

**PUBLICACIÓN SEMESTRAL**

**FACULTAD  
DE INGENIERÍA  
UDELAR**

**EN COLABORACIÓN CON  
LA ASOCIACIÓN  
URUGUAYA DE ACÚSTICA**



**ECOS**

**ISSN 2697-2913**

**AÑO 7, VOL. 7, Nº 1  
ENERO - JUNIO 2026**



**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**

<u>Consejo Editor</u>	<u>Tabla de contenidos</u>
<p>Alice Elizabeth González (UdelaR, Uruguay) Editora Responsable</p> <p>Ana Abreu (UdelaR, Uruguay)</p> <p>Julieta António (Universidade de Coimbra, Portugal)</p> <p>Gustavo Basso (UNLP, Argentina)</p> <p>Héctor Campello Vicente (UMH, Elche, España)</p> <p>Fernando Elizondo-Garza (FIME - Universidad Autónoma de Nuevo León, México)</p> <p>Juan Cruz Giménez de Paz (Argentina)</p> <p>Ricardo Hernández Molina (Universidad de Cádiz, España)</p> <p>Federico S. Miyara (UNR, Argentina)</p> <p>Ismael Núñez Pereira (UdelaR, Uruguay)</p> <p>Dinara Xavier da Paixão (UFSC, Brasil)</p> <p>Jorge Patricio Fradique (Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Portugal)</p> <p>Diego Pablo Ruiz Padillo (Universidad de Granada, España)</p> <p>Nilda Vecchiatti (UBA, Argentina)</p> <p>Secretaría General: Carolina Ramírez (UdelaR, Uruguay)</p>	<p><i>Artículos académicos</i></p> <p>Metodología Experimental para la Evaluación Acústica de Maderas para Guitarras. <i>Ariel Gustavo Velis, Carlos Manuel Posse, Raúl Luis Zerbino, Gustavo Basso</i> ----- 2</p> <p>La inteligibilidad de la palabra hablada en los salones del Aulario José Luis Massera de la UDELAR <i>Laura Fabiana Pazos Zanotta</i> ----- 14</p> <p>60° Aniversario de las primeras jornadas Latinoamericanas de acústica de 1965 en Córdoba, Argentina. <i>Walter Alfredo Montano Rodríguez</i> ----- 27</p>

# Metodología Experimental para la Evaluación Acústica de Maderas para Guitarras

## Experimental Methodology for the Acoustic Evaluation of Guitar Woods

## Metodologia Experimental para Avaliação Acústica de Madeiras de Violão

Ariel Gustavo Velis, Carlos Manuel Posse, Raúl Luis Zerbino, Gustavo Basso

Correo electrónico: [arielgvelis@gmail.com](mailto:arielgvelis@gmail.com)

### Resumen

Se presenta una metodología experimental para la caracterización acústica de maderas utilizadas en la construcción de guitarras. El objetivo es desarrollar un protocolo técnico accesible y reproducible que permita discriminar entre especies mediante el análisis de su respuesta impulsiva ante un impacto controlado. Inicialmente se ensayó un método de vibraciones forzadas en varillas, pero las limitaciones observadas motivaron el diseño de un nuevo enfoque. El método propuesto emplea placas normalizadas, impactos estandarizados y registros en cámara anecoica. Se analizaron distintas configuraciones de sujeción, validando su influencia en la frecuencia fundamental y la respuesta temporal del primer armónico. Los resultados muestran que el método permite distinguir entre maderas de diferente calidad acústica, sentando las bases para su aplicación en contextos de luthería y estudios comparativos.

**Palabras clave:** acústica de guitarras; respuesta impulsiva maderas; caracterización vibratoria, tapas armónicas

### Abstract

An experimental methodology is presented for the acoustic characterization of woods used in guitar construction. The objective is to develop an accessible and reproducible technical protocol that allows discrimination between species by analyzing their impulsive response to a controlled impact. Initially, a forced vibration method on rods was tested, but the observed limitations motivated the design of a new approach. The proposed method uses standardized plates, standardized impacts, and recordings in an anechoic chamber. Different clamping configurations were analyzed, validating their influence on the fundamental frequency and the time response of the first harmonic. The results show that the method allows discrimination between woods of different acoustic qualities, laying the groundwork for its application in lutherie contexts and comparative studies.

**Keywords:** musical instrument acoustics; impulse response in wood; vibrational characterization of soundboards

### Resumo

É apresentada uma metodologia experimental para a caracterização acústica de madeiras utilizadas na construção de violões. O objetivo é desenvolver um protocolo técnico acessível e reproduzível que permita a discriminação entre espécies analisando sua resposta impulsiva a um impacto controlado. Inicialmente, foi testado um método de vibração forçada em barras, mas as limitações observadas motivaram o projeto de uma nova abordagem. O método proposto utiliza placas padronizadas, impactos padronizados e gravações de câmara anecóica. Diferentes configurações de fixação foram analisadas, validando sua influência na frequência fundamental e na resposta temporal do primeiro harmônico. Os resultados mostram que o método permite distinguir entre madeiras de diferentes qualidades acústicas, preparando o terreno para sua aplicação em contextos de lutheria e estudos comparativos.

**Palavras-chave:** acústica de instrumentos musicais; resposta impulsiva em madeira; caracterização vibracional de tampas harmônicas

## 1 INTRODUCCIÓN

La madera, como material constitutivo de muchos instrumentos musicales, juega un papel importante en su proceso de diseño y construcción, y contribuye a su comportamiento e identidad cultural. Las propiedades

de la madera impactan, principalmente, en la respuesta acústica (Iris Brémaud et al., 2013). Particularmente, la madera utilizada en la tapa tiene una influencia decisiva sobre la respuesta vibratoria y la calidad tonal final. Si bien existen métodos sofisticados de evaluación de maderas (ultrasonido, tomografía, espectroscopia) que

brindan alta precisión, estos resultan costosos y poco accesibles en contextos de producción artesanal o investigación intermedia. Por ello, el presente trabajo tiene como objetivo el desarrollo y validación de una metodología experimental alternativa, sencilla, económica y reproducible, que permita caracterizar de forma objetiva las propiedades acústicas de maderas destinadas a la luthería.

El trabajo se centra en establecer un protocolo de ensayo que posibilite preseleccionar maderas en base a su comportamiento vibratorio, a partir de la comparación con una madera patrón ampliamente reconocida: el abeto alemán (*Picea abies*). Esta comparación objetiva facilita la identificación de alternativas viables entre maderas locales, promoviendo su uso en la industria de la luthería y contribuyendo a la sostenibilidad y diversificación de materiales

## 2 DESARROLLO EXPERIMENTAL

En la fase inicial del trabajo se realizaron múltiples pruebas de laboratorio con el objetivo de desarrollar métodos de medición capaces de caracterizar las propiedades acústicas de distintas especies de madera. Las muestras empleadas provinieron de cortes comúnmente utilizados para tapas de guitarras, cuya selección resulta determinante para la calidad sonora del instrumento. Estas piezas fueron preparadas bajo criterios estrictos para asegurar condiciones homogéneas entre ensayos. La intención fue diseñar procedimientos simples y prácticos, que posibiliten la evaluación de un gran número de muestras y garanticen resultados reproducibles. Las pruebas se orientaron a analizar la respuesta vibratoria de las maderas bajo condiciones controladas, empleando herramientas accesibles que permitieran obtener parámetros objetivos sobre su comportamiento acústico. Esta búsqueda llevó al desarrollo de dos enfoques metodológicos, que se describen a continuación.

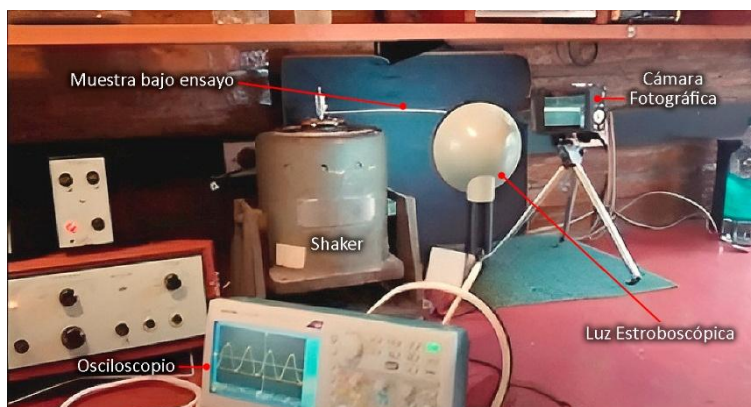
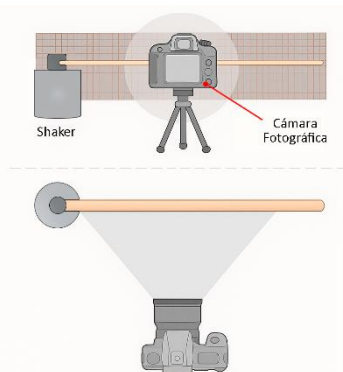
### 2.1 Desarrollo inicial: método de vibraciones en varillas

El primer enfoque explorado consistió en el análisis de la respuesta vibratoria de varillas de madera sometidas a una excitación sinusoidal. Para ello, se utilizaron varillas estandarizadas con dimensiones de 280 mm de largo, 10 mm de ancho y 3 mm de espesor. La excitación fue aplicada mediante un transductor tipo "shaker", colocado en uno de los extremos de la varilla, mientras que el otro extremo permanecía libre. Esta configuración buscaba replicar condiciones ideales para el análisis de modos naturales de vibración.

El comportamiento dinámico de las varillas se registró utilizando una cámara fotográfica en combinación con una luz estroboscópica sincronizada, mientras se realizaba un barrido de frecuencia en la señal de excitación. Esta técnica permitió visualizar con nitidez los modos de vibración generados en cada muestra, identificando nodos y antinodos a lo largo de la pieza. La Figura 1 muestra un esquema del montaje experimental empleado para la visualización de los modos vibratorios. Allí se observa la disposición del transductor, la varilla de madera y el sistema óptico de captura.

Por su parte, la Figura 2 presenta una serie de imágenes reales obtenidas durante las pruebas, donde se aprecian claramente los patrones de vibración formados en las varillas bajo excitación controlada. Estas imágenes permitieron confirmar la presencia de modos propios característicos según el tipo de madera evaluada.

A pesar del valor visual y cualitativo del método, se detectaron varias limitaciones que afectaron su aplicabilidad práctica. Entre ellas, se destacan la dificultad para medir con precisión las distancias entre nodos y la necesidad de mantener una fuerza constante de excitación entre muestras. Además, el análisis visual de los resultados resultaba complejo y difícil de automatizar, lo que reducía la reproducibilidad del procedimiento. Estas restricciones motivaron el desarrollo de un segundo enfoque más robusto y cuantitativo, basado en la respuesta impulsiva de placas.



**Figura 1.** Esquema de visualización de modos en varillas





Figura 2. Imágenes de modos de las varillas

## 2.2 Método propuesto: respuesta impulsiva

Como alternativa al método de vibraciones en varillas, se desarrolló un enfoque más práctico basado en la medición de la respuesta impulsiva de placas de madera. Este nuevo método busca superar las limitaciones previamente identificadas, como la baja reproducibilidad y la dificultad para obtener parámetros cuantificables. A través de un sistema de impacto controlado y registro acústico en condiciones anecoicas, se logró diseñar un procedimiento más preciso y sistemático.

Para validar el método, se seleccionaron tres tipos de madera de características contrastantes: abeto alemán, pino Brasil y terciado de guatambú. A continuación, se describen los aspectos principales del nuevo protocolo propuesto.

### 2.2.1. Preparación de muestras

El trabajo se inició con la selección de tres especies de madera de características diferenciadas: abeto alemán (*Picea abies*), pino Brasil (*Araucaria angustifolia*) y una placa terciada de guatambú (*Balfourodendron riedelianum*), que se denominará aquí simplemente "terciado".

Las muestras fueron cortadas con dimensiones estandarizadas de 55 mm de ancho, 124 mm de largo y 3 mm de espesor, similares a las empleadas para tapas de guitarras. Para asegurar uniformidad entre ensayos, se almacenaron en condiciones estables de temperatura y humedad.

A continuación, se describen brevemente las características anatómicas y propiedades relevantes de cada especie:

**Abeto alemán (*Picea abies*):** obtenida mediante corte radial, es una madera liviana con densidad inferior a 0,450 g/cm<sup>3</sup>. Se caracteriza por tener anillos de crecimiento bien marcados (1 a 2 mm de ancho), canales resiníferos escasos, radios uniseriados y traqueidas radiales de paredes internas lisas. Se utilizó como referencia por su reconocido uso en guitarras de alta calidad.

**Pino Brasil (*Araucaria angustifolia*):** esta muestra, de calidad intermedia, se trabajó con tablas de corte tangencial o mixto. Su densidad varía entre 0,450 y

0,600 g/cm<sup>3</sup>. Tiene anillos de crecimiento bien definidos (4 a 8 mm de ancho), sin canales resiníferos, y presenta traqueidas axiales con punteaduras biseriadas alternas muy largas.

**Terciado de guatambú (*Balfourodendron riedelianum*):** representa una muestra de baja calidad acústica. Es una madera semipesada a pesada, con densidad aparente entre 0,780 y 0,820 g/cm<sup>3</sup>. Su estructura está compuesta por capas de fibras en distintas orientaciones, lo que afecta negativamente la homogeneidad vibratoria. Anatómicamente, presenta porosidad difusa, fibras libriformes de paredes gruesas y parénquima axial en bandas angostas.

### 2.2.2. Sistema de Medición

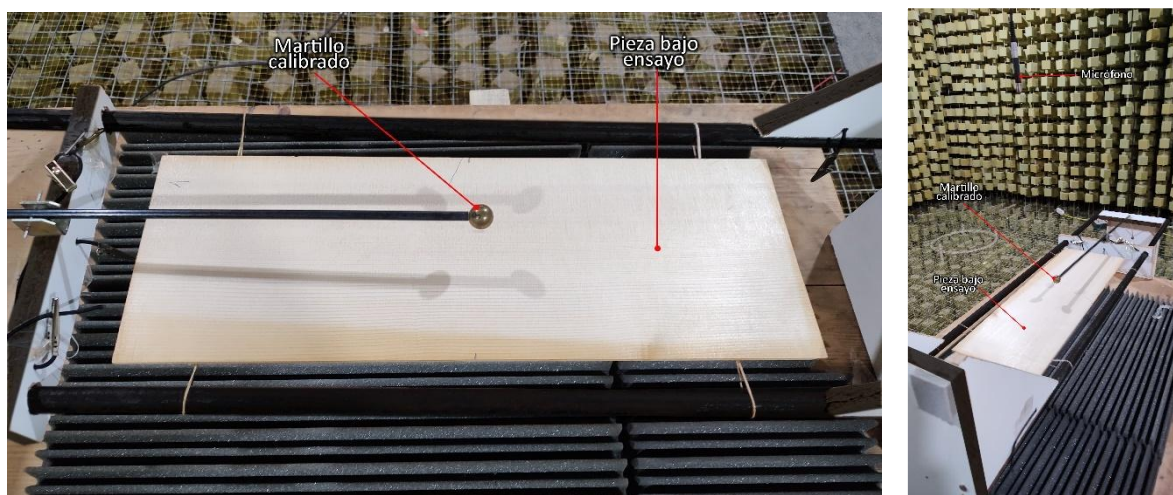
El ensayo se realizó en la cámara anecoica del Laboratorio de Acústica y Luminotecnia de la CIC, lo que permitió registrar exclusivamente la energía sonora emitida por la muestra, sin interferencias provenientes de reflexiones acústicas. Esta condición de campo libre fue clave para mejorar la precisión en la detección de frecuencias resonantes y en el análisis de la respuesta temporal.

El impacto fue generado mediante un "aparejo de impacto" con martillo calibrado (Figura 3). La respuesta acústica fue captada por un micrófono de condensador (Brüel & Kjær Type 4189) con preamplificador (ZC-0032), digitalizada mediante una placa Tascam US-322 y registrada con el software Reaper. Posteriormente, las señales fueron procesadas utilizando los analizadores espectrales Voxengo SPAN Plus y Sonic Visualiser, permitiendo una visualización detallada del contenido frecuencial. La Figura 4 muestra una fotografía real del montaje experimental.

