



REVISTA DE LA ASOCIACIÓN URUGUAYA DE ACÚSTICA
ISSN 2697-2913

PUBLICACIÓN SEMESTRAL DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA – UdelaR, en
colaboración con la ASOCIACIÓN URUGUAYA DE ACÚSTICA

Consejo Editor	Tabla de contenidos
Alice Elizabeth González (UdelaR, Uruguay) Editora Responsable	
Ana Abreu (UdelaR, Uruguay)	
Julieta António (Universidade de Coimbra, Portugal)	
Gustavo Basso (UNLP, Argentina)	<i>Artículos académicos</i>
Héctor Campello Vicente (UMH, Elche, España)	
Fernando Elizondo-Garza (FIME - Universidad Autónoma de Nuevo León, México)	Evaluación de ventanas acústicas con ventilación Aarón Manuel Salas Cortés --- 1
Juan Cruz Giménez de Paz (Argentina)	
Ricardo Hernández Molina (Universidad de Cádiz, España)	Conciertos con ondas sonoras eléctricas: el Theremín y Ondas Martenot en Montevideo. <i>Walter A. Montano</i> ----- 13
Federico S. Miyara (UNR, Argentina)	
Ismael Núñez Pereira (UdelaR, Uruguay)	Caracterización sonora del ruido generado por estaciones de carga rápida para vehículos eléctricos. <i>David Clar García, Miguel Fabra Rodríguez, Héctor Campello Vicente, Emilio Velasco Sánchez</i> ----- 20
Dinara Xavier da Paixão (UFSM, Brasil)	
Jorge Patricio Fradique (Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Portugal)	A quince años de la creación de la Asociación Uruguaya de Acústica. <i>Alice Elizabeth González</i> ----- 29
Diego Pablo Ruiz Padillo (Universidad de Granada, España)	
Nilda Vecchiatti (UBA, Argentina)	
Secretaría General: Carolina Ramírez (UdelaR, Uruguay)	

Evaluación de ventanas acústicas con ventilación

Evaluation of acoustic windows with ventilation

Avaliação de janelas acústicas com ventilação

Aarón Manuel Salas Cortés¹

¹ Universidad Autónoma Metropolitana, Azcapotzalco CDMX, México. <https://orcid.org/0009-0002-2427-720X>

Correo electrónico: amsc-77@hotmail.com

Resumen

La contaminación acústica en las ciudades se ha intensificado debido al ruido provocado por el tráfico o la construcción, afectando directamente a las edificaciones y a la calidad de vida. La envolvente arquitectónica cumple un papel esencial como barrera frente al ruido; sin embargo, la incorporación de vanos que son ocupados por ventanas para poder proporcionar ventilación natural e iluminación compromete su capacidad de aislamiento sonoro. Incluso cerradas, las ventanas no alcanzan los niveles de atenuación de un muro sólido, y al abrirse, la transmisión de ruido se incrementa de manera significativa. Ante esta problemática, se han desarrollado distintas soluciones de ventanas acústicas con ventilación, cuyo objetivo es equilibrar el confort acústico y proporcionar ventilación. Estas propuestas incluyen enfoques diversos en cuanto a materiales, sistemas de apertura e integración de resonadores, estos diseños buscan atenuación acústica sin sacrificar la ventilación. El presente artículo aporta una descripción de soluciones disponibles actualmente, destacando los aspectos más relevantes de cada una en relación con su diseño, principio de funcionamiento y desempeño acústico. Finalmente, se presenta una comparación entre aquellas de las ventanas acústicas ventiladas, con el fin de identificar sus principales diferencias y niveles de desempeño. Este análisis permite reconocer los avances en la materia y señalar las oportunidades de investigación y mejora en el desarrollo de ventanas acústicas con ventilación aplicables al contexto urbano.

Palabras clave: Acústica, ventilación, Ventana, Aislamiento, Confort.

Abstract

Noise pollution in cities has intensified due to traffic, construction, directly affecting buildings and the quality of life of their occupants. The building envelope plays an essential role as a barrier against external noise; however, the inclusion of openings, generally occupied by windows to allow natural ventilation, daylight, and visual connection with the surroundings, compromises its sound insulation capacity. Even when closed, windows do not achieve the same attenuation levels as solid walls, and when opened, sound transmission increases significantly. In response to this issue, various solutions for acoustic windows with ventilation have been developed, aiming to balance acoustic comfort with the need for air exchange. These designs employ different approaches in terms of materials, opening systems, and the integration of resonators, seeking to maximize noise attenuation without sacrificing ventilation. This article presents a description of the different solutions currently available on the market, highlighting the most relevant aspects of each in relation to their design, operating principles, and acoustic performance. Finally, a comparison is made between the documented cases to identify their main differences and performance levels. This analysis helps to recognize advances in the field and point out opportunities for research and improvement in the development of ventilated acoustic windows applicable to urban contexts.

Keywords: Acoustics, Ventilation, Window, Sound Reduction Index, Comfort.

Resumo

A poluição sonora nas cidades tem se intensificado devido ao ruído gerado pelo tráfego, pela construção e pela atividade social, afetando diretamente as edificações e a qualidade de vida de seus ocupantes. A envoltória arquitetônica desempenha um papel essencial como barreira em relação ao meio externo; no entanto, a incorporação de vãos, geralmente ocupados por janelas para permitir ventilação natural, iluminação e conexão visual com o entorno, compromete sua capacidade de isolamento acústico. Mesmo quando fechadas, as janelas não atingem os níveis de atenuação de uma parede sólida e, quando abertas, a transmissão de ruído aumenta significativamente. Diante dessa problemática, diversas soluções de janelas acústicas com ventilação têm sido desenvolvidas, com o objetivo de equilibrar o conforto acústico e a necessidade de troca de ar. Essas propostas incluem diferentes abordagens quanto aos materiais, sistemas de abertura e integração de ressonadores, buscando maximizar a atenuação sem comprometer a ventilação. O presente artigo apresenta uma descrição das diferentes soluções atualmente disponíveis no mercado, destacando os aspectos mais relevantes de cada uma em relação ao seu projeto, princípio de funcionamento e desempenho acústico. Por fim, é realizada uma comparação entre aquelas para as quais há registro, com o objetivo de identificar suas principais diferenças e níveis de desempenho. Essa análise permite reconhecer os avanços na área e apontar oportunidades de pesquisa e melhoria no desenvolvimento de janelas acústicas com ventilação aplicáveis ao contexto urbano.

Palavras-chave: Acústica, ventilação, janela, isolamento, conforto

1 INTRODUCCIÓN

La contaminación acústica es una preocupación creciente en las áreas urbanas y suburbanas. La exposición continua a niveles elevados de ruido puede tener efectos negativos en la salud física y mental, como estrés, alteraciones del sueño y dificultades para concentrarse. Además, se ha relacionado con problemas cardiovasculares y trastornos psicológicos (Salud, 2019).

El ruido no solo afecta a la salud individual, sino que también incide en la productividad laboral y el rendimiento académico. Diversos estudios han demostrado que los niveles elevados de ruido en ambientes de trabajo y escolares disminuyen la capacidad de concentración y aumentan el riesgo de errores y fatiga (Stansfeld, 2005).

En las ciudades contemporáneas, las edificaciones que se ubican en zonas con altos niveles de contaminación auditiva son más susceptibles a ver comprometido el confort de sus ocupantes. La envolvente arquitectónica, que en esencia tiene la función de proteger al usuario frente a estas condiciones, se ve comprometida por la necesidad de abrir vanos destinados a la colocación de ventanas. Estos elementos cumplen un papel fundamental, pues además de permitir la ventilación natural y el aprovechamiento de la luz solar, para tener una apropiada iluminación y no depender de iluminación artificial, al igual establecen un vínculo directo entre el interior y el exterior, favoreciendo la interacción del usuario con su entorno. Sin embargo, esta condición plantea un reto: cómo lograr que las ventanas conserven sus funciones esenciales sin sacrificar el aislamiento acústico. Ante esta problemática surge la necesidad de investigar soluciones innovadoras enfocadas en el diseño de ventanas que garanticen tanto la ventilación natural como la atenuación del ruido exterior. En los últimos años, tanto en México como en otros países, se han desarrollado diferentes prototipos con este propósito, cada uno con un enfoque particular en su diseño y funcionamiento. Estas propuestas, al ser evaluadas y medidas, han mostrado desempeños diversos, lo que refleja la importancia de seguir explorando alternativas que integren de manera equilibrada el confort acústico y la ventilación en las edificaciones.

2 VENTANAS

“Una ventana, es un elemento constructivo que sirve, de una forma funcional y estética, para cerrar el hueco de una fachada. Es la parte transparente de una fachada que permite la relación interior/externo, así como la entrada de aire, iluminación natural, radiación solar y la visión en ambos sentidos” (Sanchidrián, 2016).

Una ventana está conformada principalmente por un marco, que puede fabricarse en materiales como aluminio, madera, acero o PVC. En su interior incorpora un material translúcido, generalmente vidrio, disponible en diferentes calibres según las necesidades: 4 mm, 6 mm, 9 mm, 12 mm, entre otros. Además, cuenta con sellos de hermeticidad, los cuales protegen frente a factores externos, y un sistema de herrajes, que incluye bisagras, cerraduras, manillas, pasadores o distintos mecanismos de apertura y cierre.

En cuanto a su diseño, existen diversos modelos según el tipo de apertura, entre los más comunes se encuentran: corrediza, abatible, oscilobatiente, proyectante, fija, de guillotina, entre otros (ver Figura 1).

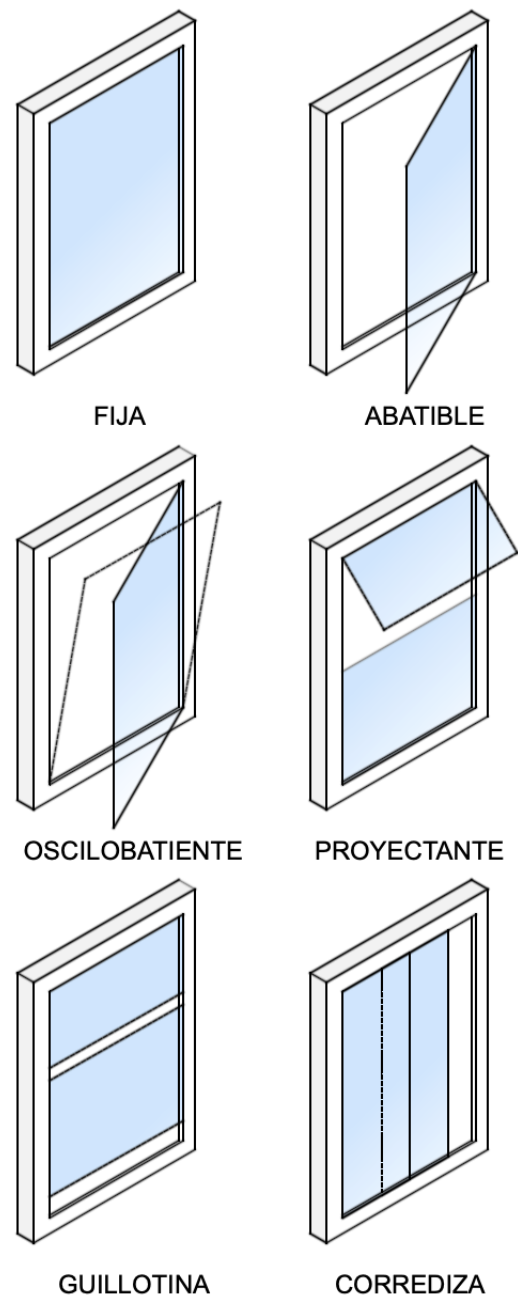


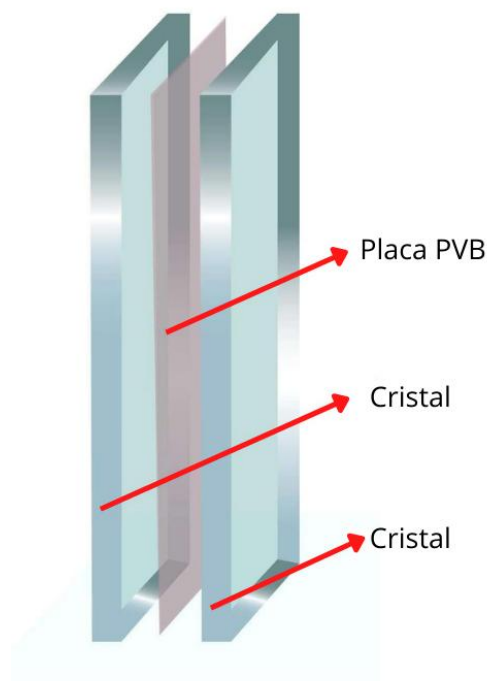
Figura 1. Tipos de Ventanas. Elaboración propia

2.1 Ventanas Acústicas

Actualmente existen ventanas con propiedades acústicas, diseñadas específicamente para mejorar el aislamiento al ruido. Estas ventanas deben sus prestaciones principalmente al tipo de vidrio empleado, a la calidad de los sellos de hermeticidad y a la correcta instalación del sistema, factores que en conjunto determinan su nivel de eficiencia. En el mercado es posible encontrar diferentes configuraciones y soluciones que responden a distintos niveles de exigencia acústica y condiciones de uso, tales como:

2.1.1 Ventanas con Vidrio Laminado

El vidrio laminado este compuesto por dos o más vidrios homogéneos unidos por material plástico, el más utilizado en la edificación y en las fachadas es el de polivinilo butiral (PVB). Es un material plástico con excelentes propiedades de adherencia, transparencia y tenacidad, por lo que da lugar a vidrios que responden a las exigencias de vidrios laminados de seguridad, sobresale su resistencia a la penetración (ver Figura 2).



Vidrio laminado

Figura 2. Ventana con vidrio laminar Tomado de Calor o frío, Elige la ventana adecuada, por Cristel, 28 de febrero de 2025, Cristel.

La nomenclatura en los vidrios laminados es: xx,y a, donde x indica el espesor de cada vidrio componente del laminar en mm; e indica el número de capas de

butiral de 0.38 mm de espesor; a indica que el butiral es de tipo acústico.

El índice de reducción acústica de un vidrio laminar es varios dB superior al del vidrio monolítico del mismo espesor, sin embargo, hay que tener en cuenta que en un vidrio laminar tradicional el índice de reducción acústica está muy afectado por la temperatura superficial, disminuyendo su aislamiento acústico al disminuir la temperatura. Los vidrios laminares acústicos tienen mayor índice de reducción acústica que los vidrios laminares tradicionales de la misma composición. El vidrio laminar PVB(A), prácticamente elimina el efecto de coincidencia (Sanchidrián, 2016).

2.1.2 Ventanas de Vidrio Aislante (UVA)

Pueden ser vidrio monolíticos o laminados, separados por una cámara de aire o gas que puede ser argón o criptón, sellada herméticamente, la cámara suele contener aire seco. La hermeticidad del sellado y la existencia de desecante evitan la producción de condensaciones en la cámara. El índice de reducción acústica de los vidrios laminados varía con la temperatura de los vidrios por ello cuando en una unidad de vidrio aislante hay un vidrio laminado, este se debe colocar por el lado caliente, generalmente dentro el interior del recinto. La utilización de vidrios de color o vidrios de control solar no tiene influencia del aislamiento acústico del vidrio (Sanchidrián, 2016) (ver Figura 3).

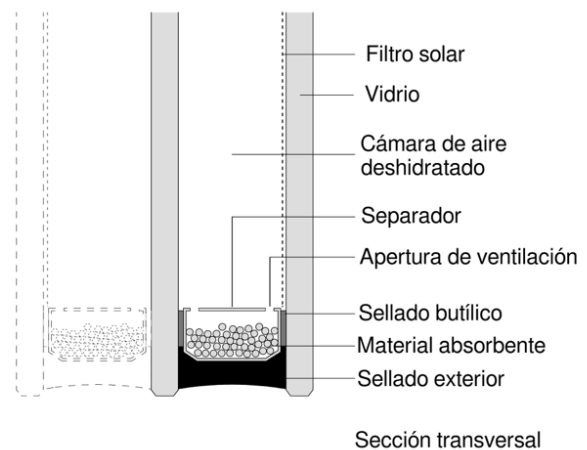


Figura 3. Ventanas de vidrio aislante. Tomado de Vidrio aislante (Isolierglas.svg) (15 de enero de 2008), por petur p, en Wikimedia Commons (licencia CC BY-SA 3.0). <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Isolierglas.svg>

En la Tabla 1 se presenta la reducción acústica en bandas de octava y el índice de reducción acústica R_w para diferentes espesores de vidrio y las configuraciones antes explicadas, adaptada a cada tipo de vidrio comercial disponible en México. Estos datos se han obtenido considerando distintos espesores de vidrio y su rendimiento en la reducción del ruido en cada banda de frecuencia.

Tabla 1. Reducción acústica según el tipo de vidrio. Adaptado de La envolvente acústica de los edificios, por C. Díaz Sanchidrián. © 2016 por el autor.

Tipo de Vidrio	Índice de reducción acústica, R, dB						
	124 Hz	250 Hz	500 Hz	1 Khz	2 KHz	4 Khz	Rw (C, Ctr), dB
Vidrio sencillo mm							
3	14	19	25	29	33	25	28(-1;-4)
6	18	23	30	35	27	32	31(-2;-3)
10	23	26	32	31	32	39	33(-2;-3)
Vidrio laminado + lámina plástica PVB (0,5 -1) mm							
6 +	20	23	29	34	32	38	32(-1;-3)
10 +	24	26	33	33	35	44	34(-1;-3)
Ventana de vidrio aislante (vidrio doble con vidrio sencillo (mm), cavidad llena de aire e = (6-16) mm							
6-(6-16)-4	21	20	26	38	37	39	32(-2;-4)
6-(6-16)-6	20	18	28	38	34	38	31(-1;-4)
10-(6-16)-4	24	21	32	37	42	43	35(-2;-5)
10-(6-16)-6	24	24	32	37	37	44	35(-1;-3)

Como se observa en la Tabla 1, en los vidrios sencillos, el desempeño acústico aumenta conforme se incrementa el grosor en milímetros. Este mismo comportamiento se presenta en los vidrios laminados con implementación de PVB, ya que su índice de reducción sonora mejora al aumentar el espesor del vidrio.

En las unidades de vidrio aislante se presentan cuatro combinaciones. La primera consiste en un vidrio de 6 mm, una cámara de aire entre 6 y 16 mm, y un segundo vidrio de 4 mm. La segunda combinación está formada por dos vidrios de 6 mm, en la cual se aprecia que, al utilizar espesores diferentes, se obtiene un mayor índice de reducción sonora. Finalmente, las últimas dos combinaciones utilizan vidrios de 10 mm en conjunto con espesores de 4 y 6 mm, donde no se observa una diferencia significativa en el aislamiento acústico, salvo en la corrección de los índices C y Ctr, donde sí se aprecia una reducción notable.

Con este análisis de las ventanas acústicas disponibles en el mercado actual, se puede concluir cómo se desempeñan los distintos tipos de ventanas según su acristalamiento y configuración, en función de sus características constructivas. Por ejemplo, una ventana de vidrio aislante presenta un mayor índice de reducción sonora que una ventana sencilla de vidrio de 3 mm.

