

## Detección y localización de larvas de cerambícidos mediante un array de micros MEMS

Roberto Martínez <sup>a</sup>, José-A. Balmori <sup>a</sup>, David Escolano <sup>c</sup>, Alberto Izquierdo-Fuente <sup>b</sup>, Juan-José Villacorta-Calvo <sup>b</sup>, Luis-Alfonso Basterra <sup>a</sup>

<sup>a</sup> Grupo de Estructuras y Tecnología de la madera. Universidad de Valladolid

<sup>b</sup> Grupo de Procesado en Array. ETSI Telecomunicaciones. Universidad de Valladolid.

<sup>c</sup> ETS Ingeniería Industrial. Universidad Politécnica de Madrid.

[robertomartinez@arg.uva.es](mailto:robertomartinez@arg.uva.es)

**Palabras clave:** Micrófonos MEMS, array, xilófagos, *Hylotrupes bajulus*, madera.

### Resumen

El trabajo presenta los resultados preliminares de un sistema de detección y localización de larvas de cerambícidos (*Hylotrupes bajulus* L.) en madera estructural, mediante la utilización de un array de micrófonos de bajo coste, tipo MEMS, conectados a un sistema de procesamiento de datos en tiempo real myRIO.

Se trasplantaron larvas de dos tamaños en probetas de madera de pino silvestre (*Pinus sylvestris* L.), en ubicaciones conocidas. Posteriormente, se utilizaron dos técnicas basadas en conformación acústica y en estimación de energía, para la detección de la actividad y la predicción de la posición espacial de la larva.

En este trabajo se presentan el conjunto de parámetros utilizados en el array acústico, así como los resultados obtenidos en la detección y localización de las larvas en el laboratorio.

La metodología puesta a punto permitirá escalar el sistema a madera estructural puesta en obra para futuros estudios más extensos.

### Introducción

Los métodos tradicionales para evaluar la presencia de larvas de carcoma gigante (*Hylotrupes bajulus* L.) en estructuras existentes son a menudo subjetivos. De ellos podemos mencionar la observación ocular de los orificios de salida, análisis microscópico de los restos de detritus, aparición de depredadores de las larvas, ruidos de alimentación de larvas de mayor tamaño, etc. [1][2].

Desde hace tiempo se buscan diferentes técnicas y metodologías para hacer esta evaluación más objetiva. Los métodos más habituales son los rayos X y los electroacústicos. Plinke (1991) observó que existía la posibilidad de registrar los efectos acústicos producidos por las larvas presentes en la madera [3]. Finalmente, destacan

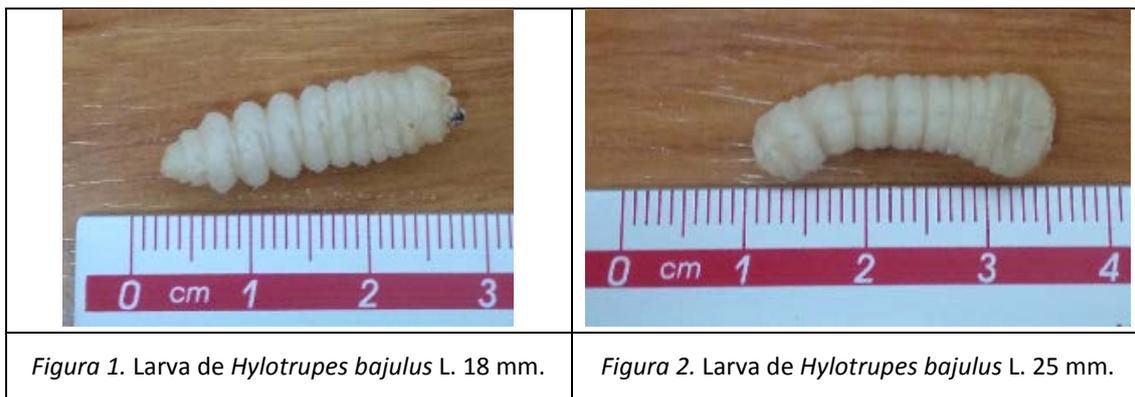
los trabajos de Nasswettrová et al. (2016), que han desarrollado metodologías basadas en las señales acústicas emitidas por las larvas [2].

