

## Una propuesta metodológica de apoyo a la enseñanza del trombón basada en proceso de señales

Dionisio Rodríguez-Esparragón<sup>1</sup>, Oscar Jaén Domínguez<sup>2</sup>, Jesús B. Alonso<sup>1</sup>, Carlos M. Travieso-González<sup>1</sup>, Francisco Eugenio González<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Dpto. de Señales y Comunicaciones, Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, Campus Universitario de Tafira. 35017 Las Palmas, España

<sup>2</sup> Conservatorio Profesional de Música de Las Palmas de Gran Canaria, Maninidra 1. 35002 Las Palmas, España

<sup>1</sup>{dionisio.rodriguez, jesus.alonso, carlos.travieso, francisco.eugenio}@ulpgc.es, [odominguezjaen@yahoo.es](mailto:odominguezjaen@yahoo.es)

**Resumen.** El aprendizaje práctico del trombón incluye la educación de técnicas y condiciones como una postura corporal correcta, una respiración adecuada, una adecuada vibración de los labios y, por supuesto, una emisión de sonido afinado. Generalmente, estos aspectos son evaluados subjetivamente por el profesor. Por otro lado, a pesar, de que la literatura científica sobre el proceso de señales es extensa, abarcando una gran cantidad de áreas, no sucede lo mismo con la aplicación de estas técnicas a la didáctica de los instrumentos musicales. En este trabajo se presenta una propuesta metodológica de apoyo a la enseñanza del trombón basada en el análisis del vídeo y sonido. Consecuentemente el objetivo es proporcionar un marco objetivo de mejora en la didáctica de este instrumento musical que ponga a disposición del docente y el estudiante elementos de referencia basados en proceso de señales.

**Palabras Clave:** Enseñanza Musical, instrumentos de viento, proceso de señales.

### 1 Introducción

El trombón es una de los grandes inventos de la historia de la música. Como muchas de las ideas más imaginativas, se basa en un concepto elegante y simple: el trombón permitió a los músicos del renacimiento superar las limitaciones que experimentaban los trompetas ceremoniales cuyos instrumentos estaban restringidos por tubos de longitud fijas. En consecuencia, les permitía obtener la escala completa de notas dentro de su rango [1-3]. Básicamente es un instrumento de la familia de metal-viento que produce su sonido a partir de la modulación de la columna de aire producida por la vibración de los labios del intérprete sobre una boquilla. Además de este elemento, el instrumento dispone de un tubo móvil que se denomina vara. La posición de la vara alarga o acorta el trayecto del flujo de aire obteniendo así notas más graves o agudas [4].

En la pedagogía del trombón, las estrategias de enseñanzas son un arte heredado a través de un aprendizaje transmitido de generación en generación, más que una ver-

dadera didáctica de enseñanza [5-6]. En cualquier caso, se puede encontrar un patrón común que engloba varios aspectos de técnicas y condiciones para el aprendizaje del trombón [7]. Dentro de este patrón se pueden encontrar, entre otros, aspectos como una postura corporal correcta [8], una respiración adecuada [4], una adecuada vibración de los labios [9] y, por supuesto, una emisión de sonido afinado.

Por otro lado, podemos encontrar en la literatura científica referencias a la mejora del aprendizaje de este instrumento usando tecnologías de la información y comunicaciones. En general, se trata de propuestas que analizan el uso de dispositivos electrónicos o la web como medio de refuerzo y mejora del proceso educativo [10,11]. Al contrario, los trabajos que analizan las posibilidades del proceso de señales como una herramienta de referencia en este aspecto docente son escasos, centrándose generalmente en el estudio de los elementos generadores del sonido [12-14].

Este artículo se estructura como sigue: en la sección 2 se presentan la finalidad y objetivos perseguidos; en la sección 3, se describen las distintas metodologías propuestas y, por último, en la sección 4 se detallan las conclusiones.

## **2 Finalidad y objetivos**

La finalidad de este trabajo es presentar una propuesta metodológica de apoyo a la enseñanza del trombón basada en proceso de señales. Es decir, proporcionar una reflexión sobre cómo puede el proceso de señales ayudar en el aprendizaje y evaluación del conocimiento musical.