Sin embargo, surge un problema importante: ¿qué sucede cuando se abre la ventana? La ventilación dentro de un espacio es esencial, ya sea por confort térmico o por motivos de higiene y salud, al permitir la renovación del aire. El problema radica en esta

situación puntual, las ventanas al estar herméticamente cerradas para maximizar su desempeño acústico no pueden abrirse, lo que impide el paso de aire al interior del recinto donde se encuentran instaladas.

Esta problemática ha sido abordada en el estudio “medición de aislamiento acústico en condiciones comparables de laboratorio de ventanas de diseño tradicional y ventanas de estructura metamaterial”, (Ponce, 2023), en el cual se analiza una ventana con configuraciones variables de apertura. Se compara el índice de reducción acústica de una ventana completamente cerrada frente a distintas configuraciones de apertura, lo cual permite evaluar el impacto acústico de cada una de ellas, en la Figura 4 muestra las diferentes configuraciones de apertura en las que se midió para posteriormente poder entender la Figura 5 que grafica el comportamiento de cada una.

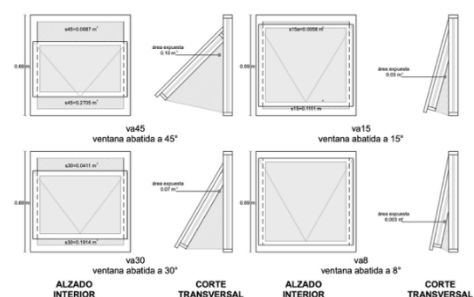


Figura 1. Área de ventilación, ventana. Adaptado de “Medición de aislamiento acústico en condiciones comparables de laboratorio de ventanas de diseño tradicional y ventanas de estructura metamaterial” (p.5), por Ponce, en Tecnicacústica, 2023.

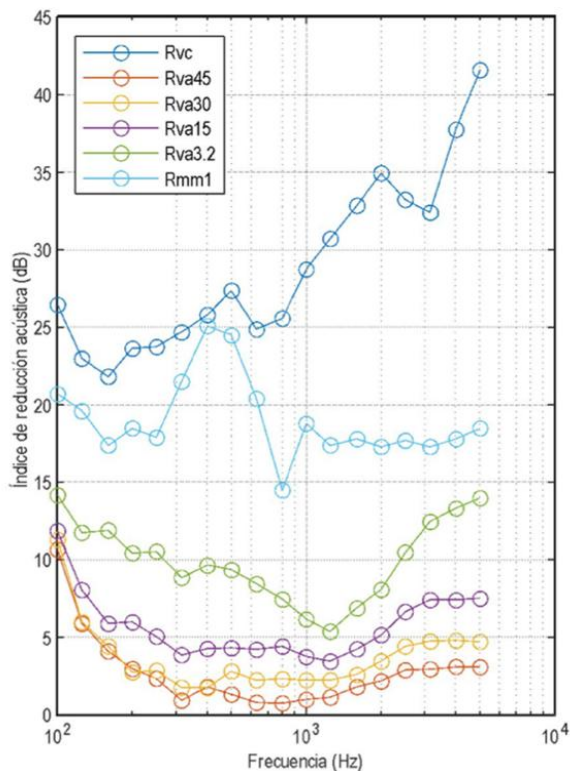


Figura 2. Índice de reducción acústica en ventana. Tomado de “Medición de aislamiento acústico en condiciones comparables de laboratorio de ventanas de diseño tradicional y ventanas de estructura metamaterial” (p.5), por Ponce, en *Tecniacústica*, 2023.

Como se muestra en la Figura 5, el Rvc corresponde a la ventana cerrada, mientras que el Rva15 corresponde a la ventana abierta a 15°, y así sucesivamente hasta Rva45, correspondiente a la ventana abierta en 45°. En concordancia con el problema general de este artículo, a medida que la ventana presenta una mayor abertura, el sonido exterior se transmite con mayor facilidad. Esto se traduce en una disminución progresiva del índice de reducción sonora, evidenciando que, a mayor apertura, menor es el índice de reducción sonora.

En conclusión, la abertura generada por el vano y el tipo de apertura de la ventana representa un punto vulnerable en la envolvente del edificio frente al ruido. No obstante, su implementación es necesaria para permitir la ventilación e iluminación natural. El problema general identificado en esta investigación radica precisamente en esa dualidad: la necesidad funcional de una abertura que permita la ventilación, pero que al mismo tiempo impida el paso del sonido exterior, evitando así comprometer el aislamiento acústico.

3 VENTILACIÓN

La importancia de una adecuada ventilación dentro espacios es indispensable ya que viento facilita la entrada de aire al interior del edificio a través de

aberturas diseñadas específicamente para este propósito.

Esto se centraliza en la salud de las personas dentro las edificaciones y la necesidad de tener aire puro y limpio. Ya que, debido al aislamiento, en un espacio cerrado, la calidad del aire se podría llegar a empeorar debido a la carga vírica que genera la persona aislada (Abouleish, 2021). Es por ello por lo que mejorar la calidad del aire implica un mejor bienestar para los seres humanos (Liu, 2021). Por el contrario, un ambiente sin ventilar genera una situación desagradable y perjudicial para la salud, ya que se aumenta el contagio de enfermedades aéreas (Wargocki, 2002). El confort térmico es influyente en el aspecto de la salud ya que se divide en dos grupos; humedad relativa y temperatura ambiente, el estudio “Computational characterization of the behavior of a saliva droplet in a social environment” (Ugarte Anero, 2022), muestra un proyecto sobre la dinámica que tiene una gota de saliva, indica que tanto la temperatura ambiente como la humedad relativa son parámetros que afectan directamente al tiempo de evaporación de las gotas de un estornudo humano.

Otro aspecto relevante abordado en este estudio es el confort térmico. Aunque inicialmente fue tratado desde la perspectiva de la salud, se toma en cuenta su relación con el confort de las personas que habitan los espacios. En este sentido, la ventilación juega un papel fundamental, ya que permite alcanzar un equilibrio térmico entre el interior y el exterior de los edificios. Esto favorece una sensación de confort sin que el usuario experimente excesivo calor, y reduce la necesidad de recurrir al uso de sistemas de aire acondicionado. Minimizar el uso de estos sistemas no solo implica un menor consumo energético, sino también una reducción en los costos económicos. El ahorro de energía es de suma importancia en la actualidad, favorece la preservación de los recursos energéticos naturales y del medio ambiente.

4 VENTANAS ACÚSTICAS CON VENTILACIÓN

A nivel global, se han desarrollado diversos prototipos de ventanas con el objetivo de reducir el ruido del exterior hacia el interior de las edificaciones y que permitan ventilación. Estos avances buscan mitigar el impacto del ruido urbano. A lo largo de los años, se han llevado a cabo investigaciones y experimentos para crear ventanas acústicas que no solo mejoren el aislamiento sonoro, sino que también permitan un adecuado cambio de aire, garantizando así la ventilación natural dentro de los espacios cerrados.

Algunos estudios e innovaciones tecnológicas han sido publicados en diferentes partes del mundo, destacando el uso de materiales y diseños que optimizan la atenuación del ruido sin comprometer la circulación de aire. Se han explorado distintos enfoques, como el uso

de ventanas de doble acristalamiento, materiales absorbentes de sonido y sistemas de perfiles acústicos avanzados, los cuales se han probado en entornos urbanos y en laboratorios.

En México, también ha habido un interés creciente en este tipo de ventanas. Estos esfuerzos locales contribuyen al desarrollo de soluciones que no solo abordan la contaminación acústica, sino que también favorecen el confort térmico y la ventilación en las edificaciones.

En la investigación sobre el índice de reducción sonora (R_i) en ventanas y su integración con sistemas de ventilación, existen ciertos estudios que se destacan por su influencia y contribuciones al campo a nivel mundial. Estas investigaciones, que se presentan en este artículo, se centran en seis trabajos distintos, cada uno con cualidades propias en cuanto a materiales, métodos de construcción, forma de evaluación y diseño; sin embargo, todos comparten un mismo propósito: comprender y mejorar el desempeño acústico de las ventanas en relación con la ventilación. Las investigaciones son las siguientes:

- 1. Investigation of sound insulation for a Supply Air Window – field measurements and occupant response. Autor: Lars Sommer SØNDERGAARD. Ciudad, País: Australia, (SØNDERGAARD, 2014).
- 2. Design and in-situ measurement of the acoustic performance of a metasurface ventilation window. Autor: Xiang Yu. Ciudad, País: Singapore (Yu, 2019)

- 3. Acoustically Treated Dual Vented Window System. Autor: Field, Chris. Ciudad, País: Australia, (Field, 2019).
- 4. Experimental study on noise reduction and ventilation performances of sound-proofed ventilation window. Autor: Liangfen Du. Ciudad, País: Singapore, (Du, 2020).
- 5. Simplified vented acoustic window with broadband sound transmission los. Autor: Felipe Orduña Bustamante. Ciudad, País: México, (Orduña, 2024).
- 6. Diseño y evaluación de ventana acústica para optimizar el índice de reducción sonora. Autor: Aarón Manuel Salas Cortés. Ciudad, País: México, (Salas, 2026).

Para ejemplificar y hacer más comprensible esta investigación, a continuación, se presentan de forma resumida, mediante la Figura 6 y las Tablas 2 y 3, el diseño y la evaluación de las ventanas.

Con el objetivo de facilitar una mejor comprensión y análisis comparativo entre las metodologías empleadas en los distintos casos de estudio, se elaboraron dos tablas comparativas que sintetiza los aspectos más relevantes de los estudios analizados.

La Tabla 2 presenta las principales similitudes y diferencias en cuanto a los enfoques conceptuales, materiales empleados y configuraciones de ventana consideradas por cada autor.

La Tabla 3 resume las técnicas de medición y el tipo de prueba acústica utilizadas en cada investigación, lo cual permite identificar los criterios experimentales que han guiado el desarrollo de soluciones acústicas con ventilación

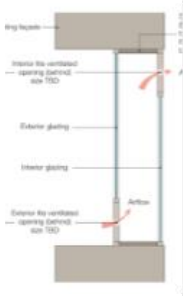
VENTANAS ACÚSTICAS CON VENTILACIÓN					
VENTANA 1	VENTANA 2	VENTANA 3	VENTANA 4	VENTANA 5	VENTANA 6
					
Nombre: Investigation of sound insulation for a Supply Air Window Autor: Søndergaard Ciudad, País: Australia	Nombre: Metasurface ventilation window Autor: Xiang Yu Ciudad, País: Singapore.	Nombre: Acoustically Treated Dual Vented Window System Autor: Chris Field Ciudad, País: Australia	Nombre: Noise reduction and ventilation performances ventilation window. Autor: Du Liangfen Ciudad, País: Australia	Nombre: Simplified vented acoustic window Autor: Felipe Orduña Ciudad, País: México	Nombre: Diseño y evaluación de ventana acústica para optimizar el índice de reducción sonora Autor: Aarón Salas Ciudad, País: México
VP1	VP2	VP3	VP4	VP5	VP6

Figura 3. Ventanas acústicas con ventilación. Elaboración propia

Tabla 2. Metodología diseño ventanas. Elaboración propia

METODOLOGÍA DISEÑO EN VENTANAS						
METODOLOGÍA		VP1	VP2	VP3	VP4	VP5
MATERIALES	Marco:	Aluminio	Herrería	Madera	Aluminio	MDF
	Elemento cierre:	Vidrio	Acrílico	Vidrio de 6.38 mm	Vidrio 6 mm	Acrílico
DIMENSIONES	Alto (mm):	2200	760	1200	1650	690
	Ancho (mm):	550	550	679	750	690
	Profundo (mm):	320	100	100	85	162
DISEÑO CONSTRUCTIVO		Dos ventanas, una detrás de la otra. La ventana proyectante abertura 45°	Nueve módulos, en una estructura. Cada módulo cuenta con una abertura al centro	Dos ventanas proyectadas, una detrás de la otra. Ventana doble, fija ambas	Dos ventanas proyectadas, una detrás de la otra. Ventana doble, abatible	Cuatro paneles similares. Cada panel presenta una abertura en la parte inferior izquierda
DISEÑO ACÚSTICO		Canal vertical entre hojas Material absorbente en la cavidad	Cada celda es una cámara resonante, que permite flujo de aire mediante atenua desajuste de impedancia	Doble ventana y tamaño de abertura	NO MENCIONA	Resonador de Helmholtz
TIPO DE ABERTURA		Proyectante	No se manipula	Fija con configuraciones	Proyectante	No se manipula
INSTALACIÓN		Fijas a muro con tornillos. La parte fija es abatible para su limpieza.	Fija a la boquilla.	Tiras de aluminio y madera aseguran el cristal en el hueco, se fijan mediante tuercas.	Las ventanas son desmontables	Fija, con taquetes y sellador en las juntas
SELLO		Una cinta de PVA de espuma de 5 mm	NO MENCIONA	NO MENCIONA	NO MENCIONA	Sellador de juntas marca Sika®
MATERIAL ABSORBENTE		NO ESPECIFICA	NO ESPECIFICA	Tontine Acoustisorb 3 de 50 mm de grosor	Fibra de vidrio con un grosor de 25 mm, cubierto con tela acústica	NO ESPECIFICA

Tabla 3. Metodología medición ventanas. Elaboración propia

METODOLOGÍA MEDICIÓN EN VENTANAS					
METODOLOGÍA	VP1	VP2	VP3	VP4	VP5
Simulación	NO MENCIONA	Mediante simulaciones FE	NO MENCIONA	NO MENCIONA	Simulaciones por computadora con el método de matriz de elementos finitos
Medición índice de reducción sonora (Laboratorio) o (En sitio)	Departamentos en la zona norte de Copenhague Se midió en dos habitaciones. Para cada habitación se realizaron tres mediciones, variando el grado de abertura	Se sitúa entre dos habitaciones Se sitúa en dos habitaciones (fuente y la receptora). Se midió TL con un altavoz omnidireccional colocado en sala fuente con ruido blanco.	Laboratorio Acústico de la Universidad de Sídney Se sitúa en dos habitaciones la habitación fuente y la receptora. Se midió TL con un altavoz omnidireccional colocado en sala fuente con ruido rosa.	Casa inteligente Universidad Nacional de Singapur (NUS) Se generó ruido con 2 altavoces en el exterior y se colocaron 3 micrófonos en la habitación interior.	Camara transmisión ICAT UNAM Se sitúa en dos habitaciones (fuente y la receptora). Se midió TL con un altavoz omnidireccional colocado en sala fuente con ruido rosa.
Normatividad	NO MENCIONA	ISO 16283-1	ISO - 10140 - 2	NO MENCIONA	ISO - 10140 - 2 y - 4
Resultados	Abierta: Rw = 28 dB Semi Abierta: Rw = 31 dB Cerrada: Rw = 43 dB	Rw = 22 dB	200 mm Rw = 25 dB. 100 mm Rw = 28 dB. Cerrada Rw = 36 dB	Abierta 45° Rw = 29. Abierta 90° Rw = 20 dB Cerrada Rw = 35 dB	Rw = 30 dB
Evaluación de ventilación	En su estudio se aplicaron cuestionarios a los usuarios para conocer la eficiencia de la ventilación	NO MENCIONA	Se presentan resultados del flujo de aire (en L/s) en función del grado de apertura	Se midió la tasa de renovación de aire (ACH) en dos dormitorios para evaluar la eficiencia de ventilación.	NO MENCIONA

Las Tablas 2 y 3 muestran cómo, a pesar de abordar el mismo problema general la necesidad de ventilación sin comprometer el aislamiento acústico, cada estudio aplica enfoques particulares. Las diferencias se reflejan en la selección de materiales, las dimensiones empleadas y, sobre todo, en el tipo de abertura planteada en el diseño.

Una constante en la mayoría de los casos es la concepción de la ventana como un resonador, así como el uso de configuraciones de doble ventana que

permiten un recorrido controlado del aire. Sin embargo, existen excepciones, como en los trabajos de Yu Xiang y Felipe Orduña, donde el diseño se asemeja más a una celosía, ya que su modo de operación no permite un cierre manipulable.

Asimismo, los métodos de evaluación empleados varían entre investigaciones, aunque se observa un elemento común: la referencia a la norma ISO 10140, que establece los parámetros de medición y análisis de resultados en estudios de aislamiento acústico.

El desempeño de cada ventana varía según su grado de apertura, su tamaño y, por supuesto, su diseño. Cada una presenta características distintas en cuanto a la manera en que puede integrarse en la envolvente arquitectónica, en su forma de operación y en las condiciones específicas para las que fue concebida. Estos factores influyen directamente en el resultado del índice de reducción sonora y, en consecuencia, en el nivel de aislamiento que cada ventana puede ofrecer.

5 MÉTODOS DE ANÁLISIS

Para calcular el índice de reducción sonora es común emplear cuatro normas, dependiendo de si las pruebas se realizan en laboratorio o en sitio. La selección de la norma depende directamente del contexto de evaluación del desempeño acústico de la ventana:

ISO 10140-2: Acoustics — Laboratory measurement of sound insulation of building elements — Part 2: Measurement of airborne sound insulation. Establece el método para medir en laboratorio el aislamiento a ruido aéreo de elementos constructivos, como ventanas, muros o puertas, en condiciones controladas.

ISO 10140-4: Acoustics — Laboratory measurement of sound insulation of building elements — Part 4: Measurement procedures and requirements. Define los procedimientos y requisitos que deben cumplirse durante las mediciones en laboratorio, con el fin de garantizar resultados confiables y repetibles.

ISO 16283-1: Acoustics — Field measurement of sound insulation in buildings and of building elements — Part 1: Airborne sound insulation. Describe el método para realizar mediciones in situ del aislamiento a ruido aéreo en edificios y elementos constructivos, cuando no es posible evaluar en condiciones de laboratorio.

ISO 717-1: Acoustics — Rating of sound insulation in buildings and of building elements — Part 1: Airborne sound insulation. Especifica los procedimientos para la evaluación y clasificación del aislamiento acústico a ruido aéreo, tanto en edificios como en elementos constructivos, a partir de resultados obtenidos en laboratorio o en sitio.

Estas normas son de suma importancia ya que dicen como hacer las mediciones, esto se refiere a las posiciones que deben tener los elementos con lo que realizaras cada medición por lo regular es necesario una fuente sonora, micrófonos, un termohigrómetro y resonadores dependiendo el caso. La posición de la fuente sonora en la cámara emisora, cumple con los lineamientos normativos.

- a) La fuente sonora debe estar ubicada a no menos de 50 cm de los límites del recinto.
- b) Debe mantenerse una distancia mínima de 1 metro respecto al elemento separador (en este caso, el muro con ventana).
- c) Deben tener tres posiciones de fuente por medición
- d) Las posiciones del altavoz no deben estar alineadas paralelamente.
- e) Cada posición del altavoz debe separarse al menos 70 cm entre sí.
- f) La base de montaje del altavoz no debe ubicarse a menos de 1 metro del piso

Para los micrófonos utilizados en las mediciones existen tres tipos principales: fijos, de movimiento continuo mecanizado y de movimiento barrido manual. Cada uno cuenta con criterios específicos para su aplicación:

- Micrófonos fijos: se recomienda disponer de varios micrófonos en diferentes posiciones para obtener un promedio representativo.
- Micrófonos de movimiento continuo mecanizado: suelen girar sobre su propio eje con un radio de 360°, completando la rotación en un tiempo determinado.
- Micrófonos de barrido manual: el usuario realiza el movimiento de barrido, que puede ser de tipo circular, helicoidal, cilíndrico o en tres semicírculos.

