

# Molestia acústica: una aplicación experimental enfocada en factores no acústicos. Avance de la tesis de Maestría en Ingeniería Ambiental

## Noise annoyance: an experimental application focused on non-acoustic factors. Progress of the thesis of the Master's Degree in Environmental Engineering

## Incômodo acústico: uma aplicação experimental focada em fatores não acústicos. Avanço da dissertação de Mestrado em Engenharia Ambiental

Matías Andrés Olivera Richero; Alice Elizabeth González Fernández

Facultad de Ingeniería, Universidad de la República, Montevideo, Uruguay

Correo de contacto: [maolirich@gmail.com](mailto:maolirich@gmail.com)

Recibido: 24/11/2023

Aceptado: 20/12/2023

### Resumen

Este artículo presenta los detalles relacionados con la concepción, el diseño, y la implementación de un experimento de escuchas en laboratorio, con el objetivo de estudiar la influencia de una serie de factores no acústicos sobre la molestia percibida por un grupo de voluntarios, la cual fue evaluada mediante una encuesta a base de cuestionarios. Se trata de la primera experiencia de este tipo en el país, y forma parte del trabajo de tesis de la Maestría en Ingeniería Ambiental, de la Facultad de Ingeniería (Universidad de la República) de Uruguay, aún en elaboración.

**Palabras clave:** molestia acústica, factores no acústicos, experimento de escuchas.

### Abstract

This article presents the details related to the conception, the design, and the implementation of a laboratory listening test, with the aim of studying the influence of a series of non-acoustic factors on the annoyance perceived by a group of volunteers, which was evaluated through a survey based on questionnaires. This is the first experience of this type in the country, and it is part of the thesis work of the Master's Degree in Environmental Engineering, from the Facultad de Ingeniería (Universidad de la República) of Uruguay, still in progress.

**Keywords:** noise annoyance, non-acoustic factors, listening test.

### Resumo

Este artigo apresenta os detalhes relacionados à concepção, desenho e implementação de uma experiência de escuta em laboratório, com o objetivo de estudar a influência de um certo número de fatores não acústicos na percepção do incômodo de um grupo de voluntários, que foi avaliada por meio de uma pesquisa baseada em questionários. Esta é a primeira experiência deste tipo no país e faz parte do trabalho de tese do Mestrado em Engenharia Ambiental, da Facultad de Ingeniería (Universidad de la República) do Uruguai, ainda em andamento.

**Palavras chave:** incômodo sonoro, fatores não acústicos, experiência de escuta.

## 1. INTRODUCCIÓN

Dentro de todo el abanico de factores que influyen sobre la molestia acústica (también denominada “molestia inducida por ruido”) que percibe un

individuo al escuchar un ruido, este trabajo tiene su foco en un grupo de factores no acústicos y “personales”, es decir, intrínsecos a la persona (receptor). El principal motivo de esta elección, es la imposibilidad de valorar o predecir completamente el

grado de molestia percibido por una persona (o personas), utilizando solamente parámetros acústicos (físicos) que caractericen al sonido (o sonidos). Por ello, a la hora de evaluar molestia acústica, se deben tomar en cuenta no solo variables del propio sonido, sino de las personas, la situación y del entorno en el cual se encuentran (Fenech et al., 2021). Esto hace necesario tener una mirada más holística a la hora de estudiar el tema, poniendo a la percepción humana como el foco principal.

Dentro de los factores no acústicos que están relacionados con la molestia acústica, Ouis (2001) destaca la edad, el género, la sensibilidad al ruido, el lugar de residencia, el trabajo, entre otros. Sin embargo, muchas veces los experimentos sobre molestia acústica no consideran a los factores no acústicos, ya que se enfocan en los resultados promedios de grandes poblaciones (Paunovic et al., 2008). Los sonidos con contenido semántico (por ejemplo, la música o la palabra), son capaces de provocar mayor molestia en una persona que otros sonidos con espectros y niveles de presión similares (Miyara, 1999). Por otra parte, el estado psicológico de la persona (deprimido, irritado, feliz, etc.) ha sido catalogado como un factor importante relacionado con la percepción del ruido (Liu et al., 2022). También los resultados de algunos trabajos (Preis et al., 2008), sugieren que, para ciertas fuentes sonoras, la identificación de las mismas puede tener influencia sobre el grado de molestia.

Se seleccionaron así, los siguientes factores no acústicos como foco del estudio, como forma de aportar otro grano de arena tanto a las certezas como a las incertidumbres que se tienen actualmente en relación a la influencia de los mismos sobre la molestia percibida.

Tabla 1. Factores objetivo seleccionados para el estudio.

Factores principales	Otros factores
Contenido semántico del sonido	Edad
Identificación de la fuente	Género
Sensibilidad al ruido	Condición física (autoevaluada)
Grado de exposición al ruido	Estado de ánimo
	Horas de trabajo semanales

Una de las estrategias más utilizadas a nivel mundial para poder estudiar e interpretar los factores no

acústicos y su influencia sobre la molestia percibida, son las encuestas basadas en cuestionarios (ej., Paunovic et al., 2008; Nguyen et al., 2020; Mitchell et al., 2022; Qu et al., 2023). Es así que, mediante las respuestas de las personas y controlando ciertas variables de los sonidos y del entorno, es posible profundizar en este tipo de factores realizando experimentos tanto a nivel de campo como en laboratorio.

Es importante diferenciar entre una encuesta que se contesta inmediatamente después de haber escuchado determinado sonido (ya sea en sitio específico o en laboratorio, como será el caso del presente trabajo), y una encuesta que se contesta en base a los recuerdos (más alejados en el tiempo) que se tiene sobre la experiencia acústica en determinado lugar. Tener esto claro permite acotar en cierta forma variables que pueden ser muy complejas de valorar, como las que entran en juego cuando una persona tiene que hacer el ejercicio de recordar y promediar algo que sucedió durante varios meses o años.

