacios en áreas acústicamente saludables**, mejorando así la calidad ambiental y el confort diario de sus trabajadores.

HBK organiza un día de medición en su sede de Virum, para estudiantes de la Universidad Técnica de Dinamarca (DTU)

En un día claro y soleado, estudiantes de la Universidad Técnica de Dinamarca (DTU) se embarcaron en una jornada educativa en HBK Virum. El objetivo era obtener experiencia práctica en la medición de niveles de ruido industrial.

Para los estudiantes de acústica ambiental, es crucial cerrar la brecha entre el conocimiento teórico y la aplicación práctica. Al estudiar la teoría de la acústica, es esencial comprender la propagación del sonido, el control del ruido y su impacto en el medio ambiente y la salud humana. Sin embargo, en la práctica, las mediciones pueden verse afectadas por problemas reales, como interrupciones inesperadas, posibles problemas con los equipos o desafíos ambientales. Para mejorar la acústica de los espacios públicos se necesita un enfoque dual, y es, por lo tanto, importante que los

alumnos tengan una visión clara de los aspectos no sólo teóricos, sino también de los prácticos.

Por este motivo, los principales objetivos del día de medición fueron:

- Familiarizar a los estudiantes con el uso práctico de los sonómetros.
- Comprender los principios de la medición de ruido industrial.
- Analizar e interpretar los datos recopilados de diversas fuentes industriales para evaluar la probabilidad de molestia.
- Identificar problemas del mundo real y encontrar soluciones basadas en las mediciones.

Para llevar a cabo el ensayo, los estudiantes utilizaron una combinación de sonómetros B&K 2245 y HBK 2255, dispositivos avanzados, de un solo canal, clase 1, diseñados para tareas complejas. La metodología seguida durante este ejercicio práctico se dividió en:

- **Preparación:** se instruyó a los estudiantes sobre las actividades del día y las funcionalidades de los sonómetros. Luego, tras dividirse en pequeños grupos, cada grupo seleccionó diferentes fuentes industriales alrededor de la instalación de HBK Virum.
- **Medición:** cada grupo usó los sonómetros B&K 2245 o HBK 2255 para medir niveles de ruido en varios puntos alrededor de las fuentes industriales.
- **Análisis:** después de las mediciones, los estudiantes revisaron los datos y realizaron cálculos de acuerdo con la norma de ruido ambiental ISO 1996.

Cada grupo presentó sus resultados junto con una revisión de lo que harían de manera diferente la próxima vez. Los datos recopilados revelaron variaciones en los niveles de ruido entre diferentes fuentes in-

dustriales. Los resultados clave incluyeron:

- **Captura de datos representativos:** si un sistema de climatización está en el techo de un edificio, seleccionar la ubicación de la medición y aislar la señal del ruido de fondo puede ser complejo.
- **Impactos ambientales:** además del ruido de los dispositivos específicos bajo investigación, los estudiantes tuvieron que lidiar con ruido de una guardería local, el canto de pájaros y el ruido de tráfico.

El día de medición en HBK Virum fue un rotundo éxito, proporcionando a los estudiantes de la DTU una experiencia práctica muy valiosa. El uso de los sonómetros B&K 2245 y HBK 2255 no solo mejoró su comprensión de la medición de ruido industrial, sino que también les proporcionó las competencias para analizar e interpretar datos complejos. Esta experiencia práctica es crucial para sus futuras carreras en acústica ambiental e industrial.

Después del día de medición, varios estudiantes completaron mediciones adicionales, y estos datos se usaron como parte de un estudio





y presentación en Inter-noise 2024 en Nantes, Francia.

HBK y MMB software afrontan con éxito la renovación de los sonómetros utilizados en las estaciones de inspección de vehículos de Italia para mantener bajo control el ruido de los escapes de vehículos

En Italia, las inspecciones periódicas de automóviles, motocicletas y ciclomotores son obligatorias, y las sanciones por incumplimiento incluyen desde multas hasta la suspensión del certificado de matrícula del vehículo. Los sonómetros se utilizan durante estas inspecciones para evaluar los niveles de ruido de escape y bocinas, garantizando el cumplimiento de las normas y reduciendo el riesgo de retirada del vehículo.