Las distancias mínimas recomendadas para la colocación de los micrófonos son las siguientes:

- Entre micrófonos fijos: al menos 0.70 m.
- Entre cada micrófono y los límites del recinto: al menos 0.50 m.
- Entre cada micrófono y cualquier altavoz: al menos 1.00 m.

Si las pruebas se realizan en laboratorio, es necesario ajustar el tiempo de reverberación (TR) tanto de la cámara emisora como de la receptora. Para ello se emplean resonadores o materiales absorbentes. La ISO 10140 establece los siguientes parámetros para cada cámara:

- Cámara emisora: $1 \text{ s} < \text{TR} < 2.68 \text{ s}$
- Cámara receptora: $1 \text{ s} < \text{TR} < 2.46 \text{ s}$

Otro parámetro que la norma menciona es la medición de la temperatura y humedad del recinto ya que si durante una sesión se presenta una variación superior a $\pm 3^\circ\text{C}$ en temperatura o $\pm 3\%$ en humedad relativa, los resultados de esa medición deben ser descartados y el procedimiento repetido en condiciones estables, ya que estos factores alteran la velocidad del sonido, para esto se ocupa el termohigrómetro.

Para las mediciones, la norma establece que la fuente sonora debe colocarse en al menos dos posiciones con el fin de obtener un promedio energético representativo.

A continuación, se describe de manera general el proceso de medición en laboratorio:

Instalación del modelo de prueba: puede tratarse de una puerta, ventana, muro, material u otro elemento. Este se coloca entre la cámara emisora y la cámara receptora.

- Posicionamiento de micrófonos y fuente sonora: la colocación se realiza conforme a lo estipulado en la norma correspondiente.
- Medición del tiempo de reverberación (TR): se determina en ambas cámaras, emisora y receptora, para verificar que se cumplan los valores normativos.
- Medición de parámetros ambientales: incluye la temperatura, la humedad relativa y la presión atmosférica, ya que pueden influir en los resultados acústicos.

Otro factor importante que considerar es que cada medición debe realizarse en al menos dos días distintos. Esto permite reducir la influencia de errores externos a los habituales, como ruidos de impacto o transmisión sonora proveniente del exterior de la cámara. Además, realizar las pruebas en diferentes jornadas proporciona un conjunto de datos más amplio, lo que facilita la comparación y aumenta la confiabilidad de los resultados.

La Figura 7 muestra un ejemplo del posicionamiento de la fuente sonora y los micrófonos durante una medición en laboratorio. En este ejemplo, se realizan un total de seis posiciones de la fuente sonora.

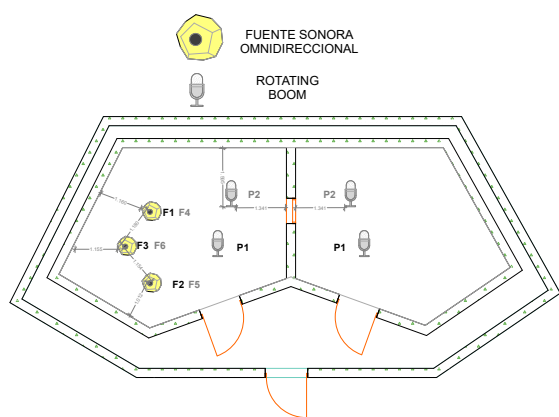


Figura 4. Posicionamiento de micrófonos y fuente omnidireccional

Cuando los micrófonos están sincronizados en la posición P1, tanto los de la cámara emisora como los de la receptora registran las posiciones F1, F2 y F3 de la fuente sonora. De manera similar, cuando los micrófonos se sincronizan en la posición P2, registran las posiciones F4, F5 y F6.

Este procedimiento permite obtener un mayor número de datos, asegurando un campo acústico más representativo dentro de las cámaras y aumentando la precisión del promedio energético de la medición.

Con todos los parámetros y condiciones previamente establecidos, se pueden realizar las mediciones y comenzar a obtener los datos correspondientes al índice de reducción sonora del elemento ensayado.

El siguiente paso consiste en procesar los datos obtenidos durante las mediciones. Cada norma establece su propio método de interpretación, pero, en general, las ecuaciones empleadas consideran los mismos parámetros fundamentales.

Durante este procedimiento, la fuente sonora suele generar ruido rosa, ya que este tipo de señal permite distribuir la energía de manera uniforme en cada banda de tercios de octava. Esto posibilita obtener resultados precisos en el rango de 100 Hz a 5000 Hz, lo que a su vez permite evaluar de manera detallada, por frecuencia, el sonido que se está emitiendo en la cámara emisora y el que se está recibiendo en la cámara receptora.

A continuación, se presenta un procedimiento metodológico para la obtención de los resultados:

5.1 Cálculo de los niveles de presión acústica promediados energéticamente.

Este cálculo se emplea para obtener el promedio energético de las mediciones en dos espacios con una única fuente emisora. El objetivo es promediar energéticamente el nivel de presión acústica en la cámara emisora y la cámara receptora, Ec (1).

$$L = 10 \log_{10} \left(\frac{10^{L1/10} + 10^{L2/10} + 10^{L3/10}}{n} \right) \quad (1)$$

Donde:

n: número de promedios

5.2 Diferencia de niveles

Para obtener la diferencia de niveles de presión acústica promediados energéticamente entre el recinto emisor y el recinto receptor, Ec. (2).

$$D = L1 - L2 \quad (2)$$

Donde:

L1 nivel de presión acústica promediado energéticamente en el recinto emisor

L2 nivel de presión acústica promediado energéticamente en el recinto receptor

5.3 Diferencia de niveles estandarizada

Este cálculo final se utiliza teniendo como variante el tiempo de reverberación, Ec. (3).

$$DnT = L_1 - L_2 + 10 \log_{10} \frac{S}{A} \quad (3)$$

Donde:

S: Superficie de muestra de ensayo en m²

A: Área equivalente de absorción sonora en cámara receptora en m².

Mediante este procedimiento metodológico es posible obtener el índice de reducción sonora por banda de tercios de octava para cada frecuencia medida.

El siguiente paso consiste en aplicar estos resultados según la ISO 717-1, cuyo objetivo es calcular el índice de aislamiento acústico ponderado *Rw* (*Weighted Sound Reduction Index*). Este índice cuantifica la capacidad de un elemento constructivo, como una ventana, un muro o una puerta, para atenuar el sonido aéreo. El valor de *Rw* se expresa en decibelios (dB) y permite comparar de manera objetiva el desempeño acústico de distintos elementos.

La norma establece parámetros y reglas para calcular el valor de *Rw*. Para ello, se debe desplazar una curva de referencia sobre los resultados medidos en bandas de tercios de octava hasta lograr la mejor coincidencia con el sistema medido; en ese punto se determina el valor de *Rw* del elemento constructivo.

Además, la norma define un procedimiento para calcular los índices **C** y **Ctr_tr**, que representan correcciones en función del espectro del ruido incidente:

C (correction index): se utiliza para evaluar la eficacia del aislamiento acústico frente a ruido rosa o ruido de banda ancha, típico en entornos interiores.

Ctr_tr (traffic spectrum correction index): se aplica cuando el ruido incidente corresponde a tráfico urbano, considerando que las frecuencias bajas predominan en este tipo de ruido, afectando la percepción del aislamiento acústico.

Estos índices permiten ajustar el valor de *Rw* según el tipo de ruido al que estará expuesto el elemento constructivo, proporcionando una medición más representativa y aplicable a la realidad.

Por lo general, este procedimiento se utiliza para interpretar los resultados de las mediciones con el fin de evaluar el comportamiento acústico del elemento que se está analizando, ya sea una ventana, un muro, una puerta u otro componente constructivo.

Para el análisis de ventilación no existe una norma que regule este procedimiento, a diferencia del aspecto acústico, que sí está regido por normas que establecen un procedimiento metodológico específico.

Por consiguiente, cada investigación aborda el tema de ventilación según las posibilidades del estudio, el equipo disponible y el conocimiento del investigador.

No obstante, existen herramientas, software y métodos matemáticos que permiten analizar el comportamiento de una ventana o abertura, entre los cuales se encuentran:

La simulación computacional permite modelar y predecir el flujo de aire y la distribución de velocidades dentro de un espacio, proporcionando resultados detallados sin necesidad de realizar pruebas físicas.

- Flow Design®: software de simulación de flujo de aire en tiempo real, utilizado para visualizar patrones de ventilación y movimiento de aire alrededor de estructuras y elementos arquitectónicos de manera rápida y sencilla.
- CFD Autodesk®: herramienta de dinámica de fluidos computacional que permite simular con precisión el comportamiento del aire dentro y alrededor de espacios cerrados, evaluando velocidad, presión y distribución de contaminantes o calor.
- SimScale®: plataforma de simulación en la nube que permite realizar análisis de flujo de aire y ventilación mediante modelos CFD, facilitando la colaboración y el acceso remoto a los resultados.
- Foam®: conjunto de herramientas de código abierto para simulación CFD que permite modelar flujos complejos y realizar análisis detallados de ventilación y comportamiento de fluidos.

Herramientas físicas utilizadas en estudios experimentales se incluyen:

Túnel de viento: permite reproducir condiciones de viento controladas para analizar la interacción del flujo de aire con ventanas, fachadas y aberturas.

Anemómetros: instrumentos que miden la velocidad y dirección del flujo de aire, esenciales para validar resultados de simulación o realizar mediciones in situ.

5.4 Métodos Matemáticos

Existen ecuaciones para predecir el comportamiento de una abertura ante el flujo de viento y observar el intercambio de aire que se producirá en un espacio en específico. Tales como:

Flujo volumétrico

El flujo volumétrico de aire (*Q*) es fundamental en dinámica de fluidos y ventilación, y se define como el volumen de aire que pasa a través de una sección transversal por unidad de tiempo (Awbi, 2003). Se expresa generalmente con la Ec. (4)

$$Q = A * V \quad (4)$$

Donde:

Q: es el flujo volumétrico (m³/s)

A: es el área de la abertura (m²)

V : es la velocidad del aire a través de dicha área (m/s)

Ventilación natural inducida por presión se expresa con la Ec. (5).

$$Q = C_d * A * \sqrt{\frac{2 * \Delta P}{\rho}} \quad (5)$$

Donde:

C_d es el coeficiente de descarga (adimensional)

ΔP es la diferencia de presión (Pa)

ρ es la densidad del aire (kg/m³)

A es el área de la abertura (m²)

El flujo volumétrico de aire representa la cantidad de volumen de aire que atraviesa una abertura de acuerdo con su área.

Cambios de Aire por Hora

La ecuación del ACH (de aire por hora) indica cuántas veces se renueva el aire de un espacio en una hora, Ec. (6).

$$ACH = \frac{Q(t)}{V_R} \quad (6)$$

$Q(t)$: caudal de aire suministrado (m³/s)

V_R : volumen del espacio (m³/)

A partir de esta metodología es posible calcular o predecir el comportamiento de una abertura o ventana según su diseño, forma y dimensiones, obteniendo así una estimación de su funcionamiento. Sin embargo, es

importante considerar que todas estas simulaciones se realizan en entornos controlados y, en la mayoría de los casos, asumen la incidencia constante del viento sobre el elemento.

Este factor debe tomarse en cuenta como una fuente de error, ya que al instalar la ventana dentro de una envolvente arquitectónica real, las condiciones de viento no siempre serán las ideales. El viento es impredecible y no puede direccionarse únicamente hacia una dirección. Por ello, para un uso correcto, es necesario realizar un análisis del viento local, identificando las direcciones dominantes y predominantes en la zona.

No obstante, incluso con estos datos, no se garantiza que la ventana reciba viento incidente directo durante todo el tiempo de uso, por lo que los cálculos y simulaciones deben interpretarse como más que como resultados absolutos.

6 CONCLUSIONES

En el aspecto acústico, el desempeño de las ventanas se evalúa mediante el índice de aislamiento acústico ponderado R_w , que cuantifica la capacidad de un elemento constructivo para atenuar el sonido aéreo. La Tabla 4 presenta los valores obtenidos para cada ventana evaluada, lo que permite realizar una comparación y observar el desempeño relativo de cada una frente al ruido exterior, y así observar dependiendo su diseño, tamaño y los materiales de construcción cual tiene de mayor a menor rendimiento acústico dependiendo su ventilación.

Tabla 4. Comparación R_w ventanas acústicas

Comparación R_w Ventanas Acústicas				
Ventana	R_w (dB) Cerrada	R_w Apertura media (dB)	R_w Apertura completa (dB)	Cita
VP1 (Supply Air)	43 (-2;-7)	31 (-1;-5)	28 (-2;-4)	(Søndergaard, 2014)
VP2 (metasurface ventilation window)			22 (-2;-3)	(Xiang, 2019)
VP3 (Ventana de Doble Ventilación)	36	28	25	(Field, 2019)
VP4 (Ventana de Ventilación)	35 (-1;-2)	29 (0;-2)	28 (0;-2)	(Liangfen, 2020)
VP5 (metaventana)			18 (0;0)	(Orduña, 2024)
VP6 Ventana prototipo 3	37 (-1;-4)	34 (-1;-3)	11 (-1;-1)	(Salas, 2026)

Como se observa, cada ventana presenta un índice de reducción sonora distinto, lo cual depende en gran medida de su diseño, forma de operación y dimensiones. No todas las ventanas cuentan con los valores de C y C_{tr} , pero en aquellas que sí se registraron, se puede evaluar su desempeño frente a diferentes espectros de ruido. La ventana que muestra el mejor desempeño es la VP1, correspondiente a la Supply Air, seguida por la VP6, que es una ventana ventilada. Por otro lado, la VP2 presenta el menor desempeño, lo cual se explica porque carece de un mecanismo efectivo de operación que permita un aislamiento acústico adecuado.

En cuanto a la ventilación, cada una de las ventanas evaluadas se analizó mediante métodos distintos, por lo que no es posible establecer una comparación directa entre ellas. No obstante, se observa que la ventilación es un factor relevante y que cada estudio la abordó de manera funcional según el diseño específico de la ventana. En general, se demuestra que estas ventanas permiten un flujo de aire adecuado dentro del recinto, cumpliendo con su propósito de ventilación sin comprometer completamente el aislamiento acústico.

En conclusión, el campo de las ventanas acústicas con ventilación es relativamente nuevo y aún ofrece un amplio margen de investigación. Las ventanas presentadas en este estudio muestran una mejora significativa en el aislamiento acústico, a pesar de permitir la entrada de aire al interior de la edificación, lo que evidencia que es posible combinar ventilación y control del ruido de manera efectiva. Estas investigaciones sientan las bases para futuros desarrollos que optimicen ambos aspectos, ajustando diseño, dimensiones y mecanismos de operación para lograr un desempeño más eficiente.

REFERENCIAS

- Abouleish, M. Z. (2020). Indoor air quality and COVID-19. *Public Health*, 191, 1.
- Awbi, H. B. (1998). —ventilation. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 2(1-2), 157-188.
- BNT162b2-elicited neutralization of B. 1.617 and other SARS-CoV-2 variants. *Nature*, 596(7871), 273-275.
- Field, C., & Cuthbert, G. (2019, September). Acoustically treated dual vented window system. In *INTER-NOISE and NOISE-CON Congress and Conference Proceedings* (Vol. 259, No. 9, pp. 581-590). Institute of Noise Control Engineering.
- Du, L., Lau, S. K., Lee, S. E., & Danzer, M. K. (2020). Experimental study on noise reduction and ventilation performances of sound-proofed ventilation window. *Building and Environment*, 181, 107105.
- Liu, J., Liu, Y., Xia, H., Zou, J., Weaver, S. C., Swanson, K. A., ... & Shi, P. Y. (2021).
- Orduña-Bustamante, F., Velasco-Segura, R., Quintero, G., Pérez-Ruiz, S. J., Pérez-López, A., Dorantes-Escamilla, R., & Ponce-Patrón, D. R. (2024). Simplified vented acoustic window with broadband sound transmission loss, *Applied Acoustics*, 217, 109865.
- Organización Mundial de la Salud. (2019). *Investigaciones epidemiológicas*. Oficina Regional para Europa de la OMS.
- Ponce Patrón, D. R., Orduña Bustamante, F., Quintero Pérez, G., Pérez Ruiz, S. J., Dorantes Escamilla, R., Bautista Kuri, A., & Pérez López, A. (2023). Medición de aislamiento acústico en condiciones comparables de laboratorio de ventanas de diseño tradicional y ventanas de estructura metamaterial. En *Tecniacústica 2023*.
- Salas Cortés, A. M. (2026). Diseño, fabricación y evaluación de una ventana con resonador de Helmholtz: Desempeño acústico y de ventilación (Tesis de maestría). Universidad Autónoma Metropolitana.
- Sanchidrián, C. D. (2016). *La Envolvente Acústica de los Edificios*. Madrid: Munilla-Lería.
- SøNDERGAARD, L. S. (2024). Sound insulation of partially open windows-alternative laboratory measurement methods. *INTER-NOISE and NOISE-CON Congress and Conference Proceedings*.
- Stansfeld, S. A. (2005). Noise and health: a review of the evidence. *International Journal of Environmental Health Research*.
- Ugarte-Anero, A., Fernandez-Gamiz, U., Portal-Porras, K., Zulueta, E., & Urbina-García, O. (2022).
- Wargocki, P. S. (2002). Ventilation and health in non industrial indoor environments. *European multidisciplinary scientific consensus meeting*, 113–128.
- Yu, X. (2019). Design and in-situ measurement of the acoustic performance of a metasurface ventilation window. *Applied Acoustics*, 152, 127-132.

Conciertos con ondas sonoras eléctricas: el Theremín y Ondas Martenot en Montevideo

Concerts with sound waves: the Theremin and Ondes Martenot in Montevideo

Concertos com ondas sonoras: o Theremin e Ondas Martenot em Montevideu

Walter A. Montano¹

¹ARQUICUST Laboratorio de acústica. Gualeguaychú, ER, Argentina. ORCID 0000-0002-0059-5257

Correo de contacto: acustica@inpacta.org

Resumen

Este artículo reconstruye la llegada a Montevideo de los primeros instrumentos electroacústicos —el Theremín y las Ondas Martenot— entre 1930 y 1956. Gracias a la disponibilidad de acceder a la prensa digitalizada de la época, se documentan las giras y presentaciones de intérpretes del Theremín, Evgeny Henkin (1930), Max Wolfson (1931) y Charles Strichazy (1938, 1952), y del Ondas Martenot con Ginette Martenot (1956). Aquí se resume cómo estas exhibiciones ocuparon un lugar en la agenda cultural montevideana, desde teatros a salas oficiales, que incluyeron conciertos transmitidos en directo por emisoras radiales. Asimismo, se analiza la recepción crítica mordaz que publicó el semanario *Marcha*, sobre el concierto del Ondas Martenot. Este artículo rescata la memoria de estos hitos tecnológicos de la electrónica, y las ondas sonoras, convertidas en música y que fueron olvidadas, tal vez por la limitada audiencia que tuvieron por tratarse de instrumentos musicales inusuales.

