

TFG

**CONSERVACIÓN Y RESTAURACIÓN DE
INSTRUMENTOS MUSICALES.
INSTRUMENTOS EUROPEOS DE CUERDA FROTADA.**

**Presentado por Irene Lagartos Granados
Tutor: José Vicente Grafía Sales**

**Facultat de Belles Arts de Sant Carles
Grado en Conservación y Restauración de Bienes Culturales
Curso 2013-2014**



**UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA**



**UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA
FACULTAT DE BELLES ARTS DE SANT CARLES**

RESUMEN

El presente trabajo ha tenido como objeto identificar, valorar y establecer unos códigos de actuación para la conservación y restauración de instrumentos musicales de cuerda frotada. Para ello, se ha propuesto elaborar una investigación de todos los aspectos circundantes a estos objetos, empleando las entrevistas y el contraste de información publicada por diferentes medios como técnica de análisis. La examinación de apartados como la diferenciación entre las obras tradicionales y funcionales, la historia, la anatomía y construcción, y la acústica, muestra una visión general de estos objetos que nos ha ayudado a comprender y valorar el contexto en el que se ubican.

Por otro lado, el establecimiento de unos códigos de actuación, así como los procesos de intervención a seguir en una restauración, nos han aportado los mecanismos necesarios para una actuación respetuosa hacia la identidad particular de cada obra.

PALABRAS CLAVE: Instrumentos musicales, conservación y restauración, construcción, acústica, criterios.

This project has aimed to identify, assess and establish codes of practice for the conservation and restoration of musical string instruments. To do this, it has been proposed to develop an investigation of all aspects surrounding these objects, using interviews and contrast information published by different media such as technical analysis. Examination of sections such as the distinction between traditional and functional works, history, anatomy and construction, and acoustic shows an overview of these items has helped us to understand and appreciate the context in which they are located. Furthermore, the establishment of codes of practice and intervention processes to follow in a restoration, we have provided the mechanisms needed for wise action towards the particular identity of each work.

KEYWORDS: Musical Instruments, conservation and restoration, construction, acoustics, criteria.

INDICE

OBJETIVOS Y METODOLOGÍA DE TRABAJO.....	4
INTRODUCCIÓN.....	4
DIFERENCIAS ENTRE OBRAS TRADICIONALES Y OBJETOS FUNCIONALES.....	6
BREVE RECORRIDO A TRAVÉS DE LA HISTORIA DE LOS INSTRUMENTOS MUSICALES.....	8
ANATOMÍA Y CONSTRUCCIÓN DE LOS INSTRUMENTOS MUSICALES.....	13
EXTERIOR.....	14
INTERIOR	15
MONTAJE.....	15
ACÚSTICA MUSICAL.....	17
MATERIALES.....	21
MADERA	21
BARNICES.....	23
CRITERIOS Y ÉTICAS DE USO	24
TRATAMIENTOS BÁSICOS DE CONSERVACIÓN	25
CUIDADO GENERAL DE LOS INSTRUMENTOS MUSICALES EN COLECCIONES MUSEÍSTICAS	27
MANTENIMIENTO	29
TÉCNICAS DE RESTAURACIÓN	30
REPARACIONES EN LA TAPA Y EL FONDO.....	32
REPARACIONES EN LOS AROS.....	38
REPARACIONES EN EL MANGO Y LA VOLUTA.....	41
CONCLUSIÓN.....	45
BIBLIOGRAFÍA.....	46

1. INTRODUCCIÓN

Las diferencias en los grupos sociales vienen marcadas por la cultura. Ésta representa todos aquellos valores tangibles e intangibles que se van sucediendo y traspasando de generación en generación.

La necesidad de transmitir conocimientos junto con la misión de dejar nuestra huella, ha llevado al ser humano a componer y proteger identidades mediante la construcción de valores sociales, históricos y artísticos.

La música es un elemento esencial de la condición humana, forma parte de su cultura y frecuentemente es utilizado como mecanismo de expresión. Mediante los instrumentos musicales se construye una realidad sonora y tangible que necesita desarrollarse en todas sus vertientes para existir.

La música es un arte abstracto que transcurre en un tiempo y en un espacio definido. El patrimonio musical contribuye a identificar y diferenciar culturas, por lo que debe ser protegido, conservado y transmitido. Sin embargo todavía no se ha generado una definición o unos códigos de actuación para su preservación, ya sea en el ámbito de la museología o en el de la organología.

El desconocimiento hacia este tipo de bienes se hace patente ante la desprotección de muchos de los materiales hallados en lugares no adecuados como los mercadillos o exhibidos como meras piezas decorativas.

Hoy día todavía no se ha desarrollado ninguna ley que ampare o clasifique los bienes musicales, pues muchos de ellos están incluidos en enunciados como “bibliotecas”, “archivos”, “yacimientos arqueológicos” u “objetos artísticos” (como los define la RAE). Una primera clasificación podría dividir estos bienes en materiales (instrumentos musicales, partituras, grabaciones musicales, libros/tratados sobre música...) e inmateriales (todo patrimonio musical y coreográfico de transmisión oral). La valoración del patrimonio musical sólo será posible fomentando la sensibilidad hacia él a través del sistema educativo.

Debido a la amplitud de temas relacionados con el patrimonio musical y al limitado espacio con el que contamos para desarrollar nuestro proyecto, se hace necesario acotar nuestro trabajo al análisis de un reducido número de bienes materiales. Los instrumentos musicales son pues, el eje y el material de estudio de nuestra investigación. La trivialidad con la que han sido tratados con respecto a otras artes y la singularidad de sus propiedades, supone un contraste con los métodos de trabajo llevados a cabo tradicionalmente. Por lo que definir sus características, recorrer su evolución histórica y conocer los factores a tener en cuenta en su construcción, es una tarea necesaria para establecer unos criterios unificados y personalizados para estos objetos.

2. OBJETIVOS Y METODOLOGÍA DE TABAJO

El presente trabajo tiene como objeto introducir al ciudadano en la conservación y restauración de instrumentos musicales. Para ello:

- Se expondrá las características de estos objetos en contraposición al tratamiento establecido en otras piezas u obras de arte.
- Se hará un breve recorrido por la historia de los instrumentos musicales de cuerda frotada.
- Se introducirá en la anatomía y construcción de dichos instrumentos.
- Se mostrarán los principios acústicos que condicionan su funcionamiento.
- Se presentarán los materiales más importantes para su elaboración.
- Y, se ahondará en los criterios y metodología de trabajo.

Para el desarrollo del presente proyecto se ha seguido un proceso de recopilación de archivos e información a través del contraste de fuentes y la realización de entrevistas a diferentes profesionales en la materia. De esta manera, se ha podido comprender los diferentes puntos de vista en el tratamiento de estas piezas. Para ello, los recursos primarios empleados han sido: entrevistas, documentos oficiales, revistas y libros. Como recursos secundarios, señalar el uso de artículos para completar las conclusiones basadas en las fuentes primarias.

3. DIFERENCIAS ENTRE OBRAS TRADICIONALES Y OBJETOS FUNCIONALES.

Los instrumentos musicales son objetos funcionales cuyo principal componente estético es el sonido. A diferencia de otras obras de arte, su estética va más allá de lo puramente físico. Poseen unas cualidades físicas que hacen necesario su funcionamiento. Éste conduce al instrumento a factores de deterioro como el desgaste y la pérdida de elementos originales.

En cuanto a las intervenciones llevadas a cabo a causa de esta característica, existen dos posturas enfrentadas. Por un lado, aquellos que abogan por una conservación a ultranza, lo cual limita la libertad del instrumento para desempeñar el cometido por el que ha sido creado. Por otra parte, están aquellos que hacen un uso abusivo del instrumento, defendiendo que lo más importante de estos objetos es su musicalidad, llegando a realizar todas las intervenciones que fueran necesarias para acometer este fin, restando importancia a los factores físico-históricos de la pieza.

Por ello, es necesario establecer unos códigos éticos de actuación, como pueden ser:

- Consideración hacia la apariencia física, histórica y artística del objeto.
- Toda intervención debe estar sujeta a las cualidades y valores del objeto, de manera que estas prácticas no cobren una relevancia superior sobre la condición del instrumento.
- Todas las operaciones deben ser, en la medida de lo posible, reversibles, con el fin de facilitar la eliminación en el caso de que éstas pudieran suponer un daño para la pieza.
- El acuerdo que el restaurador lleve a cabo con el propietario nunca debe suponer un peligro para la integridad del objeto. Independientemente de las dimensiones de la actuación.
- Debe detallarse un informe con todos los tratamientos llevados a cabo, con el propósito de documentar el estado del objeto y prevenir futuros daños.

Éstas son algunas de las pautas más importantes recogidas por [el Instituto de Conservación Americano \(AIC\)](#). Aunque muchos de estos códigos en un principio fueron formulados para las colecciones de Bellas Artes, debido a las circunstancias que extremaban la necesidad de un plan de intervención inmediato a causa de los desastres sufridos en el pasado, hoy día se hace

patente la necesidad de reformular algunos de estos conceptos para que puedan ser aplicadas a los objetos funcionales.

Otra de las diferencias entre las obras de arte “tradicionales” y las funcionales es el modo de interpretar las alteraciones, mientras que las tradicionales no tienen que llevar necesariamente asociado la pérdida del valor semántico o figurativo, en los objetos funcionales este tipo de daños puede suponer la pérdida utilitaria e identitaria del objeto. Así, mientras que en la pérdida de la Unidad Potencial de las obras de Bellas Artes tan sólo participan la instancia estética y la instancia histórica, en los objetos funcionales la pérdida de la Unidad Potencial también hace referencia a la pérdida de funcionalidad, pudiendo llegar, a causa de ello, a un estado de ruina, convirtiéndose en un documento histórico. Podría existir cierto dilema en cuanto a la conservación de esta clase de objetos, ya que a pesar de constituir un testimonio histórico, no nos proporcionan información fiable acerca de sus propiedades fónicas, pues todas ellas están sujetas a interpretaciones. Sin embargo, estos objetos constituyen un legado cultural asociado al acto creador, el cual nos ofrece información física o conceptual de la obra.

Con todo, podemos establecer una clara diferencia en la Conservación y Restauración de instrumentos musicales con las intervenciones llevadas a cabo en otros objetos y obras de arte.

Es pues la funcionalidad la característica más importante que determina esta diferencia. Mientras que las obras de arte “tradicional” se restauran limitando en ellas cualquier esfuerzo mecánico, la elección de los materiales en las intervenciones de instrumentos musicales irán en función de las cualidades físico-estéticas del objeto con el fin de garantizar una estabilidad y funcionamiento a su uso musical, respetando las cualidades estéticas e históricas presentes en la obra¹.

1 L. Barclay, Robert. *The care of historic musical instruments, chapter 1.*

4. BREVE RECORRIDO A TRAVÉS DE LA HISTORIA DE LOS INSTRUMENTOS MUSICALES.

Para comprender cómo han ido evolucionando los instrumentos musicales, desde la Antigüedad hasta nuestros días, es necesario conocer el uso de la música en el pasado y el contexto histórico político en los que se han ido definiendo.

La música primitiva surge por la necesidad del hombre por resguardar o cuidar sus cultivos de los fenómenos naturales que los pudieran atisbar mediante ritos, danzas,... empleados así mismo en funerales o ceremonias religiosas. Entre los materiales empleados en la construcción de los instrumentos de esta época, se encuentran materias primas como caracolas, madera, piedras, huesos, fibras naturales y trozos de caña (las cuales permitieron la elaboración de instrumentos musicales de una índole superior).

En el 600 A.C. se descubre la [vina hindú](#), un instrumento realizado a partir de dos calabazas huecas unidas mediante cuerdas que se pulsaban a través de una fina caña de bambú. Este instrumento es considerado como la fuente del que procede toda la familia de instrumentos musicales de cuerda.

Hacia el 800 A.C. el hombre sigue empleando la música como medio de protección, aunque por su naturaleza sedentaria incorpora materiales como semillas, cuero o piel.

En la era de los metales se produce una mejora en las técnicas y un incremento en la elaboración de utensilios, lo que supuso un perfeccionamiento en el sonido.

A lo largo del tiempo los intereses y necesidades de la sociedad han ido evolucionando y el interés por la música se ha convertido en una forma de expresión, con técnicas todavía más perfeccionadas y nuevos sonidos debido al desarrollo de la tecnología y a la gran cantidad de materiales empleados.

Dentro de la historia de los instrumentos musicales podemos determinar cuatro etapas significativas:

- La primera está comprendida hasta finales del “Ars Antigua” (Edad Media). En esta época los instrumentos musicales no poseen un valor representativo dentro de las formaciones orquestales, predominando el canto llano como expresión artística. A nivel técnico y constructivo, hay que señalar que los instrumentos de esta época todavía eran muy rudimentarios.
- La segunda época abarca hasta el final del Renacimiento (S. XIV-XVI). En este periodo los instrumentos musicales van adquiriendo



Cabeza y mano derecha de una mujer. Peter Paoul Rubens

Los desposorios místicos de Santa Catalina

mayor protagonismo, vislumbrándose un interés en el perfeccionamiento de su elaboración y realizando una clasificación de estos objetos por familias. Es en este periodo donde la polifonía alcanza su culminación y la música profana va desarrollándose y formándose.