Para conseguir esta meta, se plantean los siguientes objetivos:

- Análisis de la postura corporal usando captura de movimiento (MOCAP, por sus siglas en inglés: motion capture).
- Medida de la ejecución respiratoria a través del proceso de video.
- Análisis de imagen y video aplicado a la vibración correcta de los labios.
- Análisis de la emisión del sonido para una correcta afinación.

Como se puede observar, todos ellos parten de la toma de imagen y sonido y su posterior procesado. En consecuencia, la meta final será proponer un marco de mejora objetivo y automático de los citados elementos claves del dominio del instrumento musical.

Con estos elementos en mente se ha desarrollado la metodología expuesta en la siguiente sección.

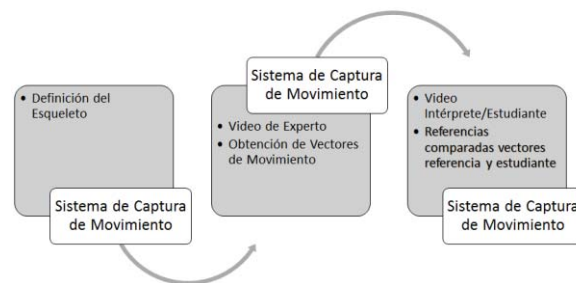
## **3 Metodología**

Las distintas metodologías desarrolladas a continuación comparten una base común que es el proceso de las señales de audio y video. Si bien hay múltiples enfoques y esquemas que pueden responder a los objetivos propuestos en la sección anterior, se ha intentado primar las soluciones de bajo coste y más eficientes.

### 3.1 Análisis de la postura corporal usando MOCAP.

La investigación sobre la biomecánica de la interpretación musical ha estado motivada principalmente por dos aspectos. De un lado por el interés en entender cómo evitar y corregir los daños relacionados con la ejecución musical. De otro lado, por el interés en la mejora de la interpretación musical y la pedagogía [15]. En este punto, se plantea la pregunta de cómo el MOCAP puede ayudar en este último aspecto.

Son bien conocidos las innumerables aplicaciones del MOCAP: una muestra se puede encontrar en [16]. También está descrito su utilidad en el campo de la enseñanza musical como un elemento de retroalimentación al estudiante y de ayuda al profesor [17]. Además, hoy en día se pueden encontrarse soluciones de bajo coste que permiten la implementación económica de estos sistemas [18].



**Fig. 1.** Diagrama metodológico de sistema de evaluación de la postura corporal basado en MOCAP.

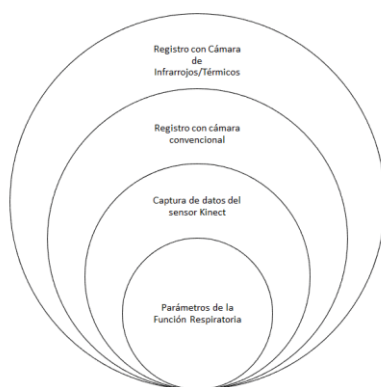
En la Fig. 1, se puede observar un diagrama metodológico de un sistema de evaluación de la postura corporal basada en MOCAP. En una primera fase, será necesario definir el esqueleto, es decir, los puntos de referencia sobre los que se articulará el movimiento del intérprete. En segundo lugar, mediante la toma de imagen de un experto se registrará una base de datos con los vectores de movimiento de los elementos del esqueleto ya definido. Con estos dos fundamentos (esqueleto y sus vectores de movimiento) el sistema de captura de movimiento se puede utilizar para tomar imagen del intérprete y compararlo con el experto, obteniendo una evaluación objetiva y un elemento de mejora de cara a la corrección de la postura corporal.

### 3.2 Medida de la ejecución respiratoria a través del procesado de vídeo.

El control de la respiración está directamente relacionado con todo lo que interpreta el trombonista. Además, el dominio de la respiración de una forma natural y relajada es una necesidad para una buena técnica de ejecución musical [19]. Algunos aspectos como la frecuencia de la respiración, el desplazamiento torácico y abdominal parecen

afectar a la interpretación musical en cuanto a su calidad de tono, escala y duración [20].

