

# Una plataforma para facilitar el aprendizaje en ingeniería acústica

P. Poveda Martínez; J. Carbajo San Martín; J. Ramis Soriano

*Departamento de Física, Ingeniería de Sistemas y Teoría de la Señal  
Universidad de Alicante*

## RESUMEN

En este trabajo se presenta una plataforma que facilita la realización de diversas actividades y prácticas asociadas a contenidos en el ámbito de lo que se viene denominando “ingeniería acústica”. El sistema central de esta plataforma es una tarjeta de adquisición de datos para la que se han programado diversas aplicaciones en Labview. Se pueden distinguir distintas áreas entre las que destacamos: el estudio de los transductores (con emisión audible y ultrasónicos) y la acústica de salas. También se han implementado aplicaciones concretas para la realización de medidas con técnicas ultrasónicas (emisor-receptor y eco-impulso). A lo largo del documento se explican, en primer lugar los fundamentos teóricos de las aplicaciones. A continuación se indica la estrategia a seguir por el profesor tanto en una sesión de prácticas presencial como en una lección magistral demostrativa. La utilización de plataformas como las que se presentan en este documento es un elemento de motivación para el alumnado, ya que puede comprobar que es capaz de desarrollar herramientas que compiten (y a veces aventajan) con las comerciales.

**Palabras clave:** Transductores, Acústica, Aprendizaje, Acústica de salas, eco impulso.

# 1. INTRODUCCIÓN

## 1.1 Problema/cuestión

A lo largo de la historia la industria ha desarrollado numerosos métodos de medición capaces de determinar, directa o indirectamente, las diferentes variables involucradas en los procesos cotidianos de la naturaleza. De esta forma, disponemos de polímetros, anemómetros, dispositivos ópticos para medición, sensores de radioactividad, termografía, fuerza, gas, humedad o contaminación ambiental.

El campo de la acústica no se ha quedado atrás en este aspecto y en los últimos años, debido a la sorprendente evolución de los sistemas electrónicos y a la mejora considerable de los equipos informáticos, se ha experimentado un gran avance en el desarrollo de plataformas de medición, facilitando su uso en aplicaciones como la acústica arquitectónica, la caracterización acústica de materiales o el mantenimiento predictivo de maquinaria. Este tipo de herramientas son de gran importancia en el mercado profesional pero además, suponen un pilar fundamental para en el ámbito docente. Su uso permite establecer un nexo de unión entre los conceptos teóricos y prácticos de la enseñanza, facilitando así la asimilación de los diferentes contenidos académicos.

## 1.2 Revisión de la literatura

Existen en el mercado numerosas herramientas dedicadas a la medición acústica, pudiéndose clasificar en dos grandes grupos: sistemas físicos e instrumentación virtual. El primer grupo, a pesar de proporcionar medidas de gran exactitud, se caracteriza por ser herramientas poco flexibles y en ocasiones difícilmente transportables, lo que hace que poco a poco queden relegadas a un segundo plano. En cuanto a los equipos virtuales de medición, que componen el segundo grupo mencionado, su uso es cada vez más extendido encontrando en el mercado aplicaciones como Clio, ARTA o 01dB que proporcionan diferentes paquetes para la realización de ensayos acústicos con calidad profesional.

Estas herramientas presentan un inconveniente desde el punto de vista económico, puesto que en la mayoría de los casos cada aplicación de medida se oferta de manera individual, incrementándose considerablemente el coste total de la plataforma.

### 1.3 Propósito.

En este trabajo se presenta una plataforma de bajo coste que facilita la realización de diversas actividades y prácticas asociadas a contenidos del ámbito de la “ingeniería acústica”. Este tipo de herramientas suponen un gran apoyo desde el punto de vista docente, además de un elemento de motivación para el alumnado. Su incorporación a la docencia como instrumentación virtual puede sustituir en gran medida a los costosos equipos comerciales existentes en el mercado.

## 2. METODOLOGÍA

### 2.1. Descripción del contexto y de los participantes

Entre los contenidos docentes relacionados con la ingeniería acústica podemos destacar las siguientes áreas:

- Vibroacústica.
- Acústica. Acústica de Salas.
- Ultrasonidos.
- Transductores.

Para facilitar los procesos comprensivos de cada materia se establecen unos contenidos prácticos determinados, siendo necesaria la monitorización de diferentes parámetros en función del área de estudio.