Palabras clave: Ondas etéreas, Theremín, Historia de la Ciencia, Ondas Martenot, música electroacústica.

Abstract

This article traces the arrival in Montevideo of the first electroacoustic instruments—the Theremin and the Ondes Martenot—between 1930 and 1956. Thanks to access to digitized press from the era, the tours and performances of Theremin players—Evgeny Henkin (1930), Max Wolfson (1931), and Charles Strichazy (1938, 1952) and of the Ondes Martenot with Ginette Martenot (1956) are documented. This article summarizes how these performances took their place on Montevideo's cultural calendar, ranging from theaters to official venues, including concerts broadcast live on radio stations. It also analyzes the scathing critical review published by the weekly *Marcha* regarding the Ondes Martenot concert. This article revives the memory of these technological milestones in electronics and sound waves—transformed into music—that were forgotten, perhaps due to the limited audience they attracted perhaps they were unusual musical instruments.

Keywords: Ethereal waves, Theremin, History of Science, Ondes Martenot, electroacoustics music.

Resumo

Este artigo reconstitui a chegada a Montevideu dos primeiros instrumentos eletroacústicos — o Theremin e as Ondas Martenot — entre 1930 e 1956. Graças à disponibilidade de acesso à imprensa digitalizada da época, são documentadas as digressões e apresentações dos intérpretes do Theremin, Evgeny Henkin (1930), Max Wolfson (1931) e Charles Strichazy (1938, 1952) e das Ondas Martenot com Ginette Martenot (1956). Resume-se aqui como estas exibições ocuparam um lugar na agenda cultural de Montevideu, desde teatros a salas oficiais, incluindo concertos transmitidos em direto por estações de rádio. Da mesma forma, analisa-se a crítica mordaz publicada pelo semanário *Marcha* sobre o concerto do Ondas Martenot. Este artigo resgata a memória destes marcos tecnológicos da eletrônica e das ondas sonoras, transformadas em música e que foram esquecidas, talvez devido à audiência limitada que tiveram por se tratar de instrumentos musicais invulgares.

Palavras chave: Ondas etéreas, Theremin, História da Ciência, Ondas Martenot, música eletroacústica.

1. INTRODUCCIÓN

Los conciertos con ejecución del Theremín, en los años de esplendor de este instrumento fuera de Europa o de los EEUU, aún no están bien documentados tanto en la historia formal de la música electroacústica, como en la historia del Theremín. El músico e investigador inglés Sean Albiez, comentó en 2024 la poca atención que se le ha puesto a indagar en detalle en qué países se ejecutó el Theremín previo a la Segunda Guerra Mundial, por lo que emprendió una exploración en repositorios digitales encontrando que diferentes músicos e intérpretes hicieron decenas de giras en Sudamérica, publicando una investigación con los resultados que obtuvo, en particular sobre Evgeny Henkin quien estuvo en Montevideo (Albiez, 2024).

El autor halló en el repositorio digital del sitio *Internet Archive*, muchas referencias en diarios y revistas locales con columnas y reseñas periodísticas acerca de su presentación en tierras uruguayas que resultan toda una novedad cultural y académica. Se encontró además, que al menos tres músicos dieron conciertos entre 1930 y 1940, y uno de ellos volvió a presentarse en 1952.

Situación similar ocurre con el instrumento *Ondas Martenot* cuyos conciertos fuera de Europa no están debidamente documentados, el cual fue presentado en Montevideo por única vez en 1956, con la curiosidad de que fue ejecutado por Ginette Martenot, hermana de Maurice Martenot el inventor del mencionado instrumento.

Cabe indicar que ambos instrumentos también fueron presentados no solo en la ciudad de Buenos Aires, sino también en Rosario y otras ciudades de la Argentina.

En este artículo se rescata a la historia la presencia de estos instrumentos musicales electrónicos en Montevideo, pioneros de la música electroacústica, de los archivos disponibles del sitio *Internet Archive*.

2. EL PRIMER INSTRUMENTO ELECTRÓNICO: EL THEREMÍN

El músico y físico ruso Lev Serguéievich Termén (1896–1993, mientras trataba con amplificadores de radiofrecuencia), percibió que el movimiento de su mano alteraba la frecuencia del sonido de un circuito electrónico en el que estaba trabajando. Tal vez como músico, intuyó que ese fenómeno podría servir para producir música y, en 1920, diseñó un circuito electrónico al que añadió una antena para modificar la frecuencia de oscilación y otra para controlar el volumen. Después de introducir mejoras al circuito de radiofrecuencia y convertirlo en un instrumento musical

(pudiendo controlar independientemente el volumen del tono emitido), comenzó a dar conciertos en Rusia y en países europeos.

A finales de 1927 viajó a EE. UU., donde afrancesó su nombre ruso que quedó como «León Thérémin», país donde había introducido en 1925 la solicitud de patente de su aparato. A principios de 1928 obtuvo la patente de su invento bajo el nombre de “*Method and Apparatus for the Generation Sounds*”, y al año siguiente la *Radio Corporation of America* (RCA) adquirió los derechos de comercialización de su aparato, bajo el nombre de *Thereminvox* el cual rápidamente la gente lo llamó *Theremin*. Este instrumento entre diversos nombres también es llamado *eterófono*.

Así nació el primer instrumento electrónico que produce música sin contacto físico (ni mecánico ni con teclados), al que también se lo nombró como de «sonidos etéreos» o de «ondas sonoras».

Para conocer más sobre su principio físico y electrónico de funcionamiento, se recomienda leer el artículo titulado «La física detrás del theremin clásico» publicado en esta revista (Núñez Pereira, 2021).

3. EVGENY HENKIN Y LOS PRIMEROS CONCIERTOS CON THEREMÍN EN MONTEVIDEO EN 1930

Tal como se indicó en la Introducción, gracias a la investigación del Dr. Albiez se pueden conocer los pormenores de la presencia del Theremín en escenarios rioplatenses; recientemente en un Blog dedicado a la vida de Evgeny Henkin y su hermano, están rescatando fotografías e información inédita de sus vidas (HBAA, n.d.).

3.1. Breve biografía de Evgeny Henkin

León Thérémin antes de su viaje a los EE. UU. creó en Berlín la *Schule der elektrischen Musik* (Escuela de música eléctrica), un laboratorio para la enseñanza de su instrumento, desde el cual divulgó su aprendizaje y uso, donde muchos de sus discípulos formaron ensambles. El fotógrafo y músico Evgeny Henkin (1900–1938) ingresó allí en 1928, y se convirtió en un virtuoso en la ejecución del Theremín. Formó parte de un trío con el cual brindaron conciertos en numerosas ciudades europeas, que abandonó a principios de 1930 para emprender una gira como solista a Sudamérica (Albiez, 2024).

3.2. Henkin en el Teatro 18 de Julio

Al momento de esta publicación, la única fuente de datos disponible libremente en Internet es que Henkin ofreció sus conciertos en el Teatro 18 de Julio (ver Figura 1), el cual era gerenciado por el empresario teatral Nicolás Messuti, y se encontraba en la Avenida 18 de Julio 1270, entre las calles Yi y Cuareim.

Según se lee de las revistas de aquella época, esta era una sala prestigiosa y moderna donde se proyectaron, a principio de 1930, las primeras películas sonoras sincronizadas; esto da un indicio de la apertura artística que poseía el dueño de este teatro.

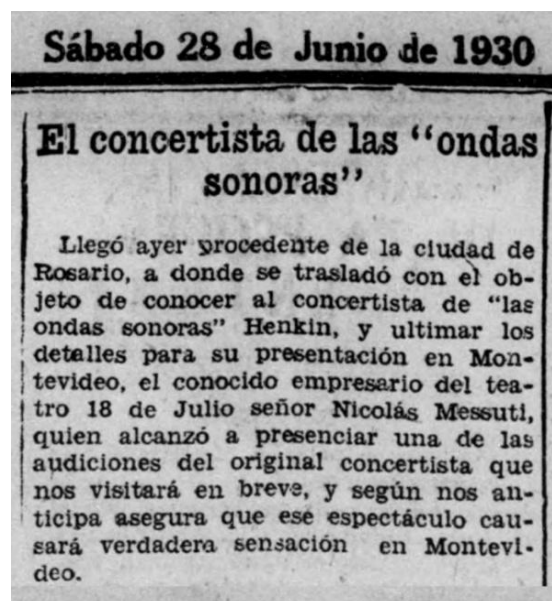


Figura 1: Extracto de columna periodística comentando el viaje y el futuro concierto de Henkin en Montevideo (Mañana, 1930-a)

A modo de ubicarnos en el esfuerzo realizado por las personas que concretaron este concierto, en la Figura 1 se muestra un extracto de la noticia que da cuenta de que Henkin se trasladó desde la ciudad de Rosario de Argentina a Montevideo, seguramente en barco cuya travesía tomaba hasta veintidós horas.

Ofreció conciertos en el Teatro 18 de Julio diariamente entre el 1° y el 9 de julio de 1930, en la tercera sección de los espectáculos artísticos programados (primero una sección cómica y segundo un sainete porteño). El sábado 6 y el domingo 7 de julio ofreció dos conciertos, en este último interactuando con el sainete «Ya se acabaron los criollos» (Mañana, 1930-b).

En la Figura 2 se presenta un extracto de la columna que comenta el último concierto que brindó Henkin en Montevideo.

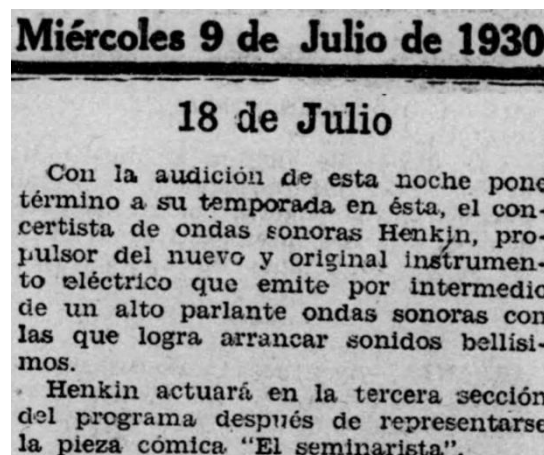


Figura 2: Extracto de columna periodística anunciando el cierre de la gira de Henkin en Montevideo (Mañana, 1930-c)

4. LOS CONCIERTOS DE MAX WOLFSON EN 1931

El músico vienés Max Wolfson emprendió una larguísima gira por toda América entre 1930 y 1931. En Sudamérica comenzó en Colombia bajando hasta Chile, cruzó a Argentina y luego Uruguay, para subir a Brasil y luego llegar a Venezuela. Por lo que se puede leer en algunas crónicas periodísticas de los países mencionados, su gira además de ejecutar el Theremín promocionó el modelo comercializado por la RCA (ver Figura 3).

A diferencia de la cobertura de las presentaciones de Henkin, en éstas el cronista del diario *La Mañana* se explaya y explica mejor la forma de interpretar música con el Theremín, llamando a Wolfson como «manipulador de ondas sonoras» o «músico aéreo».

Wolfson brindó conciertos a mediados de septiembre en el Teatro 18 de Julio y en el Estudio Auditorio del *Servicio Oficial de Difusión, Representaciones y Espectáculos* (SODRE), en estos acompañado por piano ejecutado por su esposa.

El concierto del 15 de septiembre fue transmitido por *Radio Carve* en directo desde el Estudio Auditorio (Mañana, 1931-b). Cerró su gira el 23 de septiembre con un concierto en el Teatro Solís, despidiéndose «con el novedoso aparato musical de ondas etéreas "Theremin" (sic) instrumento que de acuerdo con músicos famosos está llamado a revolucionar la música del futuro» y que «Los conciertos del "Theremin" (sic) han constituido la gran novedad científica y musical» (Mañana, 1931-c).

En la Figura 3 se muestra la fotografía que utilizó para promocionar sus conciertos de esta gira, y fue publicada por todos los medios de los países que visitó.



Figura 3: Fotografía promocional de Max Wolfson para sus conciertos (Mañana, 1931-a)

5. LAS GIRAS ANUALES DE CHARLES STRICHAZY EJECUTANDO EL THEREMÍN

Se encuentran datos accesibles en Internet de que en entre 1934 y 1939 el músico Charles Strichazy (la prensa lo identifica como de origen francés), muchas veces mencionado simplemente como «el profesor Charles», ofreció conciertos en distintas ciudades de la Argentina. Para el caso de información disponible de la prensa uruguaya, se encuentran a partir de 1938 pero esto no significa que no se haya presentado en Montevideo en los años indicados, ya que los buques que partían desde Buenos Aires rumbo a Europa hacían una escala obligada en Montevideo, y al igual que giras artísticas de

otros músicos, se hipotetiza que el profesor Charles habría dado conciertos entre 1934 y 1937.

De acuerdo con lo publicado en el diario *El Bien Público*, los conciertos que dio el Profesor Charles en 1938 fueron transmitidos por radio *El Espectador*, en algunos explicando el instrumento (ver Figura 4).

EL "THEREMIN", LA MARAVILLA MUSICAL, ESTÁ EN MONTEVIDEO

El instrumento musical más extraordinario, en el que encuentran aplicación los descubrimientos más flamantes de la ciencia radioeléctrica, inventado por el profesor ruso Theremin, es, en Montevideo, y será conocido, el próximo domingo por los radioescuchas.

El profesor Charles, que el domingo a las 20 y 15 ofrecerá la primera audición ilustrativa del "Theremin", es uno de los tres hombres del mundo que maneja el prodigioso aparato y las pruebas realizadas ya en "El Espectador", que es la broadcasting que transmitirá dichas audiciones han sido sorprendentes.

Figura 4: Extracto de columna periodística comentando las presentaciones radiofónicas del Profesor Charles (Bien Público, 1938-a)

La columna de la Figura 4 se publicó el viernes 22 de abril, y para la edición del 10 de mayo se anunció un concierto privado en el Jockey Club (Bien Público, 1938-b).

En la prensa argentina indican que el Profesor Charles también era un eximio ejecutor de la armónica, y que dio clases públicas de ese instrumento llegando a congregarse a decenas de niños (también soldados conscriptos) para tocar al unísono (Orden, 1934); hasta el momento no se encuentran disponibles noticias digitalizadas de que haya realizado lo mismo en Montevideo.

A principios de enero de 1940 (después de una gira en Argentina), hizo presentaciones en el Teatro Mitre, y en estas columnas periodísticas sí se menciona que Strichazy era armonicista (Bien Público, 1940). Respecto al Teatro Mitre, se encontraba en la calle Bartolomé Mitre 1261 y era una sala de espectáculos de variedades, también teatro popular.

El Profesor Charles regresó a Montevideo en 1952 para dar al menos dos conciertos (ver Figura 5), pero tuvo gran cobertura periodística durante todo julio en el diario *El Bien Público*.



Figura 5: Columna periodística comentando un concierto del Profesor Charles (Bien Público, 1952)

6. LOS CONCIERTOS EN 1956 DE ONDAS MARTENOT

En la Introducción se mencionó que la hermana del inventor de este instrumento fue quien brindó al menos un concierto en Montevideo, como parte de una gira mundial de promoción del instrumento Ondas Martenot.

6.1. Principio de funcionamiento

Ondas Martenot funciona mediante el principio del heterodino, similar al del Theremin, en el cual se generan dos frecuencias ultrasónicas (fuera del alcance del oído humano) que al interferir entre sí producen una tercera frecuencia audible. A diferencia de otros instrumentos electrónicos primitivos, este utiliza tubos de vacío y un sistema de amplificación que proyecta el sonido a través de diferentes parlantes especiales conocidos como «difusores». Entre ellos destaca uno que utiliza un gong metálico para crear una resonancia vibrante y otro con cuerdas tensadas que vibran por simpatía, otorgándole una calidez acústica única que lo aleja del sonido frío o puramente sintético de las ondas eléctricas.

Su funcionamiento destaca por una interfaz expresiva y táctil que permite al intérprete un control total sobre el fraseo. Se puede tocar de dos formas: mediante un teclado convencional que cuenta con un sistema de vibrato lateral (la tecla se mueve físicamente para

ondular el tono) o a través de una cinta con un anillo que el músico desliza para crear glissandos fluidos y precisos. Además, la mano izquierda del intérprete opera la «tecla de expresión» en un pequeño cajón lateral, un control de intensidad tan sensible que permite graduar el volumen desde un susurro casi imperceptible hasta una potencia orquestal, imitando la dinámica de un instrumento de arco.

6.2. La presentación de Ginette Martenot

El sábado 22 de septiembre de 1956 en el Estudio Auditorio del SODRE (ver Figura 6); Ginette Martenot brindó un concierto en dos partes: la primera presentando obras para Ondas Martenot y piano, la segunda solo para dicho instrumento (Marcha, 1956).

Ondas Martenot

Un aparato musical que sugiere muchas posibilidades

En el Estudio Auditorio se presentó ayer Ginette Martenot, hermana del inventor de las Ondas Martenot, aparato musical de reciente creación y cuyas características viene difundiendo en una gira por ciudades americanas. Poco es lo que podemos decir en favor de la calidad sonora de este instrumento, a través del recital escuchado ayer.

Habría sido necesario una familiaridad con el nuevo sonido escuchado, cosa que no poseemos, una capacidad de apreciación de las cualidades virtuosísticas de la intérprete, que tampoco poseemos, y una calidad musical intrínseca en las obras interpretadas. Esto en lo único susceptible de una apreciación directa, en medio de tanta ignorancia de nuestra parte, nos resultó de un carácter primario.

Creemos que la utilización de este instrumento en las salas de concierto, está en período experimental, y no puede juzgarse con el mismo criterio que un recital de los instrumentos conocidos y dominados por los virtuosos.

Surge si de inmediato, la seguridad absoluta, de que este novísimo instrumento, tiene un campo de posibilidades extraordinarias dentro de las integraciones orquestales futuras. Los efectos vibrados en los tonos graves, y ese sonido nostálgico de tan melancólica pureza, puede ser muy bien utilizado por los compositores del futuro.

En cambio sus posibilidades virtuosísticas como instrumento de concierto individual, nos parecían mucho más limitadas, pues en cuanto a la cimentación de timbres, éstos no pasan de tales, es decir da sonidos parecidos al fagot, a la tuba, etc., pero que no los sustituyen. En cambio en el timbre particular, sus posibilidades son mucho menores, y necesita el acompañamiento del piano.

Lo notable debe ser sin duda su fusión con los otros instrumentos de la orquesta, de lo cual se pueden obtener sin duda efectos maravillosos.

Las variedades sonoras de las Ondas Martenot, y su timbre particular son dos hechos de una importancia musical que nadie puede negar, y que habrá de constituir un motivo de mejoramiento y de innovación para los compositores de este siglo XX.

Figura 6: Columna periodística acerca del concierto del Ondas Martenot y piano (Bien Público, 1956)

Crítica mordaz del semanario Marcha. Este hebdomadario uruguayo se caracterizó por su independencia política, su mirada crítica y latinoamericanista, que entre otros intelectuales escribieron Juan Carlos Onetti, Mario Benedetti y Eduardo Galeano. A pesar de su indiscutible altura intelectual, los columnistas de *Marcha* mantuvieron una relación ambivalente y a menudo ácida con la música de vanguardia, manteniendo una distancia irónica o sarcástica que desnudaba cualquier asomo de impostura en la modernidad.

