

Estudio de la calidad sonora en registros flautados de órganos de tubos

REFERENCIA PACS: 43.75-Np, 43.55-Hy, 43.66-Dc

Romero, Alvaro³; Segura, Jaime⁴; Barba, Arturo¹; Cerdá, Salvador²; Giménez, Alicia²; Cibrián, Rosa⁵

1 Conservatorio Superior de Música "Joaquín Rodrigo" de Valencia, C/C.R. Muñoz Suay s/n, arturo@arturobarba.com

2 Dpt Física Aplicada, ETSII, Universitat Politècnica de València, Camí de Vera s/n. arbarse@doctor.upv.es

3 Universidad Católica de Valencia "San Vicente Mártir", c/Guillem de Castro, 94, alvaro.romero@ucv.es

4 IRTIC, Universitat de València, Poligon de la Coma s/n, jsegura@uv.es

5 Dpt. Fisiologia, Universitat de València. Avda Blasco Ibáñez, 13, rosa.m.cibrian@uv.es

ABSTRACT

The application of sound quality analysis procedures to musical instruments allows to compare the subjective assessment of the pleasure feeling of these instruments from the study of established psychoacoustic parameters (loudness, sharpness, roughness, tonality).

In the organological study, this is applied to organ pipes Flautados records (recorded in situ) will help us have a better understanding of what factors influence a greater extent on the perception of sound opinion of liking (sensory pleasantness) by applying the Zwicker model. This analysis was performed in three organs of the Valencia area built in the Berenguer and Diaz's workshop.

RESUMEN

La aplicación de procedimientos de análisis de calidad sonora a instrumentos musicales permite comparar, a partir del estudio de parámetros psicoacústicos establecidos (*loudness, sharpness, roughness, tonality*), la valoración subjetiva de la sensación de agrado de estos instrumentos.

En el estudio organológico, ésta aplicación a tubos de órgano de registros flautados (grabados 'in situ') nos ayudará a tener un mayor conocimiento de qué factores influyen en mayor medida sobre la percepción sonora subjetiva de agrado (*sensory pleasantness*) mediante la aplicación del modelo de Zwicker. Este análisis se ha realizado en tres órganos de la zona de Valencia construidos en el taller de Berenguer y Diaz.

1. INTRODUCCIÓN

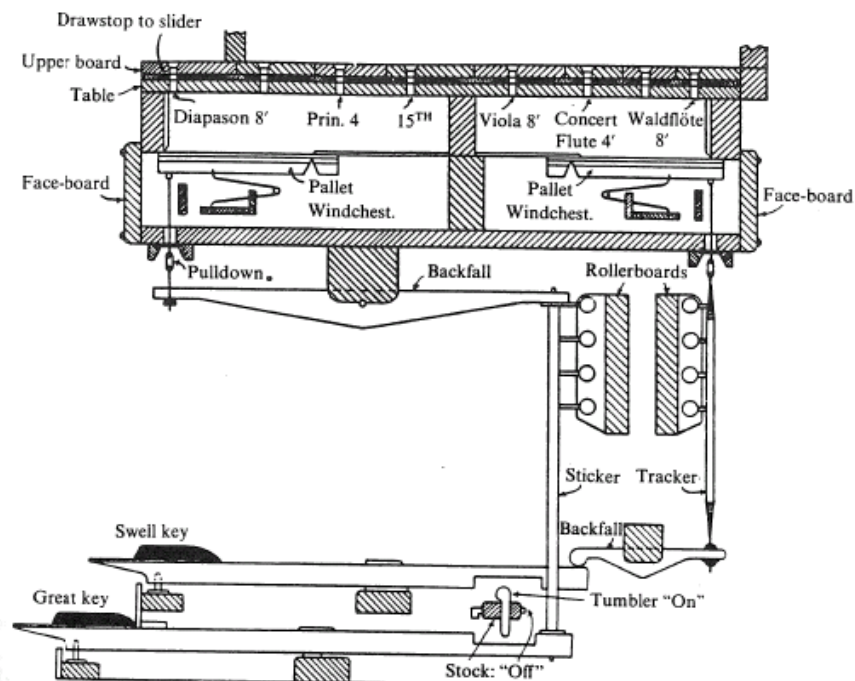
El uso de la psicoacústica en procesos de evaluación en acústica musical permite evaluar instrumentos que pueden tener mayor calidad acústica para procesos de mejora en su fabricación. Gracias a la tecnología digital se han refinado notablemente la generación y presentación sonora, pero el propósito de los experimentos psicoacústicos continúa siendo el mismo: trazar y modelar, tanto como sea posible, las bases físicas de la percepción auditiva. La aplicación de este concepto ha permitido obtener desde hace tiempo excelentes resultados. Por ejemplo, los primeros estudios psicoacústicos realizados por los Laboratorios Bell [1] ayudaron a mejorar significativamente las comunicaciones telefónicas. En este contexto, cabría mencionar que la psicoacústica ha sido sustancialmente provechosa en la investigación en telecomunicaciones, ya que los ingenieros normalmente no dejan su investigación básica, si no

que buscan también aplicaciones prácticas de los resultados conseguidos, por tanto no sorprende que los datos de investigaciones básicas en psicoacústica encuentren resonancia en aplicaciones prácticas [2]

Obviamente, también se encuentran vínculos muy fuertes entre la psicoacústica aplicada y la acústica musical. Uno de los campos más prominentes de conocimiento en este sentido es la evaluación y diseño de la calidad sonora de instrumentos musicales y otros productos de la vida cotidiana.