- La tercera etapa la situamos en los inicios del Romanticismo, abarcando los siglos XVII-XIX. Tras la manifestación de la música instrumental, comienzan a surgir nuevos instrumentos y formas musicales, los cuales permitieron alcanzar un perfeccionamiento del sonido, que requería una mejora en la construcción de los instrumentos.
- Finalmente, la última etapa se enmarca en los siglos XIX al XXI. En ellas se desarrolla un considerable avance en la elaboración de los instrumentos musicales, motivado por las exigencias del tratamiento musical, tanto en las cualidades tonales como rítmicas, incrementando su grado de dificultad.

A partir del siglo XX la proliferación de instrumentos musicales se redujo. A pesar de ello surgieron otros muy revolucionarios, los electrónicos, con los que se pudo modificar factores como el timbre, la intensidad, la altura de las notas...

Si tenemos en cuenta los aspectos citados, podemos definir el Barroco como la etapa donde se producen un mayor desarrollo y transformaciones en los instrumentos musicales. Para poder comprender estos cambios es conveniente conocer las características de este movimiento y el contexto socio-cultural en el que se enmarca.

El Barroco surge en Italia a finales del siglo XVI como manifestación de la contrarreforma promovida por los países católicos. Fue utilizado por líderes políticos como herramienta para ensalzar sus ideologías y estar al servicio de los prototipos religiosos. Representa la ruptura de los ideales clásicos mediante una actitud apasionada a través de la cual se expresan los sentimientos y tragedias humanas.

En las artes plásticas esto se traduce en una búsqueda de contrastes violentos y un interés por la luz, mientras que en la escultura se juega con el movimiento y el naturalismo. En cuanto a la arquitectura, es el empleo de figuras mixtas lo que da la sensación de dinamismo. El [barraco musical](#) expresa estas emociones mediante la tensión y su tendencia a la desproporción y exageración en sus composiciones, con el fin de sorprender al espectador o agente. Se caracteriza fundamentalmente por la música agitada, llena de emoción y sentimiento, lo que dio lugar a nuevas formas y géneros musicales repletos de contrastes. Estos contrastes se expresan mediante la altura de las notas, su intensidad, el ritmo de la melodía y el timbre.



Stradivari, Viola con incrustaciones.
 Fechado en 1696

Stradivari, "Betts". Fechado en 1704

Stradivari, "Alard". Fechado en 1715



En cuanto a los aspectos sonoros, los instrumentos musicales se alejan mucho con respecto a las orquestas del pasado. Estas diferencias son una muestra de su evolución a lo largo de la historia. Pues el cambio del sonido implica un cambio en el timbre, y por ende, en la sonoridad de la orquesta.

Existen siete factores que inciden en el timbre:

- El tipo de material empleado en las cuerdas: Antiguamente las cuerdas de los instrumentos eran de tripa. Este material es muy sensible a los cambios de temperatura y dota al instrumento de un sonido y una armonía muy característica. Actualmente están fabricados por diversos materiales, pudiendo ser metálicos, metálicos encorchados en otro material metálico, de nailon o de seda entorchada en distintos materiales. Estas cuerdas son más duraderas, resistentes y sobre todo fáciles de elaborar.
- El tipo de material de construcción del instrumento: En lugar de elaborar un instrumento a partir de un determinado tipo de madera, actualmente se emplean maderas de climas fríos, como polo de santo, ciprés, ébano, pino... cada una de ellas

utilizada en una parte concreta del instrumento, dependiendo de su función.

- Mejoras en la construcción: En lo que se refiere a la caja de resonancia, se han incluido refuerzos internos de manera que frenen lo menos posible la vibración del instrumento.
- El tipo de barniz: Tanto la forma de poner el barniz como el número de aplicaciones, influyen en la sonoridad del instrumento.
- El tamaño de la caja de resonancia: La caja de resonancia es la encargada de proporcionar la tésitura del instrumento. Cuanto más grande sea más intensifica los sonidos graves, debilitando los agudos y viceversa, dando como resultado el desequilibrio de la sonoridad.
- Las sordinas: Se colocan en el puente modificando el carácter tímbrico del sonido. Estas piezas producen un eco más suave en los instrumentos.
- Mentoneras: Permiten al instrumento vibrar más libremente.

Tomando en consideración los puntos anteriormente mencionados, es conveniente diferenciar las ramas de estudio encargadas de los aspectos musicales y las del objeto en sí, siendo la musicología la disciplina que representa las cualidades artísticas, creativas y científicas de la música como medio de expresión, mientras que la organología se encarga de los aspectos científico-técnicos de los instrumentos musicales.

Como se ha podido ver, a lo largo de la historia, es la organología la que modifica sus propiedades para adaptarse a la evolución y los cambios exigidos en las interpretaciones musicales. Estos cambios estuvieron ligados al desarrollo científico-social de Occidente.

Con ello, se hace necesario establecer algunas diferencias en lo que respecta a la música occidental y no occidental. Pues el modo y la finalidad para interpretar la música son muy dispares.

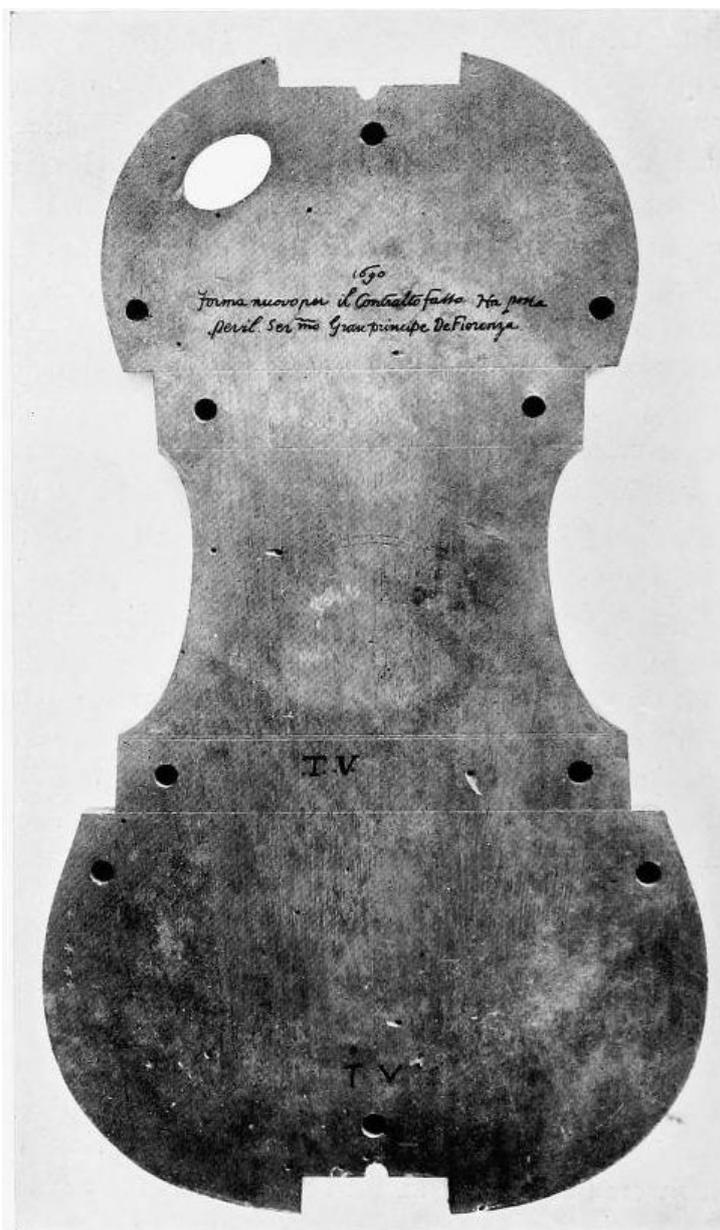
Cuando hablamos de música occidental nos referimos a los instrumentos utilizados en Europa a partir del siglo XVI. La variación de estos instrumentos está vinculada a las necesidades expresivas de los intérpretes, siendo la modificación del timbre, el incremento de registros, la confianza y la facilidad en la ejecución del instrumento, los cambios más representativos en función del periodo estilístico en el que se encuadren.

Por el contrario, en los instrumentos no occidentales es necesario explicar tanto su origen como su historia, ya que la mayor parte de ellos provienen de objetos cuya función no es musical, supeditada a fines rituales, comunicativos, etc., empleándose algunos de ellos todavía con este propósito.

A través de la historia de los instrumentos musicales podemos comprender las intervenciones de restauración llevadas a cabo,

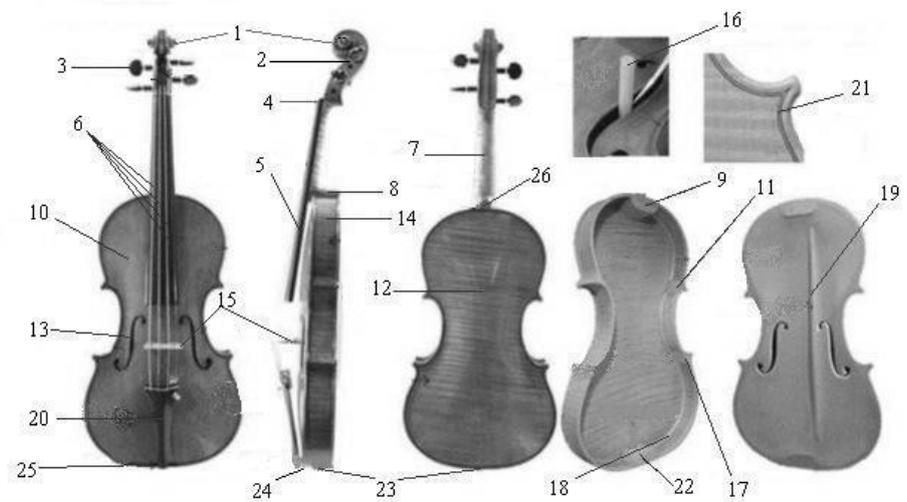
considerando esta labor como un ejercicio complementario de la luthería, la cual se ha empleado como herramienta para poder desarrollar las capacidades artísticas de los músicos mediante la modificación del sonido, y esto se traduce en una manifestación del sentir humano. Gracias a esta actuación podemos asegurar el mantenimiento del patrimonio musical, e incorporar la conservación y restauración como métodos complementarios en la recuperación del patrimonio cultural mueble, ayudándonos de la etnología para conocer y comprender otras culturas².

Molde fabricado por Antoni Stradivari para el contralto del conjunto de instrumentos de la Toscana



² Alcover Alcodori, Francisco y Lafuente Avedillo, Rafael. *La música y los instrumentos musicales desde el barroco hasta el S. XX*, p.151-190.

5. ANATOMÍA Y CONSTRUCCIÓN DE LOS INSTRUMENTOS MUSICALES



- | | | |
|----------------------|-------------------------------|-------------------------------------|
| 1.- Voluta | 11.- Taco lateral superior | . 21.- Filete. |
| 2.- Clavijero | . 12.- Fondo | . 22.- Taco inferior. |
| 3.- Clavija | . 13.- Efe | . 23.- Botón |
| 4.- Cejilla superior | . 14.- Faja | 24.- Ajustador. |
| 5.- Tastiera | 15.- Puente | . 25.- Cejilla inferior. |
| 6.- Cuerdas. | . 16.- Alma | 26.- Botón (del fondo) ³ |
| 7.- Mango | . 17.- Taco lateral inferior. | |
| 8.- Talón | 18.- Contra-faja.) | |
| 9.- Taco superior. | .. 19.- Barra armónica. | |
| 10.- Tapa armónica | .. 20.- Tira-cuerdas. | |

Los instrumentos de cuerda frotada (violín, viola, cello y contrabajo) comparten las mismas características anatómicas y funcionales, a excepción del cello y el contrabajo cuyos instrumentos carecen de botón, así como el violín y el cello de la pica. Además en el cello y el bajo no se requiere barbada, pues su punto de apoyo reside en el pavimento. Por último a nivel constructivo los contrabajos poseen unas clavijas mecánicas elaboradas en metal, en contrapartida de las empleadas en madera para el resto de la familia.

³ Esquema recogido de la Tesis de Valenzuela Mujica, Giselle. *Intervención de dos instrumentos de cuerda frotada y un arco:*

http://www.cybertesis.uchile.cl/tesis/uchile/2010/ar-valenzuela_g/html/index-frames.html

5.1. EXTERIOR



Borde, filete y hueco de un ejemplo fabricado en 1726.

TAPA: Es la parte delantera de la caja de resonancia. Está elaborada en madera de abeto, de grano regular y recto. El diseño de esta pieza (junto con la del fondo) es la que marca la figura del instrumento. Muestra un dibujo simétrico, a modo de semicírculos tanto en la parte superior como inferior, aunque ésta última de un tamaño más reducido. A medida que los extremos se van aproximando al centro las paredes se van estrechando, perfilando una cintura bastante pronunciada. A esta altura se delinean el vaciado de dos efes simétricas al centro.