La tecnología electro acústica actual se centra en la detección de la presencia de larvas en los bienes de madera de importación y en la identificación de la especie de insecto [4], sin importar la localización de las mismas dentro de las piezas.

Este trabajo pretende desarrollar un método que permita localizar la posición de la larva dentro de un elemento de madera en particular, para poder evaluar su número y estimar su localización, y así facilitar la destrucción de las mismas. De esta forma se evita tener que tratar la totalidad de la madera bajo análisis.

### Material

Para la realización de los ensayos se utilizó una probeta de madera de pino silvestre (*Pinus sylvestris* L.) de 250x200x20 mm y 2 larvas de carcoma gigante (*Hylotrupes bajulus* L.), de 18 y 25 mm de longitud (Figs. 1 y 2).



### Descripción del array de micrófonos y el sistema de procesado

Se ha utilizado un sistema de captura acústica formado por un array de 8x8 micrófonos MEMS, modelo MP34DT01 de STMicroelectronics, cuya salida es digital y tienen un ancho de banda de 20 Hz a 20 kHz. Dicho *array* es bidimensional y tiene una separación entre micrófonos de 21,25 mm.

Las 64 señales capturadas se procesan mediante un dispositivo myRIO, de la familia de sistemas reconfigurables de entrada y salida (RIO), de National Instruments. Este sistema integra un chip FPGA Xilinx Zynq 7010, y un procesador embebido ARM Cortex A9 dual Core, con 256 MB de RAM DDR3 y 512 MB de espacio de almacenamiento. Dispone de 40 líneas de E/S digital, 2 canales de entrada y 2 de salida analógica. La plataforma myRIO ejecuta un SO (Sistema Operativo) en tiempo real que permite la ejecución de programas creados con el lenguaje gráfico LabVIEW.

El procesado de la señal lo realiza una aplicación desarrollada íntegramente por los autores de esta comunicación, en lenguaje de programación LabView, de National Instruments.

La arquitectura empleada es escalable y se ha utilizado por el Grupo de Procesado en Array de la Universidad de Valladolid en múltiples líneas de investigación, detallándose su arquitectura y aplicaciones [5].

### Preparación del experimento

La primera operación que se realizó fue la inserción de 2 larvas vivas, en dos puntos específicos de la probeta de madera. En la figura 3 puede verse la probeta y las posiciones espaciales donde se colocaron cada una de las larvas. Para ello, se procedió a realizar un taladro lateral hasta el punto de inserción y, posteriormente, tras colocar la larva en su interior, se taponó el orificio practicado. Los círculos indican, en color azul, la posición de la larva de 18 mm y, en color rojo, la posición de la larva de 25 mm (Fig. 3).

Externamente se marcó la posición inicial de cada larva y así se conservó durante 1 mes, para que fueran realizando sus galerías en el interior de la madera. Transcurrido este periodo, y dentro de una cámara anecoica, se colocó sobre la probeta el *array* descrito anteriormente y, encima de mismo, se dispuso una plancha de material aislante, sobre la que se aplicó un peso significativo, para que todos los micrófonos estuvieran en contacto con la madera (Fig. 4).

