



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA

CAMPUS D'ALCOI

Escuela Politécnica Superior de Alcoy  
Universidad Politécnica de Valencia

# Diseño de un producto industrial mediante técnicas de impresión 3d y nuevos materiales

TRABAJO FINAL DE GRADO

Grado en Ingeniería en Diseño Industrial y Desarrollo de Productos

*Autor:* Yago Valencia García

*Tutor:* Santiago Ferrándiz Bou

Curso 2019 - 2020



## I. RESUMEN

---

### CASTELLANO

Este trabajo final de carrera comprende el diseño de proyecto para la fabricación de un violonchelo acústico tradicional, con el uso de nuevas tecnologías y materiales detallando los procesos necesarios para comercializar el producto en el mercado. Desde su modelado por software CAD, la implementación de la fabricación aditiva y el uso de nuevos materiales, hasta su coste y posterior venta. Compaginando la tradicionalidad de este tipo de instrumento con la modernización de los procesos de fabricación y materiales.

### INGLÉS

This final degree project includes the project design for the manufacture of a traditional acoustic cello, with the use of new technologies and materials detailing the processes necessary to put the product on the market. From it's CAD software modeling, the implementation of additive manufacturing and the use of new materials, to it's cost and subsequent sale. Combining the traditional nature of this type of instrument with the modernization of manufacturing processes and materials.

### VALENCIANO

Aquest treball final de carrera comprèn el disseny de projecte per a la fabricació d'un violoncel acústic tradicional, amb l'ús de noves tecnologies i materials detallant els processos necessaris per comercialitzar el producte al mercat. Des de la seva modelat per programari CAD, la implementació de la fabricació additiva i l'ús de nous materials, fins a la seva cost i posterior venda. Compaginant la tradicionalitat d'aquest tipus d'instrument amb la modernització dels processos de fabricació i materials.

## II. CONTENIDO:

---

I.	RESUMEN.....	2
II.	CONTENIDO: .....	3
III.	MOTIVACIÓN.....	5
IV.	OBJETIVO .....	5
V.	HISTORIA Y DESCRIPCIÓN FORMAL.....	6
	HISTORIA .....	6
	DESCRIPCIÓN FORMAL.....	7
	INFORMACIÓN Y ESTUDIO DE MERCADO .....	8
	ANÁLISIS DE PRODUCTOS DE LA COMPETENCIA 13 .....	22
VI.	DESCRIPCIÓN DE ELEMENTOS.....	26
	PIEZAS QUE FABRICAR.....	29
	DISEÑO 3D .....	30
VII.	FOTOGRAMETRÍA.....	35
VIII.	TECNOLOGÍA DE FABRICACIÓN Y MATERIALES.....	40
	ESTUDIO DE VIBRACIÓN .....	41
	MATERIAL .....	43
	PROCEDIMIENTO .....	45
IX.	POSPROCESADO, ENCOLADO Y MONTAJE.....	57
	LIMPIEZA DE LOS ELEMENTOS.....	57
	UNIÓN DE ELEMENTOS .....	58
	BARNIZADO DE VIOLONCHELO .....	58
	MONTAJE Y AJUSTE.....	59
X.	VENTA DEL PRODUCTO .....	60
XI.	COSTES.....	65
XII.	CONCLUSIÓN.....	67
XIII.	PLANOS.....	68
XIV.	ANEXOS.....	69
XV.	BIBLIOGRAFÍA.....	70



### III. MOTIVACIÓN

---

Este proyecto, desde su primera idea buscaba adquirir un aprendizaje sobre las tecnologías de fabricación 3D, su uso para la fabricación de un producto industrial o sus posibilidades. Ya que uno no siempre tiene la oportunidad de aprender utilizando material profesional como el que disponen varios laboratorios de la Universidad Politécnica de Valencia: Campus de Alcoy.

Sabiendo la orientación en la que se pretendía encaminar el proyecto y tras mucha idea o cambio de parecer, característica que casi define a todo estudiante que se enfrenta a un Trabajo de Final de Grado, se llegó a lo que se desarrollará a lo largo de este proyecto. Una unión entre la tecnología de fabricación de mayor auge y la tradicionalidad del instrumento de cuerda frotada acústica de orquesta. Lo cual ofrece un punto de partida idóneo para introducirse en el cuarto arte o desde el punto de vista de un profesional, una herramienta para descubrir nuevos matices.

### IV. OBJETIVO

---

El objetivo de este trabajo final de grado es la realización de un producto industrial mediante nuevos procesos de fabricación aditiva y nuevos materiales. Se procederá a la definición del diseño, proceso de fabricación y detallado de todo lo que engloba el diseño de producto de un violonchelo acústico.

Se establece el diseño detallado de un violonchelo acústico de adulto, tamaño 4/4, mediante tecnología de impresión 3D y nuevos materiales utilizados en este tipo de tecnologías.

## V. HISTORIA Y DESCRIPCIÓN FORMAL

---

### HISTORIA

Las primeras referencias surgieron en el siglo XVI, eran derivados experimentales de la familia de las violas. El Violonchelo de Andrea Amati de 1572, es uno de los primeros de los que se tiene conocimiento y ha sobrevivido al paso del tiempo.

Dos siglos más tarde, en 1710, Antonio Stradivarius consiguió unas mejores proporciones para la familia de los instrumentos de cuerda frotada como son el violín, la viola y el violonchelo. El instrumento creció en tamaño, cambió las proporciones de sus distintas partes y se hizo con el paso del tiempo un hueco en la orquesta.

Su popularización, debido a la calidad y el sonido otorgados por Antonio Stradivarius, fue en aumento a medida que se escribieron obras y conciertos o al nacimiento de reconocidos artistas como Luigi Boccherini.

Del mismo modo que el violonchelo fue creciendo a lo largo del tiempo, también evolucionó la forma de tocarlo. Desde sus inicios, con el artista en pie; hasta la utilización de una primera concepción de pica que apoyaba el instrumento en el suelo mejorando varios factores. Por un lado, la posición del propio artista y por otro la mayor inclinación del clavijero respecto a la superficie de resonancia del conjunto conllevó mayor tensión en las cuerdas, por lo que se obtuvo un mayor volumen y resonancia.

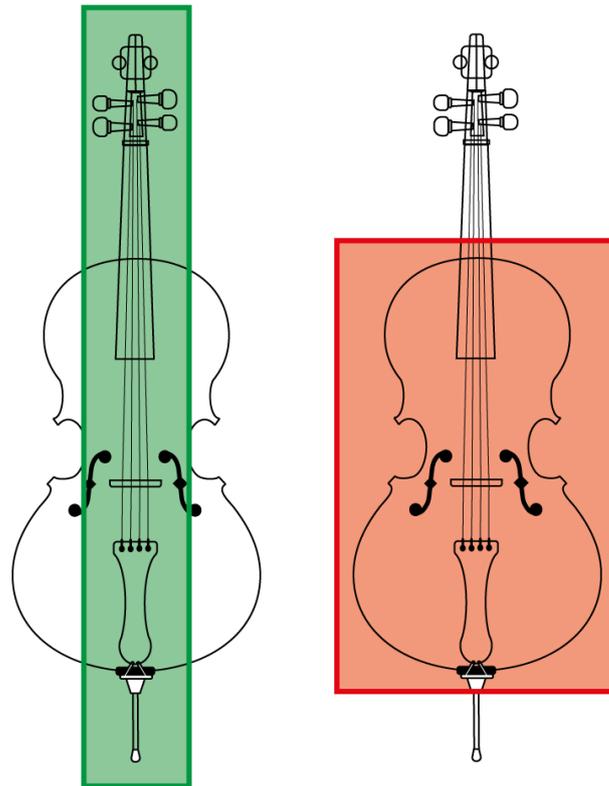
En la actualidad, el mayor del trío de cuerdas mantiene fielmente las proporciones y tamaños otorgados por Stradivarius. Conservando una tradicionalidad formal muy apreciada entre los amantes a este instrumento, ya que no ha sido modificado prácticamente en los tres siglos de edad que acumula.

Sin embargo, su importancia si ha evolucionado hasta llegar a convertirse en uno de los imprescindibles en orquesta sinfónica junto al llamado trío o cuarteto de cuerda.

El violonchelo o también conocido como cello, tiene un sonido y registro de notas grave. Emiten un sonido potente y nítido, que cada vez más, lo sitúa como perfecto solista.

## DESCRIPCIÓN FORMAL

El violonchelo es un instrumento con unas medidas totales máximas de 122 x 44 cm sin tener en cuenta la longitud extra de la pica regulable, con la que asciende a 156 cm. Se diferencian dos partes principales en el conjunto. Por un lado, tenemos la caja de resonancia y por otro, el mástil junto con todos los elementos unidos por las cuerdas.



1- Conjuntos principales destacados.

En primer lugar, la caja de resonancia es el elemento más voluminoso del instrumento. Se compone de distintas maderas talladas con formas redondeadas y encoladas entre sí, creando una caja de resonancia hueca, de ahí su nombre. Este elemento está reforzado interiormente con dos elementos que ayudan a la resonancia y a la robustez.

En segundo lugar, el conjunto del mástil. Esta separación comprende todo el conjunto de forma longitudinal desde la sujeción superior de las cuerdas en el clavijero hasta la sujeción de la pica en el extremo opuesto. Este conjunto engloba el mástil, en los cuales se incluye el clavijero, las clavijas, el diapasón y la cejilla superior; las cuerdas, el cordal, cejilla inferior y la pica. El material principal para la mayor parte de los elementos es la madera maciza. Como materiales también utilizados dependiendo del violonchelo, encontramos alguna parte metálica como las cuerdas. O distintos polímeros para la pica o el cordal. Más adelante se analizarán los elementos por separado concretando los materiales más utilizados para cada uno, explorando así las distintas opciones más utilizadas en cada elemento individualmente.

## INFORMACIÓN Y ESTUDIO DE MERCADO

El violonchelo es un producto de nicho en el mercado de consumo. Un mercado que abarca desde los instrumentos musicales para principiantes hasta los profesionales. Como el producto está orientado a los instrumentos musicales para el aprendizaje de nuevos músicos, el estudio de mercado se centrará en la gama de acceso para el aprendizaje en adultos. Por lo que todos los instrumentos serán los denominados para adultos o 4/4.

En primer lugar, se expondrán las principales opciones de adquirir un violonchelo tradicional dentro del mercado más accesible de este tipo de instrumento. Exponiendo las principales características de cada instrumento tales como, tipo de madera empleada en la construcción de sus partes, precio del instrumento, acabado estético de la madera, etc.

## ANÁLISIS DE PRODUCTOS DE LA COMPETENCIA 1

Producto: Thomann Student Cello Set 4/4.

Origen: Thomann.