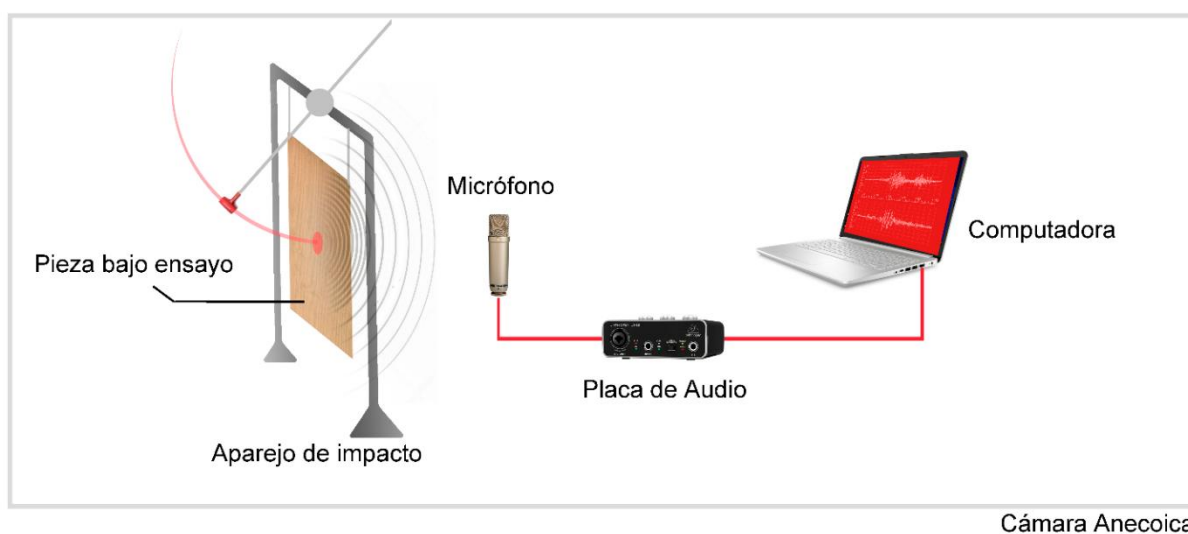
### 2.2.3. Modos de sujeción evaluados

Para evaluar la influencia de la configuración mecánica en las propiedades resonantes de las muestras, se analizaron cuatro modos distintos de sujeción en el aparejo de impacto. La hipótesis inicial fue que los modos propios de resonancia podrían amplificarse o atenuarse según el tipo de sujeción utilizado.

Las configuraciones ensayadas se muestran en la Figura 5 y fueron:



**Figura 3.** Fotografía del aparato de impacto situado en la Cámara Anecoica



**Figura 4.** Esquema del sistema de medición mediante el método impulsivo

- A. Posición vertical con un punto de sujeción.
- B. Posición vertical con dos puntos de sujeción.
- C. Posición horizontal con cuatro puntos de sujeción.
- D. Posición horizontal con bandas elásticas, donde la muestra quedaba suspendida en contacto con dos bandas elásticas en dirección perpendicular a la veta de la madera.

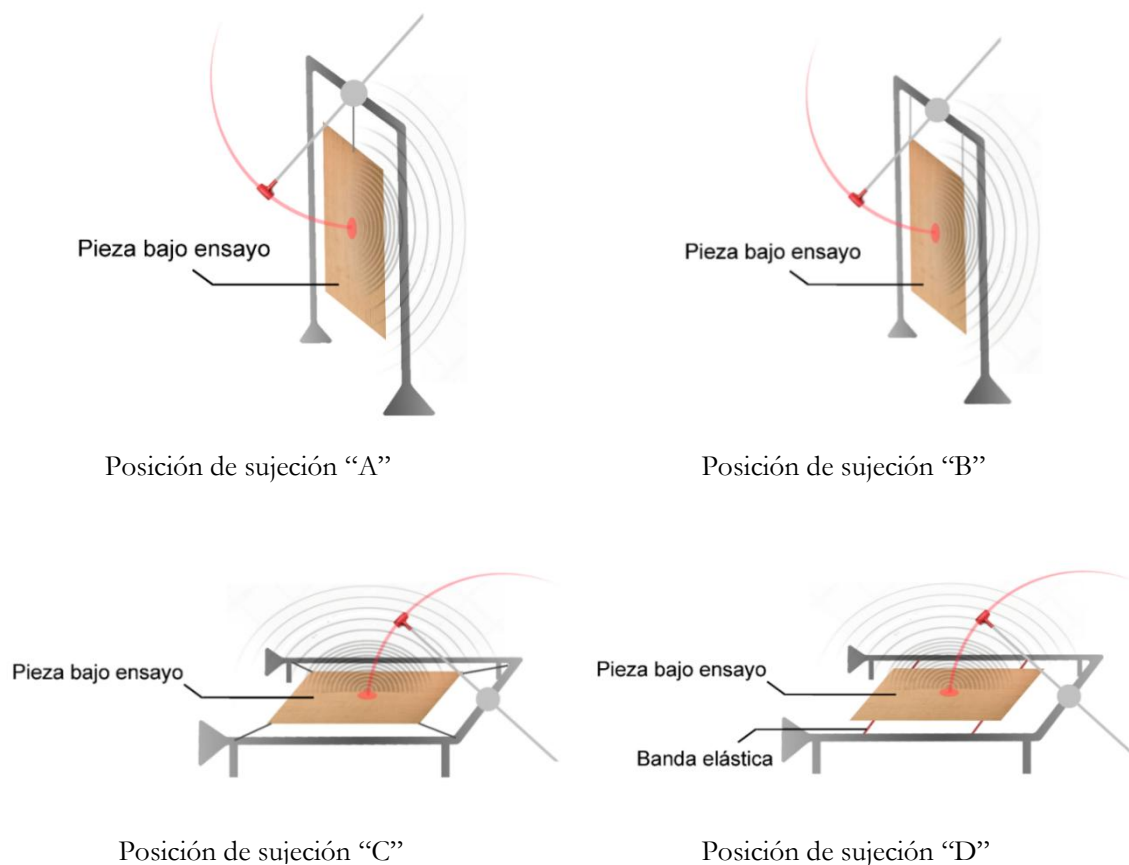
Cada configuración fue ensayada mediante múltiples repeticiones, con el fin de detectar posibles diferencias en la respuesta vibratoria y evaluar la reproducibilidad del método. La digitalización de las señales acústicas permitió obtener funciones de transferencia detalladas para cada muestra, facilitando la comparación entre especies.

Los primeros resultados mostraron que la madera de referencia (abeto alemán) presentó espectros acústicos con picos de resonancia bien definidos y

patrones de valles consistentes en todas las mediciones. En contraste, otras especies con menor capacidad resonante evidenciaron variaciones significativas en la amplitud y frecuencia de sus picos y valles, lo que permitió poner en evidencia diferencias relevantes en sus propiedades acústicas.

#### 2.2.4 Procesamiento de Datos y Obtención de Frecuencias de Resonancia

El análisis de las respuestas digitales fue confinado a una banda de frecuencias apropiado para evaluar exclusivamente la frecuencia fundamental y los primeros modos de vibración de las piezas bajo ensayo. Para ello, y evaluando los espectros para cada muestra, se estableció como banda de interés el rango entre 25 Hz y 200 Hz. En dicha banda se observó claramente que concurrían las frecuencias de resonancia fundamentales de cada especie.



**Figura 5.** Diferentes modos de montaje ensayados

Como primer paso, y para garantizar la calidad del análisis en la banda de frecuencias de interés, se aplicó a todas las respuestas un filtro digital de fase lineal pasa banda con un corte inferior de -3 dB en 25 Hz. y corte superior de -3 dB en 200 Hz. Con una pendiente de atenuación de 24 dB/octava. Este filtrado eliminó componentes de baja y alta frecuencia no deseadas, que podrían haber dificultado la interpretación de los resultados.

Para obtener con precisión las frecuencias de resonancia, los archivos de audio en formato WAV fueron analizados utilizando el software Sonic Visualiser.

Se generaron espectrogramas de los trenes de respuestas acústicas, que luego fueron exportados a planillas de cálculo aplicando los siguientes parámetros de configuración:

- Window size: 32768
- Window overlap: 93.75 %
- Oversampling: 8x

Estos parámetros tuvieron un impacto significativo en la precisión de la extracción de frecuencias. El tamaño de ventana grande permitió alcanzar una alta resolución espectral, reduciendo la dispersión en frecuencia y mejorando la exactitud de las mediciones.

El alto solapamiento (93,75 %) favoreció la continuidad temporal del análisis, minimizando discontinuidades entre ventanas consecutivas. Por su parte, el factor de oversampling 8x aumentó la densidad de puntos de muestreo en el dominio de la frecuencia, refinando la detección de picos de resonancia.

Una vez exportados los datos, se aplicaron fórmulas de cálculo y formato condicional en la planilla de cálculo para detectar con precisión los valores máximos de amplitud y sus respectivas frecuencias. Posteriormente, se graficaron los niveles correspondientes a la frecuencia del primer armónico, normalizados al valor pico, para todos los impactos, todas las especies de madera y todos los tipos de sujeción, permitiendo así una comparación detallada entre ellos.

La resolución temporal obtenida en la planilla fue de 0,042 segundos, mientras que la resolución en frecuencia alcanzó 0,1831 Hz, lo que garantizó una identificación precisa de las frecuencias fundamentales y de sus armónicos.



### 3 RESULTADOS

#### 3.1 Variabilidad del espectro resultante en función del tipo de sujeción

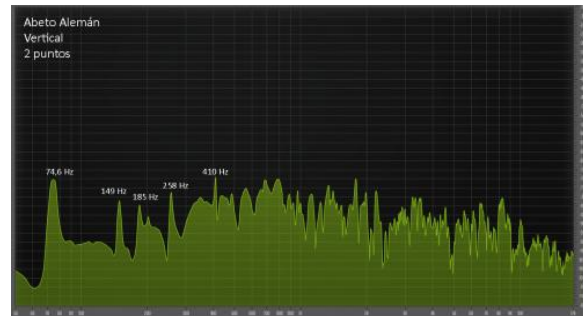
Como primer análisis, se obtuvieron los espectros de las respuestas generados por el software Voxengo SPAN Plus, utilizando el modo de operación "MAX". Este tipo de análisis produce un espectro de potencia máxima acumulada y registra una retención de los picos a lo largo del tiempo, permitiendo una visualización clara de las componentes dominantes de la respuesta.

Se observó que el método de sujeción influye tanto en la relación de amplitudes entre la frecuencia fundamental y los sobretonos, como en los valores de frecuencia de estos últimos, incluso cuando se trata de una misma muestra de madera.

Este comportamiento es coherente con la expectativa, ya que los modos de vibración están directamente condicionados por las restricciones impuestas por los puntos de anclaje. Cambiar las condiciones de contorno, incluso de una placa simple, puede cambiar significativamente tanto las frecuencias de resonancia como sus modos (Richard Mark French et al., 2008).



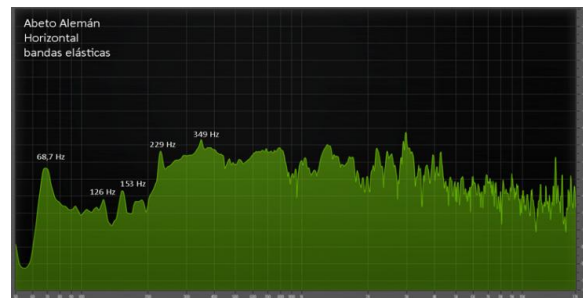
Abeto Alemán sujeción "A"



Abeto Alemán sujeción "B"



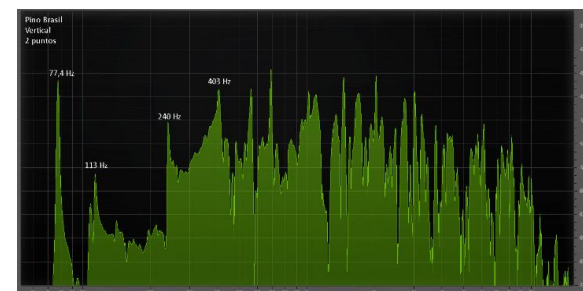
Abeto Alemán sujeción "C"



Abeto Alemán sujeción "D"



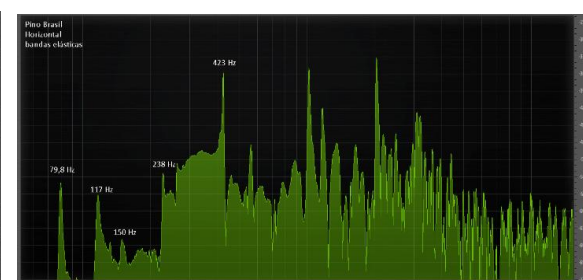
Pino Brasil sujeción "A"



Pino Brasil sujeción "B"



Pino Brasil sujeción "C"



Pino Brasil sujeción "D"

**Figura 6.** Espectros Obtenidos con una muestra de Abeto alemán y otra de Pino Brasil con los 4 modos de sujeción



En la Figura 6 se presentan ejemplos de estos espectros para las maderas Abeto Alemán y Pino Brasil, bajo diferentes configuraciones de sujeción.

Dado que cuantificar sistemáticamente las variaciones espectrales asociadas a cada sujeción representaba una tarea muy compleja, se optó en esta etapa por centrar el análisis únicamente en el primer armónico del espectro de respuesta, como objetivo principal de este trabajo.

### 3.2 Evaluación de la Repetibilidad del Método

La repetibilidad del método se evaluó a partir del análisis de la dispersión estadística de dos parámetros obtenidos de la respuesta acústica ante múltiples impactos consecutivos:

- La estabilidad del valor de la frecuencia del primer armónico.
- El comportamiento temporal de la amplitud del mismo.

Ambos análisis se realizaron a partir 100 espectrogramas generados en Sonic Visualiser, como respuesta a 100 impactos consecutivos sobre una misma muestra. Estos datos se exportaron a una planilla de cálculo. En dicha planilla, cada fila representa una ventana temporal (una FFT) y cada columna un bin de frecuencia. Esta estructura permitió observar con detalle la evolución espectral de la señal a lo largo del tiempo.

De esta forma, se colorearon los valores máximos de cada fila (es decir, los de mayor amplitud por instante) para poder tener, además de valores de las amplitudes, una visualización gráfica del valor de la frecuencia fundamental, todo a lo largo del tiempo. A modo de ejemplo, la Figura 7 muestra este resultado para tres impactos consecutivos.

Para estudiar el primer parámetro -la estabilidad del valor de la frecuencia del primer armónico-, se observó primeramente qué columnas se coloreaban con los máximos. Se esperaba encontrar cierto grado de variación entre impactos, que permitiría representar la dispersión de los resultados. Sin embargo, con la resolución espectral utilizada, el 100 % de los valores se concentraron en apenas dos bins contiguos, lo que indica que no fue posible construir una distribución estadística útil dentro de esos parámetros. En la Figura 7 citada, puede observarse este hecho. Hay una marcada concentración de energía en el mismo bin de frecuencia.

Para analizar el segundo parámetro -el comportamiento temporal de la amplitud del primer armónico-, se tomaron las amplitudes correspondientes a los bins coloreados y se graficaron en función del tiempo. Las curvas obtenidas fueron normalizadas al valor pico para facilitar la comparación

entre impactos. Este análisis se realizó sobre las tres especies de madera estudiadas.

La Figura 8 muestra los resultados obtenidos para tres golpes consecutivos. Si bien se observaron pequeñas variaciones entre impactos, estas fueron considerablemente menores en comparación con las diferencias entre especies. Esta coincidencia en las curvas de decaimiento temporal obtenidas refuerza la confiabilidad del método propuesto y su potencial para caracterizar comparativamente diferentes materiales de forma objetiva y reproducible.

Cabe destacar que los extremos temporales (inicio y fin) de cada impacto corresponden a transitorios fuera del estado estacionario, por lo que fueron descartados para la determinación del valor de la frecuencia fundamental.

Finalmente, para alinear temporalmente los gráficos, se ubicó el valor máximo de amplitud y se tomó como origen de tiempo  $t = 0$  a la muestra -12 (es decir, 12 muestras anteriores al pico). La longitud total de la ventana analizada fue de 80 muestras, lo que representa un intervalo de 3,41 s, con el pico centrado en el instante 0,51 s.

### 3.3 Influencia del Tipo de Sujeción sobre la Respuesta del Primer Armónico

La forma en que se sujeta la muestra durante el impacto influye notablemente sobre su comportamiento vibratorio, afectando tanto la frecuencia fundamental como el decaimiento temporal del primer armónico.

En las maderas homogéneas (Abeto Alemán y Pino Brasil), se observó una relación entre el nivel de restricción mecánica y la frecuencia de resonancia: al variar los puntos de anclaje varía la frecuencia fundamental obtenida.

Además, el tipo de sujeción también incidió en el comportamiento temporal de la vibración. Las configuraciones más restrictivas, como la C (sujeción en cuatro puntos), generaron un amortiguamiento más rápido, mientras que la D (suspensión sobre bandas elásticas) permitió una mayor persistencia de la vibración.