Y así ocurrió con la presentación del Ondas Martenot (ver Figura 7), que escribieron una crítica combinando una defensa del gran repertorio con una desconfianza militante hacia el «ruidismo». La crónica fue publicada a posteriori del concierto de Ginette Martenot, que es una pieza de una mordacidad refinada (ver Figura 7), donde la vanguardia era celebrada como evento social pero diseccionada, con la frialdad de quien observa un espectáculo innecesariamente complejo.

E Arrivato Martenó

NUESTRO EMPLEADO LUQUE, QUIEN ATRAVIESA UNA crisis de intelectualidad desde la aparición de sus borro-neadas notas en las páginas de MARCHA, nos suplicó que, el sábado, lo dejásemos ir al Sódre para oír las ondas Martenot —el nuevo instrumento inventado por un violoncellista, francés— el cual (o las cuales) acompañado por un piano hacía su debut en Montevideo. Le explicamos que ese acontecimiento correspondía a la crítica de MRM. No quiso entenderlo así Luque, y se marchó, a nuestro juicio ligeramente amoscado.

Apareció esta mañana —con aspecto algo fantasmal y voz ululante— y nos explicó que había ido, pagando su propia localidad. Nos dejó unas hojas con sus impresiones sobre el asunto. Hecho lo cual, con un gemido de ultratumba se fue al sótano a arreglar los archivos.

Hombre con melena susurra “¿Ahora qué pasa?” Mme. Martenot, pianista pálido y hombre que va a dar vuelta las hojas hacen mutis por la derecha. Parecería que UTE les está fallando. Situación tensa. Impasse.

Hombre con melena al lado mío comenta decepcionado: “¡Ah! pero no tocan más que música apropiada para esta clase de instrumento”. Compañera de hombre con melena responde: “Lo único que no podemos saber es si toca bien o mal”.

Termina 2ª parte. Me voy.

En la calle taxímetros parecen dotados de Martenot. La ciudad parece un gran Martenot. Mi cabeza es un Martenot.

Me encuentro en la puerta con MRM. “¿Cómo, Luque, se va? ¿No le gusta el Martenot...?”

—“¡No!”

Figura 7: Extractos de una reseña sarcástica sobre el concierto con el Ondas Martenot (Marcha, 1956)

Acerca del tipo de audiencia, el crítico en forma escueta dice «Público poco aspecto musical. Más bien ingenieros. Comentarios sobre: velocidad de la onda, columna de sonido, frecuencia, megaciclos, etc.»

Es graciosa la analogía (al final de la columna crítica) que hacen entre el ruido molesto de las bocinas y el sonido característico de las Ondas Martenot, a modo también de indicar que el sonido de dicho instrumento podría resultar molesto.

7. CONCLUSIONES

Aquí se destacó el valor histórico de rescatar las primeras presentaciones en Montevideo de instrumentos como el Theremín y las Ondas Martenot, que si bien se trataron de giras artísticas estos conciertos pudieron atraer la atención de las vanguardias musicales montevidéanas. A través de las crónicas e imágenes recuperadas de repositorios digitales, se documenta cómo la llegada de Evgeny Henkin, Max Wolfson, Charles Strichazy y Ginette Martenot generaron un

impacto cultural, que abarcaron desde salas teatrales y auditorios oficiales, hasta difusiones radiofónicas en directo. Las exhibiciones del Theremín no solo introdujeron al público local en la producción de sonidos electrónicos sin contacto mecánico, sino que pudieron haber sentado los antecedentes primitivos de la ejecución de música electroacústica en Uruguay (incluyendo la Argentina).

Por otra parte, el análisis de la recepción de algunos periodistas revela una ambivalencia social hacia estas nuevas tecnologías sonoras, que osciló entre la admiración ante un «espectáculo asombroso» y el escepticismo de la crítica intelectual. Mientras que los diarios locales y las demostraciones ilustrativas celebraban el potencial revolucionario y científico de la «música del aire», «música de ondas» o «músicas etéreas», crónicas más mordaces y satíricas —como las publicadas en el semanario *Marcha*— ironizaban sobre su complejidad o el perfil técnico de una audiencia (tal vez) más interesada en el fenómeno físico del Ondas Martenot, que en el repertorio musical tradicional.

A décadas de estos pioneros conciertos de música electroacústica en Uruguay, se rescató y compartieron las columnas periodísticas de aquella época, para dejar evidencia de esta curiosidad cultural, tecnológica y musical.

El autor es miembro de la Asociación Uruguaya de Acústica (AUA), también integra la Asociación de Acústicos de Argentina (AdAA) y la Sociedad Española de Acústica (SEA). Además, es el Chair del Comité de Archivos e Historia de la *Acoustical Society of America* (ASA), y miembro de su Comité de Celebración del Centenario.

El autor quiere agradecer a editores y revisores de la revista ECOS por la publicación de este artículo.

Se declara que esta investigación no tuvo fuentes de financiamiento y fue escrito en el tiempo libre del autor; tampoco tiene conflicto de intereses (siempre se mencionan las fuentes de los datos).

Se declara que fue utilizada la herramienta IA de Gemini solo para mejorar la calidad de las imágenes, todos los textos son creación genuina del autor.

REFERENCIAS

Albiez, Sean (2024) *Evgeny Henkin and the Theremin - 1928-1934* [2024]. Blog del Dr. Sean Albiez.

- Bien Público, El (1938-a) *El “Theremin”, la maravilla musical, está en Montevideo*. Edición del viernes 22 de abril, p.5.
- Bien Público, El (1938-b) *El Profesor Charles en el Jockey Club*. Edición del martes 10 de abril, p.5.
- Bien Público, El (1940) *Hoy se presenta Charles en el Teatro Mitre*. Edición del sábado 6 de enero, p.8.
- Bien Público, El (1952) *Oímos ayer al “Theremin”*. Edición del jueves 31 de julio, p.5.
- HBAA (n.d.) *Henkin Brothers Archive Association*. <https://henkinbrothers.com/>
- Mañana, La (1930-a) *El concertista de las “ondas sonoras”*. Teatros y cines. Edición del 6 de julio de 1930, p.3.
- Mañana, La (1930-b) *18 de Julio*. Teatros y cines. Edición del 28 de junio de 1930, p.3.
- Mañana, La (1930-c) *18 de Julio*. Teatros y cines. Edición del 9 de julio de 1930, p.6.
- Mañana, La (1931-a) *El viernes se presenta un manipulador de ondas sonoras, en el 18 de Julio*. Edición del martes 8 de septiembre de 1931, p.7.
- Mañana, La (1931-b) *CX6*. De la actualidad teatral y cinematográfica. Edición del martes 15 de septiembre de 1931, p.7.
- Mañana, La (1931-c) *La audición del “Theremin” de esta tarde. Conciertos*. Edición del miércoles 23 de septiembre de 1931, p.7.
- Marcha (1956) *E arrivato martenó*. Edición del viernes 28 de septiembre, p.9.
- Núñez Pereira, Ismael (2021) La física detrás del theremin clásico. *Revista ECOS*, Año 2 N.º 2 Julio – Diciembre 2021, pp 17-26.
- Orden, El (1934) *Charles: un descubridor de músicos infantiles*. Edición del 14 de abril, p.5.

Caracterización sonora del ruido generado por estaciones de carga rápida para vehículos eléctricos

Sound characterization of the noise generated by fast charging stations for electric vehicles

Caracterização sonora do ruído gerado por estações de carregamento rápido para veículos elétricos

David Clar García, Miguel Fabra Rodríguez, Héctor Campello Vicente, Emilio Velasco Sánchez

Instituto de Investigación en Ingeniería de Elche, Universidad Miguel Hernández de Elche. Correo electrónico: dclar@umh.es

Resumen

Los vehículos eléctricos constituyen un elemento central en la descarbonización del transporte y contribuyen a la reducción de la contaminación acústica urbana. Sin embargo, este trabajo identifica una desventaja específica de las estaciones de carga rápida de corriente continua: la emisión de ruido de alta frecuencia durante la sesión de carga, que puede resultar molesta para los residentes próximos. Se analiza la emisión sonora de una muestra representativa de estaciones de carga rápida de corriente continua de los principales fabricantes del mercado europeo, con el fin de ofrecer herramientas concretas que permitan a fabricantes, instaladores y operadores reducir las molestias acústicas generadas por estos equipos.

Palabras clave: vehículo eléctrico; carga rápida en CC; emisión sonora; ruido ambiental; contaminación acústica.

Abstract

Electric vehicles are a central element in the decarbonisation of transport and contribute to the reduction of urban noise pollution. However, this work identifies a specific drawback of DC fast-charging stations: the emission of high-frequency noise during charging sessions, which may prove disturbing to nearby residents. The acoustic emissions of a representative sample of DC fast-charging stations from the leading manufacturers in the European market are analysed, with the aim of providing practical tools to help manufacturers, installers and operators reduce the noise disturbance generated by these stations.

Keywords: electric vehicle; DC fast charging; acoustic emission; environmental noise; noise pollution.

Resumo

Os veículos elétricos constituem um elemento central na descarbonização do transporte e contribuem para a redução da poluição sonora urbana. No entanto, este trabalho identifica uma desvantagem específica das estações de carregamento rápido em corrente contínua: a emissão de ruído de alta frequência durante a sessão de carregamento, que pode revelar-se perturbadora para os residentes próximos. Analisa-se a emissão sonora de uma amostra representativa de estações de carregamento rápido em corrente contínua dos principais fabricantes do mercado europeu, com o objetivo de disponibilizar ferramentas concretas que permitam a fabricantes, instaladores e operadores reduzir as perturbações acústicas geradas por estes equipamentos.

Palavras-chave: veículo elétrico; carregamento rápido em CC; emissão sonora; ruído ambiental; poluição acústica.

1. INTRODUCCIÓN

Los vehículos eléctricos representan una opción real para avanzar hacia la descarbonización del sistema energético, en particular en el sector del transporte. El cumplimiento de los objetivos de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero del Acuerdo de París exige medidas concretas en sectores como el transporte por carretera, donde el fomento de la movilidad sostenible mediante el vehículo eléctrico ocupa un lugar central. Aun así, las limitaciones tecnológicas de los vehículos eléctricos frente a los de combustión siguen condicionando su penetración en el mercado.

La autonomía y el tiempo de recarga son las dos restricciones más citadas, aunque ambas han mejorado notablemente en los últimos años. En la mayoría de los escenarios de uso habitual, incluidos los desplazamientos de larga distancia, los tiempos de viaje con un vehículo eléctrico son solo entre un 11% y un 27% superiores a los de un vehículo de combustión interna (ICE) [1,2]. En recorridos largos, la disponibilidad de infraestructura de carga rápida resulta determinante para equiparar los tiempos totales de viaje; con cargadores de 350 kW se prevé que sea posible completar una parada de recarga cada 2–3 horas de conducción [3].

Desde el punto de vista acústico, la sustitución de vehículos de combustión por eléctricos ha reducido los

niveles de ruido en las ciudades, especialmente en zonas con alta densidad de tráfico [4,5]. Sin embargo, la expansión de la red de carga rápida en corriente continua —el método de recarga dominante en la actualidad [6]— ha introducido una nueva fuente de contaminación acústica. Estas estaciones, cada vez más presentes en entornos comerciales, laborales e incluso residenciales, generan ruido de alta frecuencia durante la sesión de carga que ha provocado quejas vecinales y, en algunos casos, restricciones operativas en instalaciones concretas.

El ruido es una de las principales molestias en entornos urbanos [7], y la Organización Mundial de la Salud lo ha identificado como el segundo factor ambiental con mayor contribución a la carga de enfermedad en los países de la Unión Europea [8]. Su impacto sobre las personas depende tanto de las características físicas del sonido como de variables individuales —sensibilidad personal, predisposición genética, estado psicológico, hábitos de vida— que modulan la respuesta subjetiva al ruido [10–12].

Este trabajo analiza la emisión y la propagación sonora de una muestra representativa de estaciones de carga rápida en corriente continua de los principales fabricantes del mercado europeo. El objetivo es proporcionar herramientas concretas que permitan a fabricantes, instaladores y operadores reducir las molestias acústicas generadas por estos equipos.

2. MATERIALES Y METODOLOGÍA

2.1. Procedimiento de medición del ruido

El procedimiento de medición aplicado se basa en el Anexo 4 del Real Decreto 1367/2007, de 19 de octubre, que desarrolla la Ley 37/2003, de 17 de noviembre, del Ruido, en materia de zonificación acústica, objetivos de calidad y emisiones acústicas [13], y en la norma ISO 1996:2016, Acústica—Descripción, medición y evaluación del ruido ambiental [14]. Estas referencias establecen los criterios y límites para evaluar el ruido ambiental según el tipo de zona (residencial, industrial, sanitaria, etc.) y el período horario (día, tarde o noche).

Conforme a esta normativa, la fuente emisora debe operar en el modo más ruidoso posible durante la medición. En las estaciones de carga rápida, eso equivale a cargar al máximo de potencia disponible. Dado que el nivel de emisión varía según el lado del equipo, se realizaron mediciones en los cuatro lados. En cada uno se registraron 5 mediciones a 1,5 m de la superficie del cargador y a 1,5 m de altura sobre el suelo, expresadas como L_{Aeq} (dBA) con un período de integración de 10 segundos.

Con la estación detenida, se midió el ruido de fondo en los mismos puntos y con idéntico protocolo: 5 mediciones a 1,5 m de distancia y a 1,5 m de altura, expresadas como L_{Aeq} (dBA) durante 10 segundos.

2.2. Correcciones de las mediciones de ruido

Para aislar la contribución de la fuente y excluir el efecto del ruido de fondo, se aplicaron factores de corrección conforme a la normativa. El análisis de los valores registrados determina en cada caso qué correcciones son aplicables.

2.2.1. Correcciones por ruido de fondo

Cuando el nivel evaluado supera el ruido de fondo en más de 10 dBA no se aplica corrección. Si la diferencia está entre 3 y 10 dBA, se corrige el nivel según la ecuación (1):

$$L_{Aeq,corr} = 10 \cdot \log \left(10^{L_{Aeq}/10} - 10^{L_{Aeq,background}/10} \right) \quad (1)$$

Si el nivel evaluado no supera el ruido de fondo en 3 dBA, la medición se descarta y se repite cuando el ambiente sonoro desciende a valores admisibles.

2.2.2. Correcciones por componentes tonales emergentes (K_t)

Se realizó un análisis en tercios de octava con el cargador en funcionamiento y detenido. Cuando la diferencia entre nivel evaluado y ruido de fondo está entre 3 y 10 dB, se aplica la corrección según la ecuación (2):

$$L_{f_{eq},corr} = 10 \cdot \log \left(10^{L_{f_{eq}}/10} - 10^{L_{f_{eq},background}/10} \right) \quad (2)$$

Si la diferencia supera 10 dB no se aplica corrección; si no alcanza 3 dB, la medición se descarta. El componente tonal K_t se obtiene a partir de L_t , donde $L_t = L_f - L_s$ (L_f es el nivel de la banda emergente y L_s la media aritmética de las bandas adyacentes), conforme a los valores de la Tabla 1.

Tabla 1: Componente Tonal K_t .

	L_t (dB)	Tonal Component K_t (dB)
From 20 to 125 Hz	If $L_t < 8$	0
	If $8 \leq L_t \leq 12$	3
	If $L_t > 12$	6
From 160 to 400 Hz	If $L_t < 5$	0
	If $5 \leq L_t \leq 8$	3
	If $L_t > 8$	6
From 500 to 10000 Hz	If $L_t < 3$	0
	If $3 \leq L_t \leq 5$	3
	If $L_t > 5$	6

2.2.3. Correcciones por componentes de baja frecuencia

Cuando el nivel evaluado excede el ruido de fondo en más de 10 dBC no se aplica corrección. Si la diferencia está entre 3 y 10 dBC, se corrige L_{Ceq} según la ecuación (3):

$$L_{Ceq,corr} = 10 \cdot \log \left(10^{L_{Ceq}/10} - 10^{L_{Ceq,background}/10} \right) \quad (3)$$

Asimismo, si la diferencia en dBA está entre 3 y 10, se aplica la corrección L_{Aeq} según la ecuación (4):

$$L_{Aeq,corr} = 10 \cdot \log \left(10^{L_{Aeq}/10} - 10^{L_{Aeq,background}/10} \right) \quad (4)$$

El componente de baja frecuencia K_f se determina en función de L_f conforme a la Tabla 2.

Tabla 2: Componente de baja frecuencia K_f

L_f (dB)	Componente de baja frecuencia K_f (dB)
If $L_f \leq 10$	0
If $10 > L_f \leq 15$	3
If $L_f > 15$	6

2.2.4. Correcciones por impulsividad

Los sonidos con componentes impulsivos se caracterizan por niveles de presión elevados y duración breve. El esquema de corrección sigue el mismo criterio: sin corrección cuando el nivel evaluado supera el fondo en más de 10 dBA; corrección según la ecuación (5) si la diferencia está entre 3 y 10 dBA:

$$L_{Aeq,corr} = 10 \cdot \log \left(10^{L_{Aeq}/10} - 10^{L_{Aeq,background}/10} \right) \quad (5)$$

La componente impulsiva K_i se determina a partir de $L_i = L_{Aeq,corr,Ti} - L_{Aeq,corr,Ti}$ (ecuación 6), conforme a la Tabla 3.

Tabla 3: Componente impulsiva K_i

L_i (dB)	K_i (dB)
Si $L_i \leq 10$	0
Si $10 > L_i \leq 15$	3
Si $L_i > 15$	6

2.3. Estaciones de carga rápida de CC evaluadas

Para que los resultados fueran representativos y las conclusiones sólidas, se seleccionó una muestra amplia de estaciones de corriente continua de los principales fabricantes del mercado europeo, que incluye modelos de carga rápida (50 kW), superrápida (100–150 kW) y ultrarrápida (>150 kW). La relación completa de equipos ensayados figura en la Tabla 4.

Todas las estaciones evaluadas incorporan conectores CCS Combo 2, estándar de carga rápida en la UE. Algunos modelos más antiguos —como el Ingeteam Rapid 50 Trio— disponen también de conector Tipo 2 para carga alterna trifásica (11–43 kW) y CHAdeMO, el estándar japonés de carga rápida en CC (hasta 63 kW), desplazado por CCS en los modelos más recientes. El trabajo se centró exclusivamente en las emisiones asociadas al conector CCS, ya que la carga alterna rápida no produce ruido apreciable y el CHAdeMO no está presente en la nueva generación de cargadores.

Tabla 4: Estaciones de carga rápida

Fabricante	Modelo	Potencia Máxima de Carga (kW)
Ingeteam (Spain)	Rapid 50	50
	One/Duo/Trio	
	Rapid 60 Duo	60
	Rapid 180 Duo	180
	Rapid ST 200	200
Circuitor (Spain)	Rapid ST 400	400
	Raption 50 Trio	50
	Raption 100	100
Alpitronic (Italy)	HYC 50	50
Wall Box (Spain)	Supernova 60	60
	Supernova 150	150
ABB (Switzerland)	Terra 124HC CC	120
Tesla (U.S.A.)	HP CP500 CJ	175
	V2	150
	V3	250
GSS Power (Spain)	DP-ESC-193	160

La Figura 1 muestra, a la izquierda, un cargador de primera generación de 50 kW (Ingeteam Rapid 50 Trio) con los tres tipos de conector y, a la derecha, un cargador de 180 kW de última generación (Ingeteam Rapid 180) con conectores CCS Combo 2 únicamente.

