

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

DEPARTAMENTO DE COMUNICACIÓN AUDIOVISUAL, DOCUMENTACIÓN E HISTORIA
DEL ARTE

MÁSTER UNIVERSITARIO EN MÚSICA



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



DCA DHA
DPTO. DE COMUNICACIÓN AUDIOVISUAL
DOCUMENTACIÓN E HISTORIA DEL ARTE

CLARINETE FRANCÉS VS CLARINETE ALEMÁN: UNA APROXIMACIÓN A SU ACÚSTICA

TRABAJO FINAL DE MASTER

Presentado por:

D. Salvador Pascual Peris Dosaigües

Dirigido por:

Dr. D. Rubén Picó Vila

Departamento de Física Aplicada
Universitat Politècnica de Valencia

Dr. D. Vicente Pastor García

Conservatorio Superior de Música “Salvador Seguí” de Castellón

Valencia, 2019

AGRADECIMIENTOS

A todos aquellos que, de alguna manera, han contribuido en el presente estudio, el cual ha supuesto un enriquecimiento musical en mi persona.

A mis tutores Rubén Picó y Vicente Pastor por su inestimable tiempo y guiarme en este trabajo.

A mi familia, participes indirectos en este camino, y en especial a mi padre, gran clarinetista, por su silenciosa contribución a mi formación como músico.

A Mónica y Mateu por estar siempre ahí.

A mi profesor de clarinete Jose Vte. Herrera, por inculcarme la búsqueda constante de la sonoridad de nuestro instrumento.

A mis colegas y alumnos por despertar las dudas necesarias en beneficio de mi desarrollo como clarinetista y profesor.

¡Gracias!

RESUMEN

La historia del clarinete se ha visto influenciada principalmente por dos escuelas, que a su vez estaban ligadas al diferente tipo de construcción del instrumento. Esta diferente forma constructiva del clarinete tuvo lugar en distintos momentos históricos y geográficos, pero sobretodo las diferencias físicas en cuanto a las dimensiones internas del instrumento y colocación de las llaves determinaron esta diferencia.

Estas particularidades, sumadas a la cantidad de tipos de boquillas, lengüetas, abrazaderas y demás accesorios de clarinete que existen en la actualidad, modifican de forma considerable la sonoridad del instrumento y aunque el termino *escuela clarinetística* ligada a un determinado país o zona geográfica este desdibujado respecto a décadas anteriores, sí podemos afirmar la existencia de dos sistemas constructivos de clarinete, francés y alemán.

El timbre del clarinete y con ello la sonoridad de nuestro instrumento, ha ido evolucionando a lo largo de la historia, sobre todo por las mejoras acústicas realizadas por los constructores de instrumentos con el paso de los años. Con la tecnología existente en la actualidad, estos artesanos pueden llegar a construir un instrumento casi en perfecto equilibrio sonoro, aunque no sea una tarea fácil de realizar debido a las características acústicas del tubo sonoro.

Este Trabajo Fin de Máster (TFM) pretende ser una aproximación a la acústica de ambos sistemas constructivos y visualizar de forma analítica la razón por la que percibimos diferente sonoridad de un mismo instrumento al ser interpretada por un clarinete francés o un clarinete alemán.

El trabajo está dividido en cuatro grandes secciones correspondientes a distintos capítulos. En la primera sección se desarrolla el objeto de estudio, justificación, así como los estudios ya realizados en torno al tema en cuestión. La segunda sección es un marco teórico y revisión de la literatura referente a los dos sistemas constructivos. La tercera sección es el marco práctico en el que se analizan los estudios acústicos realizados con la utilización de los dos tipos de clarinetes, así como la percepción sonora del instrumentista con la realización de un cuestionario de preguntas cerradas.

Por último, el cuarto capítulo se centra en la comparación de los resultados acústicos obtenidos y las conclusiones extraídas.

Contenido

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN.....	9
1.1 Objeto de estudio y problema de investigación.....	9
1.2. Justificación y motivación de la elección del problema.....	11
1.3. Objetivos.....	13
1.4. Metodología.....	14
1.5 Estado de la cuestión	16
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO.....	19
2.1 Evolución del clarinete desde 1844 hasta nuestros días.....	19
2.2 Utilización de los dos sistemas en la actualidad.....	22
2.3 Acústica básica del clarinete.....	22
2.4 Sistema constructivo francés - Sistema constructivo alemán.....	28
2.5 Influencia del conjunto boquilla-lengüeta en el sonido.....	35
CAPÍTULO III: MARCO PRÁCTICO.....	39
3.1 Introducción.....	39
3.2 Estrategia metodológica	39
3.3 Análisis acústicos realizados. Estudios comparativos.....	43
3.4 Estudio de percepción sonora. Resultados y discusión del cuestionario.....	55
3.5 Comparativa de los estudios acústicos y los estudios perceptivos	66
CAPITULO IV. CONCLUSIONES Y LÍNEAS FUTURAS DE INVESTIGACIÓN..	70
CAPÍTULO V. BIBLIOGRAFÍA	75
ANEXO I: TABLAS DEL ANÁLISIS ACÚSTICO	80
ANEXO II: CUESTIONARIO	88
ANEXO III: ENTREVISTA	93
LISTA DE TABLAS.....	100

LISTA DE FIGURAS 101

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

1.1 Objeto de estudio y problema de investigación

El clarinete actual es la evolución desde el s. XVIII de un tubo sonoro de madera, a modo de flauta, llamado *Chalemeau* que con el paso de los años, la incorporación de llaves y el contacto de una lengüeta de madera con la boca en el momento de emitir el sonido, ha ido desarrollándose hasta nuestros días.

Cronológicamente, la mayor transformación del instrumento se produjo a mediados del s. XIX. Una época en la que el clarinete estaba en constante evolución con la incorporación de llaves para un mejor uso del instrumento y que diera continuidad a todos los sonidos de la escala.

J. C. Denner, B. Fritz, E. Beer, J. X. Lefevre o J. F. Simiot fueron algunos de los principales artífices de esta evolución hasta la aparición del clarinete de I. Muller de 13 llaves en 1812. (Lawson, 1995).

Desde mediados del s.XIX en la historia evolutiva del clarinete han coexistido dos tipos de construcción del instrumento, los denominados “sistema alemán” y “sistema francés”. Referente en este sentido Vercher (1983) expone lo siguiente:

A partir de 1842, el constructor de instrumentos de viento L. A. Buffet i el profesor de clarinete H. E. Klosé encontraron la forma de dotar al clarinete evolucionado de I. Muller de un sistema de anillos móviles, con otra disposición y con una mayor facilidad y brillantez en la interpretación. Este sistema de llaves ya había sido inventado por el flautista T. Boehm en 1839 adaptándolo a la flauta en primer lugar, pasando más tarde al oboe y el corno inglés. En 1844, L. A Buffet y H. E. Klosé patentaron conjuntamente con el número 16.036 el primer clarinete ya conocido universalmente bajo el nombre de “Sistema Boehm”.

Se puede decir que es a partir de este momento cuando se separan los caminos de los dos sistemas constructivos, el creado por I. Muller, con su posterior evolución realizada por O. Oehler, seguirá siendo utilizado hasta la actualidad principalmente en Alemania y Austria llamado “Sistema Oehler”, y el “Sistema Boehm” que a partir de 1844 y con

el paso de los años hasta hoy en día es adoptado en el resto del mundo y por la mayoría de constructores. (Gibson, 1970).



Fig. 1: (1) Clarinete Sistema Müller de 13 llaves (Müller, 1850). (2) Clarinete Sistema Boehm (Simiot, 1850).
Fuente: The University of Edimburg (2019).

A partir de estos dos sistemas constructivos de un mismo instrumento se va a centrar el objeto del estudio.

Independientemente del gran cambio en la mecánica del instrumento, disposición de las llaves, desdoblamiento de estas, aumento de orificios, etc., también existe en la actualidad una diferencia en las dimensiones del tubo sonoro, así como diferentes conceptos del conjunto boquilla-lengüeta, que hacen que ambos clarinetes tengan unas cualidades sonoras distintas.

Una aproximación al análisis acústico de cada uno de los dos tipos de clarinete, nos va ayudar a comprender mejor la razón de esa diferenciación en las cualidades sonoras de cada uno.

En este punto es donde va a aparecer la subjetividad de cada instrumentista u oyente. La percepción sonora que tiene cada oyente al escuchar un mismo instrumento y con el mismo ejecutante puede ser totalmente distinta. Si a esto añadimos que estamos hablando del mismo instrumento pero con unas características constructivas diferentes, la subjetividad obviamente será mayor.

1.2. Justificación y motivación de la elección del problema

A lo largo de la historia de la música, sobre todo a partir del s. XVIII, la interpretación de la música ha estado ligada a países o zonas geográficas determinadas (Lawson & Stowell, 1990). De este modo un determinado estilo musical se ha influenciado también en las diferentes escuelas de música que se fueron originando por toda Europa durante todo este tiempo hasta quizá finales del s. XX. (Brymer, 1976, Vercher, 1983).

Podríamos considerar que el termino *escuela clarinetística*, cómo una determinada forma de enseñar y ejercer la docencia en un determinado país, en la actualidad queda desdibujado. Las nuevas tecnologías, el constante y fácil acceso al intercambio de información, la movilidad de los estudiantes, profesionales, constructores e instrumentistas, hacen que tanto el estudio cómo la interpretación del clarinete se lleve a cabo de una manera más global que décadas atrás.

Aún así, no podemos dejar a un lado las características sonoras de los dos tipos de clarinete que son objeto de estudio en esta investigación y las connotaciones que llevan consigo cada instrumento.

Por otro lado, podemos encontrar diferentes opiniones o consideraciones, totalmente subjetivas, de expertos en la materia cuestionando la mayor o menor idoneidad de interpretar repertorio alemán con un clarinete de construcción francesa o de modo contrario repertorio francés con clarinete alemán.

Otro aspecto a tener a cuenta es el diferente tipo de sonoridad que es emitida por cada uno de los dos instrumentos, en la que muchos clarinetistas opinan que la sonoridad más oscura y velada del clarinete alemán se funde mejor con la cuerda y los demás instrumentos de madera de la orquesta.

Cómo hemos apuntado anteriormente, no podemos escapar a que el clarinete alemán en la actualidad está aceptado y generalizado principalmente en Alemania y Austria. Tanto es así que para poder acceder a ser músico de una orquesta alemana o austríaca, es condición indispensable el utilizar este tipo de sistema. (Wiener Staastoper, 2019).

De igual modo ocurre con el acceso a la mayoría de Conservatorios o Universidades de Música para realizar los estudios pertinentes. (Berliner Philharmoniker Academie, 2019).

El instrumento francés sin embargo es comúnmente aceptado en el resto del mundo.

La subjetividad en los términos y adjetivos que se utilizan para definir un tipo de timbre, véase redondo, opaco, brillante, claro, etc., muchas veces lleva a la confusión entre los propios profesionales de lo que realmente se está hablando. (Campbell & Greated, 1987). Del mismo modo ocurre con otros aspectos técnicos de la interpretación. La articulación, el ligado, la afinación, la digitación, las dinámicas, son aspectos que crean controversia entre partidarios de un sistema u otro.

En la actualidad, la utilización de los clarinetes “Reform-Boehm”, instrumentos con digitación francesa pero con elementos constructivos del tubo y orificios del sistema alemán diseñado por L. Kolbe y F. Wurlitzer a mediados del S.XX, los nuevos diseños de boquillas con tablas más largas y oberturas más cerradas propias del instrumento alemán, innumerables diseños de lengüetas con mayor espesor en algunas de sus partes, la supresión por parte de algunos fabricantes de las partes metálicas innecesarias en la construcción del instrumento o la incorporación de nuevos orificios para corregir la afinación de determinadas notas en los clarinetes franceses, son algunos elementos que hacen identificar este modo de globalizar la sonoridad del instrumento, escogiendo de cada sistema sus características más favorables para el disfrute del intérprete.

No es menos cierto que a finales del S.XX, durante las décadas de los años 80 y 90, no fueron pocos los clarinetistas que movidos por el afán de perfeccionar sus estudios, sobre todo interpretativos, empezaron a realizar estudios fuera de nuestras fronteras, desplazándose a países como Alemania y Austria donde el clarinete alemán era el único referente, Bélgica y Holanda donde la incorporación del clarinete “Reform-Boehm” ya llevaba tiempo siendo utilizado, o Inglaterra donde la sonoridad del clarinete también era diferente a la nuestra.

A partir de aquí y gracias también a las grabaciones discográficas de diferentes intérpretes centroeuropeos o ingleses, hubo una cierta apertura en el modo de entender

la sonoridad de nuestro instrumento de una manera más generalizada, sobre todo por los ya profesionales de esa época y por los futuros clarinetistas que a su vez eran en esos momentos alumnos de estos.

A parte del propio instrumento, los demás accesorios importantes que también afectan a la sonoridad cómo la boquilla, abrazadera y lengüeta han tenido un gran auge en cuanto a cantidad de modelos existentes hoy en día en el mercado. Estos elementos, ajenos a la construcción del tubo, afectan considerablemente a las cualidades tímbricas del clarinete y aunque no son motivo de estudio en este trabajo, no podemos dejar pasar por alto.

Este estudio no pretende aclarar qué tipo de construcción es más favorable para la interpretación o la escucha del clarinete, pero sí hacer una aproximación a sus características acústicas y observar hasta donde influye en el oyente la calidad sonora de cada instrumento.

Por regla general los músicos y en este caso los clarinetistas, invertimos más tiempo en el estudio práctico del instrumento que no en el estudio constructivo, acústico u organológico del clarinete. Si añadimos que en nuestro país son muy pocos los clarinetistas que tienen un profundo conocimiento del clarinete “Sistema Oehler” y que venimos de una tradición en la que se ha utilizado únicamente el sistema francés en nuestros conservatorios, hace más difícil el poder encontrar estudios que comparen de una manera científica las diferencias entre ambos modelos de instrumento. (Fox, 2000).

1.3. Objetivos

Los objetivos de esta investigación se van a centrar en realizar una primera aproximación objetiva, a la construcción de los dos sistemas y los sonidos resultantes de este tipo de construcción y una segunda parte subjetiva que se centrará en las percepciones sonoras de los ejecutantes y oyentes.

Esta sería la relación de objetivos a alcanzar en el presente estudio:

1. Medurar las dimensiones de ambos tubos.

2. Realizar un estudio acústico de las notas naturales y armónicos resultantes de cada sistema.
3. Comparar los resultados obtenidos del estudio acústico realizado en ambos tubos.
4. Realizar un cuestionario sobre la percepción sonora de ambos instrumentos.
5. Comparar los resultados obtenidos del análisis objetivo llevado a cabo de los dos instrumentos con el estudio subjetivo extraído del cuestionario.
6. Realizar una entrevista a una figura relevante del panorama clarinetístico que tenga conocimientos y experiencia en la interpretación de los dos sistemas.

1.4. Metodología

Haciendo referencia a los objetivos anteriormente citados y con el fin de conseguirlos, el presente estudio se desarrollará en tres grandes apartados:

Una primera parte será un marco teórico, en que la estrategia metodológica utilizada será documental. Se mostrarán las bases de la evolución del clarinete, tomando el año 1844 como punto de partida a causa del desdoblamiento de los dos sistemas de construcción del clarinete con la aparición de la patente creada por Buffet-Klosé hasta la utilización de ambos sistemas en la actualidad. Para ello deberemos mostrar en el estudio conocimientos básicos de la acústica del clarinete, así como las diferencias constructivas en cuanto dimensiones, localización y número de orificios, densidad del material utilizado en la elaboración y demás partes mecánicas que hacen diferente un instrumento del otro.

Independientemente de obtener y analizar información de los principales fabricantes de clarinetes de ambos modelos, centraremos el estudio acústico en dos modelos concretos de clarinete de mayor comercialización, y por tanto más estandarizados en cada sistema, aunque para tener un mayor rango de muestreo utilizaremos las siguientes marcas y modelos:

SISTEMA	MARCA	MODELO
Sistema francés	Buffet Crampon	RC Prestige
Sistema francés	Leblanc	Opus
Sistema alemán	Yamaha	457-22
Sistema alemán	O.Hammerschmidt	Klingson
Reform – Boehm	Yamaha	856

Tabla 1: Marcas y modelos utilizados en la investigación.
Fuente: Elaboración propia.

Para la obtención de información referente a las medidas y demás características constructivas de los distintos fabricantes de clarinetes, se opta por extraer información de las páginas web de las empresas y realizar solicitud de información vía correo electrónico, recibiendo una única respuesta, si bien esta fue negativa a poder facilitar información de sus procesos constructivos. De este modo se opta por tomar mediciones de las partes constructivas accesibles con un escalímetro digital, consideradas suficientemente representativas para el propósito de la investigación. Si bien, estas mediciones tienen un carácter informativo aproximado, dadas las limitaciones del proceso utilizado. Tanto porque este tipo de medición carece de garantías de precisión, al no realizarse en condiciones ideales u óptimas de control de posibles variables como la temperatura, humedad, etc., como unido a la limitación del tamaño de la muestra de clarinetes utilizada.

Todos los modelos de clarinete utilizados estarán afinados en Sib, ya que por regla general es la tonalidad más utilizada. Así mismo utilizaremos conjuntos de boquilla-lengüeta estándar de cada sistema.

Cómo hemos citado en el anterior apartado el conjunto boquilla-lengüeta influye de manera notable en la producción del sonido. Analizaremos de manera general las principales características y diferencias de los modelos utilizados en ambos tipos de construcción de instrumento y en qué manera hace cambiar la percepción sonora

recibida en el oyente. El campo de la percepción sonora es un aspecto a tener en cuenta en este estudio al tratarse de un elemento subjetivo.

La segunda parte del trabajo se centrará en el marco práctico, en que la estrategia metodológica será de tipo cuantitativo. Llevaremos a cabo la toma de muestras sonoras de los anteriores instrumentos en un ambiente anecoico y utilizando diversos programas informáticos analizaremos las representaciones de ondas resultantes de las diferentes frecuencias captadas. Con esta toma de muestras y mediante espectrogramas observaremos los diferentes armónicos presentes en cada frecuencia básica que aparecen en cada uno de los modelos de instrumento. Ampliaremos la información obtenida analizando que ocurre con la emisión o caída del sonido de las muestras obtenidas. Dentro de esta segunda parte, mediante un cuestionario de repuestas cerradas, analizaremos la percepción sonora del oyente, así como la percepción física del propio intérprete al tocar con un instrumento u otro. Como ya hemos dicho en otra ocasión la visión y la verbalización en el momento de expresar en palabras las diferentes sensaciones del sonido por parte de los músicos, no suele ser la misma. Trataremos de unificar criterios. Finalizaremos este marco práctico con una entrevista a una figura representativa del mundo clarinetístico que tenga experiencia y conocimientos en la utilización de los dos sistemas estudiados.

La tercera parte de la investigación estará centrada en el análisis y presentación de los resultados mediante la comparación de los datos obtenidos en los estudios acústicos entre el clarinete alemán y el clarinete francés y la comparativa de estos resultados con los estudios perceptivos. La finalidad será encontrar alguna relación entre estos dos estudios.

1.5 Estado de la cuestión

La sonoridad del clarinete siempre ha llevado a la controversia entre profesionales del instrumento, al tratarse, a diferencia de la mayoría de instrumentos integrantes de una orquesta sinfónica, de uno de los pocos instrumentos que puede tener dos vertientes constructivas. Hay que decir que no es el único exponente con estas características.

Podríamos añadir al oboe, la trompeta o la trompa como algunos de los instrumentos de la orquesta, que debido al distinto tipo de construcción, sus características sonoras son diferentes al estándar, y con ello son más apreciados en algunos países de Centroeuropa como Alemania y Austria. (Benade, 1973). La mayoría de estudios y documentación encontrada sobre la acústica del clarinete, están centrados teniendo como ejemplo al clarinete francés. Este tipo de clarinete es el más extendido y utilizado en todo el mundo, así que el clarinete de construcción alemana suele aparecer como un subapartado o enmarcado haciendo referencia a las diferentes escuelas clarinetísticas, como la inglesa, americana, o alemana. (Newhill, 1974, Brymer, 1976, Vercher, 1983).

Mayoritariamente, al hablar de las principales diferencias que encontramos en un clarinete de construcción alemana al de un clarinete francés, la mayoría de autores se centran en la diferencia más evidente, la digitación, y en este caso el término escuela se subscribe únicamente a la bibliografía existente para realizar los estudios puramente mecánicos con cada uno de los sistemas de digitación. Citar pedagogos como H. Klosé, R. Jettle o M. Jost como claros referentes en materia bibliográfica basada en el mecanismo de cada una de las dos digitaciones utilizadas.

Referente a las dimensiones constructivas de cada tipo de clarinete, hayamos documentación y referencias a diámetros de los tubos sonoros, así como tipos de orificios con sus diferentes resultados acústicos obtenidos en (Rendall, 1954, Gibson, 1970, Benade, 1976, Shackelton, 1995).

La influencia en la sonoridad resultante del conjunto boquilla-lengüeta, es uno de los apartados que tratamos en la presente investigación. Hasta que punto influye el tipo de boquilla, así como la construcción interior, y de igual modo el espesor y diseño de las lengüetas existentes en el mercado actualmente son temas encontrados en (Rendall, 1954, Stein, 1958, Brymer, 1976).