Este efecto es coherente con la influencia de las condiciones de frontera sobre los modos naturales de vibración: cuando los puntos de sujeción coinciden con nodos de desplazamiento mínimo, su impacto es menor; en cambio, si coinciden con antinodos, restringen considerablemente la respuesta dinámica.

La Figura 9 muestra la evolución temporal del primer armónico en las tres maderas y bajo las cuatro configuraciones de sujeción, integrando tanto la variación en frecuencia como el comportamiento del decaimiento temporal.

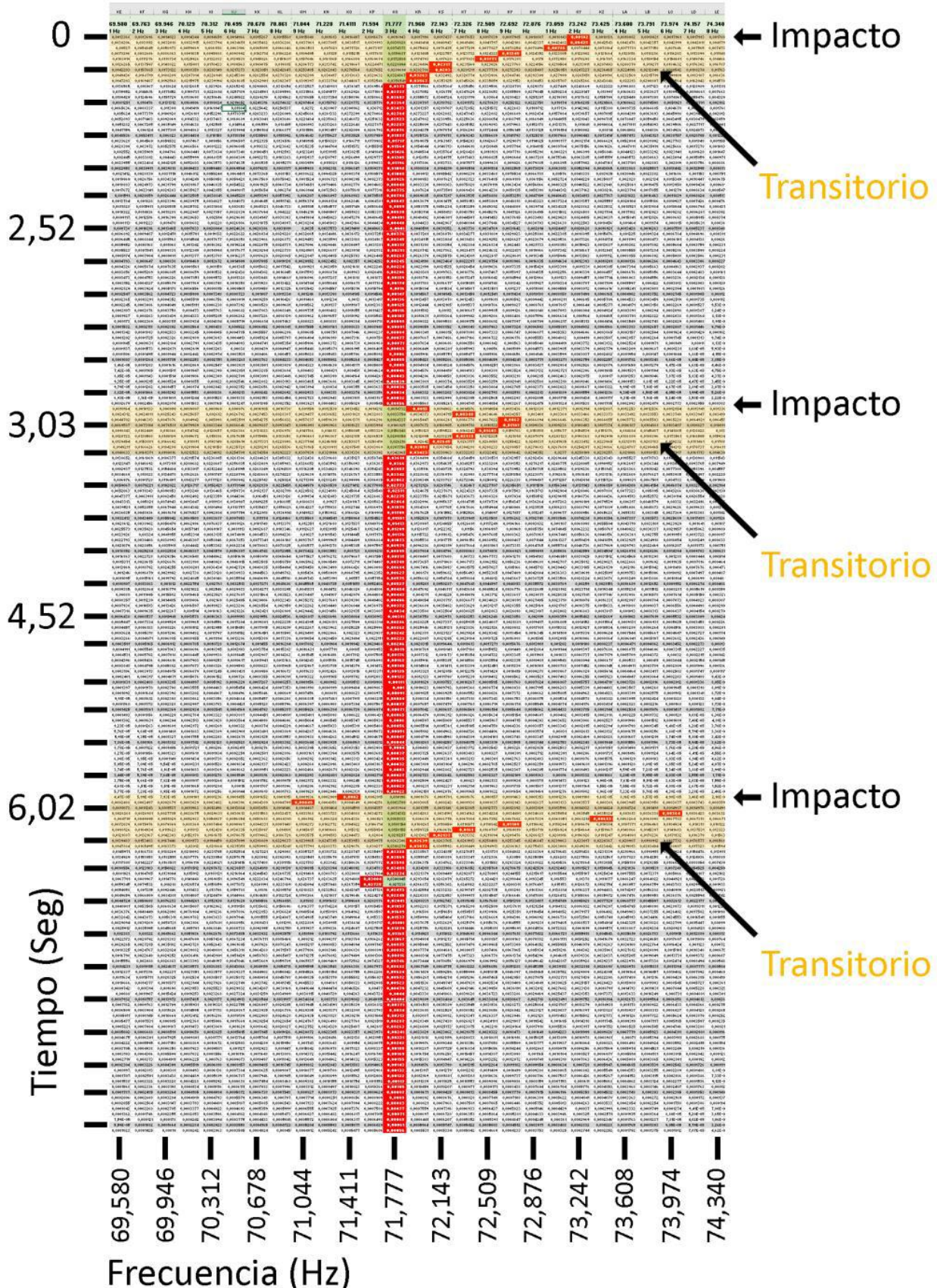
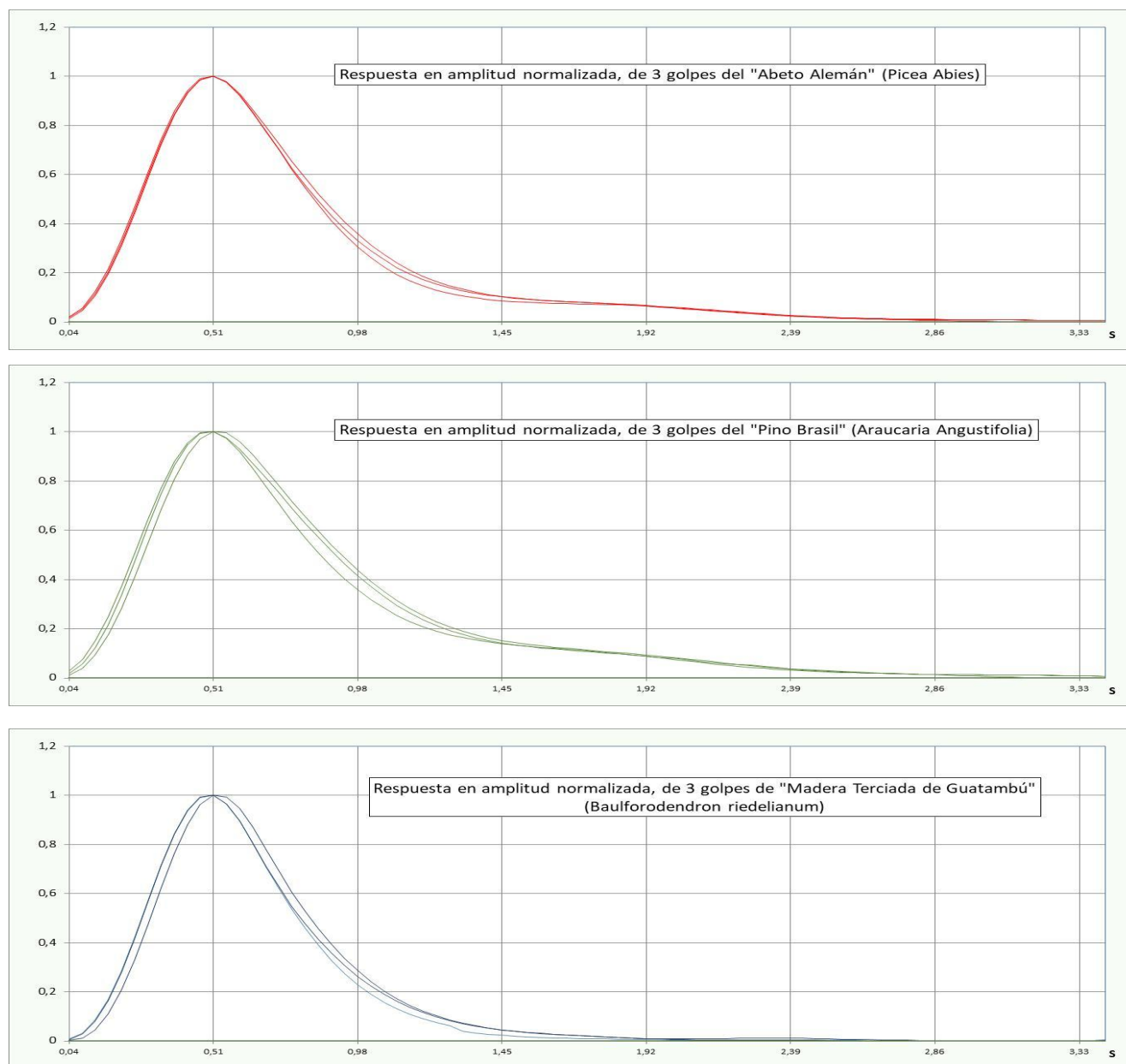


Figura 7. Coloreado de bins máximos en el espectrograma temporal de tres impactos consecutivos.



La evidencia sugiere que el tipo de sujeción no solo modifica los valores de frecuencia y amortiguamiento, sino que también puede alterar la definición espectral de los modos superiores. Por tal motivo, la configuración D fue seleccionada como estándar para las comparaciones entre especies. Esta elección se basó en su capacidad para ofrecer una sujeción estable pero mínimamente invasiva, reduciendo al máximo las

interferencias mecánicas que pudieran alterar los modos naturales de vibración. Además, su diseño permitió una alta repetibilidad entre impactos, tanto en frecuencia como en comportamiento temporal, lo que la convierte en una condición de referencia confiable para caracterizar comparativamente distintos tipos de madera



**Figura 8.** Variación entre 3 golpes para un mismo tipo de sujeción

### 3.4 Variación de Frecuencia fundamental y análisis temporal en cada configuración

Para cada una de las maderas ensayadas, se realizó un análisis detallado de la evolución temporal del primer armónico ante un impacto, por el método mencionado en la sección 2.2.3. Las muestras fueron evaluadas bajo las cuatro configuraciones de sujeción. Como se mencionó, la amplitud fue normalizada al pico

máximo, en las 3 maderas y en los 4 casos de sujeción, para permitir la comparación. En los gráficos temporales (ver Figura 9) se aprecia cómo varía la amplitud de vibración en el tiempo, revelando diferencias en la tasa de amortiguamiento según la forma en que la muestra es soportada. Por su parte, los gráficos de barra indican cómo se modifica la frecuencia del primer armónico (en Hz.) para cada condición de sujeción.

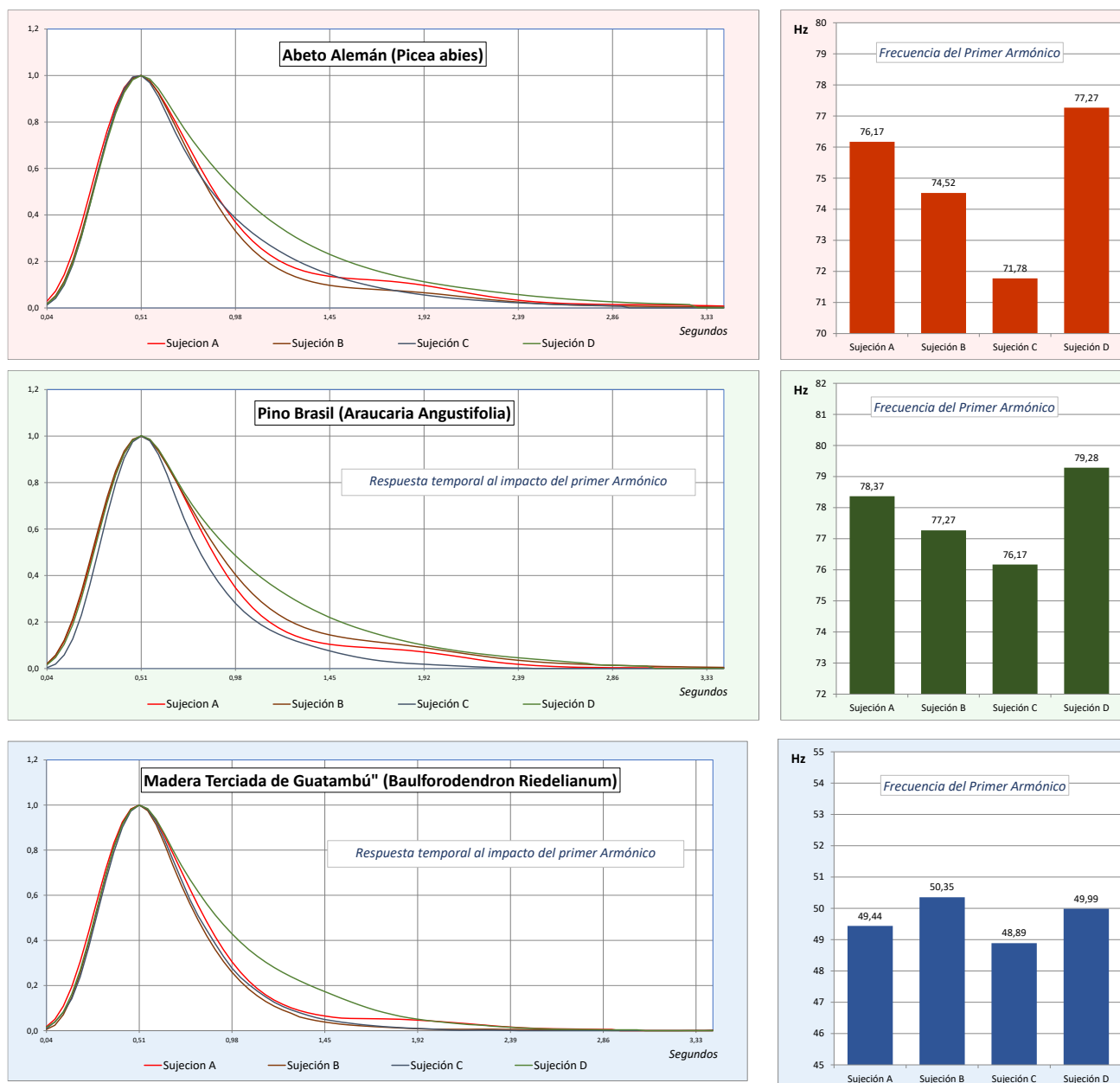


Figura 9. Evolución temporal del primer armónico en las 3 maderas y los 4 tipos de sujeción

De los gráficos, se puede observar lo siguiente:

#### Abeto Alemán (*Picea abies*)

La frecuencia varía levemente entre configuraciones, con un mínimo en la sujeción C (71,78 Hz) y un máximo en la sujeción D (77,27 Hz). Las curvas de decaimiento presentan diferencias sutiles, pero consistentes, indicando que el tipo de sujeción afecta principalmente la duración de la vibración más que su frecuencia.

#### Pino Brasil (*Araucaria angustifolia*)

Se observa un comportamiento similar al del abeto, con frecuencias cercanas entre sí (de 76,17 Hz a 79,28 Hz), aunque con mayor amplitud general. Las curvas

muestran una caída más suave en la sujeción D, lo que sugiere una menor amortiguación en esta condición.

#### Madera Terciada de Guatambú (*Balfourodendron riedelianum*)

A diferencia de las anteriores, esta madera muestra frecuencias más bajas (alrededor de 49 50 Hz), como era esperable por su estructura compuesta y mayor densidad. Las curvas de respuesta tienen un decaimiento más rápido, con menor energía vibratoria sostenida, indicando una capacidad resonante inferior en comparación con las otras maderas.

En cuanto a la forma de sujeción, se puede observar que:



- **Sujeción de Cuatro Puntos en Disposición Horizontal**

Al sujetar la madera en cuatro puntos, se introducen restricciones mecánicas significativas, limitando la amplitud de vibración en varias regiones. Dependiendo de la ubicación exacta de los puntos de sujeción con respecto a los nodos de resonancia, el efecto de la restricción puede ser más o menos severo. Si los puntos de sujeción coinciden con nodos de desplazamiento mínimo, la alteración será menor; si coinciden con antinodos (zonas de máximo desplazamiento), la restricción será más fuerte y la reducción de la frecuencia fundamental será mayor.

- **Dos Puntos en Disposición Vertical**

En esta configuración, la madera tiene una menor restricción en comparación con la disposición de cuatro puntos, lo que permite una mayor flexibilidad en ciertos modos de vibración.

- **Un Punto en Disposición Vertical**

Al suspender la madera de un solo punto, la restricción de movimiento es moderada en términos de la estructura mecánica global. La madera conserva cierta capacidad para oscilar alrededor del punto de suspensión.

- **Bandas Elásticas (análisis válido solo para madera homogénea)**

Finalmente, cuando la madera se encuentra apoyada sobre bandas elásticas, la restricción mecánica es mínima y la pieza conserva una alta capacidad para vibrar libremente en sus modos naturales.

Este análisis demostró que la forma de sujeción incide de manera notable en la dinámica vibratoria. La evidencia sugiere que la configuración D ofrece condiciones cercanas a las ideales: mínima interferencia mecánica, buena repetibilidad entre impactos, y una representación fiel de los modos propios de la muestra. Por ello, fue adoptada como estándar para las comparaciones entre especies. Su mínima interferencia mecánica y alta repetibilidad entre impactos la convierten en una condición de referencia confiable para realizar comparaciones objetivas.

