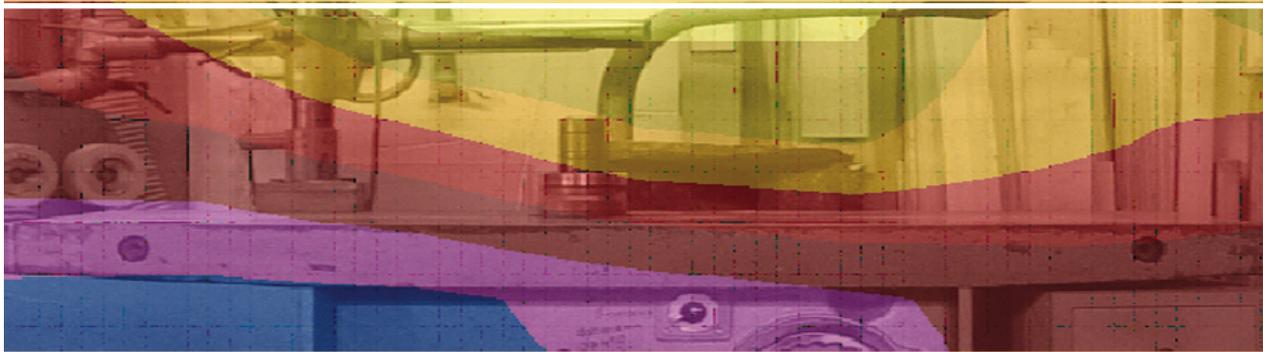


Proyecto DERMIA

La Intensimetría Acústica
como herramienta para
el control del RUIDO



UNIVERSIDAD
POLITECNICA
DE VALENCIA



GENERALITAT VALENCIANA
CONSELLERIA D'ECONOMIA, HISENDA I OCUPACIÓ

CONTENIDO

1.	Proyecto Dermia	pág. 3
2.	El ruido en el ámbito laboral	pág. 5
3.	Limitaciones del sistema de evaluación del ruido a partir de la presión acústica	pág. 6
4.	Intensidad acústica	pág. 7
5.	Intensimetría acústica. Mapas de emisión de ruido	pág. 9
6.	Ejemplo de intervención	pág. 10
7.	Aplicaciones	pág. 13
8.	Ventajas	pág. 14
9.	Más información	pág. 15

PROYECTO DERMIA: LA INTENSIMETRÍA ACÚSTICA COMO HERRAMIENTA PARA EL CONTROL DEL RUIDO

1. PROYECTO DERMIA

El Proyecto DERMIA (Diagnóstico de Emisión de Ruido Mediante Intensimetría Acústica) es un proyecto desarrollado por el Grupo de Acústica Arquitectónica y del Medio Ambiente (ACARMA) de la Universidad Politécnica de Valencia (UPV).

Este proyecto, desarrollado dentro de las iniciativas que pone en marcha el Centro en Red de Apoyo a la Innovación en Prevención de Riesgos Laborales de la UPV, ha contado con el apoyo y colaboración de Muvale y Unión de Mutuas, que han financiado el proyecto y cuyos técnicos de prevención han colaborado en su desarrollo. También ha contado con el apoyo de la Consellería de Economía Hacienda y Empleo de la Generalitat Valenciana y de la Confederación de Organizaciones Empresariales de la Comunidad Valenciana (CIERVAL).

Finalmente, en el desarrollo del proyecto se ha contado con la colaboración desinteresada de numerosas empresas del sector de la Madera y del Metal, que han facilitado el acceso del equipo de investigadores a sus instalaciones para la realización de pruebas y sin cuya colaboración este proyecto no hubiera sido posible.

El objetivo fundamental del proyecto es poner a punto un método simple y práctico para la obtención de mapas de emisión sonora de máquinas e instalaciones industriales mediante la técnica de Intensimetría Acústica. Estos mapas permiten identificar las fuentes localizadas de ruido y efectuar un diagnóstico sobre el origen del problema en cada caso particular, lo que permite plantear soluciones eficaces.