La empresa italiana MMB software, especialista en integración de redes y bancos de ensayo en el sector automovilístico, reconoce la importancia de la innovación tecnológica para mantener la eficiencia y asegurar mediciones precisas. Eu-

genio Assirelli, Jefe de Operaciones de MMB, explica la necesidad de actualizar los dispositivos y adoptar los últimos avances: *“Desarrollamos software para talleres, tiendas de neumáticos, centros de servicio, redes y distribuidores de repuestos. Los apoyamos para enfrentar los desafíos diarios con soluciones de software fáciles de usar y desarrolla-*

das en función de las necesidades del sector. Para encontrar las mejores soluciones para nuestros clientes, debemos entender sus necesidades. Somos conscientes de que nuestro trabajo nunca termina y que nuestro software siempre puede mejorarse, teniendo en cuenta que también debe respetar los límites impuestos por el protocolo MCTC-NET2, regulado por la legislación italiana”.

Tras haber confiado en los sonómetros de HBK durante muchos años, el sonómetro de Clase 1 B&K 2245, certificado por el Laboratorio alemán PTB y calibrado, parece ser el nuevo compañero perfecto tanto para uso en talleres como para evaluaciones *in situ*. Con numerosas características nuevas que mejoran la experiencia del usuario, así como un cuerpo robusto que soporta polvo y agua (IP55), este dispositivo no solo es ideal para los entornos con mucha actividad como los talleres, sino que también destaca al evaluar de forma rápida y precisa el nivel de ruido de un vehículo.