### 3.5 Comparación entre las especies estudiadas

En la Figura 10 se compara la respuesta normalizada del primer armónico de tres tipos de madera (Abeto Alemán, Pino Brasil y Terciado) ensayadas bajo la configuración de soporte tipo "D", es decir, suspendidas sobre bandas elásticas. Como se dijo en el punto anterior, esta configuración fue elegida como estándar por su simplicidad y porque ofrece mínima restricción mecánica, lo que permite que la madera vibre de forma más libre y reproducible.

Las respuestas impulsivas fueron normalizadas en amplitud y sincronizadas en el tiempo, de modo que los picos máximos coincidan. Esto permite concentrarnos en la forma de decaimiento del primer armónico sin que interfirieran diferencias en niveles o en tiempo de impacto. Así, se puede evaluar cómo se comporta cada madera al vibrar: cuánto tiempo sostiene la energía y cómo se atenúa.

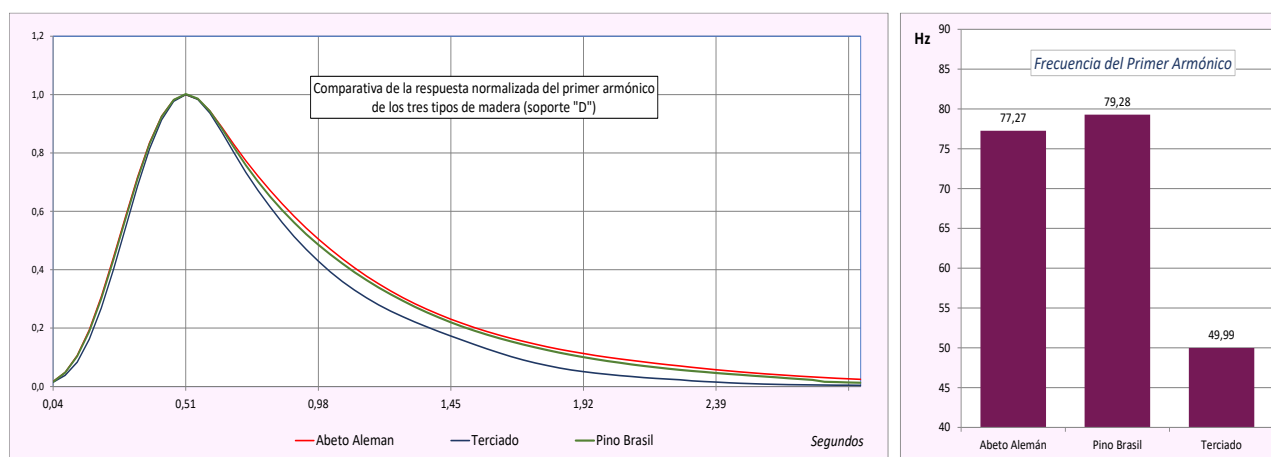


Figura 10. Comparación de la respuesta de los tres tipos de madera con sujeción "D"

El Abeto Alemán, usado como referencia, muestra una caída más lenta, lo que sugiere un coeficiente de amortiguamiento bajo (mayor capacidad de mantener la vibración en el tiempo).

El Pino Brasil tiene un comportamiento similar, con una atenuación levemente más rápida, y el Terciado se

distingue por una caída abrupta, lo que indica una rápida disipación de la energía vibratoria.

A la derecha, el gráfico de barras muestra la frecuencia del primer armónico para cada madera. El Pino Brasil alcanza la frecuencia más alta (79,28 Hz), seguido por el Abeto (77,27 Hz) y finalmente el Terciado (49,99 Hz).

Hz), confirmando diferencias en rigidez y comportamiento acústico.

Es evidente que el abeto (*Picea abies*) tiene las propiedades más interesantes para la tapa armónica de instrumentos musicales, alta elasticidad, baja densidad y baja fricción interna (Voichita Bucur et al., 2016).

#### 4 DISCUSIÓN

Este método de respuesta impulsiva permite comparar especies de madera bajo condiciones reproducibles.

La configuración de sujeción D es preferible por minimizar restricciones mecánicas. El decaimiento temporal y la frecuencia del primer armónico emergen como indicadores útiles para caracterización de las muestras.

Es importante recordar que este trabajo no busca calificar la calidad de las maderas, sino que se centra en el desarrollo y validación de una metodología experimental objetiva y replicable para poder caracterizarlas y determinar diferencias y similitudes entre ellas.

Además, en esta etapa solo se ha evaluado el comportamiento del primer armónico, pero el objetivo futuro es extender el análisis a los modos superiores, optimizar el procedimiento de medición y lograr que el método pueda ser reproducido en diferentes laboratorios bajo condiciones similares.

Si bien este trabajo no analiza variaciones intraespecíficas (como orientación de corte dentro de un mismo tronco), el método podría adaptarse para ese tipo de estudios. Se recomienda ampliar el número de muestras y considerar estadísticas (media, desviación estándar, coeficiente de variación) para robustecer resultados.

#### 5 CONCLUSIONES

El desarrollo de esta metodología representa un avance significativo en la evaluación objetiva de materiales para la luthería. Su aplicación permite caracterizar tanto las propiedades acústicas como las mecánicas de diferentes maderas bajo condiciones controladas. Futuras investigaciones podrán aprovechar este marco para identificar materiales alternativos y optimizar el diseño de instrumentos musicales.

Las principales conclusiones que se derivan son:

El método de respuesta impulsiva permite distinguir especies por su comportamiento vibratorio.

La configuración de sujeción influye significativamente en las frecuencias y decaimientos observados.

La configuración suspendida en bandas elásticas resultó óptima para comparaciones.

La frecuencia del primer armónico y su duración son buenos indicadores de la capacidad resonante.

El análisis muestra que el abeto alemán ofrece la mejor respuesta, seguido por el pino Brasil. El terciado presenta menor aptitud acústica, como era esperable.

#### PROYECCIONES FUTURAS

- Extender el análisis a armónicos superiores.
- Incorporar estadísticas robustas en los resultados.
- Evaluar la discriminación entre cortes distintos de una misma especie.
- Explorar otras especies nativas con potencial en luthería.
- Mejoras en el aparejo de impacto.

#### AGRADECIMIENTOS

Agradecemos al Laboratorio de Acústica y Luminotecnia de la CIC por facilitar las instalaciones. A la Facultad de Ingeniería de la UNLP por el soporte técnico y logístico brindado.

Al Luthier Alejandro Donnantuoni por su generosa colaboración en el acondicionamiento de las muestras.

Al Luthier Julio Malarino por el intercambio de ideas, su permanente aliento y su generosa colaboración al facilitarnos las tablas de Pino Abeto.

Al INTA EEA y al Ing. Ftal. Hugo Fassola por su gestión para la obtención de las muestras de Araucaria y Pino Resinoso. A la Dra. Rosa Angela Winck y el Tec. en Ind. de la Madera Diego Aquino, por parte de Pindó SA el Dr. Rafael Scherer, el Ing. Ind. Fabian Preusles y la Ing. Ftal. Lilian Ayala.

#### REFERENCIAS

- Iris Brémaud (2013). Acoustical properties of wood in string instruments soundboards and tuned idiophones: Biological and cultural diversity. <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00808347>
- Richard Mark French (2008). Engineering the Guitar. Purdue University Department of Mechanical Engineering Technology Knoy Hall of Technology West Lafayette, IN 47907-2021 ISBN: 978-0-387-74368-4 e-ISBN: 978-0-387-74369-1 DOI: 10.1007/978-0-387-74369-1
- Voichita Bucur (2016). Handbook of Materials for String Musical Instruments. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-32080-9>

# La inteligibilidad de la palabra hablada en los salones del Aulario José Luis Massera de la UDELAR

## Intelligibility of the spoken word within the José Luis Massera multifunctional building of UDELAR

## A inteligibilidade da palavra falada nas salas de aula do Aulão José Luis Massera da UDELAR

Laura Fabiana Pazos Zanotta<sup>1</sup>

<sup>1</sup> FADU. Universidad de la República. Montevideo, Uruguay. Correo electrónico: [laurapz@vera.com.uy](mailto:laurapz@vera.com.uy)

### Resumen

El objetivo de este trabajo es presentar los resultados del ensayo de inteligibilidad de la palabra hablada en cuatro salones del Edificio Polifuncional José Luis Massera de la Universidad de la República. La elección de los salones se basa en un estudio anterior donde se obtuvieron los valores de ruido de fondo, tiempos de reverberación y a partir de estos datos se calcularon las curvas NR y los valores de SIL. Con esos datos iniciales se plantea, para los salones más comprometidos en esos valores, el ensayo de inteligibilidad de la palabra hablada a fin de completar su caracterización acústica. Con ese punto de partida se realizan los ensayos, cumpliendo la normativa vigente. A partir de la misma se analizan los resultados a fin de determinar las condiciones de audición de estos locales. De esta forma podremos comprobar si el mensaje está llegando correctamente a los estudiantes que escuchan la clase y determinar si es posible, en las condiciones actuales, el uso de estos salones sin amplificación.

**Palabras clave:** Caracterización acústica- Ensayo- Normativa- Comunicación Verbal

### Abstract

The aim of this study is to report on the findings of the speech intelligibility test, conducted in four of the classrooms within the José Luis Massera multifunctional building of UDELAR. the rooms were selected based on a previous investigation regarding background noise levels and reverberation times; these results were used in the calculations for noise rating (NR) curves and speech interference level (SIL) values. for the rooms exhibiting the poorest performance in those metrics, the speech intelligibility test was then carried out in order to complete their acoustic characterisation; in compliance with the prevailing standard. the results were then analysed in order to determine the hearing conditions of the rooms, based off the aforementioned standard. in this way, it can be ascertained whether the information is being accurately conveyed to students attending class and evaluate the need for sound amplification within these rooms, under current conditions.

**Keywords:** Acoustic characterization- Essay- Standard- Verbal communication

### Resumo

O objetivo deste artigo é apresentar os resultados de um teste de inteligibilidade da palavra falada em quatro salas de aula do Edifício Multiuso José Luis Massera da Universidade da República. A seleção das salas de aula baseia-se em um estudo prévio, no qual foram obtidos os valores de ruído de fundo e os tempos de reverberação, e a partir desses dados, foram calculadas as curvas de ruído de fundo (NR) e os valores de SIL. Com base nesses dados iniciais, propõe-se um teste de inteligibilidade da palavra falada para as salas de aula mais afetadas por esses valores, a fim de completar sua caracterização acústica. A partir daí, os testes são realizados em conformidade com a regulamentação vigente. Com base na mesma regulamentação, os resultados são analisados para determinar as condições de escuta dessas salas. Dessa forma, podemos verificar se a mensagem está chegando corretamente aos alunos que ouvem a aula e determinar se é possível, nas condições atuais, utilizar essas salas sem amplificação.

**Palavras-chave:** Caracterização acústica - Teste - Normas - Comunicação verbal

## 1 INTRODUCCIÓN

Para poder aprender en nuestros centros de estudio, el aula debe tener un campo acústico interior adecuado a su uso. Necesitamos una buena comunicación entre el emisor y el receptor. El docente, emisor, tiene que exponer las propuestas y los conceptos sin tener que forzar su voz. Por otro lado, el receptor necesita entender con claridad el mensaje que recibe, en todos los puntos del aula donde se ubique. Cuando el mensaje no se comprende se pierde la atención del oyente, por lo que comienza a elevarse el nivel sonoro del auditorio ya que dialogan entre ellos porque no comprenden lo que el emisor está hablando, perdiendo el interés por lo que este dice. A su vez, el emisor, con el nivel sonoro del lugar tiene que esforzarse para ser escuchado y el resultado sigue siendo deficiente. Se genera el Efecto Lombard, definido por la Norma ISO 9921:2003 como: “el aumento espontáneo del esfuerzo vocal inducido por el aumento del nivel de ruido ambiente en el oído del hablante”.

Este trabajo pretende caracterizar acústicamente algunos salones del Edificio Polifuncional José Luis Massera de la Universidad de la República. Este edificio es utilizado por las facultades de Arquitectura, Ingeniería y Ciencias Económicas.

Se toma como antecedente el trabajo realizado con la Ing. Tania Assanelli, en el curso de posgrado “Control de Ruido” a cargo de la docente Dra. Ing. Elizabeth González, que integra las asignaturas de la Maestría de Ingeniería Ambiental de la Facultad de Ingeniería de la Udelar. En ese estudio, se caracterizaron todos los salones, a excepción del salón de actos. La caracterización consistió en: determinar los tiempos de reverberación a partir de los materiales y sus coeficientes de absorción, utilizando las fórmulas de Sabine, Eyring y Millington-Sette y con ensayos en algunos de los salones para determinar los tiempos de reverberación. A partir del estudio de las fuentes de ruido internas y externas y de los coeficientes de reducción de los materiales de los salones, para las frecuencias de 125 a 4.000 Hz, se determinaron los valores de aislamiento para cada uno. Se estudia con estos valores el confort y la inteligibilidad de la palabra hablada, a partir del ruido de fondo se comparan las curvas NC con las curvas y los rangos de energía sonora recomendados. Para las condiciones de inteligibilidad de la palabra hablada se calcula el SIL y los grados de esfuerzo de la palabra hablada para distintos puntos de cada salón.

A partir de esos datos surge la posibilidad de realizar los ensayos que permitan determinar la inteligibilidad de la palabra hablada, para completar esa caracterización. Se elabora la práctica de implementación del método de determinación de la

inteligibilidad de acuerdo a la normativa vigente, en cuatro salones elegidos por los valores más comprometidos o por su aforo en los salones de clases expositivas.

Existen normas que se basan en evaluar la calidad de la transmisión de la voz en diferentes tipos de mensajes, que son la base de los ensayos realizados. Estas normas son IEC 60268-16:2020: “Equipos de sonido - Parte 16: Clasificación objetiva de la inteligibilidad verbal mediante el índice de transmisión verbal”, Evaluación de la comunicación verbal ISO 9921:2003. Y para determinar la inteligibilidad del habla en auditorios, salas de conferencias y de reuniones y otras salas destinadas para hablar en público se utiliza la Norma Interestatal Gost 25902-2016: Salas de Espectadores. Método para determinar la inteligibilidad del habla, que fue tomada como base para la práctica de los ensayos de los salones del Aulario.

Con ese punto de partida se practica en cada salón elegido una lectura de tablas silábicas del tipo CVC (consonante, vocal, consonante) con el número de oyentes necesario para cumplir con la normativa. A partir de esos datos se pueden determinar los índices de inteligibilidad que la normativa describe.

## 2 METODOLOGÍA

### 2.1 Parámetros iniciales

El primer paso para determinar los salones para ensayar fue analizar los datos obtenidos en los cálculos iniciales. Se utiliza el criterio para evaluar las condiciones de emisión de la palabra hablada en un salón, a partir del grado de esfuerzo vocal, teniendo en cuenta el ruido de fondo del local y la distancia entre el oyente y el emisor. La variable denominada SIL (Speech Interference Level), se calculó para todos los salones del edificio, de acuerdo a la siguiente expresión:

$$SIL = \frac{L500 + L1000 + L2000 + L4000}{4}$$

Donde  $L_f$  es el nivel de energía acústica de fondo para cada frecuencia, medido en dB, en escala Z

Los valores de la tabla 1 corresponden a los cálculos realizados en la caracterización acústica de los salones realizadas en el trabajo anterior ya indicado.

Con estos valores se determina el grado de esfuerzo de la palabra hablada de acuerdo al Cuadro N° 8- Criterio SIL, Miyara (Fuente: González, Alice Elizabeth, Acústica Ambiental, Acondicionamiento acústico. Cuaderno 6, Montevideo, 2017, Udelar- FI- IMFIA).



**Tabla 1.** Valores de grados de esfuerzo vocal de la palabra hablada

Nivel	salón	SIL	Grados de esfuerzo de la palabra hablada					
			vértice		al fondo		mitad de salón	
			dist.	esfuerzo	dist.	esfuerzo	dist.	esfuerzo
PB	A01	27,9	16	3	13	2	7	2
	B01	26,7	22	3	20	3	10	3
1º piso	A11	26,8	11	2	9	2	5	1
	A12	28,0	13	2	11	2	5	1
	B11	27,1	9	2	7	2	3	1
	B12	27,5	16	3	13	2	7	2
	C11	27,0	11	2	9	2	5	1
	C12	29,0	13	2	11	2	5	1

Se consideran para ensayar los salones A01 y B01 donde el esfuerzo es moderadamente fuerte en dos de las tres distancias consideradas, para el caso del salón A01 y en todas las distancias para el B01. Para el salón B12 el esfuerzo moderadamente fuerte es en una de las distancias calculadas. Se eligen estos salones por ser los de mayor aforo y con características de clases expositivas.