Esta publicación va dirigida a técnicos de prevención de empresas, mutuas y servicios de prevención, con el objeto de dar a conocer las posibilidades de la nueva herramienta, como un sistema orientado a la búsqueda del origen de los problemas de ruido y la definición de medidas correctoras. Es el complemento necesario a los actuales sistemas de evaluación, que sólo detectan el problema pero no investigan sus causas.

DESARROLLO

Durante el desarrollo del proyecto se han cubierto las siguientes fases:

- Revisión de técnicas de medición de ruido en el ámbito industrial.
- Puesta a punto y adaptación de la técnica de Intensimetría Acústica.
- Desarrollo de software específico para el tratamiento de datos, la elaboración de mapas de emisión de ruido, ayuda a la interpretación de resultados y orientación en la búsqueda de soluciones.
- Validación mediante pruebas en laboratorio.
- Desarrollo de un estudio de campo con el análisis de casos reales en empresas de los sectores del Metal y la Madera.
- Validación de la técnica mediante el desarrollo completo de dos ejemplos de intervención.
- Elaboración del protocolo de intervención definitivo.
- Difusión de resultados.

RESULTADOS

Como resultado del proyecto se ha elaborado un protocolo de diagnóstico de emisión de ruido para maquinaria industrial, con las siguientes características:

- Es un método práctico, adaptado a la realidad de las intervenciones preventivas en las empresas.
- Utiliza equipos portátiles y sistemas de medida utilizables en condiciones reales de trabajo.
- Las mediciones están basadas en protocolos sencillos y repetibles por personal con una mínima formación en el manejo de instrumental acústico.
- Va acompañado de un software que hace automática la adquisición y tratamiento de datos, así como la representación de la información gráfica necesaria para el diagnóstico.

Por otra parte, a lo largo del proyecto se han analizado diferentes máquinas tipo de los sectores antes citados elaborándose modelos de ficha para el análisis e intervención en casos prácticos.

Finalmente, se ha preparado material de difusión y formación para ir introduciendo esta técnica como una herramienta de apoyo a la evaluación y control del ruido.

2. EL RUIDO EN EL ÁMBITO LABORAL

El ruido en los lugares de trabajo es un problema que afecta a muchos trabajadores en numerosos sectores productivos. Tiene consecuencias sobre la salud de los trabajadores, el rendimiento en el trabajo y la seguridad, con importantes implicaciones económicas.

La normativa laboral sobre ruido "Real Decreto 1316/1989 sobre protección de los trabajadores frente a los riesgos derivados de la exposición al ruido durante el trabajo" ligada a la Prevención de Riesgos Laborales se basa en la valoración global del nivel de ruido. Esta valoración identifica si existe o no un problema, pero no orienta sobre sus causas ni permite definir medidas correctoras eficaces (**Figura 1**). Es una herramienta para valorar el riesgo pero no para detectar sus causas ni orientar en su control.



Figura 1. Límite del nivel de presión sonora.

Una vez identificada la existencia del problema, el diagnóstico de sus causas y la definición de medidas correctoras eficaces es un problema difícil y no resuelto en la mayoría de las ocasiones.

Con este objetivo, es necesario superar la fase de la mera evaluación de riesgos y profundizar en otras herramientas complementarias que permitan identificar las causas y establecer medidas correctoras eficaces.

En esta línea se planteó el proyecto DERMIA: *Metodología de diagnóstico de emisión de ruido en maquinaria mediante intensimetría acústica.*

3. LIMITACIONES DEL SISTEMA DE EVALUACIÓN DEL RUIDO A PARTIR DE LA PRESIÓN ACÚSTICA

El ruido es una energía que:

- Se origina por elementos mecánicos que vibran, chocan, etc. Esta causa está asociada a elementos de máquinas y equipos de trabajo.
- Además de originarse en unos determinados elementos, debe ser radiado por otros. Los elementos que radian el ruido al ambiente no tienen por qué ser los mismos que lo originan. De hecho, las diferentes partes de una máquina no radian el ruido por igual.
- Se propaga por el ambiente de trabajo bien directamente (ruido directo) o mediante sucesivas reflexiones (campo difuso o indirecto).

