



## EVALUACIÓN DE LOS NIVELES DE RUIDO EN LA CENTRAL CITRÍCOLA

PACS: 43.50.Jh

Martínez Mora, Juan Antonio<sup>1</sup>; Marcelino, Ferri García<sup>1</sup>; Mikel, Echebeste<sup>1</sup> y Ibiza Salvador<sup>2</sup>.

<sup>1</sup>Departamento de Física Aplicada, Escuela Politécnica Superior de Gandia  
Universitat Politècnica de València, Ctra. Natzaret-Oliva s/n  
46730 Grau de Gandia. Valencia. España.

Tel: 962 849 300. Fax: 962 809 309

E-mail: jmmora@fis.upv.es

<sup>2</sup>Productos Citrosol S. A. Partida Alameda, Parcela C  
46721 Potries. Valencia. España

Tel: 962 800 475. Fax: 962 800 821

E-mail: citrosol@combios.es

### ABSTRACT

A study of sound pressure levels that exist in a central fruticole is presented. 12 measured points with a weighting time of 5 minuts were evaluated in order to determinate the level of pollution that exists in this plant. The measurements were performed with a class 1 sonometer B&K. Recording the usually parameters studies in noise pollution were recorded. Also, using a sound analyzer measures were performed a more detailed study of the loud devices and that provokes annoyance. The psychoacoustical parameters determinated were: the loudness and the sharpness.

### RESUMEN

Se presenta un estudio de los niveles de presión sonora que existen en una central citrícola. Se realizaron medidas en 12 puestos de trabajo con un tiempo de promediado de 5 minutos con el fin de determinar el nivel de contaminación acústica existente en la planta. Las medidas se llevaron a cabo con un sonómetro de precisión. Se registraron los parámetros estadísticos usuales en contaminación acústica. Además se realizó con un analizador en frecuencia un estudio del espectro sonoro de las máquinas ruidosas y molestas. Los parámetros psicoacústicos determinados fueron: sonoridad y sharpness.

### INTRODUCCIÓN

En este trabajo se realiza un estudio de los niveles de exposición al ruido a los que están sometidos los trabajadores en una central citrícola. En esta zona de la comunidad valenciana estas centrales citrícolas definen una parte importante de la actividad del sector citrícola y considerábamos interesante por parte de la Universidad Politécnica conocer de primera mano las actividades industriales y empresariales. Por tanto se planteo la etapa de medidas como un proyecto final de carrera.

Pasemos a describir en sí el núcleo del estudio. Después de una primera visita a la empresa y de algunas primeras medidas estimativas en la planta, se definieron 12 puntos de medida muy representativos de la actividad desarrollada en dicha planta. A la hora de elegir el tiempo de duración de las medidas se consideró suficiente un tiempo de promediado de 5 minutos debido al tipo de ruido casi estacionario que existía una vez la actividad de la planta alcanzaba el

régimen de trabajo normal. Las medidas se llevaron a cabo con un sonómetro de precisión, registrando los parámetros estadísticos usuales en contaminación acústica:  $L_{eq}$ ,  $L_{10}$ ,  $L_{90}$ ,  $L_{50}$ ,  $L_{pico}$ , etc .

Por otra parte, en la central existían máquinas muy molestas y ruidosas de las cuales se consideró interesante realizar un estudio algunas de ellas. Para ello se eligieron los parámetros psicoacústicos sonoridad y sharpness.

La sonoridad es un parámetro psicoacústico perceptivo que pretende cuantificar lo sonoro que es un ruido. Se trata de una magnitud psicoacústica que busca describir un fenómeno perceptivo. En la actualidad existen diferentes métodos comúnmente aceptados en normas internacionales ISO 352 A (método de Stevens) y ISO 352 B (método de Zwicker) [2] y otros propuestos más recientemente Moore and Glasberg [3] . En este trabajo calcularemos la sonoridad por estos métodos y propondremos otro que denominaremos  $L_{FUZZ}$  que intenta de alguna forma obtener una medida del nivel utilizando la lógica difusa (Fuzzy) [6] a partir de medidas sencillas realizadas con sonómetros convencionales.