El salón C12 se toma para el ensayo como una opción donde el esfuerzo es normal y suave, diferenciándose de los otros tres salones. El interés de este salón es por tener características formales similares a la mayoría de los salones del edificio.

Además del esfuerzo vocal se consideraron los tiempos de reverberación y el ruido de fondo calculados, como base para la elección de los salones. En el trabajo precedente los valores de TR se determinaron por las fórmulas de Sabine, Eyring y Millington-Sette. La siguiente tabla muestra los valores para los salones elegidos con el cálculo de Eyring para distintos porcentajes de ocupación. Para el salón B01 se realizó un ensayo de estruendo medido con sonómetro, con 12 registros de resultados, como forma de validación de los datos calculados.

**Tabla 2.** Valores de tiempos de reverberación en los salones de PB y piso 1

Nivel	Módulo	No. Salón	Local vacío (500 Hz)						Local en uso (TR en 500 Hz) según % ocupación		
			sin equipar			con mobiliario			100%	50%	20%
			alfa	A <sub>T</sub>	TR (Eyring)	alfa	A <sub>T</sub>	TR (Eyring)			
P. Baja	A	A 01	0,06	40,2	2,97	0,07	44,5	2,68	0,87	1,33	1,91
	B	B01	0,07	59,3	3,04	0,07	65,8	2,72	0,88	1,36	1,95
Nivel 1	A	A11	0,06	21,6	2,84	0,06	20,1	3,05	1,09	1,61	2,24
		A12	0,06	32,7	2,97	0,06	32,6	2,98	0,99	1,50	2,14
	B	B11	0,06	15,9	2,81	0,06	17,2	2,59	0,89	1,33	1,87
		B12	0,06	40,3	2,97	0,07	44,5	2,68	0,87	1,33	1,91
	C	C11	0,06	21,6	2,85	0,06	20,1	3,06	1,09	1,62	2,25
		C12	0,06	32,9	2,98	0,07	36,1	2,71	0,89	1,36	1,94

Para obtener los valores de ruido de fondo para cada salón, obtenidos en el trabajo anterior ya referido, que aparecen en la Tabla 3, se consideraron diferentes fuentes de ruido y la energía transmitida de los materiales que componen cada cerramiento vertical. Se adoptó como criterio el comportamiento del ruido como rayos incidentes, evaluando la energía transmitida en el paramento frontal a la dirección en al que se propaga el ruido de la fuente. La propagación del ruido de tránsito se considera como fuente lineal,

con divergencia de tipo cilíndrica; a su vez, se consideran los juegos del Parque Rodó inmediatos con una propagación lineal.

También se tomaron espectros normalizados para tránsito y ocio, recomendados por la Guía de Contaminación acústica de la Junta de Andalucía.

Para validar los datos calculados de ruido de las fuentes y de los índices de reducción acústica R de los materiales, se realizó un relevamiento, tomando medidas de ruido interno en cada salón del Aulario, en

instancias en las que los juegos del Parque Rodó se encontraban en actividad.

**Tabla 3.** Valores de ruido de fondo calculado para cada frecuencia

Nivel	salón	Ruido de fondo modelado						
		L (escala A- dBA) /Frecuencia (Hz)						L (dBA)
		125	250	500	1000	2000	4000	
PB	A01	29,1	33,3	29,6	29,9	25,3	26,0	37,5
	B01	27,6	28,7	27,3	28,4	25,8	24,4	35,1
1º piso	A11	27,8	32,9	28,9	28,7	24,1	24,5	36,6
	A12	28,2	30,8	28,5	29,1	28,2	25,0	36,4
	B11	28,6	28,9	27,1	29,2	24,5	26,7	35,5
	B12	28,9	29,3	27,5	29,6	24,9	27,1	35,9
	C11	29,3	29,3	27,3	29,3	24,2	26,2	35,8
	C12	29,8	31,8	29,4	30,3	28,6	26,6	37,5

## 2.2 Normativa

La norma vigente para Uruguay, según lo informado por UNIT (Instituto Uruguayo de Normas Técnicas), que contempla la inteligibilidad de la palabra hablada es IEC 60268-16:2020: "Equipos de sonido - Parte 16: Clasificación objetiva de la inteligibilidad verbal mediante el índice de transmisión verbal". Esta norma se ajusta a la ISO 9921:2003 de Ergonomía-Evaluación de la comunicación verbal.

En esta norma se define el Efecto Lombard, que ya fue explicado. La otra definición que se utiliza en el ensayo es la de Esfuerzo vocal: "esfuerzo del orador, cuantificado objetivamente por el nivel de habla ponderado A, a 1 m de distancia delante de la boca y calificado subjetivamente por una descripción". Se recomienda que el nivel sonoro máximo del discurso del hablante medido a una distancia de 1 m de debe estar en el rango entre 65 y 75 dBA.

Se tomaron las condiciones básicas definidas por la normativa: Se deberá probar la capacidad verbal de los oradores, recomendándose que sean nativos de la lengua y la capacidad auditiva de los oyentes. En todo momento se deberá proteger a los oyentes de los riesgos para la salud y la seguridad.

Se deben utilizar listas abiertas que contengan una de las dos modalidades, la prueba de palabras CVC (consonante, vocal, consonante) sin sentido y la prueba de palabras significativas fonéticamente equilibradas. En ambos casos las tablas suelen contar con 50 palabras por lista. La norma GOST 25902-2016 informa que cada tabla de sílabas debe usarse solo una vez para determinar la inteligibilidad del habla en una sala.

La norma ISO/TR 4870 recomienda al menos un hablante masculino y una hablante femenina, que hablen en la lengua determinada. El grupo de oyentes para pequeños formatos de prueba cerrada será de cinco y para pruebas grandes de formato abierto de diez personas.

Para el ensayo se utilizan las tablas y el método de cálculo de la NORMA INTERESTATAL GOST 25902- 2016: SALAS DE ESPECTADORES. Método para determinar la inteligibilidad del habla.

## 2.3 Elección de las tablas

Como explica Carrión (1998) los recintos donde los tiempos de reverberación son altos, las vocales tienen mayor duración y nivel de presión sonora que las consonantes. El autor refiere también que las vocales tienen mayor contenido en bajas frecuencias mientras que las consonantes lo tienen en las altas frecuencias. Por este motivo las vocales producen enmascaramiento a las consonantes, un tono de baja frecuencia y nivel más alto enmascara al tono de frecuencia más alta y menor nivel. Considerando que la percepción correcta de las consonantes nos permite una mejor inteligibilidad, para poder realizar el ensayo utilizaremos tablas del tipo CVC (consonante, vocal, consonante). Se trata de un procedimiento de medición para determinar la inteligibilidad de la palabra hablada de carácter subjetivo. La capacidad de los oyentes para identificar las palabras que escucha determina la inteligibilidad. Podemos evaluar de esta forma la acústica natural de los salones de clase.

Sommerhoff y Rosas (2007) expresan que para el idioma español hispanoamericano se debe trabajar en los ensayos con tablas confeccionadas de acuerdo al idioma, como las que existen para el idioma inglés normalizadas por ANSI (American National Standards Institute). Presentan a partir de varias pruebas, usando logátomos españoles de Fuchs y Osuna (1965) y Miñana (1969) y concluyen que los resultados de inteligibilidad varían porcentualmente de acuerdo a los corpus lingüísticos utilizados en una misma sala. Plantean la necesidad de listas elaboradas para el idioma español hispanoamericano donde la proporción de consonantes en relación a las vocales

sea mayor. Estos autores generan listas de logátomos de estructura tipo CVC que son las utilizadas para este ensayo.

### 3 TRABAJO DE CAMPO

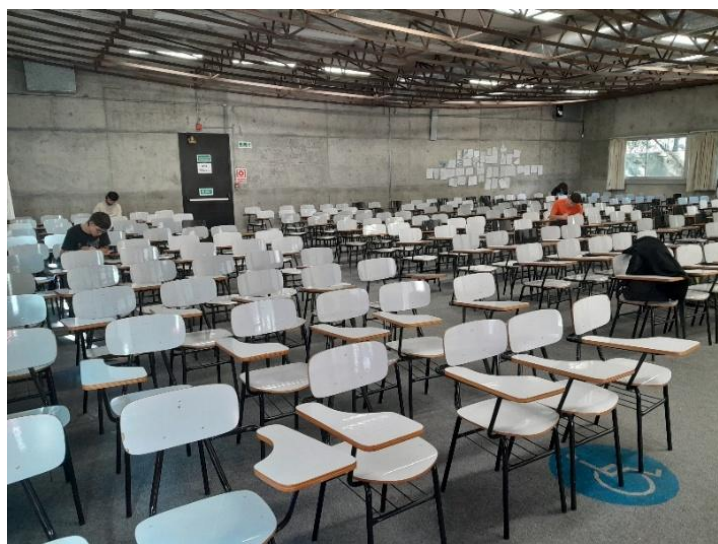
Se realizan las mediciones en cuatro salones del Aulario: A01, B01, B12 y C12. Para cada salón se disponen cinco lugares de la mitad hacia el fondo del salón que serán utilizados por todos los oyentes. En los dos primeros salones el locutor es un hablante masculino y en los otros dos es una hablante femenina. Los oyentes son cinco por salón, distribuidos en dos grupos que participaran en dos salones cada grupo. Para cada salón se utilizarán listas diferentes de cincuenta logátomos del tipo CVC que serán leídas de a dos por cada lugar en el que se encuentre el oyente. Una vez que los oyentes completen las dos primeras tablas rotan de lugar, hasta pasar todos por los cinco lugares. Cada oyente debe registrar sus datos en cada

hoja que contiene dos tablas a completar con los cincuenta logátomos leídos y marcar en qué lugar está ubicado. A partir de los datos obtenidos se calculará el nivel de inteligibilidad de cada salón.

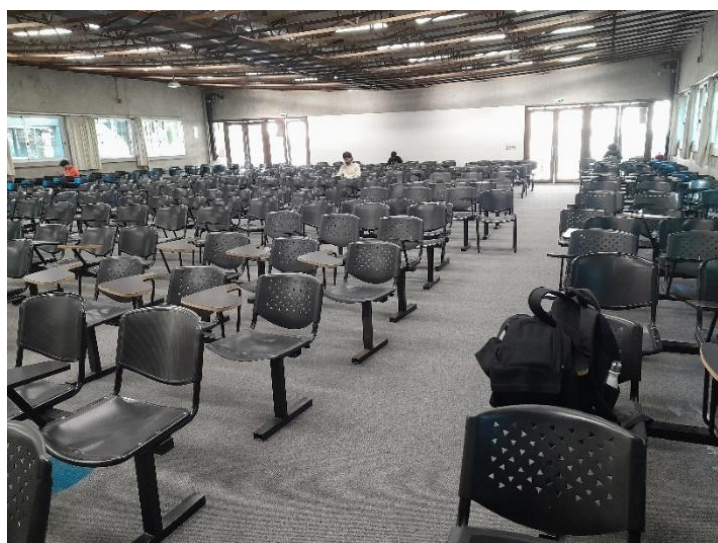
#### 3.1 Práctica del ensayo

Se considera el ruido de fondo calculado. En el momento de la práctica se dispuso un sonómetro digital manual de resolución 0.1dB y rango 30-130 dB, para medir el nivel sonoro máximo creado por el discurso del hablante a 1 metro de él que, de acuerdo con la normativa, debe mantenerse entre los 65 y 75 dBA, medidos con la respuesta lenta del sonómetro.

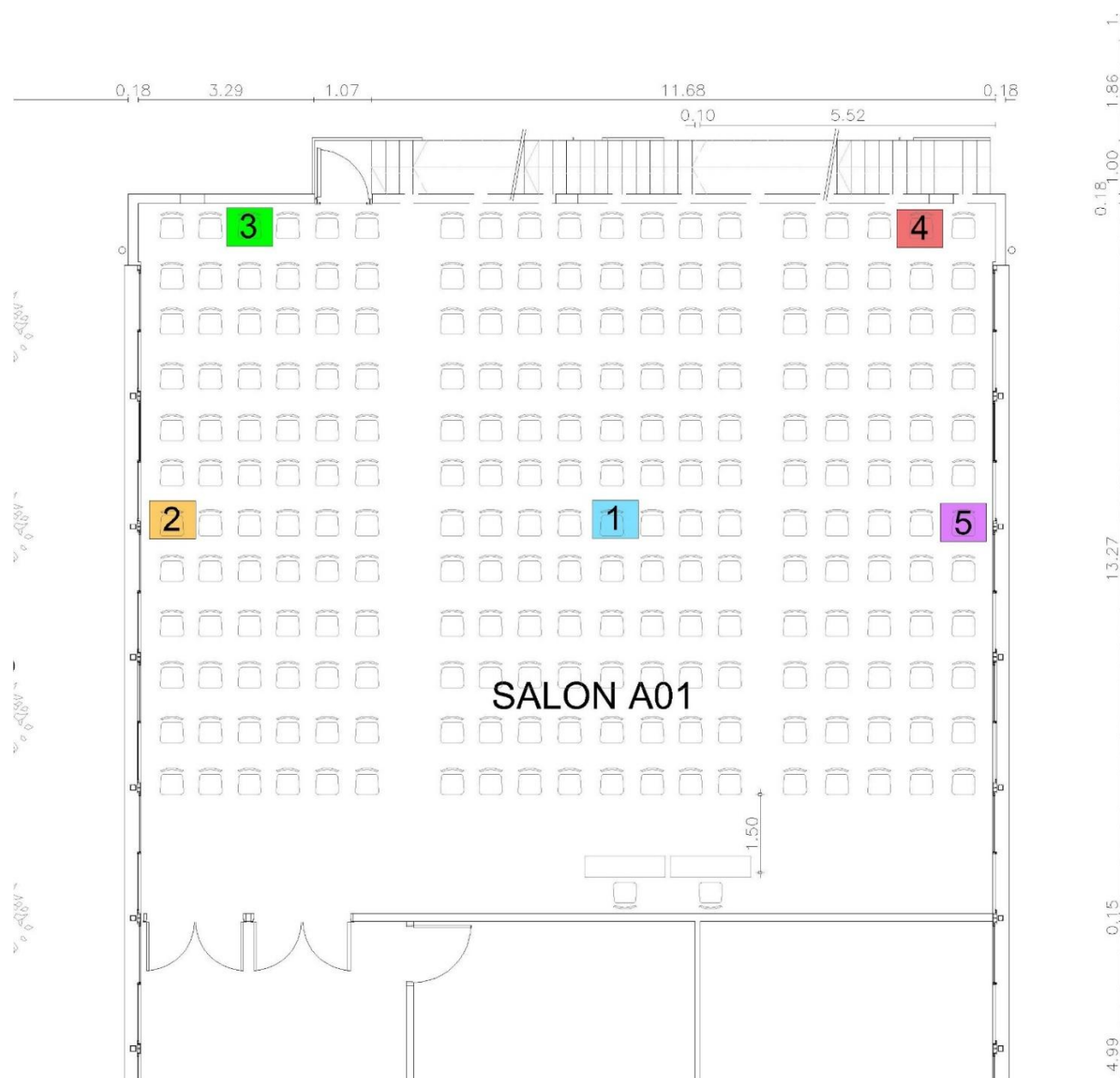
Con los formularios completos por los oyentes, diez por cada uno para cada salón, se procesan los resultados correctos e incorrectos a fin de determinar la inteligibilidad de las sílabas para cada lugar en cada salón.