En el caso de la aplicación a la acústica de instrumentos de viento, cuyo sonido se ve principalmente influenciado por el material empleado en la construcción del instrumento (aleación, construcción, bisel del labio del tubo). El órgano es básicamente un instrumento mecánico de viento, en el que cada tubo es un generador simple optimizado para dar una nota con un *loudness* y timbre particular y el mecanismo del órgano dirige el aire a combinaciones específicas de notas (según sean accionadas por el interprete u organista) para producir el sonido deseado. Los conjuntos de tubos con calidad tonal uniforme con un tubo para cada nota sobre todo un teclado del órgano se llama registro.

La figura 1 resume el mecanismo del órgano en el que cada registro seleccionado acciona una trapa que abre el 'secreto' (caja que conecta con el motor de aire) para seleccionar una fila de tubos. Cuando el organista acciona una tecla, el mecanismo selecciona un tubo de este registro accionado.



Figuras 1: Esquema del mecanismo interior de un órgano (hasta los registros) [1]

En la tradición organera española, este instrumento se suele situar en una posición intermedia en el lado izquierdo de la nave de las iglesias (aunque esto puede variar según la zona y el constructor).

En este artículo se ha realizado la evaluación de los diferentes órganos en relación a la iglesia o recinto que ocupa. Para ello, se ha registrado una serie de notas y acordes en la posición del organista y en la posición de un posible oyente (en la planta de cada edificio) y se ha aplicado el modelo de agrado/desagrado subjetivo de Zwicker [2].

2. METODOLOGÍA

En este estudio analizamos la calidad sonora de tres órganos en relación al espacio o iglesia que ocupan. Se han utilizado los órganos pertenecientes a los siguientes espacios sacros destinados al culto: la Basílica de Sant Jaume de Algemesí, la iglesia parroquial de Nuestra Señora de la Asunción de Montesa y la iglesia parroquial de la Purísima Concepción de Quart de Poblet, todas ellas situadas en poblaciones de la provincia de Valencia.

2.1 Grabaciones en el interior de los órganos para el análisis psicoacústico

Con el fin de caracterizar la calidad sonora se han realizado grabaciones en el interior de cada uno de estos órganos entre las hileras de los tubos, en la zona central del interior de los órganos aproximadamente, para obtener una medida representativa. Para el registro sonoro se ha empleado una grabadora portátil Zoom H-1 V2 con 2 micrófonos (XY a 120°), grabando en formato WAV, 24-bits/96kHz PCM lineal, con nivel de grabación automático y filtro paso alto. Las grabaciones se realizaron entre los meses de junio y agosto de 2013.

Para el presente estudio se ha registrado/realizado la grabación de la misma pieza musical en el interior de cada uno de los tres órganos estudiados y para diferentes registros del órgano. La pieza interpretada es una pieza original para órgano de la época del renacimiento español, en concreto las Diferencias sobre la Gallarda Milanesa del compositor y organista Antonio de Cabezón (1510-1566). En concreto los registros grabados han sido el Flautado de 8' (tubo abierto y octava real), el Flautado de 4' (tubo abierto y octava aguda), la Flauta/Violón de 8' (tubo cerrado y octava real), una combinación con la suma de los tres anteriores y finalmente con el órgano pleno. Por tanto se ha realizado la grabación de la misma pieza musical cinco veces para cada uno de los registros o combinaciones, y esto se ha repetido en el interior de cada uno de los tres órganos, con el fin de extraer información psicoacústica de estas grabaciones. Mediante la determinación de una serie de parámetros psicoacústicos (*loudness*, *roughness*, *sharpness*, *tonality* y *fluctuation strength*) se puede establecer un criterio comparativo para caracterizar la calidad sonora de estos órganos con el cálculo del agrado y la molestia que su sonido producen, siguiendo el modelo de agradabilidad propuesto por Zwicker [2]. Este cálculo se ha realizado utilizando el software ARTEMIS de Head Acoustics [3]. Este programa es un potente software empleado para la grabación, el análisis y la reproducción sonora y que ha estado desarrollado para la investigación en el campo de la acústica y de la vibración de forma rápida y eficiente.

