

Diseño y simulación numérica de metamateriales acústicos y arreglos de fuentes sonoras

Código 33A0V014

Área de Investigación: IDHYA

Muestra de la Semana de las Humanidades y Artes 2021

Departamento de Humanidades y Artes



Jorge Petrosino
Director

**Ingeniero Electrónico - Profesor Asociado -
Licenciatura en Audiovisión**

Jorge Petrosino es ingeniero electrónico, docente investigador categoría 3 del programa de incentivos en la Licenciatura en Audiovisión y la Especialización en Fabricación Digital de la Universidad Nacional de Lanús, y en la carrera de Ingeniería de Sonido

de la Universidad Nacional de Tres de Febrero en las cátedras de Procesamiento de Señales, Acústica, Electrónica, Electricidad y Magnetismo, e Ingeniería Inversa. Dirige proyectos relacionados con procesamiento de señales acústicas en ambas universidades. Es director de la beca doctoral CONICET-UNLa de Georgina Lizaso y codirector de Ianina Canalis del doctorado en Ciencia y Tecnología de la Universidad Nacional de Quilmes. Fue Director de Investigación en la Secretaría de Ciencia y Técnica de la UNLa entre 2010 y 2017.



Ianina Canalis
Codirectora

MSc in Audio Engineering - Licenciada en Audiovisión UNLa

Ianina Canalis trabajó como ingeniera de sonido para shows en vivo durante más de quince años en tours con distintas bandas por Argentina y Latinoamérica. Al mismo tiempo, se desarrolló como docente e investigadora en la Universidad Nacional

de Lanús. Posteriormente realizó un máster en Ingeniería de Audio en Inglaterra y a partir de allí comenzó a trabajar con tecnologías de audio inmersivas y a desarrollar software interactivos que permitan la manipulación del audio en el espacio en tiempo real. Desarrolló ISSP (ImmersiveSoundSystemPanning) un software de audio inmersivo para espectáculos en vivo. Actualmente trabaja para Meyer Sound donde, entre otras actividades, forma parte del equipo que desarrolla SpacemapGo.



Georgina Lizaso
Investigadora

Licenciada en Audiovisión - Instructora ayudante - Licenciatura en Audiovisión

Georgina Lizaso es Licenciada en Audiovisión de la Universidad Nacional de Lanús. Es docente investigadora en dicha carrera, y en la Tecnicatura Universitaria en Sonido y Grabación de la Universidad Nacional de La Plata, en las cátedras de Electrónica,

Acústica y Procesamiento de Señales. Actualmente se encuentra desarrollando su doctorado en Ciencia y Tecnología por la Universidad de Quilmes con beca doctoral CONICET-UNLa. Su tema de investigación está centrado en el procesamiento de señales acústicas y el control de campos sonoros complejos. Es coautora de publicaciones académicas relacionadas con su tema de investigación. Recientemente ha sido premiada con el ASA International Student Grant de la Acoustical Society of America por el proyecto "Binaural measurements of virtual auditory scenes created by loudspeakers array and CTRM technique" que desarrolla como línea de trabajo dentro de su tesis doctoral.



Martín Donato
Investigador

Licenciado en Audiovisión - Instructor ayudante - Licenciatura en Audiovisión

Martín Donato es licenciado en Audiovisión con orientación Sonido de la Universidad Nacional de Lanús. Actualmente se desempeña como docente titular en la Tecnicatura Universitaria en Sonido y Grabación de la Universidad Nacional de La Plata.

Asimismo es docente a cargo de Tecnología de la Imagen y ayudante en Electrónica de las Comunicaciones en la Universidad Nacional de Lanús. Adicionalmente, se desempeña como Switcher Master en el canal DeporTV y dirige su emprendimiento Donatoaudio.



Damián Fernández
Investigador externo

Licenciado en Audiovisión

Damián Andrés Fernández es Licenciado en Audiovisión de la Universidad Nacional de Lanús. Su trabajo final se relacionó con el estudio de niveles de ruido en la vía pública en eventos de convocatoria masiva. Desde el año 2013 se desempeña como consultor en acústica ambiental y de acondicionamiento para

control de ruido y confort acústico. Posee amplia experiencia en mediciones acústicas, análisis de parámetros acústicos, diseño predictivo e implementación de medidas de mitigación de ruido.