FONDO: Es la zaga de la caja de resonancia. Su estructura es la misma que la de la tapa. La madera empleada para su construcción suele ser de arce rizado o álamo. Difiere de la tapa en la carencia de efes y en la presencia de un talón en la parte superior donde va intercalado el mango. Además, su bóveda es ligeramente más baja que la de la tapa.

EFES: Se encuentran seccionadas simétricamente en el corazón de la tapa. Son las encargadas de conferir al instrumento una mayor flexibilidad en la parte central de la tapa, concediendo a su vez salida a las vibraciones de la caja de resonancia.

FILETES: Son remates de madera compuestos por tres finas tablas encoladas entre sí. Se sitúan en los bordes tanto de la tapa como del fondo, cumpliendo una función estética y práctica, ya que frena el agrietamiento en los márgenes del instrumento.

AROS: Son piezas que vinculan la tapa y el fondo, compuestas por madera de arce o álamo rizado. Constructivamente se deben adecuar a la forma del molde mediante una tenue y leve agregación de humedad y calor. Con ellos damos por concluida la caja de resonancia.

MANGO-VOLUTA: Es la terminación (culminación) del instrumento. Está realizado de una sola pieza. Va fijado a la caja del instrumento mediante un talón cortado en forma de uve en la parte superior de los aros.

BATEADOR: Se asienta en la parte superior del mango. Sobre esta pieza se deslizan las cuerdas. Es empleado como soporte para posar los dedos. Está fabricado por maderas muy duras como el ébano o el arce para resistir la erosión y el deterioro que ejercen las cuerdas sobre él.



Cabeza de un violín. Época 1680

CEJILLA SUPERIOR: Se acomoda en la culminación del bateador. Está ligeramente elevado, de forma que proporciona apoyo y guía a las cuerdas en dirección a la voluta.

CEJILLA INFERIOR: Está confeccionada a partir de la misma madera que el bateador. Tiene una función sustentante para las cuerdas, por ello, además de estar ligeramente elevado de la tapa, presenta una suave curvatura en dirección al puente, de manera que consigue guiar la cuerda suavemente. Su altura es esencial para determinar la tensión que ejerce sobre la tapa, ya que el estrés sobre ésta será menor cuanto mayor altura posea la cejilla inferior.

5.2. INTERIOR

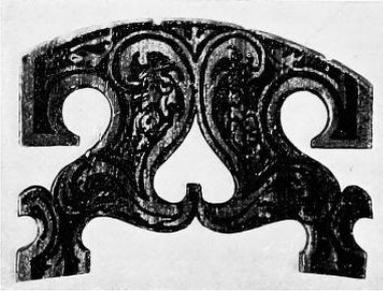
CONTRA AROS: Son secciones de madera dobladas siguiendo la configuración particular de los aros, pues van adheridos a ellos. Tienen el cometido de aumentar la superficie de encolado entre la tapa y el fondo. Están confeccionados a partir de maderas muy blandas y dúctiles, como el abeto o el sauce.

TACOS: Los instrumentos musicales cuentan con un total de seis tacos, todos ellos elaborados a partir de maderas blandas. El mayor de ellos se sitúa en la parte posterior del instrumento, con el objeto de establecer el hueco para instalar el mango. El taco inferior se asienta en la zona del botón, mientras que los cuatro tacos restantes se ubican en las puntas del instrumento, con la intención de ejercer de soporte en el encolado y unión de cada aro.

BARRA ARMÓNICA: Pieza de madera de abeto, con grano fino y recto, encolado en el interior de la tapa bajo la punta izquierda del puente. Tiene la función de conferir resistencia a la tapa con el fin de soportar las tensiones que las cuerdas y repartir las vibraciones sobre la tapa, reforzando con ello los tonos graves. Estas piezas, generalmente, se cambian cada veinte o veinticinco años, ya que al envejecer la madera pierde todo el “nervio”. Su construcción irá en función de la altura de la bóveda, ya que cuánto mayor altura tenga ésta, más baja será la barra armónica.

5.3. MONTAJE

ALMA: Es un pequeño cilindro de madera de abeto. Su cometido es el de regular las vibraciones de la tapa, soportando la tensión de las cuerdas y el puente, evitando de esta manera el hundimiento de la tapa. Su posición y



BordePuente fabricado por Antoni Stradivari para el tenor del Quinteto "Toscano".

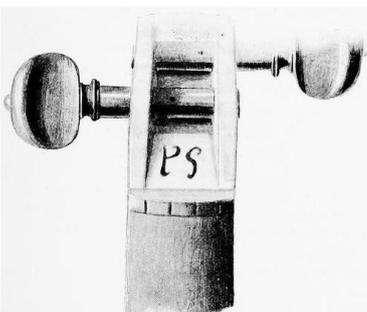
ajuste definen la calidad y el tipo de sonido del instrumento, proporcionando al mismo tiempo equilibrio entre las cuatro cuerdas.

PUENTE: Pieza de madera de arce, sin ondulaciones en la fibra, sobre la que reposan las cuerdas determinando la altura de las mismas sobre el bateador. Su función consiste en la transmisión del sonido a la barra armónica. El sonido vendrá determinado por el espesor, calidad y densidad de la madera. Un puente excesivamente flexible no tendrá la capacidad de transmitir las vibraciones a la tapa, mientras que si es demasiado rígido, por efecto de la presión, acabará por dañar la tapa.

BOTÓN-PICA: El botón se sitúa en la junta de los dos aros inferiores. Su función consiste en proporcionar apoyo a las cuerdas, soportando las tensiones producidas por éstas. En el caso del violonchelo y el contrabajo se sustituye por una pica, que a diferencia del botón, posee una vara terminada en punta que se apoya sobre el pavimento. Ésta vara está realizada en acero o fibra de carbono en los chelos, o en metal o madera para los bajos. Puede ser regulada según convenga.

CORDAL: Se ubica en la parte inferior del instrumento. Es empleado como tirador para las cuerdas. Suelen estar fabricados en metal, plástico o madera. Su posición con respecto al puente es crucial para definir el sonido del instrumento.

CUERDA DEL CORDAL: Permite ajustar la distancia del cordal en relación al puente regulando su longitud. Los materiales empleados en su fabricación son el nylon, la fibra de carbono o de tripa en el caso de instrumentos barrocos.



Cabeza de un violín. Época 1680

CUERDAS: Los instrumentos musicales poseen un total de cuatro cuerdas, dispuestas por quintas descendientes⁴, asentadas sobre la cejilla superior y la corona del puente. Estas piezas, a su vez, determinarán la longitud total del instrumento. Los materiales empleados en la fabricación de las cuerdas son el acero, la tripa o el corazón sintético.

CLAVIJAS: Son cuatro piezas de madera de ébano, palisandro o boj, cuya forma cónica debe ser ajustada en el agujero de la cabeza.

BARBADA: Se emplea para apoyar la barbilla. Suele estar elaborada en madera o plástico. Su disposición puede ser lateral o central, unida a los aros.

⁴ Quintas descendentes: Cuando a un acorde le sigue otro cuya nota fundamental está 7 semitonos hacia abajo.

mediante dos pequeños cilindros metálicos. Sólo es empleado en violines y violas, permitiendo que se puedan tocar con mayor comodidad.⁵

6. ACÚSTICA MUSICAL

Dado que la física acústica⁶ está íntimamente ligada a la construcción de los instrumentos musicales, se ha considerado apropiado esbozar las características del sonido y los factores que le influyen. Con ello, no se pretende profundizar en esta materia, sino comprender cómo la búsqueda de nuevos y mejores sonidos han contribuido en la modificación y construcción de los instrumentos.

El funcionamiento de los instrumentos de cuerda, también llamados cordófonos, se basa en la vibración de una serie de cuerdas tensadas. Para aumentar su sonoridad este conjunto de instrumentos cuentan con una caja de resonancia elaborada en madera.

Atendiendo a la forma de producir el sonido, es decir, el modo en el que se hace vibrar las cuerdas, los instrumentos cordófonos se pueden clasificar en tres tipos:

TIPO	TÉCNICA	EJEMPLOS
Cuerda pulsada	La vibración se produce mediante la pulsación de una cuerda a través de los dedos.	Guitarra, arpa, laud...
Cuerda frotada	La vibración se obtiene frotando un arco sobre las cuerdas. Son capaces de producir infinidad de matices y volúmenes.	Violín, viola, violonchelo...
Cuerda percutida	La vibración se origina mediante el golpeo de unas mazas. Las cuerdas se ubican en el interior de la caja de resonancia.	Címbalo, piano, clavicordio...

⁵ Apuntes aportados por David Merchán

⁶ Definición de acústica: Ciencia multidisciplinar que estudia la percepción, transmisión y producción del sonido.

Acústica musical: Es la parte de la ciencia acústica que se encarga del estudio de las relaciones entre la ciencia y el arte musical. Se ocupa de los problemas sonoros, de su construcción y del funcionamiento de los instrumentos.

La afinación de las cuerdas depende de la tensión a la que esté sometida, regulada a través de las clavijas. Así, cuanto mayor sea el peso, la longitud y el espesor de la cuerda y menor sea su tensión, el número de vibraciones por segundo será menor, produciendo un sonido⁷ más grave y viceversa.

Las propiedades acústicas de cada instrumento vienen dadas por el tono, la intensidad y el timbre. Estas propiedades se corresponden a su vez con tres características físicas: frecuencia, amplitud y forma de onda, respectivamente.

La altura o el tono corresponde al número de veces que una cuerda vibra por segundo, es decir, su frecuencia (medida en hertz). Ello nos permite diferenciar unos sonidos de otros. Cuanto mayor sea la frecuencia, más aguda o “alta” será la nota musical.

La intensidad es la energía producida por un instrumento. Depende de las modulaciones de onda en un espacio determinado. Gracias a ella podemos diferenciar los sonidos fuertes de los débiles.

El timbre, en cambio, nos permite diferenciar los sonidos producidos por diferentes instrumentos. El timbre de un instrumento lo determina la sonoridad de la caja de resonancia. Estos modos de resonancia se estudian a través del método Chladni.

Las propiedades vibratorias de la tapa y el fondo que determinan el sonido, no ofrecen los mismos resultados una vez ensamblado y acabado el instrumento⁸.

Las cualidades más importantes de la madera, en la tapa y el fondo, definiendo la sonoridad del instrumento son: la elasticidad⁹ (en sentido longitudinal y transversal de la veta), el cizallamiento¹⁰, el rozamiento interno¹¹ o amortiguación (que se refleja en el desvanecimiento de energía), la densidad¹² y la velocidad del sonido en la madera¹³.

7 Definición de sonido: Es la sensación producida en el oído por la vibración de las partículas que se desplazan en forma de onda sonora, a través de un medio elástico que las propaga (generalmente el aire).

8 Al-Majadlawi Álvarez, Amir. Fundamentos físicos de los Instrumentos musicales

9 Elasticidad: Expresión en los valores del módulo de Young en sentido longitudinal y transversal de la veta. El módulo de Young mide la resistencia a la flexión y a la tracción local del material. Es el cociente entre la fuerza local aplicada por unidad de superficie y la correspondiente variación resultante en longitud.

10 Cizallamiento: Medida de la resistencia a la torsión.

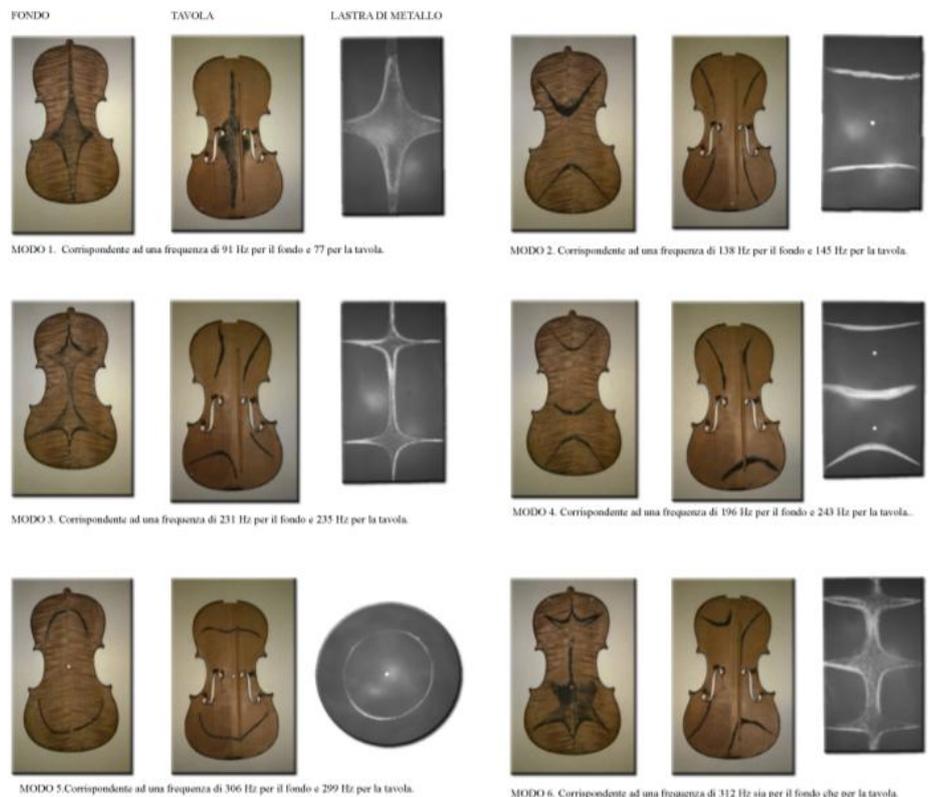
11 Rozamiento interno: Mide la cantidad de energía disipada con respecto a la energía almacenada elásticamente. Se puede expresar mediante el tiempo de amortiguación, o a lo largo del cual subsiste la vibración tras suspender la excitación, o a través de la amplitud del intervalo de frecuencias, en cuyo ámbito hay respuesta a la excitación continua a medida que la frecuencia varía entorno a una resonancia.

