

ESTUDIO COMPARATIVO DE LA CALIDAD TÍMBRICA DE UNA TROMPETA UTILIZANDO BOQUILLAS CLÁSICAS DE METAL Y DE PLA IMPRESAS EN 3D.

PACS: 43.75.-Z ACÚSTICA MUSICAL E INSTRUMENTOS MUSICALES

Daniel Tarrazó-Serrano¹; Sergio Castiñeira-Ibáñez¹; Constanza Rubio¹; Eugenio Sánchez-Aparisi².

¹ Centro de Tecnologías Físicas, Universitat Politècnica de València. Camí de Vera S/N, 46022. València. Spain

² Hospital Francés de Borja de Gandía. Avinguda de la Medicina, 6, 46702 Gandia, València. Spain

E-Mail: datarser@upv.es , sercasib@uv.es, crubiom@fis.upv.es , sanchez_eug@gva.es

Palabras Clave: trompeta, boquilla, PLA, estudio tímbrico, impresión 3D

ABSTRACT.

A trumpet is a brass-wind musical instrument that can be divided in two parts, nozzle and body. The nozzle as known as mouthpiece is a crucial element for sound generation and one of the most important elements in the trumpet. Physiological diversity within players generate a demand for, user-specific mouthpiece, personalized mouthpieces adapted to each single player.

Nowadays, 3D printing is a booming set of processes due to its possibilities in the field of personalized design. Progressive price reduction in printing devices and materials make it increasingly easy to have a household quality 3D printer. This work contains a comparative study of a brass nozzle with its homologous design in Polylactic Acid (PLA). Different notes were evaluated in order to assess timbre quality and differences between brass-PLA mouthpiece. Conclusions were obtained upon the relatively economic personalized pieces.

RESUMEN.

La trompeta es un instrumento de la familia del viento-metal y se puede dividir en dos partes la boquilla y el cuerpo. La boquilla es el elemento crucial para la generación del sonido y por ello uno de los elementos más importantes de la trompeta. La diversidad fisiológica de los instrumentistas hace que exista una demanda de boquillas personalizadas y adaptadas a los mismos.

En la actualidad la impresión 3D está en auge debido a sus grandes posibilidades en el campo del diseño personalizado. La bajada progresiva de precios de los dispositivos de impresión y del

material hacen que sea cada vez más accesible tener una impresora a nivel doméstico. Este trabajo realiza un estudio comparativo de una boquilla de metal con su homólogo diseño en PLA. Se han analizado varias notas del registro para evaluar la calidad tímbrica y las diferencias entre las mismas. De esta forma se extraen las conclusiones sobre la personalización de boquillas relativamente económicas.

INTRODUCCIÓN.

Dentro de la familia viento-metal, la trompeta destaca como el instrumento más agudo que posee un timbre muy característico. La generación del sonido se realiza mediante la boquilla [1]. Es por ello, que esta misma es el elemento más importante de la misma. El instrumentista debe de introducir sus labios en una copa típicamente construida de metal y hacerlos vibrar para generar los diferentes sonidos combinando esta vibración con las diferentes posiciones de los pistones que modifican la longitud geométrica de la trompeta provocando que se genere una determinada nota musical, tal y como prevé la teoría relacionada con la ecuación tubo abierto-abierto [2].

En la actualidad se ha popularizado la utilización de diferentes materiales en el campo de la acústica musical. Se puede ver en catálogos de diversos fabricantes de instrumentos musicales la utilización de materiales diferentes a los de corte clásico, sustituyendo total o parcialmente el metal o incluso la madera por otros de tipo plástico, resinas o vinilos. Los usos de estos materiales se han venido aplicando en los procesos de reducción de costes en la construcción de los instrumentos musicales, para el aumento de la resistencia a las inclemencias del tiempo, así como al cambio de la calidad tímbrica de los mismos.