Lucas Landini
Becario

Licenciado en Audiovisión

Lucas Landini es Licenciado en Audiovisión de la Universidad Nacional de Lanús habiendo realizado la tecnicatura en sonido y grabación que ofrece la carrera. Becario graduado de investigación UNLa. Forma parte del equipo de investigación dirigido por Jorge Petrosino, con el que ha realizado

presentaciones en congresos nacionales e internacionales. Es coautor de diversas publicaciones de dicho equipo de investigación. Ha desarrollado aplicaciones basadas en Matlab que permiten visualizar los procesos de propagación de ondas acústicas en diversas situaciones como parte de su beca de grado. En el ámbito profesional lleva a cabo mediciones y simulaciones de predicción acústica en el Departamento de Ingeniería de EQUAPHON Sistemas de Sonido.



Nicolás Casais Dassie

Becario CIN

Licenciado en Audiovisión

Nicolás Casais Dassie es graduado de la Licenciatura en Audiovisión. Obtuvo una beca de investigación del Consejo Interuniversitario Nacional en relación con las simulaciones acústicas de propagación de ondas y es coautor de diversas publicaciones académicas. Desarrolló su Trabajo Final Integrador relacionado

con Simulaciones Acústicas por Método de Elementos Finitos y Metamateriales Acústicos. Se dedica hace varios años al trabajo en sonido para shows en vivo. Se desempeñó como ayudante ad-honorem en la cátedra Sistemas de Amplificación de la Licenciatura en Audiovisión de la UNLa.



Antonio Ian Kuri

Adscripto

Licenciado en Audiovisión

Antonio Ian Kuri es Bachiller en ciencias físico-matemáticas y graduado de la Licenciatura en Audiovisión de la Universidad Nacional de Lanús en 2018. Participó como becario de investigación (Consejo Interuniversitario Nacional, 2015), coautor de publicaciones científicas (23rd International Congress

on Acoustics, XVI Congreso Argentino de Acústica, revista Elektron vol.3, n°1), auxiliar de docencia e investigación (Procesamiento de Señales) y orador en eventos de difusión realizados en el seno de dicha institución. Las temáticas de investigación abordadas incluyen la aplicación de algoritmos digitales para la recuperación de audio registrado en soporte papel, el uso de métodos numéricos de simulación como apoyo para la enseñanza de acústica, y la programación de plugins de procesamiento de audio basados en el lenguaje MATLAB. Se ha desempeñado como músico desde su temprana adolescencia, y desde el año 2011 como operador de sonido independiente en cine, televisión, estudios de grabación, auditorios y teatros.



Héctor Bonino Reta
Adscripto

Estudiante de la Licenciatura en Audiovisión

Héctor Bonino Reta es estudiante avanzado de la Licenciatura en Audiovisión de la Universidad Nacional de Lanús. Participa del equipo de investigación que dirige el Ing. Jorge Petrosino como adscripto y es coautor de publicaciones académicas. Desde el año 2012 se desempeña como operador de sonido contando con una amplia experiencia en el campo.

Sobre el proyecto

Año 2019-2021

Abstract

El proyecto se centró en dos áreas temáticas: metamateriales acústicos y refuerzo sonoro mediante múltiples traductores. Los metamateriales son estructuras artificiales compuestas de pequeños fragmentos que se comportan como un único material con propiedades no convencionales, trabajando con dimensiones son mucho menores que la longitud de onda. Esto se da en contraposición con enfoques tradicionales lo que facilita operar en una escala adecuada para la posterior fabricación de placas acústicas y para el desarrollo de prototipos por impresión 3D. En este sentido, se ha trabajado con diseños que permitieron evaluar las características acústicas de metamateriales reportados en el estado del arte (absorbentes, difusores y aislantes) y con diseños propios a nivel simulación numérica, fabricación y medición de prototipos.

