

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA
FACULTAT DE BELLES ARTS
MÁSTER UNIVERSITARIO EN MÚSICA

ANÁLISIS DE LA DEPENDENCIA FRECUENCIAL DEL UMBRAL DE ECO



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



FACULTAT DE BELLES ARTS DE SANT CARLES

Autor: Alejandro Latorre Ballester
Tutor: Francisco Javier Redondo Pastor
Director Experimental: Manuel Parrilla Navarro

Valencia, julio 2018

RESUMEN

En el presente trabajo se ha procedido a determinar el umbral de percepción del eco a un grupo de personas. Este estudio se ha realizado a un grupo de sujetos de diferentes edades, con y sin conocimientos de música, y ambos sexos. A partir de este análisis y de los datos obtenidos se procederá a determinar, si es posible, si el umbral de eco depende de la frecuencia y de qué manera y si existen diferencias entre el sexo de las personas, edades y formación musical. El análisis de la dependencia frecuencial del umbral de eco consistirá en un estudio psicoacústico realizado con una aplicación desarrollada a través de entorno de Matlab. El estudio consiste en la escucha de dos eventos sonoros (dos ruidos) repetidos con retardos diferentes todos ellos en siete frecuencias diferentes (250, 500, 1000, 2000, 4000 y 8000 Hz). Los resultados confirman que el umbral de eco presenta variaciones en función de la frecuencia a la que se emiten los sonidos y éste realiza una curva esperada, es decir, a frecuencias cercanas a las que el oído es más sensible, es más fácil distinguir que hay eco. En cuanto a la respuesta sobre si existen diferencias entre el sexo de las personas, edades y formación musical, no se pueden extraer conclusiones muy precisas.

PALABRAS CLAVE

Frecuencia, Umbral de eco, Eco, Percepción acústica, Psicoacústica

ABSTRACT

In the present work we have proceeded to determine the threshold of perception of the echo to a group of people. This study has been done to a group of subjects of different ages, with and without knowledge of music, and both sexes. From this analysis and the data obtained, we will proceed to determine, if possible, if the echo threshold depends on the frequency and in what way and if there are differences between the sex of the people, ages and musical formation. The analysis of the frequency dependence of the echo threshold will consist of a psychoacoustic study carried out with an application developed through the

Matlab environment. The study consists in listening to two sound events (two noises) repeated with different delays, all of them in seven different frequencies (250, 500, 1000, 2000, 4000 and 8000 Hz). The results confirm that the echo threshold has variations depending on the frequency at which the sounds are emitted and this makes an expected curve, that is, at frequencies close to which the ear is more sensitive, it is easier to distinguish that there is echo. As for the answer about whether there are differences between the sex of people, ages and musical training, you can not draw very precise conclusions.

KEYWORDS

Frequency, Echo threshold, Echo, Acoustic perception, Psychoacoustics

TABLA DE CONTENIDOS

1. Introducción	6
2. Estado de la cuestión.....	8
2.1. Fundamentos de Psicoacústica	8
2.1.1. El sistema auditivo humano.....	9
▪ Oído externo.....	9
▪ Oído medio	10
▪ Oído interno.....	10
2.1.2. Umbrales de audición.....	10
2.1.3. Enmascaramiento sonoro	12
2.2. Trabajos referenciados	12
3. Metodología	21
3.1. Materiales	21
3.2. Sujetos.....	21
3.3. Tareas	22
4. Resultados	25
4.1. Resultados sin discriminación por parámetros	25
4.2. Resultados con discriminación por parámetros.....	27
4.2.1. Discriminación por edad.....	28
4.2.2. Discriminación por sexo	30
4.2.3. Discriminación por formación o no y nivel musical	32
5. Conclusiones	34
6. Bibliografía.....	35
Anexos	39

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. El oído humano	9
Figura 2. Umbral de audición	11
Figura 3. Diagrama explicativo enmascaramiento sonoro	12
Figura 4. Cuestionario personal	22
Figura 5. Esquema funcionamiento programa	23
Figura 6. Interfaz gráfica de usuario	24
Figura 7. Gráfica de isométricas global del test 1	25
Figura 8. Gráfica correspondiente al umbral global del test 1	26
Figura 9. Gráfica de isométricas global del test 2	26
Figura 10. Gráfica correspondiente al umbral global del test 2	27
Figura 11. Gráfica umbral edades test 1	28
Figura 12. Gráfica umbral edades test 2	29
Figura 13. Gráfica curva isométrica ancianos test 2	30
Figura 14. Gráfica umbral sexo test 1	31
Figura 15. Gráfica umbral sexo test 2	31
Figura 16. Gráfica umbral formación musical test 1	32
Figura 17. Gráfica umbral formación musical test 2	33

1. Introducción

Cuando escuchamos el sonido, éste siempre está acompañado por el mismo sonido que rebota de las paredes, del techo, del piso y demás objetos que se encuentren en la habitación, excepto cuando este sonido se escuche en un ambiente anecoico. Si el retraso entre el sonido principal y las reflexiones es suficientemente largo, la persona es capaz de distinguir entre el sonido directo y el reflejado y, por tanto, percibe eco. El umbral de eco se define como el retardo de tiempo por debajo del cual los sonidos retardados no se escuchan como fuentes separadas en lugares separados del sonido original (Blauert, 1997, p.224). Este umbral de eco varía en longitud de unos pocos milisegundos, alrededor de 50 ms, dependiendo del oyente individual y el tipo de estímulo (Saberri & Perrott, 1990; Fitzpatrick et al., 1999; Litovsky et al., 1999). En efecto, los sonidos que percibimos más tarde, si transcurren por debajo de 50 ms, se fusionan con el sonido principal para producir la percepción de una sola fuente. A esta fusión se le conoce como efecto de precedencia o efecto Haas y se ha descrito tradicionalmente en términos de supresión de eco (Green, 1976, pp. 216-218; Mills, 1972). Incluso cuando no se escucha como un evento auditivo por separado, los sonidos rezagados influyen en la percepción auditiva global. La información rica sobre el sonido envolvente está contenida en ecos "inaudibles" por debajo del umbral del eco. El sonido reflejado contiene información sobre la presencia, ubicación azimutal y distancia de una superficie reflectante, con referencia al oyente.

El interés por realizar este análisis parte de la necesidad e importancia que tiene el eco en el diseño y posterior construcción de salas de concierto y salas de conferencias.

Trabajos previos (Guarque Edo, P. 2016; Soriano Juan, D. 2015) han dado como resultados que la percepción del eco, en general, es diferente dependiendo de la frecuencia a la que son emitidos los diferentes sonidos, concretamente que a bajas frecuencias la detección de eco es más rápida (Soriano Juan, D., 2015); que los sujetos de mayor edad tienen una mayor dificultad para percibir el eco (Soriano Juan, D., 2015); que los hombres perciben antes el eco que las mujeres a ciertas

frecuencias (Guarque Edo, P., 2016); que prácticamente no hay diferencias en la percepción del eco entre sujetos con formación musical y sin formación (Guarque Edo, P., 2016); que los sujetos que tocan instrumentos clásicos de cuerda perciben mejor el eco que los instrumentistas clásicos de viento (Guarque Edo, P., 2016).

En el presente trabajo se ha procedido a analizar el umbral de percepción del eco a un grupo de personas. Este estudio se ha realizado a un grupo de sujetos de diferentes edades, con y sin conocimientos de música, y ambos sexos. El análisis de la percepción del eco consiste en un estudio psicoacústico realizado con una aplicación desarrollada a través del entorno de Matlab.

A partir de este análisis y de los datos obtenidos se procederá a precisar, si es posible, si el umbral de eco depende de la frecuencia y de qué manera y si existen diferencias entre el sexo de las personas, edades y experiencia musical.

El principal objetivo de este análisis es determinar cuál es el umbral de eco de las personas a bajas, medias y altas frecuencias con el fin de mejorar el diseño y posterior construcción de salas de conciertos y conferencias.

Y como objetivos secundarios se pretende conocer si el umbral depende de otros factores como son el sexo, la edad y la experiencia musical.

2. Estado de la cuestión

Este apartado se va a dividir en dos apartados. Un primer apartado donde se hace referencia a la Psicoacústica (Maggiolo, D. 2003) y al sistema auditivo humano («Sistema auditivo periférico», 2018); y un segundo apartado donde se recogen los trabajos sobre el eco, la percepción de sonidos, el efecto de Haas o de precedencia.

La investigación en este campo no es nueva debido a que se lleva años investigando sobre cómo son percibidos los sonidos, concretamente con la Psicoacústica que se puede considerar como una rama de la psicofísica, ciencia que mide la relación entre los cambios objetivos (físicos) de los estímulos y los cambios subjetivos (psíquicos) en la sensación interna que éstos producen.

2.1. Fundamentos de Psicoacústica

La Psicoacústica es la ciencia que estudia las relaciones entre los estímulos acústicos y las sensaciones auditivas que se producen en el cerebro. Los objetivos de la Psicoacústica se pueden resumir:

- Caracterizar la respuesta de nuestro sistema auditivo.
- Determinar el umbral (absoluto) de la sensación.
- Obtener el umbral diferencial de determinados parámetros del estímulo.
- Comprender y obtener la capacidad de resolución del sistema auditivo para separar estímulos simultáneos.
- Determinar la variación en el tiempo de la sensación del estímulo.

Para determinar y obtener estos objetivos es necesario comprender dónde y cómo se produce la interpretación del sonido, por eso se procederá a hacer una breve exposición acerca del funcionamiento del sistema auditivo humano. Posteriormente se van a definir los parámetros de enmascaramiento sonoro y los umbrales de audición, que ayudarán a comprender cómo el ser humano procesa las sensaciones auditivas.

2.1.1. El sistema auditivo humano

El sistema auditivo es el conjunto de órganos que hacen posible que un ser vivo sea sensible a los sonidos. La función de éste es transformar las variaciones de presión originadas por la propagación de las ondas sonoras en el aire en impulsos eléctricos que posteriormente los nervios acústicos transmiten al cerebro para la asignación de significados.

El sistema auditivo se puede dividir en el sistema auditivo periférico y el sistema auditivo central. En este apartado nos centraremos en el sistema auditivo periférico, el oído humano.

El oído humano (figura 1) se divide en tres partes, cada una de las cuales realiza un procesamiento diferente de los sonidos que llegan al sistema: oído externo, oído medio y oído interno.

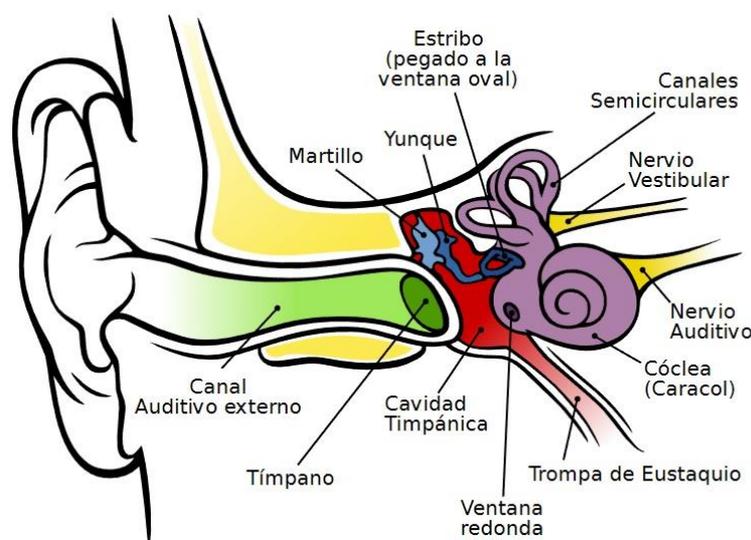


Figura 1. El oído humano. Esta figura se ha obtenido en la dirección de Internet

https://es.wikipedia.org/wiki/O%C3%ADdo#/media/File:Anatomy_of_the_Human_Ear_es.svg

▪ Oído externo

El oído externo («Oído externo», 2018) es la parte más externa del oído en ella se encuentran el pabellón auditivo, que aumenta la frecuencia y localiza la fuente sonora, y el conducto auditivo externo que transmite la onda hacia la membrana timpánica.

Desde el punto de vista acústico, el canal auditivo tiene una frecuencia de resonancia aproximada a 4 KHz, lo que provoca una ganancia en la señal de este rango de frecuencias, siendo la causa de la alta sensibilidad del oído en esta banda y del mínimo del umbral absoluto de audición.

- **Oído medio**

El oído medio («Oído medio», 2018) está compuesto por el tímpano, los huesecillos (martillo, yunque y estribo) y la trompa de Eustaquio.

Aquí se produce un fenómeno conocido como transducción, que es la transformación de un tipo de energía en otro, en este caso de energía acústica a energía mecánica. En este sentido, la presión de las ondas sonoras hace que el tímpano vibre, empujando a los huesecillos del oído que transmiten el movimiento del tímpano al oído interno. La trompa de Eustaquio tiene como función igualar la presión a ambos lados del tímpano ya que está comunicada con la parte superior de la faringe.