Este trabajo se centra en el uso de estos nuevos materiales para diseñar, construir y comparar boquillas para trompeta diseñadas con la misma geometría que las tradicionales. Estas nuevas boquillas con las tradicionales. En concreto el material utilizado es el PLA (Ácido Poliláctico), un tipo de resina utilizado de forma masiva en impresión 3D.

MOTIVACIÓN.

Hay dos razones fundamentales que han llevado a la realización de este estudio. La primera de ellas es el poder implementar boquillas de trompeta completamente adaptadas al instrumentista debido a las diferentes fisionomías existentes y la necesidad de adaptar las mismas al estilo de interpretación. La segunda es una razón médica debido a las posibles reacciones alérgicas que suelen aparecer en los músicos al ejecutar su instrumento. El uso de nuevos materiales permite a los interpretes continuar su carrera sin poner en riesgo su salud y evitando el abandono del instrumento como ocurre en ocasiones.

La interpretación musical con instrumentos de viento y sus características de ejecución convierten al área oro faríngea en zona diana de posibles patologías asociadas, bien sea por el aumento de presión que puede provocar patologías en glándulas salivares, musculatura facial y tracto oro faríngeo, o simplemente por el contacto de la boquilla con los labios, leguas y encías en forma de reacciones alérgicas más o menos graves.

En este último aspecto es preciso diferenciar el material de construcción de la boquilla y el baño o material que la recubre. Habitualmente construidas en latón con diferentes proporciones en su composición de otros metales como el cobre y el zinc. También se han utilizado otro tipo de metales como aluminio, bronce, cobre, acero o el níquel muy dúctil y maleable claramente relacionado con la aparición de procesos de alergia de contacto a nivel dermatológico. Como materiales de recubrimiento los más utilizados suelen ser la plata y el oro por su apariencia estética.

La exposición al níquel por los intérpretes de flautas, trompetas y otros instrumentos de metal puede provocar pues una reacción alérgica en forma de edema labial, gingival, dermatitis y erosiones que empeorarán por el uso del instrumento ya que su fisiopatología está determinada por una reacción de contacto más que por otros fenómenos alérgicos de hipersensibilidad mediados por anticuerpos. El níquel, un metal común, es el sensibilizador de contacto más frecuente observándose en el 4.5% de la población general, sobre todo en mujeres (8%) y en menor cuantía en hombres (0.8%). Así en el ámbito musical puede causar dermatitis de los dedos y manos, así como del área del labio y del cuello.

La liberación de níquel de los dispositivos metálicos es favorecida por la fricción, el calor o la exposición a fluidos corporales como el sudor y la saliva. La irritación mecánica crónicas puede causar dermatitis irritante y promover eccema alérgico de contacto. Las reacciones cruzadas con otros metales como el cromo también han sido referidas en la literatura presentando fenómenos de sensibilización distintos y específicos.

Las infecciones cutáneas como el herpes labial parecen ser más frecuente en intérpretes de instrumentos de viento de madera y del latón.

Las enfermedades asociadas de la piel puede ser un problema significativo en músicos profesionales, pero también en músicos de todas las edades y capacidades incluidos aquellos que se encuentran en su período de formación y aunque no revisten gravedad pueden afectar al rendimiento y convertirse en enfermedades ocupacionales como dermatitis de contacto alérgica al níquel, cromo, queilitis, cheilitis, callosidad de los labios, cambios faciales en los tejidos blandos (síndrome de Satchmo), atrofia de los labios e isquemia.

OBJETIVOS.

Los objetivos de este trabajo son, por un lado, diseñar y construir boquillas de PLA que sean homólogas a las boquillas tradicionales metálicas de trompeta y posteriormente comparar los espectros frecuenciales de las mismas para validar su construcción y evaluar los posibles cambios tímbricos y de afinación del uso de estos materiales.

METODOLOGÍA.