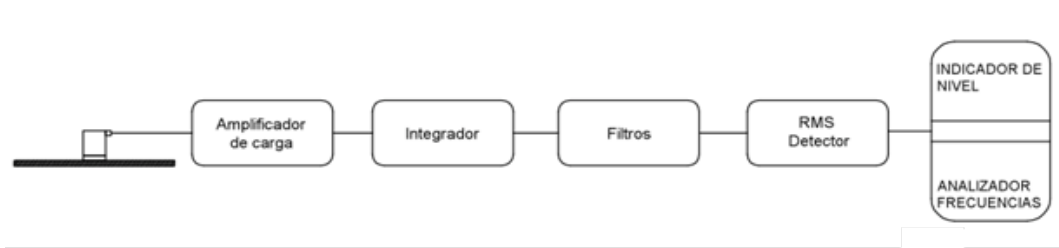
#### **Vibroacústica.**

Para la impartición de materias relacionadas con la vibroacústica el docente requerirá de instrumentación capaz de proporcionar el nivel de aceleración/velocidad de una superficie o analizar espectralmente dicha vibración [2].

La determinación del nivel de aceleración de un objeto o superficie es utilizada en un gran número de situaciones de la industria. Así por ejemplo, acciones tales como el aislamiento acústico de una máquina o incluso su estado de funcionamiento, requieren de un estudio en profundidad de las vibraciones que esta genera.

Existen en el mercado un gran número de dispositivos capaces de llevar a cabo la medición de vibraciones y el posterior procesado de señal que nos permita conocer la aceleración, velocidad o desplazamiento de una superficie determinada.

Figura 1. Esquema básico de un medidor de vibraciones con sensor de aceleración piezoeléctrico



Uno de los ensayos más utilizados en el campo de las vibraciones es la determinación de la movilidad mecánica de un material. Este parámetro es de gran utilidad, ya que permite determinar la respuesta dinámica de una estructura, realizar un análisis modal de la misma, predecir interacciones dinámicas entre materiales conectados o determinar propiedades dinámicas (p.e. el módulo de elasticidad) de componentes.

Para ello, la norma ISO 7626 se encarga de definir de forma detallada los diferentes métodos para la determinación de la movilidad mecánica:

- Medidas usando una excitación puntual generada por un motor o Shaker [5].
- Medidas usando un excitación tipo impacto [6].

### Acústica. Acústica de Salas.

Uno de los parámetros [3] de mayor importancia dentro del campo de la acústica corresponde al nivel de presión sonora. Este parámetro resulta de gran utilidad en sectores como la construcción, donde los valores obtenidos in situ en un recinto permiten evaluar el aislamiento acústico de una edificación, estableciendo el índice de reducción sonora de paramentos verticales y horizontales.

Figura 2. Esquema básico de un medidor de presión sonora



El nivel de presión sonora no solo sirve para determinar niveles de aislamiento, sino que permite conocer el grado de emisión de una fuente sonora o establecer los niveles de ruido máximo permitidos en controles de acústica medioambiental.

Otra aplicación de gran importancia dentro de la acústica es la determinación de la respuesta en frecuencia de un sistema radiante. Esta técnica de análisis es muy útil a la hora de estudiar sistemas de sonido, ya que permite determinar cómo afectará el sistema a la señal que se desea emitir.

Asimismo, el diseño de espacios arquitectónico no puede llevarse a cabo sin un análisis exhaustivo de los fenómenos sonoros que tienen origen en él. Determinar los parámetros acústicos característicos de un recinto sonoro requiere contar con un sistema de emisión y adquisición de señal que nos permita calcular el nivel de presión sonora en un punto determinado de la sala, el tiempo de reverberación, claridad, brillo, etc. Para la obtención de dichos parámetros es posible utilizar diferentes técnicas, entre las que destacan:

- Método de la fuente interrumpida.
- Método de la respuesta al impulso (impulso, MLS o TSP).

A partir de estos métodos es posible determinar de forma objetiva los parámetros que caracterizan la acústica de un recinto. Parámetros clásicos como el tiempo de reverberación o el Early Decay Time, energéticos como la claridad, el brillo o la definición, y de inteligibilidad como el porcentaje de pérdida de articulación de consonantes o el Speech Transmission Index, son fácilmente determinados a través de la respuesta impulsiva del sistema.

### **Ultrasonidos.**

Algunas de las utilidades más empleadas en este campo pasan por la determinación de la atenuación causada por el medio en la propagación de las ondas ultrasónicas o el tiempo de vuelo de la misma. Para implementar este tipo de ensayos existen en la actualidad diferentes técnicas, destacando los sistemas de emisión-recepción y los sistemas de eco-impulso.