- **Oído interno**

El oído interno («Oído interno», 2018) está formado por la cóclea o caracol, los conductos semicirculares y el nervio auditivo.

Aquí es donde se produce la transformación de la energía mecánica producida por las ondas sonoras en impulsos nerviosos. El líquido de la cóclea es excitado por el hueso del estribo al empujar la ventana oval, y estas ondas se propagan hasta donde se encuentran las células sensoriales del órgano de Corti que, al ser estimuladas, generan los impulsos eléctricos que el nervio auditivo transmite al cerebro.

2.1.2. Umbrales de audición

Los umbrales de audición (Maggiolo, D. 2003) son una de las características más importantes del sistema auditivo y corresponden al mínimo nivel que un

determinado estímulo debe tener para provocar una reacción en el sujeto al cual se les está realizando el test.

Existen dos tipos diferentes de umbrales: los umbrales absolutos de audición y los umbrales diferenciales de audición.

- Umbrales absolutos: son aquellos valores de uno de los parámetros del estímulo físico a partir del cual la sensación comienza a, o deja de, producirse. Este umbral determina la mínima intensidad de un estímulo para la cual en un 50% de los intentos el sujeto considera que el estímulo está presente. Dentro de este tipo de umbrales se encuentra el umbral auditivo (figura 2) que está definido por la mínima intensidad o presión para que un sonido pueda ser percibido. Además, también es dependiente de la frecuencia.

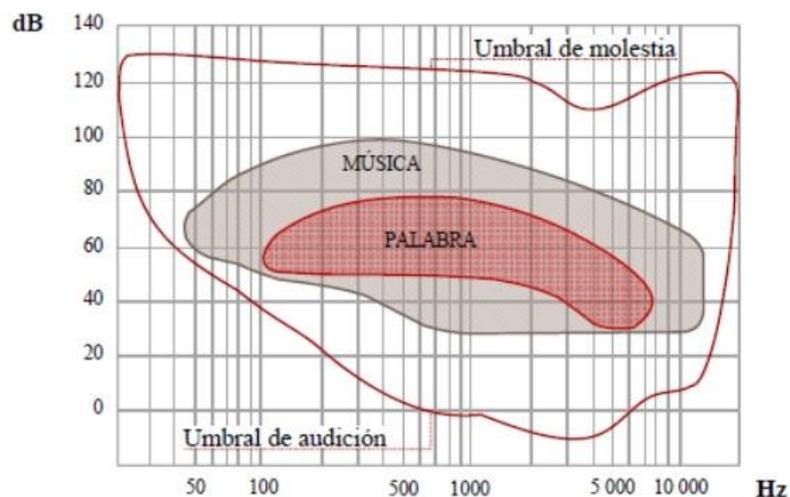


Figura 2. Umbral de audición. Esta figura se ha obtenido en la dirección de Internet <http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/70661/fichero/Cap%C3%ADtulo+I.+Psicoac%C3%BAstica..pdf>

- Umbrales diferenciales: estos umbrales señalan las mínimas variaciones de uno de los parámetros del estímulo físico, necesarias para que se produzca un cambio en la sensación. También se puede definir como la mínima intensidad con que un estímulo debe exceder a otro para que el sujeto los reconozca como diferentes en un 50% de las pruebas.

2.1.3. Enmascaramiento sonoro

El enmascaramiento (Maggiolo, D. 2013) sonoro busca determinar de qué manera la presencia de un sonido afecta la percepción de otro. Es decir, cuando un sonido impide la percepción de otro, decimos que lo enmascara. Podemos apreciar este fenómeno cuando dos personas conversan y el sonido urbano impide que una escuche total o parcialmente lo que está diciendo la otra.

Existen dos tipos de enmascaramiento (se pueden ver gráficamente en la figura 3):

- Enmascaramiento simultáneo, donde el sonido de prueba y el enmascarador coinciden temporalmente.
- Enmascaramiento no simultáneo, cuando el sonido de prueba puede ser anterior o posterior.

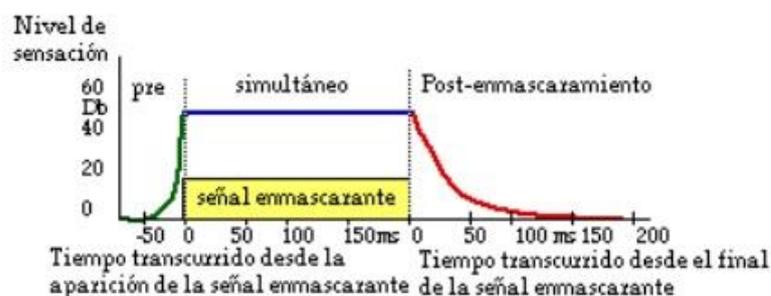


Figura 3. Diagrama explicativo enmascaramiento sonoro. Esta figura se ha obtenido en la dirección de Internet https://www.google.es/search?q=labc+usb+ve+paginas+EC4514+AUDIO+PSICOACUSTICA+Recursos+GIF+image+330&source=lnms&tbn=isch&sa=X&ved=0ahUKewjO8u2i8ojcAhWQyKQKHcMnCxYQ_AUICiqB&biw=1366&bih=662#imgrc=XW-XyrrqrRimM:

2.2. Trabajos referenciados

El umbral de eco se define como el retardo de tiempo por debajo del cual los sonidos retardados no se escuchan como fuentes separadas en lugares separados del sonido original (Blauert, 1997, p.224). Este umbral de eco varía en longitud de unos pocos milisegundos, alrededor de 50 ms, dependiendo del oyente individual y el tipo de estímulo (Perrott & Saberi, 1990); (Litovsky, Colburn, Yost, & Guzman, 1999).

En los años 1980 se llevaron a cabo los primeros estudios sobre el eco por Warren et al. (1980) donde se presentan pruebas que sugieren que el análisis temporal debería permitir la detección de la repetición del eco muy por debajo del límite de tono de $t = 0.02$ seg. De acuerdo con las predicciones, se encuentra que los oyentes podrían detectar el retraso de la repetición del eco para un ruido de hasta al menos $t - 0.5$ segundos.

Se continuaron los estudios sobre el eco y en 1991 se realizaron tres experimentos para investigar la dependencia de la supresión de eco en la estimulación auditiva justo antes de un estímulo de prueba (Freyman, Clifton, & Litovsky, 1991). Los sujetos se sentaron en una cámara anecoica entre dos altavoces, uno que presentaba el sonido "principal" y el otro el sonido retardado de "retraso". En el primer experimento, los sujetos informaron si oyeron un eco y se observó que el umbral de eco aumentó (los sujetos eran menos sensibles a los ecos) a medida que el número de clics en la serie aumentaba de 3 a 17. Para un número fijo de clics, el efecto era esencialmente independiente de la tasa de clics y duración de la serie. El segundo experimento fue similar al primer pero con ruido blanco (señal que contiene todas las frecuencias y todas ellas muestran la misma potencia) en vez de sonido. Usando un procedimiento objetivo para medir el umbral del eco, el tercer experimento demostró que tanto el estímulo de inicio como el de retraso deben presentarse durante la serie de acondicionamiento para producir la acumulación de la supresión. Cuando solo se presentó el sonido principal durante la serie de acondicionamiento, la perceptibilidad del sonido de retraso durante la ráfaga de prueba pareció mejorarse (Freyman, Clifton, & Litovsky, 1991).

Años más tarde se realiza otro estudio en el que concluyen que el umbral de eco aumenta con la exposición a series de estímulos redundantes. En este estudio realizado por Clifton et al. (1994) se realizaron tres experimentos para probar la hipótesis de que un cambio en la serie en curso afectaría la percepción del eco por parte de los oyentes, pero solo si significaba un cambio inusual en la acústica de la sala. En este estudio nos centramos en el experimento 2 donde se

variaba la frecuencia de las ráfagas para comprobar si cualquier cambio entre la serie y las ráfagas de prueba aumentaría la discriminación del eco. Esta variación afectó la detectabilidad del eco porque tales cambios significan que el sonido original cambió en esta característica y el eco reflejó estos cambios. Si observamos la tabla 1 “Umbrales de eco para el ruido de prueba aislado”¹ del estudio de (Clifton et al., 1994) vemos que el umbral de eco para las bajas frecuencias es de 9,75 ms y para las altas de 12,25 ms, una diferencia de 2,5ms.

Este mismo año en el estudio realizado por Yang & Grantham (1994) definieron que “el umbral de eco es la demora de un sonido reflejado con relación al sonido directo en el que un sujeto ya no puede escuchar el reflejo como un evento separado.”² Para este estudio se utilizó un evento de ruido de 4 ms comprendido entre las frecuencias de (500-4000 Hz). En cada ráfaga el sujeto tenía que decir si se producía un evento (sonido directo solo) o dos (sonido reflejado más directo). El resultado fue que hubo cierta tendencia a aumentar el umbral con la disminución de la frecuencia central y la disminución del ancho de banda.

En 1996 siguiendo la línea del estudio realizado por Clifton et al. (1994) se midió el umbral de eco en 25 sujetos con audición normal. La prueba consistía en un par de ráfagas de ruido de 4 ms de banda ancha en el que la procedencia se presentaba desde el lado izquierdo o derecho y el eco desde el lado opuesto. La tarea del sujeto era indicar la procedencia del eco. El umbral de eco medio resultante fue de 11,2 ms independientemente de la procedencia de la ráfaga. Como conclusión a este estudio el autor afirmó que “la acumulación de supresión de eco, cuando se considera en toda la población, parece ser más fuerte cuando el sonido se inicia a la derecha y el retraso a la izquierda que para la configuración opuesta”³ (Grantham, 1996).

¹ En el idioma original: *Echo thresholds for the isolated test noise.*

² En el idioma original: *Echo threshold is the delay of a reflected sound relative to the direct sound at which a subject can no longer hear the reflection as a separate event.*

³ En el idioma original: *Buildup of echo suppression, when considered across the population, appears to be stronger when the lead sound is on the right and the lag sound on the left than for the opposite configuration.*

Un año más tarde, 1997, siguiendo la línea de investigación anterior se realizó un estudio en el que se investigaban dos de los tres aspectos que abarca el efecto de precedencia (Yang & Grantham, 1997): (1) supresión de eco (el sonido directo y su eco están fusionados, y los sujetos solo pueden oír un evento), y (2) supresión de discriminación (los sujetos no pueden discriminar la posición del eco). Se plantearon dos hipótesis y los autores concluyeron que ni la supresión de eco ni la supresión de discriminación dependían de la separación acimutal entre las fuentes de derivación y de retardo cuando se midieron en una condición de línea base. Interpretando los datos obtenidos, el estudio concluye que el umbral de supresión de eco disminuirá pero que el umbral de supresión de discriminación aumentará a medida que la posición del eco se aleja de la del sonido directo; en otras palabras, la posición del eco se volverá más difícil de discriminar con el aumento de la separación del retraso inicial, incluso si se vuelve más perceptible como un evento separado (Yang & Grantham, 1997).

Haciendo un paréntesis en los artículos para el desarrollo de este punto, hago mención a la referencia que se hace en el libro “Diseño Acústico de Espacios Arquitectónicos” (Isbert, 1998) en donde se afirma en el punto 1.15.3:

“Todas aquellas reflexiones que llegan a un oyente dentro de los primeros 50 ms desde la llegada del sonido directo son integradas por el oído humano y, en consecuencia, su percepción no es diferenciada respecto al sonido directo. Cuando el sonido emitido es un mensaje oral, tales reflexiones contribuyen a mejorarla inteligibilidad o comprensión del mensaje y, al mismo tiempo, producen un aumento de sonoridad (o sensación de amplitud del sonido). Por el contrario, la aparición en un punto de escucha de una reflexión de nivel elevado con un retardo superior a los 50 ms es totalmente contraproducente para la obtención de una buena inteligibilidad de la palabra, ya que es percibida como una repetición del sonido directo (suceso discreto). En tal caso, dicha reflexión se denomina eco” (Isbert, 1998).

Continuando con los artículos, en 1999 Litovsky et al. (1999) nos hablan del Efecto de Precedencia, término que hace referencia a la percepción humana del sonido y se puede entender como la interpretación que hace nuestro cerebro al escuchar un sonio o varios si éstos llegan con un intervalo de tiempo inferior o mayor a 50 ms. Este fenómeno fue descrito por Helmut Haas en su tesis en el año 1949.

En este estudio sobre el Efecto de Precedencia (Litovsky et al., 1999) se pretende reflejar los efectos que se derivan de la precedencia y ayudar a integrar los datos de los diferentes estudios (psicofísicos y fisiológicos). A partir de esta recopilación de datos los autores concluyen que puede que se llegue a desarrollar una teoría de precedencia completa y se puedan desarrollar modelos útiles, debido a que muchos de los estudios no abordan directamente los problemas reales. Continúan describiendo que este efecto tiene que ver poco con entornos acústicos realistas y como reflexión a esta cantidad de estudios en esta área, señalan que éstos pueden ser útiles para promover próximos trabajos en escenarios más realistas.

