



# Metodología Híbrida para la Enseñanza de Ingeniería Acústica: Aprendizaje Presencial y Ubicuo Utilizando Tecnología Móvil

Ignacio Pavón<sup>1</sup>, Carlos Polvorinos-Fernández<sup>1</sup>, Guillermo de Arcas<sup>1</sup>, César Asensio<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Departamento de Ingeniería Mecánica, Grupo de Investigación en Instrumentación y Acústica Aplicada, Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales, Universidad Politécnica de Madrid  
{ignacio.pavon, c.polvorinos, g.dearcas}@upm.es

<sup>2</sup> Departamento de Ingeniería Audiovisual y Comunicaciones, Grupo de Investigación en Instrumentación y Acústica Aplicada, Escuela Técnica Superior de Ingeniería y Sistemas de Telecomunicación, Universidad Politécnica de Madrid  
c.asensio@upm.es

---

*La realización de prácticas de laboratorio es un componente esencial en la enseñanza de asignaturas del área de la Ingeniería Acústica. La realización de prácticas presenciales complementa la formación teórica de los estudiantes, requiriendo habitualmente el uso de instrumentación específica (sonómetros, analizadores y fuentes de ruido, entre otros) y de diferentes instalaciones (cámaras acústicas, y laboratorios). Existen otras modalidades, como pueden ser los laboratorios virtuales, que favorecen la formación no presencial, permitiendo simular escenarios virtuales en donde los estudiantes utilizan instrumentación virtual y generan datos para su posterior análisis. En este trabajo, se propone una opción híbrida entre ambos enfoques: el uso de aplicaciones instaladas en teléfonos móviles, utilizando estos dispositivos como instrumentos para mediciones acústicas de uso individual.*

*Esta metodología proporciona a los estudiantes la oportunidad de realizar actividades experimentales en contextos reales, no solo durante las sesiones de prácticas presenciales, sino en cualquier momento y lugar.*

*El presente estudio describe la experiencia aplicada en la formación relativa a la determinación de los niveles de potencia acústica de fuentes de ruido utilizando presión acústica en condiciones de campo libre sobre un plano reflectante, siguiendo la norma UNE-EN-ISO 3744:2011. Durante el desarrollo, los estudiantes llevaron a cabo diversas actividades, tales como: determinar experimentalmente el tiempo de reverberación de un recinto de su elección, evaluar la adecuación del recinto a las condiciones de campo libre, realizar mediciones de nivel de presión acústica de una fuente de ruido, calcular las correcciones por el entorno de ensayo y el ruido residual y finalmente, determinar el nivel de potencia acústica de la fuente de ruido.*

*Esta experiencia surgió como una adaptación de contenidos y metodologías docentes ante la necesidad de implementar acciones de aprendizaje ubicuo durante el curso académico 2020-2021, coincidiendo con la pandemia de COVID-19. Para ello se diseñó una metodología de prácticas remotas que permitió a los estudiantes replicar experimentos similares a los realizados de forma presencial en sus propios hogares. La metodología ha continuado utilizándose en cursos posteriores, dado que ha demostrado ser una herramienta versátil para reforzar la enseñanza presencial, fomentando el aprendizaje autónomo y contextualizado, siendo útil para situaciones en las que sea necesario atender a necesidades específicas del estudiantado, como puede ser el caso de adaptaciones curriculares, o en situaciones que justifique la enseñanza no presencial.*

---

## 1. Introducción.

### 1.1. Enseñanza de ingeniería acústica en la ETSI Industriales de la UPM.

En las últimas décadas, la enseñanza de la ingeniería en España ha experimentado numerosos cambios que han influido en el diseño de los planes de estudio. Mientras que algunos de estos cambios responden a reformas legales específicas a nivel estatal, otros reflejan tendencias globales, como la necesidad de adaptar los métodos de enseñanza y el entorno de aprendizaje a las características y demandas actuales de los estudiantes.

Dentro de este contexto, las prácticas de laboratorio desempeñan un papel fundamental en la enseñanza de asignaturas del área de Ingeniería Acústica. Las sesiones prácticas presenciales permiten a los estudiantes complementar su formación teórica mediante el uso de instrumentación especializada, como sonómetros, analizadores y fuentes de ruido, y experimentar en instalaciones específicas, como cámaras acústicas y laboratorios. No obstante, también existen alternativas, como pueden ser los laboratorios virtuales, que permiten la simulación de escenarios donde los estudiantes emplean instrumentación virtual y generan datos para su análisis, facilitando la formación a distancia.

En este trabajo, se presenta una propuesta híbrida que combina ambos enfoques: el uso de aplicaciones instaladas en teléfonos móviles, aprovechando estos dispositivos como instrumentos de medición acústica de uso individual. Esta metodología ofrece a los estudiantes la posibilidad de realizar actividades experimentales en entornos reales, no solo durante las sesiones prácticas presenciales, sino en prácticas realizadas en cualquier momento y lugar.

El presente trabajo describe la aplicación de esta metodología en un caso concreto aplicado a la docencia práctica para la determinación de los niveles de potencia acústica de fuentes de ruido mediante presión acústica en condiciones de campo libre sobre un plano reflectante, de acuerdo con la norma UNE-EN-ISO 3744:2011 [1]. A lo largo del desarrollo de la práctica, los estudiantes llevaron a cabo diversas actividades, entre ellas: la determinación experimental del tiempo de reverberación de un recinto de su elección, la evaluación de la adecuación del recinto a las condiciones de campo libre, la medición del nivel de presión acústica de una fuente de ruido, el cálculo de las correcciones por el entorno de ensayo y el ruido residual, y, finalmente, la determinación del nivel de potencia acústica de la fuente de ruido.

Esta metodología de enseñanza se aplica en dos asignaturas de posgrado en la Universidad Politécnica de Madrid (UPM): **Ingeniería Acústica**, perteneciente al Máster Universitario en Ingeniería Industrial, y **Acústica Aplicada**, asignatura impartida en el Máster en Ingeniería Mecánica.

El Máster Universitario en Ingeniería Industrial está diseñado de acuerdo con la Orden CIN/311/2009, de 9 de febrero, por la que se establecen los requisitos que deben cumplir los títulos universitarios oficiales que habiliten para el ejercicio de la profesión de la Ingeniería Industrial.

En el apartado 5 de la ORDEN CIN/311/2009, dedicado a la planificación de las enseñanzas, se indica que el plan de estudios deberá incluir como mínimo tres módulos, uno dedicado a las tecnologías industriales, otro a la gestión y un tercer módulo dedicado a instalaciones, plantas industriales y construcciones complementarias. En todos ellos se hace referencia a las competencias que deben adquirirse por parte de los estudiantes y, en concreto, entre el listado de competencias atribuidas a la ingeniería industrial, se hace referencia al “*Conocimiento y capacidades para proyectar y diseñar instalaciones eléctricas y de fluidos, iluminación, climatización y ventilación, ahorro y eficiencia energética, acústica, comunicaciones, domótica y edificios inteligentes e instalaciones de Seguridad*” [2].

### 1.2. Marco de aplicación: Asignaturas Ingeniería Acústica y Acústica Aplicada.

Dentro del plan de estudios del Máster en Ingeniería Industrial, la asignatura **Ingeniería Acústica** se encuentra ubicada en el primer semestre del segundo curso de la titulación, siendo una asignatura obligatoria para la especialidad de Ingeniería Mecánica, itinerarios Máquinas y Fabricación.

Por su parte, el plan de estudios del máster Universitario en Ingeniería Mecánica de la UPM, diseñado de acuerdo con el RD 1393/2007 [3], se compone de una serie de materias de carácter obligatorio y optativo, entre las que se encuentra una materia denominada “Acústica Aplicada”, que se organiza en dos asignaturas de 3 ECTS, una homónima denominada **Acústica Aplicada** y Ultrasonidos: Aplicaciones industriales.

Las asignaturas **Ingeniería Acústica** y **Acústica Aplicada** han sido diseñadas con un programa muy similar, con el objetivo de ofrecer a los estudiantes una formación especializada en los principios y aplicaciones de la acústica en diversos ámbitos de la ingeniería. A lo largo del curso, se abordan los fundamentos teóricos y prácticos necesarios para comprender el comportamiento de las ondas acústicas, su medición y su control en distintos entornos.

Las asignaturas están concebidas para que los estudiantes adquieran competencias en instrumentación y metrología acústica, valoren el impacto acústico (ambiental y laboral) y conozca técnicas de control de ruido en distintos

sectores. Además, se presentan distintas aplicaciones innovadoras de la ingeniería acústica en campos como los ultrasonidos, infrasonidos, acústica submarina y usos médicos.

Las asignaturas pretenden proporcionar a los estudiantes las herramientas necesarias para aplicar conocimientos de la ingeniería acústica en su futura práctica profesional, contribuyendo al desarrollo de soluciones tecnológicas eficientes y sostenibles en el ámbito de la ingeniería industrial.

El programa de ambas asignaturas se compone de 5 temas:

Tema 1. Introducción a la Ingeniería Acústica: Principios, fundamentos y aplicaciones.

Tema 2. Instrumentación y Metrología Acústica: Equipos y técnicas de medición de ondas acústicas.

Tema 3. Caracterización de fuentes de ruido.

Tema 4. Control de ruido.

Tema 5. Evaluación del impacto acústico

El tercer tema se dedica a la caracterización acústica de fuentes de ruido, un aspecto regulado por la Dirección General de Mercado Interior, Industria, Emprendimiento y PYMES de la Comisión Europea [4]. Debido a su relevancia tanto en el ámbito técnico, como normativo, su incorporación a la formación tanto en Ingeniería Industrial, como en Ingeniería Mecánica se considera de gran relevancia para fomentar una capacitación integral alineada con los estándares europeos.

En este tercer tema se abordan aspectos clave de la normativa de la UE sobre la emisión de ruido de las máquinas, el papel de los organismos notificados, las guías de interpretación de la normativa de emisión y los códigos de ensayo, con la finalidad de formar a los estudiantes en la evaluación de la emisión acústica de maquinaria, proporcionándoles un dominio sólido de la normativa, la instrumentación y los procedimientos de ensayo para su futura aplicación en el ámbito profesional.

En concreto, se analizan tres tipos de fuentes de ruido de especial relevancia en el mercado: vehículos, máquinas de uso al aire libre y electrodomésticos. El objetivo es que los estudiantes adquieran una visión global de las principales fuentes de ruido, comprendan el marco legislativo que las regula a nivel europeo y se familiaricen con los métodos de ensayo aplicables. Debido a la extensión limitada de la asignatura, no es posible abordar un mayor número de fuentes en profundidad.

En lo relativo a las emisiones acústicas de vehículos, se incide en los requisitos y ensayos para la homologación, realizando un análisis de los reglamentos UE 540/2014 [5] y UE 2017/1576 [6]. En cuanto a las emisiones sonoras de máquinas de uso al aire libre, se analiza la Directiva 2000/14/EC [7], incluyendo la normativa, los códigos de ensayo y las bases de datos sobre emisiones acústicas de máquinas. Además, se analizan diversas aplicaciones de estas bases de datos, incluyendo la vigilancia del mercado, la selección y compra de maquinaria silenciosa (*buy quiet policy*) y la utilización de los valores de nivel de potencia acústica en simulaciones de acústica ambiental, así como en estudios de ruido industrial y laboral.

El tema incluye una sesión dedicada a la caracterización de la emisión acústica de productos y los requisitos del mercado CE y etiquetado acústico de productos como electrodomésticos, máquinas y neumáticos. En esta sesión, se analiza la relación entre las emisiones acústicas y diversos aspectos, como la seguridad (según la Reglamento (UE) 2023/1230 relativo a las máquinas [8]) y los aspectos ambientales (de acuerdo con el Reglamento UE 2020/740 [9] sobre el etiquetado del ruido de neumáticos).

Finalmente, se lleva a cabo una práctica enfocada en la **determinación de los niveles de potencia acústica de fuentes de ruido**. Esta práctica se realiza utilizando el método que emplea niveles de presión acústica en condiciones de campo libre sobre un plano reflectante, según la norma UNE-EN-ISO 3744:2011.

## 2. Aprendizaje presencial.

### 2.1. Práctica para la determinación de los niveles de potencia acústica de las fuentes de ruido.

La **primera parte de la práctica** se dedica a presentar los **métodos normalizados** para la determinación del nivel de potencia acústica, basados en mediciones de presión o intensidad acústica en diferentes entornos, y a establecer los criterios para seleccionar el método más adecuado, atendiendo a la norma UNE-EN ISO 3740:2020 [10].

En la parte experimental, se comienza con el procedimiento de **cualificación del entorno acústico**, realizando mediciones del **tiempo de reverberación** de la sala y calculando el **área de absorción equivalente (A)** y las **correcciones por el entorno de ensayo (K2)**. La práctica se realiza íntegramente en el aula de clase, partiendo de la hipótesis de que este espacio cumple, dentro de un rango específico de frecuencias, con los requisitos definidos en la norma UNE-EN-ISO 3744:2011 para condiciones de **campo libre sobre un plano reflectante**.

Los estudiantes se responsabilizan de realizar los ensayos, del manejo de la instrumentación, de efectuar los cálculos, evaluar las características acústicas del aula y determinar su idoneidad para llevar a cabo los ensayos.

Una vez analizado el entorno acústico, se realizan ensayos para la determinación de los niveles de potencia acústica a partir de la presión acústica utilizando una fuente de ruido. Habitualmente se selecciona una fuente de ruido que emita en un amplio rango de frecuencias. A lo largo de los cursos sea utilizado distintas fuentes de ruido, desde un dispositivo diseñado específicamente, hasta herramientas como sierras de calar o taladradoras.

En la Figura 1 se muestran una serie de imágenes de los estudiantes llevando a cabo los ensayos experimentales destinados a evaluar el nivel de potencia acústica de una fuente de ruido en un recinto caracterizado. Las imágenes ilustran diversas actividades del proceso, como la configuración de los equipos de medición, la medición del tiempo de reverberación, la preparación del entorno experimental y la adquisición de registros.



**Figura 1:** Fotografías de los ensayos experimentales realizados en el aula.

En la imagen superior izquierda de la figura 1 se muestra una imagen de los estudiantes durante la realización de las mediciones de para la determinación de tiempo de reverberación utilizando el método de fuente impulsiva. En la imagen superior derecha se muestra el proceso de posicionamiento de la fuente sobre la superficie reflectante y la definición de la envolvente de medición. En la imagen inferior izquierda se observa distintas superficies propuestas por los estudiantes, correspondientes a diferentes distancias de medición con respecto al paralelepípedo de referencia. En la imagen inferior derecha se muestra la distribución de los micrófonos sobre la envolvente de medición elegida.

Como resultado de la práctica, los estudiantes deben entregar un informe individual en el que se describa todo el proceso seguido, incluyendo los resultados intermedios del tiempo de reverberación, el área de absorción equivalente calculado, las dimensiones propuestas para la envolvente donde se han realizado las mediciones de nivel de presión acústica, las correcciones aplicadas, los niveles de potencia acústica por bandas de frecuencia calculadas, el nivel de potencia acústica ponderado A ( $L_{WA}$ ), así como la incertidumbre asociada.

La práctica tiene como objetivo que los estudiantes integren los conceptos tratados en el tema 1 (niveles de presión, nivel de potencia y su relación con el campo acústico de la sala) y en el tema 2 (instrumentación). Se busca que los estudiantes adquieran habilidades en el manejo de la instrumentación disponible y en el procesamiento de los datos obtenidos para calcular el valor de declaración de la emisión acústica de un producto. Además, se pretende que sean capaces de evaluar las variables que influyen en el proceso de medición y análisis.

En la Figura 2 se muestra el diagrama de flujo que resume las etapas seguidas durante la práctica para evaluar el nivel de potencia acústica ( $L_w$ ) de una fuente de ruido en el aula. El procedimiento consta de varias fases, comenzando con el análisis de la influencia del entorno de ensayo, mediante la medición del tiempo de reverberación y el cálculo del área de absorción equivalente del recinto. Posteriormente, se evalúa la fuente de ruido dentro del recinto previamente caracterizado, se aplican las correcciones por ruido residual ( $K_1$ ) y por las características del entorno de ensayo ( $K_2$ ), y finalmente se calculan los niveles de potencia acústica ( $L_w$ ).

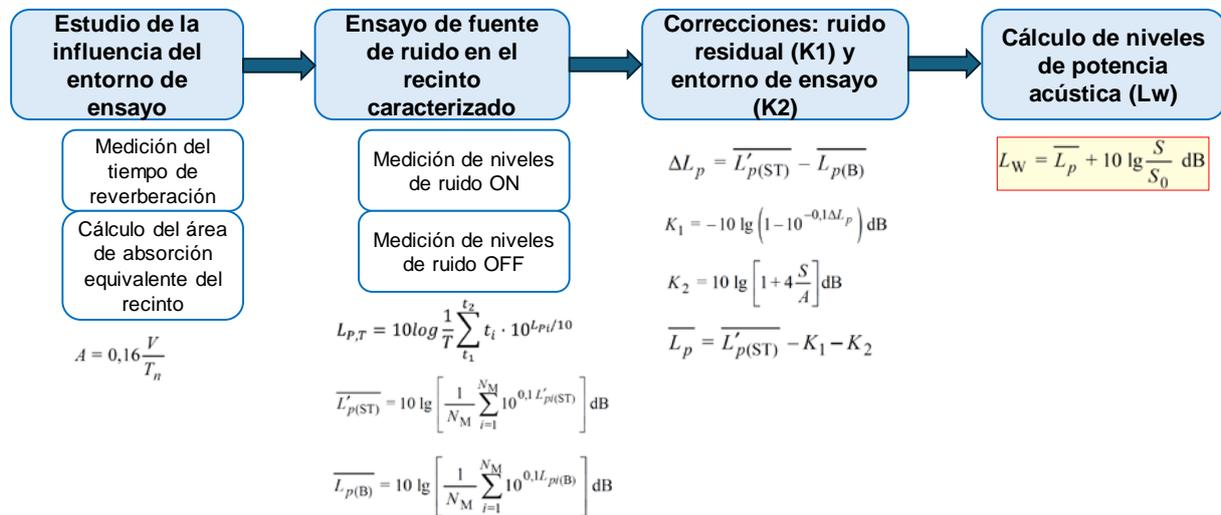


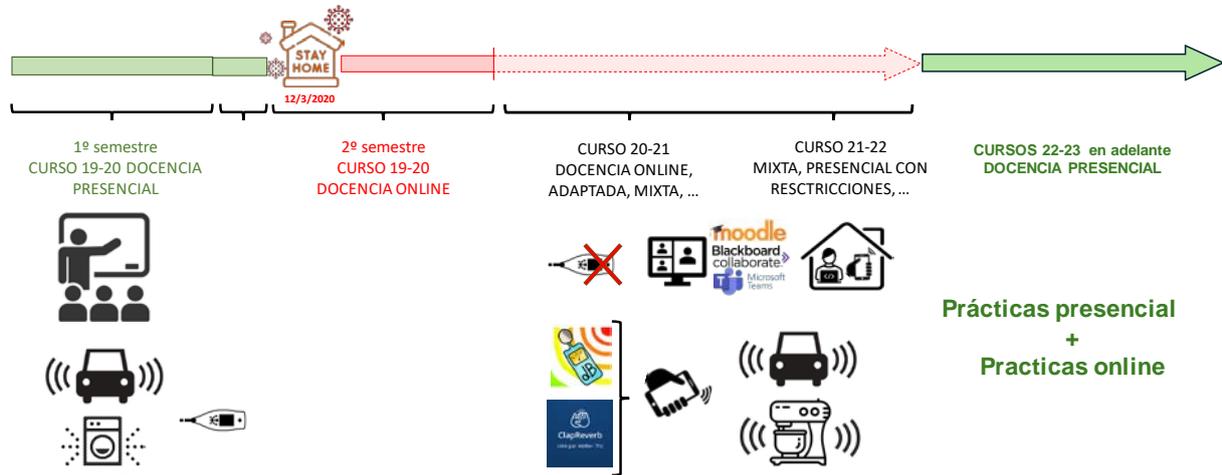
Figura 2: Diagrama de flujo que detalla los pasos seguidos en la práctica en el aula.

### 3. Aprendizaje ubicuo utilizando tecnología móvil.

La práctica de determinación de los niveles de potencia acústica de distintas fuentes de ruido se ha llevado a cabo de forma presencial en ambas asignaturas, utilizando el aula de clase, desde el curso académico 2013-2014. En el curso 2020-2021, debido a la situación derivada de la pandemia de COVID-19, fue necesario adaptar su desarrollo a una modalidad de enseñanza online. Durante el curso 2020-2021 y 2021-2022 se sustituyó la práctica presencial por una adaptación online. En los siguientes cursos, desde el 2022-2023 hasta el actual 2024-2025 se han combinado ambos enfoques, realizando prácticas presenciales en el aula, combinado con una práctica simplificada que los estudiantes realizan fuera del aula utilizando su propia instrumentación basada en adquisición de datos con aplicaciones en teléfonos inteligentes (figura 3).

El tema 3, caracterizado por su alto contenido práctico, requirió una adaptación significativa para garantizar la continuidad en la enseñanza de los contenidos prácticos de la asignatura. Esta adaptación tuvo tres objetivos principales: mantener los objetivos docentes originalmente definidos, asegurar la adquisición de competencias y resultados de aprendizaje previstos, y diseñar una experiencia práctica tratando de mantener el contenido experimental de forma que resultara estimulante y motivadora para los estudiantes, permitiendo su implementación en modalidad online.

Siguiendo la filosofía de "aprender haciendo" (*learning by doing*), se llevó a cabo una adaptación de la práctica originalmente diseñada para realizarse en el aula, ajustando también la temporalización de las sesiones, planteando a los estudiantes la realización de la práctica en sus domicilios. En este sentido, los estudiantes tenían que caracterizar el tiempo de reverberación de una sala de sus viviendas, calcular los parámetros asociados a la cualificación del espacio y medir los niveles de presión sonora ( $L_p$ ) para determinar el nivel de potencia acústica ( $L_w$  y  $L_{wA}$ ). En lugar de utilizar los equipos de medida y sistemas de adquisición de datos habitualmente disponibles para la realización esta práctica (micrófonos, analizadores, calibrador, y elementos auxiliares), se propuso a los estudiantes utilizar aplicaciones gratuitas de análisis acústico instaladas en teléfonos inteligentes, específicamente una aplicación diseñada para la medida de tiempo de reverberación y una aplicación con un analizador acústico en bandas de tercio de octava. De esta forma se pudieron mantener los objetivos prácticos y fomentar el aprendizaje autónomo en un contexto no presencial.



**Figura 3:** Adaptación de la docencia en modalidad presencia a modalidad a distancia en las asignaturas.

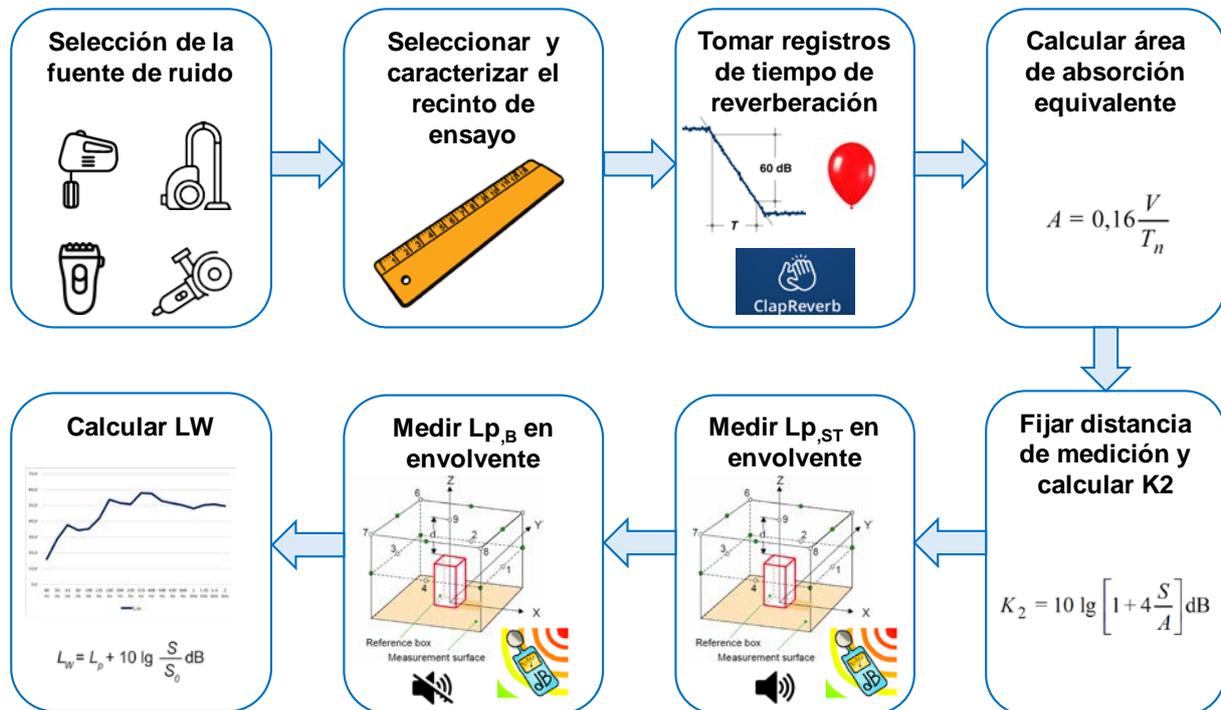
Para el desarrollo de la práctica en modalidad a distancia, se llevó a cabo un procedimiento que garantizase la correcta asimilación de los conceptos y la adecuada ejecución de las mediciones. Inicialmente se llevó a cabo una sesión en la que se introdujo a los estudiantes en la metodología para la determinación de los niveles de potencia acústica a partir de los niveles de presión acústica, presentando los fundamentos teóricos, analizando del entorno de ensayo en los resultados de las mediciones y exponiendo los distintos grados de precisión establecidos por la normativa, examinando la norma UNE-EN ISO 3740:2020 donde se enumeran distintos supuestos y se establecen directrices para la determinación de los niveles de potencia acústica

Una vez analizadas las diferentes alternativas metodológicas, y teniendo en cuenta las posibles restricciones con las que el estudiante se puede encontrar, se selecciona el procedimiento basado en la determinación de los niveles de potencia acústica a partir de los niveles de presión en condiciones de campo libre sobre un plano reflectante, basándose en a la norma UNE-EN ISO 3744:2011. Se analiza la influencia del entorno de ensayo y su impacto en los registros del nivel de presión acústica, fomentando en la sesión la participación y una reflexión crítica por parte de los estudiantes.

Posteriormente, se plantea una tarea en la que los estudiantes, a título individual, deben:

1. Identificar un recinto en su entorno doméstico que cumpla, en la medida de lo posible, con los criterios de campo libre sobre un plano reflectante. Como criterio general, se recomienda evitar la selección de recintos como cocinas o baños, debido a la presencia habitual de superficies altamente reflectantes, como es el caso de los revestimientos cerámicos. En su lugar, se sugiere optar por estancia de mayor volumen, como pueden ser salas de estar o salones, preferiblemente con presencia de materiales absorbentes, como alfombras, sillas tapizadas, sillones, cortinas o cuadros, todo ello con el fin de minimizar reflexiones y aproximar las condiciones del ensayo a un entorno de campo libre sobre un plano reflectante.
2. Seleccionar una fuente de ruido adecuada para el ensayo, considerando factores como la relación entre las dimensiones del recinto y la fuente de ruido, los niveles de presión acústica generados en comparación con el ruido residual del entorno y el uso de elementos cuyas condiciones de funcionamiento puedan comprometer la seguridad del estudiante. En este sentido, se les transmite a los estudiantes la necesidad de evitar el uso de dispositivos con elementos cortantes en movimiento, como batidoras con cuchillas, sierras de calar, amoladoras o taladradoras. En caso de emplear herramientas eléctricas como fuentes de ruido, se indica expresamente que deben utilizarse sin instalar elementos de corte, como discos, brocas, sierras u otros componentes que puedan representar un riesgo para la seguridad durante su manipulación, o bien con cubiertas protectoras en el caso de maquinillas eléctricas o dispositivos similares.

En la figura 4 se presenta un diagrama que ilustra los pasos que deben seguir los estudiantes para llevar a cabo la práctica en su domicilio.



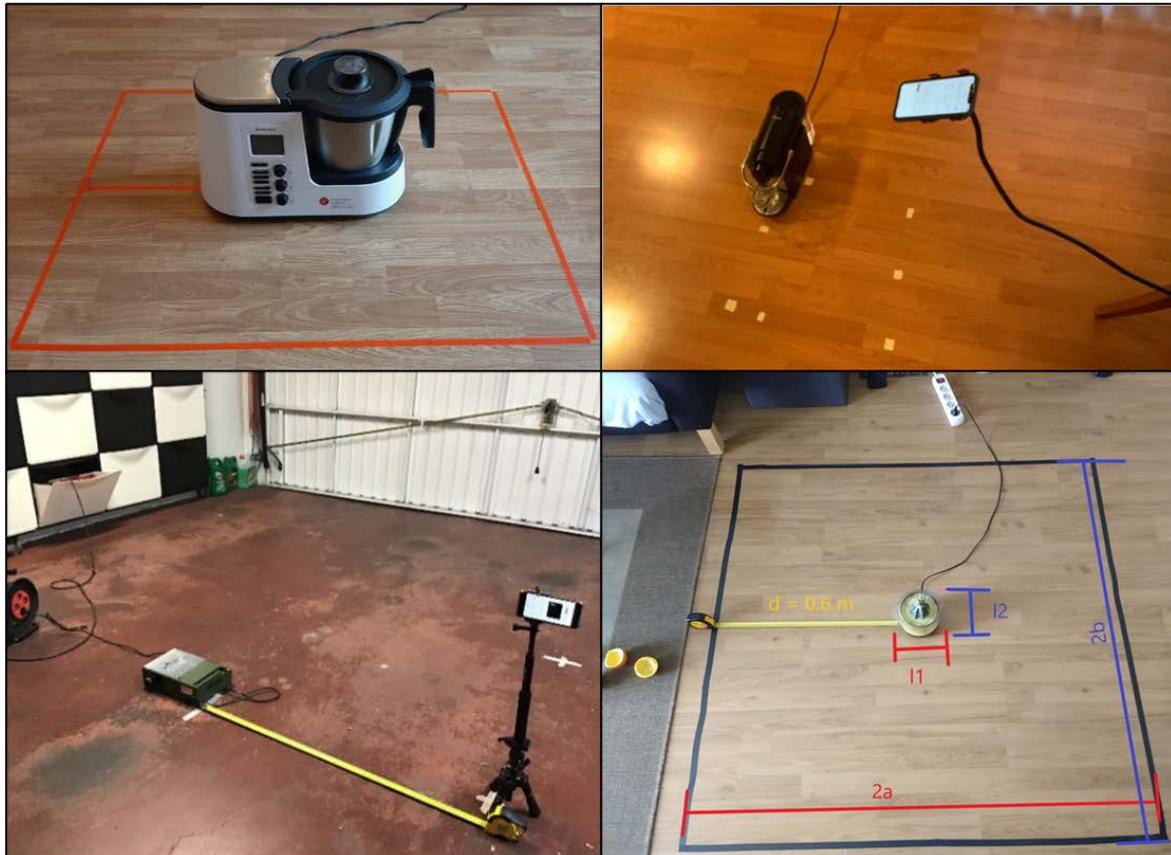
**Figura 4:** Diagrama de flujo que detalla los pasos a seguir en la práctica para la determinación del nivel de potencia acústica de una fuente de ruido en la modalidad a distancia utilizando tecnología móvil

Para la medición del tiempo de reverberación, se propuso a los estudiantes que utilizase las aplicaciones Artim USB Reverberation Meter [11] disponible para dispositivos con sistema operativo Android, y ClapReverb [12] disponible para dispositivos con sistema operativo iOS, Para el registro de los valores de presión sonora en bandas de frecuencia, se utilizó la aplicación OpeNoise [13] (Figura 5).



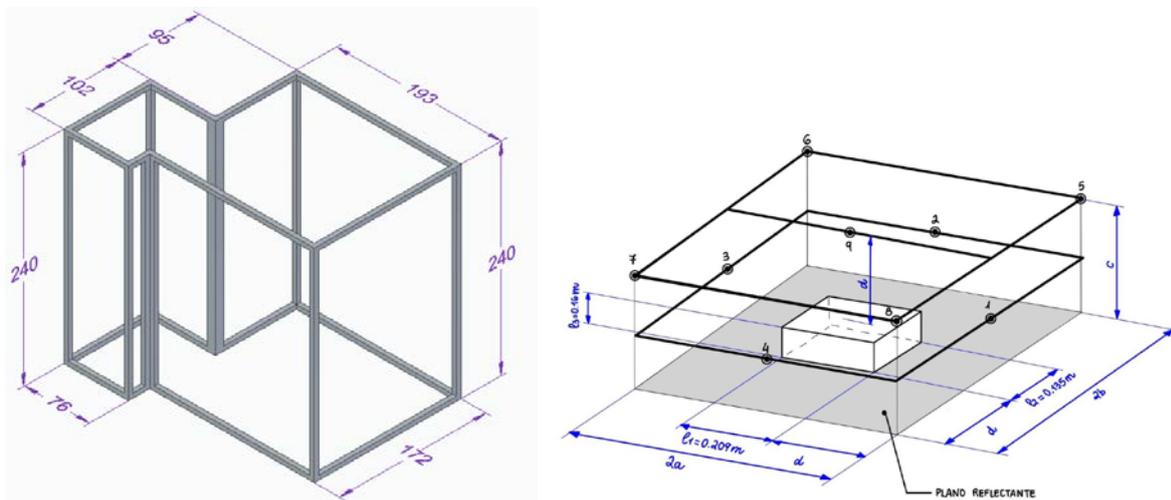
**Figura 5:** Aplicaciones para la medida de tiempo de reverberación. (Izquierda) Artim USB Reverberation Meter disponible para Android, (centro) ClapReverb disponible para IOS. OpeNoise, analizador acústico en bandas de tercio de octava, (derecha), para Android e IOS.

El diseño de estas prácticas supuso un desafío creativo tanto para el profesorado como para los estudiantes, quienes, con recursos limitados, trabajaron en la interpretación de la normativa y la adaptación de una metodología alineada con la utilizada en el aula. En la figura 7 se muestran una selección de imágenes de la configuración de los ensayos realizados por los estudiantes en sus domicilios, mostrando algunas de las fuentes de ruido ensayadas, el entorno de ensayo elegido y la disposición de los puntos de medición.



**Figura 6:** Registros de niveles de presión acústica realizados por los alumnos en sus domicilios utilizando sus propios recursos. Imágenes correspondientes al curso 20-21.