**Figura 1.** Oyentes en el ensayo

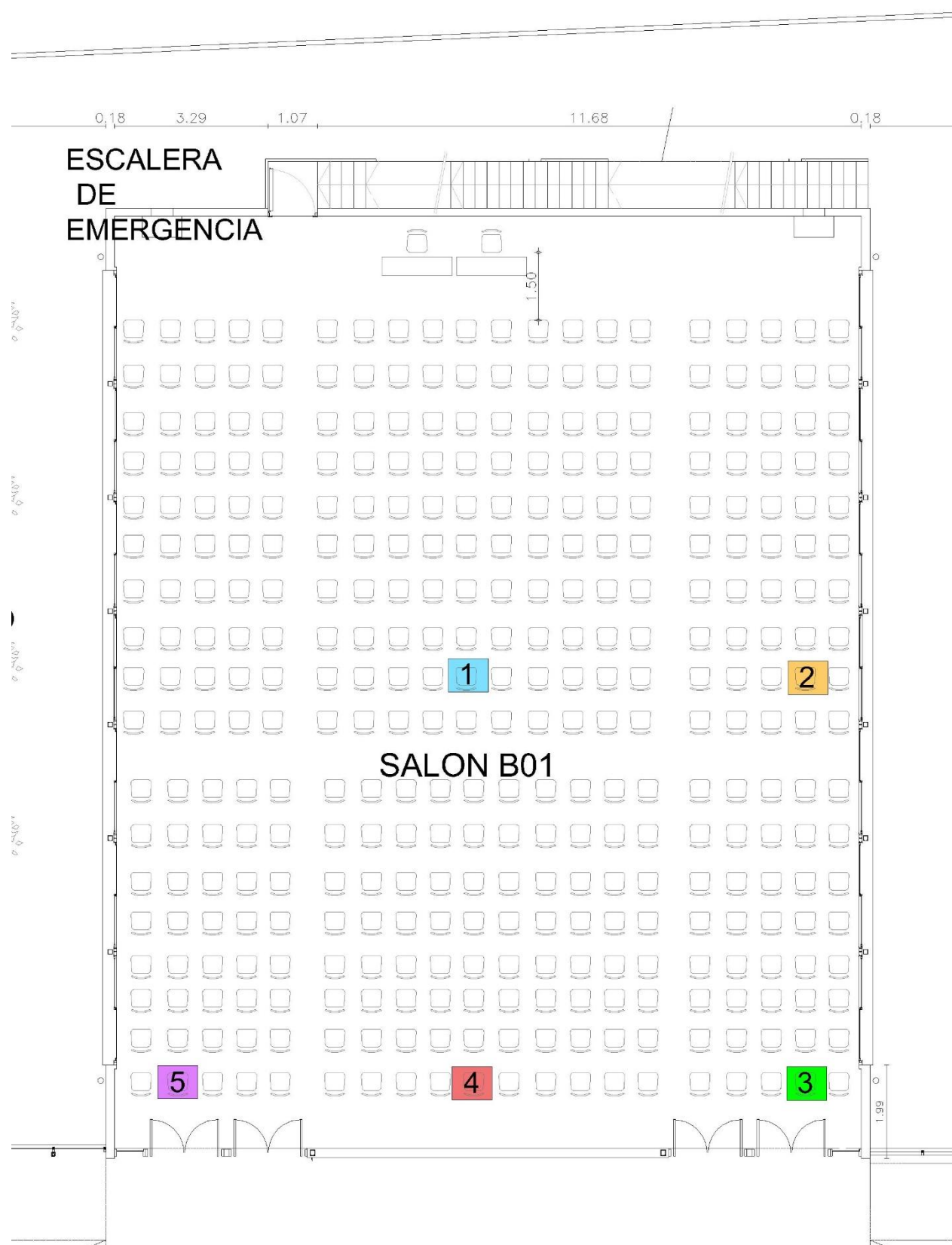


**Figura 2.** Oyentes en el ensayo



**Figura 3.** Planta salón A01 con ubicación de lugares para el ensayo





**Figura 4.** Planta salón B01 con ubicación de lugares para el ensayo



**Figura 5.** Planta salón B12 con ubicación de lugares para el ensayo

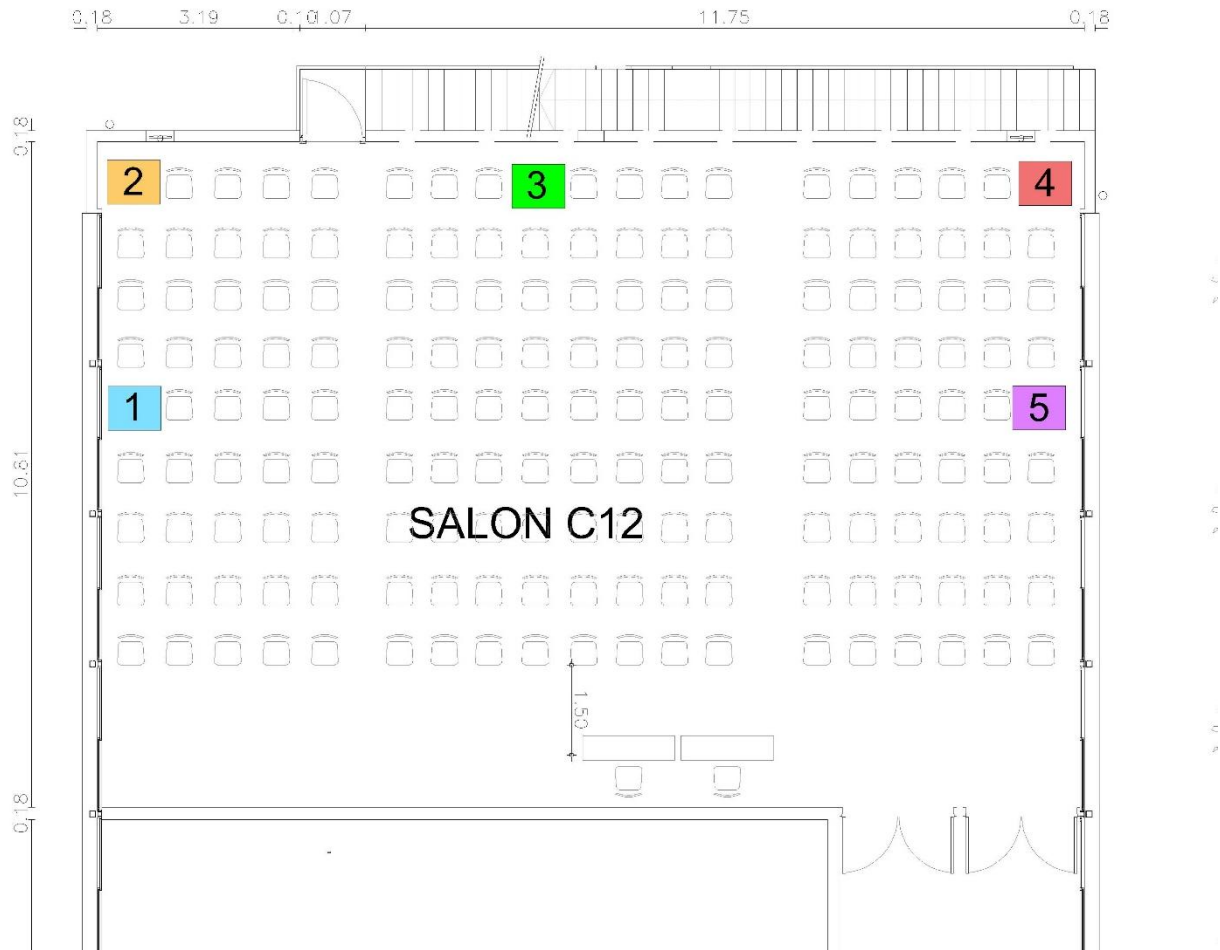


Figura 6. Planta salón C12 con ubicación de lugares para el ensayo

### 3.2- Análisis de resultados

Obtenidos y procesados los datos se calcula la inteligibilidad de la sílaba con la fórmula de la Norma GOST 25092-2016. Se define el valor medio de inteligibilidad de las sílabas para cada lugar de la sala (Ec. 1).

$$\bar{P} = \frac{\sum_{i=1}^N P_i}{N} \quad (1)$$

$\bar{P}$  : Valor medio de inteligibilidad

$P_i$ : Inteligibilidad de la sílaba en un lugar determinado

$N$ : Número de oyentes

Tabla 4. Número de sílabas correctas por lugar y por oyente salón A01

Tabla 1 NORMA INTERESTATAL GOST 25902- 2016: SALAS DE ESPECTADORES. Método para determinar la inteligibilidad del habla. Salón A01					
Número de oyente	Inteligibilidad de sílabas % en lugares seleccionados				
	1	2	3	4	5
1	64	69	73	53	57
2	79	74	52	60	63
3	42	51	64	66	39
4	66	37	44	64	61
5	25	28	34	40	37

No hay valores fuera de la diferencia entre el promedio y el doble del desvío estándar

Tabla 5. Número de sílabas correctas por lugar y por oyente salón B01

<b>Tabla 1 NORMA INTERESTATAL GOST 25902- 2016: SALAS DE ESPECTADORES.</b>					
<b>Método para determinar la inteligibilidad del habla. Salón B01</b>					
<b>Número de oyente</b>	<b>Inteligibilidad de sílabas % en lugares seleccionados</b>				
	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
<b>1</b>	64	67	67	66	58
<b>2</b>	62	69	63	66	53
<b>3</b>	72	63	58	56	53
<b>4</b>	24	30	19	31	28
<b>5</b>	53	64	63	51	51
No hay valores fuera de la diferencia entre el promedio y el doble del desvío estándar					

Tabla 6. Número de sílabas correctas por lugar y por oyente salón B12

<b>Tabla 1 NORMA INTERESTATAL GOST 25902- 2016: SALAS DE ESPECTADORES.</b>					
<b>Método para determinar la inteligibilidad del habla. Salón B12</b>					
<b>Número de oyente</b>	<b>Inteligibilidad de sílabas % en lugares seleccionados</b>				
	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
<b>1</b>	49	49	58	53	61
<b>2</b>	77	78	77	71	70
<b>3</b>	54	54	45	52	57
<b>4</b>	22	31	26	37	27
<b>5</b>	70	72	68	62	74
No hay valores fuera de la diferencia entre el promedio y el doble del desvío estándar					

Tabla 7. Número de sílabas correctas por lugar y por oyente salón C12

<b>Tabla 1 NORMA INTERESTATAL GOST 25902- 2016: SALAS DE ESPECTADORES.</b>					
<b>Método para determinar la inteligibilidad del habla. Salón C12</b>					
<b>Número de oyente</b>	<b>Inteligibilidad de sílabas % en lugares seleccionados</b>				
	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
<b>1</b>	49	47	53	54	43
<b>2</b>	81	75	64	82	64
<b>3</b>	76	58	61	47	69
<b>4</b>	42	19	18	32	38
<b>5</b>	76	71	72	80	74
No hay valores fuera de la diferencia entre el promedio y el doble del desvío estándar					

A partir de las tablas, la Norma explica que hay valores que se deben descartar por diferir del resultado promedio, de acuerdo con el desvío estándar. Los valores que superen el doble del desvío estándar (Ec. 2) se descartan para el cálculo de los porcentajes.

Los resultados se comparan con la tabla que define las condiciones de audición de acuerdo a los valores medios de inteligibilidad del habla silábica en porcentajes.

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (\bar{P} - P_i)^2}{N - 1}} \quad (2)$$



**Tabla 8.** Clasificación de condiciones de audición NORMA INTERESTATAL GOST 25902- 2016

Clase	Condiciones de audición	Valores medios de inteligibilidad del habla silábica (%)
I	EXCELENTE	>90
II	BUENA	80 A 90
III	SATISFACTORIA	70 A 80
IV	INSATISFACTORIA	<70

Se completa la tabla 2 de la Norma para cada salón.

**Tabla 9.** Número de sílabas correctas por lugar y por oyente salón A01

<b>Tabla 2 NORMA INTERESTATAL GOST 25902- 2016: SALAS DE ESPECTADORES. Método para determinar la inteligibilidad del habla. Salón A01</b>			
Número de asiento	Valores medios de inteligibilidad del habla silábica en lugares seleccionados (%)	Desvío estándar (%)	Clase
1	55,2	21,5	IV
2	51,8	19,8	IV
3	53,4	15,5	IV
4	56,6	10,5	IV
5	51,4	12,4	IV

**Tabla 10.** Número de sílabas correctas por lugar y por oyente salón B01

<b>Tabla 2 NORMA INTERESTATAL GOST 25902- 2016: SALAS DE ESPECTADORES. Método para determinar la inteligibilidad del habla. Salón B01</b>			
Número de asiento	Valores medios de inteligibilidad del habla silábica en lugares seleccionados (%)	Desvío estándar (%)	Clase
1	55,0	18,6	IV
2	58,6	16,2	IV
3	54,0	19,8	IV
4	54,0	14,4	IV
5	48,6	11,8	IV

**Tabla 11.** Número de sílabas correctas por lugar y por oyente salón B12

<b>Tabla 2 NORMA INTERESTATAL GOST 25902- 2016: SALAS DE ESPECTADORES. Método para determinar la inteligibilidad del habla. Salón B12</b>			
Número de asiento	Valores medios de inteligibilidad del habla silábica en lugares seleccionados (%)	Desvío estándar (%)	Clase
1	54,4	21,4	IV
2	56,8	18,8	IV
3	54,8	20,0	IV
4	55,0	12,7	IV
5	57,8	18,5	IV

Tabla 12. Número de sílabas correctas por lugar y por oyente salón C12

<b>Tabla 2 NORMA INTERESTATAL GOST 25902- 2016: SALAS DE ESPECTADORES.</b>			
<b>Método para determinar la inteligibilidad del habla.</b>		<b>Salón C12</b>	
<b>Número de asiento</b>	<b>Valores medios de inteligibilidad del habla silábica en lugares seleccionados (%)</b>	<b>Desvío estándar (%)</b>	<b>Clase</b>
<b>1</b>	64,8	17,9	IV
<b>2</b>	54,0	22,5	IV
<b>3</b>	53,6	21,0	IV
<b>4</b>	59,0	21,6	IV
<b>5</b>	57,6	16,1	IV

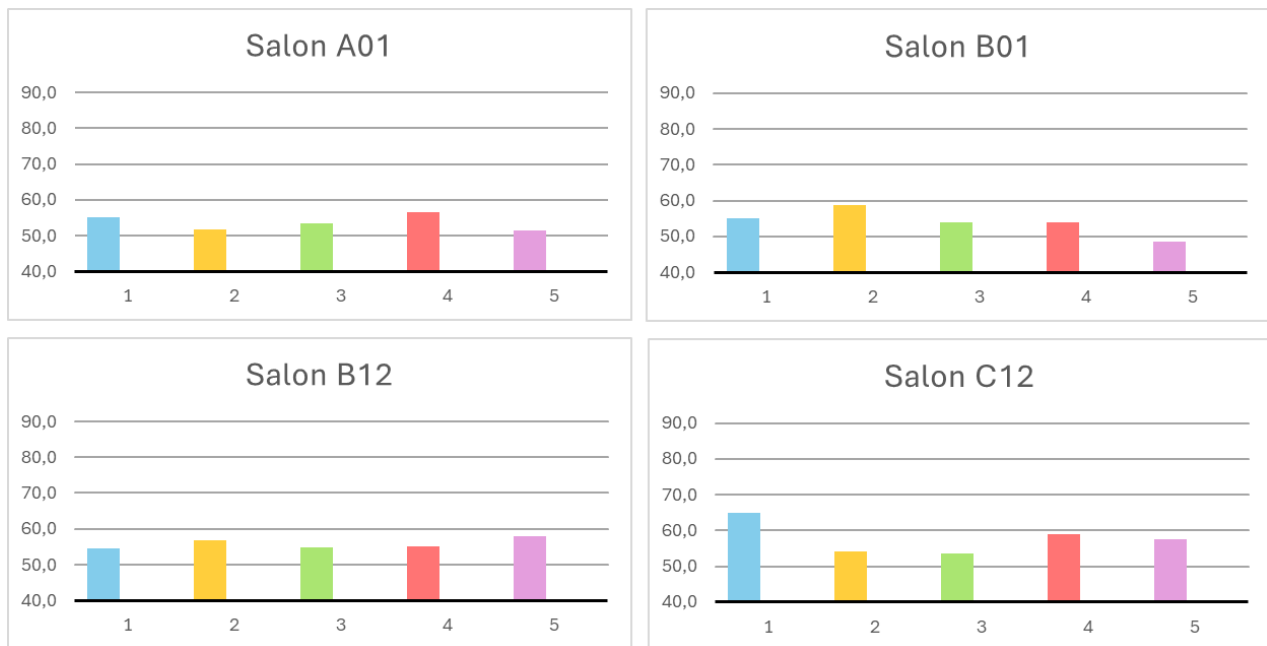


Figura 7. Valores medios de inteligibilidad para los 4 salones en función de los rangos porcentuales de inteligibilidad

#### 4 CONCLUSIONES

De los resultados obtenidos en el ensayo, se puede concluir que todos los salones presentan deficiencia en la inteligibilidad de la palabra hablada sin amplificación. Del edificio polifuncional, que fue estudiado y analizado para la totalidad de los salones en su comportamiento acústico, se eligieron para este ensayo tres de los salones con mayor capacidad locativa y el cuarto salón se incluye para este análisis por presentar características de dimensiones similares a la mayoría de los salones del edificio. Partiendo de los valores de tiempos de reverberación obtenidos anteriormente y del grado de esfuerzo vocal para algunas distancias del emisor al receptor, de acuerdo a su ubicación, los salones elegidos no permiten la inteligibilidad de la palabra debido a los tiempos de reverberación que son altos en los salones sin

ocupación y el ruido de fondo de los lugares más cercanos a las puertas de acceso.