Este trabajo está dividido en dos fases. La primera de ellas ha sido el diseño mediante herramientas CAD de las boquillas homólogas. Se han utilizado como boquillas metálicas una Stomvi 1C y una Bach 1 1/4C (Figura 1). El uso de estas boquillas está muy extendido y se podría afirmar que son de facto estándares para la trompeta. El diseño se ha realizado mediante el programa informático Inventor de la suite de diseño CAD de Autodesk.



Figura 1.- Boquillas utilizadas en el estudio. De izquierda a derecha Bach 1 1/4C, Stomvi 1C, Stomvi 1C (versión PLA), Bach 1 1/4C (versión PLA) y una segunda versión de la Bach 1 1/4C en PLA.

En una segunda fase, se han realizado medidas experimentales. Se ha optado por el uso de una cámara anecoica perteneciente al Centro de Tecnologías Físicas de la Universitat Politècnica de València que permite tener unas condiciones controladas [3]. Esta sala está diseñada para absorber el sonido que incide sobre sus paredes, suelo y techo, anulando los efectos de eco y reverberación del sonido. Las dimensiones de esta cámara son: $8 \times 6 \times 3 \text{ m}^3$. En la Figura 2 se muestra la disposición en vacío de la cámara de los elementos que se han utilizado para la medida.

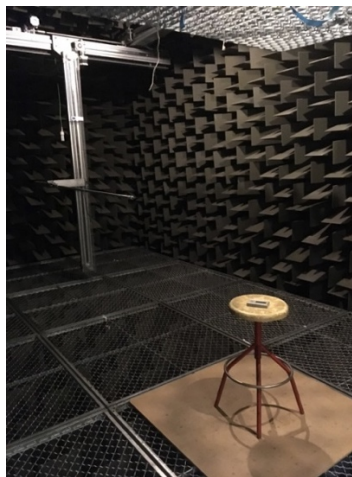


Figura 2.- Cámara anecoica vacía. Se observa el conjunto experimental utilizado para realizar las medidas.

El micrófono se encuentra conectado a un analizador donde se registra la señal temporal y posteriormente se realiza su Transformada Rápida de Fourier (FFT). Este analizador está conectado a un ordenador (PC) donde se representan, en este caso, los espectros de nivel de presión (dB). Por otro lado, se dispone de un sistema robotizado, tridimensional, de posicionamiento del micrófono (3 DReAMS), sincronizado con el sistema de adquisición de datos. Para la adquisición de estos, se ha utilizado la tarjeta PCI-4474 de National Instruments. Esta tarjeta, está diseñada para el análisis tanto de señales de ruido aéreo como de vibración, consiguiendo poca distorsión y una relación de señal-ruido muy elevada.

Debido a que el rango de frecuencias audibles por el ser humano es de 20 a 20000 Hz y la zona de alta sensibilidad del oído se sitúa en torno a los 1000 a 5000 Hz, se ha utilizado un micrófono pre-polarizado de 1/2" tipo 4189 B&K con una sensibilidad de 49.5 mV/Pa, que permite un análisis con una respuesta plana en el rango de interés [4].

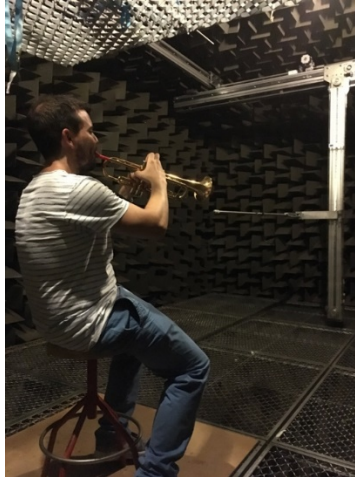


Figura 3.- Realización de las medidas en la cámara anecóica.

Uno de los objetivos es la comparación espectral de la boquilla metálica y su homóloga de PLA por tanto se han utilizado los 3 registros de la trompeta. Se ha medido el registro grave, medio-grave, medio-agudo y agudo tocando las notas C4, G4, C5 y G5. La elección de estas notas fue debida a que no es necesario el uso de pistones y de esta forma reducir al mínimo cualquier efecto provocado por los mismos. En la Figura 3 se puede ver al instrumentista realizando las medidas.