Internet: [30/05/2020] [https://www.thomann.de/es/thomann\\_student\\_cello\\_set\\_4\\_4.htm](https://www.thomann.de/es/thomann_student_cello_set_4_4.htm)

Thomann Student Cello Set 4/4

th•mann



**Tamaño:** 4/4.

**Precio:** 349 €.

**Materiales tapa y fondo:** contrachapado.

**Material mástil:** Arce.

**Material diapasón:** Arce teñido en negro.

**Acabado:** Barnizado.

**Limpieza:** Cuidados de la madera, limpieza delicada.

**Resiste a la intemperie:** Proteger del sol y la humedad para evitar fracturas o deformaciones.

**Fabricación en serie:** Sí

**Ensamblaje:** Se vende montado.

**Estabilidad y resistencia:** Construcción robusta.

**Utilidad declarada:** Instrumento musical para el estudio o iniciación en la música.

**Formas tradicionales:** Sí

**Duración:** Se puede extender su vida útil con mantenimiento.

**Esencialidad:** Sí, debido a que no se ve ningún elemento superfluo.

## ANÁLISIS DE PRODUCTOS DE LA COMPETENCIA 2

Producto: Kreutzer School I 4/4 - Cello De Estudio

Origen: Kreutzer vendido por Multison Online

Internet: [30/05/2020] <https://multisononline.com/violonchelo/kreutzer-school-i-44.html>



KREUTZER

**Tamaño:** 4/4.

**Precio:** 386 €.

**Materiales tapa y fondo:** Madera sólida sin especificar.

**Material mástil:** No especifica.

**Material diapasón:** No especifica.

**Acabado:** Barnizado.

**Limpieza:** Cuidados de la madera, limpieza delicada.

**Resiste a la intemperie:** Proteger del sol y la humedad para evitar fracturas o deformaciones.

**Fabricación en serie:** Sí

**Ensamblaje:** Se vende montado.

**Estabilidad y resistencia:** Construcción robusta.

**Utilidad declarada:** Instrumento musical para el estudio o iniciación en la música.

**Formas tradicionales:** Sí

**Duración:** Se puede extender su vida útil con mantenimiento.

**Esencialidad:** Sí, debido a que no se ve ningún elemento superfluo.

## ANÁLISIS DE PRODUCTOS DE LA COMPETENCIA 3

Producto: Kreutzer School I EB 4/4 - violoncello de estudio

Origen: Kreutzer vendido por Jardón Rico Luthier

Internet: [30/05/2020] <https://jardonrico.com/producto/violoncello-de-estudio-kreutzer-school-i-eb/>



KREUTZER

**Tamaño:** 4/4.

**Precio:** 366 €.

**Materiales tapa y fondo:** Madera sólida sin especificar.

**Material mástil:** No especifica.

**Material diapasón:** Madera de ébano.

**Acabado:** Barnizado.

**Limpieza:** Cuidados de la madera, limpieza delicada.

**Resiste a la intemperie:** Proteger del sol y la humedad para evitar fracturas o deformaciones.

**Fabricación en serie:** Sí

**Ensamblaje:** Se vende montado y ajustes incluidos por el taller de Luthiería.

**Estabilidad y resistencia:** Construcción robusta y bien ajustada.

**Utilidad declarada:** Instrumento musical para el estudio o iniciación en la música.

**Formas tradicionales:** Sí

**Duración:** Se puede extender su vida útil con mantenimiento.

**Esencialidad:** Sí, debido a que no se ve ningún elemento superfluo.

## ANÁLISIS DE PRODUCTOS DE LA COMPETENCIA 4

Producto: Thomann Gothic Black Cello 4/4

Origen: Thomann.

Internet: [30/05/2020] [https://www.thomann.de/es/thomann\\_gothic\\_cello\\_44.htm](https://www.thomann.de/es/thomann_gothic_cello_44.htm)

Thomann Gothic Black Cello 4/4

**th•mann**



**Tamaño:** 4/4.

**Precio:** 398 €.

**Materiales tapa y fondo:** Madera laminada de tilo.

**Material mástil:** Madera de arce.

**Material diapasón:** Madera dura sin especificar.

**Acabado:** Lacado.

**Limpieza:** Cuidados de la madera, limpieza delicada.

**Resiste a la intemperie:** Proteger del sol y la humedad para evitar fracturas o deformaciones.

**Fabricación en serie:** Sí

**Ensamblaje:** Se vende montado.

**Estabilidad y resistencia:** Construcción robusta.

**Utilidad declarada:** Instrumento musical para el estudio o iniciación en la música.

**Formas tradicionales:** Formas tradicionales, color del instrumento no.

**Duración:** Se puede extender su vida útil con mantenimiento.

**Esencialidad:** Sí, debido a que no se ve ningún elemento superfluo.

## ANÁLISIS DE PRODUCTOS DE LA COMPETENCIA 5

Producto: Stentor SR1102 Cello Student I 4/4

Origen: Stentor vendido por Thomann

Internet:

[30/05/2020]

[https://www.thomann.de/es/stentor\\_sr1102\\_cello\\_student\\_i\\_44.htm](https://www.thomann.de/es/stentor_sr1102_cello_student_i_44.htm)

Stentor SR1102 Cello Student I 4/4



**Tamaño:** 4/4.

**Precio:** 485 €.

**Materiales tapa y fondo:** Madera de píceca maciza.

**Material mástil:** Madera de arce.

**Material diapasón:** Diapasón de Malas (Homalium foetidum).

**Acabado:** Barnizado.

**Limpieza:** Cuidados de la madera, limpieza delicada.

**Resiste a la intemperie:** Proteger del sol y la humedad para evitar fracturas o deformaciones.

**Fabricación en serie:** Sí

**Ensamblaje:** Se vende montado.

**Estabilidad y resistencia:** Construcción robusta.

**Utilidad declarada:** Instrumento musical para el estudio o iniciación en la música.

**Formas tradicionales:** Sí.

**Duración:** Se puede extender su vida útil con mantenimiento.

**Esencialidad:** Sí, debido a que no se ve ningún elemento superfluo.

## ANÁLISIS DE PRODUCTOS DE LA COMPETENCIA 6

Producto: Corina Duetto 4/4

Origen: Corina vendido por Multison Online

Internet: [30/05/2020] <https://multisononline.com/violonchelo/corina-duetto-44.html>

*Corina*



**Tamaño:** 4/4.

**Precio:** 582 €.

**Materiales tapa y fondo:** Tapa de abeto y fondo de arce.

**Material mástil:** Madera de arce.

**Material diapasón:** Madera de ébano.

**Acabado:** Acabado envejecido imitando el acabado tradicional artesano.

**Limpieza:** Cuidados de la madera, limpieza delicada.

**Resiste a la intemperie:** Proteger del sol y la humedad para evitar fracturas o deformaciones.

**Fabricación en serie:** Sí

**Ensamblaje:** Se vende montado.

**Estabilidad y resistencia:** Construcción robusta.

**Utilidad declarada:** Instrumento musical para el estudio o iniciación en la música.

**Formas tradicionales:** Sí.

**Duración:** Se puede extender su vida útil con mantenimiento.

**Esencialidad:** Sí, debido a que no se ve ningún elemento superfluo.

## ANÁLISIS DE PRODUCTOS DE LA COMPETENCIA 7

Producto: Hidersine Uno Cello set 4/4

Origen: Hidersine vendido por Thomann

Internet: [30/05/2020] [https://www.thomann.de/es/hidersine\\_uno\\_cello\\_set\\_4\\_4.htm](https://www.thomann.de/es/hidersine_uno_cello_set_4_4.htm)

Hidersine Uno Cello Set 4/4

HIDERSINE



**Tamaño:** 4/4.

**Precio:** 633 €.

**Materiales tapa y fondo:** Tapa de píceas laminada y fondo de arce.

**Material mástil:** Madera de arce.

**Material diapasón:** Madera de ébano.

**Acabado:** Fondo flameado, acabado del instrumento satinado.

**Limpieza:** Cuidados de la madera, limpieza delicada.

**Resiste a la intemperie:** Proteger del sol y la humedad para evitar fracturas o deformaciones.

**Fabricación en serie:** Sí

**Ensamblaje:** Se vende montado.

**Estabilidad y resistencia:** Construcción robusta.

**Utilidad declarada:** Instrumento musical para el estudio o iniciación en la música.

**Formas tradicionales:** Sí.

**Duración:** Se puede extender su vida útil con mantenimiento.

**Esencialidad:** Sí, debido a que no se ve ningún elemento superfluo.

## ANÁLISIS DE PRODUCTOS DE LA COMPETENCIA 8

Producto: Palatino 40C 4/4

Origen: Palatino vendido por Multison Online

Internet: [30/05/2020] <https://multisononline.com/violonchelo/palatino-40c-34.html>

*Palatino*



**Tamaño:** 4/4.

**Precio:** 491 €.

**Materiales tapa y fondo:** Tapa de abeto macizo y fondo de arce.

**Material mástil:** Madera de arce.

**Material diapasón:** Madera de Palosanto.

**Acabado:** Barnizado.

**Limpieza:** Cuidados de la madera, limpieza delicada.

**Resiste a la intemperie:** Proteger del sol y la humedad para evitar fracturas o deformaciones.

**Fabricación en serie:** Sí

**Ensamblaje:** Se vende montado.

**Estabilidad y resistencia:** Construcción robusta.

**Utilidad declarada:** Instrumento musical para el estudio o iniciación en la música.

**Formas tradicionales:** Sí.

**Duración:** Se puede extender su vida útil con mantenimiento.

**Esencialidad:** Sí, debido a que no se ve ningún elemento superfluo.

## ANÁLISIS DE PRODUCTOS DE LA COMPETENCIA 9

Producto: Gewa Pure Cellosset EW 4/4

Origen: Gewa vendido por Thomann

Internet: [30/05/2020] [https://www.thomann.de/es/gewa\\_pure\\_cellosset\\_ew\\_4\\_4.htm](https://www.thomann.de/es/gewa_pure_cellosset_ew_4_4.htm)

Gewa Pure Cellosset EW 4/4

GEWA



**Tamaño:** 4/4.

**Precio:** 699 €.

**Materiales tapa y fondo:** Tapa de píceca maciza y fondo de arce.

**Material mástil:** Madera de arce.

**Material diapasón:** Madera de ébano.

**Acabado:** Barnizado marrón rojizo.

**Limpieza:** Cuidados de la madera, limpieza delicada.

**Resiste a la intemperie:** Proteger del sol y la humedad para evitar fracturas o deformaciones.

**Fabricación en serie:** Sí

**Ensamblaje:** Se vende montado.

**Estabilidad y resistencia:** Construcción robusta.

**Utilidad declarada:** Instrumento musical para el estudio o iniciación en la música.

**Formas tradicionales:** Sí.

**Duración:** Se puede extender su vida útil con mantenimiento.

**Esencialidad:** Sí, debido a que no se ve ningún elemento superfluo.

## ANÁLISIS DE PRODUCTOS DE LA COMPETENCIA 10

Producto: Hidersine Vivente Cello Set 4/4

Origen: Hidersine vendido por Thomann

Internet: [30/05/2020] [https://www.thomann.de/es/hidersine\\_vivente\\_cello\\_set\\_4\\_4.htm](https://www.thomann.de/es/hidersine_vivente_cello_set_4_4.htm)

Hidersine Vivente Cello Set 4/4

HIDERSINE



**Tamaño:** 4/4.

**Precio:** 729 €.

**Materiales tapa y fondo:** Tapa de píce maciza y fondo de arce.

**Material mástil:** Madera de arce.

**Material diapasón:** Madera de ébano.

**Acabado:** Fondo flameado, instrumento satinado.

**Limpieza:** Cuidados de la madera, limpieza delicada.

**Resiste a la intemperie:** Proteger del sol y la humedad para evitar fracturas o deformaciones.

**Fabricación en serie:** Sí

**Ensamblaje:** Se vende montado.

**Estabilidad y resistencia:** Construcción robusta.

**Utilidad declarada:** Instrumento musical para el estudio o iniciación en la música.

**Formas tradicionales:** Sí.

**Duración:** Se puede extender su vida útil con mantenimiento.

**Esencialidad:** Sí, debido a que no se ve ningún elemento superfluo.

En este aspecto de los violonchelos de iniciación o aprendizaje podemos observar varias similitudes. Por lo general son de fabricación en serie, ya que reduce costes; contemplando un abanico de precios entre los 350 € y los 750€ dependiendo de aspectos como la madera. El segundo factor diferenciador y determinante tanto en el precio como en la calidad es el tipo de madera que se emplea en su fabricación. Se usan mayoritariamente maderas macizas como el arce, la píceca o el ébano, protegidas con acabados en distintos barnices. Por último, estos instrumentos tradicionales se comercializan completamente montados y guardados en un estuche o funda con arco.

