

## Estudios de la influencia de la forma y tamaño de las boquillas en el sonido de la trompeta

M<sup>º</sup> M. González (1), A. Morgado (2), A. García (3)

(1) Departamento de Educación. Universitat Jaume I de Castellón

(2) Instituto Politécnico. Castellón

(3) Departamento de Física Aplicada. Universitat de València.

### INTRODUCCION

La familia de los instrumentos de viento es muy extensa, presentando todos ellos la misma característica: la conversión del flujo de aire en sonido. Sin embargo, esta conversión se produce de forma diferente según los distintos instrumentos. En el caso de los instrumentos de viento metal, y en concreto de la trompeta, los labios del intérprete actúan como una válvula, introduciendo impulsos de aire en el momento justo para mantener las oscilaciones de la columna de aire. El sonido es radiado por la parte inferior del tubo de forma acampanada.

La trompeta moderna está formada por un tubo de longitud variable (según la tonalidad base) doblado sobre sí mismo, en el que se instalan las válvulas. Este tubo se va ensanchando progresivamente para acabar en un pabellón en forma de embudo llamado campana. En la parte superior se insertan las diferentes boquillas.

La trompeta utilizada en este trabajo (trompeta soprano en Si b), consta de un tubo de longitud aproximada 140 cm, lleva tres válvulas y su extensión, cromática gracias al mecanismo de válvulas, es de dos octavas y una sexta mayor.

Pueden utilizarse diferentes tipos de boquilla cuya forma varía con el estilo tradicional del instrumento y con las necesidades actuales de interpretación.

La figura 1 muestra el esquema general de una boquilla. En él se pueden distinguir varias partes, que según el tamaño se pueden clasificar como:

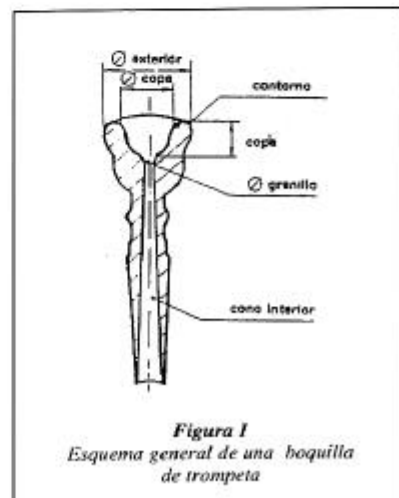
*Copa:* Pequeña, mediana, normal (standard), grande y extra.

*Contorno del borde:* Redondo, medio (standard) y semillano.

*Cono interior:* Cerrado, medio (standard) y abierto.

Los criterios musicales a través de la experiencia interpretativa establecen que una boquilla con copa grande ayuda a la obtención de un sonido más ancho, con mucho cuerpo y poco estridente (a mayor diámetro de copa tiende a participar mayor parte de los labios y en consecuencia menor número de vibraciones). El número de vibraciones que resta este tipo de copa se palfa con una buena técnica, muy costosa pero eficaz.

El contorno de la boquilla, y sobre todo el borde de la copa con el contorno, también influyen en la producción sonora. Un borde redondo ayuda a producir un sonido inmediato, ágil y flexible, aunque tiene el inconveniente de que los labios del instrumentista sufren mucho más que con un borde medio o semillano.



**Figura 1**  
Esquema general de una boquilla de trompeta

El diámetro del granillo determinará, junto con el cono interior, lengua, labios y diafragma, la cantidad de aire que dejará pasar. Si el granillo es ancho y el cono interior no muy abierto se tenderá a producir un sonido dulce y velado; si por el contrario el granillo es estrecho y el cono interior abierto, el sonido será estrecho, agresivo y estridente.

En este trabajo pretendemos establecer mediante la Transformada Rápida de Fourier y basándonos en criterios físicos, las diferencias existentes en la emisión sonora debidas exclusivamente al cambio de tamaño y forma de las boquillas, sin tener en cuenta otras posibles variables. Para ello se ha utilizado, con la misma trompeta, varios tipos de boquilla, con copas, contorno de borde, cono interior y granillo diferentes.

#### METODO EXPERIMENTAL

Para evitar en lo posible cualquier alteración en la emisión sonora debida a causas no imputables a la boquilla en sí misma, se ha utilizado en todos los casos la misma trompeta (en Si b, Vicent Bach Model 43ML), cinco boquillas de la marca Vicent Bach correspondientes a los modelos: 1 1/2 C, 7C, 10 1/2C, 10 1/2 EW y 10 3/4 EW. El sonido estudiado ha sido la nota Fa 3 y ha sido siempre ejecutada por el mismo intérprete.