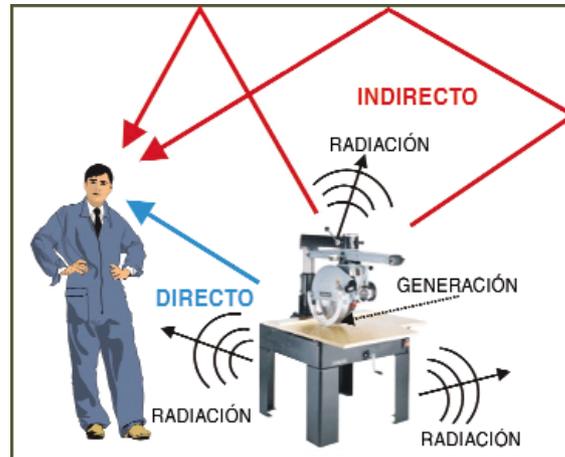


Figura 2. Proceso de generación, radiación y propagación del ruido.

El ruido directo depende de las características de la máquina, de su estado de mantenimiento y de su instalación. Su conocimiento preciso implica saber qué partes de la máquina son las que están radiando más energía.

El ruido indirecto depende de la potencia emitida por las máquinas y de las características acústicas del recinto. Para saber la potencia emitida no es suficiente conocer los datos del fabricante de la máquina ya que corresponden a un valor global establecido en laboratorio. La emisión de potencia debería ser medida in situ, ya que también depende de cómo se instale la máquina y de su estado de mantenimiento.

Un trabajador está expuesto al ruido que se origina por todas las máquinas del recinto. Según el nivel de intensidad, puede que sea más importante el ruido directo de la máquina que está más próxima pero, a veces, el nivel general de ruido (que es el que afecta a más trabajadores) se debe al ruido indirecto.

Las mediciones de niveles de ruido convencionales establecen el nivel de exposición global del trabajador al ruido en su entorno, pero no dan información sobre su origen. Si no conocemos qué partes de la máquina emiten y con qué intensidad, no podremos saber cuales son las medidas más eficaces para limitar su efecto.

Esta información sí puede obtenerse mediante la medida de la Intensidad Acústica.

4. INTENSIDAD ACÚSTICA

Cualquier elemento de una máquina que vibre radia energía acústica a su entorno. La potencia sonora es proporcional a energía radiada por unidad de tiempo. La Intensidad sonora describe la proporción de energía sonora en un punto, por unidad de tiempo y por unidad de superficie. La intensidad sonora aporta una medida de dirección, indicándonos la existencia de un flujo de energía direccional.

Por tanto la intensidad sonora es una magnitud vectorial, mientras que la presión sonora es una magnitud escalar.

En la **figura 3** se muestra esta propiedad: Se supone una fuente omnidireccional en campo libre y tres puntos de medida A,B y C, situados a la misma distancia de la fuente. La presión sonora en los tres puntos sería idéntica ($p_A=p_B=p_C$) y lo mismo sucede con el valor

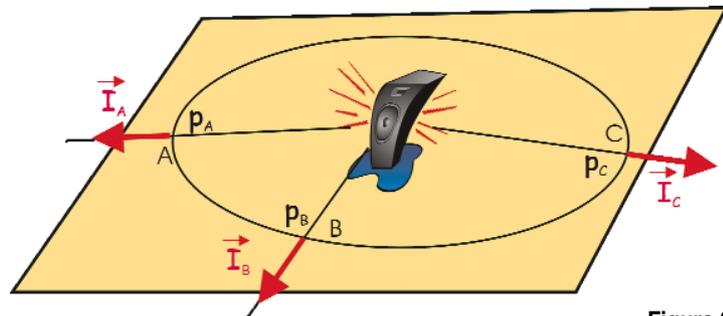


Figura 3.

del módulo del vector intensidad. La diferencia significativa entre los dos parámetros es que la intensidad, por ser una magnitud vectorial, nos indica la dirección de propagación de la onda sonora y por tanto permite localizar la fuente sonora.