En segundo lugar, se destacarán algunos proyectos que exploran distintas técnicas de fabricación. Tanto empresas que comercializan dichos productos, como proyectos de distinta índole que experimentan con la creación de esta familia de instrumentos por tecnologías 3D.

## ANÁLISIS DE PRODUCTOS DE LA COMPETENCIA 11

Producto: Hova Labs Hovalin

Origen: Hova Labs

Internet: [31/05/2020] <https://www.hovalabs.com/>



Hovalin es un proyecto llevado a cabo por la empresa Hova Labs, que explora la creación de violines acústicos impresos por tecnologías 3D. Es pionera y una de las primeras en acercar el mundo de los instrumentos acústicos tradicionales a la fabricación aditiva.

Se comercializa de dos maneras distintas. Con el instrumento completamente fabricado, montado y ajustado o la compra de los archivos de impresión únicamente para fabricarlo uno mismo (material necesario, piezas adicionales, montaje y ajuste no incluido).

**Tamaño:** Violín tamaño 4/4 (Adultos).

**Precio:** Instrumento fabricado, montado y ajustado 600 \$. Archivos para fabricación propia son gratuitos.

**Materiales:** PLA fabricado por Hatchbox 1.75mm Black PLA Filament. Refuerzo interno varilla fibra de carbono.

**Acabado:** Se ofrecen 10 colores de acabado distintos.

**Limpieza:** Cuidados no requeridos.

**Resiste a la intemperie:** Sí.

**Fabricación en serie:** Bajo demanda con entrega en 2 semanas o fabricación propia.

**Ensamblaje:** Se vende montado o únicamente los archivos.

**Estabilidad y resistencia:** Construcción robusta.

**Utilidad declarada:** Instrumento musical

**Formas tradicionales:** Sí, la propia marca explica que sus diseños están basados en los Stradivarius tradicionales.

**Duración:** Buena en el tiempo. Facilidad de reponer piezas con un coste económico.

**Esencialidad:** Sí, debido a que no se ve ningún elemento superfluo.

## ANÁLISIS DE PRODUCTOS DE LA COMPETENCIA 12

Producto: 3D Printed Violin by Bence Balogh

Origen: Bence Balogh Cellist

Internet: [31/05/2020] <https://fillamentum.com/blogs/projects-blog/3d-printed-violin-by-bence-balogh>



3D Printed Violin by Bence Balogh es un proyecto nacido a partir del violín Hovalin de Hova Labs mencionado anteriormente. Busca dar un paso más en la impresión de este tipo de instrumentos. Basados en la forma tradicional de este tipo de instrumento, busca asimilarse lo máximo posible formalmente hablando.

**Tamaño:** Violín tamaño 4/4 (Adultos).

**Precio:** Por el momento no se comercializa.

**Materiales:** PLA

**Acabado:** Se ha fabricado en varios colores

**Limpieza:** No se especifica.

**Resiste a la intemperie:** Sí.

**Fabricación en serie:** No se fabrica por el momento.

**Ensamblaje:** No se especifica.

**Estabilidad y resistencia:** Construcción robusta.

**Utilidad declarada:** Instrumento musical.

**Formas tradicionales:** Sí.

**Duración:** No se especifica.

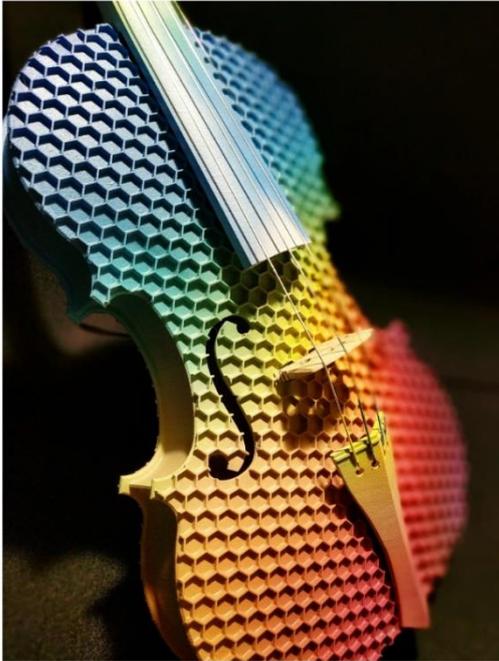
**Esencialidad:** Sí, debido a que no se ve ningún elemento superfluo.

## ANÁLISIS DE PRODUCTOS DE LA COMPETENCIA 13

Producto: Chroma Thone

Origen: Chroma Thone

Internet: [31/05/2020] <http://chroma-tone.com/>



Chroma Thone es un proyecto que saldrá a Kickstarter este año y que pretende llevar la personalización y diseños creados por el propio cliente a los instrumentos de cuerda frotada impresos en 3D.

**Tamaño:** Violín tamaño 4/4 (Adultos).

**Precio:** Por el momento no se comercializa.

**Materiales:** PLA

**Acabado:** Se ha fabricado en varios colores

**Limpieza:** No se especifica.

**Resiste a la intemperie:** Sí.

**Fabricación en serie:** No se fabrica por el momento.

**Ensamblaje:** No se especifica.

**Estabilidad y resistencia:** Construcción robusta.

**Utilidad declarada:** Instrumento musical.

**Formas tradicionales:** Formalmente sí, estéticamente y acabado de alguna pieza no.

**Duración:** No se especifica.

**Esencialidad:** Sí, debido a que no se ve ningún elemento superfluo.

## ANÁLISIS DE PRODUCTOS DE LA COMPETENCIA 14

Producto: Glass Cello by Musseum of glass

Origen: Wordart

Internet: [31/05/2020] <http://wordarts.com/cello/>



El Glass Cello es un proyecto que crea con cristal las formas tradicionales de los violonchelos. Únicamente se han construido unas pocas unidades. No se comercializará.

**Tamaño:** Tamaño 4/4 (Adultos).

**Precio:** No se comercializa.

**Materiales:** Cristal.

**Acabado:** No se especifica.

**Limpieza:** No se especifica.

**Resiste a la intemperie:** Sí.

**Fabricación en serie:** No se fabrica.

**Ensamblaje:** No se especifica.

**Estabilidad y resistencia:** Construcción robusta.

**Utilidad declarada:** Instrumento musical.

**Formas tradicionales:** Sí.

**Duración:** No se especifica.

**Esencialidad:** Sí, debido a que no se ve ningún elemento superfluo.

## ANÁLISIS DE PRODUCTOS DE LA COMPETENCIA 15

Producto: Monad's Cello

Origen: Monad Studio

Internet: [31/05/2020] <http://chroma-tone.com/>



Es un proyecto del estudio de arquitectura Monad que busca llevar la impresión 3D y el diseño orgánico a los instrumentos de cuerda como el violonchelo. Es un instrumento piezoeléctrico que pretende destacar más en el aspecto estético e innovador que en un sonido tradicional.

**Tamaño:** Violín tamaño 4/4 (Adultos).

**Precio:** Por el momento no se comercializa.

**Materiales:** PLA

**Acabado:** Negro.

**Limpieza:** No se especifica.

**Resiste a la intemperie:** Sí.

**Fabricación en serie:** No se fabrica por el momento.

**Ensamblaje:** No se especifica.

**Estabilidad y resistencia:** Construcción robusta.

**Utilidad declarada:** Instrumento musical.

**Formas tradicionales:** No.

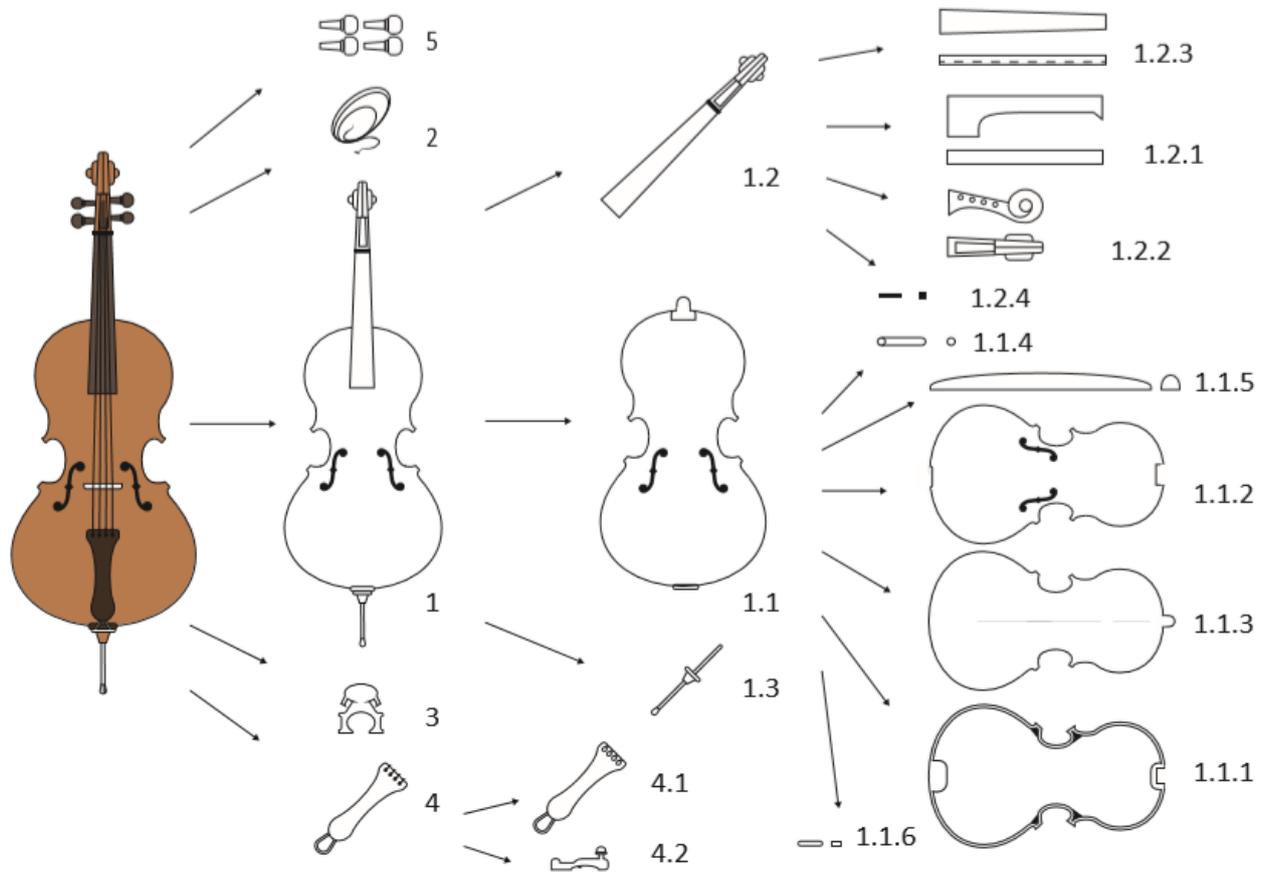
**Duración:** No se especifica.

**Esencialidad:** No.

Tras haber analizado los distintos instrumentos de cuerda, violines y violonchelos acústicos, se pueden sacar varias conclusiones del análisis de la competencia. En primer lugar, formalmente se mantiene la tradicionalidad de Stradivarius en la mayoría de la competencia analizada.