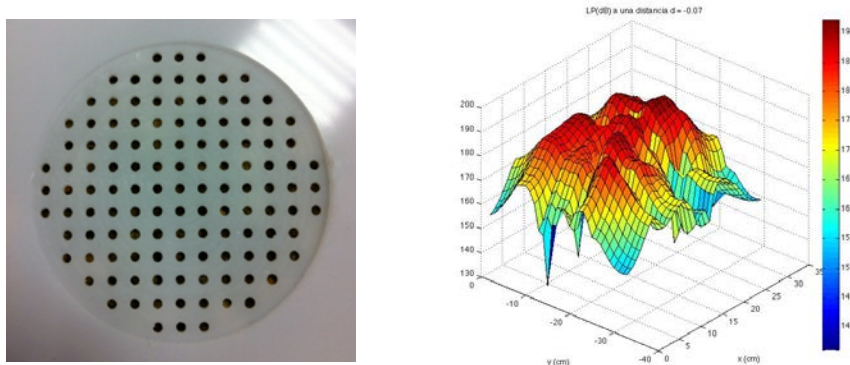
### **Transductores.**

Todo proceso de medida lleva asociado un sistema de emisión/adquisición cuyo componente principal es el transductor. Serán los encargados de transformar la magnitud física que se desea medir a valores de tensión registrables por un sistema de adquisición. Para el caso de sistemas radiantes, el transductor permitirá convertir niveles de tensión en una magnitud física determinada según el caso. Se hace necesario pues conocer el comportamiento de este tipo de transductores, analizándolos desde el punto de vista temporal

y frecuencial. Como norma general, se establece un análisis de la impedancia eléctrica del transductor, pudiendo obtener a partir de esta los parámetros característicos asociados al sistema.

Otra aplicación de gran utilidad a la hora de caracterizar sistemas radiantes consiste en determinar su patrón de radiación. En este caso, es posible utilizar técnicas de holografía acústica para determinar el campo de presiones proporcionado por la fuente.

Figura 3. Holografía acústica de campo cercano (NAH) de panel perforado



## 2.2. Materiales

Para el desarrollo de las aplicaciones tratadas en el presente trabajo se ha seleccionado el lenguaje de programación Labview.

Labview (Laboratory Virtual Instrument Engineering Workbench) [1] es un lenguaje de programación gráfico concebido para el diseño de sistemas de adquisición de datos, instrumentación y control. Debido a sus características se ha convertido en una de las herramientas más útiles en aplicaciones tales como el procesamiento digital de señales, manipulación de imágenes y audio, automatización, diseño de filtros digitales, generación de señales, etc...

A diferencia de los lenguajes escritos en algoritmo de texto continuo, Labview es un lenguaje que en cierta forma se puede llamar multiproceso, pues puede ejecutar varias rutinas al mismo tiempo. Este funcionamiento se logra gracias a la dedicación que el procesador otorga a cada rutina dentro de un intervalo de tiempo.

La programación en Labview se desarrolla en torno a dos paneles, el frontal y el diagrama de bloques. El panel frontal permitirá diseñar la interfaz gráfica de usuario, mientras que en el diagrama de bloque se incluirá la programación de la aplicación, relacionando los

elementos utilizados en el panel de control mediante operaciones que determinen el funcionamiento del programa.

### 2.3. Instrumentos

Algunas de las aplicaciones desarrolladas requieren del uso de las tarjetas DAQ-mx de National Instruments. Este tipo de tarjetas están dotadas de unas excelentes prestaciones para la adquisición de señales acústicas, además de un fácil manejo y afinidad con el software Labview, lo cual aporta fiabilidad y robustez al sistema.

### 2.4. Procedimientos

Cada uno de los procesos de medida descritos en el apartado 2.1. ha sido analizado detenidamente, determinando los requerimientos y funcionalidad necesaria para su implementación. A partir de este análisis se ha desarrollado un instrumento virtual mediante el software de programación Labview.