El *loudness* es la medida de la percepción humana de la intensidad del sonido, cuya unidad es el 'sonio' (del latín 'sonare') y se define como la sonoridad de un tono sinusoidal de frecuencia 1 kHz a un nivel sonoro de 40 dB. La escala de sonoridad se caracteriza por el hecho de que un tono percibido con el doble de intensidad es percibido en la escala de sonoridad como dos sonios. La sonoridad de tonos simples y sonidos complejos en pruebas auditivas se determina mediante la comparación de la sonoridad con un tono sinusoidal de 1 kHz. La determinación de la sonoridad de señales estacionarias se especifica en la norma ISO 532 B [2][3].

El *roughness* es un valor que se utiliza en la evaluación subjetiva de la percepción sonora y también para el diseño de sonido. Ante emisiones de ruido de alta intensidad, el valor del *roughness* es elevado, percibiéndose por lo general más agresivo y molesto, incluso si, por ejemplo, la intensidad o nivel de presión sonora con filtro A se mantiene sin cambios. El 'asper' es la unidad básica para el *roughness*. La detección de este parámetro se produce cada vez que hay una envolvente variable de tiempo en una banda crítica, por ejemplo, cuando los tonos muestran una estructura temporal debida a la variación en amplitud o en frecuencia. Si estos cambios se producen muy lentamente (por debajo de 10 Hz), el oído humano es capaz de capturar los cambios que ocurren en una pulsación o batimento. El aumento de la variabilidad de la frecuencia (aproximadamente hasta 20 Hz) del sonido, puede percibirse como 'R-roughness'. Este tipo de rugosidad cambia la impresión de la rugosidad real, en la que el oído no es capaz de localizar los cambios temporales particulares. El sonido con variaciones en la envolvente entre 20 y 300 Hz se percibe áspero. Por encima de estas frecuencias, la línea principal del espectro y las bandas laterales de modulación de la amplitud de los tonos puros son audibles como notas individuales. El *roughness* depende de la frecuencia central, la

modulación de frecuencia y la profundidad de la modulación, por lo que el nivel de la señal tiene una influencia menor en la impresión del *roughness*. Al aumentar la profundidad de modulación, la impresión del *roughness* es más fuerte. La impresión del *roughness* disminuye de forma importante a frecuencias muy altas o muy bajas, es decir, la dependencia con la frecuencia de modulación se caracteriza como un filtro pasa banda. Esta impresión se maximiza a una modulación de frecuencia en torno a los 70 Hz. [2][3]

El *sharpness* mide la sensación a los componentes de alta frecuencia en un ruido dado. Su unidad es el '*acum*' (del latín '*acum*', afilado). También describe de forma lineal la sensación del oído humano. El valor de un *acum* se atribuye a un ruido de banda estrecha a 1 kHz con un ancho de banda de menos de 150 Hz y un nivel de 60 dB. Este parámetro psicoacústico es muy importante debido a su influencia en lo que de desagradable pueda existir en los sonidos. [2][3]

La tonalidad de un sonido indica si el sonido contiene componentes tonales o de ruido de banda ancha. La contribución de los tonos de la tonalidad depende de su frecuencia. Al alrededor de 700 Hz, se consigue la impresión de máxima tonalidad. El ruido de banda estrecha con un ancho de banda inferior a 1 Bark, también se percibe como un tono, aunque esta sensación va decreciendo cuando el ancho de banda aumenta. La unidad para la tonalidad es el TU (*tonal unity*), y se define para un tono sinusoidal de 1 kHz con un nivel de 60 dB. [3]

La impresión llamada *fluctuation strength* está determinada por las variaciones de la señal con frecuencias muy bajas de modulación. El máximo de esta cantidad psicoacústica se produce para modulaciones de frecuencia alrededor de los 4 Hz. La unidad, denominada '*vacif*', se define para el mismo tono sinusoidal que en el caso del *roughness*, pero la frecuencia de modulación es de 4 Hz en lugar de 70 Hz. [3]

2.2 Modelos psicoacústicos

Un elemento clave en estos atributos perceptuales básicos es que su modelado permite una cuantificación objetiva, o de forma equivalente que el valor subjetivo del atributo podría ser cuantificado a partir de las características físicas de la señal. Por lo tanto, se ha calculado la variación temporal de los parámetros especificados en la sección A, aplicando el modelo Zwicker [2] para la molestia/agradabilidad (*nuisance/pleasantness*) a las grabaciones obtenidas en cada una de las premisas.