Cuando nos referimos a la respuesta acústica del clarinete (Nederveen, 1969, Fox, 2000, Wolfe, 2007, Pastor, 2011), en la mayoría de ocasiones encontramos estudios partiendo acústicamente del clarinete como un tubo cilíndrico cerrado, pero muy ensanchado en la parte inferior, con sus secciones cónicas por lo tanto, siendo este únicamente una de las

dos formas constructivas, la francesa. Pero si el tipo de ondas analizado es obtenido de un tubo alemán, donde la parte casi cilíndrica nos lleva hasta el final del tubo prácticamente, ha resultado más difícil la tarea de encontrar datos contrastados científicamente. (Gibson, 1970).

Como venimos apuntando, podemos encontrar abundantes estudios, artículos en revistas especializadas y documentación incluso de los propios fabricantes de cada uno de los dos sistemas constructivos, pero hemos encontrado pocos estudios que de un modo científico analicen y comparen estas características constructivas con la percepción sonora obtenida en cada uno de los casos. Ya hemos hablado en el punto 1.1 de las opiniones subjetivas que podemos observar en cada uno de los intérpretes u oyentes referidas a la sonoridad del clarinete francés o alemán, pero veo importante relacionar de una forma analítica y científica esta percepción auditiva con la utilización de un clarinete u otro en la producción del sonido.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1 Evolución del clarinete desde 1844 hasta nuestros días.

Antes de llegar a la fecha que nos ocupa, es necesario hacer una pequeña introducción referente al nacimiento de nuestro instrumento. El clarinete tiene su más claro predecesor desde la antigüedad en el *Chalemeau*. Se trataba de un instrumento, como tantos otros, que consistía en un tubo de caña o madera de boj con 8 orificios y que se componía de un solo cuerpo. La diferencia con el resto de instrumentos era que estaba provisto en el interior, en la parte extrema superior, de una lengüeta que era batida al introducir el aire a través de un orificio en forma de pico. A principios del s.XVIII, el constructor J. Ch. Denner (1655-1707) fue el gran impulsor y podríamos decir inventor de lo que hoy conocemos como clarinete. Los dos grandes cambios que modificó en el *Chalemau* para convertirlo en el instrumento que hoy conocemos fueron: poner en contacto con la boca la lengüeta interior, creando una especie de boquilla, y un segundo cambio, hacer un orificio en la parte superior del tubo, accionado por una palanca que dejaba abierto o cerrado el tubo y creaba un nuevo registro de sonidos en el instrumento. (Brymer, 1976). Estos clarinetes eran construidos sobre un tubo de 13 mm de diámetro y en ocasiones se estrechaba en la parte inferior del instrumento, con las consiguientes desafinaciones al producir las duodecimas. (Rendall, 1954).



Fig. 2: Chalmeau soprano de 2 llaves.
Fuente: The University of Edimburg (2019).

Hasta llegar a 1844, que es el momento que nos ocupa, se produjeron una serie de avances y mejoras en la evolución del clarinete, centrado sobre todo en el añadido del número de llaves, que poco a poco iban haciendo del clarinete un instrumento con mayores posibilidades técnicas y sobretodo ampliando la extensión en los sonidos de la escala. Los dos sistemas parten del clarinete de I. Müller, con su nueva disposición de la boquilla, con la creación de la abrazadera metálica eliminando el cordón para sujetar la lengüeta, la fabricación de las zapatillas de piel para un mayor sellado de los orificios y una mejor disposición de las llaves.

Ya en 1844 con la aparición del nuevo clarinete patentado por Buffet-Klosé, el instrumento tomó caminos diferentes, creando con ello dos tipos de construcción. (Vercher, 1983).

Por una parte tendríamos el clarinete alemán, que tiene su raíz en el clarinete creado por I. Müller como hemos comentado anteriormente, pero que con la ayuda más adelante de O. Oehler definen el clarinete alemán que hoy conocemos. Este último, a principios del s. XX, trabajó haciendo un mecanismo más complejo que el heredado de E. Albert, pero al mismo tiempo haciendo un instrumento más amable para el intérprete. Alteró la posición y altura de casi la totalidad de las llaves, añadió orificios que ayudaban a una mejor resonancia de ciertas notas, (29 orificios, 5 más que el Buffet-Klosé estándar), eliminó, con la creación de nuevas llaves, la dificultad que tenía este instrumento respecto a la interpretación de trinos y las posiciones de *horquilla*, diseñó la llave que acciona el pulgar derecho para mejorar la afinación de las notas Mi² y Fa². Al mismo tiempo Oehler mantuvo prácticamente el mismo ancho de taladro cilíndrico en sus construcciones, mientras que en el sistema francés se optaba por una construcción del tubo del instrumento más cónico. (Gibson, 1970, Brymer, 1976).

Cómo muestra, el siguiente cuadro que ilustra la evolución de las características constructivas de los principales fabricantes. (Schackleton, 1995).

maker	city, date	key	no. of keys	main bore	bore at f hole
Roberty	Bordeaux 1780	B \flat	5	14.6	16.1
Bernard	Lyons 1790	C	5	13.8	15.8
Hale	London 1790	B \flat	6	14.2	14.2
Hale	London 1790	C	5	13.6	13.6
Kusder	London 1780	D	5	12.9	12.9
H. Grenser	Dresden 1810	B \flat	10	14.4	14.5
H. Grenser	Dresden 1810	C	6	13.7	13.75
Gentellet	Paris 1820	B \flat	6	15.0	16.2
Gentellet	Paris 1820	C	6	14.3	16.3
Simiot	Lyons 1810	B \flat	7	15.1	16.4
Simiot	Lyons 1810	C	7	14.2	16.9
Simiot	Lyons 1820	B \flat	7	14.7	15.8
Milhouse	London 1820	B \flat	5	14.5	15.2
Milhouse	London 1820	C	5	13.9	14.8
Lefèvre	Paris 1840	B \flat	13	14.6	15.9
Lefèvre	Paris 1840	C	13	14.2	15.1
Koch	Vienna 1830	B \flat	12	14.4	14.9
Koch	Vienna 1830	C	12	13.2	13.5
Hess	Munich 1840	B \flat	12 2r	14.4	14.4
E. Albert	Brussels 1860	A	14 2r	15.0	17.6
Ottensteiner	Munich 1870	B \flat	Baermann	15.0	15.3
Ottensteiner	Munich 1870	A	Baermann	14.8	15.0
Oehler	Berlin 1930	A	Oehler	14.8	14.8
F. Wurlitzer	Erlbach 1939	B \flat	Schmidt-Kolbe	15.2	15.2
H. Selmer	Paris 1930	B \flat	Boehm	15.0	17.5
B. & H. '1010'	London 1930	B \flat	Boehm	15.2	17.2
B. & H. '926'	London 1950	B \flat	Boehm	15.0	17.0
Buffet	Paris 1930	B \flat	Boehm	14.9	18.7
F. Wurlitzer	Erlbach 1950	B \flat	Ref. Boehm	14.65	14.7
Buffet	Paris 1960	D	Boehm	13.3	14.5

Fig. 3 : Características constructivas históricas de clarinetes.
Fuente: N. Shackleton (1995).

Por otra parte tenemos el clarinete francés, que cómo ya hemos citado tiene su nacimiento como tal en 1844, cuando Buffet-Klosé, adaptan el mecanismo inventado anteriormente para la flauta por el constructor y profesor T. Boehm. Regularizaron las proporciones del tubo, en este caso lo hacían sobre un diámetro de 14.75 mm. (Rendall, 1954). En el apartado mecánico del instrumento situaron en armonía las llaves, la situación y diámetro de los agujeros, y sobretodo dotaron al instrumento de un sistema de anillos móviles y llaves dobles para los meñiques, que permitía tapar varios orificios con un solo dedo o eliminaba el incómodo deslizamiento de dedos entre dos llaves. En este caso, 17 llaves y 6 anillos controlaban los 24 orificios del clarinete sistema Boehm de la época. A partir de este momento muchos constructores intentaron realizar mejoras partiendo de este instrumento, como Lefevre, Blancou, Stubbins, Distin, Evette, Orsi o Romero. (Vercher, 1983, Fricke, 2007).

En la actualidad podemos citar a H. Wurlitzer, Schwenk und Seggelke, Dietz, Gerold, Schreiber, Uebel, Kronthaler o Hammerschmidt como principales constructores alemanes o Buffet-Crampon, Selmer, Yamaha, Eaton, Rossi, Uebel o Backun en la fabricación de instrumentos franceses.

2.2 Utilización de los dos sistemas en la actualidad.

Claramente podemos diferenciar dos vertientes geográficas que utilizan estos dos sistemas. Alemania y Austria hacen referencia a la utilización del modelo alemán de clarinete y el resto del mundo al clarinete francés. Como ya hemos apuntado anteriormente, la globalización, las nuevas tecnologías, así como la movilidad del ser humano hacen que en la actualidad podamos encontrar intérpretes que utilizan un modelo u otro independientemente del país de origen. Señálese como claros ejemplos la clarinetista americana M. Zukovsky, 54 años ocupando la silla de clarinete solista en la Orquesta Filarmónica de Los Ángeles y tocando con un clarinete alemán o F. Benda, profesor en Universität der Künste Berlin con instrumento francés. De igual forma, muchos son los fabricantes que construyen ambos tipos de instrumento en sus instalaciones.

Tanto en Holanda y en menor medida Bélgica, está bastante extendido el clarinete modelo “Reform-Boehm”, que como hemos apuntado se trata de un instrumento híbrido que permite unificar en un mismo instrumento características de ambos modelos. Este instrumento está construido sobre un tubo de taladro alemán, con algunos elementos como orificios y llaves propios de este sistema, pero con la digitación del modelo francés. Otra de las características importantes de este clarinete es la doble función de la llave del Sib3, que incorporan E. Smichdt y L. Kolbe en 1935 mejorando la afinación de esta nota. Kolbe fabrica el primer modelo en 1935 pero es el constructor de clarinetes F. Wurlitzer en 1940 el que añade unas mejoras y da una mayor importancia a su comercialización. (Fricke, 2007, Pastor, 2013).

Hoy en día son varios los fabricantes que comercializan este modelo como Swenk und Seggelke, Leitner-Kraus, Yamaha, Dietz, así como H. Wurlitzer, heredero de F. Wurlitzer.

2.3 Acústica básica del clarinete

El principal tema que nos ocupa en este trabajo de investigación, es descifrar cuales son los motivos que inciden en el cambio de sonoridad que percibimos al escuchar un

clarinete francés de un clarinete alemán. Cuando hablamos de sonoridad, directamente está relacionada con una de las propiedades del sonido, el timbre. Es importante definir, en un primer momento, dos elementos básicos que aparecen en acústica, el sonido y el timbre.

- **Sonido:** es la sensación producida en el órgano del oído por el movimiento vibratorio de los cuerpos, transmitido por un medio elástico, como el aire. (RAE, 2018).
- **Timbre:** cualidad de los sonidos determinada por el efecto perceptivo que produce en los oyentes. (RAE, 2018).

Cómo señala la definición anterior de sonido, se relaciona con “una sensación”. Sensación procesada en nuestro oído, debido al movimiento de ondas producidas en nuestro caso en el interior del tubo del clarinete. Estas ondas son originadas por el movimiento de las moléculas en suspensión que está en un medio gaseoso como es el aire. En nuestro caso, la lengüeta accionada por la columna de aire soplada por nosotros es la que hace mover estas moléculas, creando la onda sonora. La lengüeta, al tratarse de un material elástico, tiende a desplazarse y retroceder a su punto inicial, pero al convertirse en un movimiento periódico por la acción de nuestro aire soplado, produce la onda sonora. Estas ondas sonoras producidas, en nuestro caso se convierten en ondas longitudinales, ya que están alojadas en el interior del tubo y se propagan de forma análoga a la vibración de las moléculas. En este sentido, Pastor (2005) desarrolla:

Consideremos ahora el tubo del clarinete para comprender la mecánica de la onda longitudinal. Para estimular las partículas de su interior, precisamos de un agente. El instrumentista, por medio de su columna de aire, le insufla la energía necesaria la cual con la acción conjunta de la lengüeta genera la perturbación. Las vibraciones de la lengüeta comunican su periodo de oscilación, a lo que responde aquella vibrando por simpatía, de modo tal que generan y relajan presión en la dirección longitudinal de su recorrido, comprimiéndose y refractándose por esas variaciones de presión. En este estado de cosas, la onda nace en el interior del tubo y es desplazada por éste como si fuese un tren continuo de perturbaciones. La forma interior del tubo determinará su trayecto y por tanto el modelo de resonancia.

En este caso, el interior del clarinete, sumando el conjunto boquilla-lengüeta, sería la fuente sonora, que debido a las dimensiones internas, hacen que este sonido producido tenga cualidades tímbricas diferenciadas de otros instrumentos.

Una vez aclarado el tipo de onda generada en nuestro instrumento, hablemos ahora de aquel aspecto que hace que un instrumento lo percibamos con diferente sonoridad de otro. El timbre es una cualidad del sonido, que ciertamente está marcado por la cantidad de armónicos que tenga un sonido y la intensidad de cada uno de ellos. Esta combinación de un sonido fundamental con estos armónicos, es lo que nos hace distinguir la misma nota ejecutada por la voz humana, un instrumento de cuerda o un instrumento de viento. (Perez, 1990).

Otro aspecto que nos hace diferenciar el timbre de un instrumento con otro es el ataque producido en la emisión del sonido. Algunos experimentos han demostrado que las características transitorias que ocurren cuando el instrumento es puesto en vibración, proporcionan pistas al cerebro para ayudar a identificar el instrumento. Por tanto la combinación del ataque con la estabilidad de ese sonido serán los dos factores que determinen el timbre de un instrumento. Del mismo modo ocurre con la sensación de resonancia en la caída del sonido entre un clarinete u otro. (Campbell & Greated, 1987).

La relación del timbre con la sensación o percepción sonora que tiene el oyente de un instrumento, en muchas ocasiones nos hace identificar esta cualidad del sonido con adjetivos y demás vocablos que entre músicos solemos utilizar de manera totalmente subjetiva, pero que nos ayuda de algún modo a unificar criterios en cuanto a sonoridad se refiere. Mientras el tono y el volumen son atributos unidimensionales del sonido, alto-bajo para el tono y fuerte-suave para el volumen, el timbre es un atributo multidimensional. De este modo lo exponen Campbell & Greated (1987):

Dos sonidos pueden diferir en timbre en una variedad de formas, y los músicos usan una amplia gama de términos más o menos coloridos para definir estas diferencias. Por ejemplo, un sonido puede ser juzgado como oscuro y otro brillante; también podría ser juzgado suave y otro áspero. Estos juicios se relacionan con diferentes aspectos del timbre: es posible que tengamos un sonido oscuro y suave, un oscuro y áspero, un sonido brillante y suave, o un sonido brillante y áspero.

El autor G. von Bismarck, recopiló en 1974 en un estudio 69 posibles parejas de términos que podrían usarse para clasificar el timbre. Al eliminar las parejas consideradas sinónimas, o por lo demás inadecuadas, redujo este número a 28, doce de las cuales se enumeran en la siguiente tabla:

Adjetivos utilizados para calificar el timbre	
fino	áspero
reservado	prominente
oscuro	brillante
apagado	nítido
blando	duro
liso	áspero
ancho	estrecho
amplio	ajustado
limpio	sucio
sólido	hueco
compacto	disperso
abierto	cerrado

Tabla 2: Adjetivos utilizados para calificar el timbre.
Fuente: Elaboración propia. Datos: M. Campbell & C. Greated (1987).

En nuestro caso, debido a las características constructivas del tubo, casi cilíndrico y con un extremo cerrado herméticamente por la embocadura y por otro extremo el pabellón abierto, resaltan los armónicos impares de los sonidos fundamentales de manera natural. Sin embargo, los orificios de tono, tanto abiertos como cerrados, el conjunto boquilla-lengüeta y la campana, modifican considerablemente las frecuencias de resonancia. Esto debe compensarse con alteraciones en el diseño constructivo del interior del tubo. (Fox, 2000).

Una de las características más importantes en la construcción interna del tubo del clarinete es el ensanchamiento de la parte inferior de este. Aunque en cada uno de los

dos sistemas este ensanchamiento empieza en distinto lugar, tanto esta parte cónica del tubo como la modificación de la parte alta del cuerpo superior son imprescindibles en el diseño interior de este. El constructor debe conjugar de forma equilibrada y precisa estas modificaciones para que de algún modo el registro grave suene de forma clara y el segundo registro pueda sonar satisfactoriamente en afinación. En relación, Benade (1976) sostiene:

El diseño del extremo superior de un clarinete requiere algunas maniobras bastante sutiles, lo que se hace muy difícil por el uso de un solo agujero de registro. Al fabricante del instrumento se le presenta un dilema, ya sea que alinee los picos para obtener una buena nota clara de registro bajo, o los deja desalineados (demasiado cerca entre sí) para obtener una duodécima precisa entre las notas de los registros bajo y segundo. Debido a que los efectos cooperativos no se han entendido bien en el pasado y porque la afinación es muy importante para el músico, los instrumentos normalmente se construyen para sacrificar el tono de registro bajo.

El orificio de registro es uno de los elementos que más modifican el comportamiento de la onda sonora dentro del tubo del clarinete y que el autor anterior apunta que podría ser solucionado en gran medida con la construcción de forma equilibrada de dos orificios de registro en la parte superior del clarinete.

Centrándonos en diferenciar las características acústicas en la construcción de los dos sistemas que estamos estudiando, en grandes rasgos podemos decir, y aunque ambos son considerados acústicamente tubos cilíndricos, que el tubo del clarinete francés tiene una parte cónica más alargada que la construida en el tubo alemán. Indudablemente esto va a afectar a las características tímbricas de cada uno de los dos instrumentos, pero es importante citar que hay más elementos constructivos que acentúan ese *brillo* u *oscuridad* sonora del clarinete. A diferencia de la construcción de otros instrumentos de viento-madera, las dimensiones de los orificios de tono en el clarinete son de diferentes tamaños, alturas y distancias entre sí, haciendo con esto que el clarinete no posea un elevado grado de homogeneidad en los sonidos de la escala. En relación a esta cuestión Fox (2000) cita:

La frecuencia de corte (de un orificio de tono en particular o del instrumento en general) es la frecuencia por encima de la cual las ondas de sonido ignoran los orificios de tono abiertos. Este es un valor importante, que puede decirnos mucho sobre el carácter de un instrumento, ya que es una medida cuantitativa de brillo u oscuridad tonal; una frecuencia de corte alta da un sonido que

describimos como brillante, una frecuencia de corte baja es un tono oscuro. Los orificios de tono grandes (en relación con el orificio), el poco espacio entre orificios, los orificios poco profundos y las almohadillas altas proporcionan una alta frecuencia de corte. Los orificios pequeños, el espaciado ancho de los orificios, los orificios profundos y las almohadillas bajas proporcionan una baja frecuencia de corte.

Anteriormente hemos subrayado que el timbre del clarinete tiene como característica propia una menor presencia de armónicos pares. En el momento de reflejar este sonido en forma de onda resultante en las muestras recogidas, mediante un sonograma es importante señalar las formas de onda que podremos encontrar:

- Onda senoidal: reflejaría la procedente de un sonido puro, carente de armónicos. Sólo puede ser emitida de forma mecánica o por un diapasón.

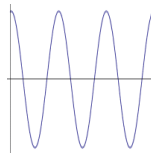


Fig. 4: Ejemplo de onda senoidal.
Fuente: Elaboración propia

- Onda no senoidal: es la que representa la totalidad de instrumentos musicales. Dependiendo la presencia en mayor o menor grado de los armónicos en el sonido emitido, puede nombrarse como *diente de sierra*, *triangular* o *cuadrada*. En nuestro caso, en la mayor parte de ocasiones es una combinación de ellas, por la presencia mayor de armónicos impares.

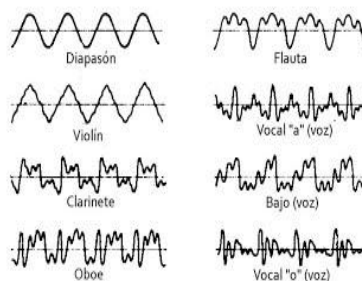


Fig. 5: Ejemplos de onda no senoidal.
Fuente: Ciencia y mucho más (2014).

2.4 Sistema constructivo francés - Sistema constructivo alemán

El clarinete, en cualquiera de sus dos sistemas constructivos, se trata de un instrumento generalmente elaborado en madera y dependiendo del fabricante tiene una serie de características propias en el proceso de fabricación y en el acabado que lo hace diferente en cada marca. El elemento más importante, que cada firma tiene guardado con mayor recelo es el diseño interior del tubo. En las dimensiones, formas y tipo de maquinaria utilizada en la perforación del tubo, recae la responsabilidad en gran medida de la sonoridad final del instrumento. En las diferentes marcas estudiadas, hemos encontrado alguna información referente al diámetro y forma utilizados en algunos de los fabricantes más importantes, pero no los datos exactos que utilizan en sus procesos constructivos.

En la actualidad, la mayoría de constructores utilizan tecnología CNC (control numérico computerizado), tecnología que ha ayudado en dos aspectos principalmente: en el tiempo de construcción, y sobre todo en la precisión en la elaboración de orificios, fresado del tubo, fabricación de llaves y demás elementos mecánicos del instrumento. Otro aspecto importante de esta tecnología es la repetición del mismo modelo de clarinete tantas veces se requiera, sin perder en ningún momento la misma precisión, calidad y propiedades en la elaboración de cada uno de ellos. De este modo, un buen diseño previo del instrumento se convierte en el elemento principal en la construcción de un buen clarinete. Nada que ver con la maquinaria que décadas atrás era usada, en la que el factor humano y el buen hacer del constructor estaba muy presente.