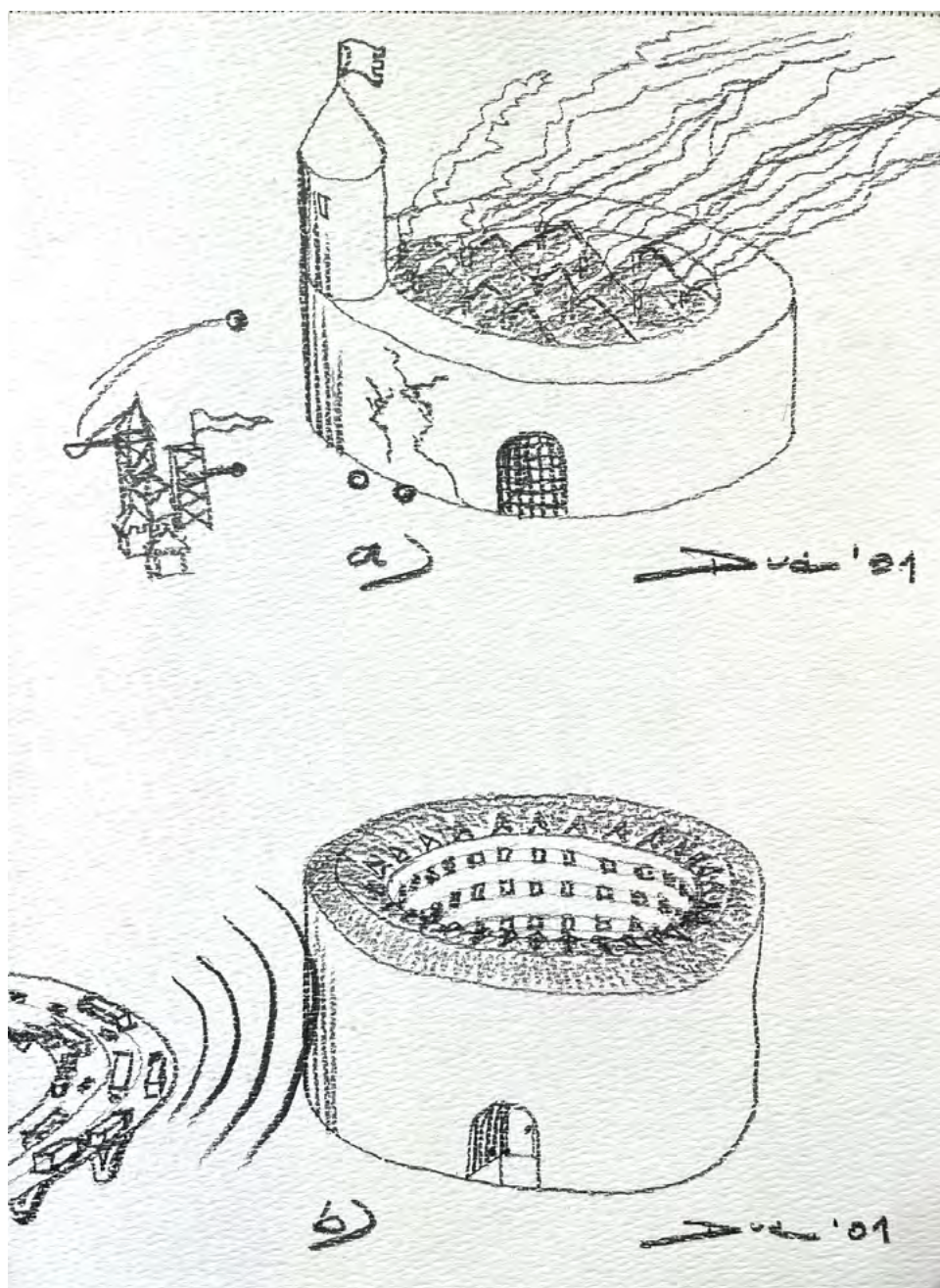


Con el apoyo de MMB software, HBK ha logrado realizar con éxito el proceso de integración en red y homologación para el B&K 2245. Assirelli afirma: *"Optamos por cooperar con HBK porque son líderes en el mercado, reconocidos internacionalmente y a nivel nacional. El sonómetro B&K 2245 no solo es fiable y está a la*

vanguardia de la tecnología, sino que también cuenta con la aprobación del Ministerio de Transportes de Italia."

Para garantizar una compatibilidad continua, el B&K 2245 ha sido diseñado para adaptarse fácilmente a las nuevas normativas de software. Por ejemplo, está totalmente equipado para realizar las mediciones

necesarias para una prueba de Sistema de Alerta Acústica de Vehículos (SAAV) y puede adaptarse a futuros requisitos de ensayo mediante simples actualizaciones de software. Esta visión de futuro asegura que el instrumento siga siendo flexible y adecuado en un panorama regulatorio en constante evolución.



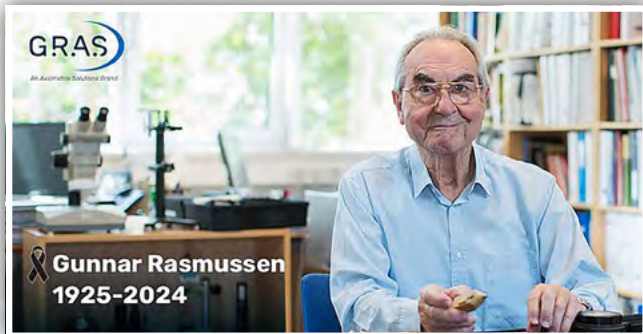
Francesc Daumal i Domènech

Firmado: DUC

Dibujo "Antes y después"

Lápiz sobre papel de acuarela
2001

El fundador de GRAS Sound & Vibration, el reputado ingeniero acústico Gunnar Rasmussen, falleció el 17 de abril de 2024



Ya como estudiante de ingeniería, Gunnar Rasmussen demostró un gran talento y, poco después de su examen final, fue contratado por la empresa danesa de acústica Brüel & Kjær. En los años 50 del siglo pasado, fue enviado a EE.UU. para comercializar productos y encargarse del servicio posventa en el mercado americano. Este curioso especialista en micrófonos aprovechó la oportunidad para aprender todo lo que pudo sobre las tecnologías que estaban surgiendo en las industrias acústicas de EE.UU. y para crear redes en una amplia gama de sectores.

En la década de 1950, las industrias de la automoción, la aviación y la electrónica crecían rápidamente en EE.UU., y había una creciente demanda de más y mejores micrófonos de medición. Gracias a su participación en varios proyectos de medición acústica, Gunnar Rasmussen se dio cuenta de que había margen de mejora en los micrófonos de medición disponibles en el mercado. Así que, cuando Gunnar regresó a Dinamarca, empezó a desarrollar una nueva generación de micrófonos de medición. El resultado fue un nuevo y revolucionario diseño sencillo, que durante los últimos 60 años ha sido el tipo de micrófono de medición preferido para todo tipo de mediciones acústicas y se ha convertido en un estándar internacional.