Las medidas se han realizado en varias fases. Se ha medido por parejas, la Stomvi 1C con la equivalente de PLA y la Bach 1 1/4C con su pareja de PLA. De esta forma la embocadura del instrumentista es la misma y se evita cualquier distorsión en las medidas. El profesional de la trompeta cuidó la emisión durante la prueba de forma que la afinación y la proyección fuera lo más homogénea posible. La trompeta que se ha utilizado es una Yamaha YTR-6553 afinada tomando de referencia el A4 a 442 Hz.

RESULTADOS.

Para procesar los resultados se ha realizado la FFT de la señal temporal obtenida en la cámara anecóica. El tipo de enventanado utilizado es de Hanning para 3200 elementos. El ancho de banda de la medida es de 1 a 25,000 Hz. A continuación, se muestran las Figuras 4 y 5 que contienen las gráficas obtenidas. El eje de abscisas muestra el rango frecuencial en escala logarítmica en Hz y el eje de las ordenadas muestra la presión absoluta normalizada respecto al valor máximo.

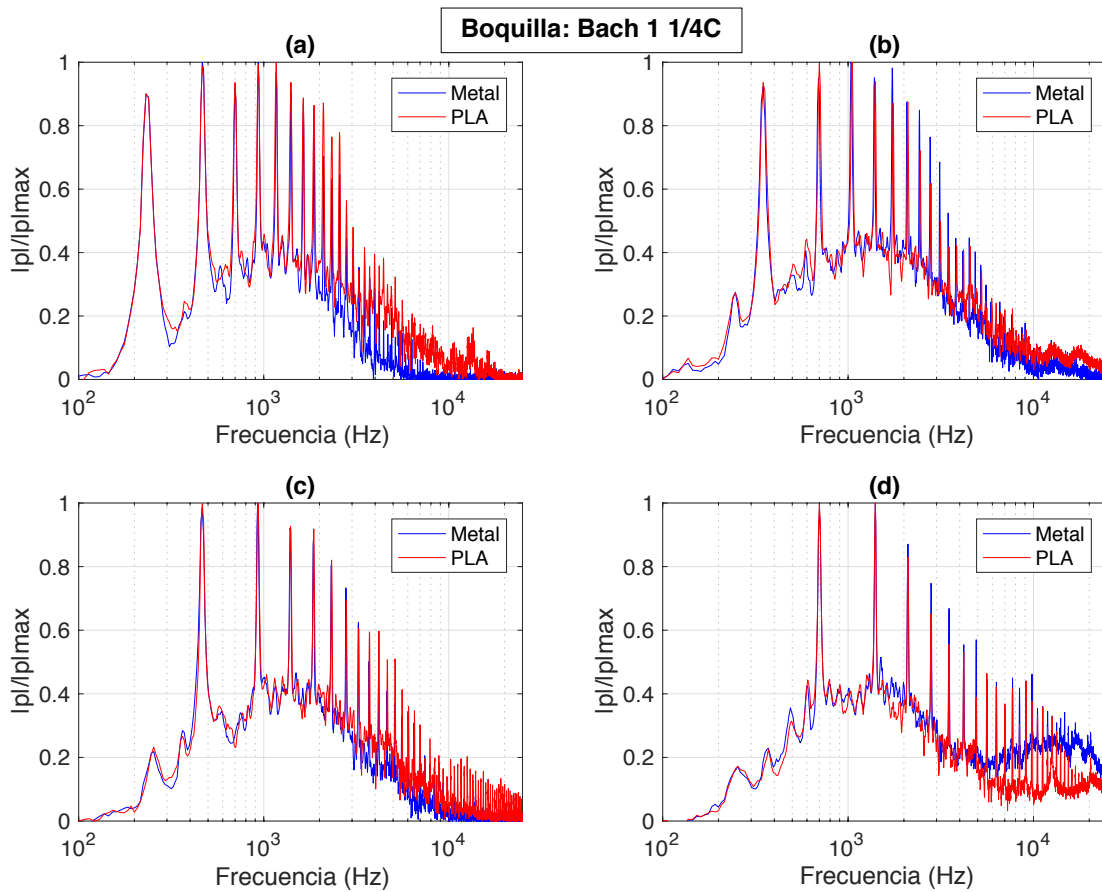


Figura 4.- Resultados correspondientes a las medidas realizadas con la boquilla Bach 1 1/4C. Las notas correspondientes son: (a) Nota C4, (b) Nota G4, (c) Nota C5, (d) Nota G5.

En el caso de la boquilla Bach 1 1/4C, se puede observar que los armónicos fundamentales, así como los sucesivos armónicos excepto en el caso del registro agudo, están alineados. En el caso de las notas C4 y G5 se observa diferencia en la cola armónica habiendo diferencias de los niveles. En el registro medio-grave y medio-agudo se observa una gran correlación. En el caso del registro agudo los armónicos quedan desplazados hacia arriba dando lugar a una mayor brillantez en el caso de la boquilla metálica.