El índice  $L_{Fuz}$  se introduce una vez constatada la evidencia de que, en el ámbito de la contaminación acústica, se siguen expresando como índices válidos los niveles de ruido en ponderación en frecuencia (A, B, ó C) para elaborar mapas sonoros, o cuantificar el ruido al que están sometidos individuos o colectividades. La observación de las curvas isofónicas nos indica que la ponderación en frecuencia A está en buen acuerdo con las curvas de igual sonoridad a 20 fonios. A mayores niveles por ejemplo (80 fonios) la atenuación introducida por la red A es demasiado alta en comparación con las curvas isofónicas. En conclusión la ponderación en frecuencia A subestima los niveles sonoros en las componentes de baja frecuencia. El avance actual del conocimiento de la fisiología de la respuesta del sistema auditivo nos lleva a proponer y reformular muchos parámetros relacionados con la molestia provocada por el ruido, tales como: sonoridad, sharpness, etc. [4],[5]. Aunque todos estos parámetros requieren para los instrumentos de una capacidad de análisis frecuencial y de un tratamiento posterior para obtener un único índice que cuantifique su grado de molestia. Por tanto proponemos definir un índice basado en la teoría de conjuntos Fuzzy , al que denominaremos,  $L_{fuz}$ , [8], y que se adapte en mayor medida a la respuesta del oído humano.

Otro parámetro psicoacústico que analizamos es el conocido como sharpness (agudeza) y que para un sonido representa un atributo de la evaluación del timbre. Al medirlo realizamos una estimación o evaluación del nivel de agudeza de un sonido. A la hora de cuantificar el grado de molestia de dos sonidos con igual o similares valores de los niveles equivalentes va a molestarnos más aquel de los dos que presente un mayor contenido espectral en altas frecuencias.

## MEDIDAS EXPERIMENTALES

Para la obtención de las medidas de niveles sonoros y estadísticos se utilizó un sonómetro de tipo 1 Brüel&Kjaer modelo 2231. Se realizaron las medidas con un tiempo de promediado de 5 minutos seleccionando promediado temporal Fast e incidencia Random.

Para hallar los parámetros psicoacústicos se utilizó un analizador de frecuencia symphonie de 01 dB. Con este equipo se obtienen los niveles equivalentes (en dB(A)) en tercios de octava.

## DESCRIPCIÓN DE LOS PUESTOS EVALUADOS

### Volcadora-Paletadora

En esta máquina se vuelcan las cajas de naranjas en la cinta transportadora para iniciar el proceso. El operario situado cerca de la **paletadora** ordena las cajas vacías y las apila en los palés para que sean recogidos por las grúas. Debido a que el único operario que trabaja con esta máquina no se encuentra solo en una zona, se han elegido cinco puntos alrededor de la máquina para la medición de los ruidos (de acuerdo con la norma UNE -EN ISO 11201) [1] y así obtener unos resultados promedio del nivel que existe en la zona de influencia de la máquina.

### **Previo tría**

Aquí se hace una primera selección de la fruta, se separan las naranjas que no sirven por su aspecto o mal estado. Se ha considerado dos puntos de medición uno a cada lado de la máquina son suficientes.

### **Tría**

En esta zona de trabajo los operarios separan las naranjas de primera y segunda categoría. Se han tomado cuatro puntos de medida

### **Repaso de tría (1º y 2º)**

Aquí se vuelven a verificar las naranjas que han pasado la primera tría. Se han realizado mediciones en dos puntos en cada máquina (4 puntos de medida).

### **Calibrador**

Aquí se separan todas las naranjas (las de 1ª y 2ª calidad) dependiendo de su tamaño y se guían por medio de una serie de cintas transportadoras estrechas hacia las mesas de encajado manual o bien hacia las embolsadoras automáticas. Debida a que esta etapa del proceso abarca una gran dimensión se han realizado medidas en cinco puntos diferentes.

### **Embolsadora**

Es la máquina es la que más dificultades ha entrañado, ya que existen seis máquinas embolsadoras iguales que no trabajan al mismo tiempo (trabajan dos o tres simultáneamente) y van variando. Se han tomado 5 puntos de medida.

### **Encajado de bolsas y paletizado**

Se introducen las bolsas que provienen de la **embolsadora** en cajas y éstas se ordenan en los palés para su posterior almacenamiento. Se han considerado dos puntos de medida.

### **Encajado manual**

Se introducen directamente (manualmente) las naranjas en las cajas. Seis puntos diferentes se han considerado como suficientes.