## 2. DISEÑO DEL EXPERIMENTO

Al tener en cuenta que los factores en estudio son específicos y relacionados con las propias personas, resulta razonable pensar en desarrollar una encuesta (tipo cuestionario) para poder recabar esta información. Por otra parte, es necesario seleccionar una serie de sonidos para ser evaluados por las personas que contesten la encuesta. En este sentido, resulta de particular interés de los autores, incluir entre estos sonidos algunos provenientes de plantas de tratamiento de aguas residuales (PTARs), ya que existen varios casos donde han sido motivo de denuncias por ruidos molestos. Esto último, implicó pensar en un experimento en laboratorio, y no en sitio específico, para poder viabilizar el trabajo y llegar a un mayor número de participantes.

Por lo tanto, se definió llevar a cabo un experimento a nivel de laboratorio, donde un grupo de voluntarios escuchara una serie de audios previamente seleccionados, para luego contestar un cuestionario (anónimo) mediante el cual se recabaría la información personal y relacionada con el grado de molestia percibido al escuchar cada grabación.

2.1. Sobre los voluntarios

La primera pregunta que surge respecto al grupo de voluntarios es ¿qué cantidad de personas será necesaria para lograr resultados representativos? En este sentido, en el trabajo de Zhang et al. (2022), se concluye que, para experimentos de escuchas en laboratorio enfocados en evaluar molestia acústica, sería suficiente con una muestra de al menos 30 individuos para lograr un alto grado de correlación entre los resultados promedio para dicha muestra y los de una muestra bastante mayor (de más de 100 individuos). Por lo tanto, se apuntó a superar los 30 participantes.

Respecto a la distribución en géneros, se buscó lograr una relación balanceada, para evitar posibles sesgos en esta variable, y poder tener muestras parciales

(hombres y mujeres) lo suficientemente grandes como para comparar los resultados en busca de similitudes y diferencias.

En cuanto al rango etario, se definió que los voluntarios fueran mayores de edad (> 18 años), y se buscó minimizar la participación de personas mayores a 60 años, para reducir la posibilidad de captar personas con menor capacidad auditiva debido al envejecimiento natural, logrando así que la muestra tenga capacidades auditivas lo más homogéneas posibles (Mitchell et al., 2022). A partir de audiogramas promedio realizados a hombres y mujeres, se ha visto que para frecuencias superiores a los 2.000 Hz, existen pérdidas auditivas significativas (Wang y Puel, 2020).

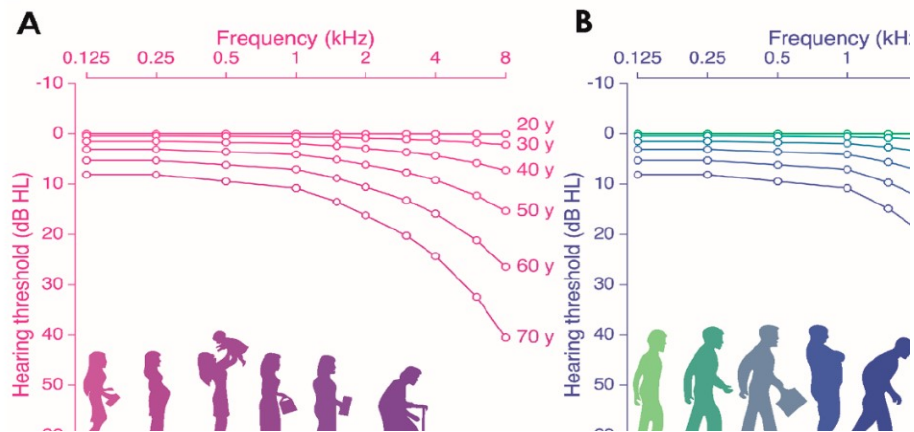


Figura 1. Audiogramas promedio para hombres y mujeres de Estados Unidos a diferentes edades (Wang y Puel, 2020).

Independientemente de esto último, se decidió incluir en el cuestionario una serie de preguntas para detectar posibles dificultades auditivas en los voluntarios, ya que esto podría condicionar sus respuestas y por tanto, incorporar ciertos sesgos a los resultados.

En la siguiente tabla (Tabla 2) se resumen algunos datos relativos a la muestra:

Si bien a priori cualquier persona mayor de edad podría participar del experimento, las propias características del experimento (como la locación y la duración que serán descritas más adelante), así como el número objetivo de voluntarios y el tiempo disponible para llevar a cabo el estudio, hicieron necesario optar por construir una muestra por conveniencia. De esta manera, se logró superar el número objetivo de voluntarios, y poder completar el experimento en dos sesiones.

Tabla 2. Características objetivo y real de la muestra.

Característica	Objetivo	Muestra final
Número total de voluntarios	> 30	49 (40 en la primera sesión + 9 en la segunda sesión)
Distribución por género	Cercano a 50 % H y 50 % M	44.9 % H - 55.1% M
Espectro etario	Entre 18 y 60 años	Entre 22 y 64 años

También cabe destacar que, en el armado de la muestra, se buscó convocar a participantes que tuvieran la menor cantidad posible de información respecto a los detalles del experimento, para evitar condicionar sus respuestas.

## 2.2 Sobre el entorno

Como se verá más adelante, varios de los audios utilizados podrían ser catalogados como “cotidianos”, por lo cual, se podría pensar que un entorno lógico para efectuar el experimento sería el propio hogar de cada participante. Sin embargo, esta estrategia resulta completamente inviable si se pretende lograr el número objetivo de voluntarios y realizar la actividad en un corto plazo. Por este motivo, se optó por realizar el experimento en un lugar lo más confortable posible para los voluntarios, y que a su vez permita realizar la experiencia con varias personas simultáneamente. Se seleccionaron

así dos ubicaciones dentro del predio de la Facultad de Ingeniería (Universidad de la República) para llevar a cabo las sesiones del experimento:

- La sala de actos “Ing. Eladio Dieste” del Edificio Polifuncional “José Luis Massera”, donde se llevó a cabo la primera sesión del experimento el día 21/10/2023 (ver Figuras 2 y 3)
- El salón de posgrado del Instituto de Mecánica de los Fluidos e Ingeniería Ambiental (IMFIA), donde se llevó a cabo la segunda sesión del experimento el día 31/10/2023 (ver Figuras 4 y 5).



Figuras 2 y 3. Sala de Actos “Ing. Eladio Dieste” (Gradas y escenario donde se desarrolló la Sesión 1) (Fuente: fotos propias).



Figuras 4 y 5. Salón de posgrado del IMFIA (Facultad de Ingeniería, UdelAR). Donde se desarrolló la Sesión 2. (Fuente: Dra. Ing. Carolina Ramírez).

En ambas sesiones se realizaron mediciones con sonómetro para conocer de forma aproximada el nivel de “ruido de fondo” en los salones durante los experimentos. En la Sesión 1 del 21/10/2023 en la sala de actos, el nivel de presión sonora dentro del

recinto durante el desarrollo del experimento varió entre 35 y 45 dBA, mientras que para la Sesión 2 del 31/10/2023 en el salón de posgrado varió entre 40 y 50 dBA.



En la bibliografía consultada, existen ejemplos de experimentos de laboratorio de similares características donde los audios son reproducidos por altoparlantes (Phan et al., 2008; LeGriffon et al., 2023; Schäffer et al., 2023), así como también otros

donde los sonidos son reproducidos mediante auriculares (Atamer y Altinsoy, 2021; Zhang et al., 2022). Ambas estrategias tienen sus ventajas y desventajas, algunas de las cuales son mencionadas a continuación (ver Tabla 3).

Tabla 3. Ventajas y desventajas entre altoparlantes y auriculares.

Altoparlantes	Auriculares
Habitualmente la exposición a las diferentes fuentes de sonido/ruido es sin auriculares, por lo cual, los altoparlantes resultan menos influyentes sobre la forma en la que los sonidos son percibidos en la realidad.	Los auriculares alteran la señal que termina siendo percibida por la persona, debido fundamentalmente al propio acoplamiento entre el auricular y el oído. Por lo tanto, se genera una diferencia respecto a si el sonido fuera percibido si auriculares.
Para conocer efectivamente qué señal percibe el receptor, necesariamente se debe considerar la posición relativa de cada persona dentro del recinto, y las características acústicas de dicha sala.	Si se apunta a realizar el experimento con más de una persona en simultáneo, los auriculares simplifican el procedimiento, ya que no será necesario tomar en cuenta la posición de la persona ni las características de la sala para controlar la señal que recibe el receptor.

En base a lo anterior, dado que se priorizó poder llevar a cabo el experimento con varios voluntarios en simultáneo, se optó por la alternativa de los auriculares. Aquí el factor limitante fue contar con una disponibilidad suficiente de auriculares nuevos, con idénticas características, y buenas prestaciones. En este sentido, fue posible conseguir un total de 10 auriculares, por lo cual se dividió la muestra en grupos de hasta 10 participantes. Los auriculares utilizados fueron marca Behringer modelo BH470<sup>5</sup>.

Por otra parte, para poder lograr que los audios puedan ser reproducidos simultáneamente a través de los 10 auriculares, fue necesario utilizar un sistema de amplificación con diversas salidas para auriculares, y que tuviera la posibilidad de regular cada uno de los volúmenes de forma independiente (calibración inicial). Para esto se usó una combinación de la potencia Behringer HA8000, con otra potencia Behringer HA400 en serie. La señal de ingreso a estos equipos provino de una consola (mixer) Behringer MX400, cuyas entradas fueron la señal origen desde la laptop con los sonidos seleccionados, y la señal de un micrófono, utilizado para poder guiar fácilmente a los participantes durante el experimento, sin la necesidad de que se quiten los auriculares. En la

Figura 6, se muestra un esquema del sistema de equipos implementado

### 2.3 Sobre los audios

La elección de los sonidos en este tipo de experimentos, es quizás una de las etapas críticas del proceso, por la influencia que podría tener sobre los resultados. Asimismo, para lograr llevar adelante la experiencia en un tiempo razonable, no es posible incluir un número demasiado grande de audios. Esto responde no solamente a la duración neta de cada grabación, sino al hecho de que cada audio será reproducido 2 veces (no de manera consecutiva, ni en el mismo orden), como forma de garantizar resultados individuales válidos (Atamer y Altinsoy, 2021) y divisar posibles cambios globales producto de una segunda escucha.

Se buscó entonces, tener un espectro amplio de fuentes sonoras habituales de los entornos urbanos, incluyendo variados contenidos semánticos, y como se mencionó anteriormente, incluyendo también sonidos de particular interés para los autores (sonidos provenientes de las PTARs).

<sup>5</sup> Especificaciones técnicas:

<https://www.behringer.com/product.html?modelCode=P0E3Q>.

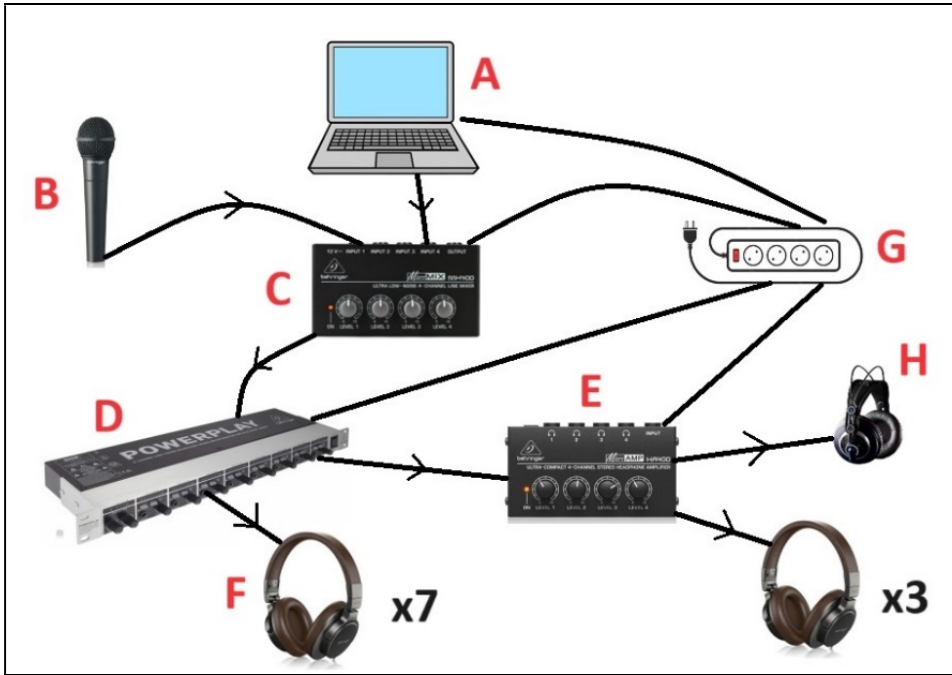


Figura 6. Esquema de equipos utilizado en el experimento.

Tabla 4. Referencias Figura 6.

Referencia	Características
A	Laptop Dell Inspiron 3501 (Intel Core i5-1035G1)
B	Micrófono
C	Mixer Behringer MX400
D	Potencia Behringer HA8000
E	Potencia Behringer HA400
F	Auriculares Behringer BH470
G	Alargue
H	Auriculares para monitoreo del experimento

En la Tabla 5 se presenta un resumen de los sonidos utilizados, algunas de sus características, y cómo fueron obtenidos.

En base a experimentos similares vistos en la bibliografía de referencia (Schäffer et al., 2023; Mitchell et al., 2022), se definió que la duración promedio de los audios se encuentre entre 15 y 30 segundos. Esto responde a su vez a limitar la duración total del experimento, y evitar generar una fatiga e impaciencia innecesaria en los participantes (Schäffer et al., 2016). Además, se previó un tiempo de aproximadamente 2 minutos luego de reproducir cada audio para que los voluntarios contestaran las preguntas asociadas a dicho audio.

Teniendo en cuenta que el foco principal del experimento son los factores no acústicos y su influencia sobre la molestia acústica, se decidió

realizar una calibración previa del volumen para cada participante, de manera de asegurar que los niveles sonoros en cada par de auriculares no lleguen a umbrales nocivos, y además trabajar con un rango confortable para los voluntarios. Para dicha calibración, se siguió parte del método implementado en un experimento muy reciente con objetivos similares, llevado a cabo por investigadores con experiencia en la materia (Mitchell et al., 2022). Esta calibración consistió en: mientras se reproducía una grabación con ruido blanco (previamente emparejado a un nivel de amplitud de -11.91 dBFS<sup>6</sup>, correspondiente al audio de mayor amplitud que sería utilizado), se le pidió a cada participante por separado que se colocara los auriculares y, a medida que se iba

<sup>6</sup> Decibels a escala completa (“decibels full scale”), utilizados para definir niveles de amplitud en sistemas digitales de audio.

incrementando el volumen, que diera una señal de “alto” cuando se llegara a su máximo nivel de sonoridad confortable. Este nivel fue definido individualmente para cada participante, y no fue modificado a lo largo de todo el experimento. De esta forma, si bien no se conoce exactamente el nivel de

presión sonora absoluto que percibe cada participante, sí se logra que la sonoridad relativa entre los audios sea fiel a la real, y se espera que la influencia del nivel sonoro sobre el grado de molestia percibido no sea relevante.

Tabla 5. Características de audios utilizados

	Descripción	Fuente de la grabación	Duración (s)	RMS Total (dBFS)
<b>Sonido 1</b>	Soplante a 50 Hz, sin la cubierta, grabado a 6 m de distancia	Grabación propia en PTAR de OSE	15	-12,48
<b>Sonido 2</b>	Soplante a 50 Hz, con la cubierta, grabado a 6 m de distancia	Grabación propia en PTAR de OSE	15	-14,94
<b>Sonido 3</b>	Camión diésel de 2 toneladas	<a href="https://sound-effects.bbcwind.co.uk/search">https://sound-effects.bbcwind.co.uk/search</a>	21	-16,06
<b>Sonido 4</b>	Palabra hablada en español	Audios del Gobierno de Mendoza, Argentina ( <a href="https://soundcloud.com/gobiernodemendoza">https://soundcloud.com/gobiernodemendoza</a> )	26	-20,49
<b>Sonido 5</b>	Palabra hablada en español en reverso	Se utilizó el software Adobe Audition 23.6.0.61 para la edición del Sonido 4	26	-20,49
<b>Sonido 6</b>	Aerogenerador grabado a 20 m de distancia	Grabador MixPre-3 y micrófono Sennheiser ME66. Autor: Joseph Sardin ( <a href="https://bigsoundbank.com/sound-1321-wind-turbine-3.html">https://bigsoundbank.com/sound-1321-wind-turbine-3.html</a> )	21	-11,91
<b>Sonido 7</b>	Tormenta (lluvia y truenos)	Grabada con micrófono Audio Technica AT8035. Fuente: <a href="https://freesound.org/people/test_sound/sounds/464259/">https://freesound.org/people/test_sound/sounds/464259/</a>	19	-20,04
<b>Sonido 8</b>	Sonidos indistinguibles (fiesta/conversación/música)	Grabado con grabador Tascam DR-05 V2. Fuente: <a href="https://freesound.org/people/soundhunterjulie/sounds/395314/">https://freesound.org/people/soundhunterjulie/sounds/395314/</a>	15	-13,69
<b>Sonido 9</b>	Palabra hablada con soplante de fondo (audio 4 + audio 1)	Se utilizó el software Adobe Audition 23.6.0.61 para la superposición de los sonidos 1 y 4	26	-12,11
<b>Sonido 10</b>	Camión con tormenta de fondo (audio 3 + audio 7)	Se utilizó el software Adobe Audition 23.6.0.61 para la superposición de los sonidos 3 y 7	19	-14,55

Nota: dBFS = Decibelios a escala completa (“decibels full scale”), utilizados para definir niveles de amplitud en sistemas digitales de audio.

En resumen, la secuencia del experimento para cada grupo de participantes fue la siguiente:

- Recibimiento de los participantes y descripción previa del experimento.
- Calibración de volumen de cada participante.
- Primera secuencia de reproducción/evaluación de sonidos (Etapas 1), la cual consistió en:
  - Reproducción del audio N°1 (en orden predefinido).
  - Se contestan las preguntas asociadas a la evaluación del audio N°1.
  - Reproducción del audio N°2 (en orden predefinido).
  - Se contestan las preguntas asociadas a la evaluación del audio N°2.
  - Así sucesivamente hasta el audio N°10.
- Descanso sin auriculares, mientras se responden las preguntas de índole personal (Etapas 2).

- Segunda secuencia de reproducción/evaluación de sonidos (Etapa 3), la cual consistió en:
  - Reproducción del audio N°11 (repetición de audio de primera etapa en diferente orden).
  - Se contestan las preguntas asociadas a la evaluación del audio N°11.
  - Reproducción del audio N°12 (repetición de audio de primera etapa en diferente orden).
  - Se contestan las preguntas asociadas a la evaluación del audio N°12.
  - Así sucesivamente hasta el audio N°20.
- Minutos finales para contestar las últimas preguntas. Fin del experimento.

Nótese que los audios N°1,..., N°10 son los mismos que los audios N°11,..., N°20, pero la correspondencia no será N°1=N°11, sino que se definió un orden diferente para evitar que los participantes anticiparan los audios que van a escuchar (ver Tabla 6).

Además de las estimaciones anteriores, se debió prever un tiempo suficiente entre la finalización de un experimento y la llegada del siguiente grupo de participantes, de forma de poder dar un comienzo correcto a cada experimento. Esto generó que para los primeros 5 grupos de voluntarios fuera necesario

destinar una jornada completa de 9 horas. A su vez, debido a que durante dicha jornada se llegó a 40 de los 50 posibles participantes, se decidió convocar un último grupo de participantes para una segunda jornada, y así llegar a un número total mayor (49).

Tabla 6. Orden de reproducción de sonidos

Orden para reproducción en Etapa 1		
AUDIO No.1	Sonido 3	Camión
AUDIO No.2	Sonido 9	Palabra hablada + soplante
AUDIO No.3	Sonido 8	Sonidos indistinguibles
AUDIO No.4	Sonido 5	Palabra hablada en reverso
AUDIO No.5	Sonido 2	Soplante con cubierta
AUDIO No.6	Sonido 7	Tormenta
AUDIO No.7	Sonido 4	Palabra hablada
AUDIO No.8	Sonido 10	Camión + tormenta
AUDIO No.9	Sonido 6	Aerogenerador
AUDIO No.10	Sonido 1	Soplante sin cubierta
Orden para reproducción en Etapa 3		
AUDIO No.11	Sonido 4	Palabra hablada
AUDIO No.12	Sonido 3	Camión
AUDIO No.13	Sonido 9	Palabra hablada + soplante
AUDIO No.14	Sonido 6	Aerogenerador
AUDIO No.15	Sonido 1	Soplante sin cubierta
AUDIO No.16	Sonido 5	Palabra hablada en reverso
AUDIO No.17	Sonido 7	Tormenta
AUDIO No.18	Sonido 2	Soplante con cubierta
AUDIO No.19	Sonido 8	Sonidos indistinguibles
AUDIO No.20	Sonido 10	Camión + tormenta

Tabla 7. Estimación duración etapas del experimento.

Tiempo para recibimiento e instrucciones sobre el experimento	5 min
Duración promedio de audios	19,8 s
Tiempo para responder preguntas luego de escuchar cada audio	120 s
Número de audios por cada etapa de escuchas	10
Tiempo total por etapa de escuchas (incluyendo respuestas a cuestionario)	23,3 min
Tiempo de descanso entre etapas de escuchas de un mismo grupo de voluntarios	5 min
Número de etapas de escuchas de un mismo grupo de voluntarios	2
Tiempo para responder preguntas finales	3 min
Duración total del experimento para cada grupo de voluntarios	59,6 min
Cantidad de grupos de voluntarios	6
<b>Duración neta total del experimento</b>	<b>5,96 horas</b>
*En este descanso se responderá el cuestionario de preguntas personales	

## 2.4 Sobre el cuestionario

Lo primero que se les aclaró a todos los voluntarios antes de comenzar con el experimento, fue que el cuestionario sería completamente anónimo, de forma de proteger sus datos y promover que la información proporcionada sea lo más sincera posible.

Como se mencionó anteriormente, el cuestionario fue elaborado con el objetivo de recabar la información necesaria para poder efectuar un análisis posterior con el enfoque en los factores objetivo. Por lo tanto, se decidió dividir el cuestionario en tres partes (o etapas) para simplificar el procesamiento de datos. La primera estaría asociada a las preguntas sobre los



audios de la primera tanda de reproducción (Primera Etapa), más una pregunta inicial sobre el estado de ánimo.

Los 16 estados de ánimos incluidos en la pregunta 0, fueron seleccionados como representativos de un total de 100 que se incluyen en la tabla de emociones original (llamada animómetro o medidor emocional), la cual forma parte del programa RULER, desarrollado por el Yale Center for Emotional Intelligence<sup>7</sup>.

A su vez, las preguntas a contestar luego de los audios, están relacionadas con tener un indicio sobre el contenido semántico del audio, la identificación de la fuente, la connotación, y el grado de molestia que le produjo a la persona. En particular, las últimas dos preguntas, son versiones casi textuales de las preguntas que se proponen en la norma ISO/TS 15666:2021 (Acústica - Evaluación de la molestia acústica mediante encuestas sociales y socio acústicas), para la conducción de encuestas donde se busque evaluar la molestia acústica. Solamente se realizó un pequeño (y necesario) cambio en la redacción, de manera de no condicionar las respuestas. En las preguntas originales de la norma siempre se menciona la palabra “ruido” previo a nombrar la fuente de sonido, sin embargo, para el presente estudio se optó por sustituir la palabra “ruido” por “audio”, y no identificar a la fuente por obvias razones. Se entiende que de esta manera se evita generar una tendencia hacia valores de molestia mayores, por considerar de antemano que se trata de un ruido.

En la tercera etapa del cuestionario se encuentran las preguntas sobre los audios de la segunda tanda de reproducción, las cuales coinciden con las mostradas en la Figura 7.

En la segunda etapa del cuestionario, están las preguntas de carácter personal, y se dividió en tres bloques (descritos a continuación).

### **Segunda Etapa: preguntas personales**

#### **- Bloque N°1: datos personales generales (innominados)**

Se busca solamente recabar datos generales (género, edad, ocupación principal, lugar de

residencia), y otros relacionados con el grado habitual de exposición al ruido.

#### **- Bloque N°2: condición auditiva**

Consta de preguntas de rutina para descartar o detectar posibles patologías auditivas que puedan influir en la capacidad de audición de cada persona, y por tanto condicionar las respuestas relacionadas con la molestia.

#### **- Bloque N°3: sensibilidad al ruido**

Se trata de 5 preguntas que apuntan a evaluar el grado de sensibilidad al ruido de la persona. Estas preguntas provienen del cuestionario desarrollado originalmente por Weinstein (1978) para evaluar la sensibilidad al ruido, y la consistencia frente dicho cuestionario original (de 21 preguntas en total) fue probada por Benfield et al. (2014).

Por último, se incluyeron tres consignas finales, con el objetivo de recabar información de posibles influencias del entorno sobre las respuestas, conocer el estado de ánimo de los participantes al finalizar el experimento, y un espacio libre para comentarios (Figura 8).

## **3 DESARROLLO DEL EXPERIMENTO Y PRIMEROS COMENTARIOS**

Se destaca que ambas sesiones experimentales se desarrollaron con total normalidad, y sin inconvenientes relevantes. Asimismo, cabe mencionar la muy buena disposición de los participantes, y que no ocurrieron problemas con el equipamiento técnico utilizado, ni con el entorno en general.

Como posibles mejoras de cara a futuras experiencias de este tipo, se sugiere:

- Prever al menos 40 minutos entre la finalización de un grupo de voluntarios y el comienzo del siguiente (en caso de trabajar con más de un grupo), como forma de evitar la posibilidad de un solapamiento.
- Si bien no se produjo ningún solape entre los grupos, en algún caso sí quedó algo reducido el tiempo previsto entre la finalización de un experimento y el comienzo del siguiente.
- Eliminar la escala numérica de las preguntas sobre la sensibilidad al ruido, dejando solamente los casilleros vacíos para que la persona seleccione la casilla más cercana a si se está totalmente de

<sup>7</sup> <https://medicine.yale.edu/childstudy/services/community-and-schools-programs/center-for-emotional-intelligence/training/ruler/>

acuerdo o totalmente en desacuerdo con la afirmación. De esta forma se evitaría generar cierta confusión con la escala numérica y su cambio de orden en la última afirmación, y no se modificaría la esencia ni los resultados de la encuesta, ya que la numeración es solo a los efectos que luego el analista haga la suma del puntaje (Figura 9).

- En la pregunta relacionada con el grado de exposición habitual al ruido de la persona, se podría modificar la redacción, haciendo énfasis en que necesariamente se debe seleccionar una opción en cada una de las secciones (a, b y c).

Esto responde a que en 5 cuestionarios, los participantes solamente contestaron en una sola de estas secciones, asociadas al tiempo “dentro de su hogar”, “en su lugar de trabajo”, o “en lugares de ocio” (Figura 10).

- Se podría estudiar la viabilidad de que los cuestionarios sean contestados directamente de forma digital (vía PC o tablet, por ejemplo) durante el experimento, lo cual reduciría sustancialmente el tiempo de procesamiento de datos a posteriori, particularmente en lo que respecta a las respuestas que incluyen palabras o frases escritas.

<b><u>PRIMERA ETAPA</u></b>										
<b>0 - Tómese un momento para identificar y seleccionar en la siguiente tabla el estado de ánimo que mejor la/o representa en este momento:</b>										
Ansioso	Estresado	Tenso	Molesto							
Sorprendido	Animado	Alegre	Motivado							
Malhumorado	Exhausto	Decaído	Cansado							
Calmado	Relajado	Distendido	Tranquilo							
<b>Colóquese los auriculares, y ajústelos de manera que los sienta cómodos. Note que el auricular marcado con la <u>cinta blanca</u> es el correspondiente al <u>oído derecho</u>.</b>										
<b><u>AUDIO N° 1</u></b>										
1- Escriba la primera palabra que le viene a la mente luego de escuchar el audio: _____										
2- ¿Con qué cree identificar o relacionar el audio?: _____										
3- Escriba tres (3) palabras con las que podría asociar el audio: _____   _____   _____										
4- ¿Qué connotación tiene el audio para usted? Positiva   Neutra   Negativa										
5- Indique usted en qué cuantía le molesta o perturba el audio: Absolutamente nada   Ligeramente   Medianamente   Mucho   Extremadamente.										
6- A continuación, se da una escala de opinión de cero a diez para que usted pueda expresar en qué cuantía le molesta o perturba el audio que acaba de escuchar. Por ejemplo, si usted está nada molesto por el audio debería escoger el cero (0), y si usted está extremadamente molesto debería escoger el diez (10). <b>Indique qué número, del cero al diez, expresa mejor la cuantía en que usted está molesto o perturbado por el audio:</b>										
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

Figura 7. Preguntas Etapa 1 (solo se muestran las correspondientes al Audio N°1, ya que el resto son idénticas).

**PREGUNTAS FINALES**

1. **¿Hubo algo del entorno en el cual se realizó el experimento que la/lo desconcentró al momento de escuchar los audios y/o contestar las preguntas? SI / NO.**
  - a. Si contestó SI en la pregunta anterior, indique qué fue:
  
2. **Tómese un momento para identificar y seleccionar en la siguiente tabla el estado de ánimo que mejor la/o representa en este momento:**

Ansioso	Estresado	Tenso	Molesto
Sorprendido	Animado	Alegre	Motivado
Malhumorado	Exhausto	Decaído	Cansado
Calmado	Relajado	Distendido	Tranquilo
  
3. **Espacio libre para escribir cualquier comentario final que guste hacer:**

Figura 8. Preguntas finales del cuestionario.

**19- Seleccione el número correspondiente a qué tan de acuerdo o en desacuerdo está con cada una de las 5 afirmaciones siguientes. No le preste atención al cambio de orden en la escala numérica.**

<b>Soy sensible al ruido</b>							
Totalmente de acuerdo	6	5	4	3	2	1	Totalmente en desacuerdo

<b>Me resulta difícil relajarme en un lugar ruidoso</b>							
Totalmente de acuerdo	6	5	4	3	2	1	Totalmente en desacuerdo

<b>Me enoja con la gente que hace ruidos que me impiden dormir o realizar un trabajo</b>							
Totalmente de acuerdo	6	5	4	3	2	1	Totalmente en desacuerdo

<b>Me molesto cuando mis vecinos son ruidosos</b>							
Totalmente de acuerdo	6	5	4	3	2	1	Totalmente en desacuerdo

<b>Me acostumbro a la mayoría de los ruidos sin mayor dificultad</b>							
Totalmente de acuerdo	1	2	3	4	5	6	Totalmente en desacuerdo

Figura 9. Preguntas para evaluar la sensibilidad al ruido (Weinstein reducido).

**8- Durante una semana habitual, usted diría que pasa buena parte del tiempo (seleccione todas las opciones que entienda que aplican):**

**a.** Dentro de su hogar, en un ambiente:  
Nada ruidoso | poco ruidoso | algo ruidoso | muy ruidoso

**b.** En su lugar de trabajo, en un ambiente:  
Nada ruidoso | poco ruidoso | algo ruidoso | muy ruidoso

**c.** En lugares de ocio, en ambientes:  
Nada ruidosos | poco ruidosos | algo ruidosos | muy ruidosos

Figura 10. Preguntas para evaluar la sensibilidad al ruido (Weinstein reducido)

#### 4 PASOS A SEGUIR Y COMENTARIOS FINALES

Habiendo completado satisfactoriamente el experimento diseñado, se prevé comenzar con la etapa de análisis de resultados, buscando relacionar los factores objeto del trabajo (contenido semántico, identificación de la fuente, sensibilidad al ruido, etc.) con el grado de molestia percibido. Para esto, se utilizarán diversas herramientas de análisis estadístico multivariado, como lo son el análisis de componentes principales (PCA) y el análisis de grupos (clustering).

A pesar de no conocer aún los resultados del experimento, se destaca el aprendizaje generado por el solo hecho de diseñar y llevar a cabo la experiencia. Esto sin dudas contribuirá a mejorar los futuros experimentos de similares características que puedan concretarse en el país.

#### AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen profundamente a la Facultad de Ingeniería (UdelaR) por el préstamo de los salones donde se desarrollaron las sesiones experimentales, al Ing. Luis Marisquirena y al Sr. Sebastián Tripaldi por el préstamo de los equipos de audio y sonido, a todo el equipo de trabajo del Departamento de Ingeniería Ambiental (DIA) de la Facultad de Ingeniería (UdelaR) por los aportes y el apoyo constante, y a cada uno de los voluntarios que participaron del experimento.

El trabajo final de tesis ha sido beneficiado con la beca POS\_NAC\_2022\_1\_173649 del “Programa a

Becas de Posgrados Nacionales – sublínea Áreas Estratégicas 2022”, de la Agencia Nacional de Investigación e Innovación (ANII).

#### REFERENCIAS

- Atamer, Serkan; Altinsoy M. Ercan (2021). Sound quality of dishwashers: Annoyance perception. *Applied Acoustics* 180 (2021) 108099. <https://doi.org/10.1016/j.apacoust.2021.108099>
- Benfield, Jacob A.; Nurse, Gretchen A.; Jakubowski, Robert; Gibson, Adam W.; Taff, B. Derrick; Newman, Peter; Bell, Paul A. (2014). Testing Noise in the Field: A Brief Measure of Individual Noise Sensitivity. *Environment and Behavior* 2014, Vol. 46(3) 353–372. DOI: 10.1177/0013916512454430
- Fenech, Benjamin; Lavia, Lisa; Rodgers, Georgia; Notley, Hilary (2021). Development of a new ISO Technical Specification on non-acoustic factors to improve the interpretation of socio-acoustic surveys. The 13th ICBEN Congress on Noise as a Public Health Problem, Karolinska Institutet, Stockholm, Sweden, 14-17 June 2021.
- International Standard Organization. ISO/TS 15666:2021. Acoustics - Assessment of noise annoyance by means of social and socio-acoustic surveys. Segunda Edición. Suiza: ISO/TS; 2021.
- LeGriffon, Ingrid; Lebouc, Eloïse; Tardieu, Julien; Boullet, Isabelle; Lavandier, Catherine; Richard, Isabelle; Magnen, Cynthia (2023). Impact of non-acoustical factors in laboratory listening tests on aircraft noise. ICSV29, Jul 2023, Prague, Czech Republic. hal-04163546.



- Liu, Fangfang; Jiang, Shan; Kang, Jian; Wu, Yue; Yang, Da; Meng, Qi; Wang, Chaowei (2022). On the definition of noise. *Humanities and social sciences communications*, (2022) 9:406. <https://doi.org/10.1057/s41599-022-01431-x>
- Mitchell, Andrew; Erfanian, Mercede; Soelistyo, Christopher; Oberman, Tin; Kang, Jian; Aldridge, Robert; Xue, Jing-Hao; Aletta, Francesco (2022). Effects of Soundscape Complexity on Urban Noise Annoyance Ratings: A Large-Scale Online Listening Experiment. *International Journal of Environmental Research and Public Health* 2022, 19, 14872. <https://doi.org/10.3390/ijerph192214872>
- Miyara, Federico (1999). Control de ruido. Libro electrónico, edición propia. Rosario, Argentina.
- Nguyen, Thu Lan; Trieu, Bach Lien; Hiraguri, Yasuhiro; Morinaga, Makoto; Morihara, Takashi; Yano, Takashi (2020). Effects of Changes in Acoustic and Non-Acoustic Factors on Public Health and Reactions: Follow-Up Surveys in the Vicinity of the Hanoi Noi Bai International Airport. *International Journal of Environmental Research and Public Health* 2020, 17, 2597; doi:10.3390/ijerph17072597
- Ouis, D. (2001). Annoyance from road traffic noise: a review. *Journal of Environmental Psychology* (2001) 21, 101-120. doi:10.1006/jevp.2000.0187
- Paunovic, Katarina; Jakovljevic, Branko; Belojevic, Goran (2008). The importance of non-acoustical factors on noise annoyance of urban residents. 9th International Congress on Noise as a Public Health Problem (ICBEN) 2008, Foxwoods, CT.
- Phan, Hai Anh Thi; Nishimura, Tsuyoshi; Phan, Hai Yen Thi; Yano, Takashi; Sato, Tetsumi; Hashimoto, Yoritaka (2008). Annoyance from road traffic noise with horn sounds: A cross-cultural experiment between Vietnamese and Japanese. 9th International Congress on Noise as a Public Health Problem (ICBEN) 2008, Foxwoods, CT.
- Preis, Anna; Hafke, Honorata; Kaczmarek, Tomasz (2008). Influence of sound source recognition on annoyance judgment. *Noise Control Engineering Journal* 56 (4), July-Aug 2008.
- Qu, Fei; Li, Zhuoming; Zhang, Tongtong; Huang, Wenjun (2023). Soundscape and subjective factors affecting residents' evaluation of aircraft noise in the communities under flight routes. *Frontiers in Psychology* 14:1197820. doi: 10.3389/fpsyg.2023.1197820
- Schäffer, Beat; Schlittmeier, Sabine J.; Pieren, Reto; Heutschi, Kurt; Brink, Mark; Graf, Ralf; Hellbrück, Jürgen (2016). Short-term annoyance reactions to stationary and time-varying wind turbine and road traffic noise: A laboratory study. *Journal of the Acoustical Society of America* 139, 2949 (2016); doi:10.1121/1.4949566
- Schäffer, Beat; Pieren, Reto; Brink, Mark; Schlittmeier, Sabine J. (2023). Development and application of a semantic differential for perception-based optimization of wind turbine and other broadband sounds. *Applied Acoustics* 211 (2023) 109493. <https://doi.org/10.1016/j.apacoust.2023.109493>
- Wang, Jing; Puel, Jean-Luc (2020). Presbycusis: An Update on Cochlear Mechanisms and Therapies. *Journal of Clinical Medicine* 2020, 9, 218; doi:10.3390/jcm9010218.
- Weinstein, Neil D. (1978). Individual Differences in Reactions to Noise: A Longitudinal Study in a College Dormitory. *Journal of Applied Psychology* 1978, Vol. 63, No. 4, 458-466.
- Zhang, Jun; Chen, Kean; Li, Hao; Chen, Xingshu; Dong, Ningjuan (2022). The effects of rating scales and individual characteristics on perceived annoyance in laboratory listening tests. *Applied Acoustics* 202 (2023) 109137. <https://doi.org/10.1016/j.apacoust.2022.109137>