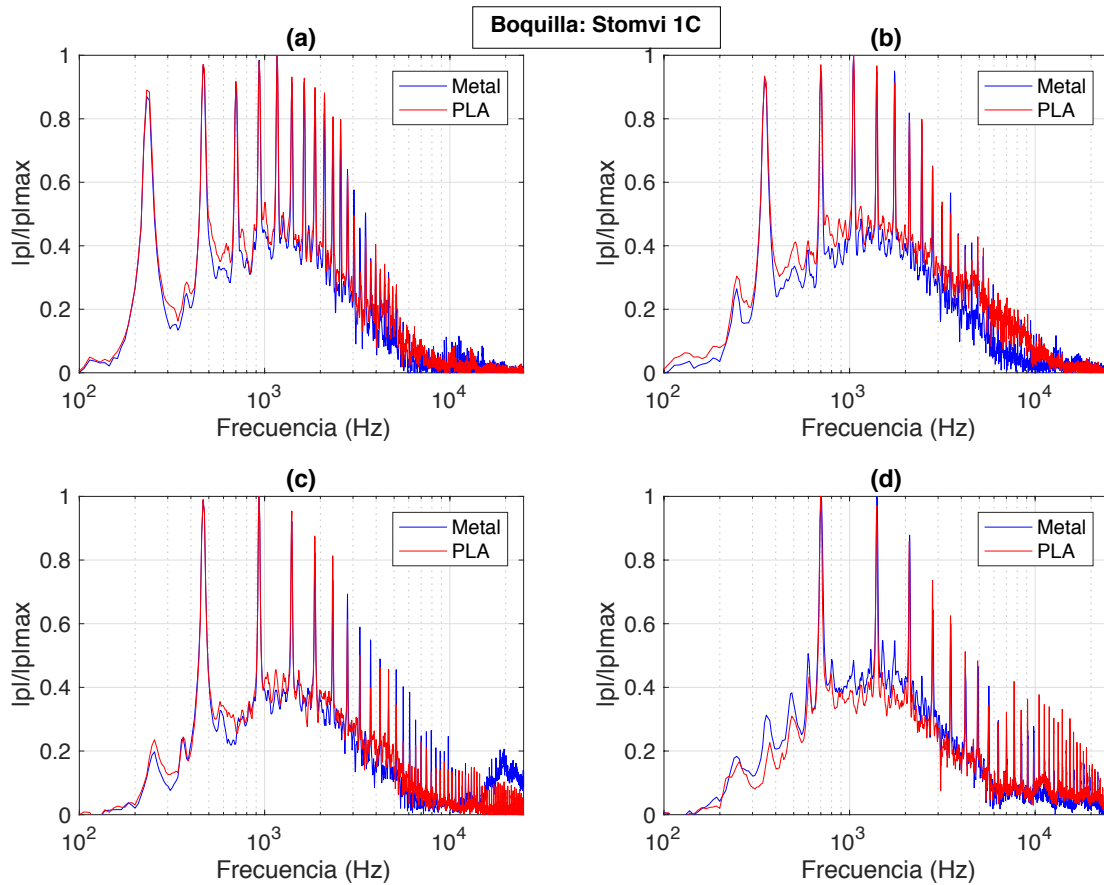


Figura 5.- Resultados correspondientes a las medidas realizadas con la boquilla Stomvi 1C.
Las notas correspondientes son: (a) Nota C4, (b) Nota G4, (c) Nota C5, (d) Nota G5.

La boquilla Stomvi 1C presenta una buena localización de armónicos. Esto al igual que ocurre con el caso anterior, es debido a una correcta afinación del instrumentista y permite comparar de forma objetiva las boquillas. En este caso los armónicos superiores quedan desplazados ya en las notas C5 y G5. Quedando el registro medio-agudo y agudo más brillante que en la Bach 1 1/4C. En el registro grave y medio-grave hay diferencias en los niveles provocados por las dificultades en la emisión en este registro.

CONCLUSIONES.

Se han diseñado e implementado dos boquillas en PLA. Se ha podido comprobar que el funcionamiento es correcto y que permiten al instrumentista una interpretación similar a la que se podría realizar con boquillas metálicas. Existen diferencias entre las boquillas metálicas y de PLA en el rango medio-agudo y agudo donde la brillantez o armónicos agudos se desplazan en el caso de la metálica. Esto es debido a la mayor densidad de las boquillas metálicas. Además, existen diferencias en la proyección en el registro grave y medio-grave.

En líneas futuras se deberá de corregir esta diferencia de masa compensando con la sección de paso, modificando la copa o utilizando otros materiales compatibles con impresoras 3D como pudiera ser el acrilonitrilo butadieno estireno (ABS).

