

LOCALIZACIÓN EN 3D, IDENTIFICACIÓN Y ANÁLISIS DE FUENTES DE RUIDO EN ENTORNOS DE TRABAJO

Pablo Alloza¹

¹ gfai tech GmbH
{e-mail: alloza@gfai.tech.de }

Resumen

La reducción de niveles de ruido excesivos en los entornos laborales ha sido un gran reto en las últimas décadas, desde el punto de vista del cumplimiento de normativas y desde el propio compromiso de la sociedad. En muchos entornos industriales pueden darse escenarios complejos con numerosas y variadas fuentes de ruido que afectan de forma simultánea a los trabajadores, haciendo compleja la labor de análisis y propuesta de soluciones de reducción de ruido.

La utilización de sistemas de localización sonora basada en beamforming con arrays de micrófonos esféricos permiten situar el punto de evaluación en el puesto de trabajo y localizar las fuentes de ruido alrededor de la misma. El mapa de ruido en 3D del entorno de trabajo generado, permite realizar una diagnosis precisa de los niveles y de la huella sonora de las diferentes fuentes de ruido que afectan a cada posición de trabajo. Esta publicación muestra un ejemplo de aplicación de esta tecnología en un entorno industrial con varias fuentes de ruido.

Palabras clave: localización sonora, 3D, ruido, beamforming, acoustic camera

Abstract

The reduction of excessive noise levels in work environments has been a great challenge in recent decades, from the point of view of compliance standards and from the commitment of society itself. In many industrial environments, a situation with complex scenarios with numerous and varied noise sources that simultaneously affect workers, make it difficult to analyze and propose noise reduction solutions.

The use of beamforming-based sound localization systems with spherical microphone arrays make it possible to set the evaluation point in the workplace and localize noise sources around it. The 3D noise map generated of the work environment allows an accurate diagnosis of the levels and sound footprint of the noise sources that affect each work position. This publication shows an example of the application of this technology in an industrial environment with various sources of noise.

Keywords: sound localization, 3D, noise, beamforming, acoustic camera

PACS n°. 43.50.Jh, 43.50.Yw

1 Introducción

La preocupación por la higiene y salud de los trabajadores es una realidad desde hace años en las industrias. La Ley 31/1995 de Prevención de Riesgos Laborales y el RD 286/2006 sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición al ruido, así como la concienciación de todos los agentes implicados (empresarios, trabajadores y técnicos de Prevención de Riesgos Laborales), impulsaron el actual estado en el que los estudios acústicos y las mediciones de ruido son un hábito normal, y saludable, en nuestros días.

Hay entornos de trabajo sometidos a altos niveles de ruido en los que es relativamente fácil identificar y diagnosticar la fuente de ruido que provoca dichos niveles; pero en la mayoría de las situaciones, nos enfrentamos a escenarios en los que existen diferentes focos de ruido que aportan niveles sonoros a un área o posición de trabajo. Los sistemas basados en *arrays* de micrófonos y algoritmos de beamforming proporcionan información útil respecto a la posición de las fuentes de ruido de mayor aporte energético, tanto en interiores como exteriores [1].

En entornos de trabajo con varias fuentes de ruido o diferentes ciclos de funcionamiento, los *arrays* de micrófonos esféricos, con micrófonos en todas las direcciones, pueden identificar las diferentes fuentes de ruido que afectan a un punto de evaluación, por su nivel, rango frecuencial o incluso parámetros psicoacústicos [2]. El procedimiento consiste en instalar el *array* esférico en la posición de un trabajador y registrar los niveles de ruido que afectan a esa posición, identificando y analizando, en el dominio temporal y en el dominio frecuencial, cuanto aporta cada fuente de ruido a dicha posición, tanto en niveles de ruido como en niveles de potencia sonora. Estos datos también pueden ser utilizados para alimentar y validar modelos predictivos.

