

Título: Diseño experimental para el estudio del efecto del ángulo de incidencia en la percepción sonora de distancia.

Autor/es: Juan Linares

Dirección electrónica: [Juan.emilio.linares@gmail.com](mailto:Juan.emilio.linares@gmail.com)

Formación de grado y/o posgrado en curso: Licenciatura en Música y Tecnología.

De corresponder, tipo de beca: Becas de estímulo a las vocaciones científicas 2013

Director de la beca y/o de la tesis: Eguía, Manuel.

Proyecto: Estudio de la percepción auditiva de distancia y su relación con la composición musical. Dentro del Programa Teatro Acústico

Laboratorio de Acústica y Percepción Sonora

## Resumen:

En la percepción auditiva de distancia intervienen numerosas claves acústicas: cambios en la intensidad y en el timbre al alejar o acercar la fuente sonora y, en ambientes reverberantes, la relación entre la energía del sonido que proviene directamente de la fuente y la que proviene de la reverberación del medio. Sin embargo, trabajos previos han mostrado que en un entorno real la capacidad de estimar la distancia a una fuente sonora es superior a la que se podría suponer a partir de las claves antes mencionadas. Es por ello que algunos autores han propuesto que en la estimación de distancia intervienen claves binaurales (esto es, que utilizan la comparación de las señales recibidas en ambos oídos) y los ángulos de incidencia de las reflexiones tempranas. En este trabajo se presenta el diseño de dos montajes experimentales que evalúan esta última posibilidad.

El primero de ellos se propone estudiar la influencia de las reflexiones laterales mediante un experimento en una cámara anecoica con cinco parlantes, utilizando una modificación del método de las imágenes. El segundo diseño está orientado a determinar la influencia de la reflexión del piso y estudia el efecto del ángulo de incidencia vertical en la percepción auditiva de distancia. En ambos casos se detallan los pasos seguidos para el montaje del experimento, las medidas acústicas realizadas para caracterizar al mismo y el método psicofísico a seguir.

Lo que a continuación se detalla son los trabajos realizados durante el periodo de un año (agosto 2013 – agosto 2014) bajo el marco de las Becas de estímulo a las vocaciones científicas 2013 otorgadas por el Centro Interuniversitario Nacional.

Una de las primeras tareas fue leer la siguiente bibliografía:

E. R. Calcagno, E. L. Abregú, M. C. Eguía y R. Vergara “The Role of Vision in Auditory Distance Perception”. *Perception* 41, 175-192 (2012)

E. R. Calcagno, M. C. Eguia, E. L. Abregú, M. C. Eguia y R. O. Vergara. “Cross-modal direct action as a method to obtain auditory distance psychophysical functions”. Enviado a *Perception*, 2013.

Bronkhorst y T. Houtgast. “Auditory Distance Perception in Rooms”. *Nature*, 397, 517-520 (1999).

La siguiente tarea realizada fue hacer pruebas preliminares del montaje en el Laboratorio y las medidas acústicas necesarias para calibrar el sistema. Como la intención del experimento es la de aplicarlo luego a una sala anecoica donde el sujeto experimental no cuenta con información ni auditiva ni visual acerca de las dimensiones reales del recinto (el experimento se realiza a oscuras). Por lo que tuve que armar previamente el setup de este experimento donde tuve que acomodar y alinear los 5 parlantes (Genelec 8020), utilizando un sonómetro para medir la potencia acústica de cada parlante e igualar a 70 dB a 1 metro de distancia, el primer parlante va frente al sujeto y cumple el rol de ser el “sonido directo”, el segundo y el tercer parlante se ubican en posición perpendicular al primero, de esta forma estos parlantes forman una imagen acústica especular con respecto al primer parlante, igual a la que generaría una pared lateral, así también el cuarto y el quinto parlante fueron ubicados un poco más atrás para añadir una reflexión acústica más a la que se generaría de la pared.

Para este montaje utilice herramientas de medición de distancia y también me ayudé con las marcas que posee el laboratorio que definen distancias desde el sujeto experimental, las cuales fueron puestas en previos experimentos, también utilicé un sonómetro y una plomada de albañilería para dar con el punto vertical justo de emisión del parlante a su lugar en el suelo.

Una vez armado el setup tomé medidas con un micrófono desde el punto del sujeto experimental para constatar que se forme la imagen auditiva que buscábamos. El siguiente paso fue el de comenzar el armado de un entorno virtual utilizando con librerías específicas en el entorno Matlab (Psychtoolbox) y programas especialmente desarrollados en nuestro Laboratorio, donde podíamos alterar la cantidad de reflexiones y el ángulo de las mismas.

Para continuar con ese experimento anduve recopilando sonidos y analizándolos para ver cual era el mejor y el más apto para la escucha de este tipo de experimento, para ello tuve que buscar cual \* hablar de las grabaciones de cabezas binaurales.

En la mitad de la duración de la beca el plan de trabajo se tuvo que ver modificado ya que uno de los parlantes (Genelec 8020) que utilizábamos en el laboratorio tuvo que ser enviado a que se reparara ya que parecía saturar y esto lo convertía en inutilizable para el experimento.

Si bien no se pusieron a prueba las hipótesis del experimento planteado originalmente se evaluaron varios supuestos sobre el montaje experimental que resultan imprescindibles para un correcto diseño de los experimentos. Por ejemplo en el montaje de parlantes para el estudio de la influencia de los ángulos de reflexión en la percepción de distancia se evaluó el grado de simetría de la sala y de los estímulos presentados a partir de las respuestas impulso. Se encontró que el alto grado de simetría lateral de las respuestas dificultaba la formación de una imagen en distancia del estímulo a partir del montaje experimental previsto. A partir de ello se comenzó a elaborar un procesamiento de los estímulos que rompiese esa simetría mediante alteraciones en la fase. De esta forma se espera, en el montaje definitivo, poder formar una imagen acústica con mayor grado de localización en distancia.

A partir de ese momento el experimento se detuvo y comencé a trabajar en el segundo proyecto que está orientado a determinar la influencia de la reflexión del piso y estudia el efecto del ángulo de incidencia vertical en la percepción auditiva de distancia.

La labor que realice en esta segunda mitad fue más de taller en su principio y al final de medición y recopilación de datos.

Mi primer trabajo fue el de verificar, rotular y testear el inventario que se iba a utilizar para el segundo experimento, entre los elementos se encontraban los parlantes designados junto con sus cables, las potencias y sus transformadores, conecté y probé todos los elementos; aquellos que funcionaban mal o de una forma no deseada lo indicaba y los separaba del resto, también utilice un sonómetro para medir que todos los parlantes funcionaran bien a la misma distancia y potencia.







La segunda parte trató en diseñar y armar una base para sostener los parlantes que permitiera poder modificar su ángulo de elevación, con las herramientas del laboratorio y los materiales de allí, se me ocurrió crear una base sencilla que tuviera dos maderas por donde se sujetaría el parlante y que el mismo en su parte frontal quedara totalmente libre, el ángulo de elevación se modificaría metiendo o sacando unos tornillos que van debajo de la base, rápidamente con un destornillador eléctrico.





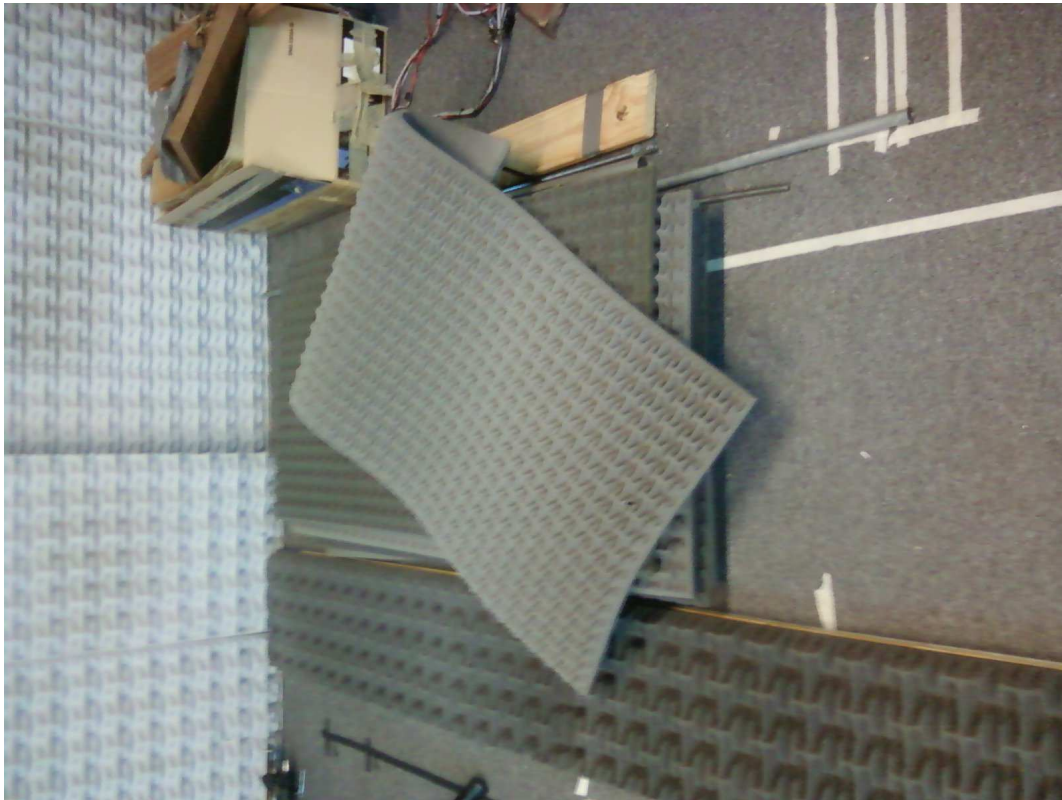
Una vez terminadas las bases viendo que todas funcionasen correctamente (que puedan modificar su ángulo vertical) procedí a utilizar cada uno de los parlantes para la obtención de respuestas impulso a través de la reproducción de un Sweep (barrido exponencial de frecuencias) por cada uno de los parlantes a diferentes distancias de 2 a 7 metros, con un ángulo cero de elevación y luego con ángulos decrecientes a medida que se alejan, ya que apuntaban al sujeto experimental, estos barridos de frecuencias fueron grabados por un micrófono ubicado en el punto del sujeto, y luego fueron procesados y analizados mediante el programa Matlab, donde se extrajo la respuesta impulso de cada uno.



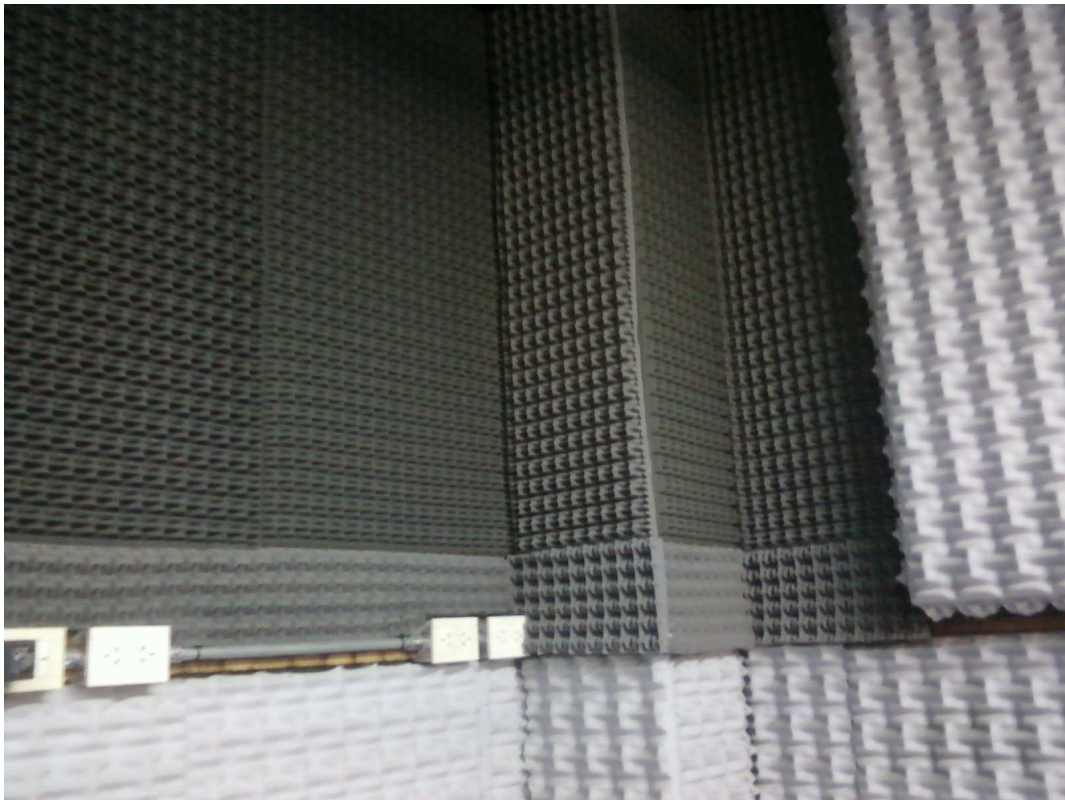


La primera vez que se realizó este método en este experimento para obtener las respuestas impulso se pudo ver un resultado no deseado, ya que en las respuestas impulso aparecía ensuciando la imagen de la misma, una reflexión de una de las paredes del laboratorio, la cual no debía aparecer para el correcto análisis de las respuestas impulso.

El siguiente paso lógico fue el tratamiento acústico para eliminar la reflexión indeseada en el montaje del experimento, para lo cual utilicé pegamento sintético y pegué los paneles acústicos que hacían falta a la pared para poder eliminar o reducir considerablemente este obstáculo.







Se volvió a tomar las respuestas impulso como se mencionó anteriormente por cada uno de los parlantes a diferentes distancias de 2 a 7 metros, con un ángulo cero de elevación y luego con ángulos decrecientes a medida que se alejan.