Aún así, tenemos que tener en cuenta que estamos hablando de instrumentos musicales, en el que la percepción sonora, la subjetividad del intérprete, la versatilidad del material utilizado, madera en nuestro caso, y la experiencia del propio constructor hace que algunos constructores realicen los últimos ajustes en la fabricación del instrumento de forma manual. Todos los fabricantes tienen un equipo de personal cualificado en diversas materias, que uniendo todos los conocimientos hace que el proceso y sobretodo el resultado final sea lo más satisfactorio posible. El factor humano es importante cuando estamos hablando de un instrumento que finalmente va a ser manipulado y escuchado por personas. Todas las marcas tienen un profesional del clarinete que les aconseja y sobretodo les ofrece una visión más subjetiva en materia de sonoridad. Este

profesional normalmente es la persona que trabaja codo con codo con el diseñador del clarinete que es el que tiene los conocimientos acústicos necesarios para convertir la subjetividad sonora del músico con la objetividad acústica necesaria.

La madera es el principal material utilizado en la construcción de clarinetes. La mayoría de marcas utilizan en la fabricación de sus instrumentos el *Granadillo*, nombre botánico: *dalbergia melanoxylon*; familia: *leguminosas*. Proviene fundamentalmente de África (Tanzanía y Mozambique). Su dureza, densidad (1250-1300 Kg/m³), durabilidad a los cambios climáticos, la permeabilidad a la condensación de agua en el interior del tubo o su calidad sonora resultante, hacen de esta materia prima el material preferido por todos los fabricantes para su utilización. (Prosono, 2019).



Fig. 6: Evolución constructiva parte superior clarinete.
Fuente: Henri Selmer Paris (2019).

La inclusión en 2017 de la *dalbergia melanoxylon* en el listado de CITES (Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres), sometiendo a esta madera a permisos y una comercialización más restringida desde sus países de origen, ha animado a los proveedores y a su vez a los fabricantes a empezar a utilizar el *Mopan* como madera sustitutiva del *Granadillo*, encontrando en este material prácticamente las mismas cualidades.

A continuación mostramos otro tipo de maderas que son utilizadas en la elaboración de clarinetes, pero debido a su menor densidad e inestabilidad a los cambios climáticos tienen menos demanda. Aunque por otro lado, es cierto que ofrecen una calidad sonora muy aceptable y es preferida por algunos clarinetistas.

MADERA	PROCEDENCIA	DENSIDAD Kg/m ³
Ébano	Camerún, Nigeria, Madagascar	1000 – 1275
Granadillo	Mozambique, Tanzania	1250 – 1300
Mopan	Malawi, Zimbabue, Zambia	1200 – 1300
Campincerán	México	990 – 1250
Cocobolo	México	990 – 1250
Palosanto	Sur de América, Madagascar, India	870 – 1230
Bloodwood	Brasil	950 – 1150

Tabla 3: Características maderas utilizadas en la construcción de clarinetes.
Fuente: Elaboración propia. Datos: Maderas Barber (2019).

Dejando a un lado un material natural como la madera, existen componentes partiendo de materias plásticas, que también son utilizados en la construcción de clarinetes. Estamos hablando de la resina ABS (Acrylonitrile Butadiene Styrene), compuesto químico que tiene como rasgos más importantes la dureza y rigidez del material, la resistencia a los cambios grandes de temperatura, la baja absorción del agua y la alta resistencia a la abrasión. Su densidad es de 1.07 g/cm³. Este material es utilizado en la fabricación de clarinetes de bajo coste, debido a las características anteriores señaladas, así por la diferencia económica existente con la madera. Algunos fabricantes utilizan un conglomerado de este material mezclados con maderas de baja calidad. La calidad sonora de estos instrumentos es inferior a los realizados con materia natural. (Yamaha, 2019).

También podemos encontrar clarinetes contruidos de latón, pero con poca aceptación y que hoy en día están prácticamente en desuso.

El último material introducido en la construcción de clarinetes ha sido la fibra de carbono. Hasta el momento este material, en nuestro ámbito clarinetístico, había empezado a experimentarse en la elaboración de abrazaderas, lengüetas, barriletes, anillas para reforzar las terminaciones en cada parte del instrumento y sobretodo en la reparación de grietas en la propia madera. Hay dos fabricantes que ya incorporan la

fibra de carbono en la construcción del cuerpo del instrumento: Buffet en su serie “Greenline” combinando el 95% de *Granadillo* con 5% de polvo de fibra de policarbonato y resina epoxy, y la firma canadiense Backun en su modelo “CG Carbon”, presenta un cuerpo compuesto de fibra de carbono con un núcleo interior de madera exótica. (Buffet-Crampon, 2019, Backun, 2019).

Partiendo de la información citada anteriormente en el que la madera de *Granadillo* es el principal material utilizado en la elaboración de clarinetes en ambos sistemas, vamos a detallar las principales características constructivas de cada uno de ellos:

SISTEMA	DIÁMETRO TUBO (mm)	ESPESOR TUBO (mm)	TALADRO INTERNO	NÚMERO DE LLAVES	AFINACIÓN
Sistema francés	14.35 - 14.65	29-30	Policilíndrico* Cónico*	17-19**	440 – 442Hz 400 Hz *
Sistema alemán	14.50 - 14.85 15.00***	28.5- 29.5*	Microparabólico* Cilíndrico*	17-32**	443 - 445Hz*

* según fabricante

** según modelo

*** tubo vienés

**** modelo R13 Buffet-Crampon

Tabla 4: Principales características constructivas de ambos sistemas.

Fuente: Elaboración propia. Datos: Buffet-Crampon, Selmer, Gerold Klarinetten, Schwenk und Seggelke (2019).



Fig. 7: Imágenes clarinetes sistema francés (1) y alemán (2).
Fuente: Buffet-Crampon (2019), Gerold Klarinetten (2019).

El diseño interior del tubo en la construcción es la pieza clave en la obtención de la sonoridad del clarinete. Es por esto que es difícil encontrar datos específicos de cada fabricante sobre este aspecto. Algunos fabricantes hablan de *cilindro*, *partes cónicas*, *policilíndrico* o *microparabólico*.

Tal y cómo cita el constructor alemán de clarinetes G. Angere: “una diferencia de +/- 0.2 mm son variables que afectan a la onda sonora que circula por el interior del tubo”.



Fig. 8: Diversas formas internas del tubo.
Fuente: Gerold Klarinetten (2019).

En cuanto a la modificación interna del tubo, Pastor (2011) expone:

En el clarinete es necesario introducir ciertas correcciones para ajustar las relaciones modales y optimizar la calidad tonal. Si el clarinete fuera un cilindro perfecto los intervalos serían demasiado anchos y, por tanto, los diferentes registros estarían desafinados. Este efecto se corrige por variaciones o perturbaciones geométricas en la forma cilíndrica del taladro, incluso en la forma de la boquilla, y por retoques en los orificios.

Algunas de estas correcciones o perturbaciones geométricas en la forma cilíndrica del taladro, son necesarias hacerlas de modo que afecten en un punto concreto del interior del tubo y de una manera muy precisa. Aquí radica una de las grandes diferencias en la calidad sonora de los instrumentos.

Ilustramos con algunas de las herramientas que se utilizan para estos últimos retoques.



Fig. 9: Herramientas modificación interna del tubo.
Fuente: Clarinetes Marvent (2019).

Debido al uso de un solo orificio de registro y como tubo cerrado, el clarinete octavea a la doceava y por regla general sitúa todas las frecuencias de resonancia por encima de sus valores. Esto explica la necesidad de localizar puntos exactos en el interior del tubo donde modificar sus dimensiones y poder contribuir a una mejora tímbrica de afinación de todos los tonos. (Pastor, 2013).

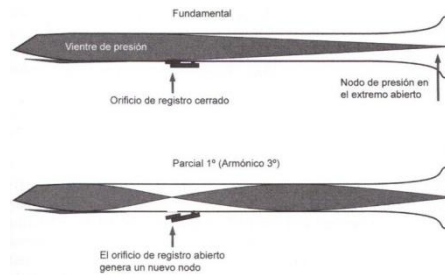


Fig. 10: Funcionamiento virtual del orificio de registro del clarinete.
Fuente: V. Pastor (2013).

En las comprobaciones hechas en los fabricantes que vamos a utilizar en nuestra investigación y utilizando como herramienta de medición un calibrador digital de la marca Dexter, en el caso del tubo francés, el aumento de diámetro comenzaría a 126.6 mm. \approx de la terminación de la parte inferior, mientras que en el modelo alemán esta sección cónica daría comienzo a 35.6 mm. \approx del final de esta misma parte. Además, hay que añadir la campana del instrumento a la prolongación de esta sección cónica del tubo, donde las dimensiones del modelo francés son mayores que las del sistema alemán, siendo por tanto la parte cónica final del instrumento francés más pronunciada que la del clarinete alemán. Por lo tanto podemos afirmar que el clarinete francés tiene un interior más cónico que el clarinete alemán.

La evolución del diámetro interior del clarinete en las últimas décadas se ha mantenido junto el orificio de la boquilla y el diámetro de la parte superior del clarinete más o menos constante, alterando la forma del taladro y diseñando más pequeño el diámetro en la parte central. De este modo un clarinete de gran calibre se puede construir para que esté tan bien equilibrado como un clarinete de menores dimensiones, véase clarinete en Mib, clarinete en Sib, clarinete en La, etc. Por otra parte las diferencias en la sonoridad y la sensación de interpretar entre los clarinetes franceses y alemanes se deben en gran medida a la forma del taladro de la parte inferior. En el caso del clarinete alemán, esta sección del instrumento, principalmente paralela, conduce directamente a la mayor claridad y centro tonal, especialmente en las notas más bajas, acompañadas de cierta pérdida de *brillo*. (Fox, 2000).

2.5 Influencia del conjunto boquilla-lengüeta en el sonido

La boquilla es una parte muy importante del clarinete en el conjunto del instrumento, ya que es la parte que entra en contacto directo con el factor humano, la embocadura del instrumentista, y en ella se aloja el principal elemento de producción del sonido de nuestro instrumento, la lengüeta. Es una especie de pala sacada de la planta *Arundo Donax*, diseñada de forma que acopla perfectamente en la ventana-abertura de la boquilla y que es muy flexible en la punta, por donde introducimos el aire. La flexibilidad de la caña en este punto, hace que la lengüeta entre en vibración con las paredes y la cámara de la boquilla al introducir el aire en ella. Esto, combinado con la presión del labio inferior del instrumentista origina el consecuente movimiento de las moléculas en el aire, originando de este modo el sonido. (Fox, 2000).

J. Denner, hacia 1720, es el primer constructor que saca la lengüeta, hasta ahora introducida en el interior del tubo, al contacto con los labios del instrumentista mediante la construcción de una boquilla. Esto hizo que los armónicos resultantes de los sonidos se multiplicaran con la simple presión de la embocadura sobre la lengüeta, haciendo al mismo tiempo que la cavidad bucal actúe como un resonador realmente. (Lawson, 1995).

Antiguamente las boquillas eran fabricadas en madera, pero su excesiva porosidad, inestabilidad a la temperatura con sus consiguientes problemas de afinación y su fragilidad ha hecho que actualmente se opte por el uso de otros materiales para su fabricación.

La ebonita es el material más utilizado en su fabricación. La ebonita es un polímero compuesto por caucho virgen, azufre (entre 25 – 50%), acelerantes, plastificantes y antioxidantes. Se obtiene al vulcanizar caucho puro con azufre y su nombre proviene del ébano, al que por sus propiedades puede sustituir en algunas aplicaciones como es nuestro caso. Es un polímero duro, negro y compacto pero que puede ser modificado con la maquinaria necesaria. Las proporciones de esta composición son variables, de hecho algunos fabricantes de boquillas como H. Zinner o A. Licostini han obtenido excelentes resultados sonoros, junto el diseño obviamente, modificando la proporción de sus componentes en el proceso de vulcanización de la goma. Hoy en día son

construidas con tecnología CNC (control numérico computerizado), pero en algunos casos son terminadas de forma manual para darle las características propias que cada fabricante quiere obtener.

Lo más importante en el conjunto boquilla- lengüeta es la total concordancia con la que tienen que estar ambas, ya que es el elemento que va a producir el sonido y esta tiene que vibrar de forma equilibrada en toda su extensión. Tanto los carriles como la tabla, son las dos partes donde hay contacto directo con la caña, y tienen que estar perfectamente equilibrados. En contradicción a lo que algunos artesanos opinan, como el fabricante Storti, la tecnología CNC en su fabricación tiene un peso considerable. La influencia en el sonido va a estar marcada indudablemente por el propio diseño de la boquilla.

Debemos diferenciar dos partes en este diseño. Algunos especialistas opinan que dentro de la cámara dependiendo si la curvatura interior es más o menos pronunciada, modifica la sonoridad del clarinete, siendo más clara si la curvatura es menor y más oscura si es mayor. De igual modo ocurre con el diseño interior de esta cámara. Existen dos tipos de diseño, en forma de “V” o en forma de “H” como el constructor Storti ofrece en sus productos. (Storti, 2019).

La otra parte importante en el diseño de la boquilla es la abertura de esta. Aquí vamos a estar influenciados también por el tipo de lengüeta que utilicemos. Podemos diferenciar, ya que los tubos son diferentes y recordemos que la continuación de la boquilla es el propio tubo del clarinete, de igual manera que nos ocurre con el clarinete dos tipos de boquillas, las construidas para ser utilizadas en clarinetes franceses y las propias del clarinete alemán.

Las boquillas para clarinete francés son de mayores dimensiones, aunque la parte final del canal interior será de menor diámetro, 14.5 mm. \approx en este modelo para coincidir con el tubo del clarinete francés. En el sistema alemán hablaremos de boquilla más pequeñas, con un canal interior más ancho, 15.00 mm \approx en este caso, para coincidir con el tubo del clarinete alemán.

A continuación mostramos las principales diferencias en medidas milimétricas, que dependerá dentro de cada sistema del modelo y fabricante de la boquilla:

SISTEMA	ABERTURA	LARGO DE TABLA
Sistema francés	100.5 – 170 mm	18 - 29 mm
Sistema alemán	0.72 – 100 mm	28 – 33 mm

Tabla 5: Características boquillas francesa y alemana.
Fuente: Elaboración propia. Datos: Vandoren (2019), Viotto (2019).

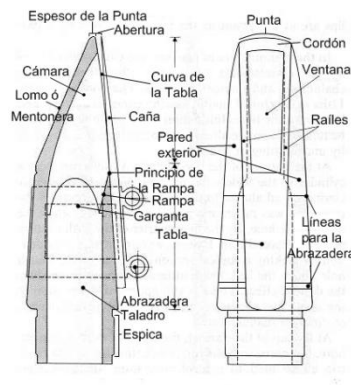


Fig. 11: Partes de la boquilla.
Fuente: Musicopolix (2019).

Este tipo de diseños, sumados al diseño de la lengüeta, que ahora introduciremos, tendrán un valor importante en la producción del sonido y en consecuencia en sus propiedades. Del mismo modo que ocurre con las boquillas, que hay un tipo de modelo específico para cada sistema de clarinete, con las cañas va a ocurrir lo mismo. Las lengüetas que utilizaremos en las boquillas francesas tendrán unas dimensiones más grandes pero un espesor menor y en cuanto a las utilizadas en el modelo alemán serán de menor tamaño pero a su vez con un mayor espesor. A continuación mostramos las principales diferencias en cifras:

MODELO LENGÜETA	LONGITUD	ESPESOR
Corte francés	67.5 mm	2.8 mm
Corte alemán	66 mm	3.3 mm

Tabla 6: Características lengüeta francesa y alemana.
Fuente: Elaboración propia. Datos: Vandoren (2019).

Algunos de los más importantes fabricantes de cañas son: Vandoren, Cañas González, Peter Leuthner, D'Addario, Rico o Pilgerstorfer, diseñando la mayoría de los fabricantes los dos cortes de caña con sus respectivos modelos y resistencias.

Como ya apuntamos en el Capítulo I, independientemente de las dos formas claras constructivas de cada instrumento, existen elementos en la industria del clarinete que intentan acercar ambas sonoridades y esto afecta también a la construcción de lengüetas y boquillas. Podemos encontrar en el mercado boquillas de diseño que serían propias del modelo alemán, pero con el diámetro final del canal modificado para ser tocadas en el clarinete francés. También sucede con las distancias de aberturas y largos de tabla, intentando acercar la sonoridad oscura del modelo alemán a la potencia sonora del modelo francés.

Con las lengüetas ocurre de igual modo. Hoy en día encontramos tal cantidad de marcas y modelos de lengüetas que nos llevaría un análisis muy extenso de este, pero que con el estudio llevado a cabo en esta investigación podemos deducir que el objetivo de muchos constructores es el aunar estilos de sonoridad. Es por ello que podemos encontrar en el mercado, cañas para ser utilizadas en boquillas francesas pero con un diseño y unas características, sobretodo en el espesor de la caña, propias del sistema alemán. Este conjunto boquilla – lengüeta, sin duda afecta en la sonoridad resultante del instrumento, así que en esta investigación observaremos la influencia que pueden causar todos estos elementos anteriormente citados en la percepción sonora final del clarinete.

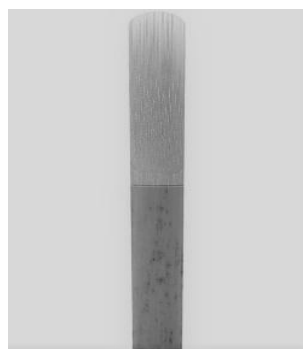


Fig. 12: Ejemplo de lengüeta.
Fuente: Vandoren (2019).

CAPÍTULO III: MARCO PRÁCTICO

3.1 Introducción

El tercer capítulo de este trabajo de investigación es la parte práctica en la que hemos analizado el elemento sonoro de los dos sistemas constructivos de clarinete que estamos estudiando. Podemos dividir en tres apartados en este marco práctico del trabajo realizado: un primer apartado en el que hablaremos sobre la estrategia metodológica de tipo cuantitativo utilizada, en la segunda parte daremos muestra de los resultados obtenidos en las mediciones de cada uno de los dos sistemas de clarinete y terminaremos con el análisis y discusión de los resultados del cuestionario sobre percepción sonora realizada a estudiantes y profesionales del instrumento.

3.2 Estrategia metodológica

En la estrategia metodológica utilizada se ha optado por recoger una serie de muestras sonoras de ambos modelos constructivos. En un primer instante se centró el trabajo en recoger información de los dos instrumentos más representativos, descritos en el apartado 1.4, por ser dos de las marcas más utilizadas y con más venta en el mercado de los dos sistemas, pero para no ceñirse a solamente dos fabricantes, se optó por obtener muestras de un clarinete más por sistema constructivo, siendo en total dos clarinetes de construcción tipo francés y dos de construcción alemana. Mención aparte necesita el clarinete sistema “Reform-Boehm”, reflejado en el apartado 2.2 recordemos un híbrido de los dos tipos de construcción, en el que vimos la necesidad de gravar muestras sonoras para un posible análisis comparativo. Siendo de este modo cinco los instrumentos utilizados.

- Sistema francés:
 - Buffet - Crampon RC Prestige.
 - Leblanc Opus.
- Sistema alemán:

- Yamaha 457-22.
- O. Hammerschmidt Klingson.
- Sistema “Reform – Boehm”:
- Yamaha Reform 856.

Con cada modelo de instrumento se utilizó un conjunto boquilla – lengüeta acorde a las características de cada tubo sonoro.

- Sistema francés:
Boquilla *Vandoren B45*; Abrazadera metálica *Buffet – Crampon*; Lengüeta *Vandoren Tradicional*, dureza n^o3.
- Sistema alemán / Sistema “Reform – Boehm”:
Boquilla *Maxton NA-PG*; Abrazadera metálica *W. Stone Ishimori*; Lengüeta *Peter Leuthner Profesional*, dureza n^o6.

Las mediciones se realizaron en la cámara anecoica del Departamento de Física Aplicada del Campus de Gandía de la Universitat Politècnica de València. Se trata de un recinto sin reflexiones en los cerramientos, de manera que la señal registrada se corresponde con el sonido directo emitido por la fuente sonora. Para poder registrar las muestras sonoras se utilizó un micrófono direccional *AKG* modelo *SE300B*, procesando y editando estas muestras a través de la aplicación informática *Audacity*. En esta sesión de grabación se obtuvieron 490 muestras sonoras en total. En los apartados referidos a “1^o registro” y “2^o registro” la duración de cada sonido emitido fue de 1 seg. ≈. En el elemento sonoro referido a “Escala *legato*” se optó por la utilización solamente de notas naturales, con la finalidad de evitar en la medida de lo posible, el accionar cualquier llave que abriera los orificios de tono con la consiguiente perturbación de la onda, señalada en el apartado 2.3, que esto produce.

Para poder nombrar las notas musicales o sonidos que se utilizaron en el trabajo, se eligió el índice acústico franco-belga, por ser el de mayor utilización en España. De tal modo la nota “la 440 Hz”, se denomina “A3”.