En el año 2000, Rakerd et al. (2000) realizan un estudio donde realizan una comparación psicofísica de la supresión del eco en el plano horizontal (HP) y el plano medio sagital (MSP). Se realizaron dos experimentos. En el primero, se midió el umbral de eco de los oyentes (el nivel apenas era audible) y los resultados fueron similares en ambos planos con respecto a su dependencia del tiempo de retraso, aunque algo menores en el plano horizontal; y en el segundo, se midió el umbral enmascarado de un oyente, en el cual el nivel del habla rezagada apenas era audible y donde los resultados fueron comparables en ambos planos. En la representación gráfica se observa una debilidad para la ubicación aérea, en relación con la frontal y la posterior para los dos umbrales analizados. Como resultado final de este estudio y mediante un análisis de correlación se determinó que los resultados de los experimentos de umbral de eco y enmascaramiento de los dos planos (HP y MSP) eran muy similares (0,98) (Rakerd et al., 2000).

Dos años más tarde, en 2002, Clifton et al. (2002) publican un artículo sobre qué nos dice el “Efecto de Precedencia” en las salas acústicas. En este artículo lanzan una hipótesis en la cual señalan que la información sobre la procedencia del sonido rezagado cuando éste es producido en una sala es crítica porque el sonido reflejado puede funcionar para informar al oyente sobre los objetos y las estructuras en la habitación. Para demostrar esta hipótesis hacen un repaso de los estudios realizados por ciertos autores que han hecho referencia a este efecto y sus características y concluyen que “el aspecto de fusión del efecto de precedencia se puede modular mediante variaciones temporales y espaciales del sonido que preceden al evento de prueba.”⁴

Se continuaron los estudios sobre el Efecto de precedencia y en 2006 (Freyman & Keen, 2006) presentaron un estudio con varios experimentos (donde se variaron las condiciones y configuraciones acústicas) y contrastaron con otros realizados anteriormente. En este estudio se afirma que la construcción de un espacio auditivo concreto requiere una cantidad de repeticiones de la misma información acústica para que el oyente sea capaz de distinguir las reflexiones de las verdaderas fuentes de sonidos pero que ésta a la vez puede verse afectada por una nueva configuración acústica. Resumiendo los experimentos y datos obtenidos en el estudio (Freyman & Keen, 2006), los autores señalan que “construir un espacio auditivo implica un mapeo rápido de los sonidos allí reflejados y que este mapeo se evidencia por el aumento de los umbrales de eco a medida que se va recibiendo la información.”⁵ Y terminan concluyendo “esta situación aquí experimentada es una simulación aproximada de una persona en un área abierta, pero cerca de una pared a la derecha del oyente. Un sonido presentado desde la izquierda se refleja en la pared y llega al oyente como un reflejo único. El uso de esta situación reducida y controlada con precisión nos permitió determinar los efectos de cambiar un solo aspecto del estímulo. Para

⁴ En el idioma original: *The fusion aspect of the precedence effect can be modulated by temporal and spatial variations of sound preceding the test event.*

⁵ En el idioma original: *To summarize our findings, it appears that constructing a model of auditory space involves a rapid mapping of reflected sounds in the space. This mapping is evidenced by increasing echo thresholds as information comes in.*

elaborar la hipótesis acústica de la sala para que se aplique a las situaciones de la sala real, se deben crear entornos auditivos más complejos con reflexiones múltiples y sonidos realistas, así tendremos una mejor comprensión de cómo el cerebro procesa los sonidos que concurren y los localiza en situaciones cotidianas”⁶ (Richard L. Freyman & Keen, 2006).

En la misma línea de investigación, el Efecto de Precedencia, en 2011 se realizó un estudio donde se experimentó si el efecto de precedencia en los planos horizontal y vertical con una señal de retraso móvil era diferente para ambos planos (Agaeva, 2011). Este estudio se realizó con ruido de banda ancha de altas frecuencias (5-18 KHz) y retrasos de 1 a 40 ms. Los resultados mostraron que para las señales en el plano horizontal la localización correcta de la señal de retardo en movimiento se reducía a 25 ms; si las señales se presentaron en el plano vertical, se redujo para retrasos menores a 40 ms. Para retrasos por debajo de 8-10 ms, los sujetos no pudieron localizar la señal de retraso de movimiento en absoluto, sólo la señal de inicio. En cuanto al umbral de eco, el resultado medio para las señales presentadas en el plano horizontal fue menor que para las señales presentadas en el plano vertical (7,3 y 10,1 ms, respectivamente).

Unos años más tarde, en 2011, se realizó un estudio médico sobre cómo mediante los potenciales evocados auditivos se manipulaba la percepción de eco en los oyentes. Sanders et al. (2011) realizaron el estudio donde se compararon potenciales cerebrales relacionados con eventos provocados por una serie de chasquidos y tonos agudos que son audibles para el oído humano y que dieron como resultado que los oyentes informaran de una o dos fuentes. La percepción de eco en los oyentes del estudio fue diferente para las diferentes frecuencias.

⁶ En el idioma original: *Our situation is a crude simulation of a person standing outside in an open area, but near a wall to the listener's right. A sound presented from the left reflects off the wall and reaches the listener as a single reflection. Using this pared down and precisely controlled situation enabled us to determine the effects of changing a single aspect of the stimulus. In order elaborate the room acoustics hypothesis so that it applies to real-room situations, more complex auditory environments with multiple reflections and realistic sounds should be created, thus we will have a much better understanding of how competing sounds are processed by the brain and localized in everyday settings.*

En 2013, se realizó un estudio donde se examina el efecto de la difusión temporal sobre el umbral del eco, existiendo diferencias entre las formas de onda de una reflexión idéntica al sonido directo y una de una superficie arquitectónica. Este estudio fue realizado por Robinson et al. (2013) y en él se realizaron pruebas de umbral de eco utilizando estímulos realistas de la voz y música entre las reflexiones de las superficies reflectoras especulares y las superficies difusivas. Los resultados indican que los estímulos realistas de la voz se detectan mejor en las reflexiones especulares que en las reflexiones difusas; y para las señales de música prácticamente no se encuentran diferencias. También concluyen que el umbral de eco es más largo para la música que para la voz cuando el sonido es reflejado.

Ese mismo año, 2013, otro estudio sobre diseño acústico de salas (Walther, Robinson, & Santala, 2013) mostraba resultados que tenían implicaciones importantes en relación con el diseño. Se realizaron dos experimentos; en el primero, se emulaba el efecto de la inclinación del asiento con estímulos de frecuencias con un sonido directo filtrado de 100, 200, 400 y 800 Hz; donde se observó que para las bajas frecuencias (100 y 200 Hz) el umbral de eco aumentaba y para las de 400 y 800 Hz el umbral de eco se reduce drásticamente. En el segundo experimento, sonido directo de banda ancha y reflexiones filtradas, donde se aplicaron filtros de paso bajo y paso alto, las frecuencias estaban comprendidas entre 750 (LP1, HP1) y 6000 Hz (LP3 y HP3). Los resultados indicaron que la supresión de eco es más fuerte para LP1 y más débil para HP3.

De forma resumida, el citado estudio afirma que “los resultados indican que para un sonido directo filtrado de paso alto y una reflexión de banda ancha, la atenuación de bajas frecuencias origina inicialmente un aumento en el umbral de supresión de eco, mientras que para frecuencias de corte superiores, el umbral de supresión de eco disminuye drásticamente. Para el sonido directo de banda ancha y las reflexiones filtradas, el umbral de supresión de eco está inversamente relacionado con el contenido de alta frecuencia.”⁷ (Walther et al., 2013).

⁷ En el idioma original: *The results indicate, that for a highpass filtered direct sound and a broadband reflection, attenuation of low frequencies initially results in an increase in echo suppression threshold, while for higher cutoff frequencies echo suppression threshold drastically*

También haremos referencia a análisis previos similares al planteado en este trabajo. Así, tenemos el estudio realizado por Soriano Juan, D. (2015) que consistió en dos test psicoacústicos donde se escuchaba un evento sonoro con siete retardos temporales y cuatro frecuencias distintas: 500, 1000, 2000 y 4000 Hz, y en el que concluye que “se observa que la percepción del eco depende de la frecuencia. Se puede decir que a altas frecuencias aumenta el umbral de eco”. Continúa afirmando que el umbral de eco “en la frecuencia de 500 Hz aparece sobre unos 15 o 20 ms antes que las otras frecuencias analizadas. En las otras frecuencias estudiadas de 1000, 2000, 4000 Hz el umbral de eco aparece temporalmente más tarde como más agudas son las frecuencias, pero dependiendo del método y experimento utilizado el resultado puede ser ligeramente diferente” (Soriano Juan, D., 2015).

Para terminar con este punto, citaremos el estudio de Guarque Edo, P. (2016) que consistió en la realización de tres test. Un primer test que fue la realización de un cuestionario para recabar datos sobre la edad, sexo, formación musical y si tienen relación con el mundo del audio; un segundo test que consistió en la realización de una audiometría para determinar los niveles de audición; y, finalmente, un test psicoacústico realizado mediante un programa desarrollado a través del entorno de Matlab en el que escuchaban un evento sonoro repetido con siete retardos diferentes (10, 15, 25, 35, 45, 55 y 60 ms) en tres frecuencias diferentes: 100, 125 y 4000 Hz. Centrándonos en el test psicoacústico, Guarque Edo, P. (2015) concluye que “se esperaba una detección de umbral de eco, a bajas frecuencias, más temprana que a medias y altas. Asimismo, se esperaba también una detección más temprana a medias frecuencias que a altas. Esta última suposición se ha cumplido pero la primera no”. Además también añade que “en las frecuencias en las que el oído humano es más sensible (4 KHz) se observa una detección más tardía del umbral de eco. Esto podría deberse a que esta es la frecuencia de resonancia del oído humano” (Guarque Edo, P., 2016).

decreases. For broadband direct sound and filtered reflections, the echo suppression threshold is inversely related to high frequency content.

3. Metodología

Para lograr los objetivos propuestos en este trabajo, en primer lugar se realizó un cuestionario por parte de los sujetos mediante el cual se procedió a analizar cómo afectan cada uno de estos parámetros y poder determinar hasta qué punto influyen estos parámetros en cada uno de los datos registrados. En segundo lugar, se procedió a la realización de un test que consistió en un estudio psicoacústico realizado con una aplicación desarrollada a través de entorno de Matlab, donde se les explicó cómo debían contestar a las preguntas del test acerca del eco. Así mismo, previamente se les proporcionó un ejemplo de qué debían entender como eco y qué no.

Este apartado describe todos los procedimientos seguidos. Por claridad expositiva se ha dividido en un subapartado de Materiales, otro de Sujetos y otro de Tareas.

3.1. Materiales

Para llevar a cabo la realización del estudio realizado se han utilizado los siguientes materiales:

- Un ordenador portátil, marca Toshiba, modelo Satellite C50D-B.
- Programa informático ejecutado a través de entorno de Matlab. El programa lanza de forma aleatoria 42 ruidos en el primer test con siete retardos (10, 35, 40, 45, 50, 55 y 60 ms) y otros 42 ruidos en el segundo test, con siete retardos diferentes (15, 22, 29, 36, 43, 50 y 57 ms) en siete frecuencias diferentes (250, 500, 1000, 2000, 4000 y 8000 Hz).
- Unos auriculares cerrados, conectados al ordenador con cable. Marca Sennheiser, modelo HD 205, para que el oyente estuviera lo más aislado posible del ambiente.

3.2. Sujetos

Durante el proceso de selección de sujetos no se ha realizado ningún tipo de discriminación previa, por lo que se ha instado a participar a todo aquel que

quisiera realizar el estudio. Se ha realizado el test a 45 personas, de ambos sexos y de edades comprendidas entre los 11 y los 73 años. Cada una de las personas ha realizado los dos test con diferentes retardos. Entre las personas a las que se les ha realizado el test había personas sin conocimientos musicales y personas con conocimientos musicales de diferentes niveles (elemental, profesional y superior) de diferentes especialidades.

3.3. Tareas

En primer lugar se les ha pasado un cuestionario personal (figura 4) en el que deben contestar a cerca de: su sexo, su edad, si tiene formación musical, qué grado de formación musical tienen, si tocan algún instrumento musical y, por último, si se dedican a algo relacionado con el sonido. Este test se ha realizado para cuando se analicen los resultados comprobar cómo afectan cada uno de estos parámetros y poder discriminar entre jóvenes, adultos y mayores; entre hombres y mujeres; y entres si tocan o no algún instrumento.