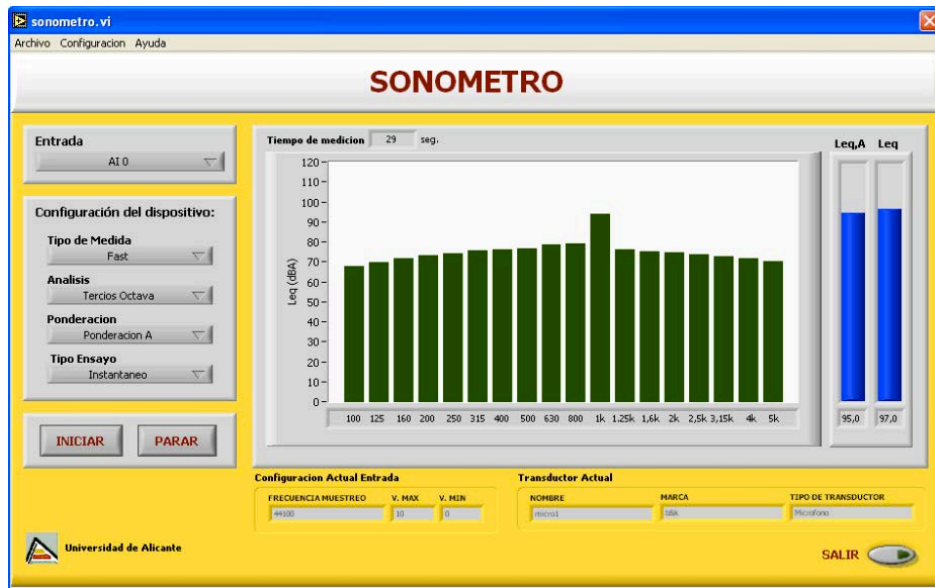
## 3. RESULTADOS

Mediante el uso de la plataforma de programación visual Labview se han desarrollado numerosas herramientas de bajo coste destinadas a la formación práctica en el ámbito de la ingeniería acústica. De igual forma, se hace llegar al alumnado la posibilidad de implementar sus propias herramientas acústicas mediante lenguajes de programación estándar, evitando de esta forma incurrir en grandes costes.

A continuación se detallan algunas de las herramientas implementadas:

- Medidor Nivel de Presión Sonora: aplicación que permitirá la adquisición de señal mediante un transductor de tipo micrófono. Proporcionará el nivel de presión sonora equivalente así como el nivel de presión sonora en octavas y tercios de octava.

Figura 4. Panel frontal Sonómetro



- Medidor de Aceleración: permitirá establecer el nivel de aceleración/velocidad de una señal adquirida, en octavas y tercios de octavas, así como su nivel equivalente.

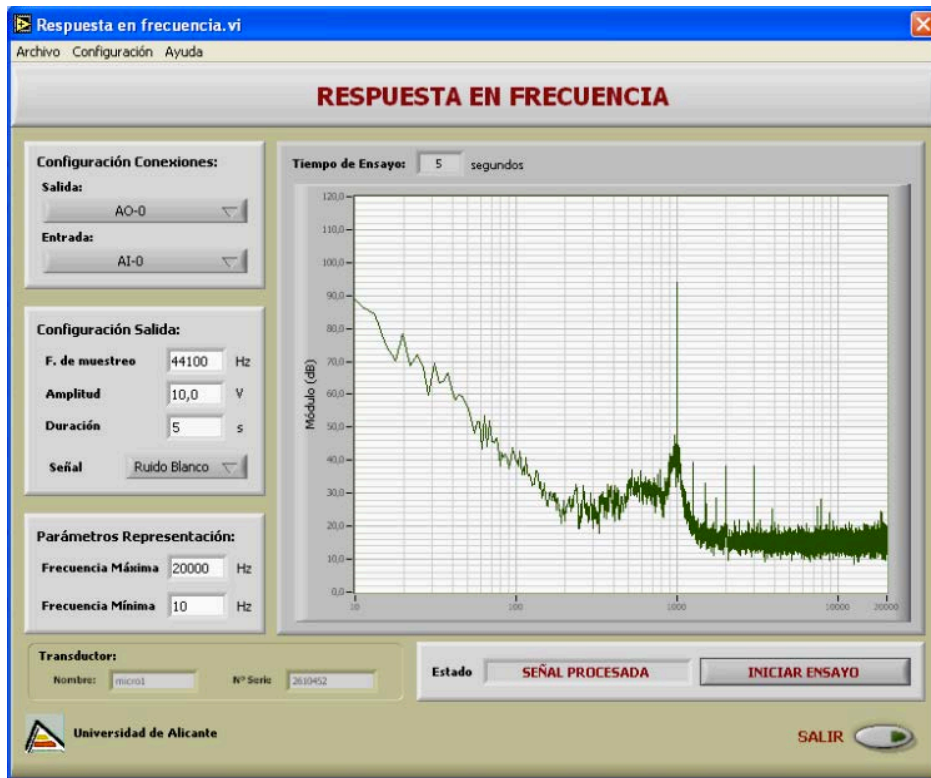
Figura 5. Panel frontal Medidor Vibración



- Respuesta en Frecuencia de Sistemas: aplicación para el análisis espectral de sistemas radiantes. Permite la emisión de señales de ruido tipo blanco y rosa.