### **Grapado y etiquetado-paletizado manual**

Aquí se les pone la etiqueta a las cajas provenientes de la mesa de encajado y se embalan con una red que se grapa a la caja. Después se ordenan y apilan en los palés. Hay cuatro puntos de medida.

### **Pilas**

En este lugar se almacenan las cajas de naranjas que van a la **volcadora** y las vacías que provienen de ella. Existen en esta zona dos puntos de medición.

## NIVELES SONOROS MEDIDOS EN LA PLANTA A PLENO FUNCIONAMIENTO

Los datos obtenidos se muestran a continuación y representan un promedio de las medidas realizadas. En la tabla 1 se muestran los valores numéricos. En la gráfica 1 se muestran los valores para cada posición de cada máquina.

Zona medida	Leq (dBA)	MaxP(dB)
Embolsadora	85,1	110,3
Repaso 2ª	84,4	108,9
Repaso 1ª	84,0	104,1
Tría	83,3	103,7
Calibrado	82,8	104,9
Via	82,5	121,1
Previo tría	82,0	111,4
Enc.-palet.	81,9	119,8
Volcador	81,8	114,9
Encajado	79,8	108,2
Pon. cajas	77,0	114,0
Pilas	75,8	104,3

Tabla 1: Niveles sonoros promedios existentes en la planta en régimen normal de funcionamiento

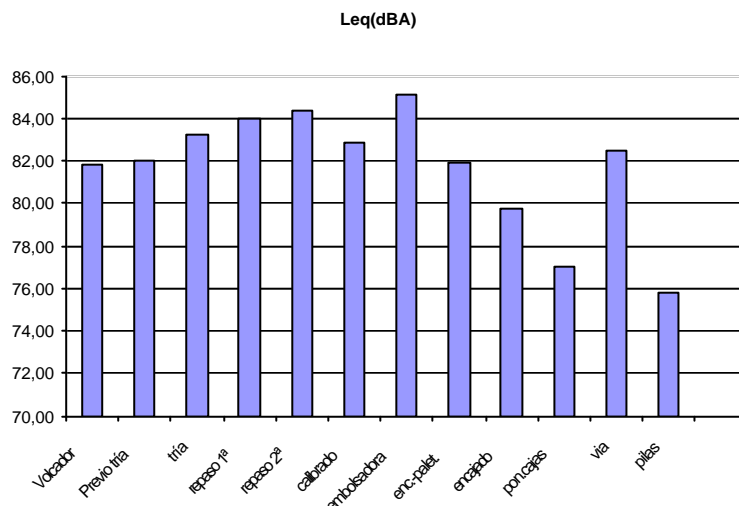


Figura 1

## RESULTADOS DE LAS MEDIDAS DE LOS PARÁMETROS PSICOACÚSTICOS

En la figura 2 siguiente se pueden ver los niveles de sonoridad de ciertas máquinas. Se muestran los resultados obtenidos aplicando distintos modelos (Stevens, Moore, Zwicker y Fuzzy) para su cálculo.

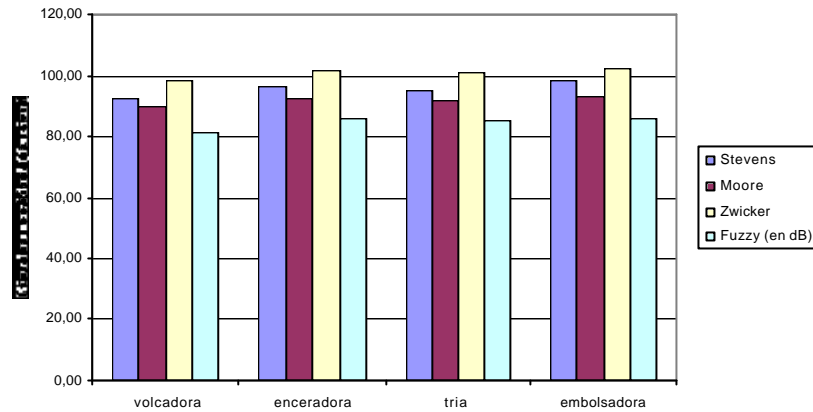


Figura 2

En la siguiente tabla 2 se muestran los índices de correlación entre los diferentes métodos. Estos índices nos muestran el parecido que hay entre los resultados obtenidos con cada método.