En segundo lugar, los principales materiales de fabricación son distintas maderas macizas nobles o PLA en el caso de los instrumentos impresos en 3D. En tercer lugar, el acabado que más agrada a los usuarios de este tipo de producto es el acabado tradicional barnizado o satinado de distintas tonalidades. Se utiliza tanto en los tradicionales como en los impresos 3D, el contraste entre el cuerpo del instrumento y el diapasón o cordal. Por último, los instrumentos se comercializan ensamblados y ajustados o mediante archivos STL para que el propio usuario lo fabrique.

## VI. DESCRIPCIÓN DE ELEMENTOS



2- Diagrama de elementos del Violonchelo

MARCA	DENOMINACIÓN	CANTIDAD	MATERIAL
1.1.1	Faja	1	Madera
1.1.2	Tapa	1	Madera
1.1.3	Fondo	1	Madera
1.1.4	Alma	1	Madera
1.1.5	Cejilla Inferior	1	Plástico
1.1.6	Barra armónica	1	Madera
1.2.1	Mango	1	Madera
1.2.2	Clavijero	1	Madera
1.2.3	Diapasón	1	Madera
1.2.4	Cejilla Diapasón	1	Plástico
1.3	Pica	1	Madera y metal
2	Cuerda	4	Metal
3	Puente	1	Madera
4.1	Cordal	1	Madera y metal
4.2	Tensor afinador	4	
5	Clavija	4	Madera

Tabla 1- Listado de elementos

Se procederá a la descripción de cada marca del violonchelo, contextualizando su función en el conjunto y estableciendo el material con el que este fabricado.

Las marcas 1.1.1, 1.1.2 y 1.1.3 conforman la caja armónica. Siendo la faja (1.1.1) el esqueleto al que se encolan la tapa (1.1.2) en la parte superior del instrumento y el fondo (1.1.3) en la parte inferior del mismo. Estos tres elementos juntos dotan al instrumento de su resonancia y volumen sonoro. Fabricados en diferentes tipos de maderas macizas como arce, píceas o abeto.

El alma (1.1.4) es un elemento con forma de cilindro fabricado en madera que se coloca en el interior de la caja armónica perpendicular a la tapa y fondo, aportando tanto rigidez estructural como una mejor propagación del sonido en el interior.

La barra armónica (1.1.5) es un elemento con una función similar al alma, una barra fabricada en madera que se coloca encolada en la parte interior de la tapa. Su función es distribuir el sonido y la presión que ejerce el puente más equitativamente entre toda la superficie.

Para completar la caja armónica, está la cejilla inferior (1.1.6), un elemento fabricado en madera o plástico que se coloca en la parte inferior de la tapa que sirve de apoyo para la colocación del cordal.

El mango (1.2.1) es un elemento estructural que une el clavijero, la caja armónica y el diapasón. Está fabricado en madera maciza como la caja armónica.

El clavijero (1.2.2) es un elemento con doble función. Una primera funcional, soporta la tensión de las cuerdas a través de las 4 clavijas insertadas. Y una segunda función decorativa de la llamada cabeza, o parte ornamental del extremo del clavijero. Este elemento está fabricado con maderas macizas y distintos estilos. El más común es el derivado del diseño de los Stradivarius.

El diapasón (1.2.3), este elemento fabricado a partir de madera de ébano comúnmente va encolado sobre el mango y su función es dotar al instrumento de la superficie para que el músico toque las distintas notas.

Para completar todos los elementos que componen el mástil. La cejilla del diapasón (1.2.4) es un elemento muy similar a la cejilla inferior, está construido de madera o plástico y su función es apoyar y guiar a las cuerdas hacia el clavijero sin que se muevan.

La pica (1.3) es un elemento que se encaja en la parte inferior del instrumento y permite apoyar el violonchelo en el suelo. Es regulable en altura para adaptarse al músico. Está fabricado en un abanico de materiales, desde madera y metal hasta plástico dependiendo de la calidad final.

Las cuerdas (2) es el elemento que une todo el conjunto del violonchelo aportando la tensión para mantener algunos elementos en su posición además de generar el sonido en el instrumento. El conjunto de cuatro cuerdas La, Re, Sol, Do; están fabricadas es distintas aleaciones dependiendo la calidad.

El puente (3) es un elemento de madera que se sitúa hacia la mitad de la tapa del violonchelo y sobre el cual ejercen presión las cuerdas para fijarlo. Su función principal es transmitir la vibración que se genera en las cuerdas hacia tres puntos principales. La tapa del violonchelo, la barra armónica situada bajo en la pata derecha del puente y hacia el alma situada en la izquierda. Con esto, el puente consigue transmitir equitativamente la vibración a todas las partes de la caja armónica consiguiendo una mejor calidad y resonancia.

El cordal (4) engloba dos elementos, el cordal como pieza principal (4.1) y el tensor afinador (4.2). El cordal está fabricado en madera de ébano o en plástico, dependiendo de la calidad. El tensor afinador, es una pieza que sirve para afinar/tensionar la cuerda de una manera más precisa que las clavijas, están fabricados en metal. El conjunto que se coloca rodeando a la pica, sujeta las cuerdas en el extremo inferior del instrumento.

La clavija (5) es el elemento que sujeta las cuerdas en el extremo superior del instrumento, fabricadas en madera de ébano, encajan en el clavijero y rotan aumentando o aflojando la tensión de cada cuerda por separado para afinarla.

Se han expuesto los materiales más utilizados o comunes de cada marca en el mercado, diferenciando entre familias de materiales más generalista. La variedad en el uso de materiales que se utilizan en la construcción del instrumento es el resultado de dos factores. Por un lado, el precio de sus partes o instrumento completo. Y, por otro lado, aunque muy estrechamente relacionado, la calidad de estos. En función de la calidad y precio de cada elemento, se puede encontrar en el mercado desde gamas de acceso fabricadas con maderas laminadas y plásticos. Hasta instrumentos artesanales o de gran calidad fabricados con maderas nobles.

## PIEZAS QUE FABRICAR

A partir de los elementos descritos, se detallarán los elementos a fabricar y los elementos comerciales. Se tomarán como elementos a fabricar las marcas originalmente de madera o plástico, a excepción del puente y diapasón.

Se ha tomado esta vía como solución a, en primer lugar, debido a su implicación directa en el sonido del instrumento; en segundo lugar, el económico coste y facilidad de compra de estos elementos en el mercado y, por último, se trata de piezas clave en la estética de un violonchelo como se puede observar en el estudio de mercado.

MARCA	DENOMINACIÓN	CANTIDAD	MATERIAL
1.1.1	Faja	1	Madera
1.1.2	Tapa	1	Madera
1.1.3	Fondo	1	Madera
1.1.4	Alma	1	Madera
1.1.5	Cejilla Inferior	1	Plástico
1.1.6	Barra armónica	1	Madera
1.2.1	Mango	1	Madera
1.2.2	Clavijero	1	Madera
1.2.4	Cejilla Diapasón	1	Plástico
5	Clavija	4	Madera

*Tabla 2- Listado de elementos a fabricar*

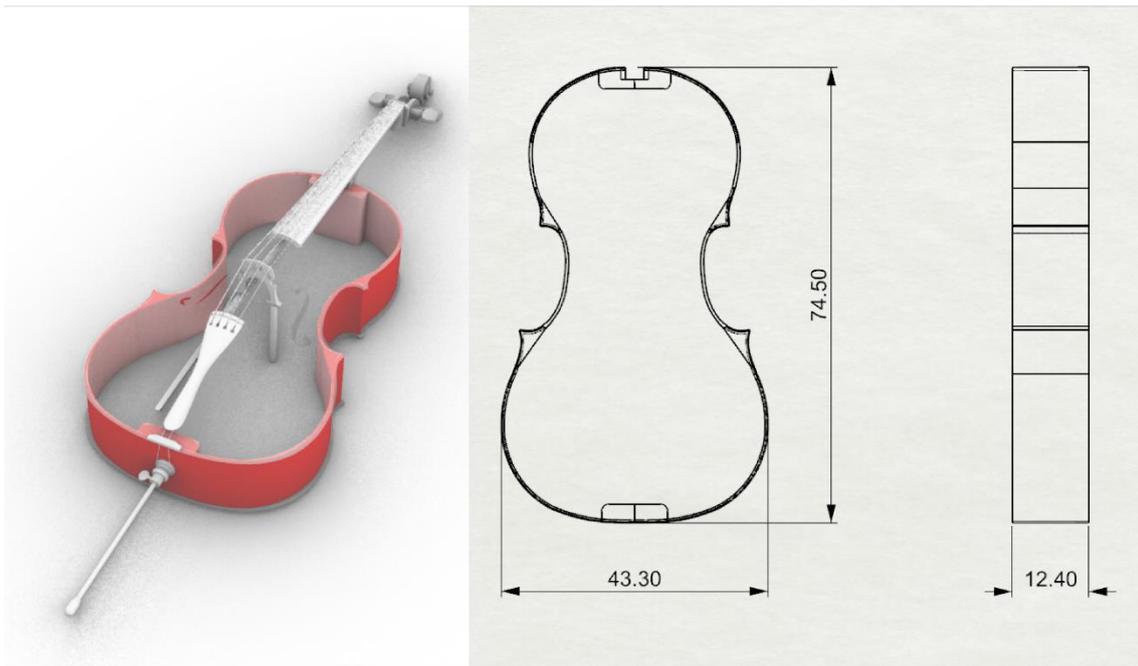
Como elementos comerciales se consideran el resto de las marcas. Debido al uso de aleaciones metálicas en esos elementos y la imposibilidad de fabricarlos ajustando el presupuesto. O debido, en el caso del Diapasón (1.2.3) y Puente (3), a las razones anteriormente mencionadas. El coste y compra de los elementos comerciales se detallará más adelante en el apartado referente al coste del proyecto.

MARCA	DENOMINACIÓN	CANTIDAD	MATERIAL
1.2.3	Diapasón	1	Madera
1.3	Pica	1	Madera y metal
2	Cuerda	4	Metal
3	Puente	1	Madera
4.1	Cordal	1	Madera y metal
4.2	Tensor afinador	4	

*Tabla 3- Listado de elementos comerciales*

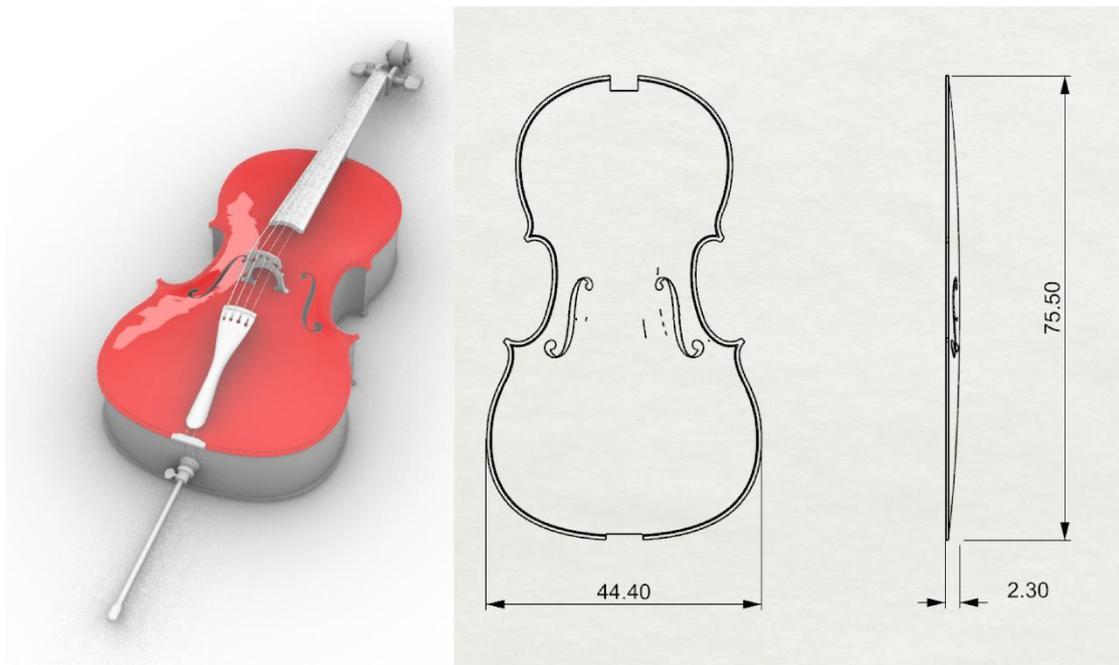
Una vez detallados los elementos o marcas que se van a fabricar, se procederá a modelar mediante el software CAD Rhinoceros de Robert McNeel & Associates. Se detallará un renderizado 3D, en el que se expone el elemento remarcado frente al conjunto del instrumento y las cotas generales máximas que definen el volumen de la pieza, información necesaria posteriormente a la hora de organizar y crear los archivos de impresión.