12 Densidad: Representa la masa de un cuerpo por unidad de volumen. Se obtiene dividiendo la masa de una pieza de madera por el producto de su longitud, su anchura y su altura.

13 Velocidad del sonido: Para hallar la velocidad se divide el módulo de Young por la densidad. A continuación se extrae la raíz cuadrada del resultado.

El carácter sonoro de los instrumentos se ve afectado por el tiempo de maduración y el procedimiento de secado de la madera. Por ello, es aconsejable emplear maderas con un tiempo de maduración entre cinco y diez años, ya que a medida que la madera madura, se incrementan las zonas cristalinas de su estructura celular, absorbiendo menor cantidad de humedad que las zonas amorfas. Posiblemente sea esa la razón por la que los instrumentos más antiguos sean más resistentes a las variaciones de humedad que los actuales.

Modos de resonancia en las tablas de un violín a través del método Chladni



Uno de los mecanismos para conocer las propiedades vibratorias que tendrán las tablas una vez ensambladas es la técnica Chladni. Éste método se basa en el estudio de los modos en las tablas libres (previo al montaje del instrumento). Se lleva a cabo colocando la tabla libre en posición horizontal sobre un altavoz. Sobre la tabla se esparcen pequeñas virutas metálicas que al recibir las vibraciones transmitidas por el altavoz, mediante una señal con frecuencia única, las limaduras forman una estructura particular. Generalmente, cuanto mayor es la tabla, menor es la frecuencia del modo. Esto nos permitirá determinar si la tabla está o no bien afinada.

Uno de los factores que influyen en la afinación y el sonido del instrumento una vez acabado son sus aros laterales, ya que la resonancia de las dos tablas viaja a través de los aros y el alma mostrando vibraciones adicionales entre la caja de resonancia y el aire encerrado en su interior.

La afinación de las tablas se comprueba mediante la amplitud (Q) y la configuración nodal. Esto nos permite realizar ajustes relacionando los modos de cada tabla. Los resultados se ven representados mediante las curvas de respuesta e intensidad, con las cuales podemos precisar si el instrumento es de buena calidad.

Otro de los factores que intervienen en la calidad del sonido son los efectos producidos por los materiales de recubrimiento como el barniz y el tapaporos, así como el adelgazamiento selectivo de las tablas para ajustarlas a las características sensoriales deseadas. Tanto las variaciones de humedad relativa como las propiedades físicas de cada madera (tapa y fondo) interfieren en el resultado final del instrumento.

El vaciado de las tablas reduce el grosor y la rigidez de la pieza variando su aptitud para absorber energía. Por ello, la frecuencia y el modo pueden ajustarse de forma precisa si se elimina madera de una zona cuya curvatura es muy pronunciada, con lo que la frecuencia de la pieza será menor, esto sucede porque se reduce más la rigidez que la masa del objeto, sin embargo, si se retira de una región de escasa curvatura, la frecuencia del objeto tenderá a ser mayor, ya que en este caso la masa del instrumento es menor que su rigidez. Esta práctica se desarrolla debido a que la propia rigidez de los modos de un instrumento varía en cada tabla. Por ello, determinar los puntos de flexión es de suma importancia para contemplar las características en la configuración nodal.

El barniz y el tapaporos son materiales que recubren el instrumento musical con una función protectora. Sin embargo su aplicación modifica las cualidades acústicas del instrumento agregando masa a su estructura, incrementando la amortiguación y confiriendo rigidez a las fibras superficiales de la madera. Es conveniente señalar que actúan de manera particular en cada tabla, por lo que las variaciones producidas en la tapa y el fondo serán distintas. Una forma de solventar este problema es regulando la frecuencia de la tapa cinco o diez hertzios menor que la del fondo, de esta manera, al aplicar el tapaporos y el barniz el instrumento quedará afinado. A pesar de ello, las cualidades sonoras del instrumento no se podrán apreciar hasta pasados dos años, ya que las propiedades de los recubrimientos todavía no se habrán equilibrado. Es importante que para una buena afinación se mantengan controladas tanto la temperatura como la humedad relativa.

7. MATERIALES

7.1. MADERA

La madera es uno de materiales más deseados por los maestros luthiers debido a sus cualidades para la construcción de instrumentos musicales, ya que tras su extracción su disposición es prácticamente inmediata por no tener que ser sometido a ningún proceso de transformación, se puede trabajar fácilmente con herramientas manuales, tiene una buena resistencia mecánica y presenta unas buenas cualidades elásticas y vibratorias. Además, es resistente a las transformaciones químicas y su estructura no sufre muchos cambios con el paso del tiempo. Todo ello sin olvidar su apreciada apariencia textural. Sin embargo, su empleo conlleva una serie de problemas relacionados con las reacciones bidimensionales a causa de los cambios en la humedad del aire, la fragilidad en las secciones delgadas y su vulnerabilidad a ser atacados por hongos e insectos.

La madera es un material muy higroscópico, ya que su composición química está constituida por lignina, celulosa y poliosa. Éstas dos últimas sustancias son las responsables de su reacción ante los cambios de humedad. Su rigidez y dureza se deriva de las haces de fibra cristalina que se forman orientadas longitudinalmente de manera parcial. La composición de la celulosa junto a su estructura de paredes celulares permiten la filtración de vapor de agua, que una vez saturada puede permanecer dentro de las células en forma líquida. En función de las condiciones del entorno la cantidad de agua absorbida producirá unos cambios bidimensionales concretos. Los factores más importantes que favorecen su transformación son la densidad, la formación del duramen. Cuando la madera pierde humedad las fuerzas de contracción pueden ser más intensas que la cohesión interna, lo que origina grietas en la estructura del instrumento. En cambio si la madera absorbe humedad se producen cambios dimensionales en su estructura, que al secarse provocan una contracción permanente, junto a la aparición de grietas. El carácter elástico de la madera impide en muchas ocasiones que las fuerzas de contracción y expansión den lugar a la fragmentación del instrumento. Los revestimientos aplicados sobre la superficie impiden o inhiben el intercambio de humedad con el aire. Por ello, podemos definir la madera como un material visco-elástico, ya que tiene la capacidad de adecuarse a la estructura espacial bajo el influjo de la gravedad o cualquier otra fuerza. Su elasticidad permite distinguir las diferentes fases por las que ha pasado la madera tras haber estado bajo estrés, ambas cualidades se superponen al contenido de humedad presente en la pieza. Estas propiedades son fundamentales en los instrumentos musicales, pues la plasticidad puede

prevenir las fisuras, mientras que su comportamiento elástico mantiene la forma de su estructura tras la tensión de las vibraciones. A pesar de ello, la plasticidad es la causante de las deformaciones que sufra el instrumento, aun controlando las condiciones climáticas, ya que la humedad relativa de un instrumento dependerá de la zona o región donde se haya secado la madera. Por lo que lo ideal sería mantener las condiciones ambientales originales del objeto.

Las cualidades de la madera dependerán de la especie escogida como material de construcción. En la elaboración de instrumentos musicales se emplean sobre todo dos tipos de madera, las blandas y las duras, en función de las características físico-acústicas deseadas en cada fracción.

Las maderas blandas presentan una estructura más sencilla y canales resiníferos, mientras que las duras poseen un mayor número de células, pudiéndose observar en ellas la presencia de vasos. Ambas maderas tienen la capacidad de formar células en los radios, de ello dependerá su capacidad para absorber agua, es decir, su respuesta a la dilatación y contracción.

Las cualidades como la textura, el color, el olor, la dureza, su resistencia frente a insectos y hongos, su decadencia física, sus propiedades de encolado y su viabilidad en general, vienen determinadas por las características anatómicas de la madera, sus propiedades físicas, como la densidad y la composición química, y por la incrusión de estratos sólidos. Estas cualidades hacen que las especies de madera más demandadas, por su calidad sonora, para los instrumentos musicales occidentales son las coníferas, y en especial el abeto¹⁴. Entre las maderas duras, dispuestas en las zonas estructurales, las más utilizadas son el abeto y el arce. El empleo de una u otra especie dependerá de la región de fabricación.

Esto se ha de tener en cuenta a la hora de restaurar un instrumento, pues el tipo de madera que se ha de gastar deberá pertenecer a la misma especie que la de la pieza original, y deberá insertarse en la misma dirección y ángulo entre el eje longitudinal de la fibra y la superficie de la madera primigenia.

No hay que olvidar que, los instrumentos musicales son objetos compuestos de diversos materiales, que con el paso del tiempo reaccionan produciendo cambios físico-químicos en su estructura. Estos materiales se añaden con fines decorativos, como pueden ser las conchas, el marfil o el hueso, o por razones funcionales, como las cuerdas. A pesar de ser químicamente estables, el material incrustado puede crear tensiones, produciendo cambios en su estructura que pueden llegar a quebrar el objeto al reaccionar físicamente a los cambios de humedad relativa. Estas tensiones también tienen lugar cuando se combinan diferentes tipos de madera, ya que la contracción diferencial entre ellas puede dañarlos.

14 Abeto: Las características buscadas en el abeto para la tapa armónica de un instrumento es un alto cociente de rigidez y densidad, y un índice de rauda velocidad en el sonido.

7.2. BARNICES

Existen varias teorías con respecto a las cualidades que hacen del violín un instrumento cargado de enigmática musicalidad. Hay quienes opinan que el estacionamiento de la madera es el que le confiere sus propiedades acústicas, mientras otros atribuyen estas características a los barnices empleados en su composición.

Por increíble que parezca, es casi imposible encontrar un instrumento con buena sonoridad al que se le haya aplicado un barniz de mala calidad. El maestro lutier Fracois Vial, cuya experiencia en el estudio del barniz ha sido premiada por el concurso de luthería, ha manifestado que la cualidad sonora de un instrumento proviene de la cola de barniz por la que ha sido recubierto.

El barniz es una disolución de una o más sustancias resinosas en un líquido que al entrar en contacto con el aire se volatiliza o se deseca. Ello nos permite preservar las piezas protegiéndolas de las agresiones del medio ambiente. Participa en el timbre del sonido y debe contar con las características de elasticidad y dureza acorde a las vibraciones a las que se verá sometido el instrumento. Así, un barniz demasiado duro puede craquelar con facilidad al no ser capaz de soportar las vibraciones del instrumento, mientras que uno demasiado elástico podría enmascarar el sonido debido al alto contenido en resinas blandas, además de correr el riesgo de permanecer pegajoso durante demasiado tiempo, lo cual facilitaría la captación de polvo.

La principal característica de un barniz es que sea acorde a la densidad de la madera, y que su transparencia sea lo más diáfana posible, ya que independientemente del color debe permitir apreciar las vetas de la madera.

Los barnices están compuestos por: una base que disuelve las sustancias sólidas que al oxidarse o evaporarse dejan un revestimiento sobre la superficie; los pigmentos se agregan al barniz para conferirle una tonalidad concreta; y, las resinas poseen una consistencia viscosa que diluidas en el medio le otorgan la solidez al barniz.

Los [barnices usados](#)¹⁵ en luthería, en función del medio empleado, son: al aceite o al alcohol.

Los barnices al aceite son los más aconsejables para conseguir un acabado de gran calidad. Son elaborados a partir de aceites esenciales (como el aceite de linaza, la trementina o de nuez), que secan por oxidación al reaccionar con el oxígeno del aire.

Los barnices al alcohol generalmente ofrecen buenos resultados. En su producción se emplea el alcohol etílico como medio. En él, se disuelven las sustancias resinosas (como la goma laca), combinadas con resinas más

¹⁵ En el presente enlace se muestran los sistemas de aplicación del barniz.

blandas. El secado se produce por la evaporación de los componentes volátiles.

También existen barnices de nitrocelulosa, elaborados a partir de componentes sintéticos. Su uso está reservado a instrumentos de bajo coste y calidad.

8. CRITERIOS Y ÉTICAS DE USO

El factor que compromete de manera decisiva a los instrumentos musicales con cierto valor histórico es el sonido. En las colecciones o depósitos museísticos ésta cualidad sonora atrae tanto a músicos, como coleccionistas, historiadores, o público en general, que esperan interpretar y registrar el resurgimiento de la música antigua.

En el pasado, el abuso de esta práctica comprometió a muchos instrumentos musicales acelerando su desgaste y deterioro, al mismo tiempo que se llevaron a cabo trabajos de restauración a menudo comprometidos para su conservación a largo plazo.

Hoy día, los delegados del museo, encargados del cuidado de los instrumentos, se cuestionan cada vez más esta actividad, pues estos objetos representan un documento sobre el que se inscribe el tejido social de una comunidad, reservándola a especialistas y profesionales en la materia.