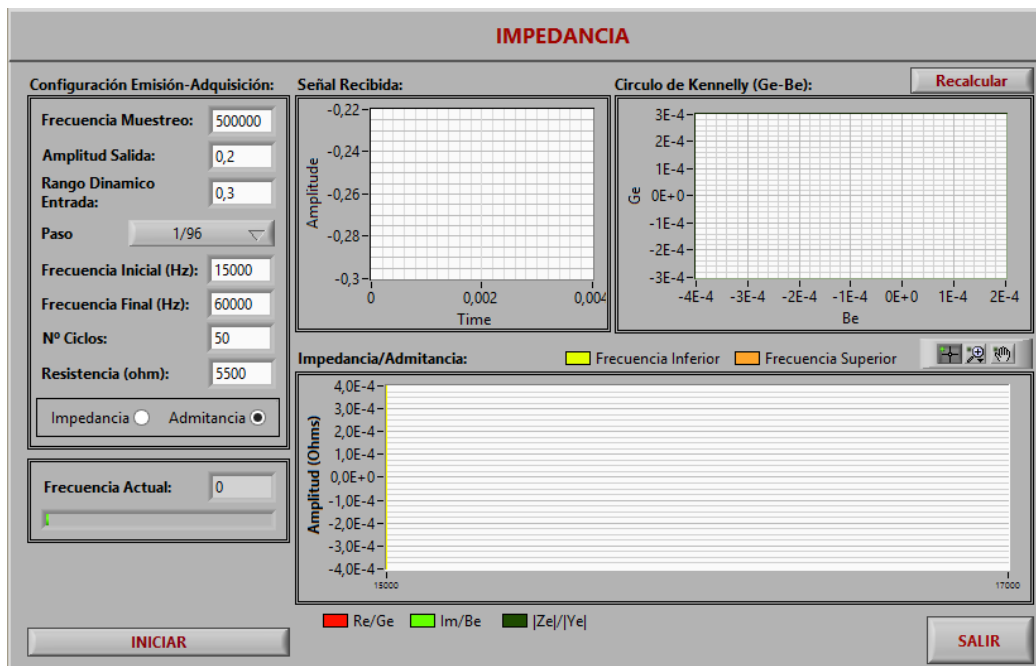


Figura 6. Panel frontal Respuesta en frecuencia



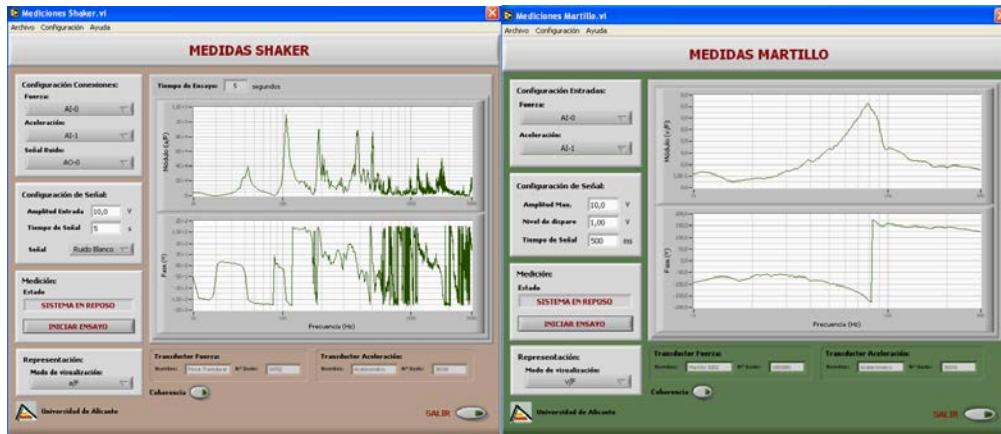
- Caracterización de Transductores. Impedancias/Admitancia: permitirá determinar la impedancia/admitancia de transductores con frecuencia máxima de análisis de 700 kHz.