Se trata de un edificio construido y en funcionamiento, por lo que no es posible intervenir el diseño de los salones, en sus dimensiones, se podría considerar incorporar materiales que favorezcan la calidad acústica. Considerando el estado actual, sin intervenir con acciones que generen gastos, se sugiere una categorización de los salones de acuerdo con sus características acústicas. Por tratarse de un centro de estudios, donde los oyentes son alumnos que reciben conocimiento que los docentes transmiten en forma oral, es necesario que el mensaje llegue de la mejor manera a los receptores. En los salones donde la inteligibilidad de la palabra hablada no es buena, se propone colocar un aviso o realizar una lista de los salones que se deben utilizar con amplificación de sonido. Cuando los docentes planifican sus clases y se les adjudica un salón, pueden recibir la información y

evaluar qué tipo de salón prefieren para la dinámica de su clase.

### AGRADECIMIENTOS

La autora quiere agradecer a todas las personas que participaron como oyentes y como oradores por disponer de su tiempo para este ensayo: Juan Manuel Ferrés, Luis Marisquirena, Julián Ortiz, Magdalena Peña, Carolina Ramírez, Diego Sarthou, Eduardo Villamil, Alejandro Viscarret y Francisco Vola. A Elizabeth González por participar en el ensayo y hacer posible el uso de los salones y espacios del Aulario. También a editores y revisores de la revista ECOS por publicar este artículo.

### REFERENCIAS

Carrión, Antoni (1998). "Diseño acústico de espacios arquitectónicos." Edicions de la Universitat Politècnica de Catalunya, Barcelona.

Fuchs, G. L. y J. Osuna. (1965). "Medición de Inteligibilidad". Memoria de las Primeras

Jornadas Latinoamericanas de Acústica. Universidad Nacional de Córdoba.

International Standard Organization. "Ergonomics - Assessment of speech communication", ISO 9921:2003.

Miñana, P. (1969). Compendio práctico de acústica. Barcelona: Labor.

Norma Interestatal GOST 25902- 2016. "SALAS DE ESPECTADORES. Método para determinar la inteligibilidad del habla." Consejo Interestatal De Normalización, Metrología Y Certificación (MGS)

Sommerhoff, Jorge; Rosas Claudia (2007). "Evaluación de la inteligibilidad del habla en español." Estudios filológicos n.42 Valdivia. Chile

UNE-EN IEC 60268-16:2020. "Equipos para sistemas electroacústicos. Parte 16: Evaluación objetiva de la inteligibilidad del habla mediante el índice de transmisión del habla." (Ratificada por la Asociación Española de Normalización en enero de 2021.)

## 60° Aniversario de las primeras jornadas Latinoamericanas de acústica de 1965 en Córdoba, Argentina

### 60th Anniversary of the first Latin American acoustics conference in 1965 in Córdoba, Argentina

### 60° aniversário do primeiro congresso Latino-Americano de acústica em 1965 em Córdoba, Argentina

Walter Alfredo Montano Rodríguez

ARQUICUST, Depto. Técnico. Gualeguaychú, Argentina.

ORCID: 0000-0002-0059-5257 – Scopus Author ID: 57205127863

Correo electrónico: [wmontano@arquicust.com](mailto:wmontano@arquicust.com)

#### Resumen

En junio de 1965 se realizó en la ciudad de Córdoba, Argentina, un congreso de acústica que reunió a grandes personalidades mundiales de esa ciencia. Si bien este hecho fue conocido internacionalmente en aquella época, actualmente poco se sabe de la importancia que tuvo ese evento cultural y científico, en el cual participaron autoridades de la Acoustical Society of America (ASA). Esas Jornadas marcaron la creación del Grupo de Acústicos Latino Americanos (GALA), que fue integrado por profesionales de todo el mundo y llegaron a tener un representante ante la directiva de la ASA. Se podría considerar, entonces, que el GALA, que funcionó por más de veinte años, es un antecesor a la rama Spanish Speaking Acousticians de la ASA. En este artículo se compartirán los sucesos más importantes que tuvieron lugar en dicha jornada, y se presentarán breves biografías de algunas de esas personas que estuvieron presentes como (entre otras) la de Jaime Carbonell, un ingeniero uruguayo que trabajando para la Bolt, Beranek & Newman desarrolló el primer prototipo antecesor de Internet por comunicación verbal en 1972, y de la argentina Miguelina Guirao, quien fue por años colaboradora de Georg von Békésy.

**Palabras clave:** Acústica, Córdoba, GALA, *Acoustical Society of America*, Historia de la ciencia.

#### Abstract

In June 1965, an acoustics conference was held in Córdoba, Argentina, bringing together leading figures in the field of acoustics. While this event was internationally known at the time, little is known today about the importance of this cultural and scientific event, which was attended by representatives of the Acoustical Society of America (ASA). These conferences marked the creation of the Group of Latin American Acousticians (GALA), which was comprised of professionals from around the world and eventually had a representative on the ASA board. GALA, which operated for more than twenty years, could therefore be considered a predecessor to the Spanish Speaking Acousticians branch of the ASA. This article will share the most important events that took place during that day, and will present brief biographies of some of the people who were present, such as (among others) Jaime Carbonell, a Uruguayan engineer who, working for Bolt, Beranek & Newman, developed the first prototype, a precursor to the Internet through verbal communication in 1972, and the Argentine Miguelina Guirao, who was a collaborator of Georg von Békésy for years.

**Keywords:** Acoustics, Córdoba, GALA, *Acoustical Society of America*, History of science.

#### Resumo

Em junho de 1965, um congresso de acústica foi realizado em Córdoba, Argentina, reunindo figuras importantes na área. Embora o evento tenha sido conhecido internacionalmente na época, pouco se sabe hoje sobre a importância desse evento cultural e científico, que contou com a presença de representantes da Sociedade Acústica da América (ASA). Esses congressos marcaram a criação do Grupo de Acústicos Latino-Americanos (GALA), composto por profissionais de todo o mundo e que, por fim, teve um representante no conselho da ASA. O GALA, que operou por mais de vinte anos, pode, portanto, ser considerado um antecesor do ramo de Acústicos de Língua Espanhola da ASA. Este artigo compartilhará os eventos mais importantes que ocorreram naquele dia e apresentará breves biografias de algumas das pessoas presentes, como (entre outros) Jaime Carbonell, engenheiro uruguaio que, trabalhando para Bolt, Beranek & Newman, desenvolveu o primeiro protótipo, um precursor da Internet por meio da comunicação verbal em 1972, e a argentina Miguelina Guirao, que foi colaboradora de Georg von Békésy por anos.

**Palavras chave:** Acústica, Córdoba, GALA, *Acoustical Society of America*, História da ciência.



## 1 INTRODUCCIÓN

El Ingeniero Geógrafo y Civil Guillermo Luis Fuchs (1917–1999) nativo de Córdoba, Argentina, en 1952 tuvo la iniciativa desde su cátedra de Física Aplicada de la carrera de Arquitectura de la Universidad Nacional de Córdoba, de tener un laboratorio para investigación en acústica y luminotecnica, propuesta que tomó forma recién en 1958, iniciativa que pasó a denominarse Centro de Investigaciones Acústicas y Luminotécnicas (CIAL).

Si bien no se puede establecer una fecha precisa de cuándo el Ing. Fuchs se interesó por la acústica, se encuentra que en 1949 ya era Miembro de la Acoustical Society of America (ASA), por lo que se puede inferir que antes de esa fecha ya se encontraba en contacto con esta disciplina. A lo largo de esos años iniciales, Fuchs tuvo formación y capacitación científica en acústica en diversos centros de investigación de renombre mundial.

Casi al mismo tiempo en la vecina orilla del Río de la Plata en la ciudad de Montevideo, el ingeniero Jaime R. Carbonell a fines de 1960 obtuvo su maestría en ingeniería eléctrica con mención en acústica en el MIT, donde estableció contactos con la ASA y con Leo Beranek; a su regreso compartió actividades científicas con Guillermo Fuchs.

Estas dos personalidades de la acústica latinoamericana son claves en el funcionamiento del Grupo de Acústicos Latino Americanos (GALA), que congregó a otras personalidades de la misma disciplina o vinculadas a la acústica de todo el continente americano (también algunos de Europa y Asia), la cual llegó a tener una representación en la mesa de la ASA. Este artículo se corresponde con una charla que el autor brindó el martes 11 de noviembre de 2025 para el capítulo Spanish Speaking Acousticians (SSA) de la Acoustical Society of America (ASA), que agrupa a personas de habla castellana y española afines a la acústica, para recordar un posible antecedente a la SSA ya que la creación del GALA este 2025 cumple 60 años, el cual durante 15 años jugó un rol protagónico en organizar eventos científicos que vincularan a acústicos de habla hispana, para compartir sus experiencias en esa disciplina.

La información e imágenes que aquí se comparten, fueron obtenidas del archivo del Centro de Investigaciones Acústicas y Luminotécnicas (CIAL), de la Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.

## 2 POSIBLES ANTECEDENTES DE LA FORMACIÓN DEL GALA

A fin de tener una línea temporal, el autor intentó rastrear de cómo surgió la idea de agrupar a los acústicos latinoamericanos, y con las pocas personas que pudo conversar sobre ello, no recordaron una fecha precisa pero sí que Guillermo Fuchs siempre conversaba sobre la intención de tener una organización al estilo de la Acoustical Society of America (ASA), y que esa idea se concretó en 1964 en ocasión de la organización de unas jornadas de acústica para el 1965.

En el archivo del CIAL de las cartas que quedan de esa época, tampoco hay referencias salvo las escritas por Fuchs en la revista del GALA que se presentará más adelante (Revista, 1966), que junto a las Jornadas Latinoamericanas acústicas de mayo de 1965 se discutió y concretó la fundación del Grupo de Acústicos Latinoamericanos.

El autor mencionará dos antecedentes que condujeron a la creación de dicho grupo y de las jornadas de acústica: un simposio que se realizó en 1961, y la participación de dos personalidades que tenían estrechos contactos con la ASA y amistad con acústicos norteamericanos.

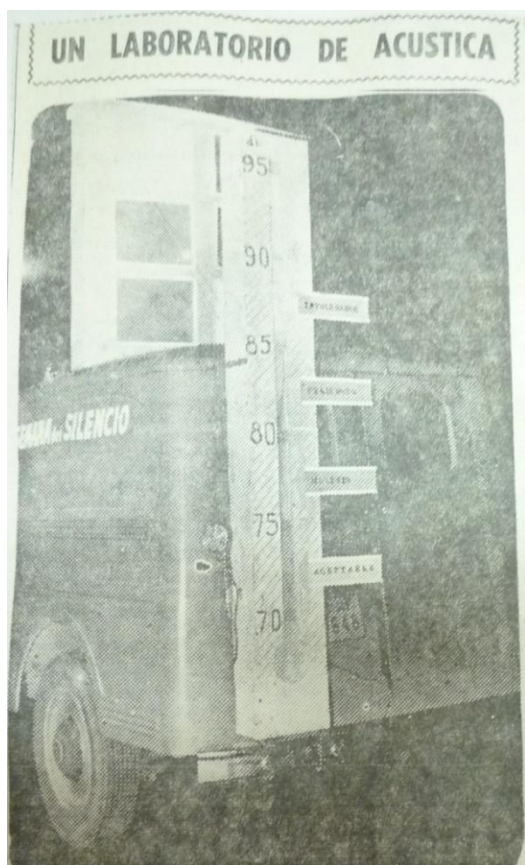
### 2.1 Primer simposio argentino sobre ruido en julio de 1961

En la ciudad de Córdoba del 24 al 31 de julio de 1961 se realizó, junto a la «Semana del silencio», un evento científico que convocó a especialistas, periodistas, autoridades gubernamentales, etc., que se llamó «Primer simposio argentino sobre ruido», para tratar esa problemática desde la acústica, que podría considerarse como uno de los primeros de este tipo en Argentina<sup>1</sup>; hasta el momento no se han encontrado evidencias de alguno anterior a esa fecha.

En la prensa cordobesa tuvieron más difusión las acciones que se llevaron a cabo durante la campaña de la semana del silencio que el Simposio sobre el ruido, tal vez por la curiosidad que causó, por ejemplo, el camión que circuló por la ciudad (ver figura 1) midiendo el nivel de sonido que lo indicaba en un termómetro; otra actividad fue registrar el nivel de ruido en el exterior de bares, lugares musicales, etc.

Entre los especialistas acústicos extranjeros que participaron y dieron conferencias en este simposio, uno de ellos fue Jaime Carbonell, en ese momento docente de acústica en la Facultad de Arquitectura de la Universidad de la República de Uruguay.

<sup>1</sup> En marzo-abril de 1932 se realizó un Congreso contra el ruido en la ciudad de Buenos Aires, focalizado en los trastornos psico-sociales del ruido (Montano, 2023).



**Figura 1.** Sonómetro visual montado en un camión, que midió el nivel sonoro en la ciudad de Córdoba en julio de 1961

## 2.2 Contactos de Jaime Carbonell y Miguelina Guirao con la ASA

Las comunicaciones de líneas regulares telefónicas desde Argentina hacia el exterior en 1965 no eran directas, se debía solicitar la conexión a través de una operadora que podía demorar varias horas en concretarse, por lo que establecer conversaciones rápidas eran difíciles de practicar, considerando además la diferencia horaria entre países. A raíz de esta situación y para coordinar acciones con la ASA, era importante tener contacto directo en los EE.UU., de ahí es que dos personas fueron claves en esa tarea.

Dos acústicos rioplatenses viajaban permanentemente a los EE.UU. por sus relaciones con centros de investigación o por sus trabajos en la acústica, quienes tuvieron parte del rol de contactarse directamente con integrantes de la ASA: Jaime Carbonell y Miguelina Guirao.

Jaime Raúl Carbonell Federici (1928–1973), nacido en Montevideo, se recibió de Ingeniero Civil con medalla de oro en 1954, y en 1956 aparece ofreciendo servicios para realizar acondicionamientos acústicos; en agosto de 1959, como docente de la Facultad de Arquitectura de la Universidad de la República del Uruguay (UdelaR), obtiene una beca del Instituto de Asuntos Inter Americanos del gobierno de los EE.UU., para realizar una maestría en ingeniería eléctrica con

mención en acústica en el MIT. En su estadía se vinculó con la ASA y con Leo Beranek, ingresando a trabajar en la Bolt-Beranek-Newman (BBN), de ahí que en documentos se lo menciona con domicilio en los EE.UU. y representante ante el Board de la ASA, a pesar de que fue docente en la UdelaR al menos hasta fines de 1966.

Respecto a Miguelina Guirao en septiembre del 2025 cumplió cien años (Rojas, Buenos Aires, 1925), y el autor pudo mantener con ella dos largas conversaciones, una en 2017 y otra en 2019. Contó que a fines de la década de 1960 estuvo en Harvard investigando con Stanley “Smitty” Smith Stevens (1906–1973), y viviendo en Boston conoció a muchos acústicos de la ASA, compartiendo amistad con Leo Beranek, Richard Bolt y otras grandes personalidades de la acústica; también conoció a Georg von Békésy (1899–1972) poco tiempo después que él recibiera el Premio Nóbel. Al preguntarle por las Jornadas de acústica de mayo de 1965, respondió que hizo coordinaciones en los EE.UU. (no recuerda con quiénes) para orientar a las personalidades que viajarían a Argentina. Miguelina Guirao compartía su tiempo de trabajo entre Buenos Aires como investigadora del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET), y centros científicos de Europa y los EE.UU.

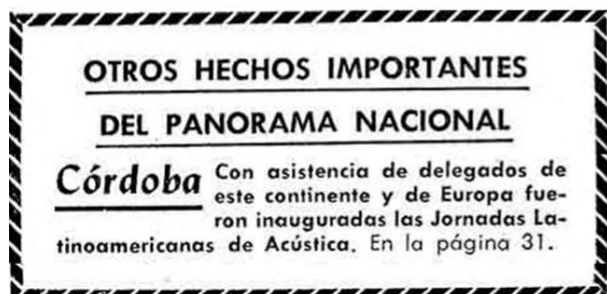
## 3 1965. LAS PRIMERAS JORNADAS LATINOAMERICANAS DE ACÚSTICA

Entre el 17 y 23 de mayo de 1965 se realizaron las Primeras Jornadas Latinoamericanas de Acústica, que tuvo varias fuentes de financiamiento para su organización: una fue de la Universidad Nacional de Córdoba, mediante la Resolución Rectoral N° 442 del 4 de septiembre de 1964, su Rector aprobó un apoyo económico; la otra fue la Oficina de Investigaciones científicas de la Fuerza Aérea de los EE.UU., que financió el traslado internacional de algunos invitados especiales.