Los metamateriales son estructuras artificiales compuestas de pequeños fragmentos

Por su parte, los arreglos de transductores posibilitan un gran control del campo sonoro emitido. El procesamiento independiente de cada transductor de un arreglo múltiple no resultaba sencillo varias décadas atrás porque requiere del uso de poderosos sistemas informáticos y de procesamiento de señales para afectar individualmente en tiempo real la señal enviada a cada transductor. El proyecto ha combinado ambas áreas temáticas por una parte, porque tanto los metamateriales como los arreglos de transductores requieren la utilización de similares herramientas informáticas de simulación numérica. Por otra, porque mediante la simulación de arreglos de transductores que generen complejos campos sonoros fue posible la exploración de nuevos modos de evaluar las características acústicas de los metamateriales ante campos sonoros complejos. De este modo, se ha trabajado con diferentes diseños de metamateriales poniendo a prueba su comportamiento mediante el método de elementos finitos y el método pseudo espectral del espacio k .

Desarrollo del proyecto

Durante los primeros meses de proyecto se trabajó en la réplica de diseños de metamateriales reportados en el estado del arte en primer lugar para realizar simulaciones numéricas que nos permitieran ajustar nuestras herramientas de trabajo y posteriormente en conjunto con docentes y estudiantes avanzados de la carrera de Diseño Industrial se procedió a realizar los prototipos impresos en 3D. A partir de ello, se realizaron mediciones experimentales que validaron los datos de las simulaciones. Dichos resultados se tomaron como punto de partida para proponer casos de estudio de materiales con los que se pudiese manipular el comportamiento de campos sonoros con buen grado de control.

Con diferentes grados de avance de la investigación hemos representado a la UNLa en todos los encuentros y congresos nacionales relacionados con Acústica. A nivel internacional hemos podido participar en los congresos que tienen más reconocimiento publicando los trabajos en actas. Entre estos congresos cabe citar ICA2019 (International Congress on Acoustics) realizado en Alemania durante el mes de septiembre de 2019, donde contamos con siete trabajos aprobados y publicados. En el mes de agosto de 2020 presentamos un trabajo que fue aprobado para el congreso Internoise 2020 (International Congress and Exposition on Noise Control Engineering) desarrollado en Corea del Sur. Este trabajo se presentó en forma oral via streaming y se publicó en Actas. En este congreso fuimos la única universidad argentina con representación.

Se realizaron mediciones experimentales que validaron los datos de las simulaciones

En el período correspondiente al proyecto publicamos además tres trabajos en la revista Elektron de la Facultad de Ingeniería de la UBA (que es una revista con referato indexada). Es de destacar que prácticamente todos nuestros trabajos publicados son de acceso abierto.

Por otro lado, en cuanto a la difusión de conocimientos Acústica hacia la comunidad en general, la agrupación AES sede argentina (Audio Engineering Society) desarrolló en forma semanal durante algunos meses de 2020 en la cual fuimos invitados a participar como disertantes en cuatro webinars de 90 minutos cada uno. Estos webinars se encuentran disponibles en el canal de YouTube de AES Argentina. Todos ellos desarrollan temas directamente relacionados con la línea de investigación del equipo

y fueron dictados en forma individual por el director, la codirectora, la becaria doctoral UNLa-CONICET y el becario graduado.

Resultados

Los objetivos del proyecto consistían en comenzar a desarrollar una línea de investigación que contiene aspectos de simulación numérica por computadora, diseño de materiales con aspectos innovadores de comportamiento acústico, así como impresión 3D de materiales acústicos, con su correspondiente evaluación y medición. El proyecto se convertía de este modo en un paso inicial en un camino de trabajo que tiene muchas posibilidades de desarrollo. Durante el proyecto hemos comenzado a vislumbrar posibilidades de ampliación de los alcances de lo que nos proponíamos inicialmente por lo que el camino es amplio y permite una gran variedad de aspectos para continuar con desarrollos.