2.3 Características de los órganos

Para estudiar la calidad acústica, se ha realizado el mismo experimento en tres iglesias que poseen órganos construidos o restaurados por el mismo taller de organería (Berenguer & Díaz). Las iglesias, en las que se vienen realizando conciertos y actos litúrgicos habitualmente, han sido: la Basílica de Sant Jaume de Algemés, la iglesia parroquial de Nuestra Señora de la Asunción de Montesa y la iglesia parroquial de la Purísima Concepción de Quart de Poblet (Figuras 2-10)

Las principales características constructivas de estos órganos son:

- **Órgano de la Parroquia de Ntra Sra. de la Asunción de Montesa:**

Reconstrucción/restauración llevada a cabo en el año 2001 del antiguo órgano de 1744 obra del organero Martín de Usarralde y Letegui. Tubería nueva, actual. El instrumento muestra las características más comunes de los llamados órganos barrocos ibéricos, con un único teclado de 47 notas partido entre C-C# central, contras diatónicas de pedal y una prominente trompetería de batalla horizontal. De acuerdo a la tradición en estos órganos históricos, la afinación considerada es un tono bajo.

- **Órgano de la Parroquia de la Purísima de Quart de Poblet:**

Órgano de nueva planta realizado a finales de los años 90. Consta de 3 teclados de 56 notas (uno de ellos expresivo) y pedalera completa de 30 notas. Cuenta con 34 juegos y los acoplamientos propios de todo órgano actual.

- **Órgano de la Basílica de Sant Jaume de Algemés:**

Órgano de nueva planta inaugurado parcialmente el pasado 2012 (aún quedan registros por instalar), y aun en fase de construcción (inauguración final prevista para 2013-14). Se

trata de un instrumento de grandes dimensiones construido en homenaje a J.B. Cabanilles, natural de Algemés. Consta de 3 teclados de 56 notas (uno de ellos expresivo) y pedalera completa de 30 notas. Cuando esté finalizado, contará con unos 3300 tubos, 54 juegos y los acoplamientos propios de todo órgano actual.



Figuras 2-4: Vista interior de las iglesias estudiadas.

De izq. a der.: Basílica de Sant Jaume (Algemés); Iglesia de Ntra. Sra. de la Asunción (Montesa); Iglesia de la Purísima (Quart de Poblet)



Figuras 5-7: Fachada de los órganos objeto de estudio.

De izq. a der.: Basílica de Sant Jaume (Algemés); Iglesia de Ntra. Sra. de la Asunción (Montesa); Iglesia de la Purísima (Quart de Poblet)

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A partir de la grabación de un acorde en 5 combinaciones de registros de cada órgano se ha seleccionado la cola de caída de estos acordes y mediante el uso del plugin AURORA (programado por A.Farina) en el programa Adobe Audition, hemos calculado los valores de SNR en dBA y de RTmid, a partir de RT30(500) y RT30(1000). La tabla 1 resume estos valores. En ella se puede observar que en los tres casos el registro de Violón 8' es el que peores valores de RTmid da, debido a la poca potencia de emisión de este registro.

A continuación se ha correlacionado los valores de RTmid con los valores promedios de molestia y agrado en la posición del público, es decir en la planta de la iglesia.

	Quart		Montesa		Algemesí	
	SNR (dBA)	RTmid	SNR (dBA)	RTmid	SNR (dBA)	RTmid
Lleno L	34,49	3,70	33,70	3,93	35,06	4,85
Lleno R	33,96	3,22	33,28	4,39	33,65	4,32
Octava 4' L	24,19	3,50	25,97	4,45	29,59	4,61
Octava 4' R	20,48	3,21	25,83	4,15	30,24	4,91
Flautado 8' L	30,70	3,56	27,94	4,53	31,44	5,27
Flautado 8' R	30,80	3,88	30,77	4,50	30,24	4,72
8'8'4' L	36,64	3,83	36,43	4,14	28,55	4,73
8'8'4' R	34,30	3,42	35,95	4,42	28,40	4,34
Violon 8' L	22,15	6,81	24,96	4,02	28,08	3,91
Violon 8' R	23,32	6,89	22,31	3,75	27,16	4,02
Promedio		3,54		4,31		4,72

Tabla 1: Valores de SNR y RTmid obtenidos en cada registro y su promedio

El resultado de esta correlación entre los valores promedio de molestia/agrado en relación a RTmid los podemos ver en la tabla 2. En ella se puede ver que los órganos de Algemesí y Quart siguen una tendencia común para ambos canales, ajustándose mejor en el caso del agrado (con coeficientes de correlación de Pearson mayores). En el caso de Montesa se observa una tendencia extraña entre ambos canales para la molestia. Esto podría deberse a que en Montesa el tamaño del instrumento no sigue una relación de proporción con el volumen del edificio y además su reverberación es bastante alta debido a la escasez de elementos difusores y absorbentes en el entorno.