Como resultado de la práctica, los estudiantes debían entregar una memoria que incluyera una descripción de la metodología empleada, fotografías y diagramas de los ensayos, los resultados obtenidos presentados en tablas y gráficos, así como la hoja de cálculo. En la figura 7 se muestran algunas capturas de los diagramas y los resultados de los cálculos realizados por los estudiantes en los informes entregados.



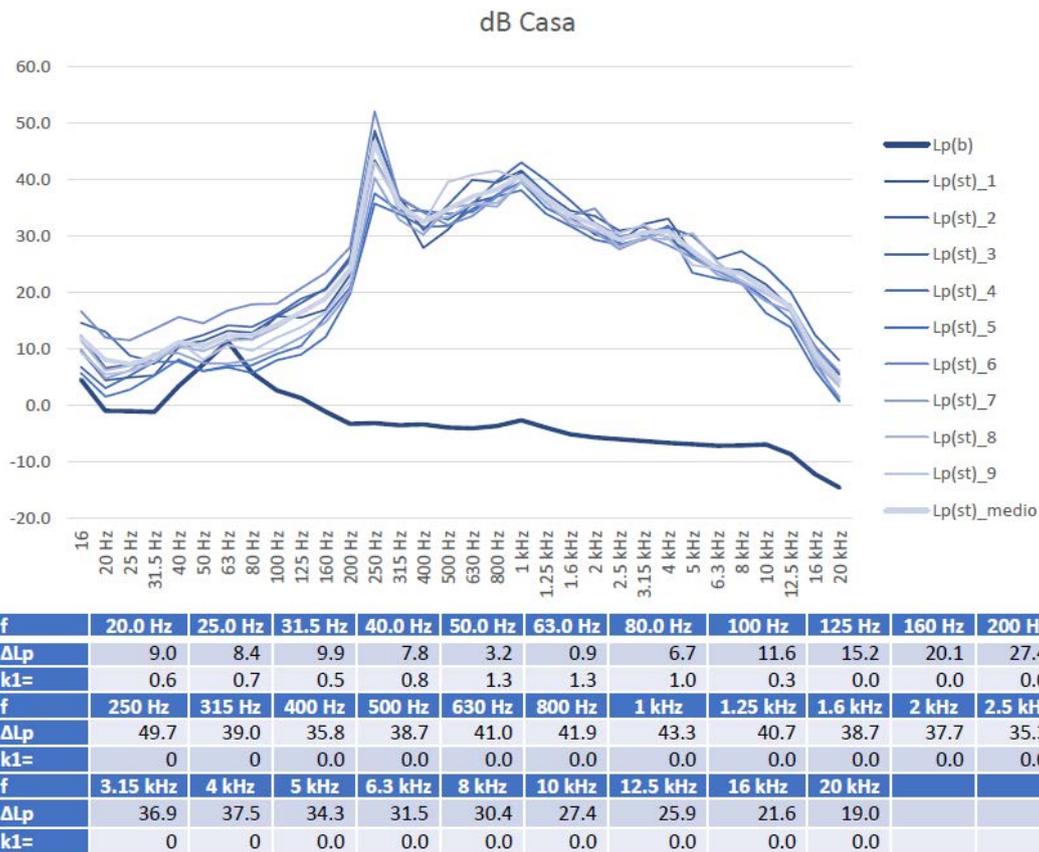
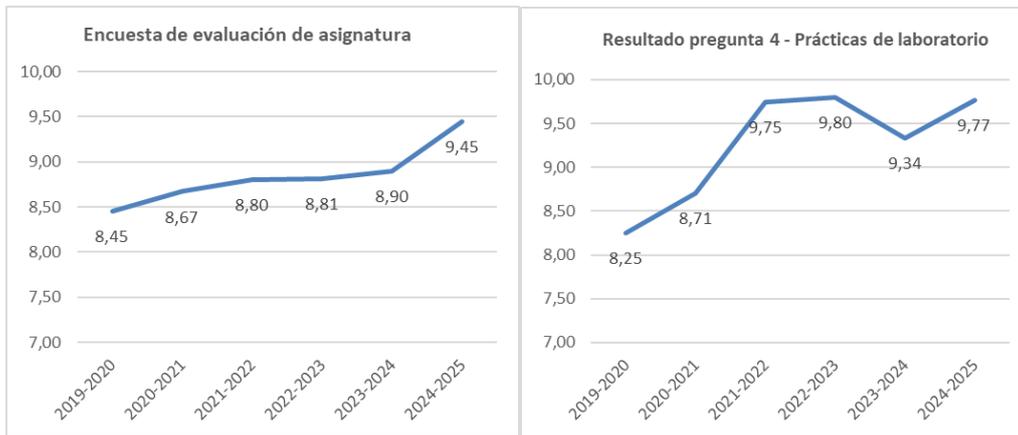


Figura 7: Ejemplo de gráficos realizados por los estudiantes en sus informes de prácticas.

#### 4. Resultados y conclusiones.

En el curso 2020-2021, un total de 43 estudiantes matriculados en las dos asignaturas, Ingeniería Acústica (MII) y Acústica Aplicada (MIM), realizaron la práctica de determinación de los niveles de potencia acústica utilizando distintas fuentes de ruido en sus domicilios. En lo que respecta a las fuentes de ruido ensayadas, la opción más elegida fue el secador de pelo, opción seleccionada por 22 estudiantes, seguido de maquinillas de afeitar eléctricas (7 estudiantes), batidoras (3 estudiantes), aspiradoras (3 estudiantes), y licuadoras (2 estudiantes). Las opciones de reproductor de audio, dron, limpiador eléctrico de cristales, amoladora, exprimidor y robot de cocina fue la opción elegida minoritariamente (1 estudiante). Los resultados obtenidos en estas prácticas realizadas de forma no presencial no son comparables entre sí debido a que los ensayos se llevaron a cabo con una variedad de fuentes de ruido diferentes, en distintos entornos y utilizando instrumentación basada en teléfonos móviles, cuya referencia y calibración se desconocen y carecen de trazabilidad metrológica. Por lo tanto, los resultados no pueden considerarse comprobables de forma directa. Los criterios de corrección de las prácticas realizadas en formato no presencial se basan en el contenido y calidad de la memoria de prácticas y en el chequeo de los cálculos realizados mediante la corrección de la hoja de cálculo utilizando valores de referencia.

Se ha analizado el impacto sobre la docencia de la puesta en marcha de esta metodología mediante la valoración que realizan los estudiantes a través del análisis de las encuestas de evaluación de las asignaturas. En la figura 8 se presenta la evolución de la valoración que los estudiantes realizan en las encuestas, observándose una tendencia ascendente desde el curso 2019-2020. Al analizar la pregunta específica sobre las prácticas de laboratorio, se observa que, tanto en el curso 2020-2021, en el que se implantó esta metodología, como en el curso 2021-2022, segundo año académico de realización de estas prácticas a distancia, el grado de satisfacción de los estudiantes aumentó notablemente, pasando de 8,25 a 8,81 en el curso de implantación y a 9,75 en el segundo curso. En los cursos posteriores, donde se han combinado ambos enfoques, estos valores se han mantenido por encima del 9,3 hasta la actualidad. La metodología se ha ido adaptando con el paso de los cursos y en la actualidad, se realiza primero todo el procedimiento en clase durante dos sesiones, llevando a cabo el ensayo completo y generando un registro de datos con el que los estudiantes realizan los cálculos, que son revisados y corregidos por el profesor de la asignatura y, por otro lado, realizan la práctica en su domicilio a título individual, donde lo que se valora es la metodología seguida.



**Figura 8:** Evolución de la valoración que los estudiantes realizan de las asignaturas. Izq., media de valoración global de las asignaturas IA-MII y AA-MIM. Derecha: Valoración media de las prácticas de laboratorio.

## 5. Referencias

- [1] UNE-EN ISO 3744:2011. Acústica. Determinación de los niveles de potencia acústica y de los niveles de energía acústica de fuentes de ruido utilizando presión acústica. Métodos de ingeniería para un campo esencialmente libre sobre un plano reflectante. (ISO 3744:2010).
- [2] BOE-A-2009-2740 Orden CIN/311/2009, de 9 de febrero, por la que se establecen los requisitos para la verificación de los títulos universitarios oficiales que habiliten para el ejercicio de la profesión de Ingeniero Industrial. <https://www.boe.es/eli/es/o/2009/02/09/cin311>.
- [3] BOE-A-2010-10542 Real Decreto 861/2010, de 2 de julio, por el que se modifica el Real Decreto 1393/2007, de 29 de octubre, por el que se establece la ordenación de las enseñanzas universitarias oficiales. <https://www.boe.es/eli/es/rd/2010/07/02/861>.
- [4] European Commission. (6 de febrero de 2024). *Internal Market, Industry, Entrepreneurship and SMEs*. [https://commission.europa.eu/about/departments-and-executive-agencies/internal-market-industry-entrepreneurship-and-smes\\_en?prefLang=es](https://commission.europa.eu/about/departments-and-executive-agencies/internal-market-industry-entrepreneurship-and-smes_en?prefLang=es)
- [5] DO L 158 de 27.5.2014, p. 131–195. Reglamento (UE) n° 540/2014 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 16 de abril de 2014, sobre el nivel sonoro de los vehículos de motor y de los sistemas silenciadores de recambio, y por el que se modifica la Directiva 2007/46/CE y se deroga la Directiva 70/157/CEE. <https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2014/540/oj>
- [6] DO L 239 de 19.9.2017, p. 3–7. Reglamento Delegado (UE) 2017/1576 de la Comisión, de 26 de junio de 2017, que modifica el Reglamento (UE) n° 540/2014 del Parlamento Europeo y del Consejo en lo que se refiere a los requisitos del sistema de aviso acústico de vehículos para la homologación de tipo UE de vehículos. [http://data.europa.eu/eli/reg\\_del/2017/1576/oj](http://data.europa.eu/eli/reg_del/2017/1576/oj)
- [7] DO L 162 de 3.7.2000, p. 1–78. Directiva 2000/14/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 8 de mayo de 2000, relativa a la aproximación de las legislaciones de los Estados miembros sobre emisiones sonoras en el entorno debidas a las máquinas de uso al aire libre. <http://data.europa.eu/eli/dir/2000/14/oj>
- [8] DO L 165 de 29/06/2023, p. 1–102. Reglamento (UE) 2023/1230 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 14 de junio de 2023, relativo a las máquinas, y por el que se derogan la Directiva 2006/42/CE del Parlamento Europeo y del Consejo y la Directiva 73/361/CEE del Consejo. <http://data.europa.eu/eli/reg/2023/1230/oj>
- [9] DO L 177 de 5.6.2020, p. 1–31. Reglamento (UE) 2020/740 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 25 de mayo de 2020, relativo al etiquetado de los neumáticos en relación con la eficiencia en términos de consumo de carburante y otros parámetros, por el que se modifica el Reglamento (UE) 2017/1369 y se deroga el Reglamento (CE) n° 1222/2009. <http://data.europa.eu/eli/reg/2020/740/oj>
- [10] UNE-EN ISO 3740:2020. Acústica. Determinación de los niveles de potencia acústica de las fuentes de ruido. Guía para la utilización de las normas básicas. (ISO 3740:2019).
- [11] Jens Hee. USB Reverberation Meter. [Aplicación móvil]. Google Play. <https://play.google.com/store/apps/details?id=jh.slm.artime2>
- [12] Atelier 7hz. ClapReverb. [App móvil]. App Store. <https://apps.apple.com/us/app/clapreverb/id1407467855>
- [13] Arpa Piemonte. OpeNoise. [Aplicación móvil]. Google Play. <https://play.google.com/store/apps/details?id=it.piemonte.arpa.openoise&hl=es>