¿Qué aporta la medida de intensidad frente a la medida de presión?

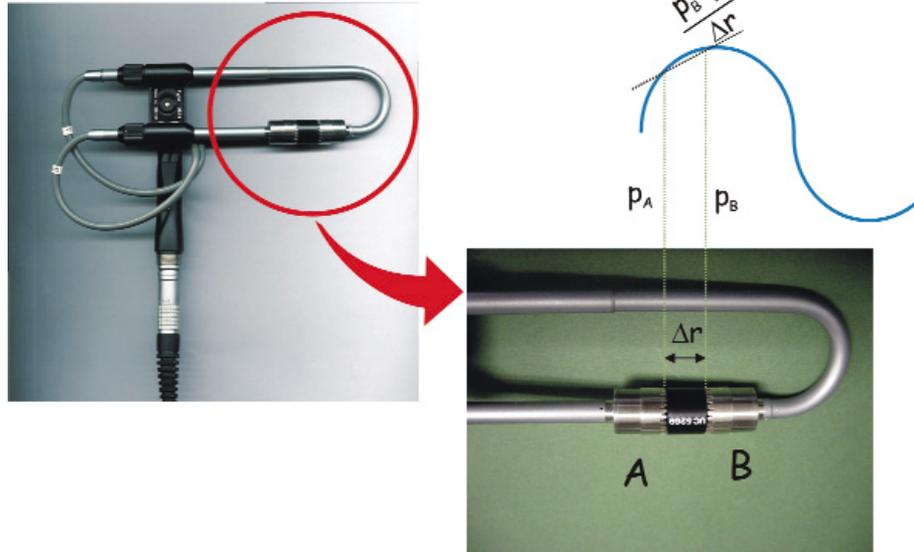
Podemos medir la presión sonora en un punto de una fábrica y valorar el riesgo de daño auditivo para el trabajador. Pero si el objetivo es reducir el ruido, tendríamos que saber cuanto ruido es radiado y cuales son las fuentes o máquinas que más radian. Para ello sería preciso conocer la potencia sonora de cada máquina y establecer un ranking de máquinas ruidosas. Una vez localizada la máquina más ruidosa, podríamos intentar reducir el ruido, localizando las zonas principales de radiación. Todo esto se puede llevar a cabo mediante la medida de intensidad.

¿Cómo se mide la Intensidad?

Mediante la medida de la presión acústica en dos puntos, P_A y P_B , separados una distancia determinada, Δr , se puede calcular la intensidad acústica, en la dirección definida por los puntos A y B, por medio de la expresión:

$$I_n = \frac{P_A + P_B}{2 \rho \Delta r} \int (p_B - p_A) dt \quad (\text{véase figura 4})$$

Figura 4. Principio de funcionamiento de la sonda de intensidad.





En la práctica, un sistema de medida de la intensidad consta de una sonda y un analizador (**Figura 5**). La sonda esta formada por dos micrófonos encargados de medir la presión en dos puntos muy próximos entre sí, y el analizador realiza la integración y los cálculos necesarios para obtener la intensidad sonora.

Figura 5. Analizador y sonda para la medida de la intensidad acústica.