CUESTIONARIO

- | | |
|--|--|
| <p>1. Sexo:</p> <p><input type="checkbox"/> Hombre</p> <p><input type="checkbox"/> Mujer</p> <p>2. Edad:</p> <p>3. ¿Tiene usted alguna formación musical?</p> <p><input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No</p> <p>4. ¿Qué estudios tiene?</p> <p><input type="checkbox"/> Amateur</p> <p><input type="checkbox"/> Enseñanzas Elementales</p> <p><input type="checkbox"/> Enseñanzas Profesionales</p> <p><input type="checkbox"/> Enseñanzas Superiores</p> | <p>5. ¿Toca algún instrumento?</p> <p><input type="checkbox"/> Instrumento cuerda</p> <p><input type="checkbox"/> Instrumento de viento</p> <p><input type="checkbox"/> Percusión</p> <p><input type="checkbox"/> Instrumento eléctrico</p> <p><input type="checkbox"/> Cantante/Otros</p> <p><input type="checkbox"/> No</p> <p>6. ¿Se dedica a algo relacionado con el sonido?</p> <p><input type="checkbox"/> Si</p> <p><input type="checkbox"/> No</p> |
|--|--|

Figura 4. Cuestionario personal. Este cuestionario se ha obtenido del TFG de Guarque Edo, P. (2016) en la dirección de Internet <http://hdl.handle.net/10251/75682>

El siguiente test consistió en un estudio psicoacústico realizado con una aplicación desarrollada a través de entorno de Matlab. El estudio consistió en la escucha de dos eventos sonoros (dos ruidos) repetidos con siete retardos diferentes, en el primer test los retardos fueron de 10, 35, 40, 45, 50, 55 y 60 ms y en el segundo test, de 15, 22, 29, 36, 43, 50 y 57 ms, todos ellos en siete frecuencias diferentes (250, 500, 1000, 2000, 4000 y 8000 Hz). Se ha procedido a explicar (figura 5) cómo funciona el programa mediante el siguiente esquema:

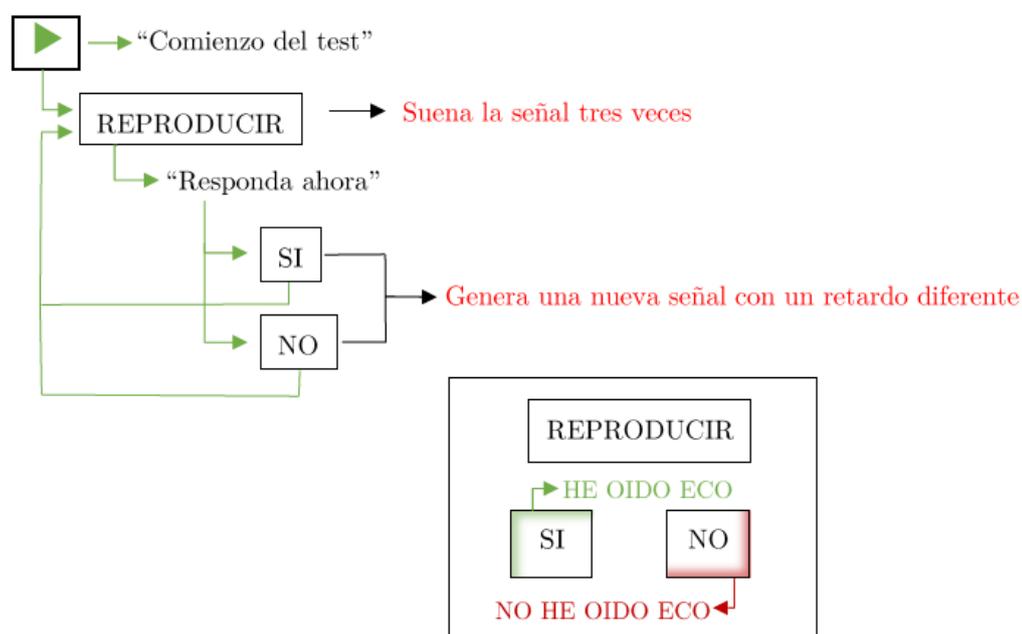


Figura 5. Esquema funcionamiento programa. Este figura se ha obtenido del TFG de Guarque Edo, P. (2016) en la dirección de Internet <http://hdl.handle.net/10251/75682>

Cuando se ejecuta el programa, el sujeto escucha “Comienzo del test” y a continuación se escucha un ruido tres veces seguidas sin eco. Acto seguido el programa le proporciona una interfaz gráfica de usuario (figura 6) donde encuentra tres botones: SI, NO, VOLVER ESCUCHAR. Como no ha escuchado eco, porque por defecto está así programado, el sujeto debe contestar “NO”. A continuación oirá un ruido tres veces repetido con el máximo retardo programado para que note claramente el eco. Como habrá escuchado dos ruidos debe contestar “SI”. Y a partir del tercer evento sonoro el ruido escuchado tendrá un retardo y frecuencia aleatoria. Así durante los 40 eventos sonoros restantes del

que consta cada test. Primero se realizará el test con los siguientes retardos: 10, 35, 40, 45, 50, 55 y 60 ms, y al terminar el test se modificará el programa y el sujeto repetirá el test de 42 eventos sonoros pero esta vez con los siguientes retardos: 15, 22, 29, 36, 43, 50 y 57 ms. Si durante la realización del test el sujeto tiene dudas de si ha escuchado eco o no, puede volver a escuchar el evento reproducido mediante el botón “VOLVER A ESCUCHAR”.



Figura 6. Interfaz gráfica de usuario

Al finalizar los test el programa generó los resultados que posteriormente se han analizado para extraer los resultados y las conclusiones del estudio.

4. Resultados

Para analizar los resultados obtenidos se va a hacer un estudio por separado de los dos test realizados, el primero con los retardos temporales de 10, 35, 40, 45, 50, 55 y 60 ms y el segundo con los retardos temporales de 15, 22, 29, 36, 43, 50 y 57 ms, para intentar obtener resultados más concretos.

4.1. Resultados sin discriminación por parámetros

Una vez cargados todos los datos obtenidos en los test vamos a representarlos gráficamente y describir de forma global cada uno de los test.

- Primer test: Retardos 10, 35, 40, 45, 50, 55, 60 ms.

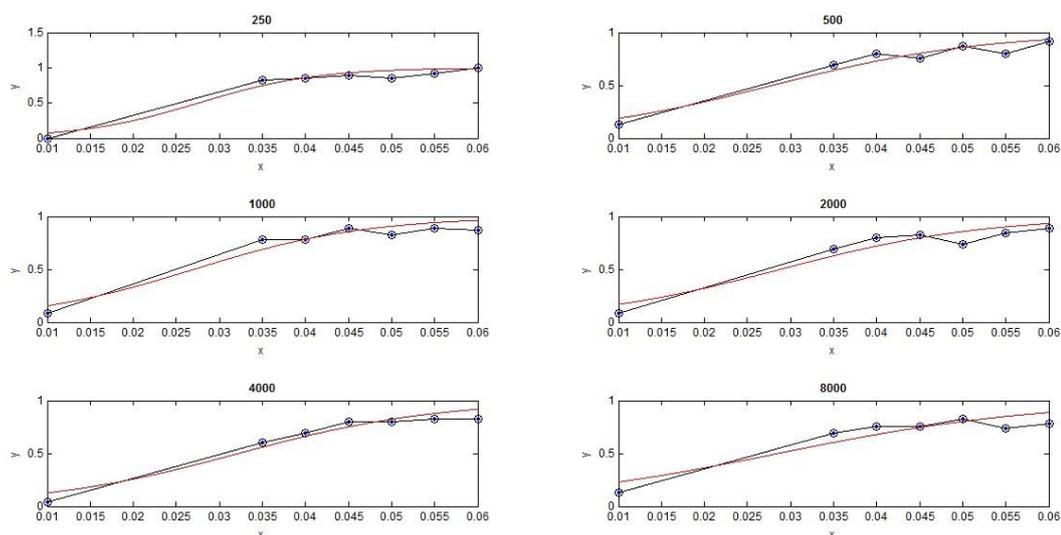


Figura 7. Gráfica de isométricas global del test 1.

En estas gráficas (figura 7) se observa que con un retardo de 10 ms nadie es capaz de detectar el eco y a partir de los 35 ms, más de la mitad de los participantes han sido capaz de detectar el eco. A partir de 35 ms, en ciertas frecuencias (250, 1000, 8000 Hz) se mantiene estable el número de participantes que detectan el eco, de ahí que apenas varíe la curva isométrica, aunque no ocurre lo mismo en las demás frecuencias (500, 2000, 4000 Hz) que la curva es más pronunciada.

Sintetizando, en todas las frecuencias se encuentran curvas isométricas muy parecidas, que es lo que se podía prever observando el umbral obtenido (figura 8).

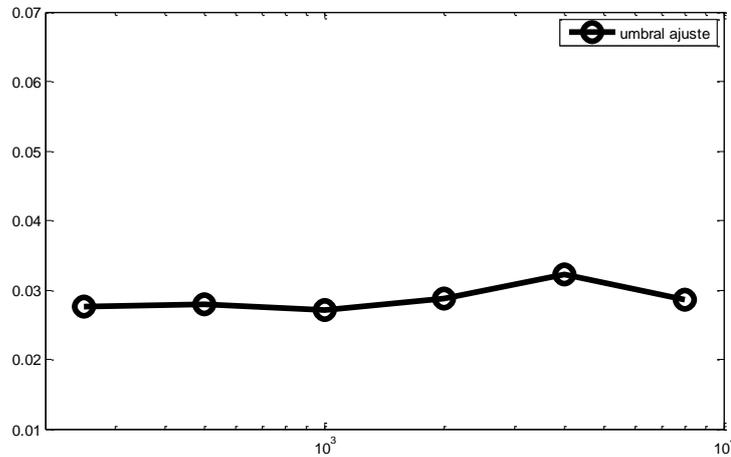


Figura 8. Gráfica correspondiente al umbral global del test 1.

Observando la gráfica correspondiente al umbral de eco global del test 1 (figura 8) se aprecia que no se distingue en el resultado medio un cambio de umbral con la frecuencia. A alta frecuencia hay un pequeño aumento, pero de media el umbral es de 28 ms.

▪ Segundo test: Retardos 15, 22, 29, 36, 43, 50, 57 ms.

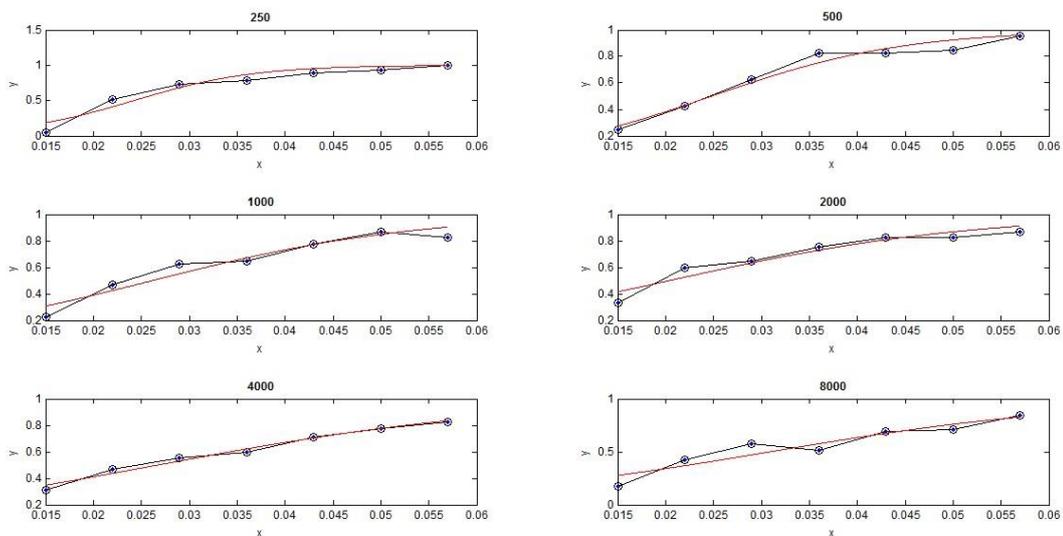


Figura 9. Gráfica de isométricas global del test 2.

En estas gráficas (figura 9) se observa que con un retardo de 15 ms prácticamente nadie es capaz de detectar el eco, aunque en algunas frecuencias no se cumple. En este test no se mantiene la estabilidad en las curvas al igual que en el test 1, aunque se observa que la tendencia es correcta, conforme aumenta la separación entre los eventos sonoros, para el individuo es más sencillo distinguir el eco, es decir, hay más de un 50% de respuestas positivas a la pregunta, has escuchado eco.

En la siguiente gráfica (figura 10) se puede ver que el umbral realiza la propia curva de audición humana, es decir, a frecuencias cercanas a las que el oído es más sensible, es más fácil distinguir que hay eco. Comienza con un umbral en torno a 25 ms a baja frecuencia, a 2 kHz baja a 20 ms y a partir de ahí sube hasta 30 ms.