A los 67 años, cuando la mayoría de la gente se jubila, Gunnar Rasmussen dejó Brüel & Kjær y fundó GRAS Sound & Vibration en 1994. Al principio, la empresa era un pequeño negocio familiar, dirigido por Gunnar Rasmussen y su esposa Hanna Hertz, pero en poco tiempo creció hasta convertirse en un respetado y destacado fabricante de micrófonos de medición, donde muchas de las nuevas ideas e inventos del fundador se convirtieron en éxitos comerciales. En la actualidad, la empresa, que cuenta con unos 90 empleados y forma parte del grupo internacional Axiometrix Solutions, vende más de 100 tipos diferentes de micrófonos y soluciones de medición

y dispone de oficinas de ventas y socios autorizados en todo el mundo.

Gunnar ha sido presidente del comité ISO, miembro honorario de la *Acoustical Society of America* (ASA) y ha recibido el prestigioso Danish Design Award por su diseño de micrófonos de medición y sonómetros. El famoso director de orquesta Leonard Bernstein pidió en una ocasión ayuda a Gunnar Rasmussen para adquirir un micrófono mejor para grabar música clásica. Gunnar Rasmussen también ha recibido una medalla del CETIM y un premio de la CEI. En 2008, Gunnar recibió el prestigioso premio «Lifetime Achievements in Acoustics» de la *European Acoustics Association*.

Este recordatorio a la vida y trayectoria de Gunnar Rasmussen, así como la imagen, son una adaptación y traducción del recordatorio disponible en la página de G.R.A.S. Acoustics: (<https://www.grasacoustics.com/blog/remembering-gunnar-rasmussen-1925-2024>)

El cofundador de Marshall Day Acoustics Ltd, y profesor emérito de la Universidad de Auckland, Sir Arthur Harold Marshall, falleció el 31 de agosto de 2024



Sir Arthur Harold Marshall (15 de septiembre de 1931 - 31 de agosto de 2024) fue un experto neozelandés en diseño e investigación acústica. Fue profesor emérito de la Escuela de Arquitectura de la Universidad de Auckland y cofundador de Marshall Day Acoustics Ltd en 1981 junto a Chris Day.

Marshall es reconocido internacionalmente por su contribución al diseño de salas de conciertos, y en particular por su trabajo pionero junto a Mike Barron sobre la importancia de las reflexiones laterales. Trabajó en diversos grandes proyectos de salas de conciertos, entre los que destacan sus colaboraciones con dos grandes arquitectos, la Ópera de Guangzhou junto a la arquitecta Zaha Hadid, y la Filarmónica de París junto al arquitecto francés Jean Nouvel.

En 1994, Marshall fue elegido miembro de la *Royal Society* de Nueva Zelanda, de la *Acoustical Society of America* (ASA) y del *New Zealand Institute of Architects*. En 1995, la ASA concedió a Sir Arthur Marshall la Medalla Wallace Clement Sabine por sus contribuciones en el campo de la acústica arquitectónica y en el diseño de salas de conciertos. En 2006, recibió la Medalla de Oro de la *Acoustical Foundation of India*. En 2008, con motivo del Cumpleaños de la Reina, Marshall fue nombrado Compañero Distinguido de la Orden del Mérito de Nueva Zelanda, por sus servicios a la ciencia acústica. En 2009, tras la restauración de los honores titulares por parte del gobierno neozelandés, aceptó ser nombrado Caballero Compañero de la Orden del Mérito de Nueva Zelanda. En 2013, Marshall recibió la Medalla Pickering de la Real Sociedad de Nueva Zelanda y, en 2015, la Medalla Raleigh del Instituto de Acústica del Reino Unido.

Marshall falleció en Auckland el 31 de agosto de 2024, a la edad de 92 años.