2.4. Configuración de medición y disposición de los micrófonos

La configuración de la medición y la disposición de los micrófonos responden al mismo marco normativo: Anexo 4 del R.D. 1367/2007 e ISO 1996:2016. Las mediciones se realizaron en los cuatro lados de cada cargador, con los micrófonos situados a 1,5 m de cada superficie lateral y a 1,5 m de altura, tal y como muestra la Figura 2.

El registro sonoro abarcó el rango de 80 Hz a 20 kHz, con señales de 10 s y un tiempo de integración de 125 ms (modo Fast). Los datos se procesaron en bandas de un tercio de octava, considerando cinco mediciones por punto y por condición de ruido de fondo.

2.5. Instrumentación y condiciones ambientales

Todos los equipos de medición utilizados cumplen los requisitos de precisión Tipo 1/Clase 1 definidos en la norma IEC 61260 sobre filtros de banda de octava y fracciones de banda de octava [15]. La Tabla 5 recoge el instrumental empleado.

Tabla 5: Instrumentación utilizados en las pruebas.

Instrumentación	Modelo
Analizador de presión acústica modular tipo 1	Brüel & Kjær 2250
Analizador de presión acústica modular tipo 1	Brüel & Kjær 2260
Calibrador de sonido para micrófonos	Brüel & Kjær 4231
Termo-hidro-anemómetro	PCE-THA 10



Figura 1. Estaciones de carga rápida Ingeteam Rapid 50 Trio



Figura 2. Configuración de los micrófonos. Vista frontal y lateral

Las pruebas se realizaron en condiciones reales de operación. Para cada medición se registró el ruido de fondo y se aplicaron las correcciones pertinentes. Las mediciones en que el nivel evaluado no superaba en 3 dBA el ruido de fondo fueron descartadas y repetidas. Según la norma ISO 9613-2 [16], la velocidad del viento no superó en ningún caso los 5 m/s, verificado con el anemómetro calibrado PCE-THA 10. La temperatura ambiente se mantuvo entre 14 y 26 °C y la humedad relativa entre el 42% y el 73%, dentro de los rangos exigidos por el R.D. 1367/2007 (0–40 °C y 20–100%, respectivamente).

Parte de las mediciones se realizó en el Smart Mobility Lab de Iberdrola (Bilbao, España), en condiciones de laboratorio controladas y con un ruido de fondo muy

reducido. Este entorno permitió ensayar variables de carga adicionales, incluida la evaluación de un dispositivo de amortiguación acústica diseñado para los cargadores de primera generación.

3. RESULTADOS Y ANÁLISIS

Tras aplicar las correcciones normativas a cada estación de carga, se calcularon los niveles de presión sonora (SPL). La Figura 5 compara los valores de SPL —medidos y corregidos— para todos los cargadores evaluados. El límite de 65 dBA establecido por la normativa queda representado como una línea negra horizontal.



Figura 3. Pruebas en puntos de carga públicos.



Figura 4. Smart Mobility Lab de Iberdrola, Bilbao (España)

La mayor parte de los cargadores rápidos en CC superó dicho límite. El Ingeteam Rapid de 50 kW fue el equipo más ruidoso, mientras que algunos cargadores ultrarrápidos (>100 kW) resultaron más silenciosos que modelos de menor potencia nominal. Para comparar en detalle los espectros de los dieciséis equipos evaluados, se realizó un análisis frecuencial cuyos resultados se presentan conjuntamente en la Figura 6. Los modelos Ingeteam Rapid de 50 kW, identificados en negro, aparecen en la parte superior del gráfico. En el extremo opuesto, Wall Box Supernova 150 kW, Tesla V2 150 kW e Ingeteam Rapid ST 400 presentan los niveles de emisión más bajos.

La diferencia entre generaciones es pronunciada: los cargadores de primera generación (50 kW) son considerablemente más ruidosos que los de última generación (>100 kW). Solo los primeros superan los niveles máximos admisibles para zonas residenciales; varios cargadores de alta potencia presentan emisiones casi imperceptibles para el oído humano. La Figura 7 muestra los espectros promedio agrupados por potencia nominal: primera generación Ingeteam Rapid de 50 kW (negro), 100–150 kW (azul), 150–200 kW (verde) y más de 200 kW (rojo). El grupo de 50 kW concentra los niveles más altos en todo el espectro, con diferencias especialmente marcadas en las frecuencias altas.

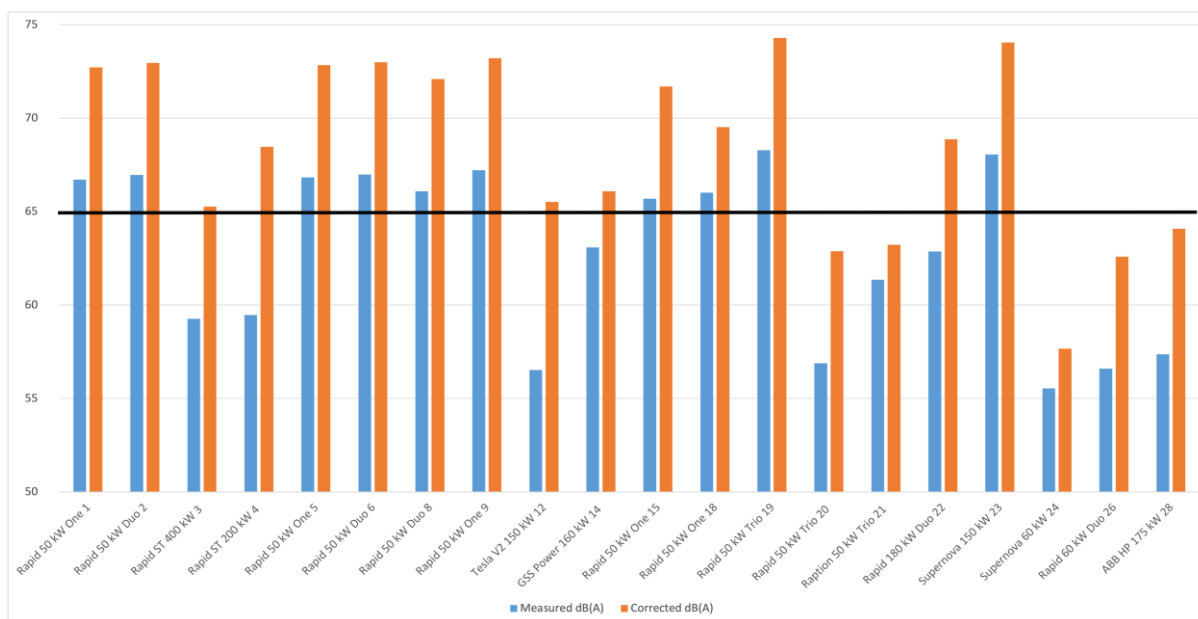


Figura 5. Niveles de presión sonora medidos y corregidos para todos los cargadores rápidos de CC evaluados

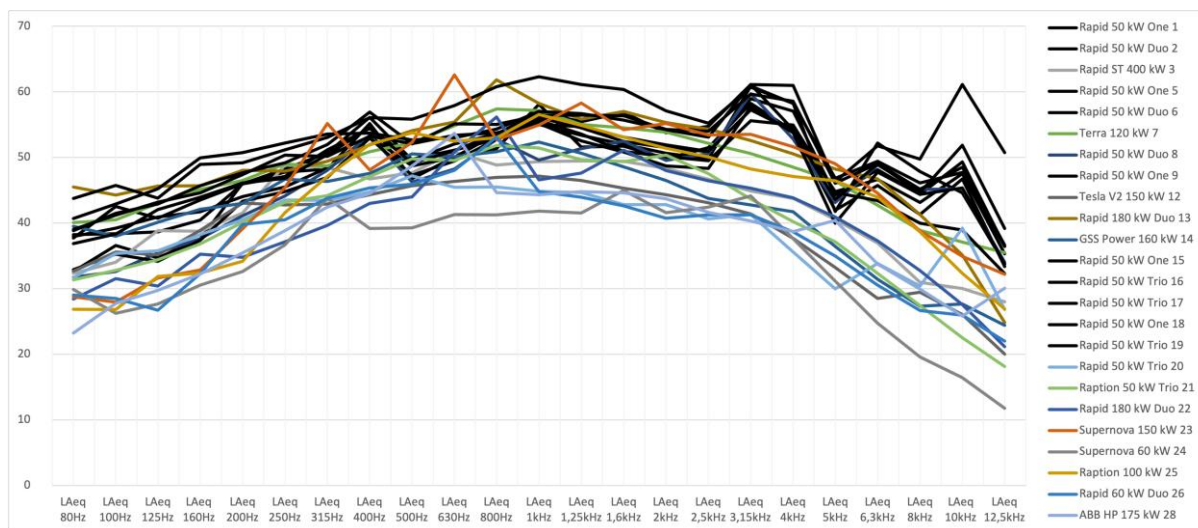


Figura 6. Espectros de emisión de ruido (dB(A)) para todos los cargadores rápidos de CC ensayados

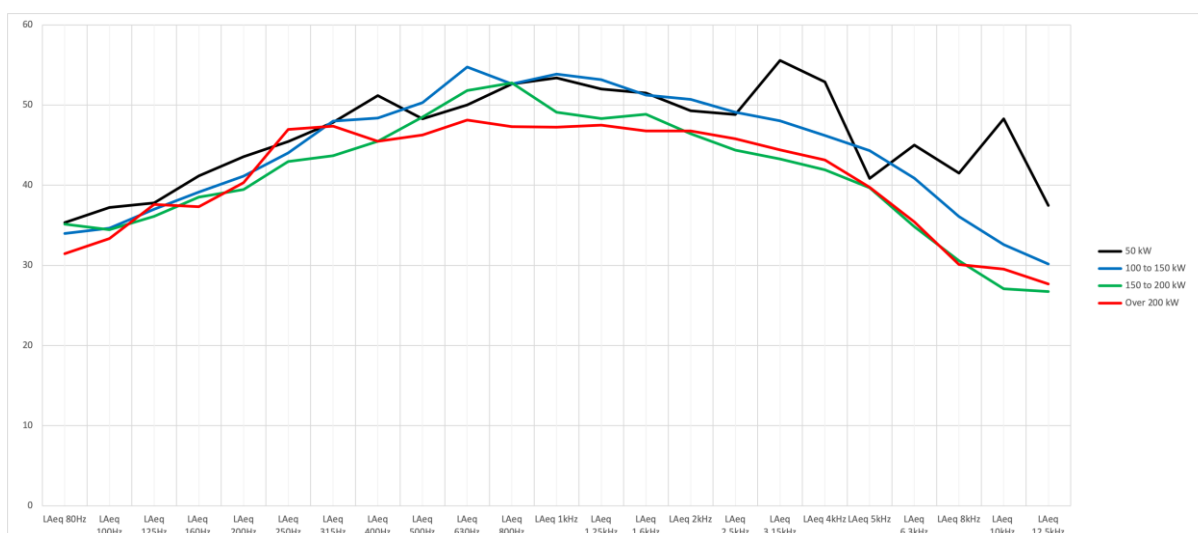


Figura 7. Espectros promedio de emisión de ruido (dB(A)) para los cargadores ensayados, clasificados por potencia nominal

Dado que solo los cargadores de primera generación incumplen la normativa de ruido, el análisis se centró en ellos para identificar y evaluar posibles estrategias de reducción de emisiones, incluyendo el estudio de la propagación sonora.

La Figura 8 recoge los espectros de los diferentes modelos Ingeteam Rapid de 50 kW (One, Duo y Trio).

Sus perfiles son muy similares entre sí, con dos picos tonales destacados: uno en torno a 3150–4000 Hz y otro en 10 000 Hz. Son precisamente estas frecuencias altas las que superan los límites normativos y las que generan mayor molestia subjetiva.

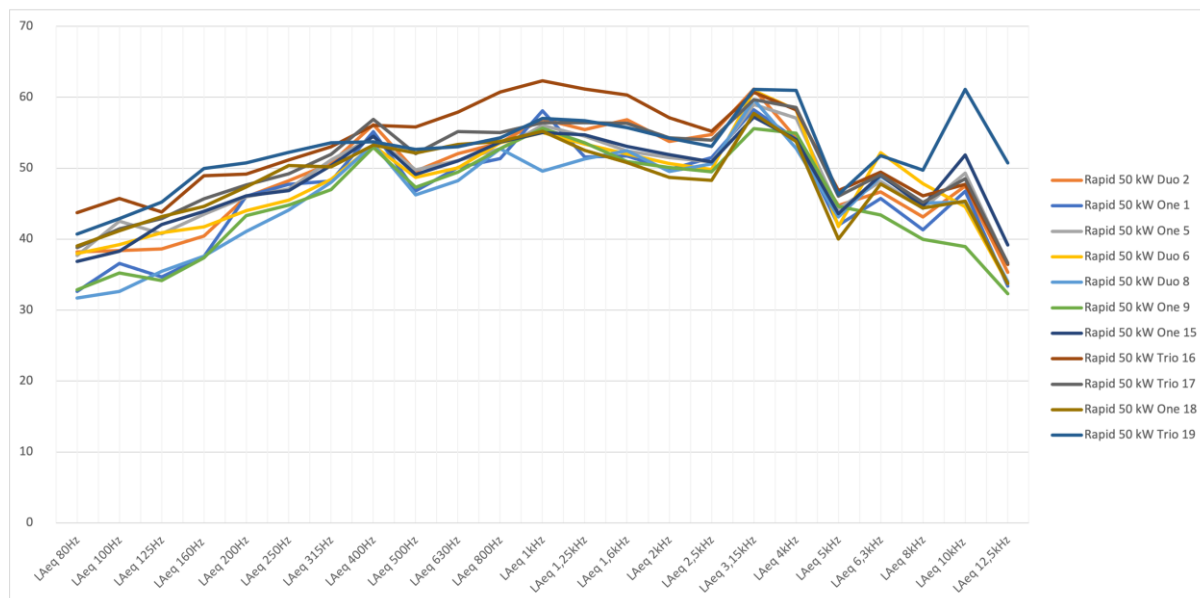


Figura 8. Comparación entre los espectros de emisión de ruido (dBA) de diferentes cargadores Ingeteam Rapid de 50 kW

Para reducir las emisiones, se ensayaron distintas estrategias. La primera consistió en instalar un dispositivo de amortiguación acústica sobre la superficie del cargador, compuesto por tres cubiertas

metálicas —dos laterales y una trasera— rellenas de paneles de espuma absorbente de alta densidad. La Figura 9 muestra este dispositivo montado sobre un Ingeteam Rapid 50 kW Trio.



Figura 9. Estación de carga rápida Ingeteam Rapid 50 kW Trio con dispositivo de amortiguación acústica instalado

Los resultados, recogidos en la Figura 10, indican que el dispositivo logró reducciones en prácticamente todas las bandas de un tercio de octava, pero de escasa magnitud: inferiores a 2 dB en las frecuencias de 4 y 10 kHz, que son las más determinantes para la molestia y para el cumplimiento normativo. Esta reducción

resulta insuficiente para que la mayoría de los cargadores ensayados queden por debajo del límite de 65 dBA, aunque tres equipos (Rapid ST 400 kW, Tesla V2 150 kW y GS Power 160 kW) sí podrían beneficiarse de ella.

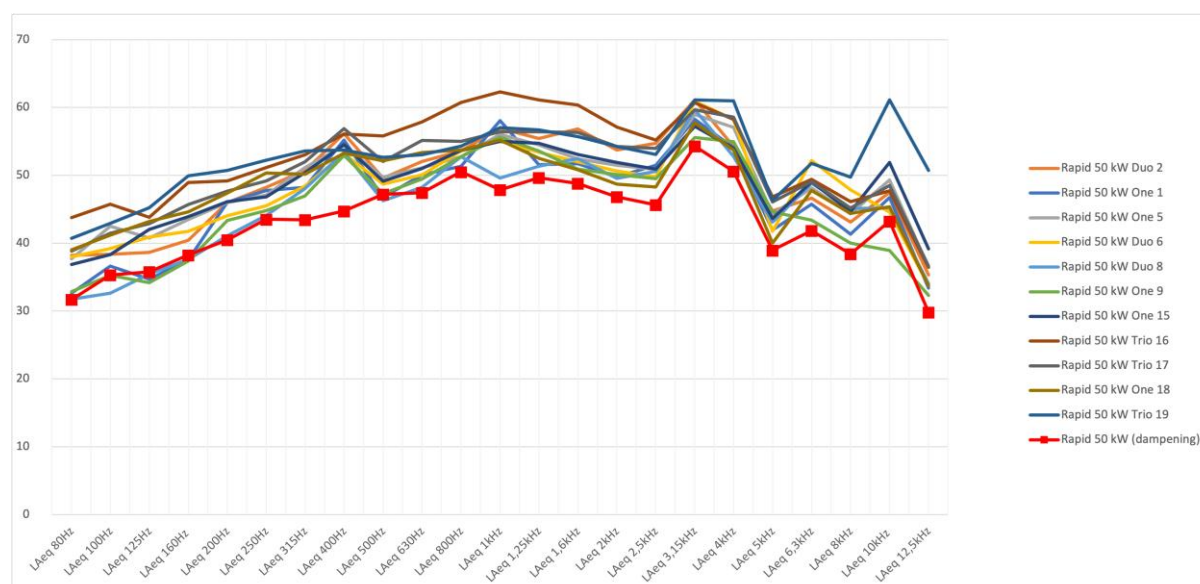


Figura 10. Espectros de emisión de ruido (dBA) de todas las estaciones de carga rápida Ingeteam Rapid de 50 kW analizadas

4. CONCLUSIONES

Se evaluaron dos estrategias para reducir las emisiones de ruido de los cargadores rápidos de primera generación (50 kW).

Dispositivo de amortiguación acústica superficial. La instalación de este dispositivo produjo reducciones modestas —inferiores a 2 dB en las bandas de 4 y 10 kHz— insuficientes para cumplir los límites normativos en la mayoría de los equipos ensayados. Considerando su coste y los resultados obtenidos, la relación coste/beneficio de esta solución es desfavorable frente a las alternativas disponibles.

Orientación del cargador. El análisis de propagación mostró que el lado frontal es el menos ruidoso, mientras que los restantes presentan niveles similares. Orientar el cargador de modo que el frente apunte hacia las zonas habitadas podría reducir levemente la molestia, pero su eficacia es limitada: existe un único lado más silencioso y otros condicionantes —orientación de la pantalla, disposición de los cables— restringen las opciones de instalación.

Los cargadores de última generación (>100 kW) no presentan problemas acústicos. El conflicto se concentra en los cargadores de primera generación de 50 kW, que exceden los límites normativos y para los cuales las medidas correctoras ensayadas resultan insuficientes o de eficacia limitada. En consecuencia, la solución más fiable no pasa por actuar sobre el equipo una vez instalado, sino por una planificación adecuada de su emplazamiento.