La distribución de este muestreo, utilizando cada uno de los cinco clarinetes anteriormente descritos fue la siguiente:

ELEMENTO SONORO	NOTAS/FRECUENCIAS	DINÁMICAS	DIRECCIÓN
1r registro	E2 – A3	<i>mf</i> <i>f</i> <i>p</i>	Ascendente Descendente
2n registro	B3 – C5	<i>mf</i> <i>f</i> <i>p</i>	Ascendente
Sonido corto	G2 G3 G4	<i>f</i>	-
Escala <i>legato</i>	E2 – C5 (sonidos naturales)	<i>mf</i>	Ascendente
Fragmento melódico	Quinteto para clarinete Kv. 581 de W. A. Mozart Larghetto; compases 1-9		

Tabla 7: Muestras sonoras.
Fuente: Elaboración propia.

De las 490 muestras recogidas, han sido elemento de estudio más detallado finalmente un total de 30 muestras, en las que se ha llevado a cabo un estudio comparativo entre instrumento francés y alemán realizando el siguiente análisis de datos:

1) *Repetibilidad de señales:*

Utilizando como sonido fundamental la nota C3, se ha comparado la amplitud y frecuencia de los 5 primeros armónicos resultantes de este sonido, siendo interpretado en escalas ascendente y descendente. Se ha estudiado y comparado la presencia de estos armónicos resultantes, expresada en decibelios (dB), en los dos sistemas constructivos.

Intensidad del sonido utilizado, *mezzoforte (mf)*, *forte (f)* y *piano (p)*.

Instrumentos utilizados, *Buffet-Crampon RC Prestige* y *Yamaha 457-22*.

2) *Estudio del 2º registro:*

Utilizando las notas C3, D4, G4 y C4 se ha estudiado y comparado la amplitud y frecuencia de los 5 primeros armónicos utilizando los dos sistemas constructivos.

Intensidad del sonido utilizado, *mezzoforte (mf)*.

Instrumentos utilizados: *Buffet-Crampon RC Prestige* y *Yamaha 457-22*.

3) *Transitorio de caída:*

Utilizando las notas G2, G3 y G4 y emitiendo sonidos cortos se ha analizado el tiempo de caída del sonido, o lo que los clarinetistas entendemos como *resonancia*. Para obtener este tiempo de caída, expresado en milisegundos (ms), se ha reducido un 10% respecto al máximo de la amplitud de la señal.

Intensidad del sonido utilizado, *forte (f)*.

Instrumentos utilizados, *Buffet-Crampon RC Prestige y Yamaha 457-22*.

4) *Escala legato:*

Se ha extraído de una escala ascendente en *legato*, donde no hay interrupción del aire soplado en el interior del tubo, la nota E4 y se ha comparado la amplitud y frecuencia de los 5 primeros armónicos. En esta ocasión se han obtenido las muestras de los 5 instrumentos utilizados.

Intensidad del sonido utilizado, *mezzoforte (mf)*.

Instrumentos utilizados: *Buffet-Crampon RC Prestige, Leblanc Opus, Yamaha 457-22, O. Hammerschmidt y Yamaha 856 Reform-Boehm*.

5) *Pasaje musical:*

En este apartado ha sido motivo de un análisis cualitativo la propia interpretación de la música. Para ello se ha extraído un fragmento musical del *Larghetto del Quinteto para Clarinete Kv. 581* de W. A. Mozart. En esta ocasión se han obtenido las muestras de los 5 instrumentos utilizados.

Se ha tenido en cuenta en este análisis dos apartados:

- El tiempo total de la interpretación.
- La variación máxima de amplitud entre notas.

Intensidad del sonido utilizado, *mezzoforte (mf)*.

Instrumentos utilizados: *Buffet-Crampon RC Prestige, Leblanc Opus, Yamaha 457-22, O. Hammerschmidt y Yamaha 856 Reform-Boehm*.

Hay que tener en consideración que el estudio realizado aún siendo de tipo cuantitativo, en el que la recogida de muestras ha sido totalmente objetiva, así como sus frecuencias resultantes y demás datos físicos de cada sonido fueron analizados científicamente, no podemos escapar al elemento subjetivo del intérprete. Aunque se ha pretendido reducir al mínimo porcentaje de error y utilizar instrumentos considerados estándar en cada uno de sus tipos constructivos, el factor humano no deja de estar presente en esta recogida de muestras. La cavidad bucal, la presión ejercida por el labio inferior en la lengüeta, la

dureza de esta, la presión del aire introducida por el clarinetista en el instrumento, la temperatura de la cámara anecoica, el tipo de abrazadera utilizada y un largo etcétera de elementos solapados a la interpretación musical, se encontrarán presentes en este estudio. Dos sonidos situados en la misma línea del pentagrama, emitidos por el mismo instrumento y todas las partes del conjunto boquilla – lengüeta por igual, suenan de forma distinta si este sonido es producido por dos intérpretes distintos.

3.3 Análisis acústicos realizados. Estudios comparativos.

Para realizar el análisis de las muestras sonoras he diferenciado 5 apartados para poder tratar cada elemento que incide en la sonoridad del instrumento de forma más pormenorizada.

1) Estudio de repetibilidad de señal:

El estudio se ha centrado en un solo sonido y en un solo modelo de instrumento. El sonido elegido ha sido el C3 por tratarse de una frecuencia situada en el primer registro del instrumento, en el que no existe ninguna interrupción de la onda en el interior del tubo producida por el orificio de registro y por ser una zona central del instrumento, donde la diferencia en el ensanchamiento más pronunciada del interior del tubo no se ha producido.

En este análisis de repetibilidad de un sonido, he elegido el sistema constructivo francés, *Buffet RC Prestige*, por ser el más generalizado en su utilización, así como el sistema más referenciado en la mayoría de estudios acústicos sobre el instrumento.

Se ha repetido la nota 6 veces en diferentes dinámicas de volumen de sonido y de modo ascendente y descendente de la escala. Estas variables, sobre todo las dinámicas de volumen, me han ayudado a corroborar el cambio en la altura de los Hz en la frecuencia, es decir la afinación de la nota en el momento de tocar en *piano*, *forte* o *mezzoforte*. Normalmente esta variación en la altura es producida por la mayor o menor presión ejercida por el labio inferior sobre la lengüeta, elemento técnico importante a corregir en el estudio del instrumento. Al tocar en *forte* la afinación baja en Hz, debido a la menor presión del labio sobre la lengüeta y que de este modo la abertura entre la boquilla y la

lengüeta sea de mayores dimensiones, permitiendo una mayor cantidad de aire introducido en el instrumento. Al tocar en *piano*, se tiende a cerrar esta entrada de aire en el instrumento, con la presión del labio inferior sobre la lengüeta, aumentando los Hz en la frecuencia del sonido.

También se han encontrado diferencias en cuanto al volumen del sonido en dB, si este ha sido emitido dentro de una escala de forma ascendente o descendente. Mientras la frecuencia en Hz se mantiene en las mismas cantidades, el volumen en dB, tanto en el sonido fundamental como en sus armónicos acompañantes, es más elevado cuando el sonido ha sido ejecutado de manera descendente en la escala.

Respecto a la presencia de armónicos en este sonido, como era de suponer, hay una mayor presencia de los armónicos impares en todas las variables dinámicas y de dirección de la escala ejecutada, aunque es preciso señalar algunas apreciaciones observadas. Hay que resaltar la variabilidad de estos armónicos en función de la dinámica sonora emitida. Mientras la presencia de los armónicos 4º y 5º, de este sonido C3, son prácticamente iguales en las dinámicas de *mezzoforte* y *forte*, en *piano* los armónicos 3º, 4º y 5º desaparecen por completo.

Las tablas analizadas en este apartado corresponden a la tabla 8 de las Dinámicas sonoras estudiadas del Sonido C3 del instrumento Buffet y la tabla 9 del Estudio de repetibilidad de señal del mismo y se pueden consultar en el ANEXO I: TABLAS DEL ANÁLISIS ACÚSTICO.

A modo ilustrativo se muestra la captura del espectograma del sonido C3 *mezzoforte* analizado en este apartado de donde provienen los datos de las tablas:

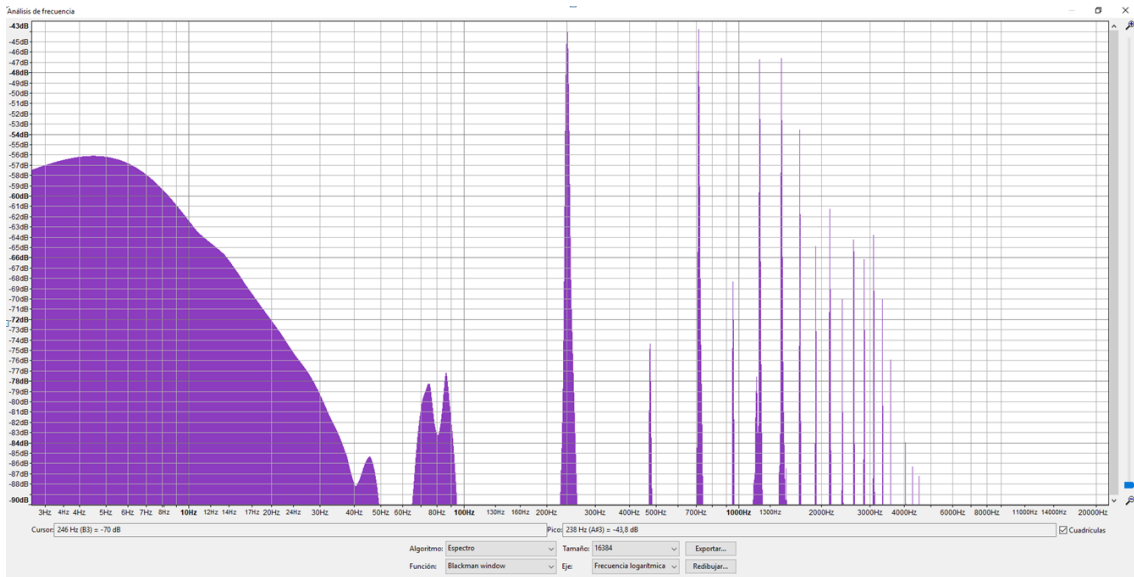


Fig. 13: Espectrograma sonido C3 *mezzoforte*.
Fuente: Elaboración propia.

De este modo, concluir que el clarinete de construcción francesa, actúa como un tubo cerrado al resaltar los armónicos impares y que su afinación se ve afectada en gran medida por la dinámica sonora emitida. Hay que destacar el aumento de potencia al tocar una escala de manera descendente.

2) *Estudio del 2º registro:*

Para realizar el estudio del 2º registro se ha optado por un análisis comparativo de los dos sistemas constructivos estudiados en el trabajo. Para ello se ha utilizado en sistema francés el clarinete *Buffet Crampon* modelo *RC Prestige* y en el sistema alemán el clarinete *Yamaha 457-22*. Las muestras fueron tomadas con una dinámica sonora de *mezzoforte*.

Los sonidos comparados han sido D4, G4 y C5, todos ellos situados en este 2º registro. Mención aparte merece el sonido C3, situado en el 1r registro, como elemento de apoyo en este estudio.

En esta comparativa de análisis del espectro hay que diferenciar entre las frecuencias y la presencia de los armónicos.

En cuanto a la frecuencia en Hz, hay que señalar que existe diferencia de altura en los 3 sonidos en posición fundamental. Presentan una altura mayor en Hz en el clarinete francés que en el clarinete alemán. D4 tiene una diferencia de 0.3 Hz, G4 0.7 Hz y C5 0.8 Hz entre los dos sistemas. Por tanto el clarinete francés posee una afinación más alta.

Referente a la diferencia absoluta entre las frecuencias del sonido fundamental y sus armónicos resultantes, en los sonidos D4 y G4 esta diferencia es mayor en el clarinete francés. De modo contrario ocurre con la nota C5, el clarinete alemán tiene una diferencia mayor de distancia en Hz entre la fundamental y sus armónicos. De hecho, este sonido C5 es el que más diferencias presenta en altitud de Hz en sus armónicos. Recordemos que en la fundamental de este sonido, la frecuencia del clarinete francés era más alta, sin embargo en los armónicos pares 2º, 3º y 4º, esta altura es más elevada en el sistema alemán.

Pasando ahora a la mayor o menor presencia de estos armónicos, el clarinete francés tienen en definitiva una mayor presencia de todos los armónicos resultantes respecto las fundamentales analizadas. De nuevo hay que destacar el sonido C5, última posición de este 2º registro en el que solo tenemos tapado un orificio y se encuentra abierta la llave del orificio de registro, como un elemento diferenciador en el análisis. En esta nota hay

una mayor presencia de los armónicos 1º, 2º y 3º en el clarinete alemán, pero el 5º armónico desaparece del espectro.

De tal modo quedando estos 3 sonidos del 2º registro:

- D4 mayor presencia en 2º, 3º, 4º y 5º armónico en sistema francés.
- G4 mayor presencia en 1º, 2º, 4º y 5º armónico en sistema francés. Armónico 3º prácticamente igual en los dos sistemas.
- C5 mayor presencia en 1º, 2º y 3º armónico en sistema alemán. Armónico 4º muy débil y 5º desaparece.

Como elemento de apoyo, se ha comparado el sonido C3, situado en el 1r registro, donde no hay ningún orificio de registro abierto, los orificios de la parte superior del tubo están tapados y donde el interior del tubo es muy similar, exceptuando el diámetro, dando como resultado que la presencia de armónicos, medida en dB, en ambos sistemas constructivos es muy similar.

Las tablas analizadas en este apartado corresponden a la tabla 10 de Estudio del 2º registro. Sonidos: C3 – D4 – G4 – C5 y la tabla 11 Comparativa del estudio del 2º registro y se pueden consultar en el ANEXO I: TABLAS DEL ANÁLISIS ACÚSTICO.

A modo ilustrativo se muestra la captura del espectograma del sonido recogido G4 de clarinete alemán *Yamaha 457-22* analizado en este apartado de donde provienen los datos de las tablas:

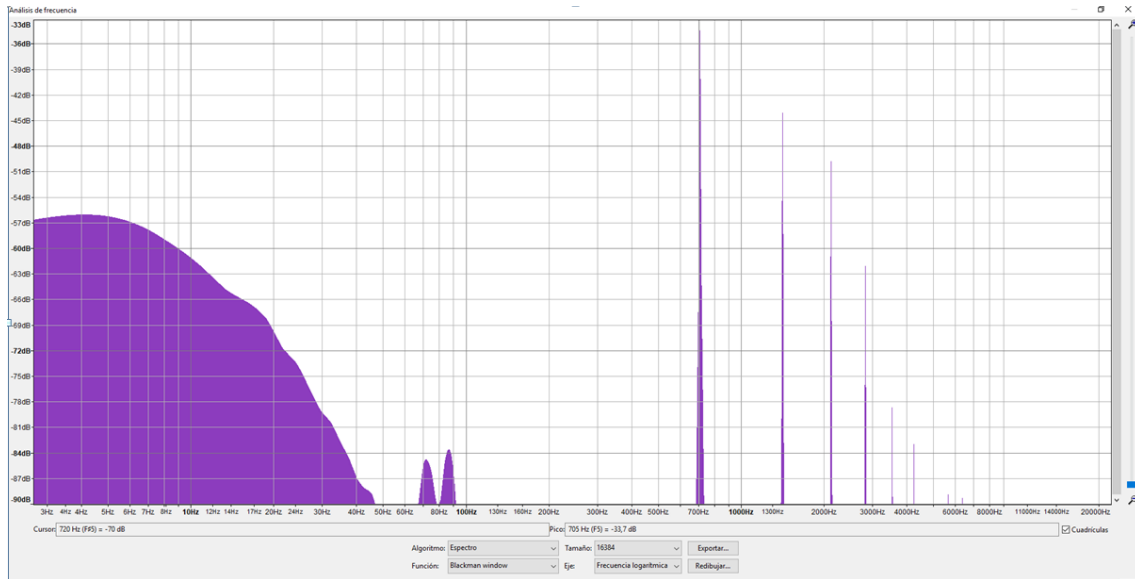


Fig. 14: Espectrograma sonido G4 Yamaha 457-22.
Fuente: Elaboración propia.

Como conclusión de este análisis del 2º registro, el clarinete francés tiene una afinación y una presencia mayor de todos los armónicos que el clarinete alemán, por lo tanto su sonoridad es más brillante en este registro del clarinete. Por otro lado esta diferencia tímbrica es menor en las notas graves y sobreagudas del instrumento.

3) *Estudio del transitorio de caída:*

En este estudio se ha optado por realizar una comparativa del tiempo de caída, expresado en milisegundos, entre los dos sistemas constructivos, utilizando el clarinete *Buffet Crampon* modelo *RC Prestige* en sistema francés y el clarinete *Yamaha 457-22* en sistema alemán. Las muestras fueron tomadas con una dinámica sonora de *forte* y emitiendo un sonido corto o *staccato*. Se ha utilizado en este estudio las notas G2, G3 y G4, por ser tres sonidos situados en diferentes longitudes del tubo, con sus posibilidades analíticas y en diferentes registros.

Para los músicos, este transitorio de caída, se traduce a “resonancia” de este determinado sonido en el instrumento. Para obtener este transitorio se ha reducido un 10% la amplitud de la onda respecto al máximo.

La variación relativa porcentual entre ambos sistemas es clara sobre todo en el registro grave a favor del clarinete alemán, resumiendo de la siguiente manera en:

- G2 la variación es de 72.8 %
- G3 la variación es de 26.8 %
- G4 la variación es de 10.7 %

Como podemos observar, según la altura y el lugar del tubo sonoro en que se encuentra situada, la diferencia es menor a medida que subimos de frecuencia.

La tabla analizada en este apartado es la tabla 12 Estudio comparativo transitorio de caída y se puede consultar en el ANEXO I: TABLAS DEL ANÁLISIS ACÚSTICO.

A modo ilustrativo se muestra la captura de la forma de onda del sonido corto G3 del clarinete alemán *Yamaha 457-22* analizado en este apartado de donde provienen los datos de las tablas:

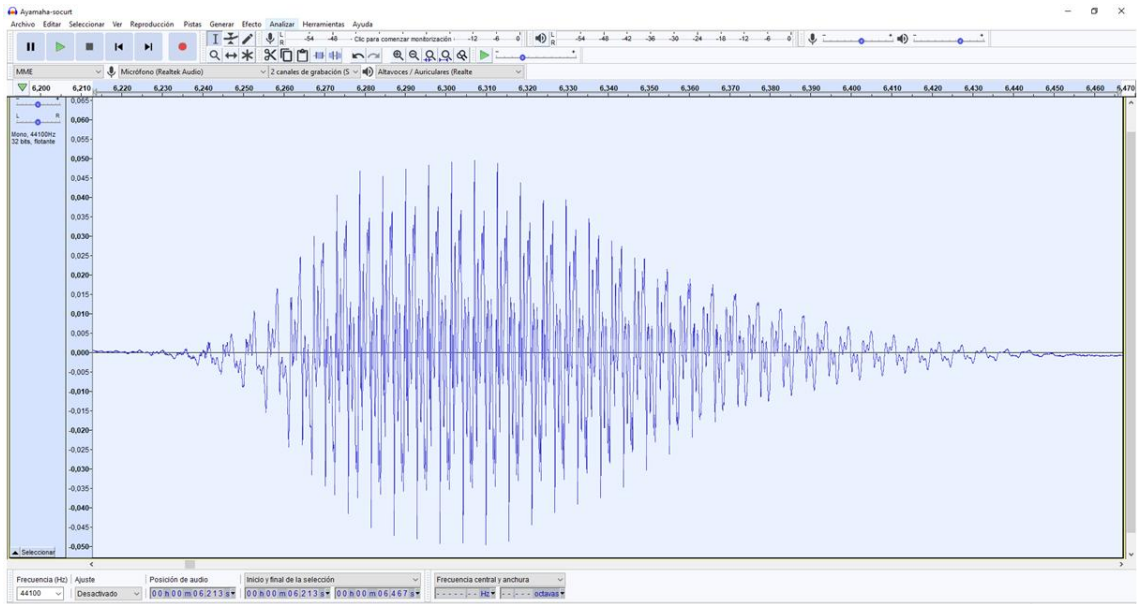


Fig. 15: Forma de onda sonido corto G3 Yamaha 457-22.
Fuente: Elaboración propia.

Claramente concluir del estudio que el clarinete alemán tiene un mayor poder de resonancia que el sistema francés.

4) *Estudio de escala legato:*

Este apartado tenía un componente cualitativo en la investigación, ya que se ha querido observar el comportamiento de un sonido dentro de una escala por grados conjuntos en *legato*, donde no hay ninguna interrupción del sonido debido a la continuidad del aire soplado en el interior del tubo y sin ningún cambio de la presión en cuanto a embocadura se refiere. Para ello se ha extraído una nota de la muestra, en este caso E4, situada en el 2º registro y donde desde el punto de vista técnico del clarinetista no presenta ninguna dificultad interpretativa.

En este caso hemos utilizado los 5 instrumentos disponibles, dos de construcción alemana, *Yamaha 457-22* y *O. Hammerschmidt*, dos de construcción francesa, *Buffet Crampon RC Prestige* y *Leblanc Opus* y el modelo “Reform-Boehm” *Yamaha 856*.

De igual modo que en los anteriores, el sonido E4 de los tres instrumentos de tipo de tubo de construcción alemán tienen una menor frecuencia de Hz respecto los dos instrumentos franceses, por lo tanto presentan una afinación diferente de 0.8 Hz entre el más alto el *Buffet Crampon RC Prestige* y el más bajo el *Yamaha 856*.

Respecto a la importancia de los armónicos resultantes en este sonido, se presentan los armónicos 4º y 5º más débiles en el tubo francés que en el alemán.