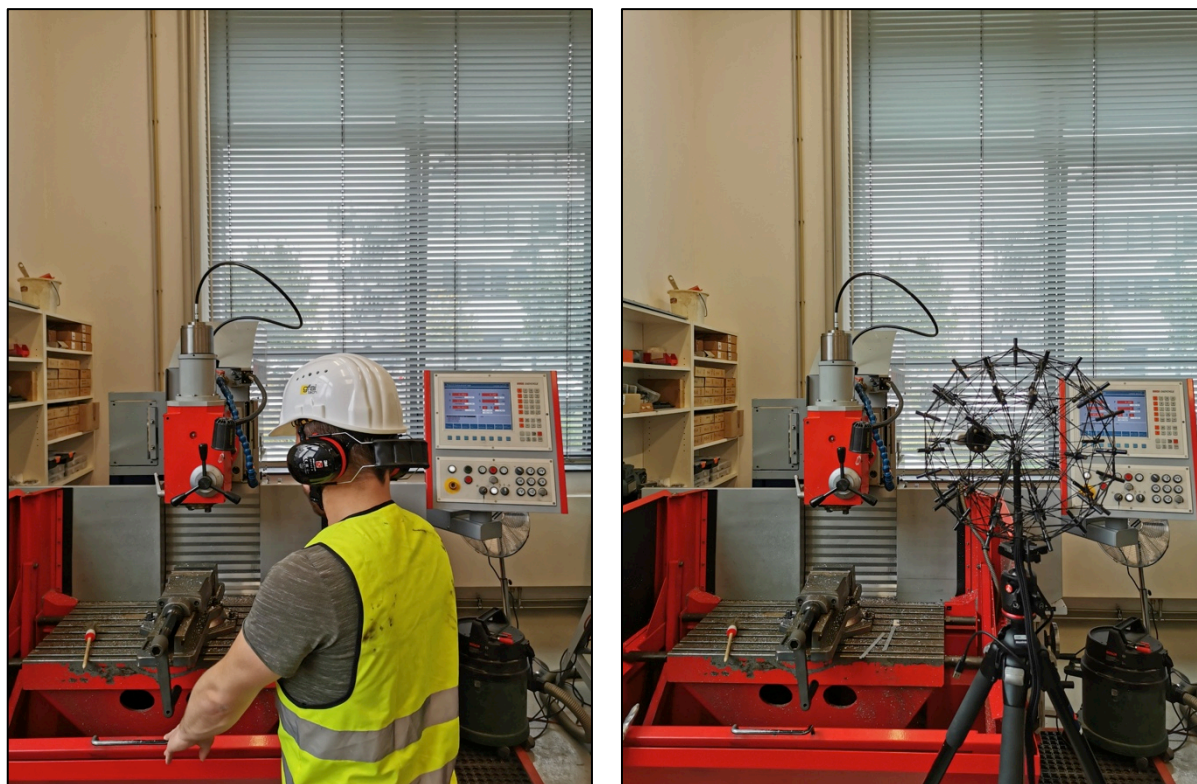


Figura 1 – Ejemplo de posicionamiento de *array* esférico en punto de trabajo

2 Escenarios

Se han planteado tres ensayos con diferentes fuentes de ruido.

TEST 1: Aspirador, altavoz grande (emisión en banda ancha) y frigorífico portátil.

TEST 2: Aspirador y altavoz pequeño (emisión tonal).

TEST 3: Aspirador, altavoz grande y golpes con martillo sobre banco de trabajo.

El escenario en el que se han realizado los ensayos es una sala sin ningún tratamiento absorbente y un tiempo de reverberación superior a tres segundos, con unas medidas de 10x6 metros y 5 metros de altura. La sala está amueblada principalmente con estanterías metálicas en una pared y algunos arcones de madera. Se generó el modelo 3D de este recinto con un laser scanner, para posteriormente importarlo en el software *NoiseImage* de *gfai tech*, calcular y representar los resultados sobre él. El modelo 3D es navegable, es posible visualizar el entorno con el mapa de colores representando los niveles de ruido desde cualquier punto de vista. El ajuste y referencia del *array* de micrófonos dentro del modelo 3D se realiza de forma sencilla a través de un algoritmo de ajuste a partir de seleccionar tres o más puntos coincidentes entre el modelo 3D y la fotografía que toma el *array* de micrófonos.



Figura 2 – Ajuste de posición de *array* en modelo 3D a partir de 4 puntos, izquierda al 20% y derecha al 90%

2.1 Equipo utilizado

El sistema de medición utilizado se basa en un registrador de datos multicanal para la adquisición de señales con una frecuencia de muestreo de 192 kHz y tarjetas de adquisición de 32 bits; el conjunto de micrófonos utilizado es el SPHERE 48 AC PRO de *gfai tech*, una geometría esférica, acústicamente transparente, con 48 micrófonos electret. Este sistema permite el análisis en el dominio del tiempo y la frecuencia, proporcionando resultados de localización de las fuentes de ruido en modelos 3D de los recintos bajo estudio.

3 Resultados

Todas las fotografías acústicas hacen referencia al rango frecuencial seleccionado en negro que se muestra en la parte superior de las mismas. Todos los valores en dB, sin ponderación.

3.1 TEST 1

Desde una vista cenital, con todo el rango frecuencial seleccionado, se identifican las dos áreas de ruido principales (Fig.3).