		L	R
Algemesí	r Pearson(Molestia-RTmid)	0,3277	0,0481
	r Pearson(Agrado-RTmid)	-0,6901	-0,5056
Quart	r Pearson(Molestia-RTmid)	-0,4635	-0,5086
	r Pearson(Agrado-RTmid)	0,6292	0,7043
Montesa	r Pearson(Molestia-RTmid)	-0,3414	0,3696
	r Pearson(Agrado-RTmid)	-0,4028	-0,9047

Tabla 2: Correlación entre la molestia/agrado según Zwicker y RTmid en la posición del público

Los valores de los estadísticos de molestia/agrado en la posición del público se resumen en la tabla 3. En ella se observa que en todos los casos, el registro de violón 8' es el más agradable. Esto se debe a que la potencia sonora de este registro es menor que en los otros casos y su timbre es más armónico.

La tabla 4 resume los resultados de los estadísticos de molestia/agrado para la posición del organista. Esta posición da más cuenta del propio instrumento que de la sala en sí. En ella observamos que el orden de molestia/agrado de los registros está alterado respecto a la tabla 3, lo cual significa que el organista percibe el sonido en su ubicación de manera muy diferente a la que lo hace el oyente sentado en un banco de la iglesia.

Acordes	Variable	Avg_L	Avg_R	Std_L	Std_R	p10_L	p10_R	p50_L	p50_R	p90_L	p90_R	
Algemesi Pos. Públ	Lleno	651,28	596,59	60,44	48,07	944,17	856,36	829,77	734,72	147,28	152,36	
	8'8'4'	240,02	245,69	40,85	39,13	396,39	405,59	349,48	340,39	19,79	20,14	
	Molestia	Flautado 8'	168,44	156,53	24,68	20,80	261,98	245,48	233,37	203,79	18,70	21,54
	Octava 4'	147,36	154,63	20,30	20,56	230,01	235,96	196,12	204,44	24,55	25,08	
	Violón 8'	77,70	71,63	9,77	7,67	111,51	102,29	101,45	90,08	10,77	19,52	
	Lleno	0,008	0,010	0,156	0,167	0,004	0,005	0,006	0,007	0,060	0,059	
	8'8'4'	0,070	0,076	0,292	0,293	0,039	0,044	0,050	0,057	0,247	0,258	
	Agrado	Flautado 8'	0,088	0,090	0,293	0,294	0,056	0,056	0,068	0,071	0,270	0,267
	Octava 4'	0,101	0,096	0,358	0,344	0,071	0,067	0,083	0,078	0,237	0,239	
	Violón 8'	0,189	0,230	0,393	0,412	0,139	0,192	0,173	0,219	0,328	0,341	
Acordes	Variable	Avg_L	Avg_R	Std_L	Std_R	p10_L	p10_R	p50_L	p50_R	p90_L	p90_R	
Quart Pos. públ	Lleno	447,78	499,97	50,69	53,45	671,71	736,16	577,07	655,51	75,03	104,84	
	8'8'4'	181,38	198,78	20,41	22,11	258,78	289,88	236,60	252,06	37,13	39,48	
	Molestia	Flautado 8'	120,36	144,65	12,91	14,47	172,40	202,00	148,53	178,73	26,83	32,25
	Octava 4'	92,64	68,97	8,00	4,92	120,65	85,13	110,68	77,80	34,38	42,10	
	Violón 8'	44,17	49,12	3,10	3,05	55,81	60,84	50,89	55,49	18,87	24,69	
	Lleno	0,014	0,014	0,208	0,208	0,007	0,007	0,010	0,009	0,079	0,082	
	8'8'4'	0,107	0,107	0,347	0,349	0,077	0,080	0,092	0,094	0,244	0,234	
	Agrado	Flautado 8'	0,135	0,133	0,356	0,345	0,097	0,095	0,124	0,122	0,256	0,252
	Octava 4'	0,179	0,182	0,405	0,428	0,151	0,161	0,180	0,180	0,245	0,251	
	Violón 8'	0,214	0,228	0,385	0,356	0,181	0,191	0,206	0,220	0,292	0,300	
Acordes	Variable	Avg_L	Avg_R	Std_L	Std_R	p10_L	p10_R	p50_L	p50_R	p90_L	p90_R	
Montesa Pos. públ	Lleno	673,57	658,15	139,15	131,53	1202,32	1143,02	1020,09	985,96	24,12	26,13	
	8'8'4'	351,58	342,81	81,07	75,80	660,69	606,86	529,80	524,23	8,44	6,47	
	Molestia	Flautado 8'	188,08	216,55	35,78	43,18	318,23	364,72	274,88	333,11	13,56	12,77
	Octava 4'	171,87	146,42	38,36	30,13	300,98	245,14	268,99	219,36	6,14	5,99	
	Violón 8'	102,02	96,46	16,51	14,22	156,81	145,08	144,64	133,62	13,49	17,45	
	Lleno	0,010	0,010	0,122	0,124	0,003	0,003	0,005	0,004	0,167	0,168	
	8'8'4'	0,051	0,055	0,217	0,236	0,023	0,027	0,032	0,036	0,332	0,320	
	Agrado	Flautado 8'	0,076	0,087	0,260	0,297	0,041	0,053	0,051	0,062	0,323	0,316
	Octava 4'	0,092	0,093	0,340	0,337	0,058	0,058	0,067	0,068	0,276	0,287	
	Violón 8'	0,154	0,155	0,395	0,387	0,118	0,116	0,134	0,134	0,294	0,319	