En cuanto a productos finales, obtuvimos una serie de prototipos desarrollados y analizados y una extensa cantidad de publicaciones y presentaciones a congresos.

Ponencias del proyecto

Lizaso, G. A., Dassie, N. C., Fernández, D. A., & Petrosino, J. (2019). Gradiente de retardo temporal y reflexiones en superficies corrugadas. *Elektron*, 3(1), 24-28.

Petrosino, J., Lizaso, G. A., Landini, L., & Reta, A. B. (2019). Potenciales ventajas del método pseudoespectral en auralizaciones. *Elektron*, 3(2), 67-74.

Petrosino, J., Lizaso, G. A., Landini, L., & Reta, A. B. (2019). Potenciales ventajas del método pseudoespectral en auralizaciones. *Elektron*, 3(2), 67-74.

Lizaso, G. A., & Petrosino, J. (2019). Virtual auditory scenes created by time reversal mirror technique. *Universitätsbibliothek der RWTH Aachen*.

Petrosino, J., Landini, L. F., Lizaso, G. A., Kuri, A. I., & Canalis, I. (2019). MATLAB-based Simulation Software as Teaching Aid for Physical Acoustics. Universitätsbibliothek der RWTH Aachen.

Petrosino, J., Dassie, N. C., Fernández, D. A., & Lizaso, G. A. (2019). Double Reflections from corrugated surfaces. Universitätsbibliothek der RWTH Aachen.

Petrosino, J., Landini, L. F., Reta, A. B., & Lizaso, G. A. (2019). Exploration of the pseudospectral method for auralizations. Universitätsbibliothek der RWTH Aachen.

Lizaso, G., & Petrosino, J. (2018). Modelización numérica para simular imágenes sonoras mediante espejos de inversión temporal dentro del rango audible. En XVI Congreso Argentino de Acústica AdAA2018, Buenos Aires.

Lizaso, G., Casais, N., Landini, L., Kuri, I., Reta, A. B., Fernández, D., & Petrosino, J. (2018). Simulación de superficies corrugadas para el control de reflexiones sin dispersión. XVI Congreso Argentino de Acústica AdAA2018, Buenos Aires

Petrosino, J., Landini, L., Kuri, I., Reta, A. B., Lizaso, G., & Casais, N. (2018). Factibilidad de utilización del método pseudoespectral del espacio k en auralizaciones. XVI Congreso Argentino de Acústica AdAA2018, Buenos Aires

Petrosino, J., Casais, N., Landini, L., Lizaso, G., Kuri, I., Reta, A. B., Fernández, D., Donato, M. & Canalis, I. Adaptación del toolbox k-wave en MATLAB/Octave para apoyar la enseñanza de Acústica Física. XVI Congreso Argentino de Acústica AdAA2018, Buenos Aires

Lizaso, G., Dassie, N. C., Landini, L., & Petrosino, J. (2020, October). Influence of depth variation on ultra-thin diffusers. In INTER-NOISE and NOISE-CON Congress and Conference Proceedings (Vol. 261, No. 6, pp. 450-457). Institute of Noise Control Engineering.

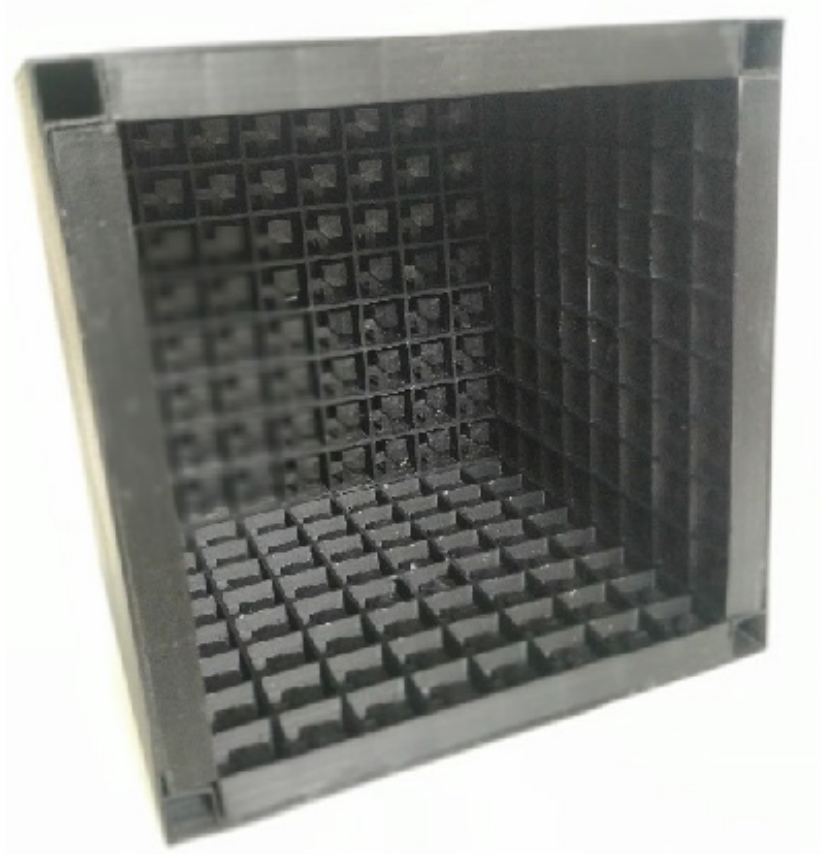
Audio Engineering Society Argentina (2020, septiembre 3). El decibel y su prole en acústica - Jorge Petrosino

Audio Engineering Society Argentina (2020, agosto 13). Software de predicción ¿Se puede ver el sonido? - Lucas Landini

Audio Engineering Society Argentina (2020, julio 30). ¿Qué son los metamateriales acústicos? - Georgina Lizaso

Audio Engineering Society Argentina (2020, junio 18). Creá tu software sin escribir código - Ianina Canalis

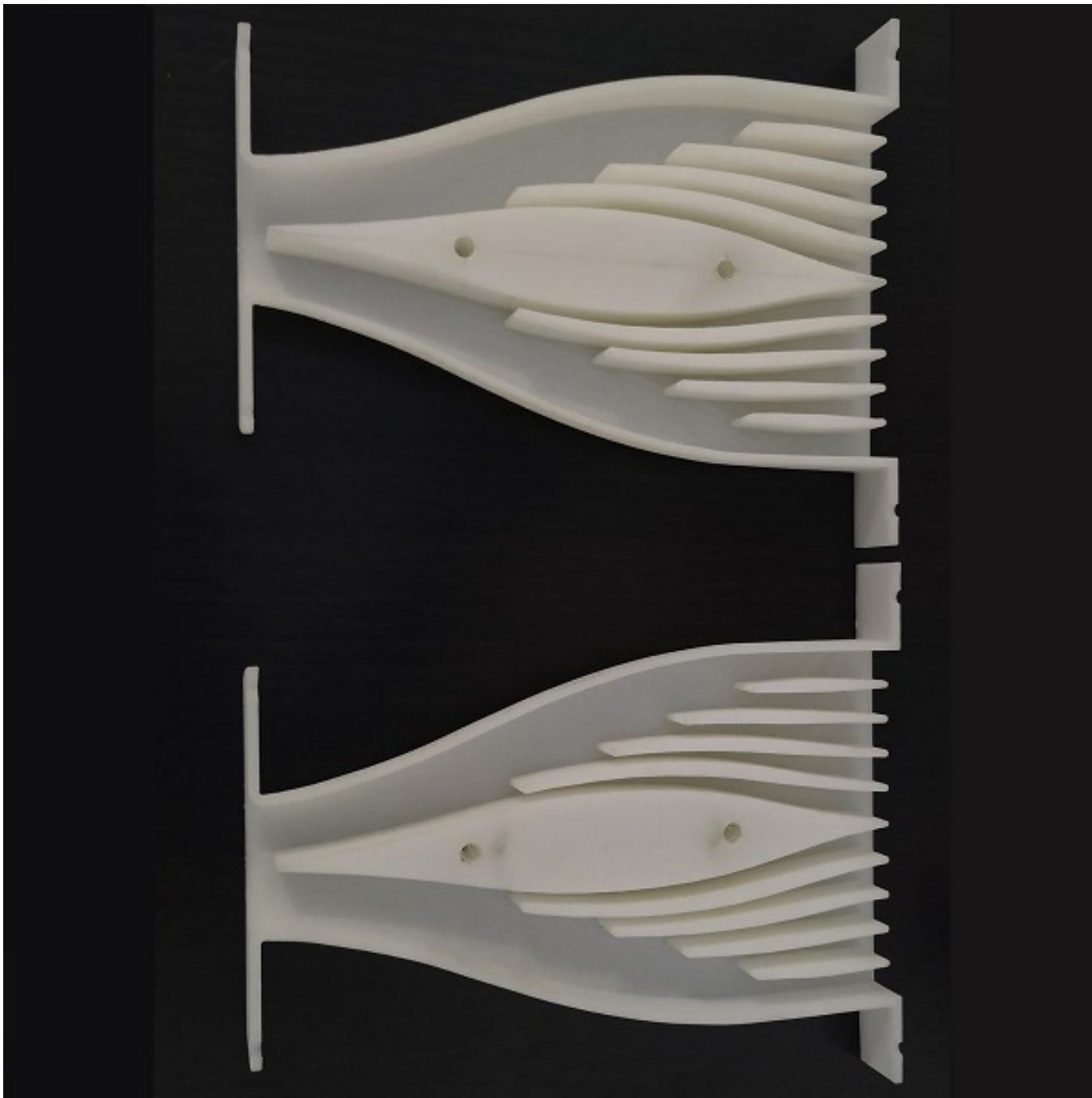
Audio Engineering Society Argentina (2021, febrero 9). Aplicaciones del principio de Huygens - Jorge Petrosino



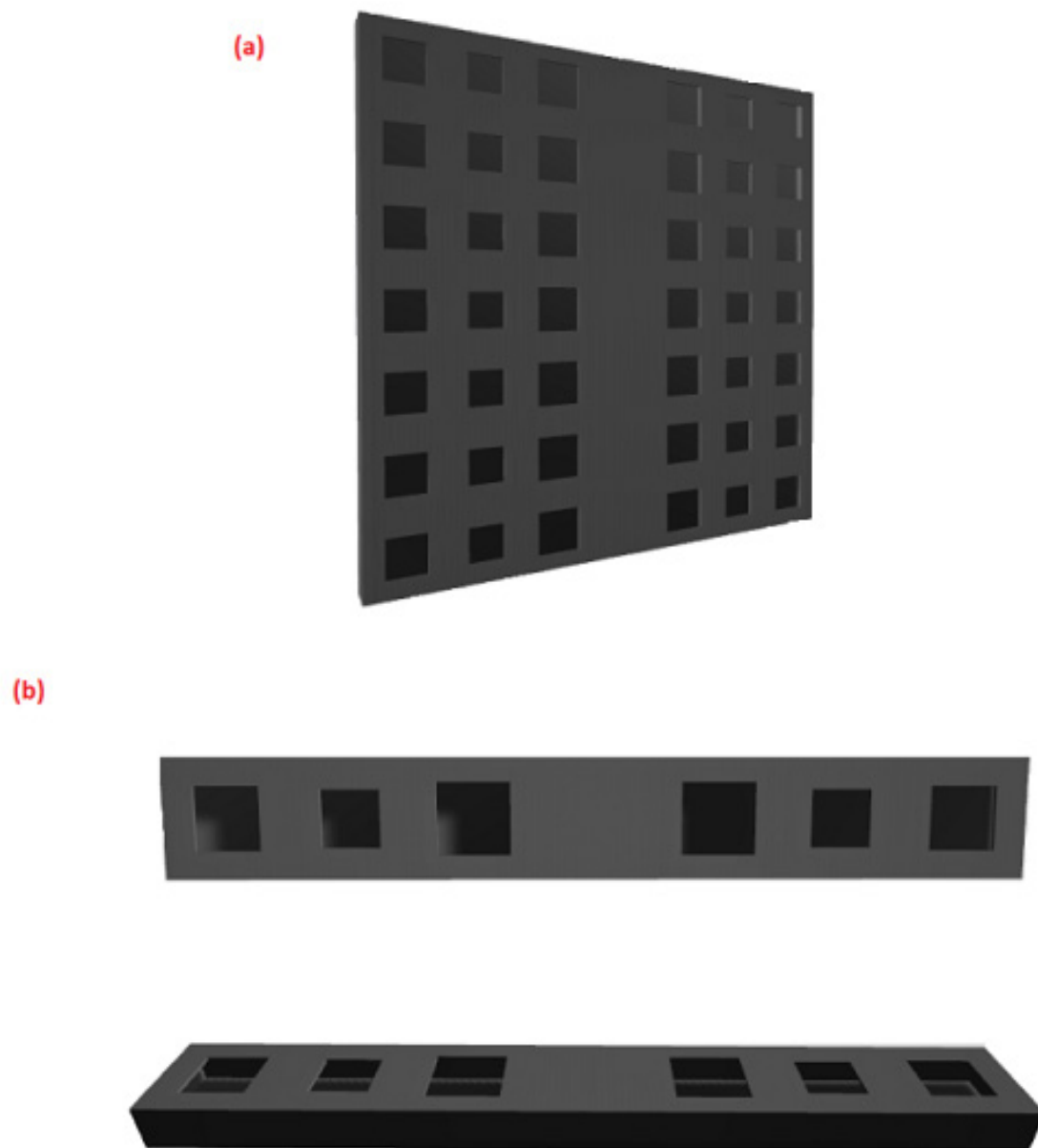
Este prototipo se trata de un metamaterial absorbente cuya función principal es atenuar sonidos en un determinado rango de frecuencias. Este rango de frecuencias depende del tamaño de la caja en su totalidad y la relación con el tamaño de cada una de las celdas interiores.

Este metamaterial fue impreso en 3D con filamento ABS.

Este prototipo fue utilizado para realizar mediciones que permitieron comenzar a explorar la temática de los metamateriales y comparar los resultados con simulaciones realizadas previamente.



En la imagen se muestra un prototipo de guía de ondas impreso en 3D. El material empleado para la impresión fue plástico ABS. Este modelo fue realizado con la intención de poder comprar el comportamiento físico del material con las simulaciones realizadas por el método de elementos finitos. Este tipo de materiales se utilizan en parlantes con el fin de poder direccionar las ondas de altas frecuencias dentro del rango audible para poder concentrar mayor energía sonora en determinados puntos del espacio según la necesidad de cobertura espacial.



- a. Placa difusora unidimensional fabricada en impresión 3D en base a calcular una frecuencia central de funcionamiento. Este material cumple la función de dispersar en múltiples direcciones el sonido que incide sobre la placa. Los resultados de trabajos experimentales con este material han sido publicados en el congreso INTERNOISE 2020 realizado en Corea de Sur.
- b. Se presenta la vista de una columna de las siete que conforman el modelo.



Aquí se presenta la configuración de una medición realizada en los laboratorios del Centro Interactivo de Ciencia y Tecnología Abremate.

En esta medición se buscaba conocer la forma en que la placa de muestra difunde el sonido. Para ello se contó con un parlante para emitir la señal de prueba y un micrófono de presión que capte el sonido luego de que la señal de muestra interactuara con la placa.

Con la configuración micrófono/parlante que se muestra en la foto de arriba se buscaba analizar la incidencia normal de la señal de prueba, mientras que en la foto de abajo se buscaba analizar los efectos de la incidencia oblicua de la señal de prueba.



Parte del equipo de investigación realizando ajustes en una mesa de medición realizada por estudiantes avanzados de la Licenciatura en Diseño Industrial con motivo del trabajo conjunto realizado durante el año 2019. La imagen fue tomada en las instalaciones del Taller del Centro de Investigación, Desarrollo e Innovación en Diseño Industrial.