La imagen de este recordatorio procede del obituario accesible en la página web de la empresa Marshall Day Acoustics Ltd. Con respecto al texto, éste está conformado por una adaptación y traducción al castellano de los datos contenidos en la entrada disponible sobre Sir Arthur Harold Marshall en la versión inglesa de la Wikipedia: [https://en.wikipedia.org/wiki/Harold_Marshall_\(acoustician\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Harold_Marshall_(acoustician))

Condolencias de la Sociedad Española de Acústica a los afectados por la reciente DANA

Desde el Consejo Rector de la Sociedad Española de Acústica queremos acordarnos, en este número, de to-

dos los afectados por la reciente catástrofe natural, causada por las lluvias torrenciales derivadas de la DANA y, especialmente del pueblo valenciano, donde los efectos de ésta han causado fuertes afecciones humanas y materiales. Además, queremos acordarnos muy especialmente de nuestros compañeros acústicos de empresas, universidades y centros de investigación. Esperamos que todos ellos hayan podido pasar por este difícil episodio con los menores perjuicios tanto en su ámbito personal como en el profesional, y deseamos que aquellos que hayan sufrido afecciones por la DANA puedan recuperar la normalidad a la mayor brevedad posible.

También nos gustaría aprovechar esta ocasión para compartir, de manera textual, un reciente mensaje que recibimos, a este respecto, de parte de nuestros amigos de la Sociedad Portuguesa de Acústica:

“Queridos colegas y amigos de la Sociedad Española de Acústica

La Sociedad Portuguesa de Acústica vien por este medio expresar su más profunda solidaridad a todos los colegas y amigos de la SEA, así como a sus familiares e a todos los españoles, respecto a la tragédia que ha ocurrido en Valencia.

Es para nosotros un dolor, pensar ver y imaginar el sofrimiento de los que han perdido todo, y de muchas familias destrozadas con pérdidas de vidas de sus entes queridos.

Un abrazo muy fuerte y especial para todos los valencianos,

Jorge Patrício – Presidente de la Sociedad Portuguesa de Acústica”

SUELO ACÚSTICO LEVADIZO A BASE DE CARCASAS EMBEBIDAS EN LA LOSA FLOTANTE

Stravifloor Jackup-E es un sistema levadizo de losa flotante, a base de carcasas de hierro fundido que, embebidas en la losa de hormigón, albergan los apoyos de caucho natural. Una vez el hormigón fragua y alcanza su resistencia, la losa le levanta por medio del sistema mecánico integrado en las carcasas, para dar lugar a la cámara de aire deseada.



Características



Alto Rendimiento

Apoyos resilientes con una carga máxima de servicio de hasta 11 kN, logrando una frecuencia natural ≤ 10 Hz.



Sistema de elevación

Las cajas Stravifloor Jackup-E actúan como gatos, permitiendo una elevación y un ajuste fácil de la altura final de la losa flotante aislada.



Bajo riesgo de puente acústico

Proporciona la menor cantidad de puntos de contacto, lo que reduce la posibilidad de puentes acústicos.



Fácil y rápido de instalar

Fácil de instalar, con pocos componentes, y adaptable a espacios de geometría irregular.



Mira el vídeo de instalación



SCAN ME

Año 2025

ICASSP 2025 – IEEE
International Conference on
Acoustics, Speech and Signal
Processing
 • 6 – 11 Abril
 Hyderabad, India
 Web: <https://2025.ieeeicassp.org/>



Urban Sound Symposium 2025
 • 28 – 30 abril
 Zürich, Suiza
 Web: <https://urban-sound-symposium.org/>



NOVEM 2025 – Noise and
Vibration Emerging Methods
 • 6 – 8 Mayo
 Garmisch-Partenkirchen, Alemania
 Web: <https://novem2025.sciencesconf.org/>



ICA 2025 - 25th International
Congress on Acoustics
 • 18 – 23 mayo
 New Orleans, Estados Unidos
 Web: <https://ica2025neworleans.org/>



Forum Acusticum – Euronoise
2025
 • 23 – 26 junio
 Málaga, España
 Web: <https://www.fa-euronoise2025.org/>



ICSV 31 – 31st International
Congress on Sound and
Vibration
 • 6 – 11 Julio
 Incheon, Corea del Sur
 Web: <https://www.icsv31.org/>