Desde este punto de vista, la restauración debiera ser entendida como una parte de la conservación, es decir, como una medida para mantener y controlar el estado de un objeto. Una restauración en profundidad prolongaría la vida del instrumento, no obstante, esta práctica conlleva a menudo la pérdida de material original o el suplantamiento o reconversión de un instrumento por otro nuevo y diferente. No se trata de conservarlo olvidando su función musical sino de regular el uso que se le da, estableciendo un equilibrio entre la necesidad de la sociedad de utilizar un bien cultural y la preservación de dicho bien.

La evaluación del estado de conservación de un instrumento musical se obtiene mediante la identificación de los problemas y estrategias para el control medioambiental en el que se circunscribe. Para ello, se debe analizar las condiciones de la colección, del edificio y del medio ambiente.

Las principales estrategias para el control medioambiental son: la regulación de la temperatura y la humedad relativa, la calidad del aire y la iluminación. Estas medidas contribuyen a estabilizar y reducir el nivel de deterioro de las obras. La evaluación de éstas estrategias se definirá dependiendo del traslado de las obras de una instalación a otra, del



Violin y partituras en una mesa.
Georges Braque, 1913. Óleo y
carboncillo sobre lienzo.



Violín. Pablo picasso,1912

cumplimiento de las medidas de conservación en el emplazamiento actual, y la decisión de trabajar mediante una conservación activa¹⁶ o pasiva¹⁷.

Dependiendo del método de fabricación del instrumento y su grado de deterioro, las variaciones de humedad relativa entre el 40% y el 55% mantiene al instrumento en condiciones estables.

Otro factor que influye en los materiales de los instrumentos musicales es la calidad del aire. El ozono, por ejemplo causa cambios en los pigmentos naturales, mientras que las partículas de polvo y la suciedad depositadas sobre la superficie pueden ocasionar abrasiones y manchas en los objetos. Algunas medidas preservativas para mejorar la calidad ambiental podrían ser: la instalación de filtros en los sistemas de aire y la colocación de paños absorbentes o materiales porosos para ayudar a absorber agentes contaminantes. Los materiales orgánicos como la madera pueden ser envueltos en papel de seda tamponada para mantenerlos libres de ácidos durante su almacenamiento.

8.1. TRATAMIENTOS BÁSICOS DE CONSERVACIÓN

A la hora de emprender los tratamientos básicos de conservación es imprescindible conocer tanto el material que estamos tratando como el tipo de instrumento, para poder desarrollar una metodología acorde a las condiciones del objeto y solventar los problemas específicos de dicho instrumento.

Una vez reconocido el tipo de objeto que estamos analizando se deben de responder a una serie de cuestiones previas a cualquier intervención:

- Causas de deterioro. Caracterización del estado del instrumento.
- Técnicas utilizadas en su construcción. Comprensión del contexto histórico para determinar los métodos de intervención acordes a la época.
- Estabilidad. Conocimiento de los mecanismos de deterioro.
- Aspecto original que presenta la pieza. Estudio de la evolución desde su estado original hasta nuestros días.
- Apariencia actual. Determinar si el instrumento ha adquirido a lo largo de los años una pátina superficial, y precisar el carácter de la misma, es decir, si cumple una función protectora, si proporciona información y si es estéticamente agradable.

¹⁶ Control activo: Aquel que necesita mecanismos para mantener los niveles fijados.

¹⁷ Control pasivo: Se basa en las respuestas naturales de los objetos.

- Finalidad del tratamiento. Dependerá del contexto para el que va dirigida la intervención. Si esta va destinada a museos e instituciones conduciremos las operaciones de restauración hacia la recuperación y conservación de elementos originales. En cambio, si los tratamientos están enfocados para músicos o particulares, la funcionalidad y la estabilidad del instrumento primará sobre los atributos primigenios para asegurar su resistencia a ser tocados con asiduidad; respetando a su vez el valor informativo de cada objeto.

Todo tratamiento de restauración o mantenimiento comienza por la limpieza de la superficie del objeto. La superficie se define como la interfaz del material con su entorno. Según el aspecto que está presente puede favorecer la atracción y adherencia del polvo y la suciedad. Por suciedad no sólo se entiende las sustancias que degradan el instrumento, sino que puede tener una connotación positiva al apreciarse sobre la pieza la historia natural que ha llevado desde su fabricación, asimilada por el revestimiento de su valor expresivo.

Existen diferentes tipos de suciedad en función de su relación con la materia. Puede asentarse sobre el instrumento sin que exista un vínculo entre ambas, puede ser producto de una transformación química o puede ser fruto de una mezcla entre ambas materias.

Los motivos que conducen a una valoración negativa de la suciedad son el resultado del deterioro de la obra. En una madera barnizada, en ocasiones los depósitos pueden rasgar la superficie, la pueden enmascarar o pueden proporcionar nutrientes para la proliferación de organismos, por lo que su conservación puede representar un peligro para la integridad física del instrumento. No obstante, si esta suciedad entraña un problema en su exclusión, por riesgo a dañar la superficie, deberá ser conservada.

No todas las impurezas se deben eliminar. Cuando éstas tienen una función protectora y estética, otorgando al instrumento una apariencia más antigua, deben ser preservadas. Además, estos sedimentos pueden proporcionarnos información que nos ayude a interpretar su contexto.

Una vez establecidos los criterios de actuación y haber decidido emprender los tratamientos de limpieza, ésta deberá llevarse a cabo sobre toda la superficie, aunque de manera diferenciada, en función de lo que vaya apareciendo, para buscar los valores básicos sobre los que construirnos una lectura general.

8.2. CUIDADO GENERAL DE LOS INSTRUMENTOS MUSICALES EN COLECCIONES MUSEÍSTICAS

La conservación preventiva juega un papel fundamental en el tratamiento de los instrumentos musicales, tanto en las exposiciones como en su almacenaje. Esta metodología de actuación nos ayudará a prevenir futuros daños y a evaluar, controlar y detectar posibles deterioros en los objetos.

En relación a la forma de exponer piezas instrumentales se debe de evaluar el prototipo de montaje que se va a llevar a cabo, pues los objetos que permanecen durante largos periodos de tiempo pueden sufrir cambios estructurales que no son perceptibles a simple vista, ya que son consecuencia de la tensión y el estrés que ejercen algunos materiales sobre las piezas.

Existen dos tipos de deformaciones en función del grado de tensión que ejerza sobre un objeto el material de montaje. Por un lado podemos contemplar la deformación inelástica que surge cuando la tensión aplicada a un objeto supera el límite de elasticidad provocando un cambio sobre el objeto irreversible. Mientras que en la deformación elástica la pieza tiene la capacidad de regresar a su estado original una vez ha cesado el estrés. Como consecuencia de ello, un instrumento puede requerir apoyo adicional por causas estructurales: Cuando el objeto se encuentra en condiciones delicadas o en estado de deterioro; en su exposición, permitiendo la exhibición del instrumento de forma más atractiva, sin comprometer la estructura y la estabilidad del mismo; y para su manipulación, ya que el manejo de superficies frágiles será más segura sobre un soporte rígido que le confiera estabilidad y apoyo a la superficie. Los puntos de apoyo se deben colocar siempre y cuando no distorsionen la imagen del objeto, de forma que el peso del instrumento esté uniformemente repartido. Además, los puntos de contacto deben ser lo suficientemente amplios para asegurar la estabilidad de la obra sobre la superficie del soporte. Éste debe estar construido con materiales que no dañen ni reaccionen con el instrumento.



Fotografías tomadas en el museo de instrumentos del Real Conservatorio de Música de Madrid. 2014

El desplazamiento de los instrumentos musicales de unas salas a otras o el préstamo de piezas es una labor delicada para la cual es necesario conocer previamente su estado de conservación. La madera al ser un material orgánico se ve afectada por la práctica totalidad de los agentes de deterioro que provocan su debilitamiento, a pesar de parecer estables. Los daños más comunes en la madera y que requieren manipulaciones más cuidadosas son: las craqueladuras, la escamación, la porosidad cuando se encuentra en un estado pulverulento, o la presencia de un estado fibroso. Según la patología presente en la pieza, su manejo deberá adecuarse al estado de conservación que presente la obra. La aparición de grietas puede indicar una escasa resistencia física, sobre todo si son en profundidad, por lo que será necesario colocar los instrumentos sobre un soporte resistente que permita ser manejados con seguridad. Si la madera presenta un aspecto fibroso motiva la acumulación de polvo y suciedad, por lo que es aconsejable transportarlos cubiertos o en cajas. Algo parecido sucede con las piezas porosas por su capacidad de absorber suciedad y humedad. En el caso de superficies pulverulentas se aconseja manipular las obras sobre un soporte resistente y lo menos posible. En superficies ásperas, debido a su textura, se recomienda cubrirlos y manipularlos lo menos posible.

Uno de los factores de deterioro que más preocupa en la conservación de obras de arte realizadas con elementos orgánicos, como la madera, es el ataque biológico, ya que el grado de degradación al que pueden estar sometidas las piezas no es siempre perceptible a simple vista, siendo su detección en ocasiones demasiado tardía para su salvaguarda.

Los indicadores macroscópicos que nos ayudan a detectar una posible infestación activa son la aparición de agujeros frescos o la presencia de

pequeñas heces sobre la pieza. Para la desinsección de las piezas, antes de recurrir a medios químicos, existen métodos ecológicamente inofensivos tanto para el operador como para el medio, como someter a las piezas a temperaturas extremas entorno a -20°C o $+50^{\circ}\text{C}$, que hacen imposible la subsistencia de estas especies, o la creación de atmósferas inertes. Una de las formas de crear éstas atmósferas es mediante el empleo de nitrógeno, ya que debido a la insuficiencia de oxígeno los insectos mueren de asfixia. Es un método técnicamente exigente, lo que supone una aplicación algo costosa.

Por otro lado, la aplicación de CO_2 provoca en los insectos la narcosis¹⁸. Éste método es más sencillo de aplicar debido a que exige una concentración relativamente baja de CO_2 para hacer efecto. El tiempo de exposición dependerá de la especie de insecto por el que se vea afectado y por el grado de alteración que éste le ha producido.

Para prevenir el ataque de los insectos xilófagos es necesario llevar a cabo limpiezas preventivas e inspecciones periódicas. El proceso de limpieza en profundidad no debe llevarse a cabo con regularidad, ya que en muchas ocasiones exige el desmontaje del instrumento, siendo esta una de las operaciones más complejas de ejecutar.

Por otro lado, se puede apreciar la infección por hongos. Generalmente este tipo de microorganismos surgen a consecuencia de estar sometido a altos niveles de humedad relativa (en torno al 65%), eso no quiere decir que si no se supera estos niveles de humedad no existe riesgo, pues las esporas de estos microorganismos pueden permanecer en estado latente a bajas temperaturas durante largos periodos de tiempo, pudiendo reavivarse cuando la pieza se encuentre en un ambiente fructífero para su desarrollo. Una de las medidas de prevención consistirá en reducir la humedad local del ambiente.

8.3. MANTENIMIENTO

El uso de cualquier bien funcional conlleva la degradación y el desgaste de éste, lo que implica llevar a cabo labores de mantenimiento y reparaciones rutinarias, así como la sustitución de los componentes dañificados. Este procedimiento no justifica el derecho a reelaborar por completo una obra, pues se trata de un bien patrimonial que pertenece a la sociedad y debe de ser conservado y mantenido respetando el mayor número de características originales.

Para el mantenimiento de los instrumentos musicales en uso se debe observar el comportamiento de los materiales frente al uso y las condiciones

¹⁸ *Narcosis: Estado más o menos profundo de adormecimiento.*

ambientales. Por ello, la comprensión de su conducta en relación a las características es fundamental para prevenir futuros daños.

En cambio, el uso de instrumentos musicales históricos, albergados en los depósitos de las colecciones museísticas, debe de estar reservado a profesionales y especialistas. Las técnicas de interpretación empleadas a partir del siglo XX no se pueden transferir fácilmente a los instrumentos antiguos, pues su fragilidad puede comprometer la estabilidad mecánica.

El [CIMCIM](#) en 1985 publicó una carta de recomendaciones para la regulación de acceso a los instrumentos musicales en colecciones públicas. En ella se aborda el papel del visitante dentro del museo, así como el manejo físico de los instrumentos; las condiciones de acceso; la protección general de daños; las herramientas y técnicas de mediación y las condiciones para su interpretación. Además, reserva un apartado dedicado al derecho de autor.¹⁹

9. TÉCNICAS DE RESTAURACIÓN

Como se cita en la Carta de Cremona de 1987²⁰ (artículo 4):

“Las operaciones definidas como restauración, están referidas a cualquier trabajo cuyo objeto es la reparación de los daños o el mantenimiento de la eficiencia del instrumento durante su durabilidad.

En general, cualquier trabajo de restauración no debe de eliminar elementos originales del instrumento, o causar alguna alteración en su forma, materiales o características mecánicas, así como modificar su aspecto original, sus características sonoras (como la potencia acústica, las cualidades tonales y su modulación de onda) su tipología y su uso, cuyas excepciones se indican en el apartado C) del artículo 7²¹.