### 1.1.1 - Faja



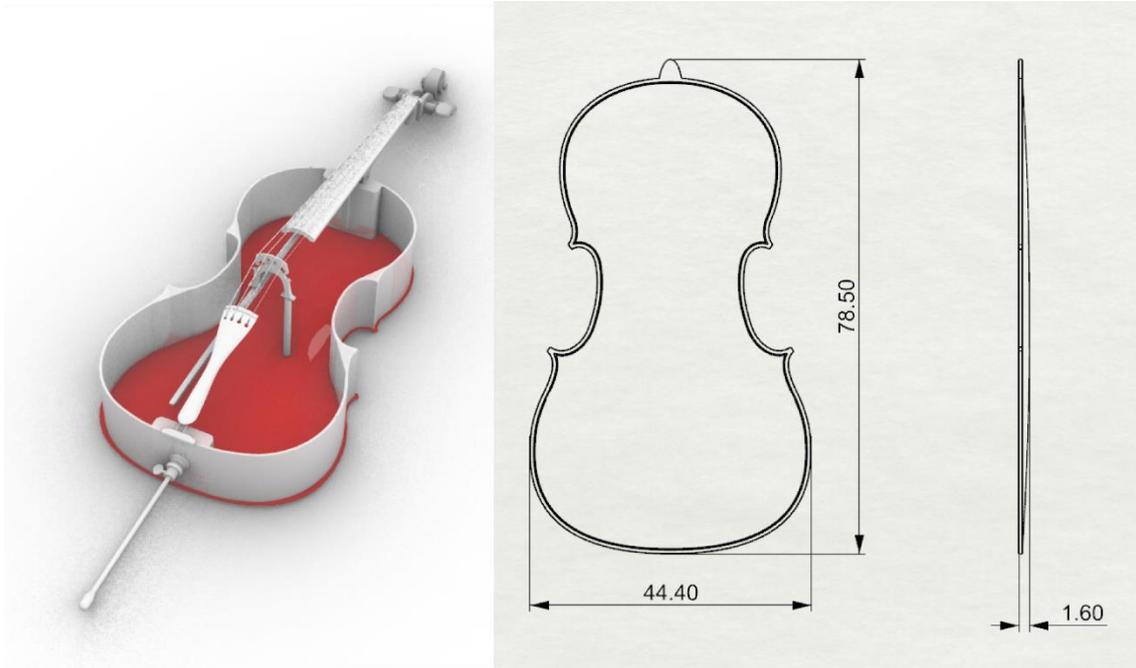
3- Vista general de la marca 1.1.1

### 1.1.2 – Tapa



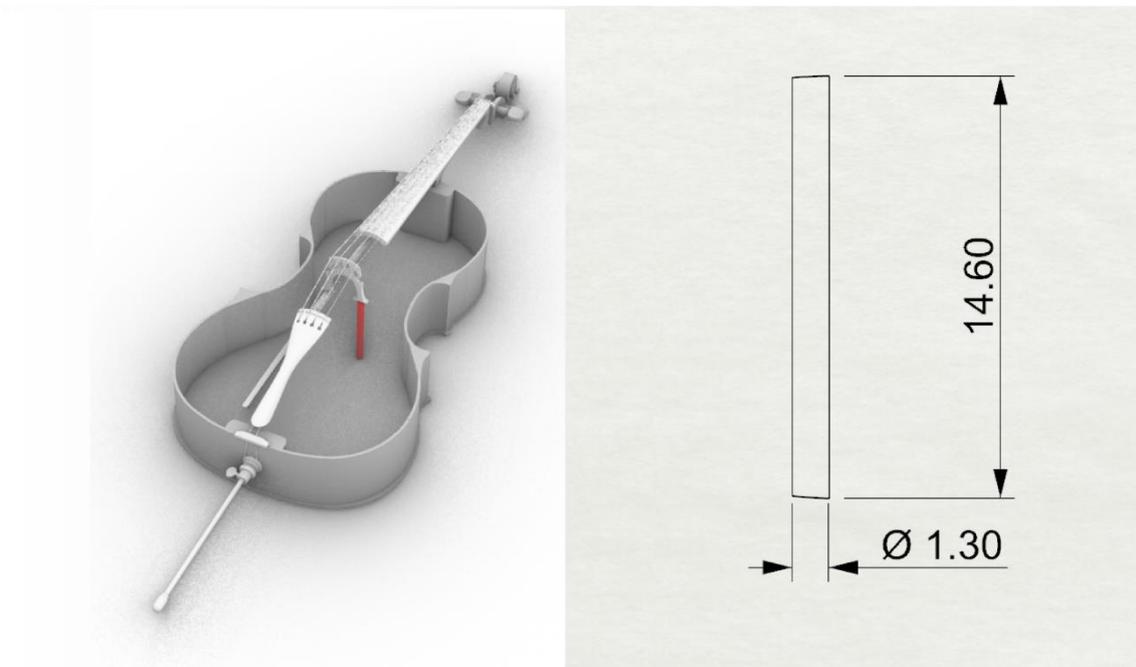
4- Vista general de la marca 1.1.2

1.1.3 – Fondo



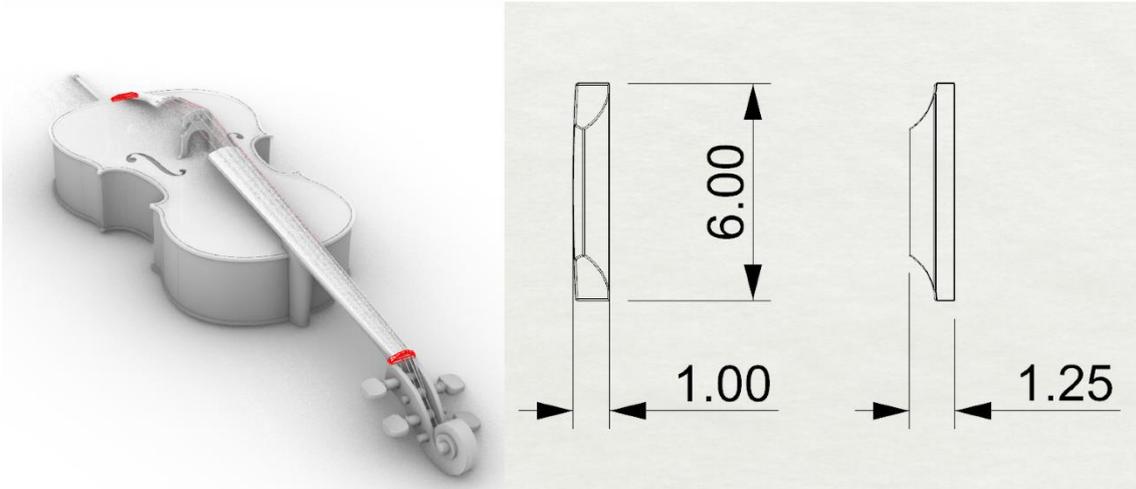
5- Vista general de la marca 1.1.3

1.1.4 – Alma



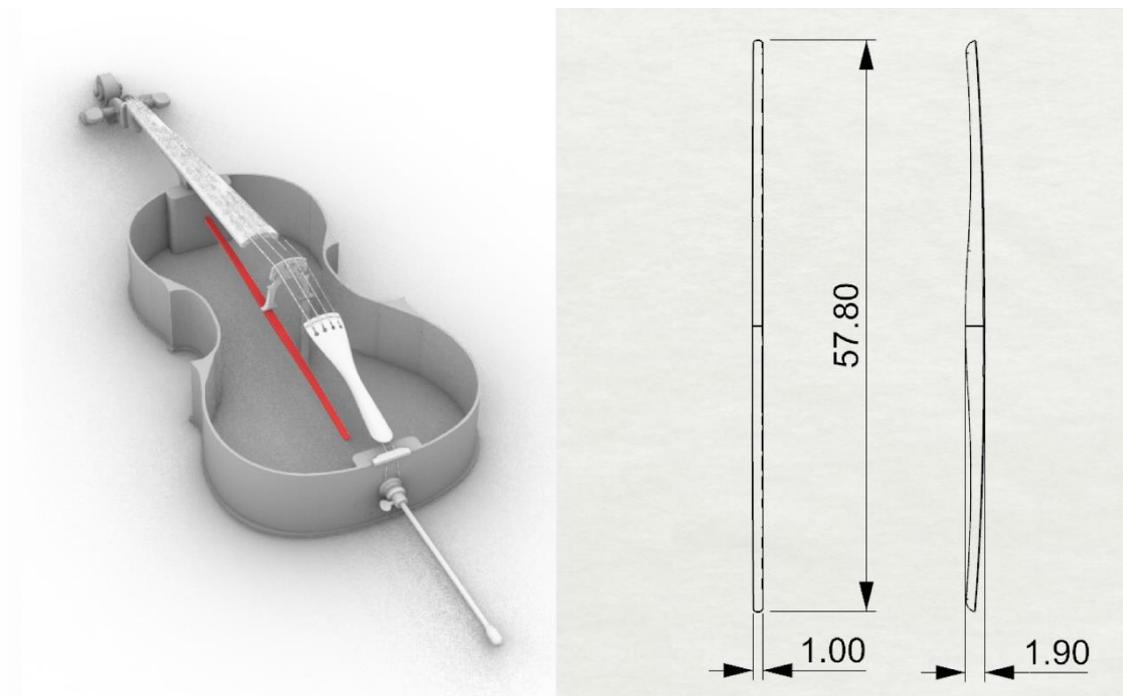
6- Vista general de la marca 1.1.4

### 1.1.5 – Cejilla Inferior



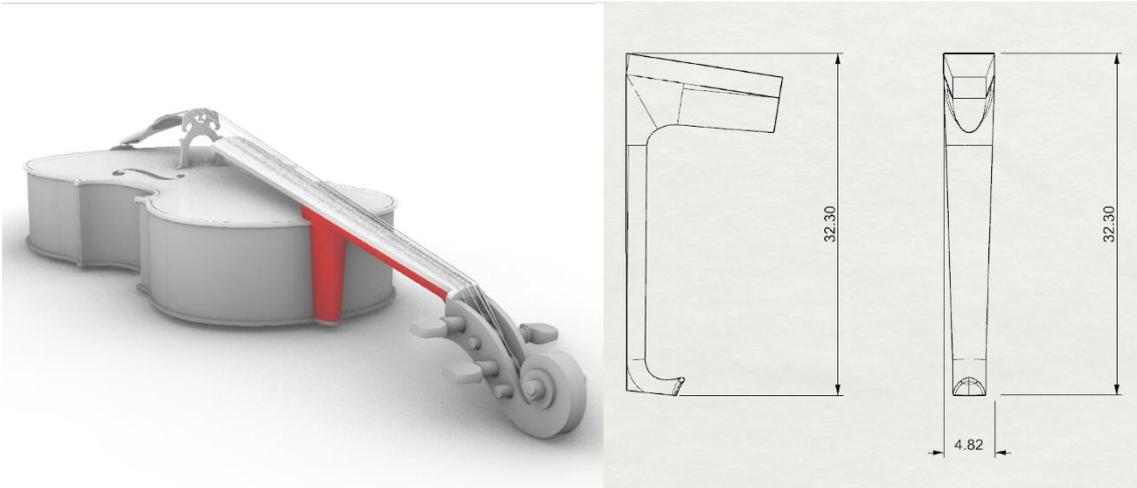
7- Vista general de la marca 1.1.5

### 1.1.6 – Barra Armónica



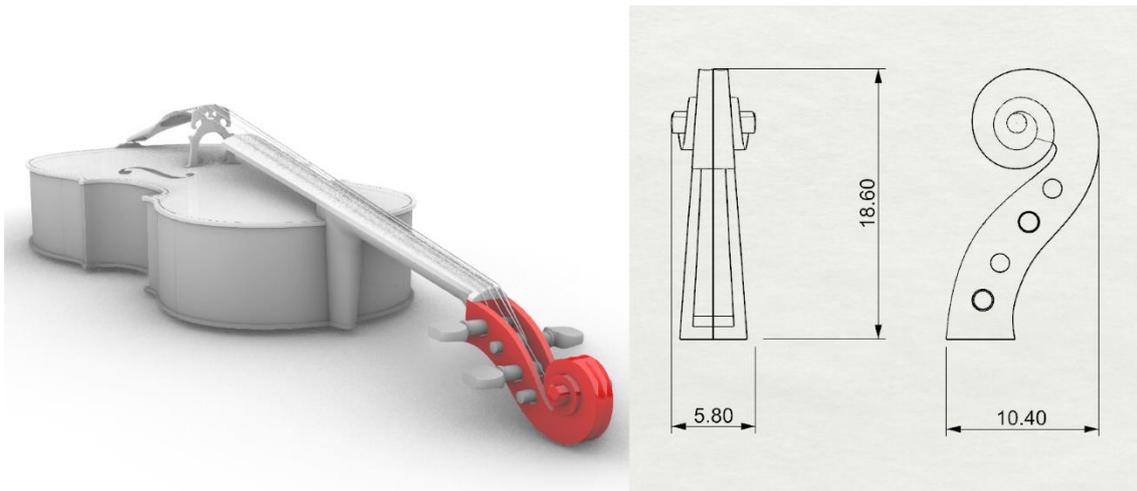
8- Vista general de la marca 1.1.6

### 1.2.1 – Mango



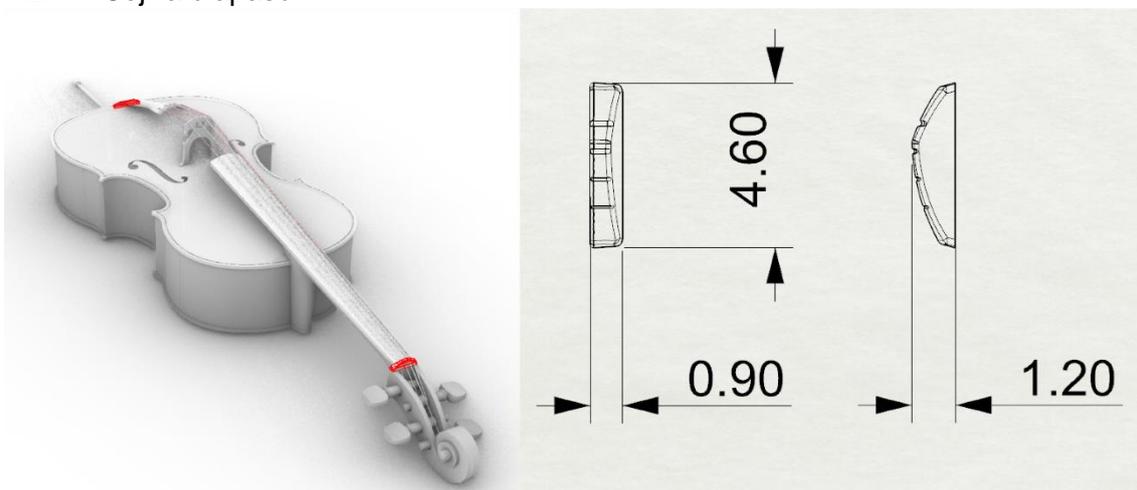
9- Vista general de la marca 1.2.1

### 1.2.2 – Clavijero



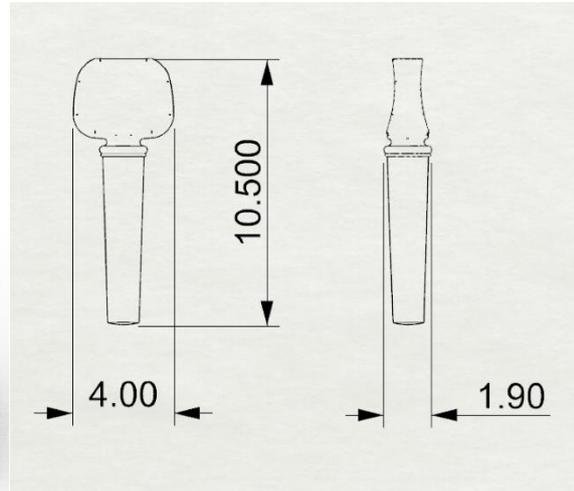
10- Vista general de la marca 1.2.2

### 1.2.4 – Cejilla diapasón



11- Vista general de la marca 1.2.4

## 5 – Clavija



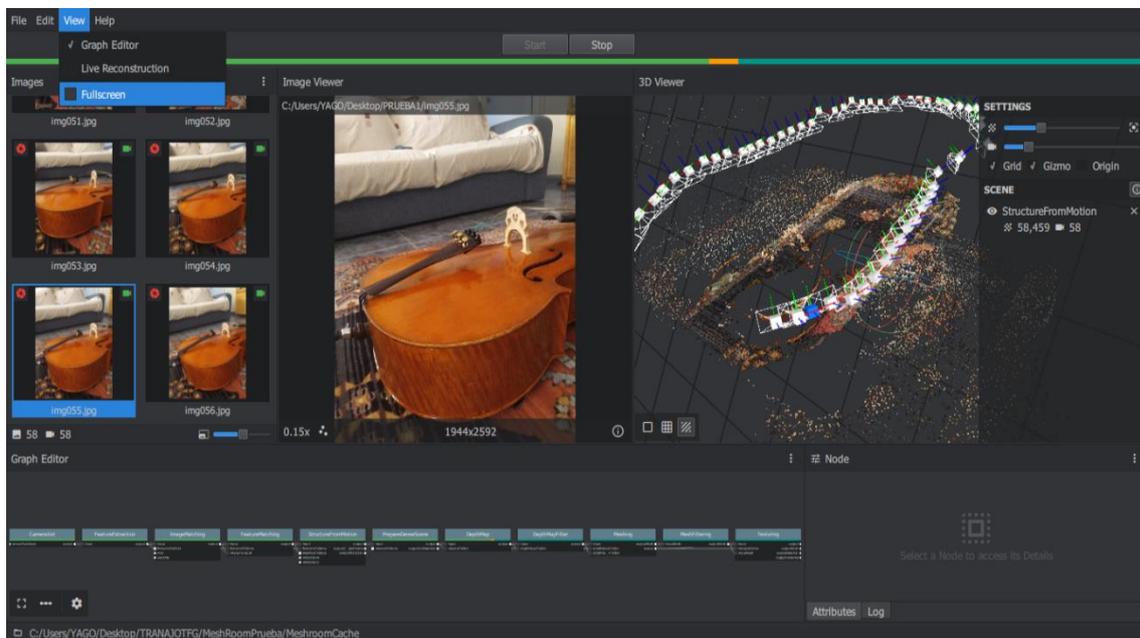