La frecuencia respiratoria (FR), y otro parámetros fisiológicos, se pueden estimar usando el análisis de video proporcionado por una cámara de baja resolución (tipo webcam) [21]. Esta medida “sin contacto” de la función de la respiración también se puede obtener a través del análisis de imágenes infrarrojas o térmicas [22,23]. Incluso, es posible realizar un seguimiento de la superficie respiratoria usando un dispositivo de detección de movimiento de bajo coste (Kinect) [24].



**Fig. 2.** Diagrama metodológico para la medida de la ejecución respiratoria a través del procesado de vídeo de sistema.

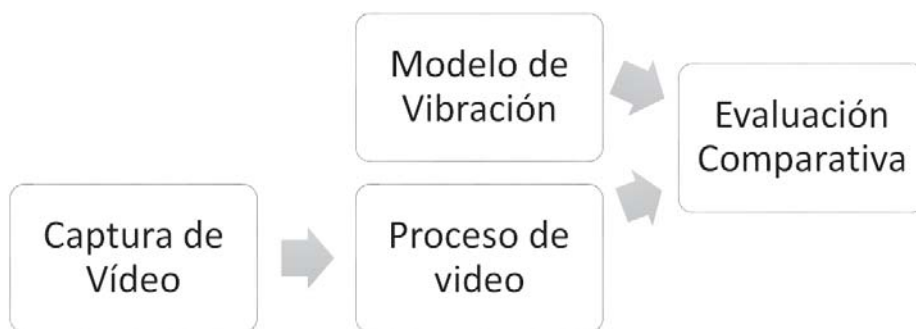
En la Fig.2, se puede observar un diagrama metodológico de un sistema de evaluación de la medida de la ejecución respiratoria basada en el registro de vídeo tanto en el espectro visible como infrarrojo (o usando cámara térmica) junto con los datos aportados por un sensor de MOCAP de bajo coste. Directamente el análisis del video proporcionado por la cámara convencional permite la obtención de la FR. Parámetros más avanzados como los perfiles del flujo de aire respiratorio o la visualización del flujo durante la expiración se derivan del uso de una cámara de infrarrojos. Por último, la fusión de estas dos fuentes de imágenes así como la de los datos proporcionados por el sensor de movimiento, constituye un área abierta de investigación que permitiría modelar por completo los parámetros de la respiración durante la interpretación musical. Consecuentemente, docente y estudiante podrían educar aquellos aspectos que permitiesen una correcta función respiratoria durante la ejecución musical.

### **3.3 Análisis de la imagen y el vídeo aplicado a la correcta vibración de los labios.**

Los labios humanos constituyen la válvula que se usa para controlar el flujo de aire que se insufla en los instrumentos de vientos [25]. Por tanto, la importancia de este elemento lo ha convertido en un campo activo de investigación con el fin de modelar su comportamiento para su simulación. Así en [26] y [27] aparece un estudio estroboscópico de las vibraciones de los labios en el trombón y un estudio del movimiento

de los labios de los intérpretes de instrumentos de viento durante la ejecución de pasajes musicales con alto volumen, respectivamente.

Sin embargo, son escasas las referencias en la literatura científica alusivas al uso de este proceso de señales para la mejora de la enseñanza del trombón. La Fig.3 presenta un esquema de una propuesta de apoyo en la enseñanza del trombón basado en proceso de imagen y vídeo. En efecto, dado que se dispone del modelo expuesto en [26] de la vibración labial en la interpretación del trombón, se propone comparar este modelo ideal con los resultados obtenidos a través del análisis de vídeo de un estudiante o intérprete. Para ello, el intérprete usará un marcador de color aplicado a los labios que facilite su segmentación y análisis en el procesado de vídeo posterior de la secuencia de interpretación. La simple observación del movimiento de los labios extraído como una máscara en blanco y negro del vídeo original constituye en sí un interesante elemento de retroalimentación en el proceso de aprendizaje.