La conclusión es que queda abierta la posibilidad de diseño de boquillas en PLA completamente personalizadas y que pueden evitar cualquier tipo de problema producido por reacciones alérgicas o demás alteraciones explicadas con detalle en el apartado de motivación de este trabajo.

AGRADECIMIENTOS.

El Centro de Tecnologías Físicas de la Universitat Politècnica de València muestra su agradecimiento por su colaboración a Luis Ángel Lozano Franco. A este gran músico y profesional de la trompeta se le deben la obtención de las medidas realizadas, así como la cesión de las boquillas y su implicación en este estudio.

BIBLIOGRAFÍA.

- [1] A.H. Benade, Fundamentals of Musical Acoustics, Oxford Univ. Press, NY (1976)
- [2] Daniel Tarrazó-Serrano, Sergio Castiñeira-Ibáñez, Constanza Rubio, Antonio Uris, Teaching methodology for the validation of bernoulli's law for the trombone. Edulearn 2016
- [3] S. Castiñeira-Ibáñez, C. Rubio, J.V. Sánchez-Pérez, R. Pérez Hernández, Diseño de un tapón de corcho de flauta travesera. Influencia en su calidad tímbrica. Editorial Sociedad Española de Acústica, TECNIACÚSTICA 2014, 45º Congreso Español de Acústica. 8º Encuentro Ibérico de Acústica. European Symposium on Smart Cities and Environmental Acoustics, Murcia (2014)
- [4] C. Rubio, Sergio Castiñeira-Ibáñez, Juan Vicente Sánchez-Pérez, Vicente Romero-García, Lluís M. García.-Raffi, Sistema de adquisición de datos de alta precisión para el rango audible en condiciones controladas: 3dreams, Tecniacústica 2011, pp. 1–8 (2011)