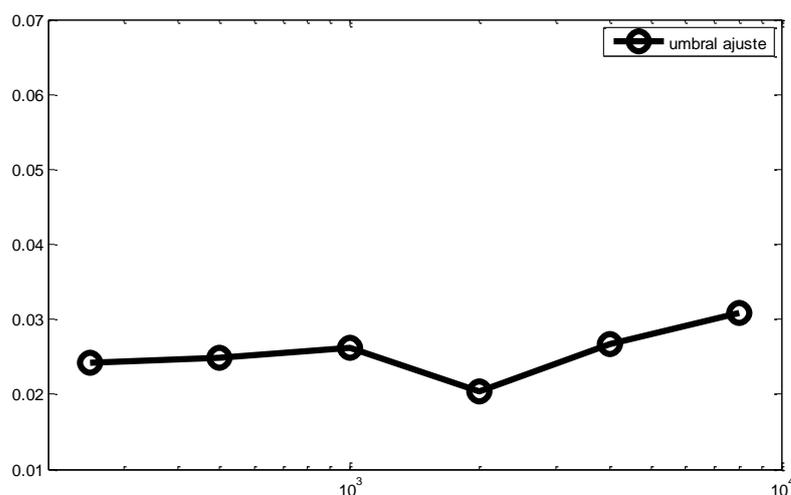


Figura 10. Gráfica correspondiente al umbral global del test 2.

4.2. Resultados con discriminación por parámetros

En este apartado se van a comparar los resultados según varios parámetros como son: la edad, el sexo y la formación musical o no y nivel musical.

4.2.1. Discriminación por edad

En este apartado se va a proceder a comentar los datos obtenidos por los distintos sujetos a los que se les ha dividido en tres grupos según la edad: jóvenes de 0 a 18 años, adultos de 19 a 60 años y ancianos más de 61 años.

- Primer test: Retardos 10, 35, 40, 45, 50, 55, 60 ms.

Como se puede observar en la siguiente gráfica (figura 11), los jóvenes detectan el eco a 250 Hz sobre los 28 ms, al igual que los adultos, aunque no ocurre así con los ancianos que lo detectan casi a 40 ms. A 500 Hz, el resultado se invierte, siendo los adultos los que detectan el eco sobre los 25 ms y los jóvenes sobre los 30ms; en los ancianos el tiempo se dispara a los 55 ms. En los 1000 Hz, se vuelve a invertir siendo los jóvenes los que primero detectan el eco sobre los 26 ms, los adultos lo hacen sobre los 30ms y los ancianos casi a los 60 ms. A 2000 Hz, los jóvenes detectan el eco sobre los 26 ms, los adultos sobre los 30 ms y los ancianos sobre los 46 ms. En los 4000 Hz, se sigue con el mismo orden, los jóvenes sobre los 28 ms, los adultos sobre los 33 ms y los ancianos sobre los 45 ms. Y en los 8000 Hz, los tiempos del umbral vuelven a descender en los jóvenes que lo detectan sobre los 24 ms, los adultos sobre los 30 ms y los ancianos puede que debido al deterioro en la audición a altas frecuencias no detectaron el eco.

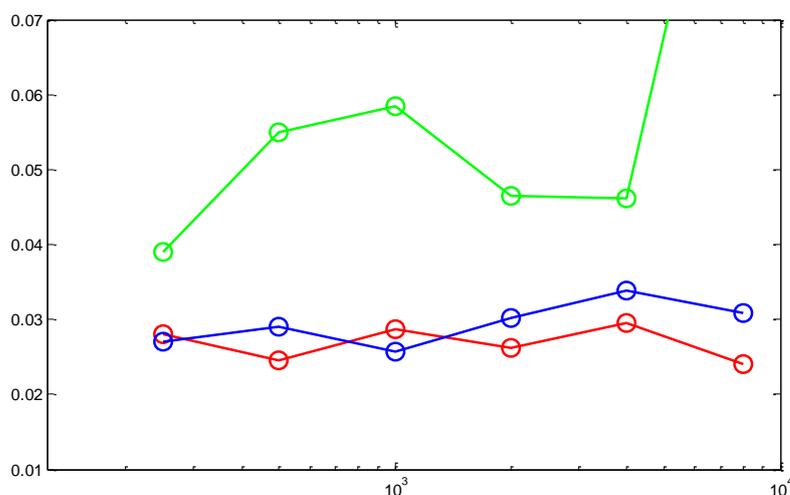


Figura 11. Gráfica umbral edades test 1. Línea roja (jóvenes), línea azul (adultos) y línea verde (ancianos).

- Segundo test: Retardos 15, 22, 29, 36, 43, 50, 57 ms.

En este segundo test, observamos que en la gráfica (figura 12) desaparece la línea verde correspondiente a los ancianos. Esto se debe a que los ancianos han tenido problemas en la detección del umbral y por tanto se ha procedido a descartar sus respuestas. Este problema en la detección puede ser debido al deterioro auditivo debido a la edad o a problemas en la comprensión de la realización de la prueba. En cuanto a los resultados observamos que a 250, 500 y 1000 Hz, los jóvenes y los adultos detectan el eco prácticamente al mismo tiempo, alrededor de los 25 ms. A 2000 Hz, el umbral de los adultos descendió sobre los 15 ms, mientras que el de los jóvenes se mantuvo sobre los 25 ms. En 4000 Hz, se volvió a normalizar en los tiempos anteriores, detectando el eco los adultos sobre los 25 ms y los jóvenes sobre los 30 ms. Y por último, se volvieron a invertir los resultados a 8000 Hz, siendo los jóvenes los que detectaron el eco sobre los 25 ms y los adultos sobre los 35 ms.

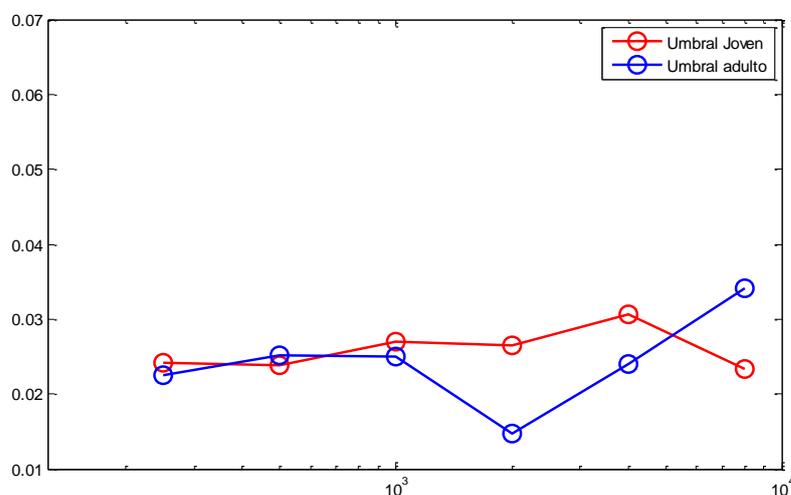


Figura 12. Gráfica umbral edades test 2. Línea roja (jóvenes), línea azul (adultos).

En la siguiente gráfica (figura 13) se representan las curvas isométricas de los ancianos en este segundo test y donde vemos que las respuestas no son coherentes, es decir, es entendible que una persona escuche eco en un determinado tiempo de retardo si luego lo continúa escuchando a

retardos más elevados. Lo que no es entendible, ni lógico, es que todos los ancianos escuchen eco a 36 ms en los 500 Hz y luego nadie escuche eco a los 43 ms. Por estos motivos se ha procedido a descartar las respuestas de los ancianos.

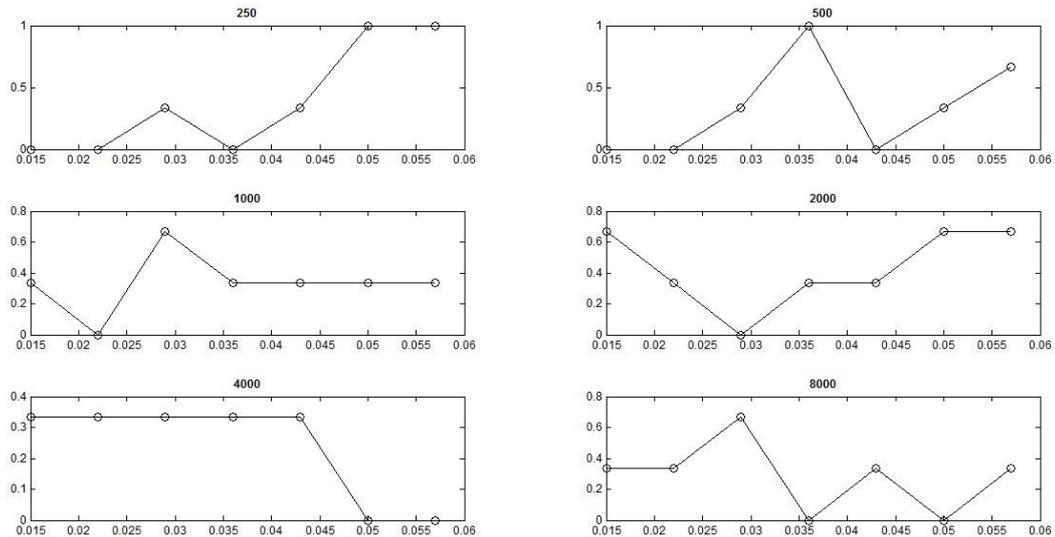


Figura 13. Gráfica curva isométrica ancianos test 2.

4.2.2. Discriminación por sexo

- Primer test: Retardos 10, 35, 40, 45, 50, 55, 60 ms.

Como observamos en las gráfica (figura 14), los hombres y las mujeres detectan el umbral de eco con tiempos muy similares, alrededor de los 28 - 29 ms, prácticamente en todas las frecuencias analizadas, excepto a altas frecuencias, 8000 Hz, que los hombres detectan el eco alrededor de los 25 ms, mientras que las mujeres lo hacen por arriba de los 30 ms. En líneas globales podemos afirmar, para este primer test, que no existen diferencias en la detección del umbral de eco entre los hombres y las mujeres en las frecuencias analizadas.

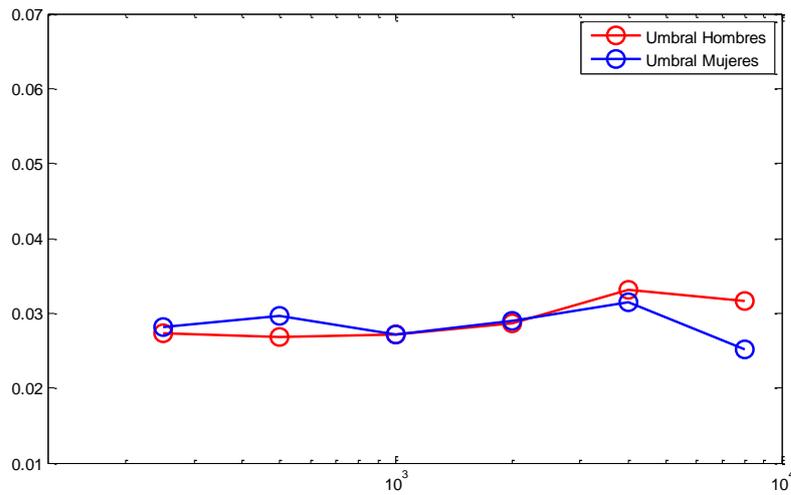


Figura 14. Gráfica umbral sexo test 1. Línea roja (hombres), línea azul (mujeres).

- Segundo test: Retardos 15, 22, 29, 36, 43, 50, 57 ms.

En la gráfica siguiente (figura 15) los resultados varían en comparación al test 1. En este test, observamos que en todas las frecuencias a excepción de los eventos sonoros a 8000 Hz el umbral de eco en los hombres es más bajo que en las mujeres. Mientras los hombres muestran una media de 20 ms, las mujeres elevan esta media a los 28 ms. En la frecuencia de los 8000 Hz, los hombres igualan el umbral de eco de las mujeres en 30 ms.

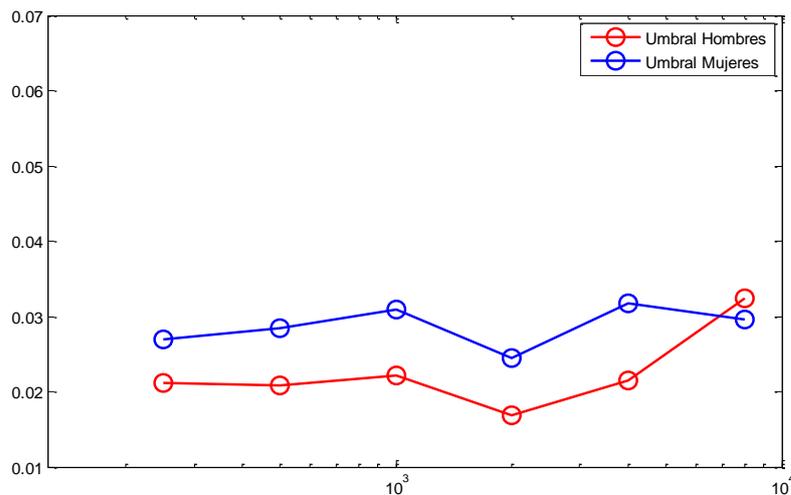


Figura 155. Gráfica umbral sexo test 2. Línea roja (hombres), línea azul (mujeres).