12- Vista general de la marca 5

## VII. FOTOGRAMETRÍA

Dada la posibilidad de tomar referencias de un violonchelo artesanal tradicional de estilo Stradivarius, se ideó la posibilidad de realizar un escaneo tridimensional.

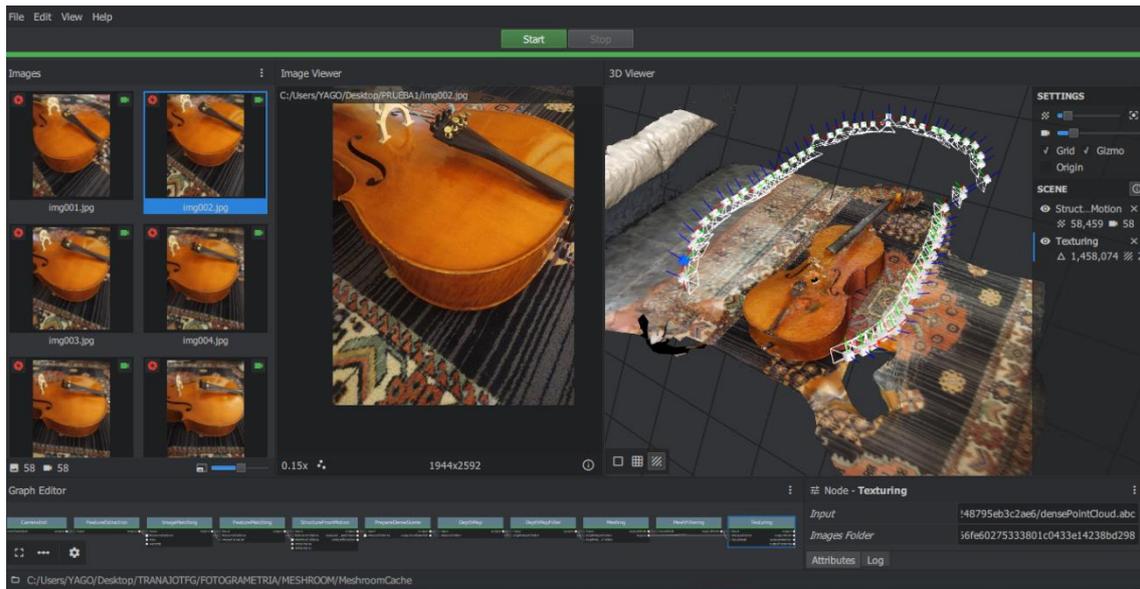
La fotogrametría consiste en realizar una serie de fotografías en 360° al objeto. Que serán procesadas por un software que analiza y enlaza las imágenes, generando tanto una malla poligonal editable en programas CAD, como un texturizado estético del objeto real. Esta tecnología muy utilizada en ingeniería inversa sirve para obtener un mapeado de vectores y polígonos, que permite: Comparar objetos modelados con sus referencias reales, obtener un modelo 3d de un objeto único o complejo como puede ser un rostro o un diente, analizar una superficie real a la hora de planificar un diseño o una instalación. La manera de proceder es la siguiente.