**Fig. 3.** Diagrama metodológico de análisis de la imagen y el vídeo aplicado a la correcta vibración de los labios.

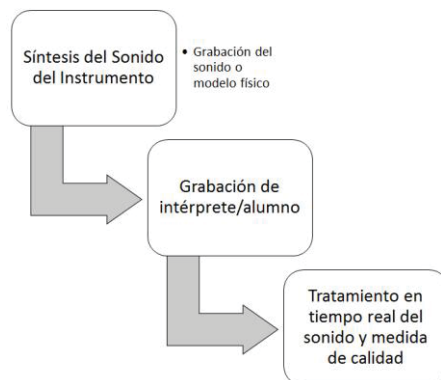
### 3.4 Análisis de la emisión del sonido para una correcta afinación.

La medida de la calidad de emisión del sonido es subjetiva. Sin embargo, el tono y el volumen parecen ser características de la señal de audio que encajan con la percepción humana [28]. Por el contrario, el timbre es más complicado ya que existen varios factores que contribuyen a su percepción [29]. Otro tanto, sucede con la calidad subjetiva de la interpretación musical que se encuentra sujeta a múltiples elementos [30].

El número de publicaciones científicas en el ámbito del análisis de las características del sonido es extenso en el tiempo y en número. A pesar de ello, sigue siendo un tema activo de investigación en el que progresivamente se van trasladando los avances en el proceso de voz al sonido [31].

La Fig.4 presenta un sencillo esquema de análisis de la emisión del sonido para una correcta afinación. Básicamente, en una primera fase, consiste en generar artificialmente [32,33] o vía grabación de un experto una base de datos de notas musicales producidas por el trombón. A continuación, un sistema en tiempo real permite la gra-

bación y evaluación del sonido producido por la interpretación del estudiante comparado con el parametrizado previamente.



**Fig. 4.** Diagrama metodológico de análisis esquema de análisis de la emisión del sonido para una correcta afinación.

## 4 Conclusiones

En esta contribución se plantea una propuesta metodológica de apoyo a la enseñanza del trombón basada en proceso de señales.

Se han planteado cuatro posibles escenarios de actuación para mejorar otros tantos aspectos relativos a las técnicas de interpretación del trombón. El desarrollo de una herramienta aplicada a cada una de ellas, permitiría disponer de elementos de mejora y evaluación a partir de un análisis objetivo comparado.

Todas las propuestas están basadas en proceso de señales, usando técnicas de bajo coste económico y recogen el estado del arte en el proceso de señales de imagen, video y sonido.

Por todo lo anterior, podemos concluir que abordar e implementar estos planteamientos podría crear un marco metodológico innovador de apoyo a la enseñanza del trombón que, además, es susceptible de aplicarse a la docencia de otros instrumentos de viento y a otros ámbitos docentes, analizando previamente sus especificidades concretas.

## Referencias

1. Herbert, T.: *The trombone*. Yale University Press, (2006).
2. Guion, D- M.: Performing on the Trombone: A Chronological Survey. *Performance Practice Review*, 9.2 (2012): 6.
3. Guion, David M. *A History of the Trombone*. Vol. 1. Scarecrow Press, 2010.
4. Kleinhammer, Edward. *The art of trombone playing*. Alfred Music Publishing, 1963.