Para cada una de las boquillas y manteniendo en todo momento las mismas condiciones ambientales, el intérprete ha ejecutado 25 veces la nota Fa 3. Una vez almacenada y procesada toda la información, se procedió a promediar, para el sonido fundamental y cada uno de los armónicos, los correspondientes valores de intensidad y frecuencia de los 25 registros de cada boquilla.

Dadas las diferencias observadas en los espectros de la trompeta según se considere el ataque (espectro correspondiente a las primeras 1K muestras) o la parte estacionaria (espectro de las 1K muestras a partir de la muestra número 1000), en este trabajo se han distinguido también ambas partes.

Hay que señalar que el rango de frecuencias varía entre 0 Hz y 5000 Hz y que las intensidades (expresadas en dB) han sido relativizadas en todos los casos, al nivel máximo de 114,0 dB.

El dispositivo experimental utilizado consta de un equipo "Diagnostic Instruments S.A." formado por un Sonómetro CEL-414/3C, un Micrófono CEL-192, un Calibrador CEL-177 (114,0 dB a 1000 Hz) y un Analizador FFT portátil de dos canales PL22. Se dispone también de un PC, una Impresora y una Grabadora digital portátil CASIO DA-7.

Las boquillas utilizadas tienen las siguientes características:

Modelo de Boquilla	Copa	Contorno de borde	Cono interior	Granillo
1 1/2 C	Grande	Semillano	Medio	Grande
7 C	Normal	Medio redondo	Medio	Normal
10 1/2 C	Mediana	Semillano	Medio	Pequeño-normal
10 1/2 EW	Mediana	Semillano	Medio	Pequeño-normal
10 3/4 EW	Pequeña	Redondo muy ancho	Abierto	Pequeño

#### RESULTADOS

Comparando los valores promedio en intensidades y frecuencias obtenidos para cada una de las boquillas estudiadas, tanto para el ataque del sonido como para su parte estacionaria, se observan los siguientes resultados:

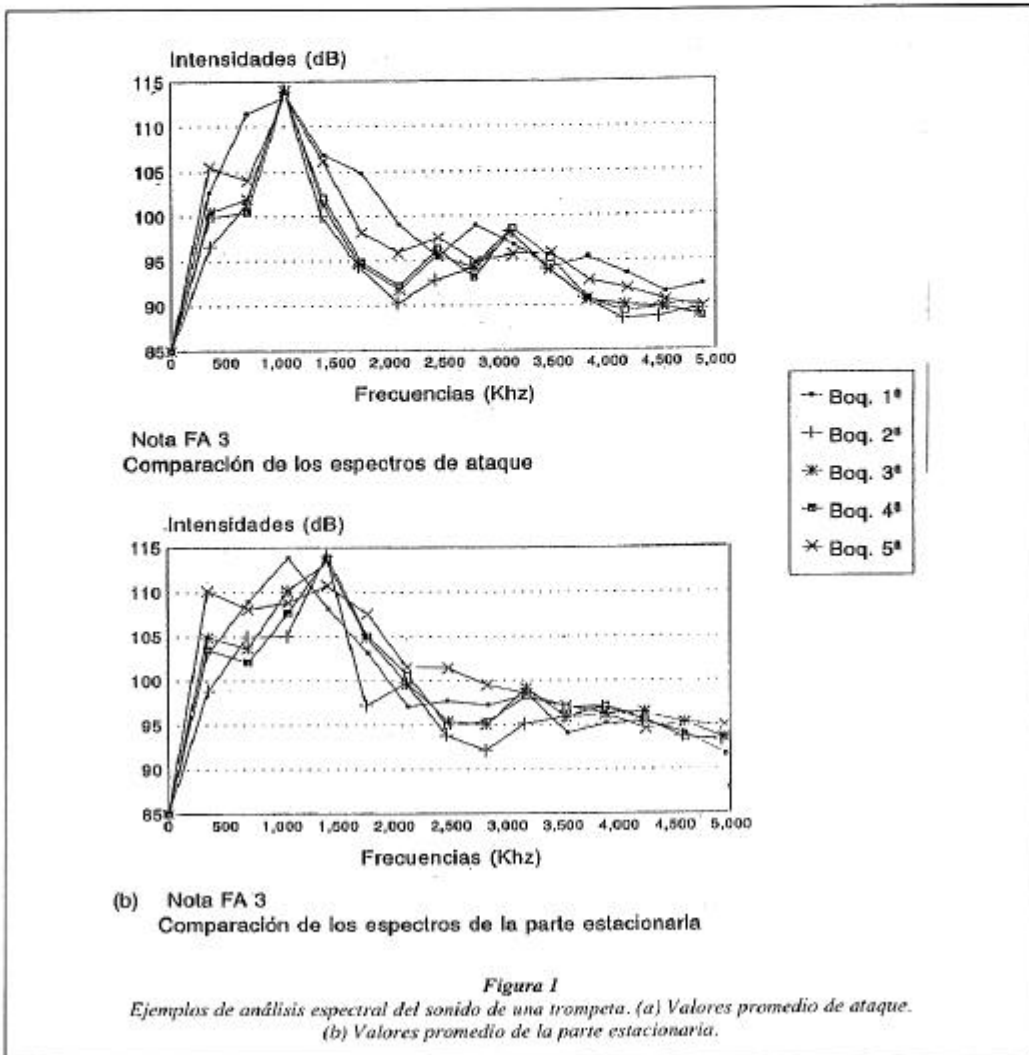
##### Intensidades (dB)