En primer lugar, se realizan las imágenes necesarias alrededor del objeto, al ser un objeto relativamente grande y complejo, se realizarán un abanico entre 50 y 60 fotografías. Para analizar y enlazar las imágenes se usará Meshroom, un software de reconstrucción 3D mediante imágenes 'open-source' y gratuito. Es una herramienta de gran capacidad de cálculo que analiza y alinea las fotografías, posicionándolas en un entorno 3Dn para crear el objeto.



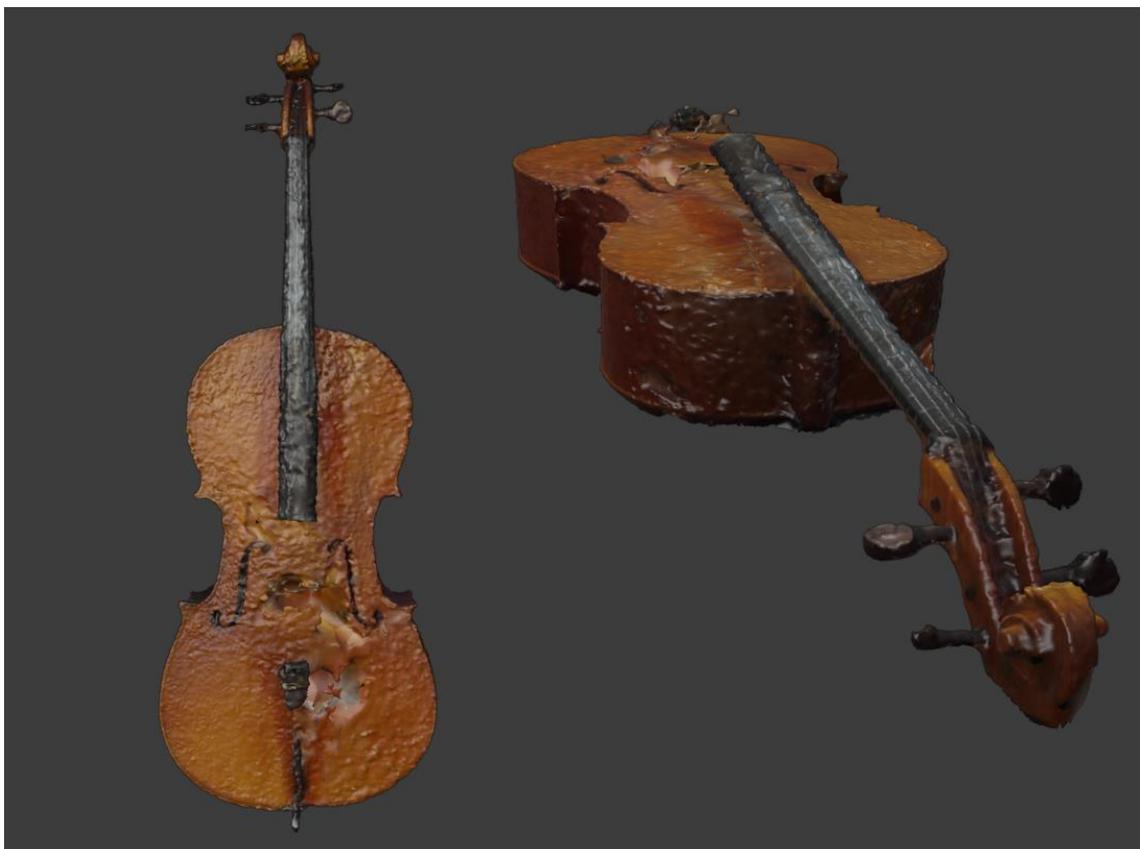
13- Procesado de las imágenes de MeshRoom

Reconstruye volúmenes, texturas y luces, ordenando automáticamente por puntos de referencia las imágenes en su posición anidando la inmediatamente anterior y posterior.



14- Escena resultante del proceso de fotogrametría

El software además de reconstruir el objeto en sí recoge la escena alrededor del mismo. En segundo lugar, se procederá a mediante el programa de modelado Blender, a limpiar lo generado por Meshroom que no sea útil.

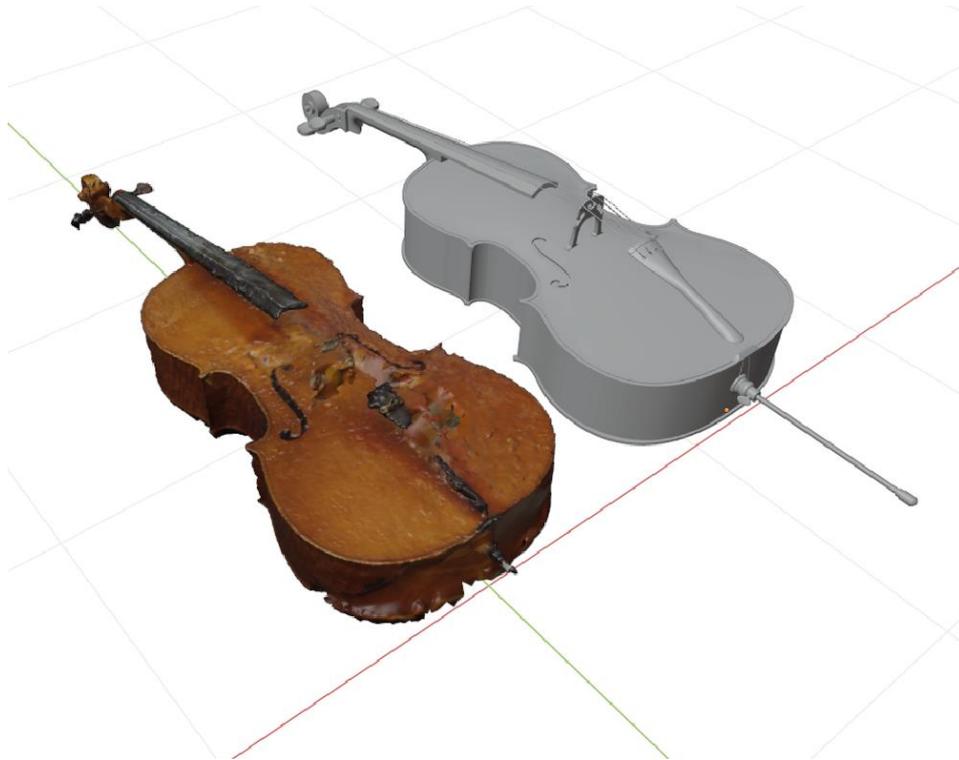


15- Vista frontal e isométrica posterior

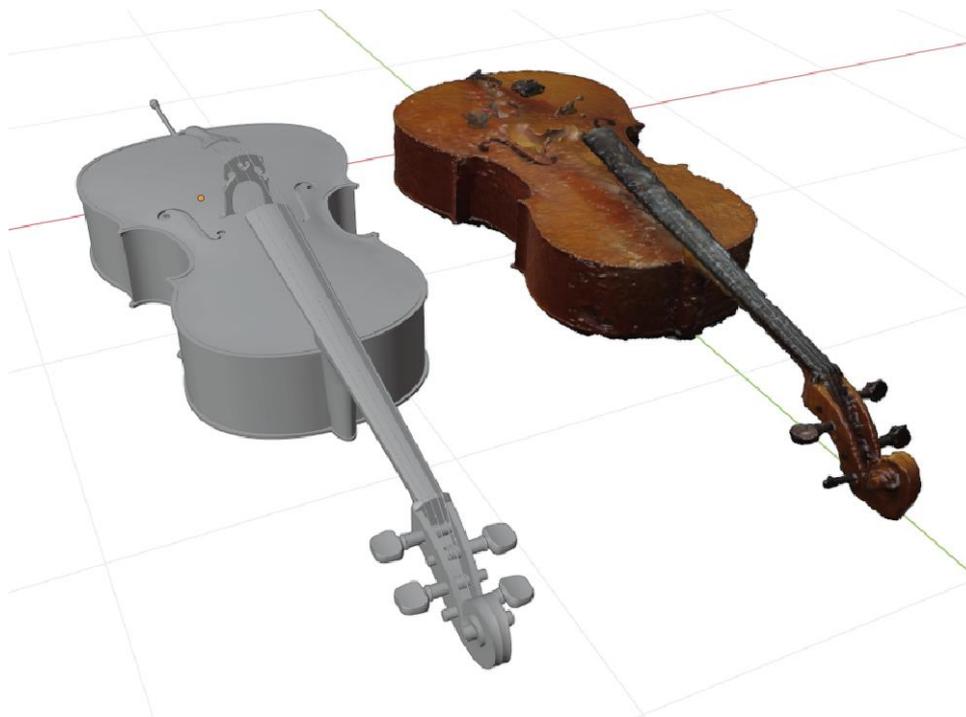


16- Vistas de detalle obtenido por fotogrametría del instrumento

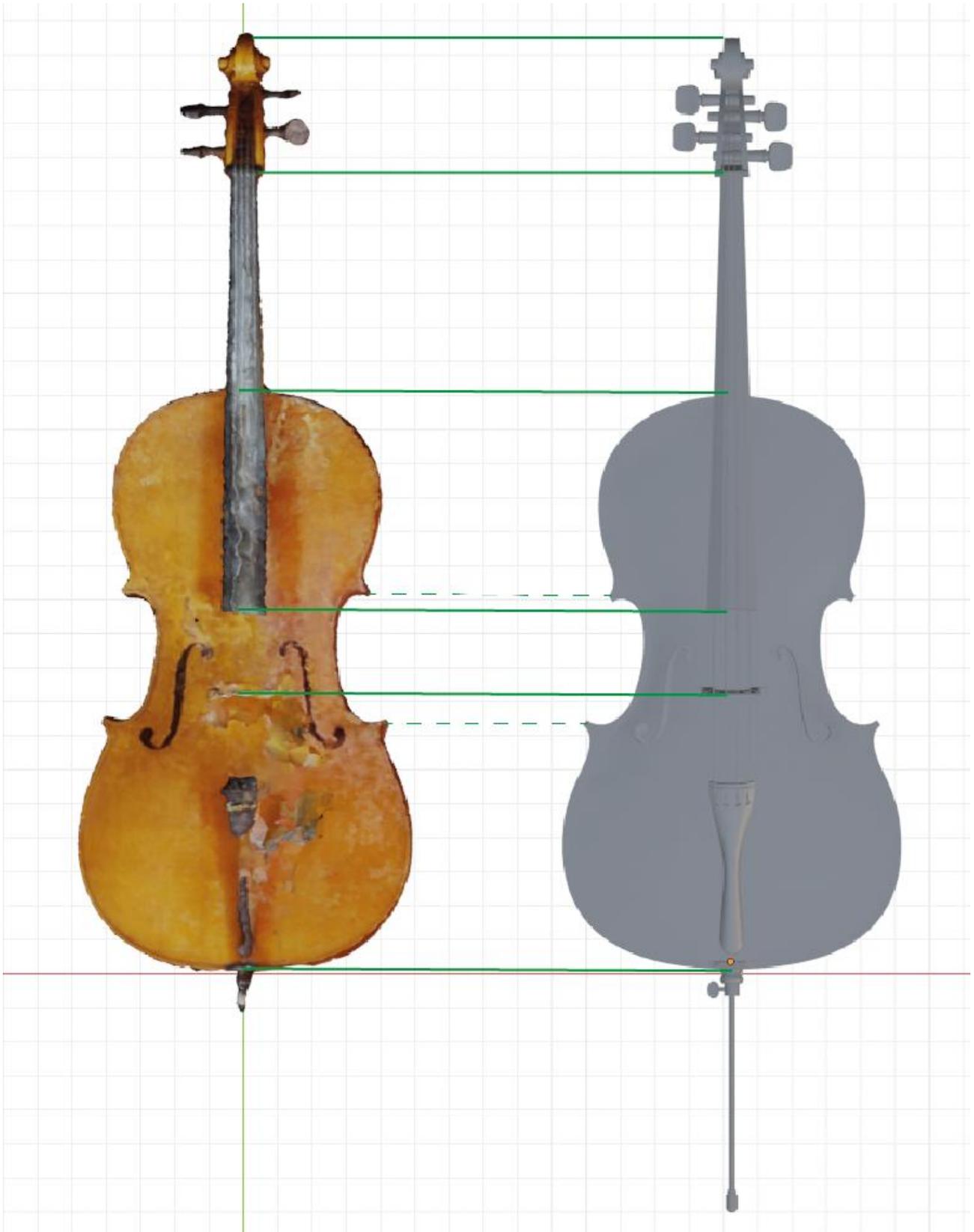
En tercer y último lugar, se procederá a validar formalmente el modelado en Rhinoceros comparándolo con la fotogrametría del violonchelo original. De esta manera, observando las proporciones, formas, curvas y volúmenes generales se puede validar el modelado hecho siguiendo las indicaciones del libro “*El Violín, la viola y el violonchelo en la luthería*” escrito por el maestro artesano José Ángel Chacón Tenllado.