De la comparativa de los 5 instrumentos, podemos observar que el modelo francés *Leblanc Opus* y el modelo de tubo alemán *Yamaha 856*, obtienen una presencia muy similar de todos sus armónicos.

Las tablas analizadas en este apartado corresponden a la tabla 13 de Estudio escala en legato del sonido E4 y la tabla 14 Estudio comparativo escala en legato del mismo sonido y se pueden consultar en el ANEXO I: TABLAS DEL ANÁLISIS ACÚSTICO.

A modo ilustrativo se muestra la captura del espectograma del sonido recogido E4 de clarinete francés *Leblanc Opus* analizado en este apartado de donde provienen los datos de las tablas:

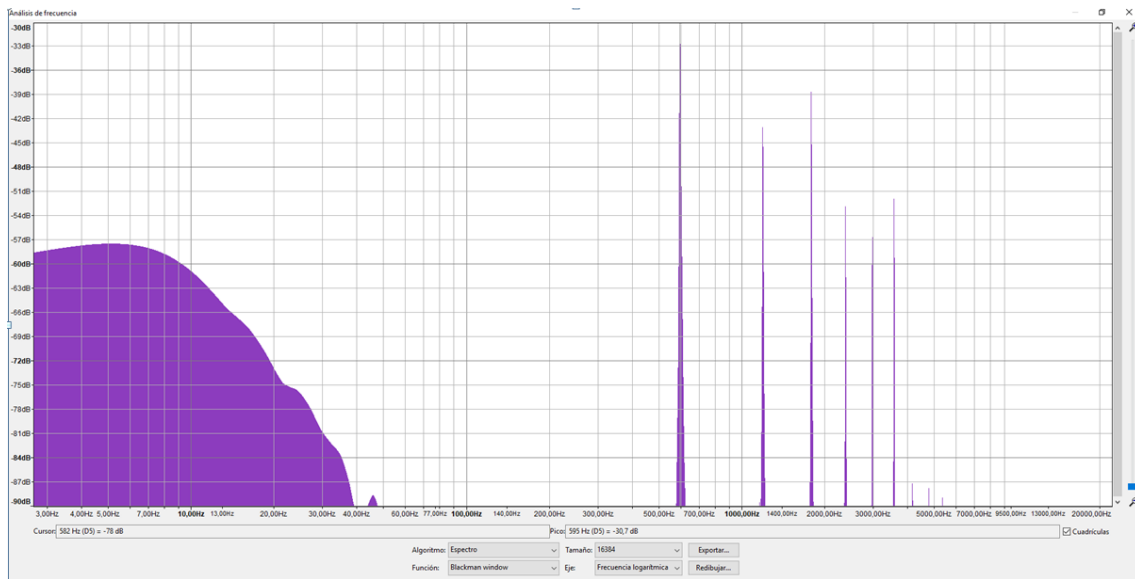


Fig. 16: Espectrograma sonido E4 *Leblanc Opus*.
Fuente: Elaboración propia.

La conclusión de este análisis es señalar el brillo y la claridad del clarinete francés frente al clarinete alemán en este registro, debido a su mayor presencia de armónicos y altura en Hz.

5) *Estudio de pasaje musical:*

En este apartado se ha tratado extraer datos cuantitativos de la experiencia sonora totalmente cualitativa y subjetiva del intérprete, realizada en ese determinado momento y con las circunstancias sonoras de la sala anecoica, diferentes instrumentos, boquillas, etc. que lleva consigo cualquier interpretación musical en vivo.

Se recogieron muestras de las 5 marcas de clarinete disponibles. Se gravó un fragmento de 9 compases del *Larghetto* del *Quinteto para Clarinete Kv. 581* de W. A. Mozart.

De este análisis se ha extraído la duración del fragmento, para el análisis de una posible relación de la resistencia al introducir el aire en el tubo en el momento de emitir sonido según el tipo de clarinete.

La interpretación se realizó con una pulsación metronómica en todos los casos de negra=45 \approx . Solamente hay una diferencia de 0.25 segundos en cuatro de las interpretaciones, siendo la más alejada a esta cifra, 1.2 segundos, la primera muestra tomada perteneciente al modelo francés *Buffet Crampon RC Prestige*.

Por otro lado se ha extraído la variación máxima de amplitud entre notas del pasaje en cada uno de los cinco instrumentos. El promedio de amplitud en los dos modelos de construcción francesa, es más grande que en los referidos al sistema constructivo alemán.

La tabla analizada en este apartado es la tabla 15 Estudio comparativo de pasaje musical y se puede consultar en el ANEXO I: TABLAS DEL ANÁLISIS ACÚSTICO.

A modo ilustrativo se muestra la captura de la forma de onda del pasaje musical del clarinete alemán *O. Hammerschmidt* analizado en este apartado de donde provienen los datos de las tablas:

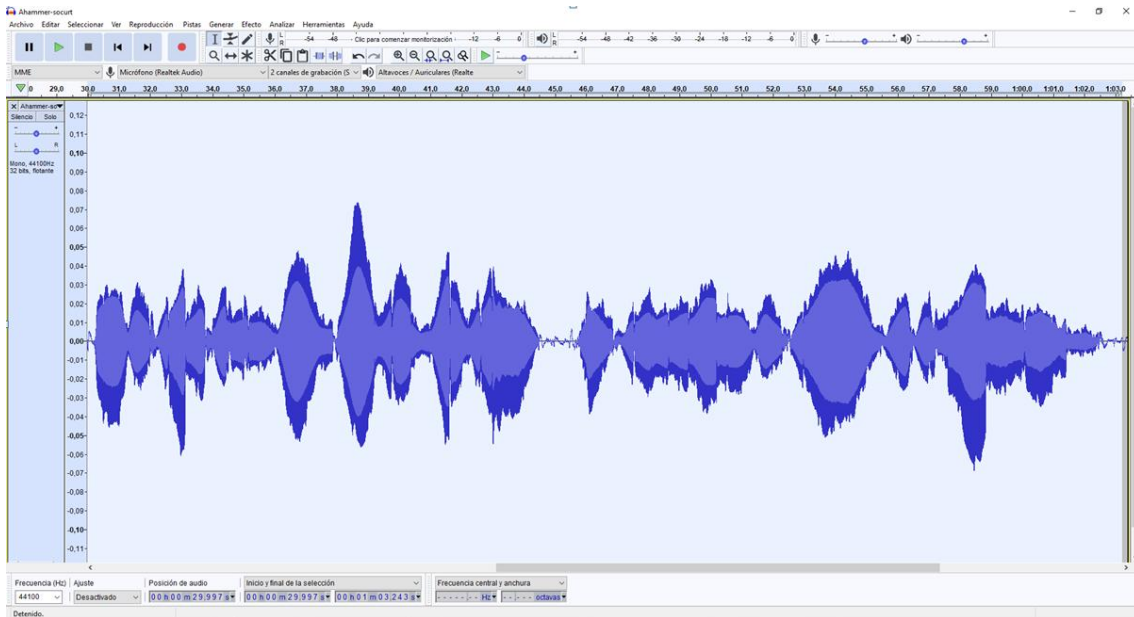


Fig. 17: Forma de onda sonido pasaje musical clarinete *O. Hammerschmidt*.
Fuente: Elaboración propia.

Extraer como conclusión de este análisis que no existe una mayor resistencia del aire introducido en el tubo dependiendo del tipo de construcción y que el clarinete francés presenta una mayor amplitud de onda frente al alemán.

3.4 Estudio de percepción sonora. Resultados y discusión del cuestionario.

Dentro del marco práctico del trabajo que estoy llevando a cabo, he realizado un cuestionario de respuestas cerradas con la finalidad de recoger información sobre la percepción sonora del oyente, así como las sensaciones de los propios intérpretes al tocar con ambos tipos de instrumentos. De este modo el encuestado tiene dos visiones, la de oyente y la de ejecutante.

El cuestionario estuvo dirigido a estudiantes de Enseñanzas Superiores y profesionales del instrumento. Este perfil de entrevistados fue elegido por presuponer elevados conocimientos del instrumento, así como una suficiencia interpretativa en los diferentes elementos técnicos referidos en las preguntas. La totalidad de las personas entrevistadas cursaron sus estudios medios y superiores en España, con la limitación de estudiar en solo uno de los dos sistemas constructivos analizados. Esto posiblemente influyó en algunas preguntas-respuestas, aunque gran parte de estas personas han ampliado sus estudios de clarinete en diferentes partes del extranjero y con diferentes modelos clarinetes con sus respectivos profesores.

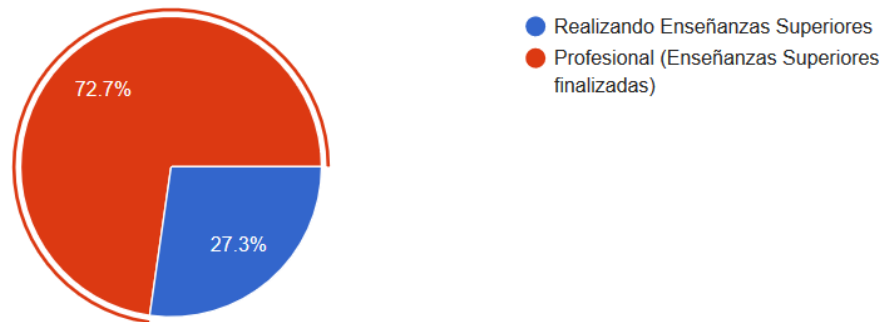
Para llevar a cabo esta parte del trabajo se ha utilizado la aplicación on-line *Google Forms*, con un total de 68 clarinetistas encuestados.

Pregunta 1.

Con relación a la pregunta, ¿cuál es tu nivel como clarinetista?

Una gran mayoría de los encuestados manifiesta ser clarinetista profesional. Esto nos indica el alto nivel de conocimientos del instrumento y un aspecto importante a tener en cuenta como es la experiencia profesional en este campo.

NIVEL DE ESTUDIOS

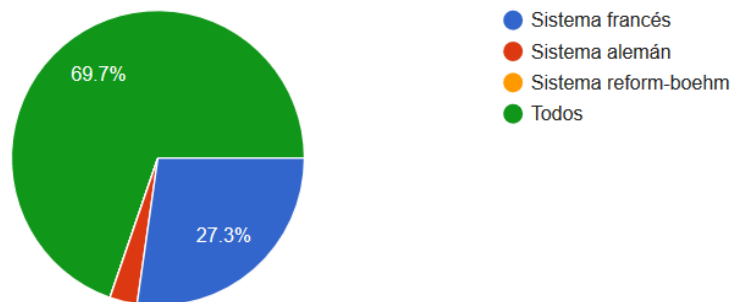


Pregunta 2.

A la pregunta, ¿qué modelos de construcción de clarinete conoces?

Un gran porcentaje asegura conocer los 3 tipos de construcción. En menos medida, un 27.3 %, afirma conocer solamente el sistema francés como modelo de construcción.

SISTEMAS CONSTRUCTIVOS

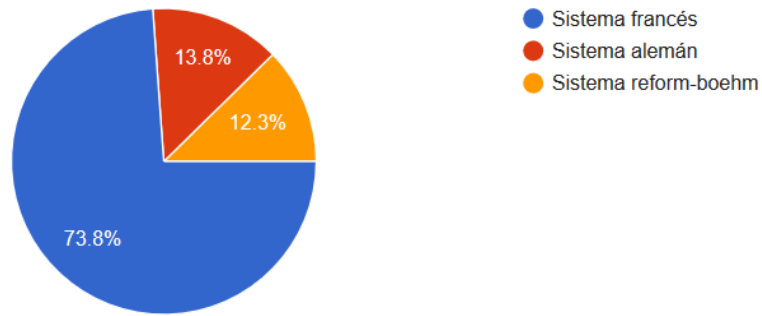


Pregunta 3.

A la pregunta número 3, ¿con qué sistema te sientes más identificado?

Casi 3/4 de los entrevistados se siente más identificado con el sistema francés de construcción. Hay que tener en consideración que la totalidad de encuestados son de nacionalidad española, donde el sistema francés es el predominante en todos los centros de estudio del país. El otro 1/4 restante se divide entre el sistema alemán y el reform-boehm.

IDENTIFICADO CON SISTEMA CONSTRUCTIVO

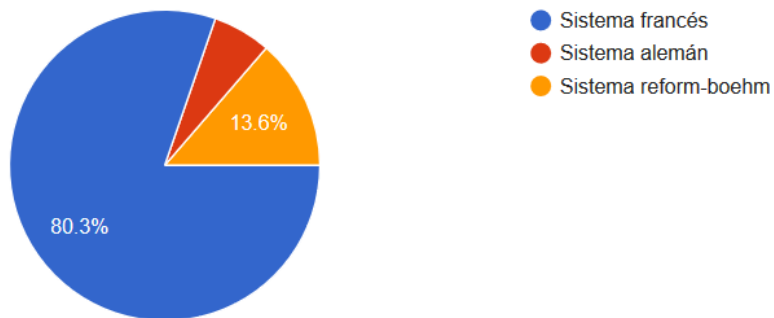


Pregunta 4.

Con relación a la pregunta, ¿con qué sistema desarrollas tu labor como estudiante o profesional?

La gran mayoría, al igual que en la pregunta anterior, utilizan el sistema francés. Sólo un 6.1 % utilizan el sistema alemán, siendo más aceptado, 13.6 %, el clarinete híbrido, recordemos entre los dos sistemas, como instrumento utilizado.

SISTEMA UTILIZADO

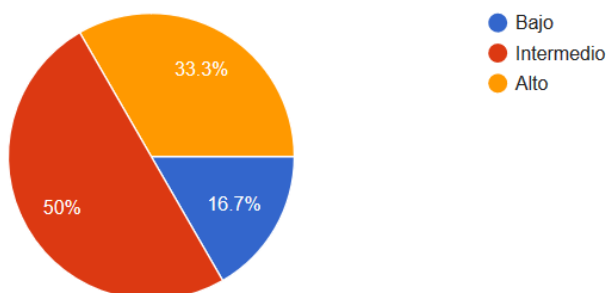


Pregunta 5.

A la pregunta, ¿Cuál es tu nivel de conocimientos sobre los dos sistemas francés y alemán?

La mitad de los encuestados consideran tener conocimientos medios en relación a los dos sistemas. Un 33.3 % un alto nivel de conocimientos, siendo una cifra baja los que no tienen conocimientos de los dos.

CONOCIMIENTOS AMBOS SISTEMAS

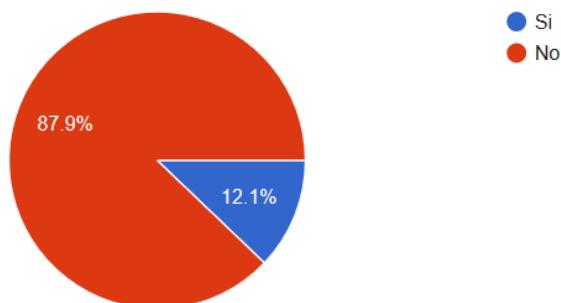


Pregunta 6.

Con relación a, ¿tienes un dominio aceptable de los dos sistemas por igual?

Al igual que en la cuestión 5, la gran mayoría considera que no tiene un dominio aceptable de los dos sistemas por igual, ya que son clarinetistas que tocan con sistema francés.

DOMINIO AMBOS SISTEMAS

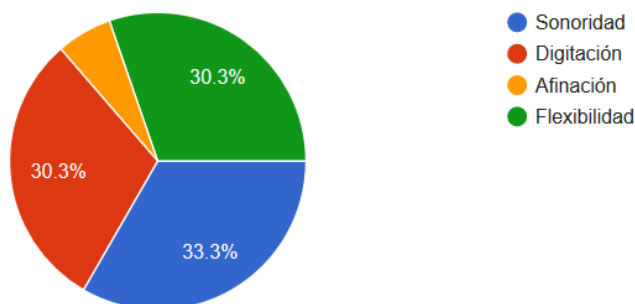


Pregunta 7.

A la pregunta, ¿qué elemento relacionarías como más identificativo del sistema francés?

Entre los cuatro conceptos propuestos, exceptuando la afinación, los encuestados se reparten de forma casi equitativa entre sonoridad, digitación y flexibilidad como elementos identificativos del sistema francés.

ELEMENTO IDENTIFICATIVO SISTEMA FRANCÉS

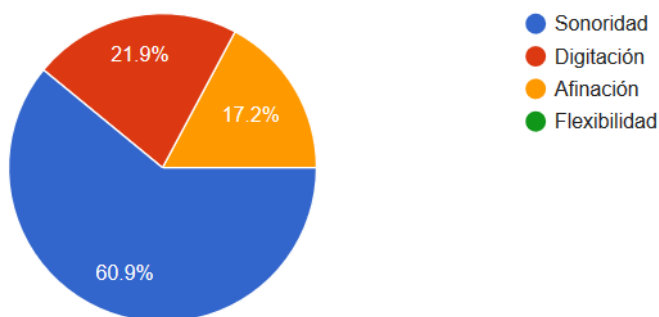


Pregunta 8.

A la pregunta, ¿qué elemento relacionarías como más identificativo del sistema alemán?

Destaca con un 60,9 % la sonoridad de este instrumento como elemento identificativo propio, siendo el concepto de flexibilidad inexistente en las consideraciones de los encuestados como un elemento identificativo de los cuatro propuestos.

ELEMENTO IDENTIFICATIVO SISTEMA ALEMÁN

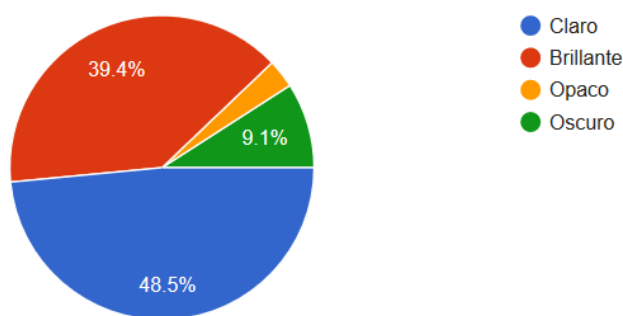


Pregunta 9.

A la pregunta, ¿con cuál de los siguientes adjetivos relacionarías la sonoridad del clarinete francés?

De los cuatro adjetivos propuestos, la claridad es el más indicado por casi la mitad de los entrevistados. *Brillante* también obtiene un porcentaje alto, 39.4%, siendo el resto de adjetivos antónimos el resultado casi residual.

RELACIÓN SONORIDAD SISTEMA FRANCÉS

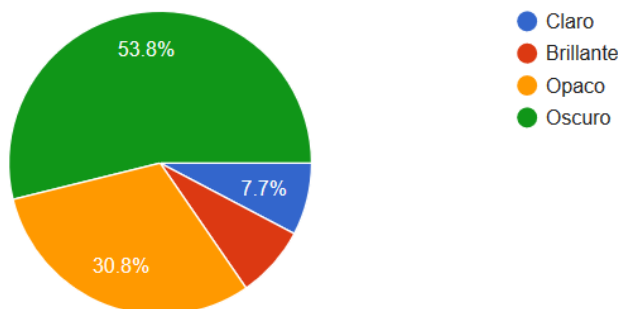


Pregunta 10.

A la pregunta, ¿con cuál de los siguientes adjetivos relacionarías la sonoridad del clarinete alemán?

Más de la mitad de los clarinetistas encuestados consideran el adjetivo *oscuro* como más identificativo de los cuatro propuestos, obteniendo *opaco* un 30.8 %, y el resto un porcentaje muy bajo.

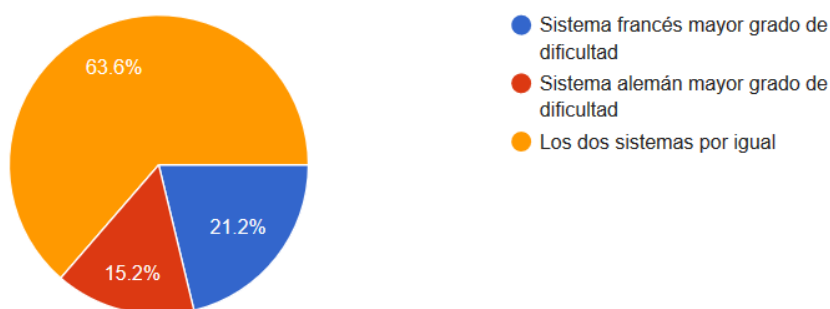
RELACIÓN SONORIDAD SISTEMA ALEMÁN



Pregunta 11.

A la pregunta, ¿qué grado de dificultad piensas que presenta el *staccato* a gran velocidad metronómica?

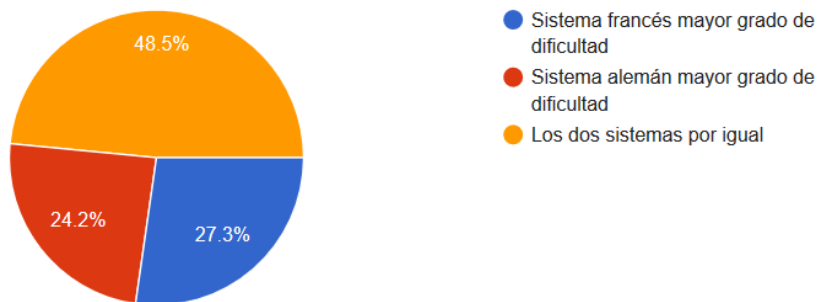
La gran mayoría, 63.6 % piensan que el grado de dificultad es el mismo en los dos sistemas. El resto se dividen de forma casi igual entre sistema francés o alemán.