- En el ataque, el parcial más intenso corresponde al segundo armónico en todos los casos; sin embargo, en la parte estacionaria, el sonido más intenso es el tercer armónico excepto para la boquilla 1ª (1 1/2 C) en que lo alcanza el segundo armónico.
- Las boquillas 3ª y 4ª ( 10 1/2 C y 10 1/2 EW ) alcanzan valores de intensidad muy parecidos, presentando escasas diferencias; por tanto, su representación gráfica es similar. En el ataque esta similitud se observa también para la boquilla 2ª ( 7 C).

- En general la boquilla 5ª ( 10 3/4 EW ) produce intensidades mayores que las restantes boquillas (en el ataque también ocurre en la boquilla 1ª ); en cambio, es la boquilla 2ª ( 7 C ) la que en mayor número de parciales presenta los menores niveles de intensidad ( en la parte estacionaria también ocurre con la boquilla 1ª).
- El comportamiento más distinto entre boquillas, siempre refiriéndonos a los niveles de intensidad, se produce para la boquilla 1ª, sobre todo para el ataque. En la parte estacionaria y para los armónicos superiores ( aproximadamente a partir del octavo) todas las boquillas se comportan de modo similar.
- El parcial que presenta mayores diferencias en sus niveles de intensidad para cada una de las boquillas es el primer armónico seguido del cuarto en el ataque, y el fundamental seguido del cuarto armónico en la parte estacionaria.

**Frecuencias ( Hz)**

- El valor frecuencial producido por cada una de las boquillas que presenta menores diferencias es el fundamental, sobre todo en la parte estacionaria.
- Tanto en el ataque como en la parte estacionaria, a medida que aumenta la frecuencia aumentan también las diferencias entre las frecuencias obtenidas en cada una de las boquillas, siendo estas diferencias mayores en el ataque que en la parte estacionaria.



- Excepto para el fundamental, los valores frecuenciales más bajos se obtienen con la boquilla 2ª; en cambio, las boquillas 1ª y 5ª son las que producen las frecuencias mayores.

#### CONCLUSIONES

1. Las boquillas 3ª y 4ª, cuyos tamaños de copa, contorno del borde, cono interior y granillo son muy parecidos, producen valores en intensidad y frecuencia similares, con representaciones gráficas casi idénticas.
2. La boquilla 1ª presenta el comportamiento más distinto respecto al resto de boquillas, sobre todo para el ataque del sonido.
3. Con la boquilla 2ª se alcanzan los valores más bajos en frecuencia e intensidad (el sonido emitido es ligeramente más grave y menos brillante).
4. La boquilla 5ª presenta los niveles de intensidad más altos en ambas partes, y junto con la boquilla 1ª, las frecuencias más elevadas; por tanto, el sonido emitido resulta algo más agudo que con las boquillas 2ª, 3ª y 4ª. En la parte estacionaria y para los armónicos superiores (a partir del 8º), las boquillas 1ª y 5ª se comportan del mismo modo.
5. Todas las boquillas alcanzan su parcial más intenso en el 2º armónico para el ataque, y en el 3º para la parte estacionaria, excepto la boquilla 1ª en que su parcial más intenso es siempre el 2º armónico.
6. El 6º armónico, disonante con el fundamental, alcanza unos niveles de intensidad pobres para las boquillas 1ª y 2ª, normal para la 5ª y sólo es algo relevante para las boquillas 3ª y 4ª y para el ataque del sonido.

#### REFERENCIAS

- Neville H.Fletcher, Thomas D.Rossing.- "The Physics of Musical Instruments".- Springer-Verlag. New York (1991)
- J. Sundberg.-"The Science of Musical Sounds".-Academic Press, Inc. London (1991)
- F.R.Tranchefort.-"Los Instrumentos Musicales en el Mundo".- Alianza Editorial S.A. Barcelona. (1985)
- MªM González, A. Morgado, A. García .- "Estudio de la Incidencia de Factores Intra/Inter Personales en la Ejecución Musical" .- Proceedings de las Jornadas Nacionales de Acústica, pp.189-192. Valencia (1994)
- T.D.Rossing .- "The Science of Sound" .- Addison-Wesley. New York (1990)