Tabla 3: Estadísticos de molestia y agrado en cada registro estudiado a partir del modelo de Zwicker en la posición del público para las tres iglesias

Acordes	Variable	Avg_L	Avg_R	Std_L	Std_R	p10_L	p10_R	p50_L	p50_R	p90_L	p90_R	
Algemesí Pos. org	Lleno	7748,3	9197,6	588,9	708,8	10091,8	12344,4	9216,4	10813,8	3432,2	4649,2	
	8'8'4'	2825,0	4255,2	228,8	359,7	3820,3	5859,9	3366,9	5030,8	712,9	917,9	
	Molestia	Flautado 8'	1461,1	1579,7	87,3	94,0	1811,8	1961,7	1687,4	1785,2	1201,6	1311,7
	Octava 4'	1545,6	2475,3	82,6	149,0	1854,8	3024,5	1743,2	2833,9	1585,7	2545,2	
	Violón 8'	797,6	1508,0	46,3	96,3	975,4	1839,8	908,1	1744,4	674,4	1334,5	
	Agrado	Lleno	0,000	0,000	0,034	0,031	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
		8'8'4'	0,002	0,001	0,113	0,080	0,001	0,000	0,001	0,000	0,014	0,013
		Flautado 8'	0,005	0,005	0,188	0,173	0,003	0,003	0,004	0,004	0,006	0,006
		Octava 4'	0,004	0,002	0,161	0,129	0,002	0,001	0,003	0,001	0,003	0,001
		Violón 8'	0,023	0,016	0,262	0,231	0,017	0,011	0,020	0,013	0,027	0,018
Acordes	Variable	Avg_L	Avg_R	Std_L	Std_R	p10_L	p10_R	p50_L	p50_R	p90_L	p90_R	
Quart Pos. org	Lleno	695,87	651,39	41,59	33,90	905,39	851,73	796,74	734,67	247,77	294,23	
	8'8'4'	309,70	315,95	19,88	18,78	408,68	409,51	353,81	363,42	125,31	135,69	
	Molestia	Flautado 8'	269,61	260,97	17,46	15,53	344,25	332,95	316,20	302,07	91,93	101,00
	Octava 4'	193,67	274,55	8,25	13,08	231,20	325,52	210,70	307,29	155,18	213,37	
	Violón 8'	136,31	135,96	5,93	5,75	159,89	157,70	149,51	149,01	131,73	127,62	
	Agrado	Lleno	0,008	0,009	0,252	0,262	0,005	0,006	0,006	0,007	0,024	0,025
		8'8'4'	0,067	0,066	0,287	0,279	0,050	0,049	0,060	0,059	0,113	0,112
		Flautado 8'	0,081	0,084	0,300	0,313	0,063	0,067	0,072	0,077	0,149	0,135
		Octava 4'	0,108	0,103	0,353	0,351	0,094	0,087	0,105	0,102	0,127	0,121
		Violón 8'	0,154	0,169	0,359	0,383	0,134	0,151	0,152	0,169	0,170	0,182
Acordes	Variable	Avg_L	Avg_R	Std_L	Std_R	p10_L	p10_R	p50_L	p50_R	p90_L	p90_R	
Montesa Pos. org	Lleno	5664,0	4626,3	1151,3	888,6	9897,7	7826,6	8110,9	6708,9	104,1	105,0	
	8'8'4'	1496,4	1508,4	220,3	215,3	2360,2	2393,0	1982,3	1970,2	99,6	115,9	
	Molestia	Flautado 8'	905,4	734,4	93,8	71,0	1284,9	976,6	1113,9	918,0	101,7	95,8
	Octava 4'	1200,1	1379,4	66,7	77,4	1500,0	1789,4	1354,1	1525,6	1099,2	1256,8	
	Violón 8'	629,0	520,9	64,6	52,6	814,2	679,5	785,5	645,4	56,3	57,5	
	Agrado	Lleno	0,000	0,000	0,009	0,015	0,000	0,000	0,000	0,000	0,060	0,065
		8'8'4'	0,005	0,006	0,122	0,122	0,002	0,002	0,003	0,004	0,108	0,113
		Flautado 8'	0,018	0,020	0,233	0,234	0,011	0,013	0,014	0,016	0,111	0,109
		Octava 4'	0,007	0,008	0,234	0,225	0,005	0,005	0,006	0,007	0,008	0,009
		Violón 8'	0,021	0,031	0,238	0,262	0,015	0,022	0,017	0,025	0,069	0,077

Tabla 4: Estadísticos de molestia y agrado en cada registro estudiado a partir del modelo de Zwicker en la posición del organista para las tres iglesias

3.1 Evaluación de una obra con diferentes registros

Para analizar el efecto del uso de los registros en la percepción de la molestia/agrado en cada sala, se ha interpretado una variación de la Gallarda Milanesa de Antonio de Cabezón en cada uno de los tres órganos en la posición del organista y del público. Las figuras 8, 9 y 10 resumen los resultados promedios de molestia/agrado en cada una de las posiciones.