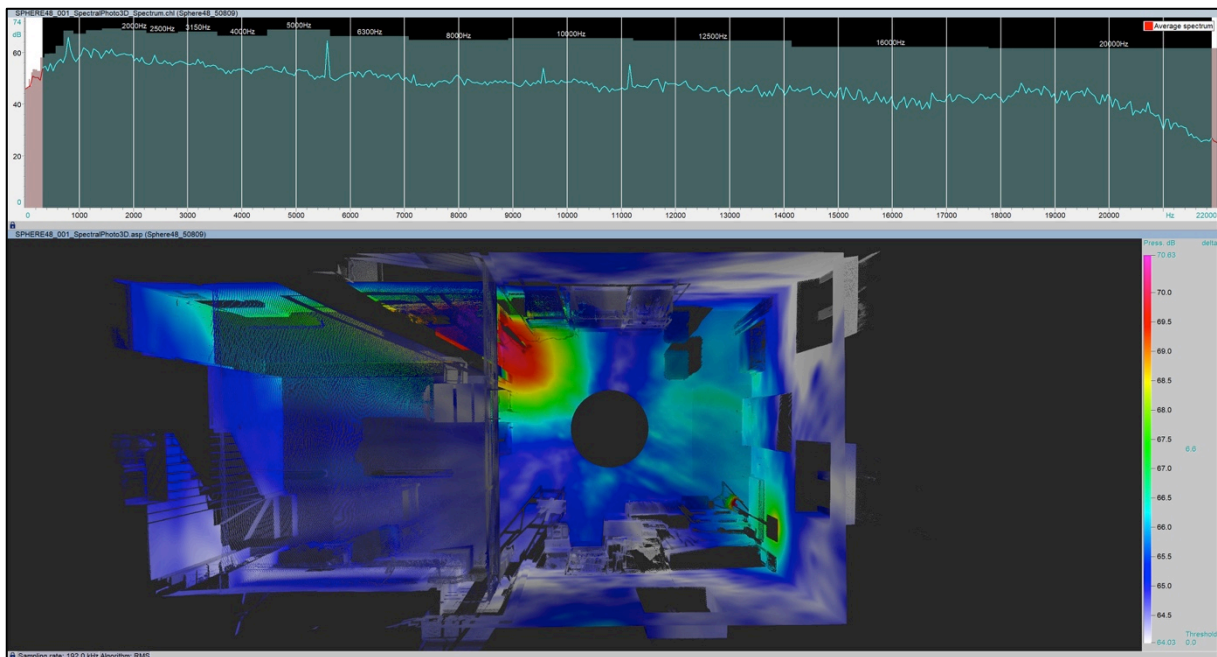


Figura 3 – Vista cenital de los resultados sobre el modelo 3D

Navegando por el modelo 3D se pueden identificar con precisión las fuentes de ruido de la aspiradora y el altavoz que está emitiendo ruido de banda ancha (Fig. 4 y 5).