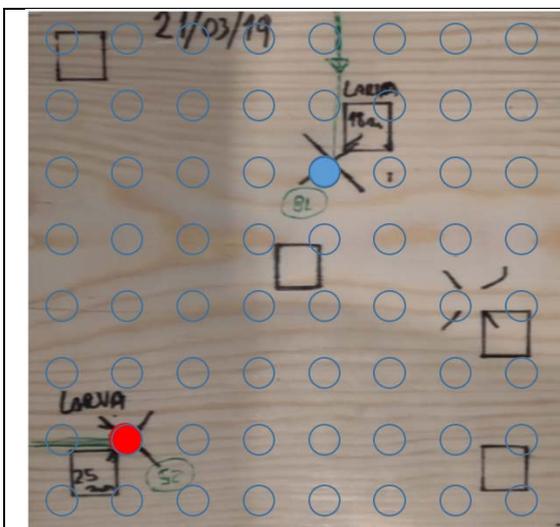


Figura 3. Probeta con los puntos de inserción y la posición de los micrófonos del array.

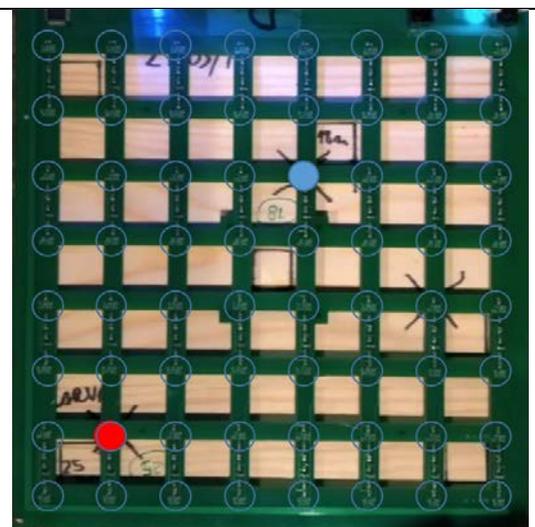


Figura 4. Probeta con array de MEMS colocado.

### Descripción del algoritmo de procesado

En primer lugar, se realizó una caracterización de la banda frecuencial de interés, determinándose que la banda de procesado óptima estaba comprendida entre 1 kHz y 16 kHz. Por lo tanto, la primera operación de procesado, tras la adquisición inicial de las 64 señales, fue el filtrado de las mismas mediante un filtro pasobanda digital de respuesta al impulso finita (FIR), con ventana de *haming* y longitud  $N=64$  coeficientes.

Tras este filtrado, el algoritmo desarrollado estimó la energía presente en cada uno de los 64 micrófonos, para un tiempo de captura de 100 ms, identificando la posición de la larva en base al micrófono que mayor energía recibió. Claro está, que esta localización requiere que, previamente, se haya detectado que cualesquiera de las larvas este activa y, por tanto, genere ruido.

Fue necesario definir un umbral mínimo, de forma que cuando la energía de las señales presentes en los micrófonos supere este umbral se proceda a localizar la posición de la larva. También ha sido necesario implementar un sistema de calibración para la ganancia de los 64 micrófonos. Para la determinación de este umbral es necesario de forma experimental analizar la energía típica en las situaciones de no actividad, frente a la energía típica de las situaciones de actividad.

Cada vez que se detectó actividad sonora se procedió a la localización de la misma, realizándose un promedio de 250 experimentos.

El resultado se muestra en una matriz de dimensión  $8 \times 8$ , donde cada elemento contabiliza el % de detecciones donde la energía máxima estaba asociada al micrófono asociado a esa celda. Esta información se visualiza como una imagen acústica (fig. 5), en la que el mapa de colores representa las probabilidades detectadas.

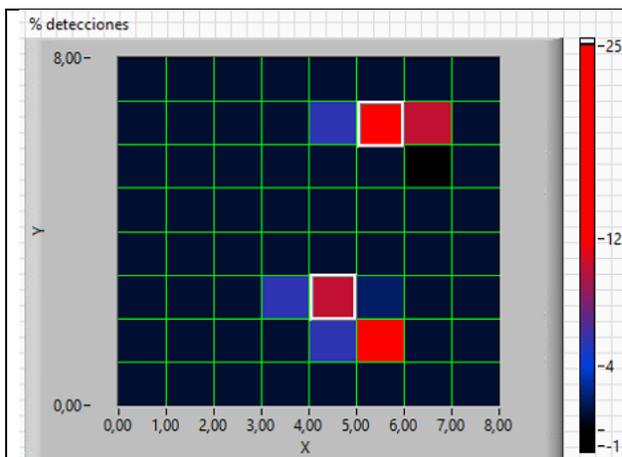


Figura 5. Imagen acústica experimentos.