En ellas se observa una tendencia similar a la que hemos mencionado anteriormente respecto a las diferencias de percepción entre organista y público.

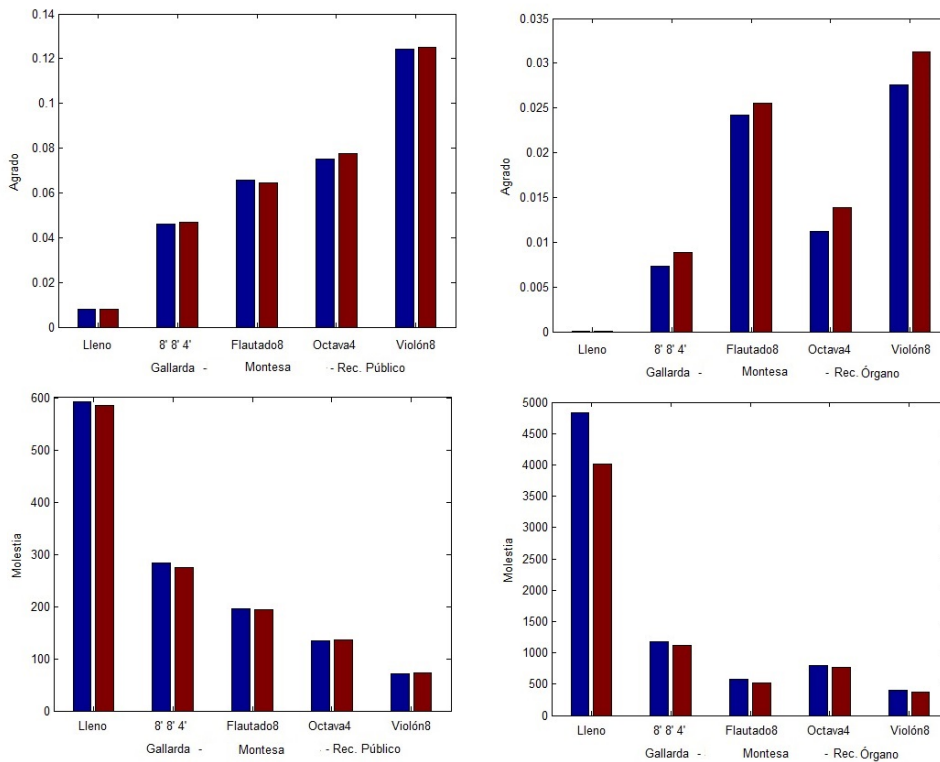


Figura 8: Promedios de molestia/agrado en cada una de las posiciones para los diferentes registros considerados en la interpretación de la Gallarda de Cabezón en Montesa.