Los cargadores de 50 kW pendientes de instalación deberían ubicarse preferiblemente en áreas de servicio de autopista, junto a equipos de mayor potencia,

donde los usuarios pueden elegir la velocidad de carga y el entorno no impone restricciones acústicas. La instalación de estos equipos en entornos urbanos o residenciales no es recomendable, dado que sus emisiones no pueden mitigarse de forma efectiva con las medidas evaluadas. En esos entornos, los puntos de carga en corriente alterna de 11–22 kW, prácticamente silenciosos, constituyen una alternativa más adecuada.

FINANCIACIÓN Y AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido financiado por las ayudas a proyectos de investigación de la Universidad Miguel Hernández correspondientes al año 2024. Los autores agradecen el apoyo de los miembros del Laboratorio de Vehículos de la UMH y del equipo del Smart Mobility Lab de Iberdrola en Larraskitu, Bilbao (España).

REFERENCIAS

- [1] Collin, R.; Miao, Y.; Yokochi, A.; Enjeti, P.; von Jouanne, A. Advanced Electric Vehicle Fast-Charging Technologies. *Energies* 2019, 12, 1839. <https://doi.org/10.3390/en12101839>.
- [2] Hamednia, N.; Murgovski, J.; Fredriksson, J.; Forsman, M.; Pourabdollah; Larsson, V. Optimal Thermal Management, Charging, and Eco-Driving of Battery Electric Vehicles. *IEEE Trans. Veh. Technol.* 2023, 72, 7265–7278. <https://doi.org/10.1109/TVT.2023.3240279>.
- [3] Baltazar, J.; Vallet, F.; Garcia, J. A model for long-distance mobility with battery electric vehicles. *Procedia CIRP* 2022, 109, 334–339. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2022.05.259>.

- [4] Campello-Vicente, H.; Peral-Orts, R.; Campillo-Davo, N.; Velasco-Sanchez, E. The effect of electric vehicles on urban noise maps. *Appl. Acoust.* 2017, 116, 59–64. <https://doi.org/10.1016/j.apacoust.2016.09.018>.
- [5] Mastoi, M.S.; et al. An in-depth analysis of electric vehicle charging station infrastructure, policy implications, and future trends. *Energy Rep.* 2022, 8, 11504–11529. <https://doi.org/10.1016/j.egyr.2022.09.011>.
- [6] Leijon, J.; Boström, C. Charging Electric Vehicles Today and in the Future. *World Electr. Veh. J.* 2022, 13, 139. <https://doi.org/10.3390/wevj13080139>.
- [7] Kogan, P.; Arenas, J.P.; Bermejo, F.; Hinalaf, M.; Turra, B. A Green Soundscape Index (GSI). *Sci. Total Environ.* 2018, 642, 463–472. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.06.023>.
- [8] World Health Organization. Burden of Disease from Environmental Noise: Quantification of Healthy Life Years Lost in Europe. WHO Regional Office for Europe, 2011.
- [9] Riedel, N.; van Kamp, I.; et al. Considering non-acoustic factors as social and environmental determinants of health equity. *Transp. Res. Interdiscip. Perspect.* 2021, 11, 100445. <https://doi.org/10.1016/j.trip.2021.100445>.
- [10] Mitchell, A.; et al. Effects of Soundscape Complexity on Urban Noise Annoyance Ratings. *Int. J. Environ. Res. Public Health* 2022, 19, 14872. <https://doi.org/10.3390/ijerph192214872>.
- [11] van Kamp, I.; Davies, H. Noise and health in vulnerable groups: A review. *Noise Health* 2013, 15, 153–159. <https://doi.org/10.4103/1463-1741.112361>.
- [12] Waye, K.P.; et al. Low frequency noise enhances cortisol among noise sensitive subjects during work performance. *Life Sci.* 2002, 70, 745–758. [https://doi.org/10.1016/S0024-3205\(01\)01450-3](https://doi.org/10.1016/S0024-3205(01)01450-3).
- [13] Real Decreto 1367/2007, de 19 de Octubre. Zonificación Acústica, Objetivos de Calidad y Emisiones Acústicas. BOE-A-2007-18397.
- [14] ISO 1996:2016. Acoustics—Description, Measurement and Assessment of Environmental Noise. ISO: Geneva, 2016.
- [15] IEC 61260-1:2014. Electroacoustics—Octave-Band and Fractional-Octave-Band Filters. ISO: Geneva, 2014.
- [16] ISO 9613-2. Acoustics—Attenuation of Sound During Propagation Outdoors. ISO: Geneva, 1996.
- [17] Suarez, C.; Martinez, W. Fast and Ultra-Fast Charging for Battery Electric Vehicles—A Review. *IEEE ECCE 2019*, pp. 569–575. <https://doi.org/10.1109/ECCE.2019.8912594>.
- [18] Tu, H.; Feng, H.; Srdic, S.; Lukic, S. Extreme Fast Charging of Electric Vehicles: A Technology Overview. *IEEE Trans. Transp. Electrification* 2019, 5, 861–878. <https://doi.org/10.1109/TTE.2019.2958709>.

A quince años de la creación de la Asociación Uruguaya de Acústica

Fifteen years after the creation of the Asociación Uruguaya de Acústica (Uruguayan Acoustics Association)

Quinze anos após a criação da Associação Uruguaya de Acústica (Associação Uruguaia de Acústica)

Alice Elizabeth González¹

¹ Departamento de Ingeniería Ambiental IMFIA, Facultad de Ingeniería, Universidad de la República. Correo electrónico: elizabet@fing.edu.uy

Resumen

En el mes de julio de 2026 se cumplirán 15 años de la obtención de la personería jurídica de la Asociación Uruguaya de Acústica (AUA), que se había creado de hecho a fines del mes de noviembre de 2010. Esta breve comunicación tiene por objetivo recordar y compartir las instancias desde la gestación de la AUA hasta su ingreso a la Federación Iberoamericana de Acústica (FIA) en noviembre de 2011. En el concierto latinoamericano, la AUA es una asociación pequeña y joven; sin embargo, en estos primeros 15 años ha logrado un nivel de reconocimiento importante, tanto a nivel local como regional.

Palabras clave: Acústica, Asociación Uruguaya de Acústica, Federación Iberoamericana de Acústica

Abstract

In July 2026, the Uruguayan Acoustics Association (AUA) will celebrate its 15th anniversary of obtaining legal status, having been de facto established at the end of November 2010. This brief communication aims to recall and share the events from the AUA's inception to its admission to the Ibero-American Federation of Acoustics (FIA) in November 2011. Within the Latin American acoustics community, the AUA is a small and young association; however, in these first 15 years, it has achieved significant recognition, both locally and regionally.

Keywords: Acoustics, Asociación Uruguaya de Acústica, Federación Iberoamericana de Acústica

Resumo

Em julho de 2026, a Associação Uruguaia de Acústica (AUA) celebrará seu 15º aniversário de legalização, tendo sido estabelecida de fato no final de novembro de 2010. Esta breve comunicação visa relembrar e compartilhar os eventos desde a criação da AUA até sua admissão na Federação Ibero-Americana de Acústica (FIA) em novembro de 2011. Dentro da comunidade acústica latino-americana, a AUA é uma associação pequena e jovem; contudo, nesses primeiros 15 anos, alcançou significativo reconhecimento, tanto local quanto regional.

Palavras-chave: Acústica, Asociación Uruguaya de Acústica, Federación Iberoamericana de Acústica

1 INTRODUCCIÓN

La Asociación Uruguaya de Acústica (AUA) es la organización no gubernamental sin fines de lucro que nuclea a quienes trabajan en temas de Acústica en Uruguay, cubriendo una cantidad de miradas que van desde la Acústica Física a la Bioacústica, desde la Acústica Arquitectónica a la Salud Ocupacional. Se creó formalmente en 2011 y actualmente está celebrando sus jóvenes 15 años.

Este breve artículo pretende reseñar su gestación y los primeros pasos hacia convertirse en una comunidad

acústica con cierta trayectoria y reconocimiento tanto a nivel local como regional.

2 LA IDEA INICIAL

Hacia el año 1996, cuando en Facultad empezó a hacerse visible la línea de investigación en ruido urbano se comenzaron a publicar temas que en ese momento eran novedosos. Debido a estas publicaciones se estableció un fluido contacto con investigadores argentinos, quienes invitaron a Uruguay a participar de las Reuniones de Ruido Urbano de la

Asociación de Acústicos Argentinos (AdAA). Eran reuniones anuales que se realizaban en la Universidad del Museo Social Argentino, y en donde participaban las principales figuras de la Acústica argentina de ese momento. Sin pretender hacer un listado exhaustivo de los participantes, estaban siempre Federico Miyara, Gustavo Basso, Antonio Méndez, Mario René Serra, Gustavo Ariel Velis, Daniel Gavinowich, Francisco Ruffa, entre otros relevantes profesionales y académicos que trabajaban en la temática.

En el año 2001, la 4ª Reunión Regional de Acústica se realizó en Montevideo, en los salones de la Intendencia Municipal, el domingo 14 de julio. Puede tomarse como el primer antecedente claro hacia la constitución de la Asociación Uruguaya de Acústica.

En esa ocasión, el evento contó con la presencia de figuras muy relevantes del medio internacional y regional, como el Dr. Ing. Esteban Gaja Díaz (Director del Laboratorio de Ingeniería Acústica de la Universidad Politécnica de Valencia, España), el Dr. Eng. Samir Gerges (Director del Laboratorio de Acústica de la Universidad Federal de Santa Catarina, Florianópolis, Brasil), los Ings. Antonio Méndez y Nilda Vecchiatti (del Laboratorio de Acústica y Luminotécnica de La Plata, Argentina) y el Ing. Federico Miyara (de la Universidad Nacional de Rosario, Argentina).

En el evento estuvieron representados actores del ámbito de la gestión departamental, del ámbito académico, profesionales independientes y ciudadanos interesados en la temática.

El Dr. Samir Gerges, entonces presidente de la Federación Iberoamericana de Acústica, entendía muy importante la creación de una asociación de acústica en Uruguay. Sostenía que la no existencia de una entidad que nucleara a los técnicos uruguayos que trabajaban en acústica, fomentaba la pérdida de oportunidades para este núcleo de personas. Pero no estaban dadas aún las condiciones para que esa asociación naciera.

3 COMPROMISO ANTE LA FIA

En el año 2008 el Congreso de la Federación Iberoamericana de Acústica fue en Buenos Aires en donde asistieron tres uruguayos: los arquitectos Leonardo Fiorelli y Gonzalo Fernández Breccia y la ingeniera Elizabeth González. Este pequeño puñado de uruguayos que participaban del evento formó parte de la Asamblea de la Federación (con voz pero sin voto), y asumieron allí públicamente el compromiso de fundar una asociación de acústica en Uruguay y presentarla ante la FIA en el siguiente Congreso de la Federación.

La idea era poderosa y el entusiasmo, muy grande: al culminar el viaje de regreso, ¡la futura asociación tenía ya nombre, sigla y logotipo!



Figura 1. Primer logotipo de la Asociación Uruguaya de Acústica

4 FORMALIZACIÓN A NIVEL LOCAL

La idea de crear una asociación de personas vinculadas a temas de acústica fue muy bienvenida.

Pero el tiempo pasó muy rápidamente, y en un abrir y cerrar de ojos ya había llegado 2010: del 15 al 19 de noviembre se celebraba el VII Congreso de la FIA en Cancún, México, y se había hablado mucho, pero concretado muy poco.

En el Congreso de Cancún la delegación uruguaya fue unipersonal (asistió solamente la autora de este artículo), y el horario de la Asamblea resultó incompatible con una de las presentaciones técnicas que debía realizar. Es que ese congreso coincidió además con el 2do Congreso Panamericano e Ibérico de Acústica 2010 organizado por la Acoustical Society of America, y eso no permitió evitar la superposición de las actividades técnicas con la realización de la asamblea de la FIA. Por eso, apenas fue posible informar a las autoridades de la FIA -y fuera del ámbito formal previsto para ello- que “habíamos hecho los deberes”: la Asociación Uruguaya de Acústica (AUA) estaba empezando a funcionar con unos treinta socios fundadores y un estatuto provisorio.

En esa ocasión supimos que, para poder afiliarla a la Federación, era necesario un paso más: constituirse legalmente y obtener la personería jurídica de la AUA. Entonces se convocó a una reunión a todos quienes conocíamos que trabajaban en algún área vinculada a la Acústica, y pedimos además que hicieran correr la voz de la reunión. Los registros de asistentes a la 4ª Jornada Regional de Ruido Urbano, las listas de profesionales, docentes e interesados que cada uno conocía de proyectos, cursos, eventos, congresos o simplemente “de la Vida”, fueron de suma utilidad para que la convocatoria fuera lo más amplia posible. Para preparar esa instancia, era necesario tener una versión lo mejor posible de los estatutos -todavía provisorios- para discutir. El entonces presidente de la Sociedad Española de Acústica, el entrañable Antonio Pérez-López, nos había facilitado los estatutos de la Sociedad Española de Acústica (SEA) y el Ing. Antonio Méndez, los de la Asociación de Acústicos Argentinos (AdAA). Ambos nos fueron de inmensa ayuda para redactar los de la AUA.

El encuentro se desarrolló el martes 30 de noviembre de 2010 en el antiguo Salón Rojo (ex salón 008 o antigua Biblioteca del Instituto de Ingeniería Mecánica y Producción Industrial) de la Facultad de Ingeniería de la UdelAR, donde hoy funciona el Archivo de la Facultad. Participaron más de treinta personas de diferentes disciplinas, muchos de ellos integrantes de la nómina que se había llevado a la reunión de la FIA en México. Se revisaron y ajustaron los estatutos, se manejaron diferentes ideas de actividades a realizar, y se avaló la integración de la primera Comisión Directiva que tendría como responsabilidad poner en funcionamiento la Asociación, obtener su Personería Jurídica ante el Ministerio de Educación y Cultura, y convocar a elecciones. Esta primera Comisión Directiva quedó integrada por Alice Elizabeth González como presidenta, el Dr. Domingo Hugo Perona como vicepresidente y el Arquitecto Leonardo Fiorelli como secretario, en tanto la primera Comisión Fiscal lo estuvo por Analía Vanessa Urban, Álvaro Espagnolo y Marcos Raúl Lisboa. En la Figura 2 se muestra la primera página del acta fundacional de la AUA, y en la Figura 3, la primera página de firmas que suscribieron esa acta, convirtiéndose así en socios fundadores de la Asociación.

Acta N° 1°.- En Montevideo, el 30 de noviembre del año 2010, se reúnen las personas abajo firmantes, bajo la Presidencia de Alice Elizabeth González Fernández, cédula de identidad [redacted], actuando en Secretaría Leonardo Fiorelli, cédula de identidad [redacted] quienes deciden fundar una asociación civil que se denominará Asociación Uruguaya de Acústica y cuyos estatutos, que por unanimidad aprueban, serán los siguientes:

Capítulo I. Constitución.

Artículo 1°.- (Denominación y domicilio).

Con el nombre de Asociación Uruguaya de Acústica (AUA) créase una asociación civil que se registrará por los presentes estatutos y por las leyes y reglamentos aplicables, cuya sede será en el Departamento de Montevideo.

Artículo 2°.- (Objeto Social).

Esta institución tendrá el siguiente fin: formar conciencia del valor y la necesidad de la Acústica en sus diversos aspectos y aplicaciones, para lo cual propende:

- Reunir a quienes hacen de esta disciplina su profesión habitual.
- Obtener, publicar y difundir conocimientos en los campos de la Acústica y sus especialidades concomitantes.
- Ayudar al avance de estas ciencias y técnicas en los aspectos teóricos y de aplicación práctica.
- Promover la realización de encuentros periódicos entre los miembros de la Asociación.
- Apoyar y difundir toda labor científica, técnica y cultural que en alguna forma contribuya a satisfacer el fin de la Asociación.
- Fomentar la capacitación en el campo de la Acústica, mediante la realización de cursos, mesas redondas, jornadas, visitas técnicas a laboratorios e industrias.
- Publicar y difundir por los medios que estime conveniente su experiencia y la ajena, las normas técnicas relacionadas con la materia y los resultados del pensamiento e investigación nacional y extranjera.
- Estimular la investigación, el intercambio de conocimientos y el contacto con organismos semejantes o análogos nacionales o extranjeros, públicos o privados, con actividades afines, o que en alguna forma contribuyan a los fines u objetivos previstos en estos estatutos.

Figura 2. Primera página del Acta Fundacional de la Asociación Uruguaya de Acústica, con la que se dio inicio a la tramitación de la personería jurídica ante el Ministerio de Educación y Cultura de Uruguay

La nómina de firmas que se recabó en los días siguientes llevó el número de socios fundadores a 41, entre quienes había Físicos, Ingenieros de varias ramas, Arquitectos, Médicos Laborales, Biólogos,

Técnicos Prevencionistas, Técnicos de Sonido y estudiantes de varias disciplinas.

Nombre	Apellido	CI	Firma
Sandro	Vittorio		
Barbier	Núñez de Rosa		
Hernández	Cuadros		
Guillermo	Rodríguez		
Osorio	Castro		
Pablo	Cibulka		
Jorge	Hafsa		
Carolina	Rivero		
Francisco	Tongari		
Alvaro	Esagnolo		
Álvaro	Oliveira		
Elizabeth	González		
Richard	Hafsa		
Raúl	Batista		
Leonardo	Fiorelli		
MacBride	Nell		
Verónica	Analía		
Andrea	Pitzer		
Nicolás	Rebano		
Analía	Romero		

Figura 3. Primera página de firmas de socios fundadores que suscribieron el Acta Fundacional de la Asociación Uruguaya de Acústica.

Fue entonces momento de comenzar a recorrer el camino de la formalización de la nueva Asociación. La recaudación de la primera cuota de la AUA fue vertida íntegramente a solventarlo. Con algunos ajustes y el asesoramiento del Escribano Facundo Pérez Rocamora, en el mes de marzo de 2011 se inició el trámite ante la Dirección General de Registros. Finalmente, la Asociación Uruguaya de Acústica fue reconocida como Asociación Civil por el Ministerio de Educación y Cultura de la República Oriental del Uruguay con fecha 15 de julio de 2011 e inscrita en el Registro de Asociaciones Civiles y Fundaciones del citado Ministerio el 22 de julio de ese año, bajo el número 93/2011 (Figura 4).



Figura 4. Primeros libros de la AUA (Foto: gentileza de Pablo Gianoli Kovar).

5 LA REUNIÓN REGIONAL DE ACÚSTICA 2011

A modo de apoyo institucional a la nueva Asociación, muy generosamente la AdAA había propuesto realizar su evento técnico anual en coordinación con la AUA en la ciudad de Montevideo. Para la fecha acordada (11 y 12 de octubre de 2011), la nueva asociación pudo no solo presentarse en sociedad sino también celebrar su consolidación formal (ver Figura 5).

Acaba de constituirse una nueva institución que se integra al concierto internacional relacionado con la acústica y sus aplicaciones: la Asociación Uruguaya de Acústica, AUA, que nuclea a unos 40 especialistas que cubren un amplia gama temática que va desde la bioacústica al ruido urbano, pasando por la acústica de salas o la salud ocupacional, por mencionar sólo algunas de las líneas específicas en las que trabajan los socios fundadores.