GRADO DE DIFICULTAD *STACCATO***Pregunta 12.**

A la pregunta, ¿qué grado de dificultad piensas que presenta el *legato* en grandes intervalos?

Casi la mitad, el 48.5 % piensan que los dos sistemas por igual presentan la misma dificultad en este apartado técnico del estudio del instrumento. El resto de clarinetistas se decanta ligeramente por el sistema francés.

GRADO DE DIFICULTAD *LEGATO*

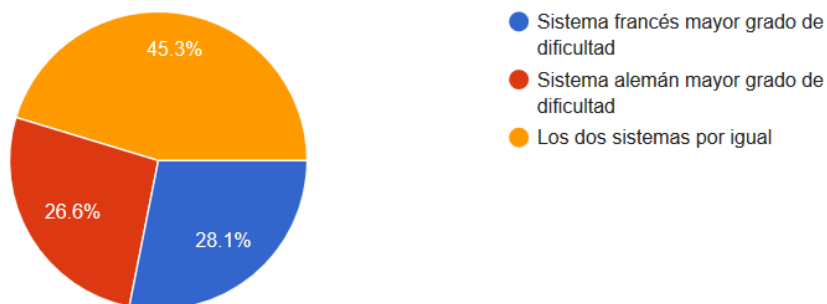


Pregunta 13.

A la pregunta, ¿qué grado de dificultad crees que presenta el *legato* del registro agudo al sobreagudo? (Sol4 – Sol5).

Un 45.3 % piensan que los dos sistemas por igual presentan la misma dificultad del *legato* en este apartado técnico. El resto de encuestados piensa que el sistema francés, levemente, presenta mayor dificultad que el alemán.

GRADO DE DIFICULTAD *LEGATO* CAMBIO REGISTROS

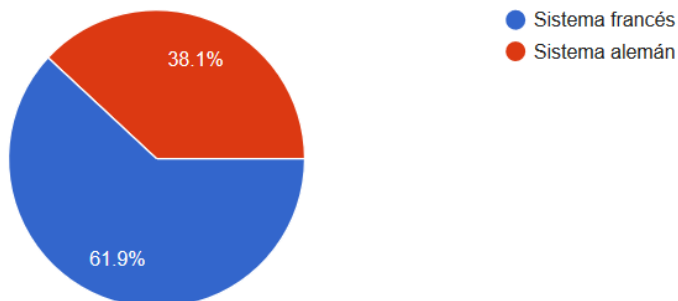


Pregunta 14.

Con relación a, consideras que el número de armónicos resultantes de los sonidos fundamentales están más presentes en la sonoridad del instrumento en el sistema francés o alemán.

Una gran mayoría, un 61.9 % frente a 38.1 % considera que el sonido del sistema francés es más rico en presencia de armónicos.

ARMÓNICOS RESULTANTES

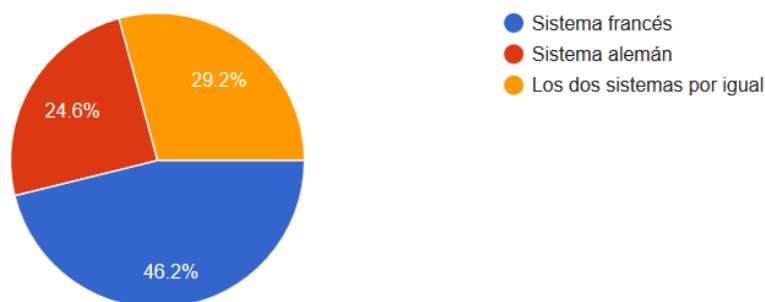


Pregunta 15.

A la consideración haciendo sonar el instrumento el mismo ejecutante y en las mismas condiciones, ¿qué sistema crees que obtiene mayor rango de potencia sonora (dB)?

Casi la mitad de los encuestados cree que el sistema francés obtiene una mayor potencia sonora frente al 24.6 % que piensa que es el sistema alemán el más sonoro. Un 29.2 % cree que no hay diferencia entre los dos sistemas.

POTENCIA SONORA

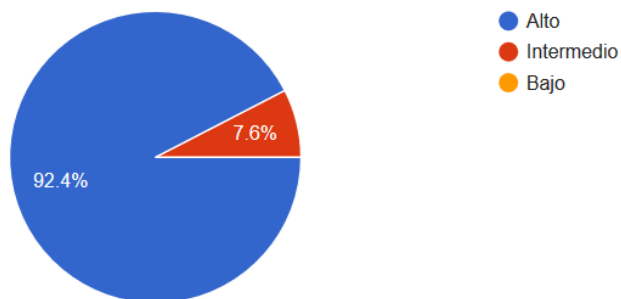


Pregunta 16.

A la pregunta, ¿qué grado de afectación tiene el conjunto boquilla-lengüeta en la sonoridad del clarinete?

Casi la totalidad de los encuestados piensan que el conjunto boquilla-lengüeta afecta en gran medida en la sonoridad del clarinete. La parte restante da menor importancia a esta afectación.

CONJUNTO BOQUILLA-LENGÜETA

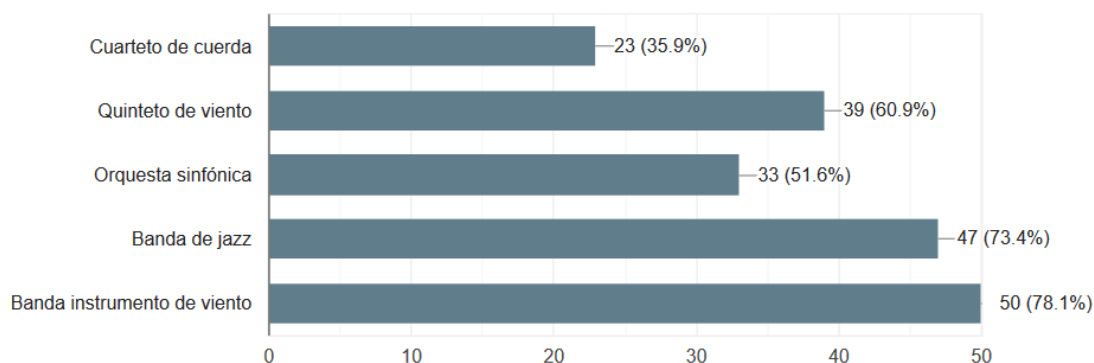


Pregunta 17.

A la pregunta, ¿en qué tipo de formaciones musicales consideras que el sonido del clarinete sistema francés es más complementario al resto de instrumentos? (puedes responder más de una opción).

Las tres opciones de formaciones musicales en las que el resto de instrumentos de viento son los integrantes de estas, (quinteto de viento, banda de jazz y banda instrumentos de viento), son las consideradas por los clarinetistas como las más complementarias al sonido del clarinete sistema francés, vinculando de esta forma la sonoridad del clarinete francés al resto de instrumentos de viento.

FORMACIONES COMPLEMENTARIAS SISTEMA FRANCÉS

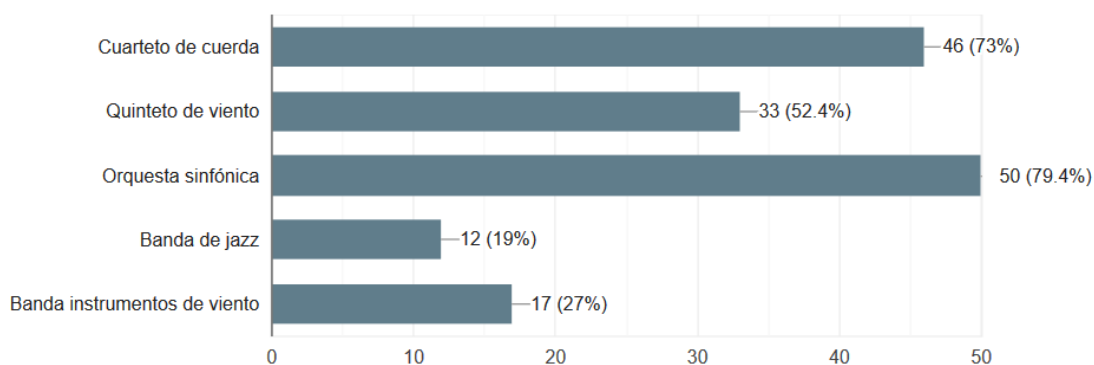


Pregunta 18.

A la pregunta, ¿en qué tipo de formaciones musicales consideras que el sonido del sistema alemán es más complementario al resto de instrumentos? (puedes responder más de una opción).

De los clarinetistas encuestados, alrededor del 75 % consideran que la sonoridad del clarinete sistema alemán es más complementaria con las formaciones relacionadas con instrumentos de cuerda como el cuarteto de cuerda y la orquesta sinfónica. La tercera opción es la formación camerística de quinteto de viento, obteniendo un bajo porcentaje la banda de jazz. De esta forma vinculan la sonoridad del clarinete alemán a la sonoridad de la cuerda.

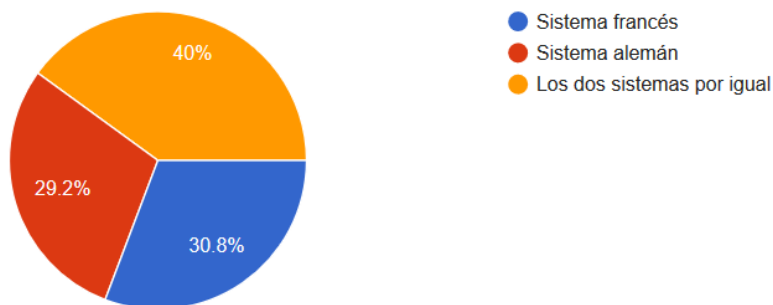
FORMACIONES COMPLEMENTARIAS SISTEMA ALEMÁN

**Pregunta 19.**

A la consideración, en la emisión de un sonido corto, en igualdad de condiciones, ¿qué tipo de clarinete tendrá una mayor resonancia?

Las tres opciones de repuesta se presentan de forma bastante igualada. La mayoría, 40 %, opinan que los dos sistemas funcionaran por igual en cuanto a resonancia del instrumento en la emisión de un sonido corto se refiere. Mientras las dos opciones diferenciadas por tipo de sistema constructivo presentan casi el mismo resultado

RESONANCIA SONIDO CORTO

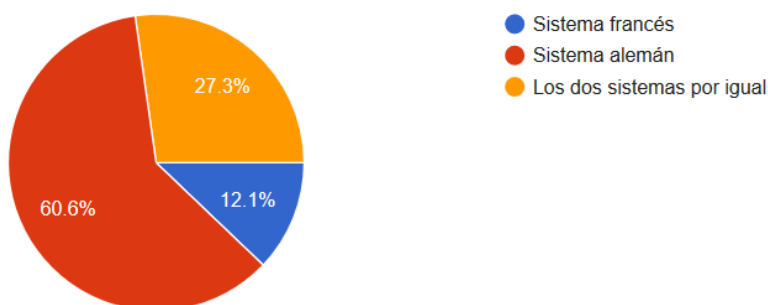


Pregunta 20.

A la pregunta, ¿cuál de los dos sistemas presenta una mayor uniformidad del timbre en todos sus registros, (Mi2 a Do5) en igualdad de condiciones?

Gran parte de los entrevistados, el 60 %, se decantan por el sistema alemán por la opción que presenta una mayor uniformidad del sonido en todos sus registros, frente al bajo porcentaje referido al sistema francés. La otra gran parte, un 40 %, decide que los dos sistemas constructivos actúan por igual.

UNIFORMIDAD DEL SONIDO



3.5 Comparativa de los estudios acústicos y los estudios perceptivos

Uno de los objetivos del presente trabajo es el analizar de forma diferenciada la percepción sonora de cada uno de los dos sistemas constructivos y por otro lado los

elementos acústicos de cada clarinete que influyen en la formación del timbre del instrumento.

En este apartado podemos hacer una comparativa de los resultados extraídos del cuestionario, de tipo perceptivo, que hemos elaborado y respondido por clarinetistas, con los resultados científicos que se han recogido con la toma de muestras sonoras de cada uno de los instrumentos en la cámara anecoica.

Referente a la diferencia de timbre entre los dos sistemas, se puede constatar que la sensación sonora que perciben los encuestados de mayor brillantez y claridad del clarinete francés, esta refrendada por los estudios anteriormente señalados en el marco teórico por los físicos Benade (1976) y Fox (2000), en el que los diferentes tipos de orificios de tono, diferente profundidad y distancia entre estos, y el ensanchamiento final del tubo hacen que de este modo ocurra. A esto hay que sumarle el estudio acústico realizado en el que claramente el clarinete francés tiene una mayor presencia de todos los armónicos, sobretodo en el 2º registro. Por otro lado recordemos que la afinación del clarinete francés es por regla general más alta en Hz como hemos podido comprobar en el estudio acústico comparativo de los cinco instrumentos, acentuando más si cabe esa brillantez en el sonido francés.

En cuanto a la homogeneidad del sonido, la mayoría de encuestados señalan la sonoridad del clarinete alemán como más uniforme que el francés. Como se ha señalado en el punto 2.3 la mayor homogeneidad del sonido en el conjunto de un instrumento de viento-madera viene, en gran medida, determinada por la igualdad del tamaño y distancias entre sus orificios de tono. De las mediciones realizadas con escalímetro digital, podemos afirmar que el clarinete alemán se acerca a esta premisa, coincidiendo así con la opinión de la mayoría de los clarinetistas encuestados.

Otro factor importante para los músicos en la sonoridad de un instrumento es lo que entendemos nosotros por resonancia. Este concepto traducido a acústica se refiere al transitorio de caída producido por un sonido. Para la mayoría de los encuestados esta resonancia es por igual en ambos clarinetes. Pero los estudios acústicos realizados, señalan que el clarinete sistema alemán tiene una mayor resonancia frente al francés, sobretodo en registro grave y medio, siendo menor la diferencia en el agudo. Hay que

tener en consideración que debido al rozamiento del fluido en las paredes del tubo se produce una pérdida, siendo esta proporcional a la energía necesaria. En frecuencias agudas es necesaria más energía, por lo tanto al ser directamente proporcional se produce más debilitamiento en la amplitud e intensidad de los armónicos del registro agudo. Es importante señalar que este mayor aumento de resonancia se produce en el momento que el sonido emitido, G2, el tubo está prácticamente tapado por completo y podríamos decir que funcionando casi a pleno rendimiento sin ninguna interferencia en la onda como podría ser el orificio de registro. A medida que aumentamos la altura de la nota a G4, el interior del tubo ya ha sufrido los cambios más evidentes con la apertura del orificio de registro y la mitad de los orificios de tono abiertos, este transitorio de caída es mucho menor.

Referente a la potencia sonora de cada uno de los instrumentos, los clarinetistas en el cuestionario opinan que el clarinete francés posee una mayor potencia sonora. En el estudio realizado en el que se ha analizado el mayor promedio de amplitud de onda, el clarinete francés obtiene un número más elevado. Es cierto que este pasaje sonoro se desarrolla en todo momento en el 2º registro del clarinete, sin poder haber analizado esta respuesta en la totalidad de extensiones del instrumento, aunque por otro lado es importante señalar que en el estudio comparativo realizado entre los dos tipos de instrumentos con la nota C3, situada en el 1º registro, los resultados son muy similares en cuanto a potencia y diferencia absoluta entre la fundamental y sus armónicos en ambos casos.

Referente a la cuestión sobre la importancia del conjunto boquilla-lengüeta en la sonoridad del instrumento, no se ha podido hacer un análisis comparativo con los estudios acústicos ya que cada sistema constructivo necesita su modelo de boquilla acorde a este sistema y en ningún caso pueden ser intercambiables. Pero es reseñable que un 92.4% de los encuestados señalen afirmativamente la importancia de este elemento.

De igual modo nos ocurre con la cuestión referida a la complementariedad de los dos tipos de clarinetes con el resto de instrumentos de viento o cuerda. Los clarinetistas encuestados se decantan por relacionar el sistema francés con los demás instrumentos de

viento y el clarinete alemán con la cuerda, pero no tenemos elementos de los análisis acústicos en este trabajo para poder relacionar estas respuestas.

CAPITULO IV. CONCLUSIONES Y LÍNEAS FUTURAS DE INVESTIGACIÓN

Del presente trabajo de investigación y desde un punto de vista muy amplio del tema desarrollado, podemos observar que la diferencia entre los dos sistemas constructivos de clarinete, “Sistema Boehm” y “Sistema Oehler”, no se centra solamente en las diferentes zonas geográficas que son utilizados o el distinto mecanismo de llaves acoplado al instrumento, con la consecuente digitación utilizada. Va mucho más allá de las evidencias claramente visibles y profundiza hasta llegar a la diferencia tímbrica percibida por los oyentes al escuchar un clarinete francés de un clarinete alemán.

De la información recogida en la bibliografía, podemos encontrar estudios referidos a estas diferencias tímbricas entre ambos instrumentos desde mediados del s. XX, así como análisis de los diferentes tubos sonoros fabricados a finales del s.XVIII.

En la mayoría de ocasiones, entre los músicos, y en este caso entre clarinetistas, nos referimos a las cualidades del sonido del instrumento con adjetivos diferentes, pero finalmente coincidiendo en la mayoría de ocasiones en la descripción abstracta y subjetiva de ese sonido en cuestión. Sin embargo, nos cuesta comprender que ocurre realmente dentro de nuestro instrumento que certifique esta identificación de un tipo de timbre u otro.

Este trabajo pretende aportar algo de luz en esta comprensión y aclarar cuáles son las diferencias acústicas en nuestros clarinetes que dan como resultado este cambio tímbrico.

Determinar que un clarinete suene más brillante o más oscuro es difícil de conseguir desde el punto de vista constructivo como ya hemos podido leer en el punto 2.3. Debido a la complejidad acústica del instrumento, podemos modificar

CAPITULO IV. CONCLUSIONES Y LÍNEAS FUTURAS DE INVESTIGACIÓN

las distancias entre sí de los orificios, la altura de las almohadillas, el diámetro de estos orificios, la conicidad del tubo en la parte inferior, etc. para modificar este “colorido tonal”, pero todo esto debe estar relacionado con el diámetro interior del tubo sonoro, condicionando notablemente la afinación de la totalidad de las notas del instrumento. Por tanto es un trabajo difícil para los constructores. Pero de este estudio acústico podemos extraer conclusiones más precisas de cuáles son los elementos que influyen en esta coloración del timbre.

Respecto al primer objetivo enumerado en el apartado 1.3., mediante la recogida de información de los diferentes fabricantes y el tipo de medición expuesta en el apartado 1.4., se puede comprobar que existen diferencias constructivas entre los cinco fabricantes de clarinetes utilizados en la recogida de muestras sonoras y sobre todo en los dos sistemas constructivos estudiados en el trabajo. Estas diferentes medidas, tanto internas como externas, del tubo en el tipo de construcción, son las responsables en el cambio tímbrico del clarinet francés respecto al clarinete alemán.

Relacionando el segundo y el tercer objetivo propuesto en el apartado 1.3., se puede concluir en primer lugar que en los dos tipos de clarinete, por ser un instrumento considerado cilíndrico y cerrado, resaltan los armónicos impares. Pero que el clarinete francés posee una mayor presencia de todos los armónicos respecto al clarinete alemán y que esta mayor presencia de armónicos es más evidente en el 2º registro del instrumento. Por otro lado es importante señalar que esta circunstancia no ocurre de forma tan evidente en el 1r registro, donde los sonidos analizados muestran valores en presencia de armónicos muy parecidos en ambos sistemas. O de modo contrario, en la comparativa realizada de la nota C5, donde podemos observar cómo la presencia de armónicos es mayor en el clarinete alemán que en el francés.

Todo esto, unido a lo expuesto en el punto 2.3 nos hace comprender y aparejar la diferencia tímbrica entre, clarinete francés sonido claro, y clarinete alemán sonido oscuro.

CAPITULO IV. CONCLUSIONES Y LÍNEAS FUTURAS DE INVESTIGACIÓN

En segundo lugar podemos concluir cual es la resonancia sonora de un clarinete frente al otro. Claramente la resonancia es mayor en el clarinete de construcción alemana que el de construcción francesa. El tiempo de caída analizado en ambos instrumentos así lo certifica, siendo más identificable en la parte baja del instrumento donde la mayoría del tubo, con sus características constructivas diferentes está actuando. Por otro lado es interesante observar como a medida que elevamos la frecuencia y por tanto los armónicos acompañantes de estas notas son menos perceptibles, esta diferencia de resonancia se equipara y presenta unos valores más cercanos, aún siendo siempre superior el clarinete alemán en los tres registros analizados.

De estos dos puntos anteriores podemos extraer que la diferencia tímbrica más evidente entre los dos clarinetes se produce en el 2º registro o también desde el punto de vista interpretativo, podríamos decir que hay un cambio de sonoridad notable al estar interpretando música con sonidos cortos.

En relación al 4º objetivo propuesto en el apartado 1.3., se ha realizado un trabajo de campo mediante la realización de un cuestionario de preguntas cerradas, aunque solamente han actuado clarinetistas profesionales y estudiantes en España. Esto ha supuesto una cierta limitación de este estudio realizado debido a la zona geográfica. Debido a la tradición académica, en este país solamente se estudia uno de los sistemas constructivos analizados, el “Sistema Boehm”, por tanto los conocimientos adquiridos durante la formación de los encuestados es mayormente favorable a este sistema. No obstante, un 72.7% de los encuestados tienen formación superior y han realizado cursos en el extranjero, presuponiendo unos conocimientos amplios en la materia.