Figura 7. Panel frontal Impedancia Transductor



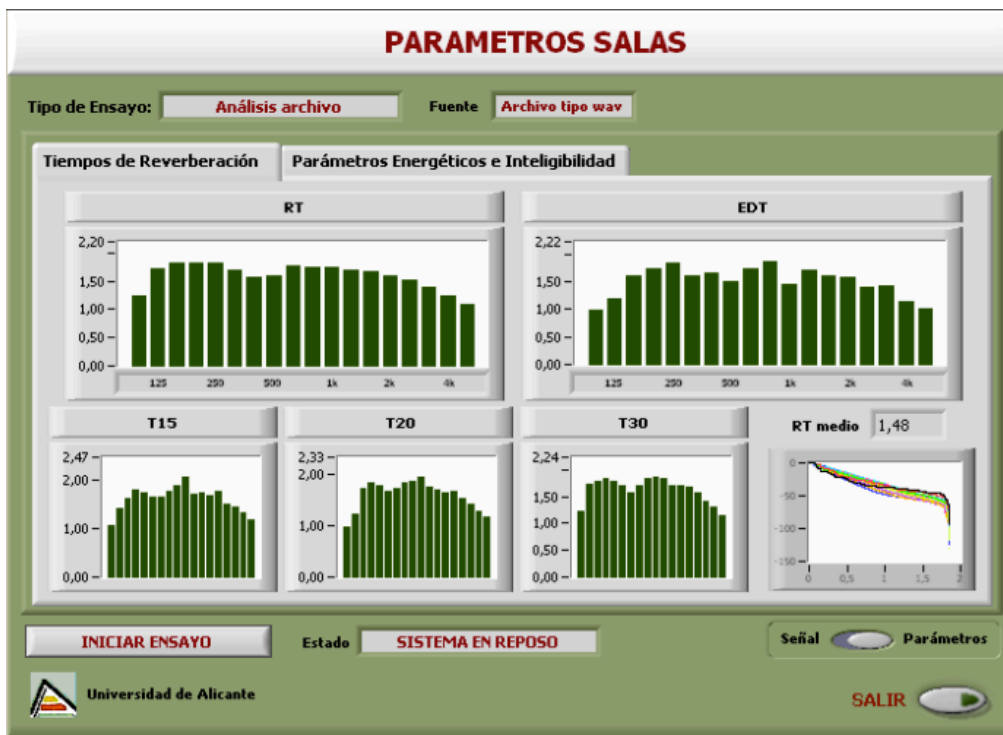
- Función de Transferencia: se han implementado dos herramientas capaces de realizar los ensayos especificados en la ISO 7626 (shaker – martillo impactos).

Figura 8. Panel frontal. Medidas Shaker (izq). Medidas martillo (dch). ISO 7626



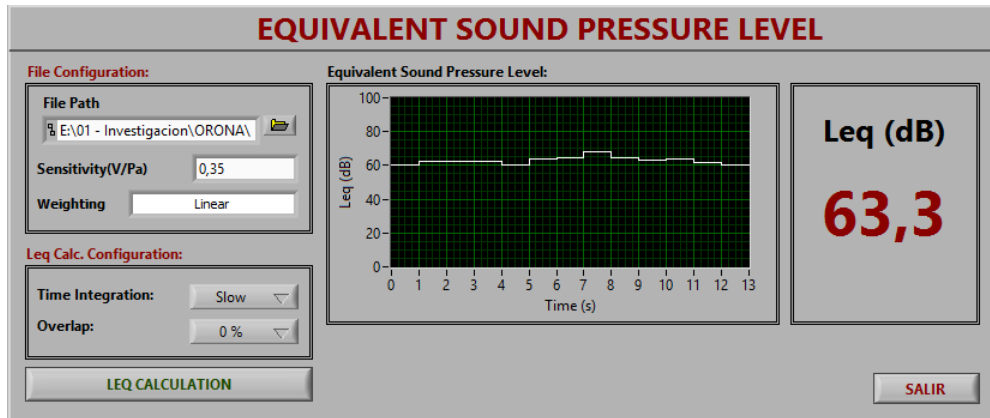
- Parámetros de Salas: la aplicación permite calcular la respuesta al impulso de recintos sonoros mediante diferentes técnicas (fuente interrumpida, MLS y TSP), obteniendo a partir de ella los parámetros acústicos característicos del sistema.

Figura 9. Panel frontal Parámetros de Sala



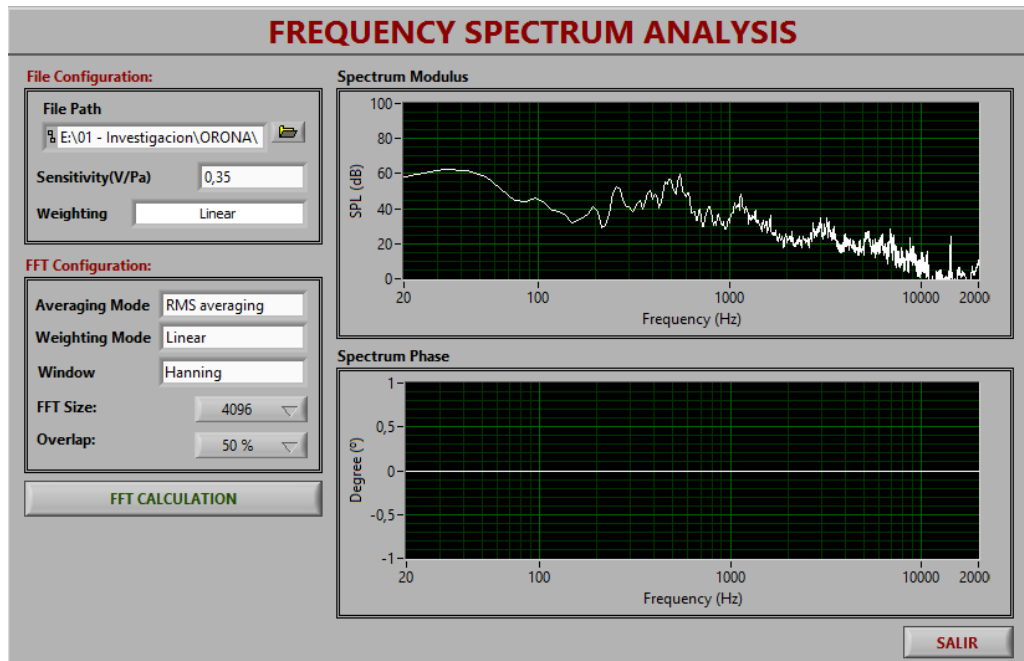
- Nivel de Presión Sonora Equivalente de Archivos de Audio: permite obtener el nivel de presión equivalente de un archivo de audio tipo wav siendo conocida la sensibilidad del transductor utilizado durante la adquisición del sonido.