Para todas las operaciones realizadas, todos los datos pertinentes a la conservación de los instrumentos, su estado actual y el tipo de operaciones que se consideran esenciales deben ser explicadas y justificadas en un informe técnico.”

Antes de intervenir un instrumento se deben tener en cuenta los siguientes aspectos:

- Construcción de los instrumentos
- Sensibilidad y entendimiento hacia el objeto en particular: valor histórico, social y educativo.

19 L. Barclay, Robert. *The care of historic musical instruments*, chapter 2, 3 y 5.

20 Carta de Cremona 1987: Plantea la necesidad de devolver la funcionalidad a estos objetos, asumiendo que su valor radica no sólo en su instancia estética sino también sonora, y permite la corrección de errores evidentes en su construcción si éstos influyeran en el correcto sonido del instrumento.

21 Véase en el anexo. Apartado 9, técnicas de restauración



Despegar la tapa de un instrumento

- Principios y normas acústicas
- Agentes de deterioro
- Barnizado

Los estudios generales que se llevan a cabo para comprobar el estado del instrumento son:

- Centrado, proyección e inclinación del mango
- Estado de la caja de resonancia

A continuación, se describen los procedimientos básicos que se deben conocer antes de efectuar una intervención en un instrumento:

DESPEGAR LA TAPA

1. Retirar el puente, las cuerdas, la barbada (si la tiene como en el caso del violín o la viola) y el cordal.
2. Separar la cejilla inferior.
3. Despegar paulatinamente la tapa: introduciendo una espátula y alcohol entre las juntas del instrumento.
4. Soltar las puntas y los tacos inferior y superior mediante una espátula más larga que cubra toda la superficie del taco, evitando de esta manera posibles roturas.

DESPEGAR EL FONDO

Se siguen las mismas operaciones que en el caso anterior, aunque se debe tener en cuenta que es de madera más dura, por lo que sólo se debe hacer si es necesario.

DESPEGAR EL MANGO

1. Retirar todos los accesorios del instrumento.
2. Comprobar que el diapasón esté perfectamente encolado al mango.
3. Asegurar que el taco superior esté bien encolado a la tapa y el fondo.
4. Despegar las juntas del mango mediante una espátula.
5. Introducir con una jeringuilla un poco de alcohol en todas sus juntas (teniendo mucho cuidado con el barniz)
6. Acomodar de lado el instrumento sobre una superficie dura y atizar en la cabeza golpes secos y firmes hasta que se escuche un "crack". Realizar la misma operación en el otro lado de la cabeza. A continuación mover poco a poco el mango en todos los sentidos hasta que se desprenda totalmente.

DESPEGAR LA CEJILLA

Existen dos métodos: Introduciendo una fina espátula entre la junta de la cejilla y el plano del mango, e ir moviéndola hasta que quede despegada. O bien, colocando encima del diapasón una pieza de madera con la forma de la curvatura y dar un golpe firme y seco.

DESPEGAR EL DIAPASÓN

Después de despegar la cejilla, a través de una espátula y alcohol despegar el diapasón con sumo cuidado. Para evitar golpear la tapa, se puede colocar un poco de cinta adhesiva en la parte superior del mango.

DESPEGAR EL TACO

1. Quitar el diapasón.
2. Despegar la tapa.
3. Apoyar la zona del taco sobre una superficie dura y firme.
4. Con un formón ir retirando la madera poco a poco hasta llegar a los aros. En los últimos milímetros retirar con cuchilla.

RETIRAR LA BARRA ARMÓNICA

1. Despegar la tapa.
2. Mediante una gubia retirar madera hasta llegar a la superficie de la tapa.
3. Las últimas décimas de milímetros se retira mediante papel de cocina ligeramente húmedo con agua caliente y una cuchilla con una curvatura adecuada.

DESPEGAR EL ARO

1. Retirar la tapa.
2. Abrir la junta entre el aro y el fondo.
3. Despegar la superficie del aro con la punta.
4. Mediante un formón dar un golpe entre los anillos del taco para que se divida en dos.

9.1. REPARACIONES EN LA TAPA Y EL FONDO

CORRECCIÓN DE LA BÓVEDA: Las deformaciones originadas por las presiones que ejercen el puente, el alma o la barra armónica cuando ésta última se ajusta con demasiada presión en los extremos, provoca el



Rebaje de la barra armónica

hundimiento de la tapa, produciendo su deformación. Existen dos tipos de deformaciones en la tapa: el hundimiento y la protuberancia.

El proceso de intervención para reparar el hundimiento es:

1. Elaboración de un molde parcial o completo de la pieza.
2. Si fuese necesario retirar la barra armónica.
3. Corrección del molde: mediante una cuchilla retirar el exceso de escayola hasta corregir la deformidad.
4. Cubrir con film transparente el molde para que no esté en contacto directo con la pieza, evitando de esta manera posibles daños en el barniz.
5. Calentar arena fina e introducirla en una bolsa resistente de tela.
6. Fijar la tapa encima del molde.
7. Humedecer la zona de la madera a tratar.
8. Acomodar sobre la deformidad la bolsa de arena.
9. Situar un listón de madera rígida sobre la bolsa.
10. Mantener la posición hasta que enfríe la arena.

*Repetir el proceso cuantas veces sea necesario hasta recuperar la forma original.

*Mediante una regla se pueden observar las sombras producidas por un foco de luz que detectará las simetrías y deformaciones del instrumento.

Tratamiento de actuación en una protuberancia: En este caso se ha de realizar un molde y extraer un segundo molde del primero. A continuación, se corrige el segundo molde y se extrae un tercero del modificado. Este último nos servirá para realizar la corrección de la tapa siguiendo el proceso anterior.

BARRA ARMÓNICA: Para colocar la barra armónica del instrumento es preciso que el mango esté bien centrado, ya que si ésta (la barra armónica) se coloca con tensión puede provocar la deformación de la tapa. Su relación con el puente del instrumento es esencial para la producción del sonido.

Para la construcción de la barra armónica generalmente se emplea madera de abeto, de grano fino y regular. La barra que se coloque posteriormente no debe ir encolada, sino que, en caso de fractura, se debe de reforzar la grieta y ajustar ésta a la barra armónica.

DOBLAJE DEL BOTÓN: Este sistema tiene el cometido de reforzar los botones dañados de forma que puedan soportar la fuerza que producen las cuerdas sobre el tiro del mango. Para ello, es necesario separar el fondo de los aros y preparar un molde en escayola de la zona.

INJERTO DE UN BOTÓN NUEVO: Los motivos por los cuales se emprende la restitución del botón original son su deterioro o el reemplazamiento por otro más grande, ya que esto puede ocasionar que no esté en el centro geométrico del instrumento. Para llevar a cabo esta operación, se ha de realizar un molde del doblaje del botón, retirar el botón original y vaciar la madera necesaria para introducir el nuevo botón. La madera empleada en el injerto debe de ser de similares características que la original, tanto en el rizo como en el grano.

REHACER UNA JUNTA: La restauración de las juntas en los instrumentos musicales es una labor frecuente en instrumentos deteriorados o defectuosos debido al empleo de maderas poco estacionadas, a la afluencia de humedad ambiental o a causa de un exceso de tensión producida por el alma.

En esta operación se deben despegar, en primer lugar, los aros de la tapa o el fondo (en función de la junta que se vaya a reajustar). En la corrección de la bóveda empleamos bolsas de arena o moldes de escayola para devolverle la posición original. Seguidamente, se estabiliza la bóveda colocando cuatro o cinco listones transversales a una distancia milimétrica de la bóveda. A continuación, se ha de despegar totalmente la junta con ayuda de vapor y flexionar las dos mitades hasta conseguir separar las piezas. Posteriormente se ha de preparar una base de madera sólida para fijar la mitad de la tapa con topes protegidos con corcho para no dañar el barniz, y pasar así un cepillo que nos permita volver a hacer la junta. Tras esta operación, se procede a encolar las dos mitades, reforzándolas con pequeños tacos de madera de abeto.

CAMBIO DE PUNTA: Debido al uso, las puntas de los instrumentos son propensas a recibir golpes y roces, por lo que suelen ser sustituidas con regularidad cuando el daño es ya irreparable. Al igual que en los anteriores procesos de intervención, la madera empleada debe coincidir en grano, color y posición en relación con las líneas invernales/estivales con respecto al original.

En ocasiones este tipo de daños puede afectar también a parte del filete. Para evitar evidenciar excesivamente esta intervención se ha de hacer coincidir la junta con la línea del grano invernal. La zona dañada puede ser sustituida mediante una o dos piezas. Este proceso se ha de finalizar mediante la aplicación de un barniz de similares características al original en cuanto a color y textura se refiere. En caso de presentar un desgaste natural por el paso del tiempo, éste ha de ser simulado.

REPARACIÓN DE GRIETAS: Las partes más propensas a sufrir fracturas o grietas son la tapa, el fondo o los aros, debido a la finura del material de construcción. Las causas más comunes que originan este tipo de daños son

los cambios bruscos de temperatura y humedad, las fuertes tensiones, los golpes, las caídas...

Es fundamental intervenir este daño en el momento en el que lo percibimos, pues a medida que pasa el tiempo esta operación se va haciendo más compleja.

Generalmente, la metodología para reparar una grieta es:

1. Limpieza de la grieta.
2. Blanqueado de la grieta. Esta actuación se realiza si se tuviese que retocar el barniz. Se lleva a cabo mediante ácido Oxálico²² o Peróxido de Hidrógeno.²³
3. Encolado a temperatura ambiente y sin corrientes de aire.
4. Refuerzo de la grieta. Para ello existen diferentes procedimientos:
 - a) Con pequeños taco de abeto, de grano transversal a la grieta. Colocación no paralela al grano de la madera.
 - b) Mediante Washi. Se trata de un papel japonés ligero y flexible, que añade poca masa al instrumento.
 - c) A través de una tela fina de lino. Es un refuerzo muy útil que evita una excesiva rigidez en la tapa o el fondo. Se emplea cuando la grieta no tiene demasiada tensión.
5. Relleno superficial de la grieta. Se trata de cerrar la grieta mediante un sellador durante dos horas aproximadamente. Si fuese necesario se puede dar una segunda aplicación. Una vez seco, se rebaja el sobrante con una cuchilla y se retoca el barniz²⁴.

*Varias grietas juntas pueden ser reforzadas mediante los mismos tacos de madera.

*Las grietas cercanas a las eses se pueden reforzar sin abrir el instrumento, introduciendo el taco de refuerzo y una pequeña prensa a través de la efe.

DOBLAJE DEL BORDE: Esta intervención puede llevarse a cabo en zonas muy dañadas por fracturas o pérdida de madera en los bordes de la tapa.

1. En primer lugar se ha de medir el espesor de la madera original.
2. A continuación se ha de preparar un molde de escayola de manera que cubra toda la zona a trabajar.
3. Antes de añadir los nuevos injertos de madera se ha de retirar gradualmente la mitad del espesor de la madera original con gubias y cuchillas.



Daños por grietas producidas en la tapa del instrumento.

Encolado de grietas.

22 *Acido Oxálico: Ácido orgánico relevantemente fuerte. Empleado, en este caso, para el blanqueado de grietas*

23 *Peróxido de Hidrógeno: Compuesto químico fuertemente enlazado con hidrógeno. Es empleado, entre otras funciones, como blanqueador.*

24 *Véase en el anexo. Apartado 9, técnicas de restauración.*

4. La nueva madera se ha de adaptar perfectamente a la zona dañada (zona anteriormente eliminada). Para ello, podemos ayudarnos de una tiza para delimitar el contorno de la pieza.
5. Una vez seco, retiramos la madera sobrante para hacerla coincidir con el resto del plano del instrumento.

CORONA DE ÉBANO: Se ajusta para reconstruir un botón excesivamente dañado o para centrar geométricamente un nuevo mango con la tapa y el fondo.

Para saber si el botón está bien centrado, se toma la parte más ancha del fondo en la zona superior e inferior del instrumento, se marca la mitad exacta y se traslada esta línea entre dos puntos mediante una regla flexible hasta el botón, donde nos indicará su centro exacto geométrico.

Si se ha de ajustar el mango, se debe marcar el centro del botón pero no terminarlo hasta que esté prácticamente ajustado. Si se trata de un mango nuevo, se ha de reducir y centrar el botón geométricamente a la vez.

SUSTITUCIÓN DEL BORDE DAÑADO: Los bordes del instrumento tienden a desgastarse con regularidad por lo que la madera de sustitución debe adecuarse en color y grano al original. El color de la madera debe coincidir antes de la primera capa de barniz.

Existen diferentes tipos de sustitución:

1. Borde recto: Daños menores localizados en la parte más ancha de la tapa o el fondo. En primer lugar se ha de cepillar perpendicularmente la zona del borde dañado hasta uno de los anillos anuales invernales. A continuación se ha de seleccionar la madera a emplear, cepillarla y pegarla en la zona tratada de la tapa. Finalmente se debe terminar la curva y retocar el barniz. Si fuese necesario simular el desgaste.
2. Borde curvo: Se trata de una reparación más compleja, en la que se ha de alcanzar el filete del instrumento, primero con el cepillo y a continuación con una lima. La preparación del nuevo injerto es como el anterior, aunque en el encolado nos ayudaremos de prensas especiales que repartan la presión delicadamente y por igual.
3. Borde en C: Causado normalmente por los golpes del arco en la madera. Para facilitar esta operación es aconsejable despegar la tapa. Se ha de retirar la madera dañada hasta llegar al filete sin tocarlo. El proceso a seguir es el mismo que en los anteriores casos.
4. Borde a dos niveles: Es la actuación más compleja en las reparaciones del borde. Discierne de las anteriores en la división de dos escalones. Este método proporciona una firme sujeción en



Arañazos, golpes y pérdidas de barniz.