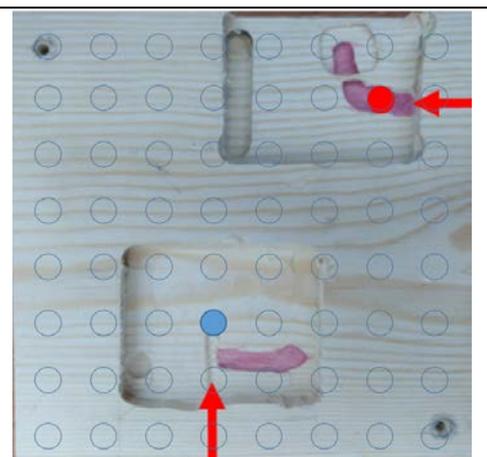


Figura 7. Visualización del recorrido de las larvas.

## Discusión de resultados

El sistema se mantuvo en funcionamiento durante un periodo de 2 meses, al término de los cuales se procedió a visualizar la posición real de las larvas. Se observó que se habían desplazado respecto a las posiciones de inserción iniciales (fig. 6).

El contraste con la imagen acústica (fig. 5) permite establecer que la metodología identifica con una precisión razonable la posición de las larvas. En nuestro caso los sensores están espaciados 21 mm entre sí. Puede observarse que hay una dispersión razonable en la estimación de la posición de las larvas.

## Conclusiones

El trabajo presenta los resultados preliminares de un sistema de detección y localización de larvas de cerambícidos basado en un *array* de micrófonos de bajo coste, tipo MEMs.

Podemos razonablemente afirmar que la metodología expuesta en esta comunicación tiene resultados prometedores, pero es necesario un trabajo de mayor alcance para analizar la propagación del sonido a través de las galerías internas que, a medio plazo, las larvas realizan en la madera y que pueden alterar la posición estimada.

## Agradecimientos

Este trabajo se ha llevado a cabo con ayuda financiera del programa de apoyo a proyectos de investigación de la Consejería de Educación de la Junta de Castilla y León, cofinanciado por la Unión Europea a través del Fondo Europeo de Desarrollo Regional (ref. VA095P17).

## Referencias

- (1) Krajewski A., Witomski P., Bobin´ski P., Wójcik A., Nowakowska M., An attempt to detect fully-grown house longhorn beetle larvae in coniferous wood based on electroacoustic signals, *Drewno. Prace naukowe. Doniesienia. Komunikaty* 55 (108) (2012) 5–15.
- (2) Nasswettrová, A., Krivankova, S., Smifra, P., Ostrava-Kuncicky, J. S., Friedl, M., & Trubak, J. Acoustic detection of wood-destroying insects during. *Wood research*, 2016, vol. 61, no 5, pp. 755-766.
- (3) Plinke B., Akustische Erkennung von Insektenbefall in Fachwerk, Holz als Rohund Wetrkstoff, Jg. 49, nr 10 , 1991, s. 404.
- (4) Schofield, J; Chesmore, D. Automated acoustic identification of beetle larvae in imported goods using time domain analysis. *Journal of the Acoustical Society of America*, 2008, vol. 123, no 5, pp. 3778.
- (5) Izquierdo, A. et al. Design and Evaluation of a Scalable and Reconfigurable Multi-Platform System for Acoustic Imaging. *Sensors-Basel*, 2016, 16 (10), 1671, DOI: 10.3390/s16101671.