Figura 10. Panel frontal aplicación Nivel de Presión Sonora Equivalente archivo audio.



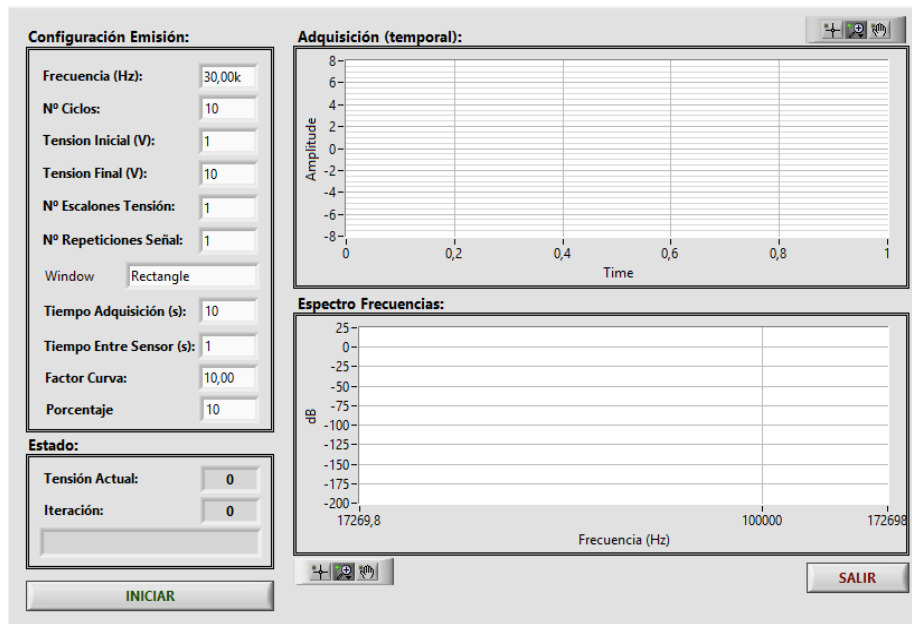
- Análisis Espectral de Archivos de Audio: a partir de archivos tipo wav obtenidos mediante un transductor de sensibilidad conocida, la aplicación permite obtener el espectro de frecuencias en banda fina.

Figura 11. Panel frontal aplicación análisis espectral archivo audio.



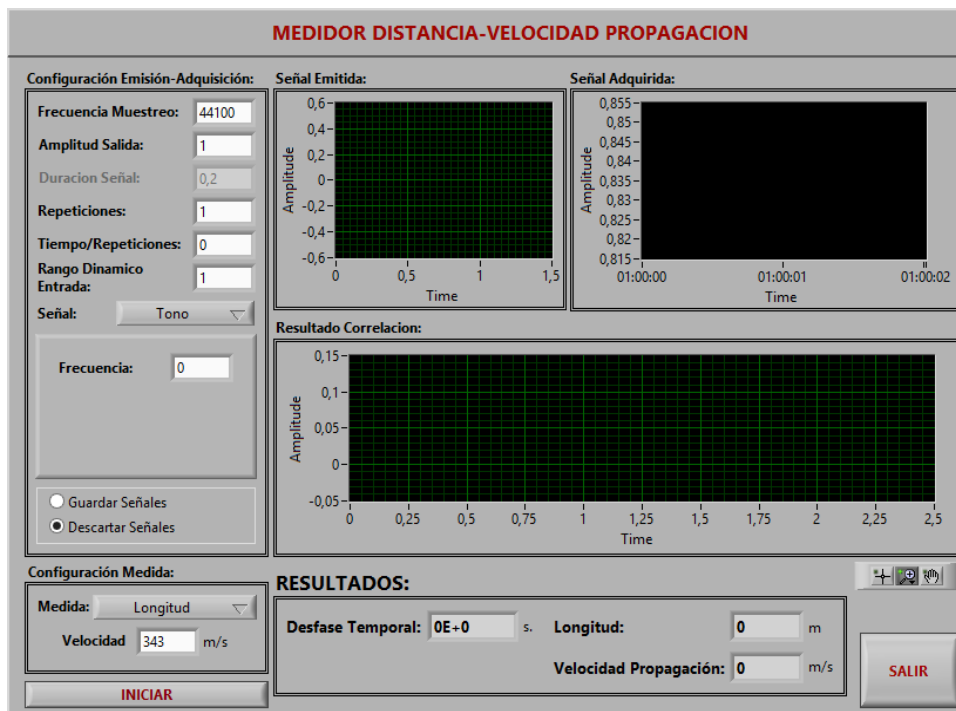
- Medida Emisión-Recepción: permite determinar la atenuación provocada por el medio en una señal acústica.