Relleno de galerías y reintegración volumétrica de la esquina.

la tapa o el fondo en aquellas zonas susceptibles de dañarse por el sudor.

DOBLAJE DEL PECHO EN LA TAPA: Las partes del puente son las responsables de las tensiones recibidas en la tapa. Con el paso del tiempo el violín ha ido convirtiéndose en un instrumento solístico. Ello ha conllevado una mayor presión sobre la tapa, por lo que para contrarrestar este problema, la caja armónica aumentó en dimensión y fuerza. Los instrumentos con este problema necesitan ser reforzados con la re-graduación de madera nueva en el pecho. El proceso consistiría en:

1. Retirar la barra armónica.
2. Realizar un molde completo de la tabla.
3. Corregir la bóveda.
4. Limpiar y encolar las grietas de la zona central.
5. Si fuese necesario, doblaje de la zona del alma.
6. Preparación del doblaje del pecho: para ello se ha de retirar madera original de la zona, ajustarla, encolarla y finalmente llegar a los espesores deseados finales.
7. Colocar la nueva barra armónica, cerrar el instrumento y montar.

REFUERZO DE LAS ZONAS DE LOS TACOS: La madera del taco superior e inferior desaparece debajo debido a múltiples reparaciones y aperturas del instrumento. Por ello es necesario hacer un doblaje de la zona con madera nueva para reforzarla. El proceso es el siguiente:

1. Despegar la tapa y realizar un molde de la zona.
2. Limpiar las grietas y el encolado de las mismas.
3. Retirar al menos la mitad del espesor de la zona dañada.
4. Preparar la nueva madera, ajustarla, encolarla y finalmente reducir el espesor hasta conseguir el original del instrumento.
5. Cierre del instrumento y montaje.

DOBLAJE DE LA ZONA DEL ALMA: Tiene por objeto reforzar las grietas producidas por el alma, ya que de no estar reforzada, esta presión provocaría la apertura de la grieta. Para ello:

1. Retirar la tapa o el fondo.
2. Preparar un molde en escayola de la zona.
3. Limpiar y encolar la grieta.
4. Retirar la madera original y preparar la nueva.
5. Ajuste de la madera, encolado y re-graduación de los espesores.
6. Tintado de la nueva madera.
7. Cierre del instrumento y montaje.



Daños producidos por la carcoma.

Sellado de las galerías

DOBLAJE A TRAVÉS DE LA TAPA: Necesario para instrumentos que han sido dañados de tal manera que la fuerza ejercida por el alma a atravesado la tapa, o presenta múltiples astillas en la zona y ha perdido madera. El proceso consiste:

1. Retirar la tapa y prepara un molde completo en escayola fina.
2. Tomar lascas de madera original de la zona posterior.
3. Encolado de la lámina de madera original, mediante pequeñas bolsas de arena caliente y una prensa.
4. Refuerzo interno mediante un doblaje de la zona.
5. Si fuese necesario, doblaje del pecho de la tapa.
6. Retoques del barniz y nuevo montaje del instrumento.

* Puede emplearse madera nueva siempre y cuando coincida con la original en dibujo, grano y color.

FILETES: Son un ornamento que completan las líneas curvas del instrumento. Las zonas altas y bajas de la tapa son más propensas a romperse. El filete en ocasiones evita que una grieta continúe más allá del canal.

Para reemplazar los filetes dañados:

1. Retirar el trozo del filete dañado.
2. Medir el espesor del total y de las tres partes del filete original.
3. Identificar las maderas y reproducir uno de similar material.
4. Encolar el filete nuevo con el original haciendo la junta entre ambos mediante un corte inclinado.
5. Mediante gubia y cuchilla retirar el sobrante.
6. Retoques de barniz e imitación del desgaste si fuese necesario.

DAÑOS POR INSECTOS: En primer lugar se ha de matar los insectos con un insecticida, metiendo las partes a tratar durante una semana en bolsas. Finalmente, se rellenan los túneles con pequeñas láminas de madera original y posterior refuerzo mediante doblajes si fuera necesario.

9.2. REPARACIONES EN LOS AROS

CONTRA-FORMAS Y REFUERZOS: Podemos utilizar dos tipos de contra-formas: hechas en madera y por componente dental. En el caso de no requerir contra-formas se pueden emplear materiales como el plexiglás²⁵, o trozos rectos de madera protegidos con corcho.

²⁵ Plexiglás: Resina sintética, de aspecto transparente y flexible. Puede soportar altas presiones con prensas.

GRIETAS: En los aros podemos hallar dos tipos diferentes de grietas: grietas a lo largo del grano de la madera ²⁶ y grietas del flameado del arce ²⁷.

No todas las grietas necesitan contra-formas para ser encoladas, ya que si los aros están despegados de la tapa o el fondo, las pequeñas prensas para cerrar el instrumento son muy útiles y eficaces.

Reparación de las grietas a lo largo del grano de la madera: La mejor contra-forma es el poliéster o el componente dental.

1. Se retira la tapa.
2. Se limpia la zona de dentro.
3. Se encola a los extremos de la grieta con dos pequeños tacos de madera.
4. Se limpia la grieta y una vez seco se encola usando prensas tanto de arriba a abajo del aro como sobre el espesor de la grieta para alinearla perfectamente.
5. Se ha de reforzar la grieta para que no se abra. El grano de esta lámina a de recorrer en la misma dirección que el grano del aro. También es posible reforzarlo mediante una tela fina de lino, con los bordes deshilachados para no provocar una excesiva tensión.

Reparación de grietas a lo largo del rizo: La grieta corre a lo largo del dibujo del rizo provocado en el arce por la ondulación de la fibra. En primer lugar se ha de retirar la tapa. A continuación se ha de hacer una contra-forma y corregir la grieta si fuese necesario. Posteriormente se limpia y se fija la grieta con cola fresca. Por último, se refuerza con tela fina (si no hay tensión) o con una pequeña lámina de arce sin rizo.

INJERTO PARCIAL: Una sudoración muy ácida provoca en el aro de la mano izquierda el deterioro del barniz y la madera. Esto causa la reapertura de grietas existentes y un deterioro considerable en el instrumento. Su reparación consiste en reforzar el interior del aro o remplazar la mitad del espesor mediante un doblaje. La operación a seguir es:

1. Despegar el mango y la tapa.
2. Liberar el aro del taco (si la junta del aro con el taco no se desprende, despegar el contra-aro).
3. Cortar el aro cerca del taco superior y retirar poco a poco con un formón la madera.
4. Realizar un molde externo del aro con escayola.
5. Retirar al menos la mitad del espesor del aro original y preparar un espesor similar con una pequeña lámina de arce.
6. Encolar con una bolsa de arena caliente.
7. Re-encolar el aro en su ubicación correcta.

²⁶ Grietas a lo largo del grano de la madera: paralelas al plano de la tapa o el fondo.

²⁷ Grietas del flameado del arce: Grietas perpendiculares. Van de la tapa al fondo siguiendo el rizo

8. Cerrar y montar el instrumento. Retocar el barniz.

REFUERZO DE AROS DEFORMADOS: Los aros cortados de manera tangencial habitualmente se alabean de forma natural, sobre todo en la barbada, debido a la excesiva tensión.

Hay dos maneras de repararlo:

Retirando el aro del instrumento.

1. Construir una contra-forma de la parte externa del aro
2. Eliminar las deformaciones usando una bolsa con arena caliente.
3. Posteriormente, puede ser reforzado con madera en el interior.

Sin retirar el aro del instrumento.

1. Desencolar el aro con la tapa y el fondo.
2. Humedecer la madera y presionar usando contra-formas para devolverla a su sitio y forma original.

*Dependiendo del tipo de deformación y gravedad emplearemos un método u otro. Hay que tener en cuenta: como de cerca está la deformación al taco inferior, observar si con la deformación se ha producido alguna grieta (en ese caso emplearemos el método 1), y la gravedad de la deformación para estimar si es posible despegar los contra-aros.

REPARACIÓN DE AGUJEROS: Los agujeros se producen por fuertes impactos en el instrumento. Existen dos tipos de daños:

Sin pérdida de material.

1. Devolver al sitio la madera mediante una pequeña bolsa de arena caliente y una contra-forma de madera para ejercer fuerza.
2. Reforzar internamente con tela
3. Despegar la tapa de los aros y retocar el barniz.

Con pérdida de material.

1. Despegar la tapa.
2. Realizar un molde completo del aro en madera.
3. Retirar el aro del taco superior o inferior.
4. Separar el otro extremo del taco partiéndolo en dos y despegar los contra-aros.
5. Seleccionar la madera para la zona a sustituir.
6. Preparar la zona de doblaje con la nueva madera y ajustarla.
7. Encolar la nueva madera ayudándonos de arena caliente.
8. Refuerzo final con tela.
9. Retoques del barniz.
10. Re-encolado al taco superior o inferior y al taco de la punta.

11. Cierre del instrumento y retoques finales de barniz

DOBLAJE DEL ARO: Esta operación se realiza en reparaciones de grietas o en deformaciones en los aros. Existen dos procedimientos: añadiendo una fina tira de madera (añade espesor al instrumento) o reduciendo el espesor del aro original a la mitad, encolar una fina tira de madera y reducir al espesor original.

AÑADIR ALTURA: Incorporar una pequeña tira de arce un poco más ancha que el aro y el contra-aro. Doblarla con calor y limpiar la zona de encolado. Seguidamente fijarlo en el aro. Retirar la madera sobrante, retocar el barniz y cerrar el instrumento.

9.3. REPARACIONES EN EL MANGO Y LA VOLUTA

NUEVO DIAPASÓN Y CEJILLA: El diapasón es una pieza que ha de ser sustituida cuando se ha reformado la superficie un determinado número de veces y el espesor de ésta ha quedado excesivamente fino. El motivo por el cual se han de llevar a cabo estas correcciones es debido al desgaste que provoca el roce de las cuerdas sobre la superficie, produciendo surcos y un plano irregular. Esta operación también se realiza cuando el alabeo del instrumento es demasiado pronunciado, haciéndose durísimo de tocar. Por ello no deben haber irregularidades sobre la superficie que produzcan ruidos molestos.

Cada instrumento tiene una curvatura determinada. Para el violín se emplea una radio de 42 mm, mientras que para el cello y el bajo en la IV cuerda se puede crear una superficie plana, todo ello sujeto a la subjetividad del intérprete.

En cuanto a la cejilla, es muy importante que las cuerdas estén solamente dentro del canal $\frac{1}{3}$ del diámetro de la cuerda, es decir, que se mantengan fijas. Si las cuerdas se introducen en canales muy profundos suenan menos, por lo tanto la altura de la cejilla ira en relación a la altura de las cuerdas.

Las cuerdas de cada instrumento están a una distancia determinada²⁸. A mayor distancia, menor sonido y mayor dificultad de ejecución.

NUEVOS AGUJEROS EN LAS CLAVIJAS: Para afinar adecuadamente el instrumento, sus clavijas se deben de ajustar perfectamente. Con el paso del tiempo estas piezas se van hundiendo, por lo que deben ser sustituidas. Los repetidos cambios hacen que los agujeros se agranden. En tal caso s deben de tapar y hacer unos nuevos con un diámetro igual al que poseían

²⁸ Véase en el anexo. Apartado 9, técnicas de restauración

originalmente. Los agujeros también se pueden cubrir cuando se debe reponer el mango o en la reparación de roturas en las paredes del clavijero.

Se suele emplear madera de arce sin rizo o madera de boj. El procedimiento a seguir es:

1. Limpieza de los agujeros con escariador. A continuación ajustar las piezas de madera a la conicidad de los agujeros.
2. Encolado. Es muy importante que la veta de la madera coincida con el del clavijero. Se dejan secar, se cortan y con un formón se deja al ras de los flancos del clavijero. Se retoca el barniz hasta hacer coincidir en textura, color y refracción al original.
3. Finalmente se hacen los agujeros con una broca muy pequeña y se ajustan las clavijas a los nuevos agujeros.

INJERTO DEL MANGO: Los motivos que conducen a esta intervención son:

- a) La corrección de la distancia del borde a la cejilla.
- b) Modificar la anchura del diapasón para obtener una extensión estándar.
- c) Rectificar la forma o curvatura del mango.
- d) La infestación del mango por ataque biológico.