5. INTENSIMETRÍA ACÚSTICA. MAPAS DE EMISIÓN DE RUIDO

Los parámetros que se utilizan, en el mundo laboral, para evaluar el grado de exposición al ruido de un trabajador y determinar si existe riesgo para su salud, se basan en el nivel de presión acústica. El proceso de medición de este nivel es sencillo y tan solo requiere el empleo de un sonómetro. Sin embargo, si de esta evaluación se desprende que es necesario reducir el ruido al que está sometido el trabajador, el nivel de presión acústica no suministra información sobre qué máquinas radian más ruido y cómo lo hacen. Esta información se puede obtener mediante la técnica de la intensimetría acústica, ya que la medida de la intensidad acústica permite el cálculo de la potencia acústica de una máquina y la localización de los distintos componentes de la misma que radian ruido.

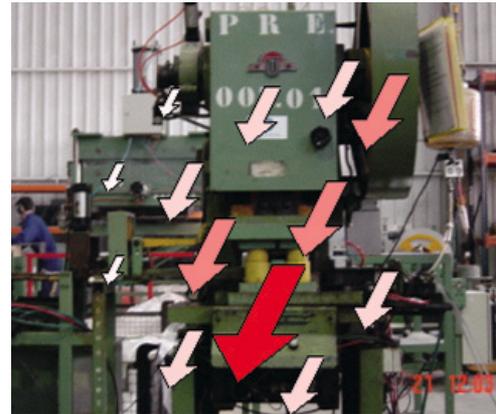


Figura 6. A diferencia de la presión acústica, la intensidad acústica proporciona información sobre la procedencia del ruido.

La Intensimetría Acústica es una técnica de evaluación del ruido que analiza el flujo de energía acústica de una máquina a su entorno. Permite establecer la magnitud y dirección de la emisión de ruido desde diferentes partes de la misma, para las distintas frecuencias de emisión (**Figura 6**).



Dado que la medida de la intensidad acústica proporciona tanto la cantidad de ruido como la dirección de la que procede, con esta técnica es posible la obtención de mapas de emisión de ruido. Son mapas en los que se muestra de forma detallada el nivel de emisión de cada zona de la máquina (**Figura 7**).

Figura 7. Mediante la técnica de la intensimetría acústica se pueden confeccionar mapas de emisión de ruido que sirven para localizar las zonas de máxima radiación de ruido.

A partir del mapa, es fácil identificar los "puntos calientes" o zonas donde se está radiando la mayor parte de energía y, por tanto, estos mapas suministran información indispensable sobre las medidas correctoras a adoptar para disminuir la radiación de ruido.

6- EJEMPLO DE INTERVENCIÓN

Una de las aplicaciones más interesantes de la técnica de la intensimetría acústica es la identificación y localización de las fuentes de ruido que puedan existir en una máquina más o menos compleja. Así, por ejemplo, consideremos el torno para metal mostrado en la **figura 8**.

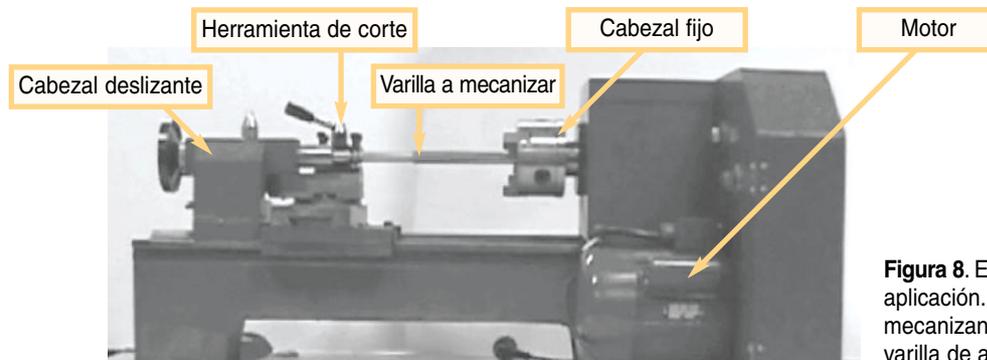


Figura 8. Ejemplo de aplicación. Torno mecanizando una varilla de acero.