Figura 12. Panel frontal Emisor-Receptor Ultrasonidos.



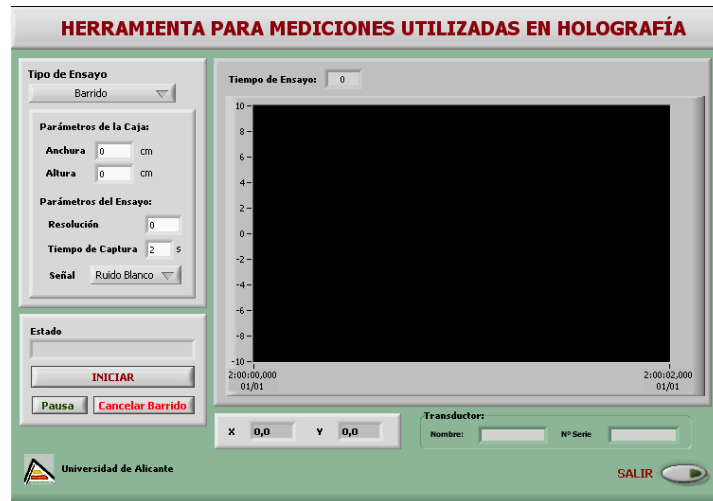
- Medida Tiempo de Vuelo: permite determinar el tiempo de vuelo de una señal. Mediante esta aplicación es posible determinar el espesor de un material o la velocidad de propagación en el medio.

Figura 13. Panel frontal Medidor Tiempo de Vuelo – Velocidad de Propagación.



- Medición de Señales para Holografía Acústica: permite, a través de un sistema robotizado, realizar el barrido de una superficie radiante adquiriendo las señales involucradas en el proceso. Su tratamiento posterior permitirá obtener el patrón de radiación de la fuente sonora.

Figura 14. Panel frontal medidas NAH



#### 4. CONCLUSIONES

A lo largo del presente trabajo se ha descrito un sistema de medidas acústicas implementado a partir de la herramienta de programación visual Labview. Mediante esta plataforma es posible desarrollar una interfaz gráfica que permita al usuario interactuar con el proceso, monitorizando y controlando las variables en él existentes. Se ha desarrollado instrumentación virtual, de carácter docente, para la medida de ruidos y vibraciones. Todas las herramientas implementadas incorporan la generación de informes, de forma que se facilita al usuario el análisis posterior de los resultados obtenidos.

La metodología seguida para el desarrollo de la aplicación será adaptable a cualquier otro tipo proceso acústico. Se establecen por tanto las bases para la implementación de nuevas herramientas de medición que permitan, de manera más económica, la formación práctica del alumnado en materias relacionadas con la ingeniería acústica.

#### 5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] NATIONAL INSTRUMENTS (2003). *Labview User Manual*. Part Number 320999E-01.
- [2] GERGES, S.N.Y & ARENAS, J. P. (2010). *Fundamentos y Control del Ruido y Vibraciones*. NR Editora.

- [3] CARRIÓN, A (1998). *Diseño Acústico de Espacios Arquitectónicos*. Ediciones de la Universidad Politécnica de Cataluña.
- [4] BERANEK, LL. *Acoustics*. American Institute of Physics.
- [5] ISO 76262-2. 1990. *Vibrations an shock – Experimental Determination of Mechanical Mobility. Part 2: Measurements using single-point translation excitation with an attached vibration exciter*. Suiza.
- [6] ISO 7626-5. 1990. *Vibrations an shock – Experimental Determination of Mechanical Mobility. Part 5: Measurements using impact excitation with an exciter which is not attached to the structure*. Suiza.