Al comparar estos resultados del cuestionario de preguntas con las mediciones acústicas realizadas en la cámara anecoica, siendo este el 5º objetivo propuesto, se puede concluir que algunas de las percepciones sonoras de los instrumentistas, son constatables con el análisis extraído de las muestras, pero en algunos aspectos, no están en concordancia con el análisis acústico. Reseñar el análisis de resonancia sonora de cada tipo constructivo, en el que los encuestados opinan que los dos

CAPITULO IV. CONCLUSIONES Y LÍNEAS FUTURAS DE INVESTIGACIÓN

instrumentos poseen la misma resonancia y el análisis de las muestras corrobora que es el clarinete alemán el que ofrece mayor resonancia.

Referente al 6º objetivo de realizar una entrevista a una figura relevante del panorama clarinetístico, como ANEXO III del presente estudio, ha ayudado a tener la visión subjetiva del propio intérprete en relación al trabajo desarrollado en la presente investigación. Elementos como la sensación, la percepción, la subjetividad o la pretensión del músico en el instante de hacer una interpretación musical, son aspectos que escapan al rigor de un análisis científico y que han servido como elemento comparativo al extraer conclusiones.

Respecto a la influencia del conjunto boquilla-lengüeta en la sonoridad del instrumento, se ha tenido como limitación la imposibilidad de poder intercambiar, por motivos claramente constructivos del diámetro del taladro, estos conjuntos con los dos tipos de clarinetes estudiados, imposibilitando un análisis acústico con estas variables. Pero sí podemos deducir del estudio de campo realizado así como de la información obtenida y citada en el Capítulo II de este trabajo, que la influencia es más que evidente en la sonoridad total del instrumento. Hasta un 92,4 % de los encuestados así lo manifiestan.

De todo el trabajo realizado se pueden extraer dos elementos constructivos en el diseño del instrumento, que claramente no están resueltos en beneficio de la homogeneidad del sonido en toda la extensión del clarinete y que podrían llevar a cabo futuras líneas de investigación.

Ya hemos apuntado que la perfecta combinación del diseño de los orificios de tono con la proporción del diámetro del tubo, es el caballo de batalla de todo constructor para conseguir un sonido homogéneo del instrumento en todos sus registros y equilibrados en cuanto afinación se refiere.

Respecto al segundo elemento del que estamos hablando, la colocación del orificio de registro, así como su posible duplicidad, es uno de los elementos constructivos que pueden ser tratados en futuros trabajos de investigación. La

CAPITULO IV. CONCLUSIONES Y LÍNEAS FUTURAS DE INVESTIGACIÓN

forma que tiene de actuar y afectar en la onda sonora en la acústica del clarinete es muy importante.

Otro aspecto del que hemos hablado en el trabajo y que merece ser tratado de manera más concreta, es la influencia del conjunto boquilla-lengüeta en la sonoridad total del instrumento. El factor humano es muy importante en este aspecto, debido a que la cavidad bucal del intérprete es una pieza clave en su funcionamiento.

Por último, otra duda que nos ocupa es el material utilizado en la construcción del instrumento. ¿Hasta qué punto condiciona la sonoridad el material con el que está fabricado nuestro instrumento? Como hemos podido estudiar en el trabajo, gran parte del cambio de timbre en nuestro instrumento está condicionado debido al diseño del interior del tubo y sus orificios. Por tanto, ¿incide en la sonoridad si el clarinete está construido en metal, madera, resina o tiene las llaves bañadas en oro o plata?

CAPÍTULO V. BIBLIOGRAFÍA

- Backus, J. (1967). Resonances frequencies of the clarinet. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 43 (6): 1272-1281. doi: 10.1121/1.1910979
- Bartolozzi, B. (1982). *New sounds for woodwind*. New York: Oxford University Press. ISBN 0-19-318611-X
- Benade, A. H. (1973). Characterization of Woodwinds by Tone-Hole Cutoff Frequency. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 54: 311. doi: 10.1121/1.1978229
- Benade, A. H. (1990). *Fundamentals of musical acoustics*. New York: Dover Publications, Inc. ISBN 0-486-26484-X
- Birsak, K. (1992). *Die Klarinette*. Buchloe: Druck und Verlag Obermayer. ISBN 3-9800919-8-8
- Brymer, J. (1979). *Clarinet*. London: Macdonald and Jane's Publishers Limited. ISBN 0356084140
- Campbell, M. & Greated, C. (1987). *The musician's guide to acoustics*. New York: Oxford University Press. ISBN 0-19-816505-6
- Franco, J. (1943). *Manual de instrumentación de banda*. Madrid: Editorial Música Moderna
- Geoffrey, F. (1971). *The Clarinet*. London: Ernest Benn Limited. ISBN 0-510-36701-1
- Gibson, L. (1970). *The german clarinet: another world?*. EN: *Clarinet*. Illinois: The instrumentalist company, pp. 815-816
- Helmholtz, H. (1954). *On the sensations of tone*. New York: Dover Publications, Inc. ISBN 978-0-486-60753-5

Lawson, C. & Stowell, R. (2005). *La interpretación histórica de la música*. Madrid: Alianza Editorial. ISBN 84-206-8207-1

Li, W.; Almeida, A.; Smith, J. and Wolfe, J. (2016). How clarinetists articulate: The effect of blowing pressure and tonguing on initial and final transients. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 139 (2): 825-838. doi: 10.1121/1.4941660

Massin, J. & B. (2003). *Wolfgang Amadeus Mozart*. Madrid: Turner Publicaciones, S. L. ISBN 84-7506-596-1.

Mc Cathren, D. (1959). *Clarinet mouthpiece materials on tone quality*. EN: *Clarinet*. Illinois: The instrumentalist company, pp. 710-713

Mc Ginnis, C. S.; Hawkins, H. and Sher, N. (1943). An Experimental Study of the Tone Quality of the Boehm Clarinet. *The Journal of the Acoustical Society of America* 14: 228-237. doi: 10.1121/1.1916220

Pastor, V. (2005). *Estudio y análisis sobre la acústica y organología del clarinete y su optimización*. Tesis Doctoral. Universitat Politècnica de València, València, España.

Pastor, V. (2011). Aproximación a la acústica del clarinete. *Revista de Acústica*, 42 (3 y 4): 40-51.

Pastor, V. (2013). *El clarinete. Acústica, historia y práctica*. Valencia: Improntu Editores, S. L. ISBN 978-84-15972-12-9

Perez, M. (1980). *El universo de la música*. Madrid: Sociedad General Española de Librería, S. A. ISBN 84-7143-218-8

Roederer, J. (1995). *The physics and psychophysics of music*. New York: Springer-Verlag New York, Inc. ISBN 0-387-94366-8

Shackleton, N. (1997). *The development of the clarinet*. EN: *The Cambridge companion of the clarinete*. Cambridge University Press, pp.16-32

Sigel, A. (1988). *Clarinet Articulation*. New Jersey: Roncorp Inc. ISBN 0939103028

Stein, K. (1958). *The art of clarinet playing*. Princeton: Summy-Birchard Music. ISBN 0-87487-023-2

Vercher, J. (1983). *El Clarinet*. Tabernes: Gráficas Hermanos Aparisi, S. L. ISBN 84-300-9914-X

PÁGINAS WEB CONSULTADAS

Backun, et. al. (2019). *C. G. Carbon Bb Clarinet*. Disponible en: <<https://backunmusical.com/collections/clarinets/products/cg-carbon-bb-clarinet?variant=12299511201845>> [Consulta: 3 de abril de 2019]

Buffet-Crampon, et. al. (2019). *Our story*. Disponible en: <<https://backunmusical.com/collections/clarinets/products/cg-carbon-bb-clarinet?variant=12299511201845>> [Consulta: 14 de mayo de 2019]

Berliner Philharmoniker, et. al. (2019). *Application vacancy orchestra*. Disponible en: <<https://www.berliner-philharmoniker.de/en/academy/application-and-vacancies>> [Consulta: 25 de abril de 2019]

Clarinetes Marvent, et. al. (2019). *Nuestros productos*. Disponible en: <<http://clarinetesmarvent.es/nuestros-productos>> [Consulta: 3 de abril de 2019]

Fox, S. et. al. (2000). *Basic clarinet acoustics*. Disponible en: <<http://www.sfoxclarinets.com/BenclartI.html>> [Consulta: 21 de junio de 2019]

Fox, S. et. al. (2019). *The Benade NX Clarinet, Part I: Origins*. Disponible en: <<http://www.sfoxclarinets.com/BenclartI.html>> [Consulta: 21 de junio de 2019]

Gerold, A. et. al. (2019). *Vienna style*. Disponible en: <<https://www.gerold-klarinetten.at/en/vienna-style.html>> [Consulta: 3 de mayo de 2019]

Hans Zinner, et. al. (2019). *Facing list*. Disponible en: <http://www.hans-zinner.de/html/facing_list.html> [Consulta: 16 de mayo de 2019]

Jerez, S. et. al. (2011). *El Clarinete Alemán: El Sistema Oehler*. Disponible en: <http://sergio.jerezgomez.com/el-clarinete-aleman-el-sistema-oehler/> [Consulta: 29 de marzo de 2019]

Maderas Barber, et. al. (2019). *Las maderas*. Disponible en: <<https://maderasbarber.com/las-maderas/>> [Consulta: 12 de abril de 2019]

Musical Clarinet, et. al. (2019). *Boquillas*. Disponible en: <<http://www.musicalclarinet.com/search/label/Boquillas>> [Consulta: 16 de mayo de 2019]

Prosono, et. al. (2019). *Granadillo africano*. Disponible en: <<https://www.prosono-hardwoods.com/es/especies-maderas/granadillo-africano-dalbergia-melanoxylon/>> [Consulta: 12 de abril de 2019]

Real Academia Española, et. at. (2018). *Sonido*. Disponible en: <<https://dle.rae.es/?id=YMV5Hqd>> [Consulta: 25 de marzo de 2019]

Real Academia Española, et. at. (2018). *Timbre*. Disponible en: <<https://dle.rae.es/?id=ZlAmr0b>> [Consulta: 25 de marzo de 2019]

Storti, et. al. (2019). *Mi pensamiento*. Disponible en: <<https://www.storticlarinetmouthpiece.com/filosofia-es>> [Consulta: 16 de mayo de 2019]

The Clarinets, et. al. (2019). *The bore*. Disponible en: <<http://the-clarinets.net/english/clarinet-bore.html>> [Consulta: 28 de marzo de 2019]

The University of Edimburg, et. al. (2019). Musical Instrument Collection. Disponible en: <https://www.ed.ac.uk/information-services/library-museum-gallery/crc/collections/musical-instrument-collection>. [Consulta: 11 de marzo de 2019]

The University South of Wales, et. al. (2019). *Clarinet acoustics: an introduction*. Disponible en: <<https://newt.phys.unsw.edu.au/jw/clarinetacoustics.html>> [Consulta: 2 de abril de 2019]

Universität der Künste Berlin, et. at. (2019). *People*. Disponible en: <<https://www.udk-berlin.de/en/people/detail/person/show/francois-benda/>> [Consulta: 25 de abril de 2019]

Vandoren, et. al. (2019). *Catálogo*. Disponible en: <https://www.vandoren-es.com/downloads/Catalogo_t17336.html> [Consulta: 16 de mayo de 2019]

Viotto Clarinet Mouthpieces, et. at. (2019). *The Viotto Collection*. Disponible en: <<https://www.basdejong.com/mouthpieces.php/en>>

Wikibooks, et. al. (2019). *Engineering Acoustics/Clarinet Acoustics*. Disponible en: <https://en.wikibooks.org/wiki/Engineering_Acoustics/Clarinet_Acoustics> [Consulta: 28 de marzo de 2019]

Yamaha, et. at. (2019). *Brochures and catalogs*. Disponible en: <https://es.yamaha.com/files/download/brochure/1/1266711/W251R7_clarinets_eu.pdf> [Consulta: 16 de mayo de 2019]

ANEXO I: TABLAS DEL ANÁLISIS ACÚSTICO

Dinámicas sonoras estudiadas						
Sonido: C3						
Instrumento: Buffet – Crampon RC Prestige						
SERIE ARMÓNICA	<i>mf</i> ascendente	<i>mf</i> descendente	<i>f</i> ascendente	<i>f</i> descendente	<i>p</i> ascendente	<i>p</i> descendente
Fundamental	238 Hz (A#3) = -45,0 dB	238 Hz (A#3) = -46,5 dB	237 Hz (A#3) = -41,7 dB	237 Hz (A#3) = -42,3 dB	241 Hz (B3) = -56,8 dB	241 Hz (B3) = -56,2 dB
1r armónico	475 Hz (A#4) = -75,4 dB	475 Hz (A#4) = -76,4 dB	474 Hz (A#4) = -77,5 dB	475 Hz (A#4) = -82,2 dB	483 Hz (B4) = -89,6 dB	481 Hz (B4) = -88,1 dB
2º armónico	712 Hz (F5) = -44,5 dB	713 Hz (F5) = -45,8 dB	710 Hz (F5) = -40,0 dB	711 Hz (F5) = -40,7 dB	724 Hz (F#5) = -69,8 dB	722 Hz (F#5) = -66,4 dB
3r armónico	950 Hz (A#5) = -68,9 dB	950 Hz (A#5) = -68,3 dB	946 Hz (A#5) = -69,4 dB	953 Hz (A#5) = -72,1 dB		1203 Hz (D6) = -82,5 dB
4º armónico	1186 Hz (D6) = -46,5 dB	1187 Hz (D6) = -48,5 dB	1182 Hz (D6) = -43,0 dB	1184 Hz (D6) = -42,1 dB		
5º armónico	1423 Hz (F6) = -46,3 dB	1424 Hz (F6) = -48,3 dB	1425 Hz (F6) = -51,6 dB	1421 Hz (F6) = -51,1 dB		

Tabla 8: Dinámicas sonoras estudiadas Sonido: C3. Instrumento: Buffet
Fuente: Elaboración propia.

ESTUDIO DE REPETIBILIDAD												
Sonido: C3												
SERIE ARMÓNICA	<i>mf</i> ascendente		<i>mf</i> descendente		<i>f</i> ascendente		<i>f</i> descendente		<i>p</i> ascendente		<i>p</i> descendente	
	Hz	diferencia absoluta dB	Frecuencia (Hz)	diferencia absoluta de Nivel (dB)	Hz	diferencia absoluta dB	Hz	diferencia absoluta dB	Hz	diferencia absoluta dB	Hz	diferencia absoluta dB
Fundamental	238		238		237		237		241		241	
1r armónico	475	30,4	475	29,9	474	35,8	475	39,9	483	32,8	481	31,9
2º armónico	712	0,5	713	0,7	710	1,7	711	1,6	724	13	722	10,2
3r armónico	950	23,9	950	21,8	946	27,7	953	29,8			1203	26,3
4º armónico	1186	1,5	1187	2	1182	1,3	1184	0,2				
5º armónico	1423	1,3	1424	1,8	1425	9,9	1421	8,8				

Tabla 9: Estudio de repetibilidad de señal.
Fuente: Elaboración propia.

ESTUDIO DEL 2º REGISTRO

Sonidos: C3 – D4 – G4 – C5

SERIE ARMÓNICA	C3 Francés (Buffet)	C3 Alemán (Yamaha)	D4 Francés (Buffet)	D4 Alemán (Yamaha)	G4 Francés (Buffet)	G4 Alemán (Yamaha)	C5 Francés (Buffet)	C5 Alemán (Yamaha)
Fundamental	238 Hz (A#3) = -45,0 dB	234 Hz (A#3) = -43,6 dB	532 Hz (C5) = -34,0 dB	529 Hz (C5) = -31,1 dB	713 Hz (F5) = -32,2 dB	706 Hz (F5) = -33,2 dB	941 Hz (A#5) = -32,3 dB	933 Hz (A#5) = -39,2 dB
1r armónico	475 Hz (A#4) = -75,4 dB	468 Hz (A#4) = -71,2 dB	869 Hz (A5) = -83,0 dB	1058 Hz (C6) = -46,0 dB	1424 Hz (F6) = -36,5 dB	1410 Hz (F6) = -41,6 dB	1880 Hz (A#6) = -26,4 dB	1866 Hz (A#6) = -38,0 dB
2º armónico	712 Hz (F5) = -44,5 dB	702 Hz (F5) = -43,6 dB	1063 Hz (C6) = -41,6 dB	1163 Hz (D6) = -82,8 dB	2136 Hz (C7) = -35,8 dB	2114 Hz (C7) = -45,9 dB	2035 Hz (C7) = -85,0 dB	2801 Hz (F7) = -50,8 dB
3r armónico	950 Hz (A#5) = -68,9 dB	935 Hz (A#5) = -64,5 dB	1594 Hz (G6) = -45,0 dB	1585 Hz (G6) = -44,3 dB	2848 Hz (F7) = -62,6 dB	2819 Hz (F7) = -56,4 dB	2831 Hz (F7) = -58,7 dB	3719 Hz (A#7) = -64,1 dB
4º armónico	1186 Hz (D6) = -46,5 dB	1168 Hz (D6) = -45,5 dB	1930 Hz (B6) = -81,1 dB	1976 Hz (B6) = -88,9 dB	3570 Hz (A7) = -61,7 dB	3524 Hz (A7) = -74,9 dB	3770 Hz (A#7) = -54,7 dB	5579 Hz (F8) = -80,3 dB
5º armónico	1423 Hz (F6) = -46,3 dB	1402 Hz (F6) = -56,9 dB	2121 Hz (C7) = -49,9 dB	2113 Hz (C7) = -52,4 dB	4272 Hz (C8) = -68,2 dB	4247 Hz (C8) = -75,7 dB	4713 Hz (D8) = -69,1 dB	

Tabla 10: Estudio del 2º registro. Sonidos: C3 – D4 – G4 – C5

Fuente: Elaboración propia

ESTUDIO COMPARATIVO DEL 2º REGISTRO
Sonidos: C3 – D4 – G4 – C5

SERIE ARMÓNICA	C3 Francés (Buffet)		C3 Alemán (Yamaha)		D4 Francés (Buffet)		D4 Alemán (Yamaha)		G4 Francés (Buffet)		G4 Alemán (Yamaha)		C5 Francés (Buffet)		C5 Alemán (Yamaha)	
	Hz	diferencia absoluta dB	Hz	diferencia absoluta dB	Hz	diferencia absoluta dB	Hz	diferencia absoluta dB	Hz	diferencia absoluta dB	Hz	diferencia absoluta dB	Hz	diferencia absoluta dB	Hz	diferencia absoluta dB
Fundamental	238		234		532		529		713		706		941		933	
1r armónico	475	30,4	468	27,6	869	49	1058	14,9	1424	4,3	1410	8,4	1880	5,9	1866	1,2
2º armónico	712	0,5	702	0	1063	7,6	1163	51,7	2136	3,6	2114	12,7	2035	52,7	2801	11,6
3r armónico	950	23,9	935	20,9	1594	11	1585	13,2	2848	30,4	2819	23,2	2831	26,4	3719	24,9
4º armónico	1186	1,5	1168	1,9	1930	47,1	1976	57,8	3570	29,5	3524	41,7	3770	22,4	5579	41,1
5º armónico	1423	1,3	1402	13,3	2121	15,9	2113	21,3	4272	36	4247	42,5	4713	36,8		

Tabla 11: Comparativa del estudio del 2º registro.
 Fuente: Elaboración propia

ESTUDIO COMPARATIVO TRANSITORIO DE CAIDA									
Sonidos: G2 – G3 – G4									
TRANSITORIO CAIDA Fr. vs Al.	G2 Buffet (Fr.)	G2 Yamaha (Al.)	Variación relativa	G3 Buffet (Fr.)	G3 Yamaha (Al.)	Variación relativa	G4 Buffet (Fr.)	G4 Yamaha (Al.)	Variación relativa
Tiempo de caída en milisegundos	22 ms	81 ms	72,8	49 ms	67 ms	26,8	100 ms	112 ms	10,7

Tabla 12: Estudio comparativo transitorio de caída.
Fuente: Elaboración propia.

ESTUDIO ESCALA EN <i>LEGATO</i>					
Sonido: E4					
SERIE ARMÓNICA	Buffet (Fr.)	Leblanc (Fr.)	Yamaha (Al.)	Hammerschmidt (Al.)	Reform-Boehm
Fundamental	599 Hz (D5) = -33,9 dB	595 Hz (D5) = -33,5 dB	591 Hz (D5) = -34,8 dB	593 Hz (D5) = -32,5 dB	592 Hz (D5) = -36,9 dB
1r armónico	988 Hz (B5) = -83,3 dB	1191 Hz (D6) = -42,0 dB	989 Hz (B5) = -86,3 dB	1004 Hz (B5) = -87,6 dB	1185 Hz (D6) = -42,8 dB *
2º armónico	1194 Hz (D6) = -46,7 dB	1786 Hz (A6) = -42,6 dB	1182 Hz (D6) = -46,9 dB	1187 Hz (D6) = -43,8 dB	1777 Hz (A6) = -44,0 dB
3r armónico	1792 Hz (A6) = -45,4 dB	2382 Hz (D7) = -56,8 dB	1588 Hz (G6) = -84,7 dB	1780 Hz (A6) = -45,4 dB	2369 Hz (D7) = -58,7 dB
4º armónico	1917 Hz (A#6) = -87,0 dB	2992 Hz (F#7) = -105,5 dB	1772 Hz (A6) = -54,1 dB	2372 Hz (D7) = -61,9 dB	2990 Hz (F#7) = -106,7 dB
5º armónico	2071 Hz (C7) = -88,2 dB	3593 Hz (A7) = -99,9 dB	2362 Hz (D7) = -63,9 dB	2966 Hz (F#7) = -63,1 dB	3535 Hz (A7) = -100,6 dB

*no está el 2º armónico 1000 Hz ≈

Tabla 13: Estudio escala en legato. Sonido: E4

Fuente: Elaboración propia.

ESTUDIO COMPARATIVO ESCALA EN <i>LEGATO</i>										
Sonido: E4										
SERIE ARMÓNICA	Buffet (Fr.)		Leblanc (Fr.)		Yamaha (Al.)		Hammerschmidt (Al.)		Reform-Boehm	
	Hz	diferencia absoluta dB	Hz	diferencia absoluta dB	Hz	diferencia absoluta dB	Hz	diferencia absoluta dB	Hz	diferencia absoluta dB
Fundamental	599		595		591		593		592	
1r armónico	988	49,4	1191	8,5	989	51,5	1004	55,1	1185	5,9
2º armónico	1194	12,8	1786	9,1	1182	12,1	1187	11,3	1777	7,1
3r armónico	1792	11,5	2382	23,3	1588	49,9	1780	12,9	2369	21,8
4º armónico	1917	53,1	2992	72	1772	19,3	2372	29,4	2990	69,8
5º armónico	2071	54,3	3593	66,4	2362	29,1	2966	30,6	3535	63,7

Tabla 14: Estudio comparativo escala en *legato*.
Fuente: Elaboración propia.

ESTUDIO COMPARATIVO DE PASAJE MUSICAL					
<i>Larghetto de W. A. Mozart</i>					
PASAJE MUSICAL	Buffet (Fr.)	Leblanc (Fr.)	Yamaha (Al.)	Hammerschmidt (Al.)	Reform-Boehm
Tiempo total interpretación (en segundos)	31,510 s	32,812 s	32,762 s	32,562 s	32,798
Variación máxima de amplitud entre notas	93,8	94,5	83,3	90	90,9

Tabla 15: Estudio comparativo de pasaje musical.
Fuente: Elaboración propia.

ANEXO II: CUESTIONARIO

1. ¿Cuál es tu nivel como clarinetista?

- Enseñanzas Superiores
- Profesional

2. ¿Qué modelos de construcción de clarinete conoces?

- Sistema francés
- Sistema alemán
- Sistema “reform-boehm”
- Todos

3. ¿Con qué sistema te sientes más identificado?

- Sistema francés
- Sistema alemán
- Sistema “reform-boehm”

4. ¿Con qué sistema desarrollas tu labor como estudiante o profesional?

- Sistema francés
- Sistema alemán
- Sistema “reform-boehm”

5. ¿Cuál es tu nivel de conocimientos sobre los dos sistemas francés y alemán?

- Bajo
- Intermedio

- Alto

6. ¿Tienes un dominio aceptable de los dos sistemas por igual?

- Si

- No

7. ¿Qué elemento relacionarías como más identificativo del sistema francés?

- Sonoridad

- Digitación

- Afinación

8. ¿Qué elemento relacionarías con el sistema alemán?

- Sonoridad

- Digitación

- Afinación

9. ¿Con cuál de los siguientes adjetivos relacionarías la sonoridad del clarinete francés?

- Claro

- Brillante

- Opaco

- Oscuro

10. ¿Con cuál de los siguientes adjetivos relacionarías la sonoridad del clarinete alemán?

- Claro

- Brillante

- Opaco

- Oscuro

11. ¿Qué grado de dificultad piensas que presentan el *staccato* a gran velocidad metronómica?

- Sistema francés mayor grado de dificultad

- Sistema alemán mayor grado de dificultad

- Los dos sistemas por igual

12. ¿Qué grado de dificultad presentan los *legato* en grandes intervalos?

- Sistema francés mayor grado de dificultad

- Sistema alemán mayor grado de dificultad

- Los dos sistemas por igual

13. ¿Qué grado de dificultad presenta el *legato* del registro agudo al sobreagudo? (Sol4-Do5)

- Sistema francés mayor grado de dificultad

- Sistema alemán mayor grado de dificultad

- Los dos sistemas por igual

14. ¿Qué número de armónicos resultantes de los sonidos fundamentales están más presentes en la sonoridad del instrumento?

- Sistema francés

- Sistema alemán

15. Haciendo sonar el instrumento el mismo ejecutante y en las mismas condiciones, ¿Qué mayor rango de potencia sonora (dB) es obtenida?

- Sistema francés

- Sistema alemán

16. ¿Qué grado de afectación tiene el conjunto boquilla-lengüeta en la sonoridad del clarinete?

- Alto

- Intermedio

- Bajo

17. ¿En qué tipo de formación musical el sonido del clarinete sistema francés es más complementario al resto de instrumentos?

- Cuarteto de cuerda

- Quinteto de viento

- Orquesta sinfónica

- Banda de jazz

- Banda de instrumentos de viento

18. ¿En qué tipo de formación musical el sonido del clarinete sistema alemán es más complementario al resto de instrumentos?

- Cuarteto de cuerda

- Quinteto de viento

- Orquesta sinfónica

- Banda de jazz

- Banda de instrumentos de viento

19. En la emisión de una nota corta, en igualdad de condiciones, ¿Qué tipo de clarinete tendrá una mayor “resonancia”?

- Sistema francés

- Sistema alemán

- Por igual

20. ¿Cuál de los dos sistemas presenta una mayor “uniformidad” del timbre en todos sus registros, (o Mi2 a Do5) en igualdad de condiciones?

- Sistema francés

- Sistema alemán

- Por igual

ANEXO III: ENTREVISTA

En esta parte del trabajo he realizado una entrevista a una figura representativa del mundo clarinetístico con experiencia y conocimientos en la utilización de los dos sistemas estudiados. El entrevistado es el clarinetista José Vicente Herrera Romero, Clarinete Solista de la Orquesta de Valencia, con casi 40 años de experiencia como solista en orquesta y música de cámara y con estudios en la Universität Mozarteum y Universität für Musik und darstellende Kunst Wien. Su experiencia docente es numerosa, impartiendo clase en diferentes centros musicales de la geografía española, así como en el Konservatorium Wien Privatuniversität.

Su preocupación por la sonoridad del instrumento, le ha llevado a ser un gran conocedor y adquirir un importante bagaje de conocimientos de los diversos tipos constructivos de clarinetes, boquillas, lengüetas y demás accesorios que influyen en la sonoridad del instrumento.

Pregunta: ¿Cuáles fueron tus inicios en el clarinete?

Respuesta: Mis inicios fueron en el seno familiar, mi padre empezó a enseñarme solfeo e hice las pruebas para el Conservatorio de Valencia. En un principio yo quería la percusión, pero mi padre decidió matricularme en clarinete porque mi abuelo ya era clarinetista. De este modo me hice clarinetista, bajo la tutela en el conservatorio del profesor Lucas Conejero.

Pregunta: ¿Donde ampliaste la formación como clarinetista en el extranjero?

Respuesta: En primer lugar estuve en un curso de verano en el Mozarteum de Salzburg con el profesor Rudolf Jettle, y a partir de ahí empecé a estudiar con los profesores Alfred Prinz, Karl Leister, Alois Brandhofer, George Pieteron y Jack Brymer en Salzburg y Londres. Finalmente, accedí a la Universität für Musik und darstellende Kunst Wien siendo alumno de Alfred Prinz.

Pregunta: ¿Qué diferencias sonoras encontraste en estos países respecto a lo que habías escuchado en España?

Respuesta: El primer contacto que tuve con una sonoridad totalmente diferente a lo que estaba acostumbrado a escuchar, fue a través del disco, una versión del concierto para clarinete de Mozart interpretada por A. Prinz y la Filarmónica de Viena. Al principio me resultaba tan diferente ese tipo de sonoridad que de algún modo me hacía reír. En ese momento creía que estaban equivocados y que no sabían tocar... ¡Alfred Prinz y la Filarmónica de Viena! Más tarde me compre un disco completamente distinto, del clarinetista inglés Gervase de Peyer y a medida que escuchaba otras formas de interpretar en cada disco nuevo, me hacía que pensar sobre la forma de tocar aquí o en el extranjero, quizá los que no sabíamos tocar éramos nosotros...(comenta entre sonrisas). Por aquel entonces en España se tocaba lo que podríamos denominar como “escuela francesa antigua”, porque hoy en día se han acercado mucho todas las escuelas y era diferente la forma de sonar de aquellos años. Al llegar a Viena descubrí la forma de sonar vienés. Aquí se buscaba un sonido totalmente claro y cristalino, y en Viena era todo lo contrario, sonido oscuro y grueso.

Pregunta: ¿Cuál fue tu primer contacto con el sistema alemán?

Respuesta: Al llegar a Austria, la mayoría de clarinetistas tocaban con sistema alemán. Pedí a un compañero que me dejara tocar con su clarinete y no lo pude hacer sonar, diferente boquilla, diferente tipo de embocadura, etc. Ya me explicaron que tenía que introducir más boquilla en la boca y fue cuando descubrí la sensación al sí poder hacer sonar el instrumento y me gusto muchísimo. Entonces me di cuenta que sonaba muy bonito pero que era muy difícil tocar este tipo de clarinete.

Pregunta: ¿Qué diferencias en aspectos técnicos, sonoridad, legato, articulación, afinación, etc., encuentras en ambos sistemas constructivos?

Respuesta: En cuanto a sonoridad, el tubo vienés te ayuda mucho. Es el más amplio en cuanto a diámetro y ofrece un sonido muy bonito, pero es más difícil controlar la afinación. El legato en el sistema alemán es infinitamente mejor que en el sistema francés. En el clarinete francés cualquier paso de nota en legato ofrece un pequeño golpe en el sonido, en el sistema alemán esto no ocurre, el paso

de una nota a otra es más suave. En cuanto a la articulación, por supuesto es más fácil en el sistema francés, y este motivo creo que ha provocado que los clarinetistas alemanes dediquen muchas horas de estudio al stacatto con inmejorables resultados. Referente a la afinación hoy en día construyen instrumentos muy bien afinados tanto en un sistema como en otro.

Pregunta: ¿Que experiencias has tenido como solista en la orquesta utilizando los dos sistemas?

Respuesta: Bueno, yo me encuentro más cómodo con el sistema alemán, pero es cierto que mi formación fue con sistema francés y hay piezas que me resulta difícil en cuanto mecanismo tocarlas con sistema alemán. Yo tocaba con clarinete francés hasta que descubrí que había un clarinete mixto, un híbrido con la “facilidad” de la digitación francesa y la sonoridad más alemana.

Pregunta: ¿Qué tipo de tubo piensas que se complementa más con la cuerda en la orquesta?

Respuesta: Hoy en día pienso que se complementan bien los dos. Escuchas cualquier orquesta en la actualidad ya sea francesa, americana o inglesa y todos los clarinetes empastan muy bien con la cuerda. Pero si escuchas grabaciones antiguas de estas orquestas, los clarinetes sonaban muy brillantes, al igual que las orquestas austríacas y alemanas. Hoy en día todos los clarinetistas de orquestas tienden a oscurecer el sonido y acoplarse al resto de instrumentos de la orquesta.

Pregunta: ¿Piensas que hay diferencias en la proyección sonora entre ambos clarinetes en la sonoridad general de la orquesta?

Respuesta: Si que la hay. Si te encuentras cerca, el clarinete francés parece que suene más que el alemán, pero si te alejas y en el conjunto de la orquesta la sonoridad del clarinete alemán se percibe mejor. Al menos la experiencia que he tenido yo con diferentes instrumentos y compañeros escuchando desde fuera es así. Existe diferencia aunque no sea muy notable.

Pregunta: En cuanto a la docencia, ¿encuentras diferencias entre un país u otro, o un tipo de escuela u otra?

Respuestas: Como he dicho anteriormente, hoy en día se ha globalizado todo. Algunos hemos ido a estudiar a diferentes países y maestros han venido a España a dar clases, entonces la forma de enseñanza es muy similar. Años atrás te podía extrañar algo fuera de lo normal, pero hoy en día pienso que está muy equiparada.

Pregunta: Opinión al respecto de la cantidad de accesorios, boquillas, cañas, abrazaderas, barriletes, campanas, etc. ¿Hay una pretensión por aunar o globalizar un tipo de sonoridad?, ¿tiene algo que ver la comercialización o el marketing de las empresas implicadas?

Respuesta: En cuanto a la globalización de la sonoridad hay una cuestión importante a destacar. Muchas veces se acusa a las orquestas alemanas o austríacas la imposibilidad de poder acceder a estas orquestas con clarinete francés. Si aceptaran que estos instrumentos entraran en sus orquestas, su sonoridad se vería afectada y se terminaría la peculiaridad que tienen estas orquestas, sonaría igual la Filarmónica de los Ángeles, London Symphony o Concertgebouwn de Amsterdam. Para mí sería perder riqueza. Cuando yo escucho a Londres, que me parece una orquesta impresionante, es diferente a Viena, Berlin o Concertgebouwn. En Viena, trompetas, trompas, oboes y clarinetes son instrumentos diferentes al resto de orquestas, si esto se termina dará igual escuchar a una orquesta u otra.

Por otro lado, toda la cantidad de accesorios que hay hoy en día en algunos casos funcionan muy bien. Cuando yo empecé a estudiar todos tocábamos con la misma boquilla, Vandoren 5RV, más tarde la B45 y fíjate la cantidad que hay hoy en día. Pero sí es cierto que las personas vamos a modas. Que un gran solista toque con un instrumento determinado no va a hacer que tú toques igual. También hay ciertos estereotipos de sonoridad de grandes solistas que los clarinetistas tienden a querer imitar, pero si tú quieres sonar a inglés, toca con clarinete inglés y ves a estudiar a Londres y si quieres sonar a vienés, toca con este tipo de instrumento y ves a estudiar a Viena, de otro modo es prácticamente imposible el imitarlo. El

músico debe buscar la boquilla, caña, abrazadera y demás accesorios que mejor le vaya a él mismo. Otro claro ejemplo es cuando se empezaron a comercializar hace algunos años barriletes y campanas de la marca Backun y muchos comenzaron a acoplarlos a sus clarinetes. Pienso que obviamente afecta al sonido del instrumento, pero va a un poco a gustos. Lo que sí que tengo claro es que en un clarinete Buffet, Selmer o Yamaha, nadie sabe mejor que sus propios ingenieros qué es lo que va mejor en ese clarinete. Por lo tanto soy partidario de tocar con las partes originales del fabricante.

Pregunta: Marcas preferidas en cada sistema constructivo.

Respuesta: Bueno, yo no tengo marcas preferidas, creo que he tocado con casi todas las marcas de construcción francesa, Buffet, Leblanc, Selmer, ahora tengo un Yamaha CSG-III que es el mejor para mi gusto en sistema francés. En reform-boehm he tocado con Hammerschmidt, Wurlitzer, Yamaha ahora toco con Swenk und Seggelke y pienso que son los mejores clarinetes que hay en el mercado en sonoridad, legato y afinación. También toco a menudo con Gerold de corte vienés. Depende, si encuentro algo mejor cambio de marca.

Pregunta: ¿Qué preferencias musicales tienes?

Respuesta: En un principio cuando fui a estudiar a Viena y estaba tan centrado en buscar ese tipo de sonoridad, todo giraba en torno a versiones de la Filarmónica, clarinetistas vieneses, o el clarinetista Karl Leister que fue el primero en romper la sonoridad clara tradicional alemana y sonar más oscuro, yo siempre buscaba esto. Pero a medida que he ido madurando, te das cuenta que no sólo se toca bien allí y que no siempre se toca bien allí. Quizás tengo unas 40 versiones del concierto para clarinete de Mozart y la que más me gusta posiblemente es de Andrew Marriner, clarinetista inglés en las antípodas de mi ideal sonoro quizás, pero que interpreta el concierto de manera maravillosa.

Pregunta: ¿Cuál es tu opinión respecto al purismo en las interpretaciones históricas o reproducciones con instrumentos originales?

Respuesta: Respecto a las interpretaciones de las composiciones, al final nosotros somos meros interpretes de lo que pone en la partitura. No podemos cambiar a nuestro antojo la versión escrita por el compositor. Hoy en día en ocasiones se hacen auténticas barbaridades por querer cambiar o descubrir algo nuevo, y pienso que es algo pretencioso por parte del intérprete. Por otro lado referente a las reproducciones con instrumentos originales tengo mis reservas. Por una parte me parece interesante, pero por otra parte como cita el crítico musical Norman Lebrecht, las interpretaciones históricas surgieron por parte de las discográficas, aunque hoy en día se haya convertido en tema de estudio. Hay que tener en cuenta que las formaciones que existen hoy en día y se dedican a reproducir este tipo de música de la forma más original, cuenta con los mejores músicos en esa especialidad de hoy en día en el mundo. No creo que los músicos que estrenaban las sinfonías de Haydn o Mozart fueran los mejores. Hoy en día escuchamos grabaciones perfectas en afinación de estas formaciones y sin embargo podemos escuchar grabaciones de los años 60 de Berlín o Viena con muchas desafinaciones; o se reproduce música en auditorios para 2.000 personas cuando en la época se interpretaban en salas reducidas y de gran reverberación. Por lo tanto, no creo que suenen igual y que su finalidad sea la que se pretende.

Pregunta: ¿Existe diferencia entre interpretar música francesa, inglesa o americana y por otro lado música romántica alemana con un sistema de clarinete u otro?

Respuesta: Si que hay diferencia, porque Brahms, Schumann u otros compositores de esta época y estilo, piden de algún modo esa sonoridad más oscura en sus composiciones. De igual modo pasa con Debussy con un clarinete alemán. De todos modos es imposible el cambiar de tipo de clarinete según el estilo de música a interpretar y tengo como referentes a clarinetistas con sistema alemán tocar música francesa y de modo contrario tocar un Brahms con clarinete francés. Es diferente, pero hoy en día las sonoridades se han acercado mucho y se puede interpretar perfectamente de los dos modos.

Pregunta: ¿Cuál es tu repertorio clarinetístico preferido?

Respuesta: A medida que vas avanzando en edad vas evolucionando en tus gustos. Del repertorio clarinetístico, exceptuando Mozart o Brahms, hay poca música que disfrute escuchándola. Desde el punto de vista técnico, nuestro repertorio tiene mucha música interesante, pero quizás menos desde el punto de vista musical, con claras excepciones como he dicho antes. Por lo tanto para disfrutar escuchando me parece más interesante hoy en día un madrigal de Monteverdi que uno de los conciertos nuestros de Weber. He intentado evolucionar en ese aspecto a ser más músico que clarinetista, tanto al escuchar como al interpretar.

Pregunta: Próximos proyectos como solista.

Respuesta: En mi labor como clarinete solista de la Orquesta de Valencia el trabajo y la dedicación deben ser constantes. Terminamos de tocar las Variaciones de Ginastera, con mucho trabajo en el papel de clarinete solista, en breve la Rapsodia in Blue de Gershwin y la próxima temporada Danzas de Galanta, Novena de Beethoven con su tercer movimiento muy difícil en afinación, y lo que se programe por parte del Palau. Me gustaría interpretar como solista la Sinfonía Concertante para Clarinete y Orquesta de Alfred Uhl, que se ha interpretado muy pocas veces en el mundo e inédita en España.

LISTA DE TABLAS

Tabla 1: Marcas y modelos utilizados en la investigación.

Tabla 2: Adjetivos utilizados para calificar el timbre.

Tabla 3: Características maderas utilizadas en la construcción de clarinetes.

Tabla 4: Principales características constructivas de ambos sistemas.

Tabla 5: Características boquillas francesa y alemana.

Tabla 6: Características lengüeta francesa y alemana.

Tabla 7: Muestras sonoras.

Tabla 8: Dinámicas sonoras estudiadas Sonido: C3. Instrumento: Buffet

Tabla 9: Estudio de repetibilidad de señal.

Tabla 10: Estudio del 2º registro. Sonidos: C3 – D4 – G4 – C5

Tabla 11: Comparativa del estudio del 2º registro.

Tabla 12: Estudio comparativo transitorio de caída.

Tabla 13: Estudio escala en legato. Sonido: E4

Tabla 14: Estudio comparativo escala en legato.

Tabla 15: Estudio comparativo de pasaje musical.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Clarinete Sistema Müller de 13 llaves. Clarinete Sistema Boehm.

Figura 2: Chalemeau soprano de 2 llaves.

Figura 3: Características constructivas históricas de clarinetes.

Figura 4: Ejemplo de onda senoidal.

Figura 5: Ejemplos de onda no senoidal.

Figura 6: Evolución constructiva parte superior clarinete.

Figura 7: Imágenes clarinetes sistema francés y alemán.

Figura 8: Diversas formas internas del tubo.

Figura 9: Herramientas modificación interna del tubo.

Figura 10: Funcionamiento virtual del orificio de registro del clarinete.

Figura 11: Partes de la boquilla.

Figura 12: Ejemplo de lengüeta.

Figura 13: Espectograma sonido C3 *mezzoforte*.

Figura 14: Espectograma sonido G4 *Yamaha 457-22*.

Figura 15: Forma de onda sonido corto G3 *Yamaha 457-22*.

Figura 16: Espectograma sonido E4 *Leblanc Opus*

Figura 17: Forma de onda sonido pasaje musical clarinete *O. Hammerschmidt*.