Pese a que Uruguay es un país pequeño -con apenas algo más de 3.300.000 habitantes en la actualidad-, hace más de una década que se ha reconocido la pertinencia y viabilidad de una entidad que nuclea a quienes trabajan en los diversos campos de la acústica. Esa vieja aspiración se ha concretado a fines de 2010, con una primera Comisión Directiva integrada por la Dra. Ing. Alice Elizabeth González (Presidenta), el Dr. en Medicina Domingo Hugo Perona (Vicepresidente) y el Arq. Leonardo Fiorelli (Secretario).

La novel institución está abocada a su reconocimiento legal como Asociación Civil para poder formalizar luego su ingreso a la Federación Iberoamericana de Acústica, a la que ya ha manifestado su interés en integrarse. A su vez, se prepara para realizar el primer evento técnico a su cargo: la Reunión Regional de Acústica 2011, que tendrá lugar en Montevideo los días martes 11 y miércoles 12 de octubre.

Contacto: asuracustica@gmail.com

Figura 5. Comunicado con el que se dio a conocer la constitución de la AUA y la realización de la Reunión Regional de Acústica en 2011

Así, en octubre de 2011 se realizó la Reunión Regional de Acústica en la Sala de Conferencias del Ministerio de Transporte y Obras Públicas, con la recordada y eficiente secretaría de Analía Urban, apoyada por dos jóvenes docentes del equipo del Departamento de Ingeniería Ambiental: Carolina Ramírez y Fabiana

Bianchi. El evento contó con el auspicio de la Facultad de Ingeniería y la Licenciatura en Ciencias de la Comunicación de la UdelAR, y el apoyo de la Comisión Sectorial de Investigación Científica CSIC de la UdelAR y de la empresa Knauf, gracias a las gestiones de la Arq. Marilita Giuliano que viajó expresamente desde Argentina para ofrecer su apoyo a la organización del evento. En las Figuras 6 y 7 se muestran la portada e interior del programa de la Jornada.

Organizan:



Auspician:



Apoyan:



Reunión Regional de Acústica

Montevideo, 11 y 12 de octubre de 2011

Programa

Sala Tomás Berreta

Ministerio de Transporte y Obras Públicas

Rincón 561

Martes 11 de octubre

- 8.30 - Acreditación
- 9.15 - Bienvenida
- 9.30 - "Detalles del comportamiento acústico actual del Teatro Municipal "28 de Febrero" de la ciudad de Mercedes." Farina, M.; Cejas, V.; Jauregui, L.; Basso, G.
- 9.30 - "Remodelación del Teatro Victoria de Salta, Argentina." Ottobri, R.; Ottobri, M.; Said, G.
- 10.10 - "Mediciones de ruido en aula universitaria equipada con computadoras." Muszkat, A.; Fernández, J.; Kogan, P.
- 10.30 - Pausa Café
- 10.50 - "Caracterización acústica de salas de aula de ensino de música." Marros, F.; Vergara, F.
- 11.10 - Pausa
- 11.15 - Conferencia Plenaria "Ruido de tráfico: Acoplamiento estrada com pneus" Gerges, S.; Trichês, G.; Knabben, R.; Villena, J.
- 12.15 - Receso
- 13.30 - "Algunas limitaciones de la Norma ISO 9613 - Parte 2 para el estudio de propagación de ruido de aerogeneradores de gran porte" González, E.; Rezzano, N.; Bianchi, F.
- 13.50 - "Escuchando a los peces: aplicaciones de la acústica pasiva en Uruguay" Tellechea, J.; Bouvier, D.; Norbis, W.
- 14.10 - "Propagación Sonora del Ruido Vehicular en Espacios Urbanos Abiertos" Vechiatti, N.; Iasi, F.; Velis, A.; Bonefof, A.; Armas, A.; Tomeo, D.; Bonetti, H.; Gomez, P.; Gavinovich, D.
- 14.30 - "Un modelo continuo-discreto de tráfico para el estudio de ruido urbano." Cortínez, V.; Domínguez, P.
- 14.50 - "Mapas georeferenciados de ruido espectral. Un caso de estudio usando software libre de información geográfica" Accolti, E.; Miyara, F.; Marengo, F.; Mieschi, P.; Mignini, E.; Pasch, V.; Yañitelli, M.; Cabanellas, S.
- 15.10 - Pausa Café
- 15.25 - "Mapa de ruido para la implementación de contraccarriles vehiculares en la Avenida Santa Fe, Ciudad Autónoma de Buenos Aires." González Otharín, F.; Ottobri, R.; Said, G.; Carilli, L.
- 15.45 - "Nueva propuesta normativa sobre contaminación acústica ambiental en la Provincia de Buenos Aires." Rizzo La Malfa, A.; Velis, A.; Vechiatti, N.; Iasi, F.
- 16.05 - Pausa
- 16.10 - Conferencia Plenaria "Comunicación Acústica e Información en la ciudad, o como sueñan nuestros Entornos Urbanos". Fiorelli, L.
- 17.00 - Fin de la jornada

Miércoles 12 de octubre

- 9.00 - "Ruido de aerogeneradores y salud humana" Lisboa, M.; Rezzano, N.
- 9.20 - "Efectos del ruido de aerogeneradores sobre la avifauna" Bianchi, F.; Lisboa, M.; González, E.
- 9.40 - "Exposición a ruidos no ocupacionales en la adolescencia y sus consecuencias. Cuatro años de estudio." Serra, M.; Biasoni, E.; Pavlik, M.; Hinalaf, M.; Pérez Villalobo, J.; Abraham, M.; Gauchat, S.; Joekes, S.; Yacci, M.; Righetti, A.
- 10.00 - "Determinación de la exposición laboral a ruido en operadores telefónicos mediante comparación de umbrales auditivos con auriculares telefónicos y audiométricos." Miyara, F.; Accolti, E.; Guerrero, S.
- 10.20 - "Caracterización sonora de los tambores de candombe". Gargiulo, M.; Navarro, D.; Salazar, M.
- 10.40 - Pausa Café
- 10.55 - "Mapeo del fondo marino del talud continental superior y medio de Uruguay" López Orrego, G.; De Mello, C.; Marín, Y.
- 11.15 - Pausa
- 11.20 - Conferencia Plenaria "Métodos ópticos para el estudio de campos acústicos ultrasónicos" Núñez, I.
- 12.20 - Receso
- 13.30 - "El aislamiento acústico en la vivienda social" Vázquez, A.
- 13.50 - "Paredes de alvenaria: contribuição do revestimento na redução da transmissão sonora aérea". Flores Friedrich, A.; Xavier da Paiva, D.; Vergara Miranda, E.
- 14.10 - "Aislación acústica de cerramientos: diferencias entre valores teóricos y reales." Fernández Breccia, G.
- 14.30 - "Cinema soundprofing, estudio de diferentes particiones". Giuliano, M.
- 14.50 - Pausa Café
- 15.05 - "Problemas de optimización en acústica." Cortínez, V.; Sequeira, M.
- 15.25 - "Propagación de las bajas frecuencias en entornos naturales. Experiencia en selva alta de la Amazonía peruana." Montano, W.
- 15.45 - Pausa
- 15.50 - Conferencia Plenaria "Sonido y ruido en el cine." Miyara, F.
- 16.50 - Cierre
- 17.30 - Fin de la Reunión

Figura 7. Interior del programa de la Reunión Regional de Acústica

Aunque se estima que pasaron por la sala más de un centenar de personas, se registraron 87. De ellos, ocho provenían de Brasil, uno de Perú, 40 de Argentina, y 39 de Uruguay. Del total de asistentes, 50 provenían del área académica (universidades e institutos de investigación), 17 del área de consultoría y empresas, y 20 del ámbito de la gestión pública. En particular, es de destacar que las entonces presidentas de las asociaciones de acústica de Argentina (AdAA), Ing. Nilda Vecchiatti, y de Brasil (SOBRAC), Ing. Dinara Paixao, viajaron a prestigiar este evento con su presencia. Entre los uruguayos, 30 provenían del área científico-tecnológica (ingenieros, arquitectos, físicos, inspectores), 5 del área biológica, 2 del área salud, y 2 del área social y artística.

En el evento se presentaron 23 ponencias técnicas y cuatro conferencias, las que estuvieron a cargo de los Dres. Samir Gerges e Ismael Núñez, el Arq. Leonardo Fiorelli y el Ing. Federico Miyara. El índice de autores se presenta en la Figura 8, en tanto en la Figura 9 se muestra la etiqueta de los CD distribuidos con los trabajos presentados.

Reunión Regional de Acústica – AUA 2011

Índice por Autor

Abraham, Mónica 57.	Lisboa, Marcos 56, 57.
Accolti, Ernesto 55, 57.	López-Orrero, Guzmán 58.
Armas, Alejandro 55.	Marengo, Fernando 55.
Basso, Gustavo 53.	Marín, Yamandú 58.
Bianchi, Fabiana 54, 57.	Marros, Fernanda 54.
Biassoni, Ester 57.	Miechi, Pablo 55.
Bonnefoy, Antoine 55.	Mignón, Ezequiel 55.
Bonatti, Horacio 55.	Miyara, Federico 41, 55, 57.
Bouvier, Diego 54.	Montano, Walter 60.
Cabanelas, Susana 55.	Muszkat, Ariel 53.
Carilli, Leonardo 56.	Navarro, Daniel 58.
Cejas, Valeria 53.	Norbis, Walter 54.
Cortínez, Víctor 55, 60.	Núñez, Ismael 25.
De Mello, Camila 58.	Ottobre, Marcelo 53.
Domínguez, Patricia 55.	Ottobre, R. Daniel 53, 56.
Farina, María Andrea 53.	Pasch, Vivian 55.
Fernández Breccia, Gonzalo 59.	Pavlik, Marta 57.
Fernández, Javier 53.	Pérez Villalobo, Jorge 57.
Fiorelli, Leonardo 37.	Rezzano, Nicolás 54, 56.
Flores Friedrich, Adriana 59.	Righetti, Andrea 57.
Gargiulo, Mateo 58.	Rizzo La Malfa, Ana 56.
Gauchat, Sofía 57.	Said, Germán 53, 56.
Gavinowich, Daniel 55.	Sanchez-Tellechea, Javier 54.
Gerges, Samir 7.	Sequeira, Martín 60.
Giuliano, Marilisa 59.	Serra, Mario 57.
Gómez, Pablo 55.	Tomeo, Daniel 55.
González Otharín, Florencia 56.	Trichês, Glicério 7.
González, Alice Elizabeth 54, 57.	Vázquez, Aldo 58.
Guerrero, Stella Maris 57.	Vecchiatti, Nilda 55, 56.
Hinalaf, María de los A. 57.	Velis, Ariel 55, 56.
Iasi, Federico 55, 56.	Vergara, Felipe 54, 59.
Jaureguiberry, Luis 53.	Villena, Joe 7.
Joeles, Silvia 57.	Xavier da Paivão, Dinara 59.
Knabben, Ramon 7.	Yacci, María 57.
Kogan, Pablo 53.	Yanelli, Marta 55.

Figura 8. Índice de autores de la Reunión Regional de Acústica (tomado de la Recopilación de trabajos y resúmenes del evento)



Figura 9. Etiqueta de los CD con los trabajos de la Reunión Regional de Acústica

6. INGRESO A LA FIA

De acuerdo con las dinámicas de esa época, lo esperable era que la AUA pudiera ingresar a la FIA durante la asamblea a realizarse en el Congreso de 2012, que se realizaría en Évora (Portugal).

Sin embargo, como Argentina estaba comenzando con la organización del congreso mundial de la International Commission for Acoustics, ICA 2016, conjuntamente con el Congreso de la FIA que tendría lugar en ese año, en noviembre de 2011 el Consejo Directivo de la FIA se reunió en forma extraordinaria en la ciudad de Buenos Aires. Esto permitió que no fuera necesario esperar a 2012 para solicitar formalmente el ingreso de la AUA a la FIA: el 16 de noviembre de 2011, en ocasión de reunión, la AUA solicitó su admisión formal como miembro de la Federación Iberoamericana de Acústica (ver Figura 10), lo que le fue concedido por unanimidad. Presidía la FIA en ese momento el Dr. Ing. Jorge Patricio, de Portugal.

7. ALGO MÁS SOBRE LAS ACTIVIDADES DE LA AUA

A lo largo de su trayectoria, la Asociación Uruguaya de Acústica (AUA) ha promovido de manera sostenida actividades de divulgación, intercambio académico y fortalecimiento institucional, contribuyendo al desarrollo de la acústica en el Uruguay.

Entre las iniciativas más destacadas se encuentran los ciclos de charlas organizados en los primeros años de funcionamiento de la Asociación y retomados a partir de 2024, concebidos como espacios de actualización y encuentro entre profesionales, investigadores, docentes y estudiantes.



Montevideo, 16 de noviembre de 2011

Sr. Presidente de la
Federación Iberoamericana de Acústica
Dr. Jorge Patricio
Presente

De mi mayor consideración:

Me es muy grato dirigirme a Usted en mi calidad de Presidenta de la Asociación Uruguaya de Acústica, a fin de solicitar formalmente el ingreso de nuestra joven Asociación a la Federación Iberoamericana de Acústica por Usted presidida.

La Asociación Uruguaya de Acústica, cuyo proceso fundacional se inició en noviembre de 2010, fue reconocida como Asociación Civil por el Ministerio de Educación y Cultura de la República Oriental del Uruguay con fecha 15 de julio de 2011 e inscrita en el Registro de Asociaciones Civiles y Fundaciones del citado Ministerio el 22 de julio bajo el número 93/2011.

La primera Comisión Directiva está integrada por quien suscribe (Presidenta), el Dr. Domingo Hugo Perona (Vicepresidente) y el Arq. Leonardo Fiorelli (Secretario).

Adjunto a la presente ponemos en sus manos una copia de los Estatutos de nuestra Asociación y de las Resoluciones Legales por las que se la reconoce como Persona Jurídica.

Sin más, y quedando enteramente a sus órdenes, hago propicia la oportunidad para saludarlo con la seguridad de mi mayor consideración y respeto

Dra. Ing. Alice Elizabeth González
Presidenta de la
Asociación Uruguaya de Acústica (AUA)

Figura 10. Solicitud de admisión de la AUA en la Federación Iberoamericana de Acústica

Asimismo, en 2013 la Asociación fue convocada a participar institucionalmente en el Grupo de Estandarización Ambiental GESTA Acústico liderado por la entonces Dirección Nacional de Medio Ambiente (DINAMA) con el asesoramiento del Departamento de Ingeniería Ambiental del IMFIA, Facultad de Ingeniería (UdelaR), reafirmando su compromiso con la promoción de políticas y acciones vinculadas a la gestión del ambiente sonoro. El delegado de la AUA en esa ocasión fue el Ing. Pablo Cibulis.

En 2014, la AUA coorganizó con el Departamento de Ingeniería Ambiental por primera vez *La Semaine du Son* en Uruguay, iniciativa internacional nacida en Francia y liderada por el Ing. Christian Hugonnet, orientada a sensibilizar a la sociedad sobre la importancia del sonido y la escucha (Figura 11). En esa oportunidad, con el apoyo de la Embajada de Francia, el propio Hugonnet se hizo presente en Montevideo para prestigiar el evento y brindó una inolvidable conferencia en que literalmente se desbordó la capacidad de la sala (Figura 12).

Estas actividades tuvieron continuidad con la organización de la Segunda Semana del Sonido en 2016, que tuvo actividades en la Sala Delmira Agustini del Teatro Solís y en el Espacio Interdisciplinario de la UdelaR, y de la Tercera Reunión de Acústica en 2017, eventos que consolidaron a la AUA como un referente nacional en la generación de espacios de difusión científica, intercambio técnico y promoción de la

cultura acústica. La Semana del Sonido se retomó recién en 2024, con la realización de la 4ª Semana del Sonido en los salones del Espacio Interdisciplinario de la UdelaR.



Figura 11. Afiche de la Primera Semana del Sonido en Uruguay.

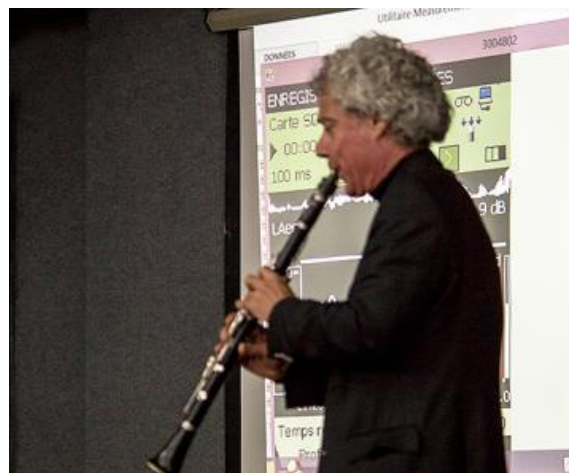


Figura 12. Christian Hugonnet en la Primera Semana del Sonido en Uruguay (tomado de <https://www.fing.edu.uy/es/galerias/area-de-comunicacion/C3%B3n/primer-semana-del-sonido>)

En estos 15 años, la presidencia de la Asociación Uruguaya de Acústica ha sido ejercida por los Ings. Alice Elizabeth González, Marcos Raúl Lisboa (2014-2016) y Pablo Gianoli Kovar (2018 a la fecha).

8. A MODO DE CIERRE

Si bien estrictamente los 15 años del nacimiento de la AUA ocurrieron en noviembre de 2025, los 15 años de su formalización se cumplen en el entrante mes de julio de 2026.

Aunque 15 años no parece ser tanto tiempo, es bastante como para hacer cosas y también para que algunos de quienes participaron activamente en la creación de la Asociación hoy ya no nos acompañen físicamente.

Por eso, va nuestro mejor recuerdo para quienes partieron antes y nuestro aplauso y agradecimiento para quienes han recogido la bandera y llevado adelante su funcionamiento, en particular a los Ings. Pablo Gianoli Kovar y Luis Marisquirena Sebrango, quienes actualmente dedican parte de su tiempo a trabajar en beneficio de toda la comunidad acústica de Uruguay y a que no se extinga esta llama que costó tanto encender.

6 EPÍLOGO

Al cierre de este número de la revista ECOS, los tres osados acústicos que comprometimos la creación de la AUA en el Congreso de la FIA 2008 en Buenos Aires nos reencontramos fortuitamente en un evento sobre la actualización de la normativa de contaminación sonora en Montevideo.

Recordamos con alegría aquellos momentos, y nos asombramos de lo rápido que pasa el tiempo...



Mesas de diálogo por actualización de normativa ambiental de contaminación acústica y combustibles líquidos, 29 de junio del 2026

Figura 10. Arq. Gonzalo Fernández, Arq. Leonardo Fiorelli e Ing. Elizabeth González en la Mesa de diálogo por actualización de la normativa de contaminación sonora en la Intendencia de Montevideo (tomado de <https://montevideo.gub.uy/noticias/montevideo-actualiza-su-normativa-de-seguridad-ambiental>)

REFERENCIAS

Todo el material vertido en este artículo ha sido tomado de los archivos personales de la autora, excepto en los casos de fotografías cuyo origen se referencia en el pie.