Para la elaboración del mapa de emisión de ruido el primer paso del proceso consiste en definir una rejilla que cubra toda la superficie a estudiar. Esta rejilla define una serie de puntos equiespaciados en los que se procederá a medir la intensidad acústica (**Figura 9**).

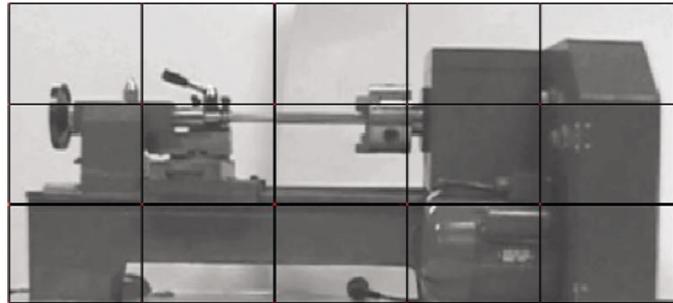
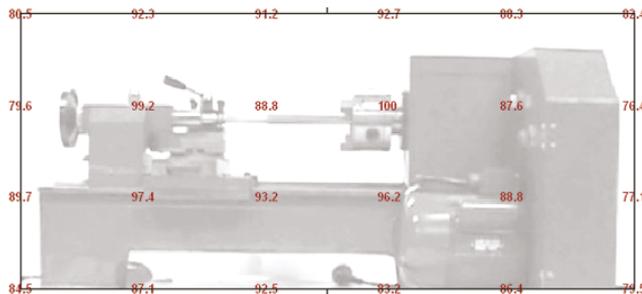


Figura 9. Rejilla de medida.

Figura 10. Nivel de intensidad lineal medido en cada punto de la rejilla.



Una vez elegidos los puntos de medida se procede a medir la componente normal de la intensidad acústica colocando la sonda de intensidad perpendicular al plano definido por la rejilla. Este proceso de medición suministra, para cada punto, la intensidad acústica en función de la frecuencia (**Figura 10**).

A partir de los valores medidos, mediante un método de interpolación, se obtienen las curvas de igual intensidad. Utilizando una técnica de coloreado entre las curvas de igual intensidad, se pueden confeccionar los mapas de intensidad, asignando un color a cada rango de valores de la intensidad.

Con estos mapas podemos localizar e identificar cuales son las fuentes de ruido más importantes de la máquina y las frecuencias a las que radian ruido. De la **figura 11** se concluye que el nivel

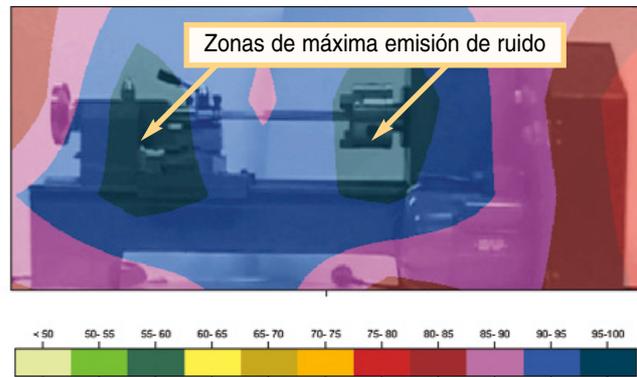


Figura 11. Mapa de curvas de igual nivel de intensidad lineal. Los valores máximos de emisión de ruido se sitúan a la altura de los cabezales de sujeción de la varilla que se está mecanizando.

máximo se produce a la altura de los cabezales del torno en los que se sujeta la varilla de acero que se está torneando. Hay que señalar que, aunque el ruido se genera en el contacto de la herramienta de corte con la varilla, éste se radia en los cabezales de sujeción de la varilla, donde existe una superficie lo suficientemente extensa para poder radiar ruido.