5. Buckmaster, Matthew T. Teaching Strategies of Successful College Trombone Professors for Undergraduate Students. Diss. University of South Florida, 2006.
6. Robinson, Mitchell. "A Music Education Apprenticeship Project." *Teaching Music* 9.2 (2001): 44-49.
7. Gualotuña, Guacho, and Jaime Patricio. Propuesta para optimizar la enseñanza aprendizaje del trombón en el sistema de formación musical de la Brass Band del Ecuador. Diss. Quito, 2012.
8. Klein-Vogelbach, Susanne. Interpretación musical y postura corporal. Vol. 29. Ediciones AKAL, 2010.
9. Wick, Denis. Trombone technique. Music Department, Oxford University Press, 1984.
10. Wilson, Aaron James. Bridging the virtual gap in Internet based music instruction: A feasibility study in trombone performance education. The University of North Carolina at Greensboro, 2013.
11. Williams, Joe, and Susan Goodwin, eds. Teaching with technology: an academic librarian's guide. Elsevier, 2007.
12. Stevenson, Samuel, et al. "Motion of the lips of brass players during extremely loud playing." *The Journal of the Acoustical Society of America* 125.4 (2009): EL152-EL157.
13. Copley, David C., and William J. Strong. "A stroboscopic study of lip vibrations in a trombone." *The Journal of the Acoustical Society of America* 99.2 (1996): 1219-1226.
14. Logie, Shona Mary. "Acoustical study of the playing characteristics of brass wind instruments." (2013).
15. Lammers, Mark, et al. "Biomechanics of musical performance: development of expertise in a natural task, playing the trombone." Biomedical Engineering Conference, 1996., Proceedings of the 1996 Fifteenth Southern. IEEE, 1996.
16. Moeslund, Thomas B., and Erik Granum. "A survey of computer vision-based human motion capture." *Computer Vision and Image Understanding* 81.3 (2001): 231-268.
17. van der Linden, Janet, et al. "Musicjacket—combining motion capture and vibrotactile feedback to teach violin bowing." *Instrumentation and Measurement, IEEE Transactions on* 60.1 (2011): 104-113.
18. Alemán Soler, Néstor M. "Solución de bajo coste de captura de movimiento basada en Kinect." (2014).
19. Kleinhammer, Edward. The art of trombone playing. Alfred Music Publishing, 1963.
20. Sehmman, Karin Harfst. "The effects of breath management instruction on the performance of elementary brass players." *Journal of Research in Music Education* 48.2 (2000): 136-150.
21. Poh, Ming-Zher, Daniel J. McDuff, and Rosalind W. Picard. "Advancements in non-contact, multiparameter physiological measurements using a webcam." *Biomedical Engineering, IEEE Transactions on* 58.1 (2011): 7-11.
22. Murthy, Ramya, and Ioannis Pavlidis. "Noncontact measurement of breathing function." *Engineering in Medicine and Biology Magazine, IEEE* 25.3 (2006): 57-67.

23. Goldman, Luis J. "Nasal airflow and thoracoabdominal motion in children using infrared thermographic video processing." *Pediatric pulmonology* 47.5 (2012): 476-486.
24. Alnowami, M., et al. "A quantitative assessment of using the Kinect for Xbox360 for respiratory surface motion tracking." *SPIE Medical Imaging. International Society for Optics and Photonics*, 2012.
25. Richards, Orlando Finn. Investigation of the lip reed using computational modelling and experimental studies with an artificial mouth. Diss. University of Edinburgh, 2004.
26. Copley, David C., and William J. Strong. "A stroboscopic study of lip vibrations in a trombone." *The Journal of the Acoustical Society of America* 99.2 (1996): 1219-1226.
27. Stevenson, Samuel, et al. "Motion of the lips of brass players during extremely loud playing." *The Journal of the Acoustical Society of America* 125.4 (2009): EL152-EL157.
28. Knight, Trevor, Finn Upham, and Ichiro Fujinaga. "The potential for automatic assessment of trumpet tone quality." *ISMIR*. 2011.
29. McAdams, Stephen, et al. "Perceptual scaling of synthesized musical timbres: Common dimensions, specificities, and latent subject classes." *Psychological research* 58.3 (1995): 177-192.
30. Geringer, John M., and Clifford K. Madsen. "Musicians' ratings of good versus bad vocal and string performances." *Journal of Research in Music Education* 46.4 (1998): 522-534.
31. Kostek, B., and A. Wieczorkowska. "Parametric representation of musical sounds." *Archives of Acoustics* 22.1 (2014): 3-26.
32. Jiang, Wenxin, Alicja Wieczorkowska, and Zbigniew W. Raś. "Music instrument estimation in polyphonic sound based on short-term spectrum match." *Foundations of Computational Intelligence Volume 2*. Springer Berlin Heidelberg, 2009. 259-273.
33. Msallam, Régis, et al. "Physical model of the trombone including nonlinear effects. Application to the sound synthesis of loud tones." *Acta Acustica united with Acustica* 86.4 (2000): 725-736.