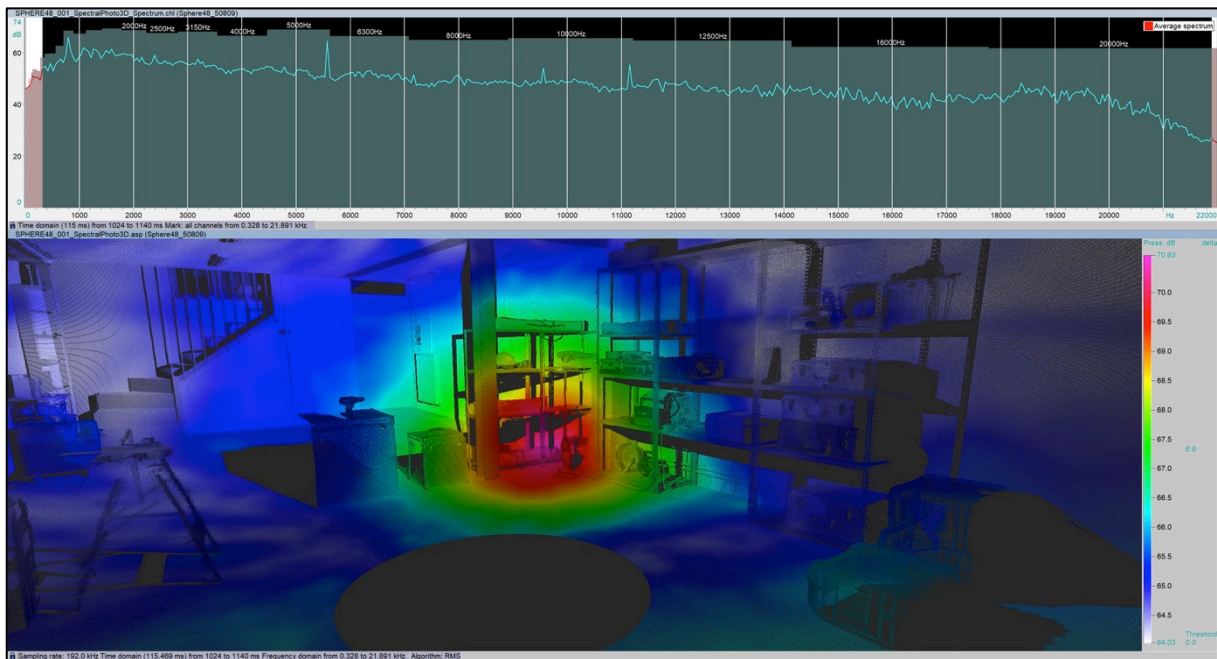


Figura 4 – Identificación de fuente de ruido 1 sobre el modelo 3D

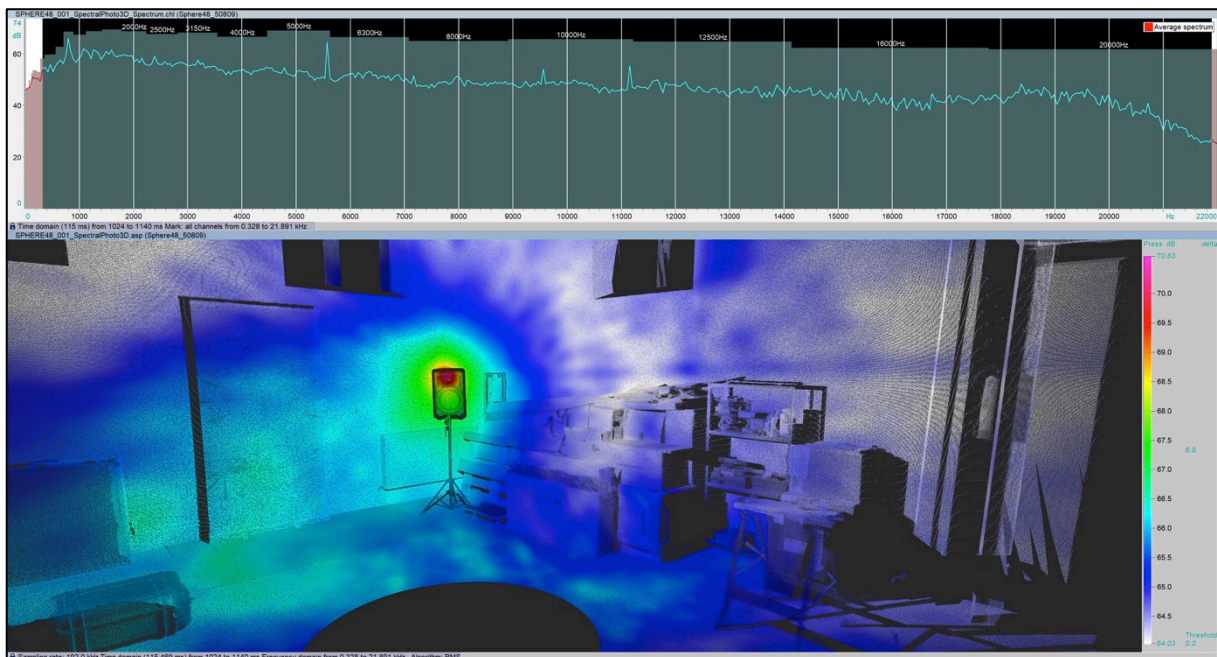


Figura 5 – Identificación de fuente de ruido 2 sobre el modelo 3D

Los niveles de potencia sonora de la aspiradora son 93,5 dB y los del altavoz grande 89,5 dB. Estos niveles se calculan a partir de los niveles de presión sonora registrados por los micrófonos y la distancia a la fuentes de ruido [3].

Un análisis detallado del pico frecuencial en el tercio de octava de 5.000 Hz nos permite identificar la emisión sonora del compresor del frigorífico portátil en funcionamiento (Fig. 6 y 7).

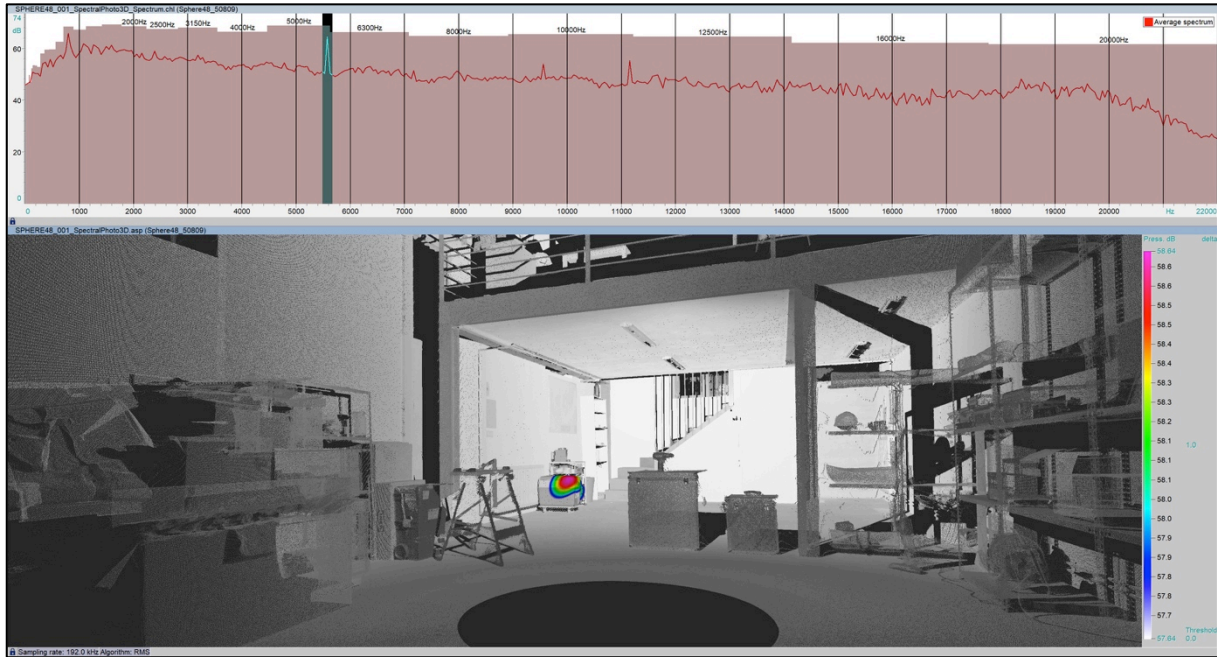


Figura 6 – Identificación de fuente de ruido 3 sobre el modelo 3D

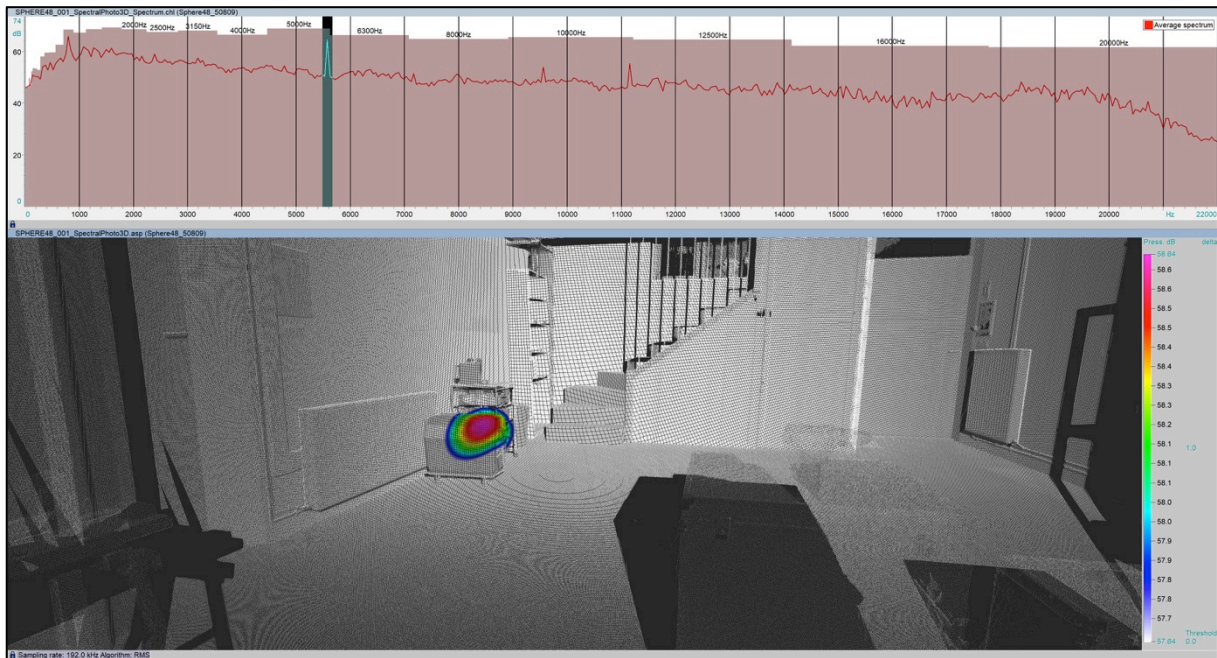


Figura 7 – Identificación de fuente de ruido 3 sobre el modelo 3D, vista cercana.

3.2 TEST 2

En este escenario, la principal fuente de ruido seleccionando todo el rango frecuencial es la aspiradora [Fig. 8], quedando el altavoz pequeño enmascarado. Pero seleccionando el pico frecuencial y sus armónicos con la herramienta “cursor armónico”, se identifica el pequeño altavoz emitiendo dicho tono desde la estantería [Fig. 9].

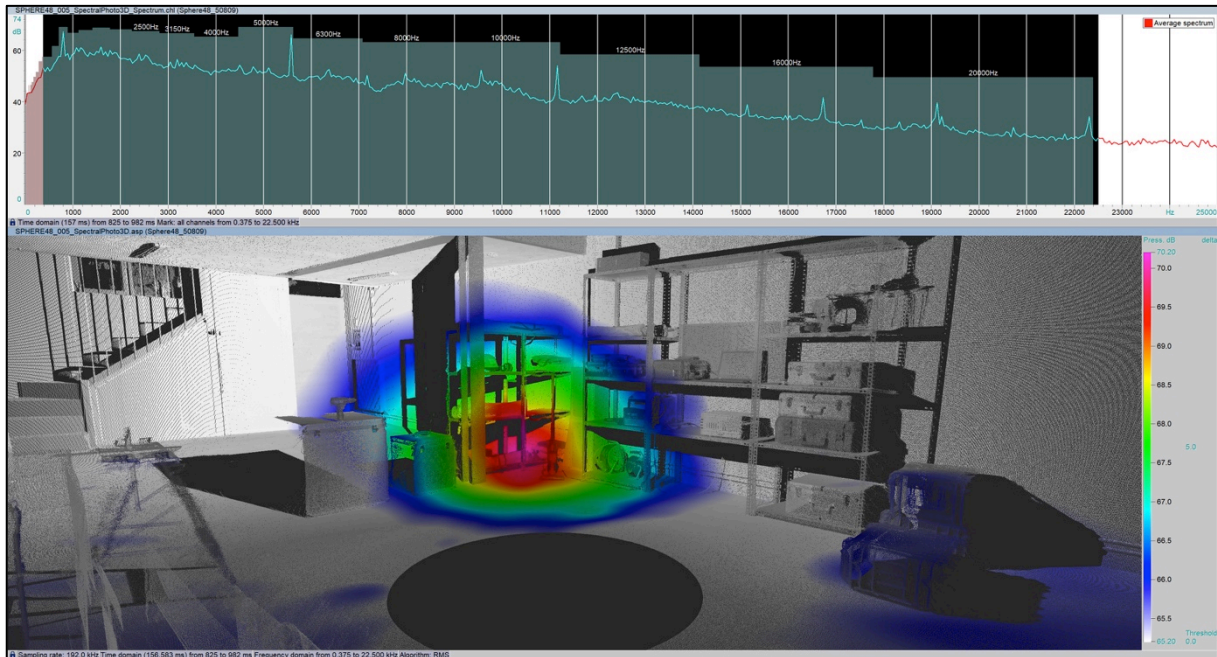


Figura 8 – Identificación de fuente de ruido 1 sobre el modelo 3D

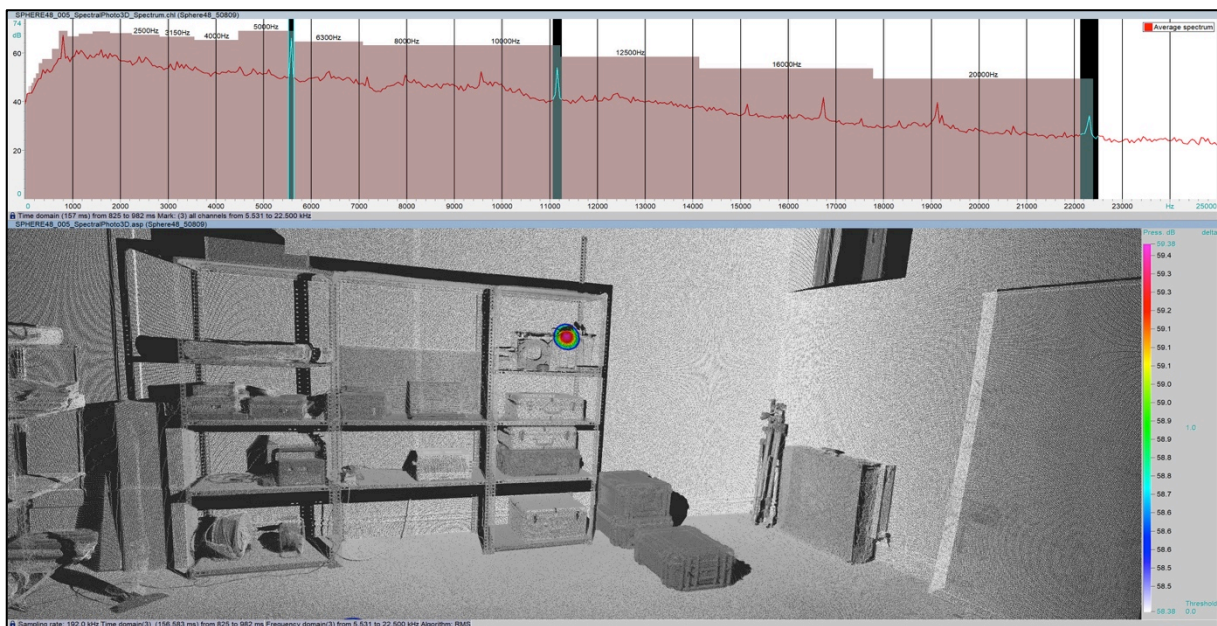


Figura 9 – Identificación de fuente de ruido 2 sobre el modelo 3D

3.3 TEST 3

En este escenario se realizan unos golpes con martillo metálico sobre un banco de trabajo, mientras las fuentes de ruido de la aspiradora y el altavoz grande están en funcionamiento. En el espectrograma se identifican perfectamente dichos golpes como eventos impulsivos (Fig. 10). Es posible seleccionar el rango temporal que interese con el objetivo de incluir o no dichos eventos. En un primer análisis, se hace una selección temporal evitando los eventos impulsivos, localizándose las fuentes de ruido del escenario 1 (Fig. 11). En un segundo análisis se selecciona uno de los golpes, identificándose con precisión en que zona del escenario se producen. En el resultado se visualiza el golpe sobre el banco de trabajo y su transmisión a través de una de las patas hasta el suelo (Fig. 12)