4.2.3. Discriminación por formación o no y nivel musical

- Primer test: Retardos 10, 35, 40, 45, 50, 55, 60 ms.

En este apartado podríamos esperar que hubiera diferencias más significativas en los resultados aunque por lo que se observa en la gráfica siguiente (figura 16) esto no ocurre. Se puede observar que las personas que son músicos amateurs detectan mejor el umbral de eco a bajas frecuencias (250 y 500 Hz) con una media 22 ms, mientras que los no músicos y los músicos profesionales lo hacen a unos 30 ms. En los 1000 Hz los tres presentan resultados similares, sobre los 28 ms. A los 2000 Hz, los músicos amateurs y los profesionales también presentan similitud en la detección del umbral de eco, no así los no músicos que elevan el umbral hasta los 32 ms. Para la frecuencia de 4000 Hz, los músicos amateurs y los profesionales también presentan similitud, mientras que los no músicos vuelven a elevar la detección sobre los 35 ms. En la frecuencia de 8000 Hz, los músicos profesionales se mantiene estables en 30ms, los músicos amateurs descienden su umbral a los 25 ms, y los no músicos también bajan el umbral a los 32 ms. Con estos resultados, podemos afirmar que los músicos profesionales presentan un umbral de eco más homogéneo que los otros dos grupos.

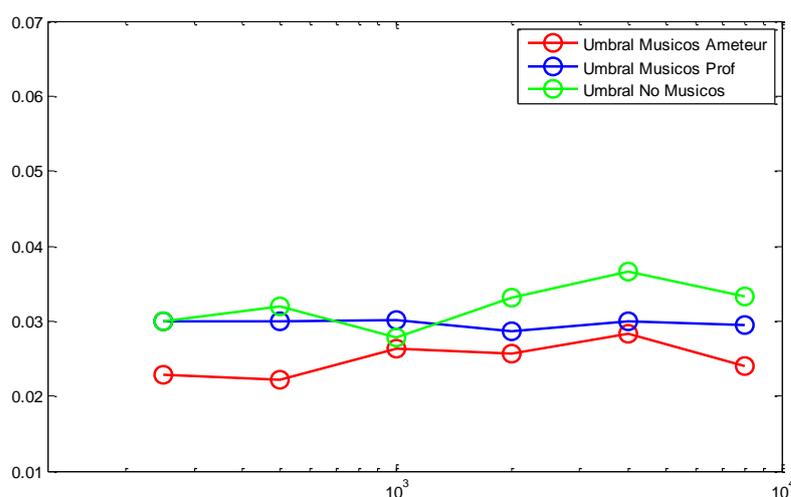


Figura 16. Gráfica umbral formación musical test 1. Línea roja (músicos amateur), línea azul (músicos profesionales) y línea verde (no músicos)

- Segundo test: Retardos 15, 22, 29, 36, 43, 50, 57 ms.

Los resultados de este segundo test, como se observa en la gráfica (figura 17) son muy diferentes a los del primer test. A la frecuencia de 250 Hz, presentan los tres grupos un umbral de eco similar, entre los 22 y los 25 ms. En la frecuencia de 500 Hz, los no músicos aumentaron su umbral a 30 ms, mientras que los músicos profesionales y los amateurs descendieron a unos 18 ms. A 1000 Hz, los no músicos continuaron aumentando su umbral hasta los 32 ms; los músicos profesionales y amateurs también sufrieron un leve aumento hasta los 21 ms. A 2000 Hz, encontramos un mínimo en el umbral de los no músicos en unos 20 ms y en de los músicos profesionales en 13 ms, manteniendo los músicos amateurs su umbral en los 21 ms. A 4000 Hz, los umbrales de los no músicos y los músicos profesionales vuelven a aumentar a 33 y 25 ms, respectivamente; descendiendo el de los músicos amateurs a 20 ms. A 8000 Hz, los no músicos continúan aumentando el umbral a 35 ms, los músicos profesionales descienden su umbral a 20 ms, presentando los músicos amateurs un aumento hasta los 25 ms.

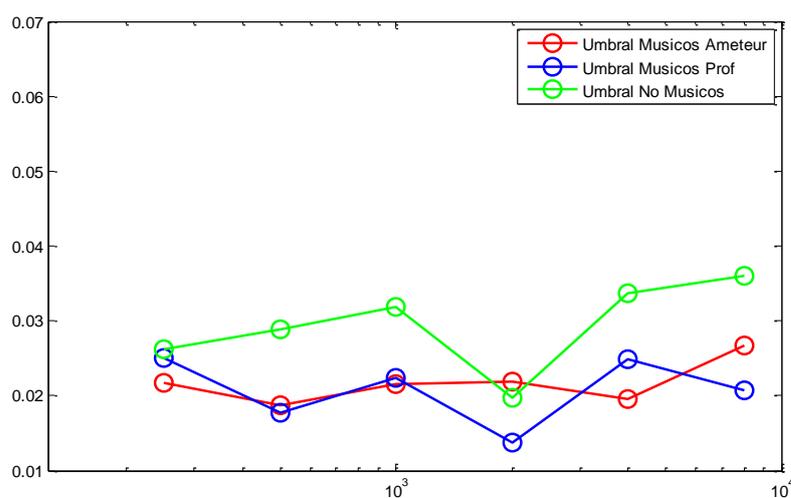


Figura 17. Gráfica umbral formación musical test 2. Línea roja (músicos amateur), línea azul (músicos profesionales) y línea verde (no músicos)

5. Conclusiones.

Como se ha podido comprobar con los test realizados, los resultados confirman que el umbral de eco presenta variaciones en función de la frecuencia a la que se emiten los sonidos.

Además, dando respuesta al principal objetivo planteado en este trabajo, se puede apreciar que el umbral obtenido en media se parece bastante a la curva de audición humana, mostrando que el umbral de eco a bajas frecuencias (250 y 500 Hz) es elevado, a medias-altas frecuencia (1000, 2000 y 4000 Hz) disminuye el umbral, como en la audición que aumenta la sensibilidad, y a alta frecuencia (8000 Hz) el umbral vuelve a aumentar.

En cuanto a la respuesta para los objetivos secundarios, no se pueden extraer conclusiones muy precisas. En la discriminación por sexo, se observa que los resultados mostrados no indican claramente que los hombres tengan un umbral de eco destacable respecto al de las mujeres, aunque en el segundo test sí que se observa que el umbral en los hombres es algo más bajo. En la discriminación por experiencia musical, ocurre lo mismo que anteriormente, los resultados no muestran una mejor respuesta de un grupo frente a los demás, por lo que no podemos afirmar que el umbral de eco depende de la experiencia y formación musical. Y finalizando con la discriminación por edad, en este apartado sí que los resultados son más concretos y podemos afirmar que mientras los jóvenes y adultos muestran un umbral de eco bastante similar, no ocurre lo mismo con los ancianos que, a altas frecuencias, elevan el umbral e incluso no son capaces de discernir si hay un sonido o dos, es decir, si hay eco o no. Este problema en la detección puede ser debido al deterioro auditivo debido a la edad.

Dado que este tema de investigación es dinámico y continuo, el presente documento representa una mera instantánea que claramente necesitará actualización a medida que avanza el campo.

6. Bibliografía

- Agaeva, M. Y. (2011). The precedence effect in the horizontal and vertical planes in experiments with a moving lagging signal. *Human Physiology*, 37(5), 545-549. <https://doi.org/10.1134/S0362119711050021>
- Blauert, J. (1997). *Spatial hearing: the psychophysics of human sound localization*. MIT press.
- Carrión Isbert, Antoni. (1998). *Diseño acústico de espacios arquitectónicos*. Barcelona: Edicions U. Recuperado de <https://es.scribd.com/document/55496721/Diseno-Acustico-de-Espacios-Arquitectonicos-Antoni-Carrion-Isbert-1ra-Edicion>
- Clifton, R. K., Freyman, R. L., Litovsky, R. Y., & McCall, D. (1994). Listeners' expectations about echoes can raise or lower echo threshold. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 95(3), 1525-1533. <https://doi.org/10.1121/1.408540>
- Clifton, R. K., Freyman, R. L., & Meo, J. (2002). What the precedence effect tells us about room acoustics. *Perception & Psychophysics*, 64(2), 180-188. <https://doi.org/10.3758/BF03195784>
- Freyman, R. L., Clifton, R. K., & Litovsky, R. Y. (1991). Dynamic processes in the precedence effect. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 90(2), 874-884. <https://doi.org/10.1121/1.401955>
- Freyman, R. L., & Keen, R. (2006). Constructing and disrupting listeners' models of auditory space. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 120(6), 3957-3965. <https://doi.org/10.1121/1.2354020>
- Grantham, D. W. (1996). Left-right asymmetry in the buildup of echo suppression in normal-hearing adults. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 99(2), 1118-1123. <https://doi.org/10.1121/1.414596>
- Guarque Edo, P. (2016). *Estudio de la dependencia frecuencial del umbral de percepción del eco* (TFG). UPV, València.

- Litovsky, R. Y., Colburn, H. S., Yost, W. A., & Guzman, S. J. (1999). The precedence effect. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 106(4), 1633-1654. <https://doi.org/10.1121/1.427914>
- Maggiolo, D. (2003). Psicoacústica. Recuperado 9 de julio de 2018, de <http://www.eumus.edu.uy/docentes/maggiolo/acuapu/int.html>
- Maggiolo, D. (2003). Umbrales de la Audición. Recuperado 21 de junio de 2018, de <http://www.eumus.edu.uy/docentes/maggiolo/acuapu/umb.html>
- Maggiolo, D. (2013). Enmascaramiento. Recuperado 9 de julio de 2018, de <http://www.eumus.edu.uy/docentes/maggiolo/acuapu/enm.html>
- *Oído externo*. (2018). En *Wikipedia, la enciclopedia libre*. Recuperado de https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=O%C3%ADdo_externo&oldid=106037079
- *Oído interno*. (2018). En *Wikipedia, la enciclopedia libre*. Recuperado de https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=O%C3%ADdo_interno&oldid=108309941
- *Oído medio*. (2018). En *Wikipedia, la enciclopedia libre*. Recuperado de https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=O%C3%ADdo_medio&oldid=105981851
- Perrott, D. R., & Saberi, K. (1990). Minimum audible angle thresholds for sources varying in both elevation and azimuth. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 87(4), 1728-1731. <https://doi.org/10.1121/1.399421>
- Rakerd, B., Hartmann, W. M., & Hsu, J. (2000). Echo suppression in the horizontal and median sagittal planes. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 107(2), 1061-1064. <https://doi.org/10.1121/1.428287>
- Robinson, P. W., Walther, A., Faller, C., & Braasch, J. (2013). Echo thresholds for reflections from acoustically diffusive architectural surfaces. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 134(4), 2755-2764. <https://doi.org/10.1121/1.4820890>

- Rodríguez, A. (2005). Conceptos básicos de la Psicoacústica. Recuperado de <http://iie.ing.edu.uy/investigacion/grupos/gmm/audio/seminario/gmm@ing.edu.uy>
- Sanders, L. D., Zobel, B. H., Freyman, R. L., & Keen, R. (2011). Manipulations of listeners' echo perception are reflected in event-related potentials. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 129(1), 301-309. <https://doi.org/10.1121/1.3514518>
- *Sistema auditivo periférico*. (2018). En *Wikipedia, la enciclopedia libre*. Recuperado de https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Sistema_auditivo_perif%C3%A9rico&oldid=108029864
- Soriano Juan, D. (2015). *Estudio de la dependencia frecuencial de la percepción de eco* (TFM). UPV, València.
- Veras Candeas, Pedro. (2006). *Desarrollo de técnicas de codificación de audio basadas en modelos de señal paramétricos*. Universidad de Alcalá, Departamento de Teoría de la Señal y Comunicaciones. Escuela Politécnica. Recuperado de <http://www4.ujaen.es/~pvera/tesis.pdf>
- Walther, A., Robinson, P., & Santala, O. (2013). Effect of spectral overlap on the echo suppression threshold for single reflection conditions. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 134(2), EL158-EL164. <https://doi.org/10.1121/1.4812447>
- Warren, R. M., Bashford, J. A., & Wrightson, J. M. (1980). Infrapitch echo. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 68(5), 1301-1305. <https://doi.org/10.1121/1.385096>
- Yang, X., & Grantham, D. W. (1994). Effects of center frequency and bandwidth on echo threshold and buildup of echo suppression. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 95(5), 2917-2917. <https://doi.org/10.1121/1.409234>

- Yang, X., & Grantham, D. W. (1997). Echo suppression and discrimination suppression aspects of the precedence effect. *Perception and Psychophysics*, 59(7), 1108-1117. <https://doi.org/10.3758/BF03205525>

Anexos

Sujeto 1

CUESTIONARIO

1. Sexo:

- Hombre
 Mujer

2. Edad:

42

3. ¿Tiene usted alguna formación musical?

- Sí No

4. ¿Qué estudios tiene?

- Amateur
 Enseñanzas Elementales
 Enseñanzas Profesionales
 Enseñanzas Superiores

5. ¿Toca algún instrumento?

- Instrumento cuerda
 Instrumento de viento
 Percusión
 Instrumento eléctrico
 Cantante/Otros
 No

6. ¿Se dedica a algo relacionado con el sonido?

- Sí
 No

Sujeto 2

CUESTIONARIO

1. Sexo:

Hombre

Mujer

2. Edad:

45

3. ¿Tiene usted alguna formación musical?

Sí No

4. ¿Qué estudios tiene?

Amateur

Enseñanzas Elementales

Enseñanzas Profesionales

Enseñanzas Superiores

5. ¿Toca algún instrumento?

Instrumento cuerda

Instrumento de viento

Percusión

Instrumento eléctrico

Cantante/Otros

No

6. ¿Se dedica a algo relacionado con el sonido?

Sí

No

Sujeto 3

CUESTIONARIO

1. Sexo:

Hombre

Mujer

2. Edad:

37

3. ¿Tiene usted alguna formación musical?

Sí No

4. ¿Qué estudios tiene?

Amateur

Enseñanzas Elementales

Enseñanzas Profesionales

Enseñanzas Superiores

5. ¿Toca algún instrumento?

Instrumento cuerda

Instrumento de viento

Percusión

Instrumento eléctrico

Cantante/Otros

No

6. ¿Se dedica a algo relacionado con el sonido?

Sí

No

Sujeto 4

CUESTIONARIO

1. Sexo:

- Hombre
 Mujer

2. Edad:

45

3. ¿Tiene usted alguna formación musical?

- Sí No

4. ¿Qué estudios tiene?

- Amateur
 Enseñanzas Elementales
 Enseñanzas Profesionales
 Enseñanzas Superiores

5. ¿Toca algún instrumento?

- Instrumento cuerda
 Instrumento de viento
 Percusión
 Instrumento eléctrico
 Cantante/Otros
 No

6. ¿Se dedica a algo relacionado con el sonido?

- Sí
 No

Sujeto 5

CUESTIONARIO

1. Sexo:

- Hombre
 Mujer

2. Edad:

11

3. ¿Tiene usted alguna formación musical?

- Sí No

4. ¿Qué estudios tiene?

- Amateur
 Enseñanzas Elementales
 Enseñanzas Profesionales
 Enseñanzas Superiores

5. ¿Toca algún instrumento?

- Instrumento cuerda
 Instrumento de viento
 Percusión
 Instrumento eléctrico
 Cantante/Otros
 No

6. ¿Se dedica a algo relacionado con el sonido?

- Sí
 No

Sujeto 6

CUESTIONARIO

1. Sexo:

- Hombre
 Mujer

2. Edad:

71

3. ¿Tiene usted alguna formación musical?

- Sí No

4. ¿Qué estudios tiene?

- Amateur
 Enseñanzas Elementales
 Enseñanzas Profesionales
 Enseñanzas Superiores

5. ¿Toca algún instrumento?

- Instrumento cuerda
 Instrumento de viento
 Percusión
 Instrumento eléctrico
 Cantante/Otros
 No

6. ¿Se dedica a algo relacionado con el sonido?

- Sí
 No

Sujeto 7

CUESTIONARIO

1. Sexo:

- Hombre
 Mujer

2. Edad:

24

3. ¿Tiene usted alguna formación musical?

- Si No

4. ¿Qué estudios tiene?

- Amateur
 Enseñanzas Elementales
 Enseñanzas Profesionales
 Enseñanzas Superiores

5. ¿Toca algún instrumento?

- Instrumento cuerda
 Instrumento de viento
 Percusión
 Instrumento eléctrico
 Cantante/Otros
 No

6. ¿Se dedica a algo relacionado con el sonido?

- Si
 No

Sujeto 8

CUESTIONARIO

1. Sexo:

Hombre

Mujer

2. Edad:

52

3. ¿Tiene usted alguna formación musical?

Si No

4. ¿Qué estudios tiene?

Amateur

Enseñanzas Elementales

Enseñanzas Profesionales

Enseñanzas Superiores

5. ¿Toca algún instrumento?

Instrumento cuerda

Instrumento de viento

Percusión

Instrumento eléctrico

Cantante/Otros

No

6. ¿Se dedica a algo relacionado con el sonido?

Si

No

Sujeto 9

CUESTIONARIO

1. Sexo:

Hombre

Mujer

2. Edad:

40

3. ¿Tiene usted alguna formación musical?

Si No

4. ¿Qué estudios tiene?

Amateur

Enseñanzas Elementales

Enseñanzas Profesionales

Enseñanzas Superiores

5. ¿Toca algún instrumento?

Instrumento cuerda

Instrumento de viento

Percusión

Instrumento eléctrico

Cantante/Otros

No

6. ¿Se dedica a algo relacionado con el sonido?

Si

No

Sujeto 10

CUESTIONARIO

1. Sexo:

- Hombre
 Mujer

2. Edad:

15

3. ¿Tiene usted alguna formación musical?

- Si No

4. ¿Qué estudios tiene?

- Amateur
 Enseñanzas Elementales
 Enseñanzas Profesionales
 Enseñanzas Superiores

5. ¿Toca algún instrumento?

- Instrumento cuerda
 Instrumento de viento
 Percusión
 Instrumento eléctrico
 Cantante/Otros
 No

6. ¿Se dedica a algo relacionado con el sonido?

- Si
 No

Sujeto 11

CUESTIONARIO

1. Sexo:

Hombre

Mujer

2. Edad:

16

3. ¿Tiene usted alguna formación musical?

Si No

4. ¿Qué estudios tiene?

Amateur

Enseñanzas Elementales

Enseñanzas Profesionales

Enseñanzas Superiores

5. ¿Toca algún instrumento?

Instrumento cuerda

Instrumento de viento

Percusión

Instrumento eléctrico

Cantante/Otros

No

6. ¿Se dedica a algo relacionado con el sonido?

Si

No

Sujeto 12

CUESTIONARIO

1. Sexo:

- Hombre
 Mujer

2. Edad:

17

3. ¿Tiene usted alguna formación musical?

- Si No

4. ¿Qué estudios tiene?

- Amateur
 Enseñanzas Elementales
 Enseñanzas Profesionales
 Enseñanzas Superiores

5. ¿Toca algún instrumento?

- Instrumento cuerda
 Instrumento de viento
 Percusión
 Instrumento eléctrico
 Cantante/Otros
 No

6. ¿Se dedica a algo relacionado con el sonido?

- Si
 No

Sujeto 13

CUESTIONARIO

1. Sexo:

Hombre

Mujer

2. Edad:

61

3. ¿Tiene usted alguna formación musical?

Si No

4. ¿Qué estudios tiene?

Amateur

Enseñanzas Elementales

Enseñanzas Profesionales

Enseñanzas Superiores

5. ¿Toca algún instrumento?

Instrumento cuerda

Instrumento de viento

Percusión

Instrumento eléctrico

Cantante/Otros

No

6. ¿Se dedica a algo relacionado con el sonido?

Si

No

Sujeto 14

CUESTIONARIO

1. Sexo:

- Hombre
 Mujer

2. Edad:

16

3. ¿Tiene usted alguna formación musical?

- Si No

4. ¿Qué estudios tiene?

- Amateur
 Enseñanzas Elementales
 Enseñanzas Profesionales
 Enseñanzas Superiores

5. ¿Toca algún instrumento?

- Instrumento cuerda
 Instrumento de viento
 Percusión
 Instrumento eléctrico
 Cantante/Otros
 No

6. ¿Se dedica a algo relacionado con el sonido?

- Si
 No

Sujeto 15

CUESTIONARIO

1. Sexo:

- Hombre
 Mujer

2. Edad:

17

3. ¿Tiene usted alguna formación musical?

- Si No

4. ¿Qué estudios tiene?

- Amateur
 Enseñanzas Elementales
 Enseñanzas Profesionales
 Enseñanzas Superiores

5. ¿Toca algún instrumento?

- Instrumento cuerda
 Instrumento de viento
 Percusión
 Instrumento eléctrico
 Cantante/Otros
 No

6. ¿Se dedica a algo relacionado con el sonido?

- Si
 No

Sujeto 16

CUESTIONARIO

1. Sexo:

- Hombre
 Mujer

2. Edad:

17

3. ¿Tiene usted alguna formación musical?

- Si No

4. ¿Qué estudios tiene?

- Amateur
 Enseñanzas Elementales
 Enseñanzas Profesionales
 Enseñanzas Superiores

5. ¿Toca algún instrumento?

- Instrumento cuerda
 Instrumento de viento
 Percusión
 Instrumento eléctrico
 Cantante/Otros
 No

6. ¿Se dedica a algo relacionado con el sonido?

- Si
 No

Sujeto 17

CUESTIONARIO

1. Sexo:

- Hombre
 Mujer

2. Edad:

29

3. ¿Tiene usted alguna formación musical?

- Si No

4. ¿Qué estudios tiene?

- Amateur
 Enseñanzas Elementales
 Enseñanzas Profesionales
 Enseñanzas Superiores

5. ¿Toca algún instrumento?

- Instrumento cuerda
 Instrumento de viento
 Percusión
 Instrumento eléctrico
 Cantante/Otros
 No

6. ¿Se dedica a algo relacionado con el sonido?

- Si
 No

Sujeto 18

CUESTIONARIO

1. Sexo:

Hombre

Mujer

2. Edad:

39

3. ¿Tiene usted alguna formación musical?

Si No

4. ¿Qué estudios tiene?

Amateur

Enseñanzas Elementales

Enseñanzas Profesionales

Enseñanzas Superiores

5. ¿Toca algún instrumento?

Instrumento cuerda

Instrumento de viento

Percusión

Instrumento eléctrico

Cantante/Otros

No

6. ¿Se dedica a algo relacionado con el sonido?

Si

No

Sujeto 19

CUESTIONARIO

1. Sexo:

- Hombre
 Mujer

2. Edad:

42

3. ¿Tiene usted alguna formación musical?

- Si No

4. ¿Qué estudios tiene?

- Amateur
 Enseñanzas Elementales
 Enseñanzas Profesionales
 Enseñanzas Superiores

5. ¿Toca algún instrumento?

- Instrumento cuerda
 Instrumento de viento
 Percusión
 Instrumento eléctrico
 Cantante/Otros
 No

6. ¿Se dedica a algo relacionado con el sonido?

- Si
 No

Sujeto 20

CUESTIONARIO

1. Sexo:

- Hombre
 Mujer

2. Edad:

15

3. ¿Tiene usted alguna formación musical?

- Si No

4. ¿Qué estudios tiene?

- Amateur
 Enseñanzas Elementales
 Enseñanzas Profesionales
 Enseñanzas Superiores

5. ¿Toca algún instrumento?

- Instrumento cuerda
 Instrumento de viento
 Percusión
 Instrumento eléctrico
 Cantante/Otros
 No

6. ¿Se dedica a algo relacionado con el sonido?

- Si
 No

Sujeto 21

CUESTIONARIO

1. Sexo:

Hombre

Mujer

2. Edad:

16

3. ¿Tiene usted alguna formación musical?

Si No

4. ¿Qué estudios tiene?

Amateur

Enseñanzas Elementales

Enseñanzas Profesionales

Enseñanzas Superiores

5. ¿Toca algún instrumento?

Instrumento cuerda

Instrumento de viento

Percusión

Instrumento eléctrico

Cantante/Otros

No

6. ¿Se dedica a algo relacionado con el sonido?

Si

No

Sujeto 22

CUESTIONARIO

1. Sexo:

- Hombre
 Mujer

2. Edad:

13

3. ¿Tiene usted alguna formación musical?

- Si No

4. ¿Qué estudios tiene?

- Amateur
 Enseñanzas Elementales
 Enseñanzas Profesionales
 Enseñanzas Superiores

5. ¿Toca algún instrumento?

- Instrumento cuerda
 Instrumento de viento
 Percusión
 Instrumento eléctrico
 Cantante/Otros
 No

6. ¿Se dedica a algo relacionado con el sonido?