En una entrevista del autor con Antonio Pérez López, destacado acústico español y cofundador en 1967 de la Sociedad Española de Acústica (SEA), dijo que en España estaban al tanto de estas jornadas, y que Don Andrés Lara Sáenz (1919–2014) fundador de la SEA y también destacado acústico europeo, tenía en esa época estrechos vínculos y contactos con la ASA, ya que había estudiado en Boston y Nueva York (donde completó su maestría con Harvey Fletcher), quien le comentó que la ASA también financió parte de los gastos de estas jornadas.

Este evento cultural y científico que congregó a personalidades de la acústica mundial tuvo gran repercusión, y entre las actividades sociales Cyril Harris (en ese momento Presidente de la ASA) fue una

de las personas que recibió el galardón de «Visitante Ilustre» de la ciudad de Córdoba. Otras de importancia ocurrieron el 24 de mayo en la ciudad de Buenos Aires, cuando el Presidente de la República Argentina Dr. Arturo Illia en audiencia especial de treinta minutos, recibió a los extranjeros que participaron en las jornadas; por la noche presenciaron una ópera en el Teatro Colón.



**Figura 2.** Noticia sobre las Jornadas de Acústica publicada en la tapa del diario Clarín

En la Figura 2 se muestra un extracto del índice de las noticias que se publicaron en la tapa del diario Clarín de 18 de mayo de 1965, que daba cuenta de la realización de estas jornadas de acústica (la nota digitalizada no es de acceso libre).

### 3.1 Autoridades e integrantes de la ASA que participaron en las Jornadas

Los asistentes a estas jornadas (CIAL, 1965) se distribuyeron como sigue: Alemania (7), Argentina (64), Bélgica (1), Brasil (4), Checoslovaquia (1), Chile (4), Francia (2), EE.UU. (4), Inglaterra (1), Países Bajos (1), Suiza (1), Uruguay (2).

Respecto a los cuatro participantes de los EE.UU. que participaron, ellos fueron:

- Cyril Manton Harris (1917–2011), Presidente de la ASA, al momento de las Jornadas Acústicas y Presidente Honorario; expresó sus palabras de agradecimiento y el discurso inaugural en castellano.
- Wallace Waterfall (1900 –1974), Secretario de la ASA al momento de las Jornadas; en su discurso (se lamentó que no pudo hacerlo en castellano) auguró éxito a la futura creación del GALA, rememorando hechos de cuando él participó en la fundación de la ASA.
- Hugh Shaler Knowles (1904–1988), fue presidente de la ASA, y es uno de los fundadores de la Audio Engineering Society (AES).
- Jaime Raúl Carbonell Federici (1928–1973), presentó trabajos en nombre de la BBN, por esto se lo incluyó como participante de Norteamérica.

En la fotografía de la Figura 3, tomada durante el discurso inaugural de las Jornadas, se puede ver a Harris y a Waterfall.

En la fotografía de la Figura 4, se ven algunos de los participantes antes del inicio de uno de los días de sesiones, entre los que se encuentra Hugh Knowles, Felix Kolmer, Gunther Lehmann, Martin Grützmacher, Kees Teer; Helmut Müller, Guillermo Fuchs, Cyril Harris, etc.



**Figura 3.** Fotografía durante el discurso inaugural de las Jornadas por el Rector de la UNC. De izq. a derecha: A. Maiztegui; B. Taranto; R. Meyer; Guillermo Fuchs; L. Merini; Cyril Harris; Wallace Waterfall; del Carril; C. Revel.





**Figura 4.** Fotografía de mayo de 1965 con algunos de los participantes, antes del inicio de las Jornadas

### 3.2 Algunos hechos relevantes de las Jornadas

Se presentaron más de cincuenta ponencias (no todas fueron publicadas en las Memorias), que se distribuyeron en once comisiones técnicas: Investigación y enseñanza de la acústica; Acústica arquitectónica; Acústica fisiológica y psicológica; Instrumentos y aparatos acústicos; Acústica musical; Ruido y su control; Comunicación y lenguaje; Ultrasonidos; Radiación y propagación de ondas; Vibraciones.

Durante la década de 1960, Argentina estaba a la vanguardia mundial (a la altura de los centros musicales europeos) en materia de música contemporánea con medios electroacústicos: *Estudio de Fonología Musical*, en la Fac. de Arquitectura de la Universidad de Buenos Aires; el *Centro de Altos Estudios Musicales*, del Instituto Di Tella; el *Centro de Música Experimental*, de la Escuela de Artes de la UNC. Se destaca esto porque músicos, docentes y compositores de estos institutos participaron en las Jornadas con ponencias, dando también algunos conciertos. Se grabó un disco con cuatro obras, y hasta el día de la fecha el autor no ha podido conseguir copia de este.

## 4 EL GRUPO DE ACÚSTICOS LATINOAMERICANOS (GALA)

Durante el transcurso de las Jornadas, muchos de los participantes mantuvieron reuniones previas para formar el Grupo de Acústicos Latino Americanos (GALA), que tuvo lugar el 20 de mayo de 1965 a las 14:00 h según consta en su Acta Fundacional, y entre los presentes se encontraron Cyril Harris y Wallace Waterfall.

Respecto a Jaime Carbonell, integra la primera Comisión Directiva como representante del GALA en los EE.UU. (ver Figura 5); en algunas referencias se lo menciona indirectamente como el contacto con la ASA, seguramente porque el GALA era una organización independiente y no un *Chapter* de la ASA. Carbonell falleció repentinamente en 1973, y a partir de 1974, ya no aparece en las revistas del GALA que tenga un representante en los EE.UU.

COMISION DIRECTIVA	1965-1970
GUILLERMO LUIS FUCHS Universidad Nacional de Córdoba Córdoba, Argentina	Presidente
REPRESENTANTE EN U.S.A.:	
Jaime Carbonell, Bolt, Beranek and Newman, 50 Moulton Street, Cambridge, Mass.	

**Figura 5.** Extracto de la primera Comisión Directiva del GALA, Jaime Carbonell como su representante en los EE.UU.

Entre la variedad de propuestas que se discutieron con la creación del GALA, en las sucesivas jornadas y en notas de su revista, una era la posibilidad de filmar clases de acústica para compartir entre las instituciones latinoamericanas, y otra la de organizar cursos de formación y capacitación.

Guillermo Fuchs destaca la integración de Hugh Knowles al GALA por su apoyo, aliento y «facilitándonos de un generoso donativo los pasos iniciales de la Asociación» (Revista, 1968, 57), comentando que hablaba con fluidez el castellano y que fue uno de los pocos que respetó la capacidad y labor científica de los acústicos de Latinoamérica; el autor rescata un dato que corrobora el sentimiento de apoyo de Knowles, porque en una hoja de su vida destaca su membresía al GALA (Hufbauer, 1974, 720).



Dados los contactos internacionales de Guillermo Fuchs y de sus integrantes, el GALA llegó a integrar el directorio del *International Congress for Acoustics* (ICA), por lo que sus actividades eran conocidas globalmente, y llegaron a difundirse en el *Journal* de la ASA (JASA) a través de su la sección “*Acoustical News from Abroad*.” De los pocos ejemplares del JASA que se encuentran libres en Internet, en la Figura 6 se muestra un extracto de julio de 1979 resumiendo un reporte de actividades del GALA enviado por Fuchs.

## ACOUSTICAL NEWS FROM ABROAD

### GALA—an updated report

Professor G. L. Fuchs, the Founder-President of the Grupo de Acústicos Latino Americanos, has sent us a report on present and planned activities of GALA. According to this report GALA is the only Latin American acoustical association recognized by the International Commission on Acoustics. Its membership consists of individuals from 12 countries and not of a number of national societies. Thus the other Latin American acoustical societies, AADA of Argentina and ABRAC of Brazil, are not formally associated with GALA.

The objectives of the group are the furthering of professional acoustics in Latin America, the formation of new research activities, and the establishment of local groups or chapters in every Latin American country. Chapters exist in Argentina and Brazil and efforts are underway to form national chapters of GALA in the rest of the Latin American countries, but isolation and distances make this task difficult.

**Figura 6.** Extracto de un resumen de actividades del GALA publicado en el *Journal* de la ASA, 1979

Se lee que desde el GALA, al estilo de la ASA, se promovía establecer *Chapters* (Capítulos) nacionales por cada país, como ya se había realizado en Argentina en mayo de 1976 con la creación de la Asociación de Acústicos Argentinos (AdAA).

En correos compartidos con Arturo Maristany el Director del CIAL, sobre la correspondencia que mantuvo Guillermo Fuchs con integrantes del GALA, encontró que él hacia 1979 fomentó e impulsaba la formación de asociaciones y sociedades nacionales, tal como se expresa en el reporte que envió a la ASA.

La presidencia del GALA hacia 1978 se traspasó a los acústicos brasileños, quienes organizaron en febrero de 1979 las V Jornadas Latinoamericanas de Acústica. En el archivo del CIAL no hay documentación sobre este evento, el autor no ha conseguido información y en correos con Samir Gerges (destacado acústico brasileño), le comentó que no recuerda que se hayan publicado Memorias de ese evento.

### 4.1 Revista del GALA

El GALA publicó una revista (ver Figura 7) siguiendo el modelo del JASA, con artículos técnicos, desarrollos científicos, comentarios de libros, resúmenes de las jornadas acústicas, noticias generales, etc. En los primeros números el contenido estaba escrito en castellano (Fuchs traducía los que se enviaban en inglés), después se editaron en su idioma original portugués, inglés, etc.

Esta revista tuvo dos épocas, la primera hasta mediados de los 80, y la segunda desde 1992 hasta el

fallecimiento de Fuchs en 1995. La revista estaba editada completamente por Fuchs, si bien algunos números tuvieron publicidades comerciales; la impresión (de acuerdo con testimonios verbales) se hizo en la imprenta de la UNC.



**Figura 7.** Tapas de algunas revistas del GALA de su primera época

### 4.2 Jornadas de acústica del GALA

Tal vez la actividad más relevante del GALA fueron las jornadas acústicas, que se realizaron en distintos países congregando a especialistas de todo el mundo, como Don Andrés Lara de España que fue su Miembro Honorario.

Las Jornadas Latinoamericanas de Acústica de orden internacional fueron seis:

- I. Jornadas del 17 al 23 de mayo de 1965, en Córdoba, Argentina.
- II. Jornadas 11 al 13 de septiembre de 1968, en Santiago, Chile.
- III. Jornadas del 4 al 7 de mayo de 1971, en Caracas, Venezuela.
- IV. Jornadas del 1 al 6 de septiembre de 1975, en Córdoba, Argentina.
- V. Jornadas del 18 al 23 de febrero de 1979, en Curitiba, Brasil.
- VI. Jornadas del 14 al 20 de febrero de 1982, en México DF.

Algunos países organizaron jornadas acústicas de orden local o regional, a las que igualmente viajaban algunas personalidades extranjeras, que no están todas documentadas.

### 4.3 Comunicaciones entre los asociados del GALA y organizaciones

En la era de la comunicación inmediata por aplicaciones de mensajería de texto, es difícil imaginar los esfuerzos por tener conversaciones directas en los 60 y 70 desde Argentina y entre los asociados al GALA, tal como se comentó previamente.

Hoy en el 2025 la *Spanish Speaking Acousticians* (SSA) comunica sus actividades a través de redes sociales digitales por Internet, pero el GALA tuvo que recurrir a una herramienta para conectarlos a partir de 1967: la

radiotelefonía, a través de los equipos (ver Figura 8) del presidente del radio club de Córdoba.



**Figura 8.** Equipo radiotransmisor de LU3HAK con el que Fuchs se comunicaba con miembros del GALA de otros países

Fuchs compartía mensajes con sus colegas, como se anunció en la revista del GALA:

LU3HAK ha realizado hasta la fecha innumerables comunicaciones con Chile, Uruguay, Brasil, Venezuela, Perú, Méjico, Stuttgart, Múnich, etc. Es decir, cuando una comunicación debe realizarse en forma inmediata y es necesaria una respuesta urgente, allí está 'La Voz del Gala, LU3HAK' haciendo su llamado en el imponderable medio que es la radiotelefonía (Revista, 1967, 49).

## 5 SEMINARIO LATINO AMERICANO DE ACÚSTICA

Desde los inicios del GALA, uno de los objetos fue concretar cursos de formación académica en acústica, a falta de carreras formales en Latinoamérica, y el único que se concretó se realizó en Córdoba entre el 22 de marzo y 8 de abril de 1982. Este seminario estuvo financiado por la Organización de Estados Americanos (OEA), con la colaboración del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), en el cual participaron 34 personas de ocho países, y entre los seis conferencistas internacionales encontramos a Zyuniti Maekawa.

Es de imaginar que además de las clases se dieron charlas, discusiones y coloquios entre los participantes y docentes, ya que este Seminario se brindó en un hotel alejado de la ciudad, y tenían todo el tiempo para intercambiar ideas y opiniones. Las clases fueron dadas en inglés y traducidas al castellano.

En la Figura 9 se comparte una fotografía tomada en el Acto de Clausura, con Fuchs, Lara, y algunos de los conferencistas.



**Figura 9.** Clausura del Seminario Latino Americano de acústica, La Falda, Córdoba 1982.

Las transparencias y el material de las clases se imprimieron en una Memoria de dos tomos; sobre lo conversado en los coloquios se iba a publicar un resumen, pero esto no pudo concretarse.

## 6 CONCLUSIONES

Aquí se compartió un esbozo de las numerosas acciones que realizó el Grupo de Acústicos Latino Americanos (GALA), en reunir a especialistas de todo el continente americano, tal como se ilustraba desde su logo identificadorio (ver Figura 10) desde la ciudad de Córdoba, Argentina, hacia el resto del mundo.



**Figura 10.** Logo identificadorio del GALA

Las acciones y objetivos de la *Spanish Speaking Acousticians*, son similares a los que tuvo el GALA hace sesenta años, por esto la importancia de divulgar y dar a conocer a la nueva y futuras generaciones de acústicos de la ASA este antecedente, que todavía permanece en la memoria de muchas personas que fueron contemporáneos y compartieron actividades del GALA.

Este artículo intenta dar un homenaje y recordatorio no solo al esfuerzo de Guillermo Fuchs y a todo sus colaboradores y discípulos del CIAL, que dieron forma y sustento al GALA, sino también a los integrantes de la *Acoustical Society of America* que dieron su apoyo y brindaron colaboración durante su creación y funcionamiento.

La revista ECOS editada por la Asociación Uruguaya de Acústica, cuyo Consejo Editor está compuesto por notables acústicos latinoamericanos, podría afirmarse como la publicación científica para divulgar los trabajos e investigaciones que se realizan en la región tal como lo hizo la revista del GALA durante treinta años, por lo que el autor considera que podría ser una buena iniciativa que la *Spanish Speaking Acousticians*, estimulara y promoviera a publicar artículos, comunicaciones, investigaciones, etc., en la ECOS en nuestro propio idioma el español (o castellano), que con casi 650 millones de personas alrededor del mundo, es la segunda lengua más utilizada.

El autor es Miembro de la *Acoustical Society of America* (ASA) y *Chair* de su Comité de Archivos e Historia por el periodo 2025-2029; también es socio de la Sociedad Española de Acústica (SEA), de la Asociación Uruguaya de Acústica (AUA) y de la Asociación de Acústica Argentina (AdAA).

#### AGRADECIMIENTOS

El autor quiere agradecer los testimonios de Cristina Biassoni y René Serra (fallecido en octubre de 2024), a

Arturo Maristany por la gentileza de abrirme los archivos del CIAL y compartir fotos. También a los integrantes del capítulo *Spanish Speaking Acousticians* de la ASA, por su invitación a dar esa charla; además, a editores y revisores de la revista ECOS por la publicación de este artículo.

#### RESPONSABILIDAD

El autor declara que este artículo no tuvo fuentes de financiamiento externo, y fue escrito en su tiempo libre; se declara también, que no hay conflictos de intereses y siempre se mencionan las fuentes de datos.

#### REFERENCIAS

- CIAL (1965) Memorias. Primeras Jornadas Latino Americanas de Acústica. Córdoba, Argentina
- Hufbauer, Virginia Knowles (1974) *Descendants of Richard Knowles, 1637-1973*. Ventures Inc. p. 720
- Montano Rodríguez, W. A. (2023). El «Congreso contra los ruidos molestos» de 1932 en Buenos Aires y su «Cartilla del silencio»: Primer congreso anti-ruido de Argentina. *ECOS*, 4(2), 8-15. <https://doi.org/10.36044/EC.V4.N2.3>
- Revista (1966). Revista del GALA. Vol. 1 N° 1.
- Revista (1967). LU3HAK La Voz del Gala. *Revista del GALA*. Vol. 1 N° 2.
- Revista (1968). Alguien que confió en GALA. *Revista del GALA*. Vol. 1 N° 3.