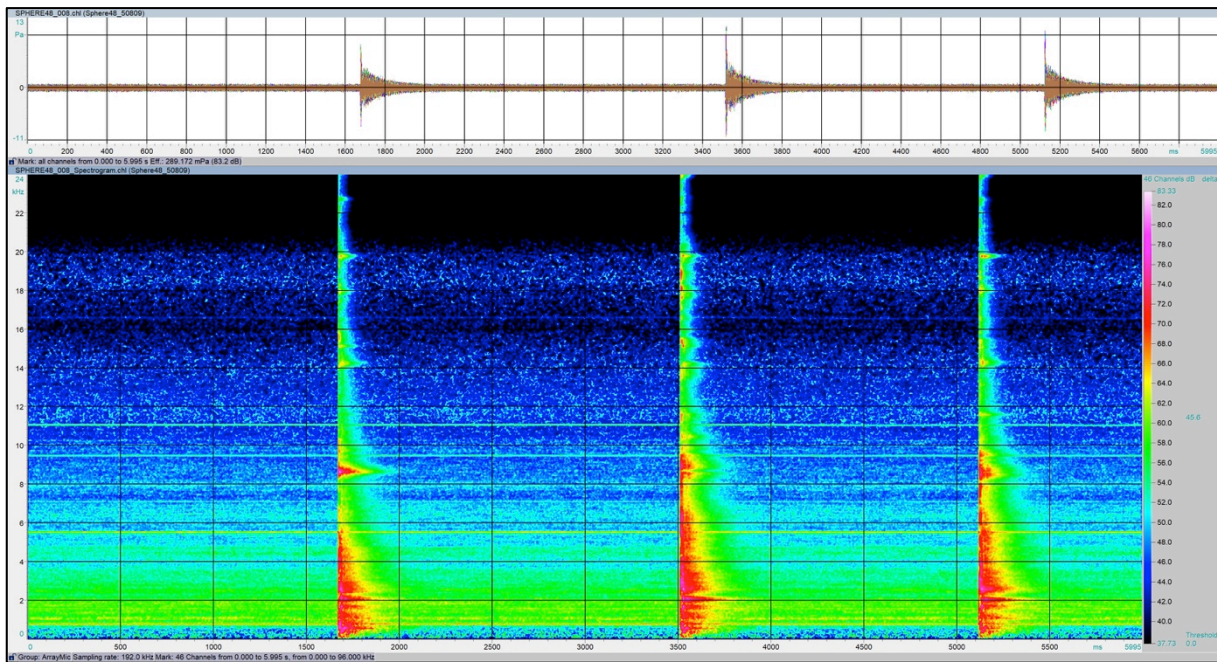


Figura 10 – Espectrograma

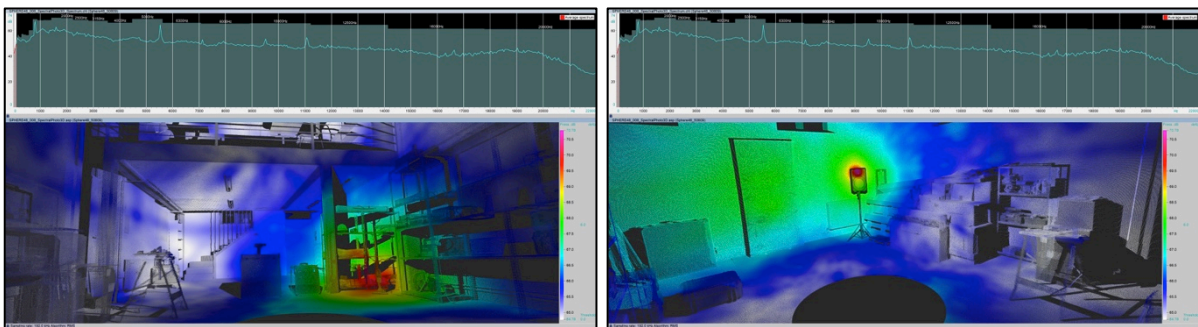


Figura 11 – Identificación de fuentes de ruido 1 y 2 sobre el modelo 3D

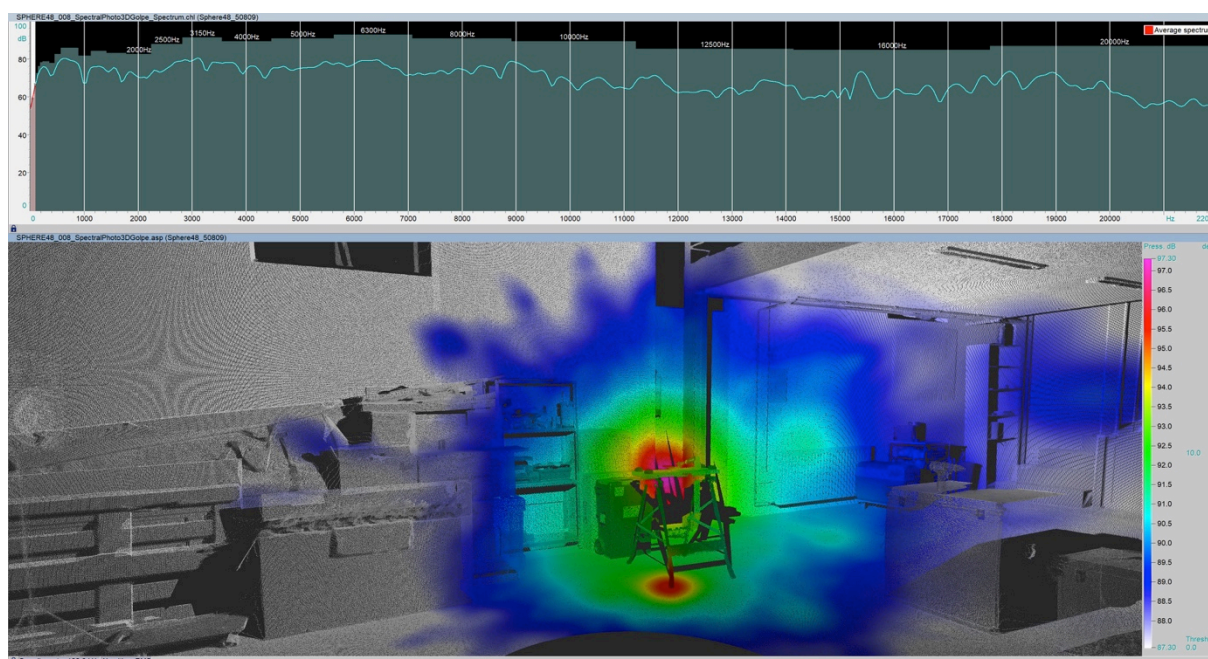


Figura 12 – Identificación de golpe de martillo en banco de trabajo sobre el modelo 3D

4 Conclusiones

Los análisis y resultados presentados proporcionan un nuevo punto de vista para abordar problemas de ruido en entornos industriales, pudiendo tomar como referencia la posición de trabajo de un trabajador sometido a niveles de ruido. La información proporcionada por el sistema Acoustic Camera genera datos útiles en cuanto a la localización de las fuentes de ruido involucradas en el escenario y sus niveles de ruido y potencia sonora; de esta forma es posible calcular y definir soluciones de reducción de ruido óptimas, así como utilizar los datos para alimentar y validar modelos predictivos de cálculo de niveles de ruido.

La Acoustic Camera con sus *arrays* esféricos son la herramienta ideal para este tipo de mediciones, ya que evalúan todo el entorno con micrófonos en todas las direcciones, dando un paso más en la localización de fuentes de ruido, típicamente en 2D, identificando las fuentes de ruido en imágenes acústicas tridimensionales fáciles de entender por todos los agentes implicados.

Referencias

- [1] Alloza, Pablo; Vonrhein, Benjamin. Noise sources localization in industrial facilities. *Internoise Madrid*, 2019.
- [2] Kümritz, Sebastian; Kerscher Michael. The Acoustic Camera as a tool for Room Acoustics. *Internoise*, 2019
- [3] Acoustic Camera knowledge base. Acoustic Camera website: <https://www.acoustic-camera.com/en/support/frequently-asked-questions/knowledge-base/sound-pressure-levels.html>