- Si
 No

Sujeto 23

CUESTIONARIO

1. Sexo:

- Hombre
 Mujer

2. Edad:

13

3. ¿Tiene usted alguna formación musical?

- Si No

4. ¿Qué estudios tiene?

- Amateur
 Enseñanzas Elementales
 Enseñanzas Profesionales
 Enseñanzas Superiores

5. ¿Toca algún instrumento?

- Instrumento cuerda
 Instrumento de viento
 Percusión
 Instrumento eléctrico
 Cantante/Otros
 No

6. ¿Se dedica a algo relacionado con el sonido?

- Si
 No

Sujeto 24

CUESTIONARIO

1. Sexo:

- Hombre
 Mujer

2. Edad:

15

3. ¿Tiene usted alguna formación musical?

- Si No

4. ¿Qué estudios tiene?

- Amateur
 Enseñanzas Elementales
 Enseñanzas Profesionales
 Enseñanzas Superiores

5. ¿Toca algún instrumento?

- Instrumento cuerda
 Instrumento de viento
 Percusión
 Instrumento eléctrico
 Cantante/Otros
 No

6. ¿Se dedica a algo relacionado con el sonido?

- Si
 No

Sujeto 25

CUESTIONARIO

1. Sexo:

- Hombre
 Mujer

2. Edad:

14

3. ¿Tiene usted alguna formación musical?

- Si No

4. ¿Qué estudios tiene?

- Amateur
 Enseñanzas Elementales
 Enseñanzas Profesionales
 Enseñanzas Superiores

5. ¿Toca algún instrumento?

- Instrumento cuerda
 Instrumento de viento
 Percusión
 Instrumento eléctrico
 Cantante/Otros
 No

6. ¿Se dedica a algo relacionado con el sonido?

- Si
 No

Sujeto 26

CUESTIONARIO

1. Sexo:

Hombre

Mujer

2. Edad:

43

3. ¿Tiene usted alguna formación musical?

Si No

4. ¿Qué estudios tiene?

Amateur

Enseñanzas Elementales

Enseñanzas Profesionales

Enseñanzas Superiores

5. ¿Toca algún instrumento?

Instrumento cuerda

Instrumento de viento

Percusión

Instrumento eléctrico

Cantante/Otros

No

6. ¿Se dedica a algo relacionado con el sonido?

Si

No

Sujeto 27

CUESTIONARIO

1. Sexo:

- Hombre
 Mujer

2. Edad:

42

3. ¿Tiene usted alguna formación musical?

- Si No

4. ¿Qué estudios tiene?

- Amateur
 Enseñanzas Elementales
 Enseñanzas Profesionales
 Enseñanzas Superiores

5. ¿Toca algún instrumento?

- Instrumento cuerda
 Instrumento de viento
 Percusión
 Instrumento eléctrico
 Cantante/Otros
 No

6. ¿Se dedica a algo relacionado con el sonido?

- Si
 No

Sujeto 28

CUESTIONARIO

1. Sexo:

- Hombre
 Mujer

2. Edad:

38

3. ¿Tiene usted alguna formación musical?

- Si No

4. ¿Qué estudios tiene?

- Amateur
 Enseñanzas Elementales
 Enseñanzas Profesionales
 Enseñanzas Superiores

5. ¿Toca algún instrumento?

- Instrumento cuerda
 Instrumento de viento
 Percusión
 Instrumento eléctrico
 Cantante/Otros
 No

6. ¿Se dedica a algo relacionado con el sonido?

- Si
 No

Sujeto 29

CUESTIONARIO

1. Sexo:

- Hombre
 Mujer

2. Edad:

40

3. ¿Tiene usted alguna formación musical?

- Si No

4. ¿Qué estudios tiene?

- Amateur
 Enseñanzas Elementales
 Enseñanzas Profesionales
 Enseñanzas Superiores

5. ¿Toca algún instrumento?

- Instrumento cuerda
 Instrumento de viento
 Percusión
 Instrumento eléctrico
 Cantante/Otros
 No

6. ¿Se dedica a algo relacionado con el sonido?

- Si
 No

Sujeto 30

CUESTIONARIO

1. Sexo:

- Hombre
 Mujer

2. Edad:

37

3. ¿Tiene usted alguna formación musical?

- Si No

4. ¿Qué estudios tiene?

- Amateur
 Enseñanzas Elementales
 Enseñanzas Profesionales
 Enseñanzas Superiores

5. ¿Toca algún instrumento?

- Instrumento cuerda
 Instrumento de viento
 Percusión
 Instrumento eléctrico
 Cantante/Otros
 No

6. ¿Se dedica a algo relacionado con el sonido?

- Si
 No

Sujeto 31

CUESTIONARIO

1. Sexo:

- Hombre
 Mujer

2. Edad:

27

3. ¿Tiene usted alguna formación musical?

- Si No

4. ¿Qué estudios tiene?

- Amateur
 Enseñanzas Elementales
 Enseñanzas Profesionales
 Enseñanzas Superiores

5. ¿Toca algún instrumento?

- Instrumento cuerda
 Instrumento de viento
 Percusión
 Instrumento eléctrico
 Cantante/Otros
 No

6. ¿Se dedica a algo relacionado con el sonido?

- Si
 No

Sujeto 32

CUESTIONARIO

1. Sexo:

Hombre

Mujer

2. Edad:

38

3. ¿Tiene usted alguna formación musical?

Si No

4. ¿Qué estudios tiene?

Amateur

Enseñanzas Elementales

Enseñanzas Profesionales

Enseñanzas Superiores

5. ¿Toca algún instrumento?

Instrumento cuerda

Instrumento de viento

Percusión

Instrumento eléctrico

Cantante/Otros

No

6. ¿Se dedica a algo relacionado con el sonido?

Si

No

Sujeto 33

CUESTIONARIO

1. Sexo:

Hombre

Mujer

2. Edad:

38

3. ¿Tiene usted alguna formación musical?

Si No

4. ¿Qué estudios tiene?

Amateur

Enseñanzas Elementales

Enseñanzas Profesionales

Enseñanzas Superiores

5. ¿Toca algún instrumento?

Instrumento cuerda

Instrumento de viento

Percusión

Instrumento eléctrico

Cantante/Otros

No

6. ¿Se dedica a algo relacionado con el sonido?

Si

No

Sujeto 34

CUESTIONARIO

1. Sexo:

Hombre

Mujer

2. Edad:

73

3. ¿Tiene usted alguna formación musical?

Si No

4. ¿Qué estudios tiene?

Amateur

Enseñanzas Elementales

Enseñanzas Profesionales

Enseñanzas Superiores

5. ¿Toca algún instrumento?

Instrumento cuerda

Instrumento de viento

Percusión

Instrumento eléctrico

Cantante/Otros

No

6. ¿Se dedica a algo relacionado con el sonido?

Si

No

Sujeto 35

CUESTIONARIO

1. Sexo:

- Hombre
 Mujer

2. Edad:

54

3. ¿Tiene usted alguna formación musical?

- Si No

4. ¿Qué estudios tiene?

- Amateur
 Enseñanzas Elementales
 Enseñanzas Profesionales
 Enseñanzas Superiores

5. ¿Toca algún instrumento?

- Instrumento cuerda
 Instrumento de viento
 Percusión
 Instrumento eléctrico
 Cantante/Otros
 No

6. ¿Se dedica a algo relacionado con el sonido?

- Si
 No

Sujeto 36

CUESTIONARIO

1. Sexo:

- Hombre
 Mujer

2. Edad:

37

3. ¿Tiene usted alguna formación musical?

- Si No

4. ¿Qué estudios tiene?

- Amateur
 Enseñanzas Elementales
 Enseñanzas Profesionales
 Enseñanzas Superiores

5. ¿Toca algún instrumento?

- Instrumento cuerda
 Instrumento de viento
 Percusión
 Instrumento eléctrico
 Cantante/Otros
 No

6. ¿Se dedica a algo relacionado con el sonido?

- Si
 No

Sujeto 37

CUESTIONARIO

1. Sexo:

- Hombre
 Mujer

2. Edad:

65

3. ¿Tiene usted alguna formación musical?

- Si No

4. ¿Qué estudios tiene?

- Amateur
 Enseñanzas Elementales
 Enseñanzas Profesionales
 Enseñanzas Superiores

5. ¿Toca algún instrumento?

- Instrumento cuerda
 Instrumento de viento
 Percusión
 Instrumento eléctrico
 Cantante/Otros
 No

6. ¿Se dedica a algo relacionado con el sonido?

- Si
 No

Sujeto 38

CUESTIONARIO

1. Sexo:

Hombre

Mujer

2. Edad:

61

3. ¿Tiene usted alguna formación musical?

Sí No

4. ¿Qué estudios tiene?

Amateur

Enseñanzas Elementales

Enseñanzas Profesionales

Enseñanzas Superiores

5. ¿Toca algún instrumento?

Instrumento cuerda

Instrumento de viento

Percusión

Instrumento eléctrico

Cantante/Otros

No

6. ¿Se dedica a algo relacionado con el sonido?

Sí

No

Sujeto 39

CUESTIONARIO

1. Sexo:

- Hombre
 Mujer

2. Edad:

50

3. ¿Tiene usted alguna formación musical?

- Sí No

4. ¿Qué estudios tiene?

- Amateur
 Enseñanzas Elementales
 Enseñanzas Profesionales
 Enseñanzas Superiores

5. ¿Toca algún instrumento?

- Instrumento cuerda
 Instrumento de viento
 Percusión
 Instrumento eléctrico
 Cantante/Otros
 No

6. ¿Se dedica a algo relacionado con el sonido?

- Sí
 No

Sujeto 40

CUESTIONARIO

1. Sexo:

- Hombre
 Mujer

2. Edad:

58

3. ¿Tiene usted alguna formación musical?

- Sí No

4. ¿Qué estudios tiene?

- Amateur
 Enseñanzas Elementales
 Enseñanzas Profesionales
 Enseñanzas Superiores

5. ¿Toca algún instrumento?

- Instrumento cuerda
 Instrumento de viento
 Percusión
 Instrumento eléctrico
 Cantante/Otros
 No

6. ¿Se dedica a algo relacionado con el sonido?

- Sí
 No

Sujeto 41

CUESTIONARIO

1. Sexo:

- Hombre
 Mujer

2. Edad:

55

3. ¿Tiene usted alguna formación musical?

- Sí No

4. ¿Qué estudios tiene?

- Amateur
 Enseñanzas Elementales
 Enseñanzas Profesionales
 Enseñanzas Superiores

5. ¿Toca algún instrumento?

- Instrumento cuerda
 Instrumento de viento
 Percusión
 Instrumento eléctrico
 Cantante/Otros
 No

6. ¿Se dedica a algo relacionado con el sonido?

- Sí
 No

Sujeto 42

CUESTIONARIO

1. Sexo:

- Hombre
 Mujer

2. Edad:

55

3. ¿Tiene usted alguna formación musical?

- Sí No

4. ¿Qué estudios tiene?

- Amateur
 Enseñanzas Elementales
 Enseñanzas Profesionales
 Enseñanzas Superiores

5. ¿Toca algún instrumento?

- Instrumento cuerda
 Instrumento de viento
 Percusión
 Instrumento eléctrico
 Cantante/Otros
 No

6. ¿Se dedica a algo relacionado con el sonido?

- Sí
 No

Sujeto 43

CUESTIONARIO

1. Sexo:

Hombre

Mujer

2. Edad:

54

3. ¿Tiene usted alguna formación musical?

Sí No

4. ¿Qué estudios tiene?

Amateur

Enseñanzas Elementales

Enseñanzas Profesionales

Enseñanzas Superiores

5. ¿Toca algún instrumento?

Instrumento cuerda

Instrumento de viento

Percusión

Instrumento eléctrico

Cantante/Otros

No

6. ¿Se dedica a algo relacionado con el sonido?

Sí

No

Sujeto 44

CUESTIONARIO

1. Sexo:

- Hombre
 Mujer

2. Edad:

59

3. ¿Tiene usted alguna formación musical?

- Sí No

4. ¿Qué estudios tiene?

- Amateur
 Enseñanzas Elementales
 Enseñanzas Profesionales
 Enseñanzas Superiores

5. ¿Toca algún instrumento?

- Instrumento cuerda
 Instrumento de viento
 Percusión
 Instrumento eléctrico
 Cantante/Otros
 No

6. ¿Se dedica a algo relacionado con el sonido?

- Sí
 No

Sujeto 45

CUESTIONARIO

1. Sexo:

Hombre

Mujer

2. Edad:

39

3. ¿Tiene usted alguna formación musical?

Sí No

4. ¿Qué estudios tiene?

Amateur

Enseñanzas Elementales

Enseñanzas Profesionales

Enseñanzas Superiores

5. ¿Toca algún instrumento?

Instrumento cuerda

Instrumento de viento

Percusión

Instrumento eléctrico

Cantante/Otros

No

6. ¿Se dedica a algo relacionado con el sonido?

Sí

No