A partir del análisis en frecuencia se puede valorar la contribución de cada uno de los componentes de la máquina que generan ruido. Así, el motor del torno emite ruido a 500 Hz, pero con niveles muy por debajo de los emitidos a la altura de los cabezales (**Figura 12**).

Este ejemplo viene a confirmar la validez de la medida de la intensidad acústica para detectar las zonas de máxima radiación de ruido en una máquina compleja, lo cual permitirá establecer medidas de control para reducir el nivel global de ruido en el puesto de trabajo. Así, en este caso, para reducir el nivel global de ruido, se debería actuar sobre los cabezales de sujeción de la pieza a tornearse y no sobre la herramienta de corte o sobre el motor, ya que este último emite menos ruido.

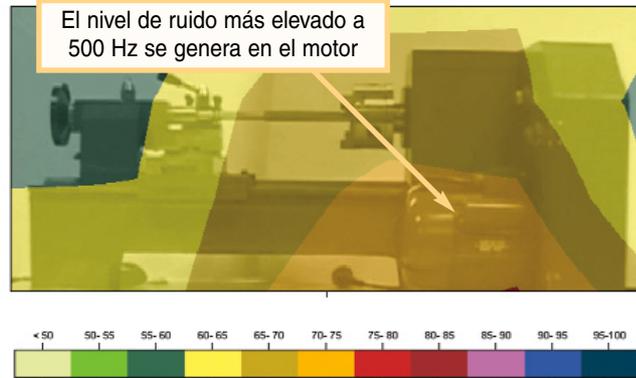


Figura 12. Mapa de curvas de igual nivel de intensidad a 500 Hz. Los valores máximos de emisión de ruido a 500 Hz se sitúan a la altura del motor pero son inferiores a los valores obtenidos en los cabezales.

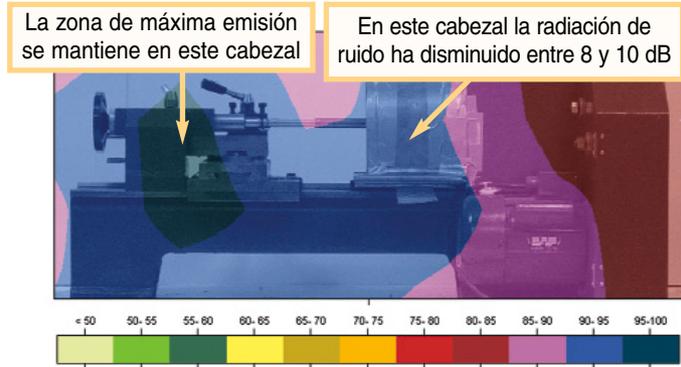


Figura 13. Encapsulado de uno de los cabezales del torno.

La técnica de medida de la intensidad acústica también se puede aplicar para comprobar la eficacia de las medidas correctoras. Así, en el ejemplo del torno, al encapsular uno de los cabezales de sujeción, tal como se muestra en la **figura 13**, y repetir el proceso de medida de la intensidad acústica, se observa como el nivel de intensidad emitido a la altura del cabezal

encapsulado disminuye en torno a los 8/10 dB, mientras que en el otro cabezal el nivel sigue siendo el mismo (**Figura 14**).

Figura 14. Mapa de curvas de igual nivel de intensidad lineal. En la zona del cabezal encapsulado el nivel disminuye en torno a los 8/10 dB, mientras que en el otro cabezal el nivel sigue siendo el mismo.



7- APLICACIONES

Las aplicaciones más interesantes de la técnica de la intensimetría acústica en el sector de la prevención de riesgos laborales derivados de la exposición del trabajador al ruido, se pueden resumir en los siguientes puntos:

- Método de diagnóstico de emisión de ruido, complemento necesario de los actuales métodos de medida, para identificar el origen del ruido y plantear medidas correctoras eficaces y orientadas a las causas reales.
- Permite comprobar de una manera detallada y cuantificable la eficacia de las medidas correctoras. (**Figuras 15a y 15b**).