Es necesario conocer la época del instrumento, pues sus medidas variaran en función de las necesidades del músico. El resultado final de un injerto dependiendo del instrumento deberá alcanzar:

	Violín	Viola	Cello	Bajo
Distancia borde-cejilla	130 mm	140-150 mm	280 mm	410-425 mm
Distancia borde-centro	195 mm	210-225 mm	400 mm	600-620 mm
Proporción	2:3	2:3	7:10	7:10
Espesor del mango con diapasón	18,5-20 mm	19-20,5 mm	28,5-32 mm	42-48 mm
Proyección sobre el mango	27 mm	30-32 mm	80 mm	155 mm
Distancia filete-diapasón	6-7,5 mm	6-8 mm	20-22 mm	varios
Inclinación del mango	Hacia I cuerda	Hacia I cuerda	Hacia IV cuerda	Hacia IV cuerda

El proceso de intervención es el siguiente:

1. Desencolar el diapasón y la cejilla.
2. Separar el mango de la caja de resonancia.
3. Cubrir los agujeros de las clavijas I y IV con madera nueva.
4. Cortar el mango a un centímetro aproximadamente de la cejilla.
5. Cortar y preparar el hueco que alojará tres planos perfectos del nuevo mango (este corte debe llegar hasta la mitad de la caja del clavijero).
6. Preparar la madera y ajustar el extremo superior hasta encajar perfectamente con los tres planos antes mencionados. Una vez encajado, debe estar centrado la línea central del plano del diapasón con el centro exacto de la voluta.
7. Encolar con cola animal con tres prensas, a través de un molde compuesto en la parte de debajo del clavijero, junto con otros dos en los laterales.
8. Pasadas 24 h se perfora la caja del clavijero
9. Reajuste del mango en la caja y barnizado de la parte del talón de la caja y parte superior encolada a la voluta.
10. Extraer el color mediante pergamano de potasio²⁹ del mango bajo el diapasón. Finalmente, dar dos o tres capas de aceite de linaza.

REAJUSTE DEL MANGO: Esta operación se lleva a cabo cuando alguna de las medidas con relación a la caja de resonancia es errónea y no puede ser corregida de otra manera. Las medidas hacen referencia a: la proyección sobre el puente, la distancia borde-cejilla, la inclinación base del diapasón, la distancia entre el filete y el borde del diapasón, o cuando el mango no está exactamente centrado. El procedimiento es el siguiente:

1. Desencolar el mango y limpiar la cola del mango y de la caja.
2. Rellenar el fondo y los laterales con madera de abeto (dirección de la veta hacia abajo)
3. Posicionamiento exacto del puente: se fijará con dos gomas entorno a la caja. Centrado sobre la tapa y en la distancia apropiada del instrumento.
4. Reajuste del mango.
5. Barnizado de la zona del talón.
6. Montaje del puente y el alma nuevo.

CUÑAS BAJO EL DIAPASÓN: Es una alternativa para evitar reajustar el mango. Con ello podemos corregir: la inclinación del plano del mango, la

²⁹ Pergamano de potasio: Fuerte oxidante de color violeta que provoca un cambio brusco del color natural de la madera

proyección sobre el puente, el centrado del diapasón al puente y pequeñas correcciones de la distancia del borde a la cejilla. Hay que tener en cuenta que a través de esta intervención aumentará ligeramente el espesor del mango.

El procedimiento de trabajo es:

1. Despegar el diapasón.
2. Limpiar la cola adherida al mango y al diapasón.
3. Encolar una pequeña pieza de arce.
4. Una vez seco, mediante un cepillo quitar la madera suficiente para corregir el problema, quitando más madera de una parte que de otra (según lo necesario).
5. Tras retirar el color del mango, se iguala con una pequeña cuña de madera.
6. Aplicar varias capas de aceite de linaza.

REFUERZOS EN LOS FLANCOS DE LA CABEZA: Esta intervención se lleva a cabo para reforzar grietas o daños de insectos que hacen imposible poder utilizar las clavijas.

En primer lugar se rellenan los agujeros de las clavijas a reparar. A continuación se rellena el hueco del clavijero con compuesto dental endurecido para poder hacer fuerza cuando encolemos la nueva madera con una prensa.

Posteriormente se retira la madera dañada, se ajusta la nueva madera al hueco y se encola.

Una vez seco, se retira la madera sobrante y se retoca el barniz. Finalmente, se vuelven a hacer los agujeros para las nuevas clavijas.

INJERTO DE LA VOLUTA: Se realiza cuando sólo puede ser salvado la voluta de la cabeza.

Metodología de trabajo:

1. Construir un mango nuevo pero con las medidas estándar del instrumento: cuya cabeza (de cejilla en adelante) coincida en el diseño y dimensiones a la cabeza original.
2. No será necesario reconstruir la voluta, ya que esta será encolada en la parte final de la madera nueva.
3. Encajar el mango al cuerpo del instrumento, con una nueva cejilla y diapasón.
4. Barnizado y nuevo montaje³⁰.

10. CONCLUSIÓN

La música procede de las modificaciones del lenguaje del ser humano. Con ella, podemos estudiar y comprender las bases culturales que rigen una sociedad. El sonido que de ella se deriva se rige por los principios físico-acústicos del pensamiento matemático. A lo largo de la historia la música ha sido objeto de innumerables campos de investigación como la física, las matemáticas o la antropología. Sin embargo, las herramientas para llevar a cabo las manifestaciones artísticas y culturales gracias a las cuales se desprenden los sonidos no han gozado del reconocimiento suficiente para adoptar unos criterios adecuados para su preservación.

A través de este trabajo se ofrece una visión general de todos aquellos factores que interactúan o tienen relación con la parte tangible de esta disciplina, ofreciendo un esbozo del contexto y de los aspectos que condicionan su estructura y tratamiento, para elaborar, posteriormente, un plan de actuación de acuerdo a las características de cada objeto.

A través de los criterios y metodologías empleadas podemos advertir las disyuntivas existentes en función del entorno en el que se vinculan, es decir, si son entendidas como patrimonio cultural o como objetos prácticos. De cualquier modo, todas las intervenciones llevadas a cabo deben proporcionar al instrumento un trabajo respetuoso tanto a nivel estético, histórico como funcional.

Por otro lado, se ha tratado de mostrar la importancia del conocimiento tanto de su anatomía como de los materiales para la sonoridad de cada instrumento, condicionando a éstos de manera decisiva. No en vano, mediante la construcción se puede comprender el mecanismo de construcción de estas obras.

A partir del análisis, del contraste de información y de numerosas entrevistas realizadas a luthiers y profesionales en la materia se ha conseguido ofrecer un punto de vista global en el estudio de estas piezas. Si bien es cierto, que debido al espacio con el que se cuenta para desarrollar este proyecto, no se ha podido ofrecer una investigación en profundidad de cada uno de los apartados.

Finalmente, para que este trabajo fuese más exhaustivo cabría realizar un estudio de todos los tipos de instrumentos de cuerda, así como del resto de continentes.

11. BIBLIOGRAFÍA

BIBLIOGRAFÍA LIBROS

*MASETTI BITELLI, LUISA. *Restauración de instrumentos y materiales. Ciencia, música y etnología*. Junta de Andalucía. Consejería de Cultura, IAPH: Nerea, 2004

*MERINO DE LAFUENTE, JESÚS MARIANO. *Las vibraciones de la música*. Alicante: Club Universitario, 2006

*H. FLETCHER, NIVILLE; D. ROSSING, THOMAS. *The physics of musical instruments*. New York, USA. Springer Science + business media, 2005

*W.HENRY HILL;ARTHUR F. HILL,F.S.A., ALFRED E. HILL. *Antonio Stradivari. His life and work (1644-1737)*. London: Macmillan and Co; limited ST Martin's street. 1909

*BRANDI, Cesare. *Teoría de la restauración*. Madrid: Alianza Editorial, 1988

*RAMÓN, ANDRÉS. *Diccionario de instrumentos musicales: De Píndaro a J.S. Bach*. Barcelona: Biblograf, 1995

*ALCOBER ALCODORI, FRANCISCO; LAFUENTE AVEDILLO, RAFAEL. *La música y los instrumentos musicales. Desde el Barroco hasta el siglo XX*. Alicante: UMA Editores, 2010

*CARLETTI, GABRIELE. *Vernici in Liuteria*. Padova: Ed. Zanibon, 1985

*PINTO COMAS, RAMÓN. *Manual del luthier. Tratado práctico sobre la construcción de violines*. Barcelona: Ed. Parramond, 2000

*L. BARCLAY, ROBERT. *The Care of historic musical instruments*. Canada: Museums & Galleries Commission, 1997

TESIS

*VALENZUELA MUJICA, GISELLE. *Intervención en dos instrumentos de cuerda frotada y un arco* [tesis doctoral]. Santiago-Chile: Universidad de Chile, 2010 [consulta: 2013-11-06]. Disponible en:
http://www.tesis.uchile.cl/tesis/uchile/2010/ar-valenzuela_g/html/index-frames.html

*AL-MAJADALAWI ÁLVAREZ, AMIR. *Fundamentos físicos de los instrumentos musicales (acústica musical)* [tesis doctoral]. Valladolid: Universidad de Valladolid, 2014 [consulta: 2014-06-23]. Disponible en: http://www.lpi.tel.uva.es/~nacho/docencia/ing_ond_1/trabajos_05_06/io2/public_html/introduccion.html

REVISTAS

*GEMBERO USTÁRROZ, MARÍA. *El patrimonio musical y su gestión*. Revista de musicología, XXVIII, nº 1, 2005

*SUMI GUNJI. *La interpretación de instrumentos musicales: una colección universitaria en Japón*. En: Museum internacional. Paris: unesco, 1996. Nº 189 (Vol.48, nº 1,1996), 0250-4979

*L.BARCLAY, ROBERT. *La conservación de instrumentos musicales*. En: Museum internacional. Paris: unesco, 1996. Nº 189 (Vol.48, nº 1,1996), 0250-4979

*HOPFNER, RUDOLPH. *Un paseo a través de la historia de la música austriaca*. En: Museum internacional. Paris: unesco, 1996. Nº 189 (Vol.48, nº 1,1996), 0250-4979

*GANSEMANS, JOS. *Crear un Contexto para los instrumentos musicales africanos*. En: Museum internacional. Paris: unesco, 1996. Nº 189 (Vol.48, nº 1,1996), 0250-4979

*KOSTER, JOHN. *Restauración, reconstrucción y copia en las colecciones de instrumentos musicales*. En: Museum internacional. Paris: unesco, 1996. Nº 189 (Vol.48, nº 1,1996), 0250-4979

*UNA RESEÑA DEL MUSEUM INTERNACIONAL. *El cuidado de los instrumentos musicales*. En: Museum internacional. Paris: unesco, 1996. Nº 189 (Vol.48, nº 1,1996), 0250-4979

*Intervención. Revista internacional de conservación, restauración y museología. Córdoba: Enero-junio 2011, nº3, ISSN: en trámite

WEBGRAFÍA

* BLOG CLÁSICO. *Blog clásico*. Musica Clasica - BlogClasico - Cultura [Blog]. 2008. [2013-05-11]. Disponible en: <http://www.blogclasico.com/2008/10/instrumentos-musicales-el-violin.html#.UnUmkvn3Gao>

- *Arte barroco. Zaragoza: Blog, 2008. [consulta: 2014-05-12]. Disponible en: <http://matemorenodemonroy.blogspot.com.es/2010/12/la-pintura-flamenca-y-holandesa-en-el.html>
- * RUTH OBERMAYER, *Luthería de instrumentos de arco*. Granada, 2005. [consulta: 2014-03-08]. Disponible en: <http://www.ruthobermayer.com/2011/11/14/charla-luthier-artesano-del-sonido/>
- * ZENKER INSTRUMENTOS, *Zenker- instrumentos*. México, 2007. [consulta: 2014-08-08]. Disponible en: <http://zenker-instrumentos.blogspot.com.es/2010/07/aspectos-tecnicos-en-el-uso-y-la.html>
- *OLD WOOD COLOURS & VARNISHES SL., *Old Wood*. Madrid. [consulta: 2013-02-18]. Disponible en: http://www.oldwood1700.com/es/sistemas_aplicacion.aspx
- *QUÍMICAS THÁI, S.L., *Químicas thái*. Valencia. [consulta: 2014-06-20]. Disponible en: <https://quimicathai.wordpress.com/tag/secado-por-oxidacion/>
- *FRANCÉS BRUNO, EDUARDO. *Abeto y arce*. [consulta: 2013-08-18]. Disponible en: <http://www.abetoyarce.com/diccionario-de-lutheria-abeto/>
- *GUSTAVO BELLIDO- BV, *Gustavo bellido*. Córdoba – Argentina. [consulta: 2013-06-18]. Disponible en: <http://www.gustavobellido.com.ar/notas.php?html=conceptos-basicos.html>
- *AYUNTAMENT DE BARCELONA. *Museu de la música*. Barcelona [consulta: 2013-06-18]. Disponible en: <http://www.bcn.cat/museumusica/es/Conservacio.html>
- *LA SORDINA LAUDERÍA. *La sordina. Instrumentos, cuerdas y accesorios musicales*. Chiapas, México. [consulta: 2013-06-18]. Disponible en: <http://www.lasordinalauderia.com.mx/%C6%92-servicios-de-lauder%C3%ADa/reparaci%C3%B3n-y-restauraci%C3%B3n/>
- *SCNEIDER, JULIEN. *Luthier valencia*. Valencia. [consulta: 2013-06-27]. Disponible en: <http://www.luthiervalencia.com/hist.inst.php>