GUWEM – Guided Ultrasonic
Waves: Emerging Methods
 • 9 – 11 Julio
 Überherrn, Germany
 Web: <https://guwem.sciencesconf.org/>



Inter-noise 2025 – 54th
International Congress &
Exposition on Noise Control
Engineering
 • 24 – 27 Agosto
 Sao Paulo, Brasil
 Web: <https://internoise2025.org/>



Año 2026

Inter-noise 2026 – 55th
International Congress &
Exposition on Noise Control
Engineering
 • 9 – 12 Agosto
 Adelaide, Australia



Forum Acusticum – Euronoise
2026
 • 6 – 12 Septiembre
 Graz, Austria

Año 2027

Forum Acusticum 2027
 (conferencia conjunta con la
Acoustical Society of America)
 • 30 Mayo – 4 Junio
 Bruselas, Bélgica

Año 2028

ICA 2028 / Forum Acusticum
2028
 • 11 – 14 Septiembre
 Madeira, Portugal

Instituciones y empresas miembros de la S.E.A.

AAC CENTRO DE ACÚSTICA APLICADA, S. L.
<http://www.aacacustica.com>

ACÚSTICA I ENERGÍA LUZEA S. L.
<https://www.luzea.net/>

ACUSTTEL ACÚSTICA Y TELECOMUNICACIONES, S. A.
<http://www.acusttel.com>

ALAVA INGENIEROS, S. A.
<http://www.alava-ing.es>

AMORIM CORK COMPOSITES
<http://www.amorimcorkcomposites.com>

ANDIMAT. ASOCIACIÓN NACIONAL DE INDUSTRIAS
DE MATERIALES AISLANTES
<http://www.andimat.es>

ARAU ACÚSTICA
<http://www.arauacustica.com>

ARQUILAV. LABORATORIO DE ACÚSTICA Y VIBRACIONES
APLICADAS A LA EDIFICACIÓN, EL MEDIO AMBIENTE
Y EL URBANISMO
<http://arquilav.aq.upm.es>

ASOCIACIÓN NACIONAL DE AUDIOPROTESISTAS
<http://www.audioprotesistas.org>

AUDIOTEC, INGENIERÍA Y CONTROL DEL RUIDO
<http://www.audiotec.es>

AYUNTAMIENTO DE MADRID. DELEGACIÓN
DE MEDIO AMBIENTE
<http://www.munimadrid.es>

AYUNTAMIENTO DE MÁLAGA
<http://www.malaga.eu>

AYUNTAMIENTO DE VALENCIA. SERVICIO
DE CONTAMINACIÓN ACÚSTICA
<http://www.valencia.es>

CESVA INSTRUMENTS, S. L. U.
<http://www.cesva.com>

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS TÉCNICOS
DE TELECOMUNICACIÓN
<http://www.coitt.es>

DANOSA, DERIVADOS ASFÁLTICOS NORMALIZADOS, S. A.-
DELEGACIÓN MADRID
<http://www.danosa.com>

DATAKUSTIK GMBH
<http://www.datakustik.com/en>

dB COVER SOLUTIONS, S. L.
<http://dbcover.com/es>

DECIBEL INGENIEROS, S. L.
<http://www.decibel.es>

DECUSTIK
<http://www.decustik.com>

ENVIROSUITE IBÉRICA, S. A. - EMS BRÜEL & KJÆR
www.envirosuite.com/es

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA
DE TELECOMUNICACIÓN DE MÁLAGA
<http://www.uma.es>

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA
Y SISTEMAS DE TELECOMUNICACIÓN
<http://www.etsist.upm.es/>

EUROCONTROL, S. A.
<http://www.eurocontrol.es>

FUNDACIÓN TECNALIA RESEARCH & INNOVATION
<http://www.tecnalia.com>

GRAS SOUND & VIBRATION
<https://www.grasacoustics.com/>

GRUPO DE INVESTIGACIÓN EN ACÚSTICA VIRTUAL.
UPV-VEG
<http://www.upv.es/contenidos/ACUSVIRT/>

GRUPO DE INVESTIGACIÓN EN INSTRUMENTACIÓN
Y ACÚSTICA APLICADA -I2A2-
info@i2a2.upm.es

HEAD ACOUSTIC GMBH
<https://www.head-acoustics.com/>

HISPALYT, ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE FABRICANTES
DE LADRILLOS Y TEJAS
<http://www.hispalyt.es/>

HOTTINGER BRÜEL & KJÆR IBÉRICA, S. L.
<http://www.bksv.es>

IDEATEC ADVANCED ACOUSTIC SOLUTIONS, S. L. U.
www.ideatec.es

INGENIERÍA ACÚSTICA GARCÍA-CALDERÓN, S. L.
<http://www.garcia-calderon.com>

INGENIERÍA PARA EL CONTROL DEL RUIDO, S. L.
<http://www.icrsl.com/es>

INGENIERÍA Y SERVICIOS EN ACÚSTICA,
IBEACÚSTICA, S. L.
<http://www.iberacustica.com>

INSTITUTO DE CIENCIAS DE LA CONSTRUCCIÓN
EDUARDO TORROJA CSIC
<http://www.ietcc.csic.es/>

INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN PARA LA GESTIÓN
INTEGRADA DE ZONAS COSTERAS. ESCUELA
POLITÉCNICA SUPERIOR DE GANDÍA
<http://www.upv.es/entidades/EPG/>

INSTITUTO DE TECNOLOGÍAS FÍSICAS Y DE LA
INFORMACIÓN «LEONARDO TORRES QUEVEDO»-
ITEFI (CSIC)
<http://www.itefi.csic.es/>

ISINAC ACOUSTICS WORLD, S. L.
<http://www.isinac.com>

LABORATORIO DE ACÚSTICA APLICADA.
UNIVERSIDAD DE LEÓN
<http://www.unileon.es/>

LABORATORIO DE ACÚSTICA. UNIVERSIDAD
DE EXTREMADURA
<http://www.unex.es/>

LABORATORIO DE INGENIERÍA ACÚSTICA Y
VIBRACIONES. UNIVERSIDAD MIGUEL HERNÁNDEZ
<http://www.umh.es>

LABORATORIO DE INGENIERÍA ACÚSTICA.
UNIVERSIDAD DE CÁDIZ
<http://www.uca.es>

MASON INDUSTRIES INC
<https://mason-ind.com/>

MINISTERIO DE TRANSPORTES, MOVILIDAD
Y AGENDA URBANA
<https://www.mitma.gob.es/>

MINISTERIO PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA
Y RETO DEMOGRÁFICO
<https://www.miteco.gob.es/es/>

OVE ARUP & PARTNERS SAU
<http://www.arup.com>

OVERNOISE, S. L.
<https://vernoise.es/>

PROCESO DIGITAL DE AUDIO, S. L.
<http://www.ecudap.com/>

ROCKWOOL PENINSULAR, S. L.
<http://www.rockwool.es>

ROTHOBLAAS IBÉRICA, S. L.
<https://www.rothoblaas.es/>

SAES. SOCIEDAD ANÓNIMA DE ELECTRÓNICA
SUBMARINA
<http://www.electronica-submarina.com>

SAINT-GOBAIN ISOVER IBÉRICA, S. L.
<http://www.isover.net>

SILENTIA, INGENIERÍA ACÚSTICA, S. L.
<http://www.silentia.es>

SINCOSUR INGENIERÍA SOSTENIBLE
<http://www.sincosur.es/>

SOUND OF NUMBERS, S. L.
<http://www.soundofnumbers.net/>

STO SDF IBÉRICA SLU
<http://www.sto.es>

SVANTEK ESPAÑA, S. L.
<http://www.svantek.es>

TASVALOR MEDIO AMBIENTE S.L.
<http://www.tma-e.com/>

UNIVERSITAT D' INGENIERIA I ARQUITECTURA
LA SALLE FUNDITEC
<http://www.salleurl.edu>

URSA IBERICA AISLANTES, S. A.
<http://www.ursa.es>

VIBLENS, S. L. U.
www.viblens.com

VIBRACHOC PAULSTRA, S. A.
<http://www.vibrachoc.es>



FORUM ACUSTICUM EURONOISE 2025

23-26 JUNE 2025 | Málaga, Spain.



fa-eurnoise2025.org