Figura 15a. La máxima emisión de ruido se produce en la zona de aspiración del serrín y de ventilación del motor.

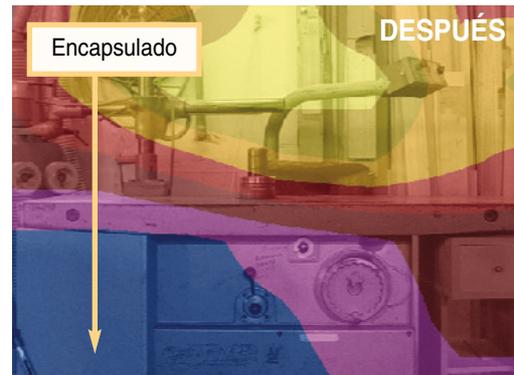


Figura 15b. Al encapsular la zona de máxima emisión, mediante la medida de la intensidad acústica, se comprueba la eficacia de la medida correctora.

- Sirve para valorar la eficacia de los sistemas de encapsulamiento de máquinas y detectar posibles puentes acústicos (zona de fuga de ruido) que limiten su efectividad real. (**Figura 16a y 16b**)



Figura 16a. El encapsulamiento de esta máquina es correcto. La máxima emisión de ruido se produce bajo de la máquina.



Figura 16b. En la junta de las puertas del encapsulamiento de la máquina se produce una "fuga de ruido".

- Puede evaluar la potencia emitida por una máquina y contrastar si los datos ofrecidos por el fabricante se ajustan al funcionamiento real, o si estos se han visto alterados por problemas en la máquina, de instalación o por otros motivos.
- Ofrece información necesaria para implementar modelos fiables de predicción de ruido en recintos industriales.

8- VENTAJAS

- Supone un enfoque innovador que aborda el análisis del ruido no desde el punto de vista de la cuantificación del problema global, como sucede con los actuales métodos de medición con sonómetro, sino desde el punto de vista de la identificación de causas, la determinación de su importancia y la búsqueda de soluciones.
- En este sentido es un método de diagnóstico del origen del ruido, que permite identificar de una manera gráfica y muy intuitiva las partes de la máquina con mayores niveles de emisión.

- Además, al permitir un análisis detallado en frecuencias, orienta sobre la causa última del ruido (motores, cajas de transmisión, herramientas de corte, tubos de aspiración, golpes, etc) orientando sobre posibles alternativas de mejora.
- La información obtenida permite priorizar el orden de actuación sobre el conjunto de maquinaria de un recinto, ya que se identifican cuales son las máquinas cuya mejora tendrá un efecto apreciable sobre el nivel de ruido en el recinto.
- También permite separar la parte de ruido que afecta al operario de la máquina en cuestión, del ruido que puede afectar al nivel global en el recinto. En ocasiones, si bien no es posible mejorar de forma sustancial los niveles de ruido que afectan a un operario concreto, sí es posible minimizar el efecto de la misma sobre otros trabajadores que realicen sus actividades en el mismo recinto.

9- MÁS INFORMACIÓN

Si desea ampliar información sobre este proyecto puede dirigirse a:

Grupo de Acústica Arquitectónica y del Medio Ambiente.

Universidad Politécnica de Valencia
Correo electrónico: estelles@fis.upv.es
Teléfonos: 96 3877528 - 96 3877522

Muvale

Correo electrónico: prevencion@muvale.com
Teléfono: 96 3181022

Unión de Mutuas

Correo electrónico: amayor@unimat.es
Teléfono: 964 341769

Centro en Red de Apoyo a la Innovación en la Prevención de Riesgos Laborales.

Universidad Politécnica de Valencia.
Correo electrónico: RedIRL@ibv.upv.es
Teléfono: 96 3879160

Financiado por:



Con la colaboración de:

