

EVALUACIÓN DE LA CALIDAD SONORA APLICADA A SECADORES DE PELO

PACS 43.66 Lj.

Palomares Olivares, Nicolás ¹; Romero Faus, José ²; Marín Sanchís, Albert ²; Sanchis Sabater, Antonio ².

¹ Instituto de Biomecánica de Valencia. Universidad Politécnica de Valencia.

² Departamento de Física Aplicada. Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales. Universidad Politécnica de Valencia.

Email: nicolas.palomares@ibv.upv.es, romerof@fis.upv.es, amarin@fis.upv.es, asanchi@fis.upv.es

ABSTRACT

Product sound quality is one of the most important factors for consumer acceptance. In this work a sound quality evaluation method for hair dryers is presented. As from sounds produced by hair dryers, psychoacoustics parameters are calculated and jury test is developed in order to obtain perceived annoyance level. Finally, general annoyance model is obtained from relationship between psychoacoustics parameters and users subjective evaluation.

RESUMEN

La calidad sonora de un producto es uno de los factores de mayor importancia para su aceptación por parte del consumidor. En este trabajo se presenta una metodología para la evaluación de la calidad sonora aplicada a secadores de pelo. A partir de los sonidos que producen los secadores se obtienen los parámetros psicoacústicos y se desarrollan ensayos con usuarios para la determinación del nivel de molestia percibida. Finalmente, se obtiene un modelo general de molestia mediante la relación de los parámetros psicoacústicos y la evaluación subjetiva de los usuarios.

1. INTRODUCCIÓN

El sonido de un producto es hoy en día un parámetro de similar importancia como podría ser su diseño, funcionalidad, precio, etc. Los inicios de la calidad sonora se asentaron en los años 70 en la industria del automóvil. En la actualidad, el concepto de la calidad sonora es de aplicación en las principales industrias de desarrollo de productos generadores de sonido. La gran competitividad entre fabricantes y el hecho de que muchos de los productos en el mercado son similares en cuanto a características técnicas, aspecto y precio, han hecho que la calidad acústica sea un elemento diferenciador, convirtiéndose en un valor añadido al producto.

Jiang [1] define la calidad sonora como la reacción perceptual que refleja la aceptabilidad del consumidor de un producto emisor de sonido. Un sonido es considerado como "positivo" cuando el sonido no es percibido como molesto y causa una emoción positiva con respecto al producto. "Negativa" calidad sonora significa que el sonido causa un evento auditivo inconfortable y refleja una calidad pobre del producto. Según Piker [2], el estudio de la calidad

sonora representa una oportunidad de asegurar que el producto sea un éxito por parte de los usuarios.

La Figura 1 describe el proceso propuesto por Rossi [3] para la evaluación acústica de un producto. En primer lugar, se seleccionan los sonidos a evaluar de manera que sean característicos del producto. Mediante programas de cálculo acústico se obtienen los parámetros que los definen de manera objetiva. Estos parámetros pueden ser físicos (dB ó dBA) y/o psicoacústicos (loudness, sharpness, roughness, fluctuation strength, etc.). Posteriormente, se realiza un jury test con sujetos de ensayo. Los sujetos evalúan la calidad acústica del producto constituyendo la evaluación subjetiva del sonido. Por último, mediante tratamiento estadístico, se obtiene un modelo de molestia que relaciona los parámetros objetivos y la evaluación subjetiva del jury test.

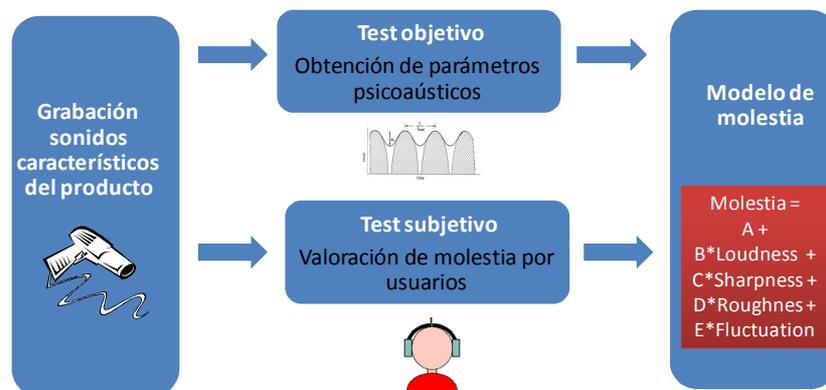


Figura 1. Metodología propuesta por Rossi [3] para el proceso de evaluación acústica de un producto.

Cuando los sonidos han sido evaluados en el jury test, el producto debe ser rediseñado teniendo en cuenta las especificaciones acústicas identificadas como favorables. Según Gade [4], el siguiente paso es la identificación de aquellos elementos que conforman el producto responsables del empeoramiento de la evaluación acústica del producto y la realización de las mejoras oportunas para el incremento de su calidad sonora.

La calidad sonora es de aplicación en todos los productos, incluso en los aparatos de ámbito cotidiano como pueden ser los domésticos. Uno de los principales aparatos domésticos generadores de ruido es el secador de pelo. Utilizado de manera frecuente, presenta valores altos de ruido y se sitúa a escasos centímetros del aparato auditivo durante su funcionamiento, por lo que surge la necesidad de mejora de la calidad sonora para este determinado producto. En este estudio se muestra la metodología para la obtención de un modelo de predicción de molestia que permita la evaluación sonora de secadores de pelo y posibilite la mejora acústica durante la etapa de diseño.

2. MATERIAL Y MÉTODOS

2.1. Material

Para la evaluación de la calidad sonora se seleccionaron 4 secadores de pelo de distintas marcas. Tres secadores tienen 2 posiciones de funcionamiento mientras que un secador tiene 3 posiciones. Geométricamente todos los secadores son de tipo pistola y además ninguno de ellos tiene posición de silencio. Los secadores seleccionados tienen aplicación doméstica y normalmente son utilizados en un periodo de 5 a 10 minutos.

Para la grabación del sonido de los distintos secadores se ha optado por la utilización de una grabadora de alta resolución modelo EDIROL 09R-H. La grabadora se situó a escasos 10 cm de la salida del aire del secador, equidistante de ambos micrófonos, distancia aproximada del secador al oído durante su funcionamiento.

2.2. Métodos

2.2.1. Parámetros psicoacústicos

Para la el cálculo de los principales parámetros que caracterizan cada uno de los sonidos se ha utilizado el software ArtemiS de HEAD acoustics. Se ha calculado el parámetro físico nivel sonoro ponderado en A y los siguientes parámetros psicoacústicos: loudness, sharpness, roughness, fluctuation strength y tonality.

2.2.2. Jury test

En la evaluación subjetiva participaron 6 sujetos, 3 hombres y 3 mujeres de edades comprendidas entre 19 y 55 años. Los sujetos fueron seleccionados de forma que utilizaran normalmente secadores de pelo y que no tuvieran ningún problema de audición.

En el jury test los sujetos evaluaron los nueve sonidos en una escala continua de nivel de molestia. La evaluación de los sonidos se realizó mediante su escucha y cumplimentación de un cuestionario por parte de los sujetos. Mediante la inserción de una cruz, los sujetos evaluaron los registros en una escala de 0 a 10 (donde el valor 0 correspondía a un sonido “desagradable”, mientras que el valor 10 indicaba que el sonido era considerado como “agradable”).

Al comenzar el ensayo, se les informó a los sujetos sobre la naturaleza de los sonidos que iban a escuchar. Además, antes de comenzar el ensayo, escucharon cuatro de los sonidos que posteriormente evaluarían con la finalidad de familiarizarse con el tipo de sonidos. Los sujetos escucharon cada uno de los nueve sonidos durante 10 segundos. El orden de evaluación de los sonidos se realizó de forma pseudoaleatoria. El sonido podía ser escuchado tantas veces como el sujeto lo estimara oportuno para asentar su evaluación.

La sala donde se realizaron los ensayos estaba aislada de forma que no influyeran otras fuentes sonoras en la evaluación de los sujetos. Las condiciones ambientales estaban controladas a fin de que la sala fuera confortable al sujeto, siguiendo recomendaciones de temperatura, humedad y confort especificadas por Otto [5]. El método de escucha utilizado fue mediante auriculares, sistema recomendado por Gade [4] afirmando que el empleo de auriculares asegura que todos los sujetos tienen la misma exposición sonora y además están protegidos contra sonidos externos que podrían alterar su percepción. La duración de cada ensayo no sobrepasó los 15 minutos, ajustándose a las indicaciones de NT ACOU 111 [6] que recomienda una duración menor de 20 minutos.

3. RESULTADOS

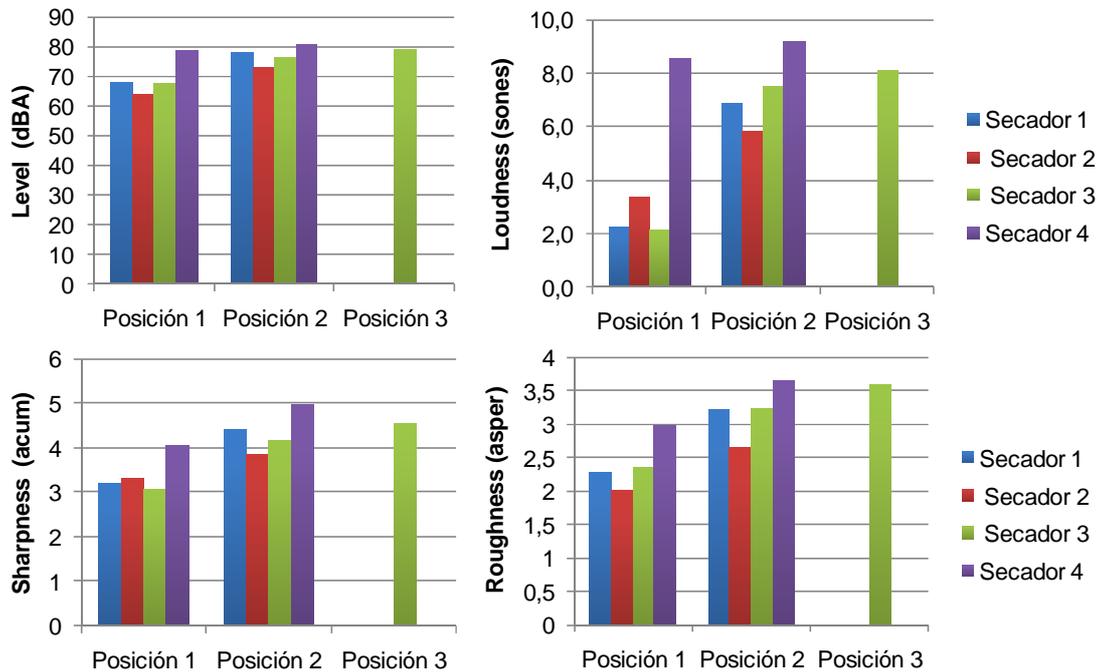
3.1. Parámetros psicoacústicos

En la Tabla 1 se muestran los principales estadísticos que caracterizan cada uno de los parámetros para los 9 sonidos.

	<i>Level</i> (dBA)	<i>Loudness</i> (sones)	<i>Sharpness</i> (acum)	<i>Roughness</i> (asper)	<i>Fl.Strength</i> (vacil)	<i>Tonality</i> (tu)
Media	73.86	34.18	3.95	2.89	0.02	0.08
Desv. Típica	6.12	11.51	0.64	0.59	0.005	0.03
Mínimo	63.70	18.00	3.07	2.00	0.01	0.04
Máximo	80.80	49.80	4.94	3.67	0.03	0.14

Tabla 1. Exploratorio de los parámetros psicoacústicos.

Los parámetros level, loudness, sharpness y roughness presentan una alta dispersión e indican que existen diferencias entre los sonidos. En cambio los valores de los parámetros fluctuation strength y tonality son bajos y presentan poca dispersión, por lo que no aportan a la obtención del modelo.

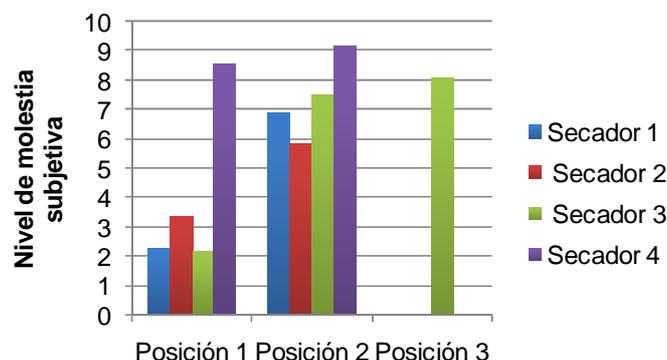


Gráfica 1. Parámetros psicoacústicos de los sonidos.

Según se observa en la Gráfica 1, para cada secador los valores de todos los parámetros psicoacústicos aumentan con el incremento de la posición de funcionamiento. Los parámetros sharpness y roughness presentan valores altos en todos los casos.

3.2. Nivel de molestia subjetiva

En la Gráfica 2 se muestran el valor medio de las valoraciones del nivel de molestia de los sonidos evaluados en el jury test.



Gráfica 2. Molestia media por sonido.

Se observa que para todos los secadores el nivel de molestia aumenta conforme se incrementa la posición de funcionamiento. Realizando una correlación entre el nivel de molestia de los sonidos y los parámetros psicoacústicos se obtiene que los parámetros loudness y level son los que más influyen en la valoración de molestia (Tabla 2).

	Molestia	Level	Loudness	Sharpness	Roughness
Molestia Correlación de Pearson	1	,936(**)	,951(**)	,935(**)	,899(**)
Sig. (bilateral)		,000	,000	,000	,001
N	9	9	9	9	9

** La correlación es significativa al nivel 0,01 (bilateral).

Tabla 2. Correlaciones entre el nivel de molestia y los parámetros psicoacústicos.

3.2. Modelo general de molestia

Se ha desarrollado un modelo de predicción que relaciona los parámetros psicoacústicos calculados con la valoración subjetiva realizada por los sujetos en el jury test. Siguiendo la metodología realizada en el estudio de agradabilidad sonora de Miralles [7], las puntuaciones de la molestia obtenidas en el jury test fueron normalizadas a través de la siguiente fórmula:

$$Z = \frac{X - X_{\text{MIN}}}{X_{\text{MAX}} - X_{\text{MIN}}} \quad (1)$$

Donde Z es la puntuación normalizada y X la puntuación de las respuestas subjetivas.

Para la consecución del modelo se ha utilizado un análisis de regresión lineal mediante el software de análisis estadístico SPSS. Como variable dependiente se ha utilizado el nivel de molestia de los sujetos, mientras que las variables independientes corresponden a los valores psicoacústicos (level, loudness, sharpness y roughness).

En la siguiente tabla se muestra el resumen del modelo lineal de mayor ajuste obtenido.

Resumen del modelo

Modelo	R	R cuadrado	R cuadrado corregida	Error típ. de la estimación
1	,951(a)	,904	,890	,9035766

a Variables predictoras: (Constante), Loudness

b Variable dependiente: Molestia

Coefficientes(a)

Modelo		Coefficients no estandarizados		Coefficients estandarizados	t	Sig.
		B	Error típ.	Beta	B	Error típ.
1	(Constante)	-1,719	,995		-1,727	,128
	Loudness	,225	,028	,951	8,111	,000

a Variable dependiente: Molestia

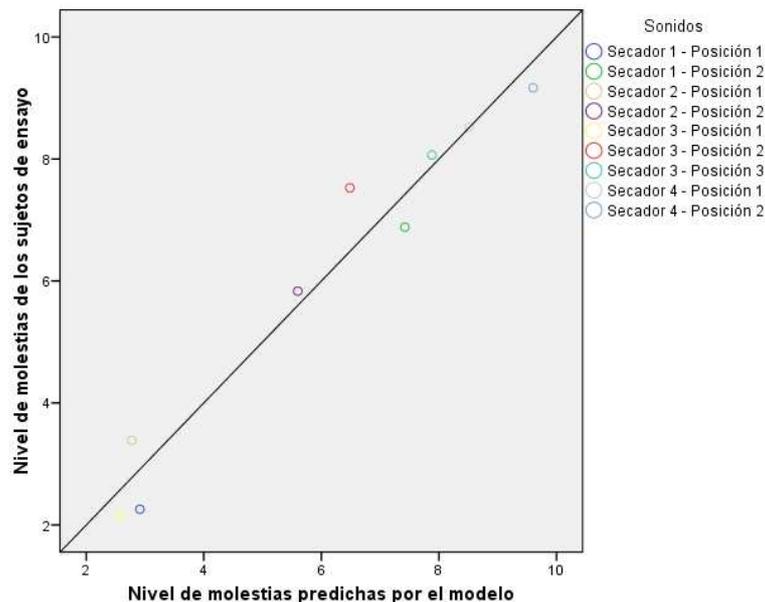
Tabla 3. Modelo de regresión lineal del nivel de molestia.

Según se observa en la Tabla 3, la capacidad de predicción del modelo explica el 89 % de los casos (R^2 corregida = 0.89). El parámetro psicoacústico loudness es el que más se relaciona con las valoraciones subjetivas, excluyéndose en el modelo los parámetros level, sharpness y roughness. En caso de considerar solamente el parámetro level, el modelo de predicción se reduciría hasta el 85 % (R^2 corregida = 0.85).

A partir de los coeficientes de la Tabla 3, el modelo de predicción del nivel de molestia presenta la siguiente ecuación:

$$\text{nivel de molestia} = -1.719 + 0.225 \cdot \text{Loudness (sones)} \quad (2)$$

El modelo de predicción obtenido fue comparado con el modelo general de molestia propuesto por Zwicker [8]. El modelo de molestia pudo aplicarse puesto que todos los sonidos presentan un valor de sharpness mayor de 1.75 acum (condición necesaria del modelo). Mediante la regresión entre el modelo de Zwicker y el nivel de molestia de los sujetos se obtiene una $R^2 = 0.86$, valor inferior al alcanzado en el modelo de predicción ($R^2 = 0.90$).



Gráfica 3. Modelo de predicción con respecto a la valoración subjetiva del jury test.

4. CONCLUSIONES

El estudio de la calidad sonora añade un valor añadido al producto para su mejor aceptación en el mercado. En este estudio se ha expuesto una metodología para conseguir un modelo de predicción del nivel de molestias de secadores de pelo. Se ha realizado un jury test y se ha relacionado el nivel de molestia con los parámetros psicoacústicos. El modelo obtenido presenta un alto nivel de predicción (89 %) y el parámetro psicoacústico loudness es el que más se ajusta a la evaluación subjetiva.

A partir del modelo de predicción, es posible la evaluación sonora de otros secadores mediante el cálculo de los parámetros psicoacústicos. El diseñador puede utilizar este modelo durante el proceso de diseño e ir modificando el producto para mejorar su calidad sonora.

5. REFERENCIAS

- [1] Jiang, L.; Macioce, P. Sound Quality for Hard Drive Applications. Noise Control. Engineering Journal, Vol.49, n 2, March –April (1996).
- [2] Piker, G.; Evaluation of Product Sound Design within the Context of Emotion Design and Emotional Branding (2005).
- [3] Rossi, F.; Nicolini, A. Psychoacoustic Analysis of Rattling Noise Inside Vehicle Cabins. 19th International Congress on Acoustics. Madrid, 2-7 September (2007).
- [4] Gade, S. Brüel & Kjaer Magazine: What is Sound Quality? Brüel & Kjaer University (2007).
- [5] Otto, N.; et al. Guidelines for Jury Evaluations of Automotive Sounds (2001).
- [6] Nordtest. NT ACOU 111: Human Sound Perception – Guidelines for Listening Tests (2002).
- [7] Miralles, J.L.; Garrigues, J.V.; Giménez, A.; Romero, J.; Cibrián, R.; Cerdá, S. Effect of Duration in the Perception of Pleasantness of Sound. International Congress on Acoustics. Madrid, (2007).
- [8] Zwicker, E.; Fastl, H. "Psychoacoustics". Springer-Verlag 2nd Edition (Berlin Heidelberg New York) (1999).