Correlación	Stevens	Moore	Zwicker	Fuzzy
<b>Stevens</b>	1			
<b>Moore</b>	0.9912	1		
<b>Zwicker</b>	0.9892	0.9997	1	
<b>Fuzzy</b>	0.9767	0.9934	0.9931	1

Tabla 2

El parámetro Sharpness de un sonido representa un atributo de la evaluación del timbre. Al medirlo realizamos una estimación o evaluación del nivel de agudeza de un sonido. A la hora de cuantificar el grado de molestia de dos sonidos con igual o similares valores de sus niveles equivalentes va a molestar más aquel de ellos que presente un mayor contenido espectral en altas frecuencias. Puede calcularse por dos métodos<sup>1</sup> de Zwicker [5] y por el método de Aures [9] en este trabajo se ha calculado siguiendo el primer método, que pasamos a describir de forma resumida:

$$S = 0.11 \frac{\int_0^{24} N'(z) z g(z) dz}{N}$$

donde N es la sonoridad total, N'(z) es la sonoridad elemental de la banda z, G(z) es una función peso de Zwicker definida de la siguiente forma:

$$g(z) = \begin{cases} 1 & \text{para } 0 \leq z \leq 16 \\ e^{\ln \sqrt{2}(z-16)} & \text{para } z > 16 \end{cases}$$

El coeficiente 0.11 permite que el resultado se normalice y que un valor de sharpness S = 1 acum corresponda a una señal de un 1kHz de 60 dB de nivel y con una anchura de banda

<sup>1</sup> Téngase en cuenta que los resultados obtenidos por ambos métodos pueden ser diferentes.

menor que 160 Hz. S representa la posición del centro de masas en un diagrama espectral en bandas de Bark.

Los resultados obtenidos para el parámetro 'Sharpness' son los siguientes:

Posición	Sharpness (acum.)
Volcadora	1,7025
Encerado	1,5517
Tría	1,497
Embolsadora	1,8692

Tabla 3: En la tabla se ofrecen los resultados de la agudeza obtenidos para algunas máquinas más molestas y ruidosas

## CONCLUSIONES

Del estudio realizado en esta central citrícola se han llevado a cabo podemos destacar las siguientes conclusiones:

a) De los resultados de las medidas en 12 puestos de trabajo del Leq que se muestra en la figura 1 muestran unos niveles inferiores a los 85 dB(A) y por tanto en estos puestos de trabajo según el RD 1316/1989 se deberá informar a los trabajadores sobre riesgos potenciales para su audición y recomendar el uso de los protectores auditivos.

b) En cuanto a las medidas con los parámetros psicoacústicos cabe destacar que en los puestos de la embolsadora y la volcadora son las máquinas cuyo valor de sharpness es mayor presentado valores entre 1.87 y 1.7 acum. La embolsadora por otra parte presenta además el mayor valor del nivel equivalente así como la sonoridad calculada por cualquiera de los 4 métodos analizados en este trabajo.

## BIBLIOGRAFÍA

- [1] UNE-EN ISO 11201 . Ruido emitido por máquinas y equipos. Medición de los niveles de presión acústica de emisión en el puesto de trabajo y otras posiciones específicas.
- [2] UNE-74-014-78. Método de cálculo del nivel de sonoridad. Equivalentes a la norma internacional ISO-532-1975.
- [3] Moore B. C. And Glasberg B. R. A revision of loudness model *Acustica-Acta acustica* 82, 335-345. 1996.
- [4] B. C. J. Moore. *An introduction to the psychology of hearing*. Ed. Academic Press 2003.
- [5] Zwicker, E. and Fastl, H. *Psychoacoustics: Facts and Models*, Springer Series in Information Sciences, (1999).
- [6] Zimmermann, H.J. *Fuzzy Set Theory and its Applications*, Kluwer Academic, (1991).
- [7] Kato, Y., Yamaguchi, S. A systematical study for psychological impression caused by fluctuating random noise based on fuzzy set theory, *J. Acoust. Soc. Am.* 91, 2748-55, (1992)
- [8] Ramis, J., Alba, J., Ferri, M., and Martinez J. The Seventeenth International Congress of Acoustics, 141, A Method for the Estimation of Loudness Based on Fuzzy Theory. (2001).
- [9] Aures, W. A computation method of the roughness, *Acustica* 58, 268-281,(1985).