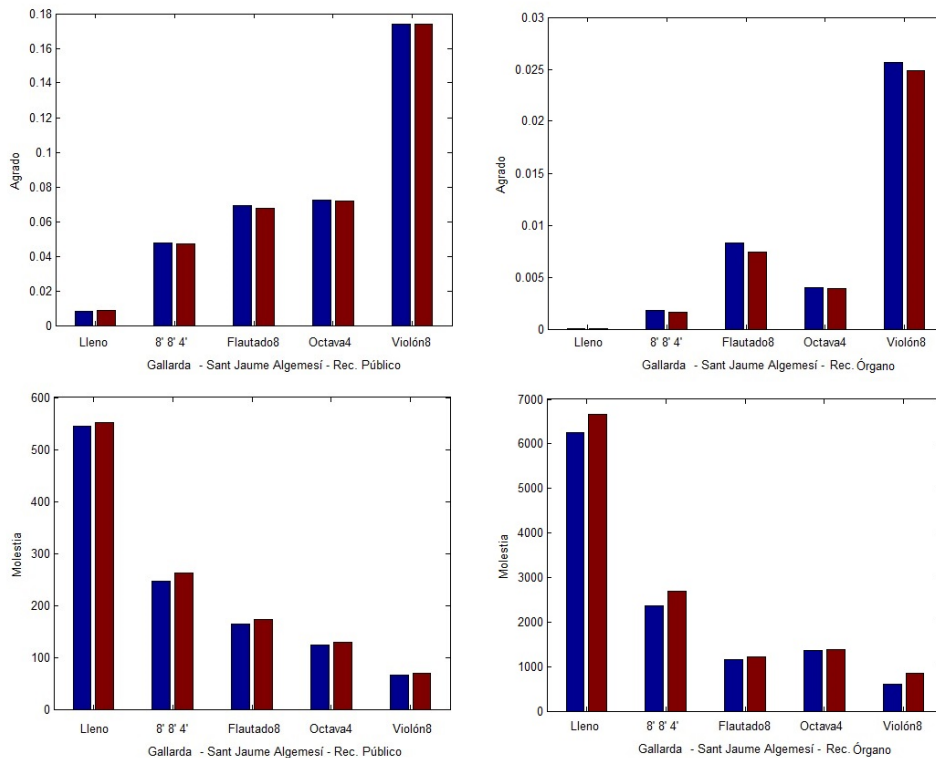


Figura 9: Promedios de molestia/agrado en cada una de las posiciones para los diferentes registros considerados en la interpretación de la Gallarda de Cabezón en Algemesí.

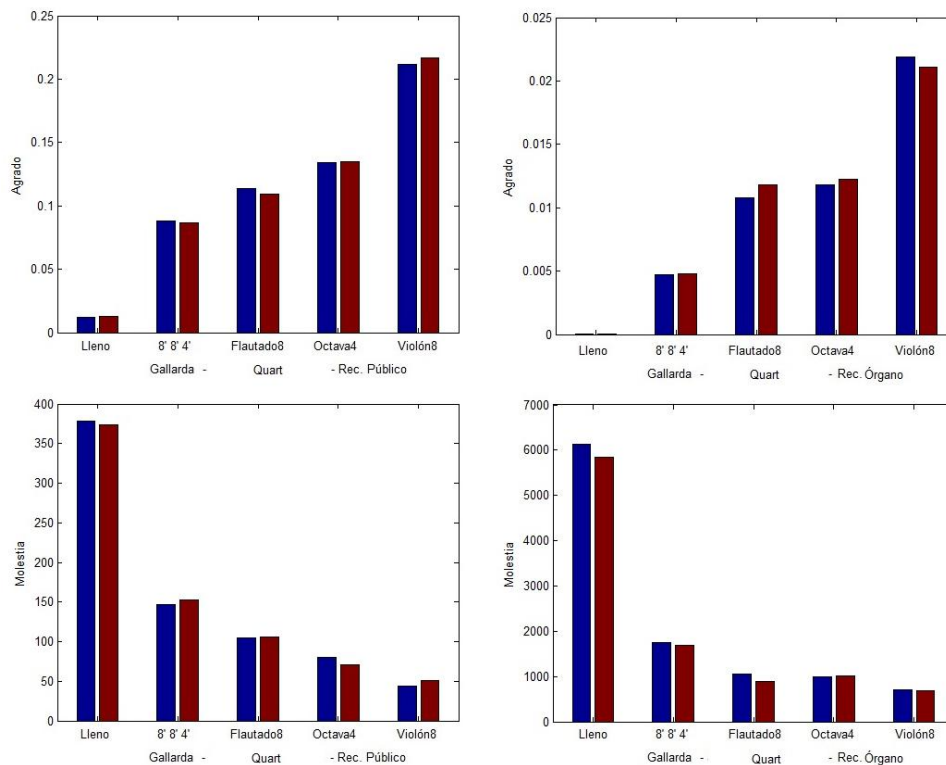


Figura 10: Promedios de molestia/agrado en cada una de las posiciones en la interpretación de la Gallarda de Cabezón en Quart.

5. CONCLUSIÓN

En este artículo se ha analizado la percepción sonora, en base al modelo de Zwicker, de tres órganos en tres iglesias diferentes de la provincia de Valencia.

Se ha investigado sobre el efecto del instrumento como fuente compleja en la posición del organista y dentro de la sala que lo contiene (en la posición del espectador), relacionando la percepción sonora generada por cada uno de los instrumentos con las características acústicas de cada recinto (RTmid). Se observa una mayor correlación en del agrado con estas características acústicas, siendo en Quart y Algemesí los recintos que mejor siguen un mismo patrón para los dos canales considerados.

Se combinará el estudio realizado con '*listening tests*' que permitan corroborar la respuesta subjetiva a las valoraciones realizadas por el modelo de Zwicker.

6. AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido parcialmente financiado por el Ministerio de Economía y Competitividad a través del proyecto de investigación BIA2012-36896.

7. REFERENCIAS

- [1] N. Fletcher & Th. Rossing; "The Physics of Musical Instruments". 2nd Edition. Springer, 1998
- [2] Zwicker, E; Fastl, H: Psychoacoustics: facts and models. Springer Series in Information Sciences, 2nd Ed, 1999.
- [3] ARTEMIS – Psycho-Acoustics Module (Application note). http://www.head-acoustics.de/downloads/eng/application_notes/PsychoacousticAnalysesI_06_11e.pdf (visita: 02/08/2013).