18- Comparativa formal de la fotogrametría y el modelado CAD



17- Comparativa formal parte superior



19- Trazado de líneas comparativas de la situación de los distintos elementos en ambos modelos

## VIII. TECNOLOGÍA DE FABRICACIÓN Y MATERIALES

---

Como se ha expuesto anteriormente, se utilizará una tecnología de fabricación aditiva. Un proceso que plasma un modelo digital en un objeto real tridimensional. La impresión 3D surge de ese pensamiento junto a otras técnicas y actualmente es considerada la cuarta revolución industrial.

La fabricación mediante impresión 3D crea modelos virtuales en tres dimensiones, añadiendo el material en forma de capas. Superponiendo capa tras capa de material en el eje z se construye un modelo tridimensional idéntico al virtual.

Dentro de la impresión 3D se engloban muchas tecnologías que, manteniendo la misma manera de proceder, crean el modelo a partir de distintos procesos. Se puede encontrar procesos que utilizan desde resinas líquidas (Tecnología SLA), de un material en polvo (Tecnología SLS) o uno de los más estandarizados y democratizados que utiliza bobinas de material (Tecnología FDM). Este último, el FDM, es el proceso de fabricación aditiva más extendido tanto en la industria como en el uso no profesional, ya que es una tecnología muy versátil que ha sido muy investigada y desarrollada. Por lo que, tanto sus funcionalidades, su precio y valor añadido se otorga tanto a empresas como a particulares.



*20- Modelo Sigmax R19 doble extrusor*

La fabricación por medio de deposición fundida de material se caracteriza gracias a la gran comunidad que la ha impulsado en la última década por disponer de una de las gamas más amplias de materiales disponibles. Materiales que abarcan desde los más económicos y extendidos como son el Ácido poliláctico (PLA) o el Acrilonitrilo Estireno Butadieno (ABS), hasta materiales más exóticos y novedosos como son la fibra de carbono o diferentes materiales metálicos y aleaciones.

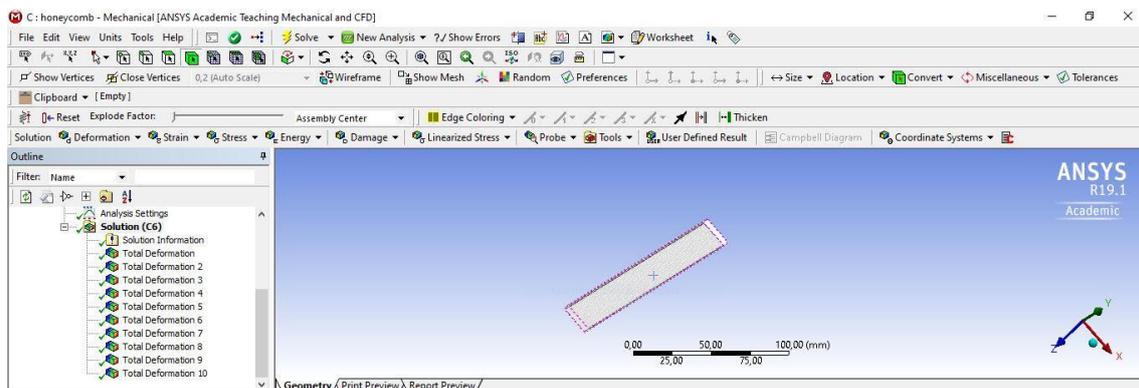
Este amplio catálogo de impresoras y materiales facilita la introducción de esta tecnología en todo tipo de sectores. Sectores tan tradicionales y asentados como la automoción o sectores mucho más novedosos como la medicina moderna ya la utilizan. En procesos de prototipado, fabricación de series limitadas o piezas personalizadas.

## ESTUDIO DE VIBRACIÓN

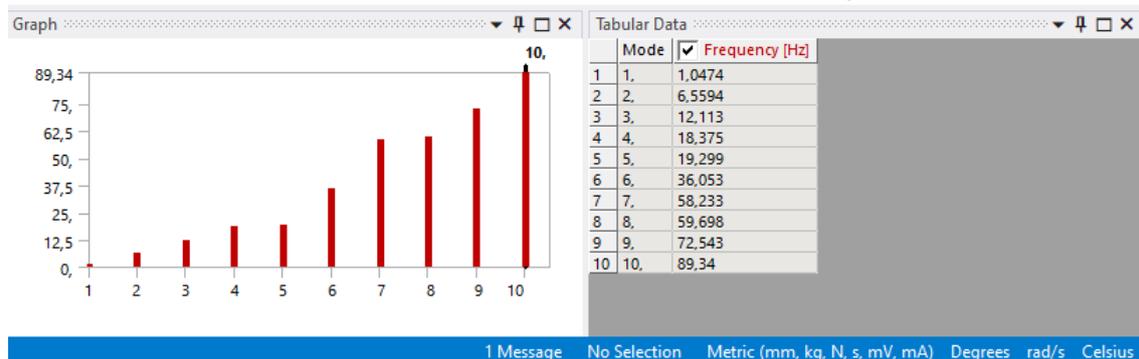
Con el fin de conseguir una base sobre la cual establecer la elección del material se diseñará un estudio de materiales. Estableciendo el uso de probetas de distintos materiales, para posteriormente, realizar una comparativa con una referencia obtenida mediante dos vías. Una simulación por software y un experimento práctico.

En primer lugar, se detallará las dimensiones de dicha probeta. Un rectángulo sólido de 200 x 40 x 20 mm que se utilizará tanto para el modelado realizado mediante software para su simulación, como para el ensayo experimental en laboratorio obteniendo el mínimo error posible entre las dos referencias.

Posteriormente, mediante el software CAE Ansys workbench, se realiza una simulación de las frecuencias de vibración del sólido, también llamada modal, asignando la madera maciza de abeto como material para el estudio. Se ha escogido esta madera de entre todas las utilizadas mayoritariamente en el mercado para la construcción de violonchelo por ser la más extendida en la gama de precios definidos en el estudio de mercado.



21- Simulación modal probeta ANSYS



22-Frecuencias resultantes del análisis

Este estudio de vibraciones arroja unos resultados ordenado en las frecuencias ascendentes características de esa geometría y material concretos, y que más adelante se comparará con la probeta experimental para verificar ambos resultados.

A continuación, se detallará la parte experimental que debería haberse realizado si la situación actual de la COVID no hubiera interrumpido la vida académica impidiendo realizar los respectivos ensayos en laboratorio. Estableciendo el procedimiento, pero no el resultado obtenido en cada una de ellas.

Para la parte experimental se acuerda el ensayo de 4 probetas mediadas con el uso de galgas extensiométricas, una inicial de madera sólida de abeto, que servirá de referencia comparativa con el modelo digital para confirmar que el experimento otorga buenos resultados. Y 3 posteriores de materiales soportados por la BCN 3D Sigmax R19 con el objetivo de establecer el más adecuado para la impresión del instrumento. Dichos materiales son el PLA común, el PLA con fibras de madera natural y por último el ABS. Cada uno aporta unas características propias, además de las frecuencias de vibración que los defina o de la propia sonoridad audible en el transcurso del estudio. Una vez finalizado, se compararán resultados y sensaciones obtenidas para la elección.

## MATERIAL

En la impresión 3D la gama de materiales es muy amplia, por lo que la posibilidad de seleccionar el más adecuado para cada trabajo y sin necesidad de modificaciones en la impresora, dota a esta tecnología de una gran versatilidad. Específicamente, la impresora, Sigmax R19 de BCN3D, ofrece un amplio catálogo de materiales compatibles como son el PLA, NYLON, PET-G, ABS, TPU, PVA, Composites y derivados de estos materiales.

Como no se precisa ninguna aplicación industrial o técnica que requiera grandes esfuerzos mecánicos o térmicos del objeto a fabricar, se optará por la selección del PLA. Un polímero biodegradable, sostenible gracias a su fabricación a partir de recursos naturales como el maíz o la caña de azúcar y apto para el uso alimentario. A su vez, es el filamento más utilizado por su facilidad de uso y por la gran variedad de aplicaciones para las que es óptimo.

El Ácido Poliláctico ofrece a su vez una gran variedad en su gama, la cual engloba desde filamentos con infinitud de acabados brillantes, satinados, efecto mate o metálicos hasta, variaciones de PLA que mezclan un porcentaje del material base con otro polímero o compuestos naturales para obtener nuevas propiedades. Gracias a esta amplia gama, el proyecto pretende distanciarse de la tendencia actual en impresión de instrumentos 3D caracterizada por colores y acabados llamativos, para dotar al instrumento de una apariencia sensorial más tradicional.

Lo cual se llevará a cabo mediante uno de los filamentos más novedosos, un material basado en el PLA al que se le añade un porcentaje de componente de fibras naturales de madera, conocido como "PLA + Wood". Se compone de un 60-70% de PLA y un 30-40% de fibras naturales de diferentes maderas dependiendo de la variante del material, dando como resultante un material con idénticas propiedades del termoplástico, pero con un acabado de madera. Siendo su olor, tacto y aspecto los característicos que se asocian a la madera natural.

Aunque este derivado del PLA no lleva mucho tiempo en el mercado, ha recibido una gran acogida y la mayoría de los fabricantes de filamento ya disponen de él en su cartera de productos. En busca de un precio competitivo, se contacta con una empresa de venta al por mayor con sede en Alcoy, 3Dupp, distribuidores de máquinas de impresión 3d, servicios de impresión 3d o todo lo relacionado con mantenimiento y materiales de fabricación.

El material seleccionado es un PLA con madera de la casa Smart Materials 3D, empresa líder en la fabricación de filamentos para impresión 3D. Su filamento WOOD, disponible en formato 2,85 mm ( $\pm 0.05$ ), el diámetro utilizado por la BCN3D Sigmamax R19, está disponible en 5 colores que son Cedro, Ébano, Bambo, Nogal y Roble. Distintos acabados según las fibras de madera añadidas al PLA que permiten obtener con los mismos procesos de fabricación y maquinaria violonchelos con distintos acabados y aspectos. Desde unos más tradicionales como son Roble o Nogal, pasando por el Ébano y Cedro, hasta uno más experimental y único como es el bambú.



## WOOD

### WOOD

Filamento de PLA de primera calidad con alto porcentaje de madera natural, no incorpora material reciclado ni recuperado. Excelente resolución en la impresión.

#### Tamaño

M (750g) ▾

#### Diámetro

1.75 mm

2.85 mm

#### Color



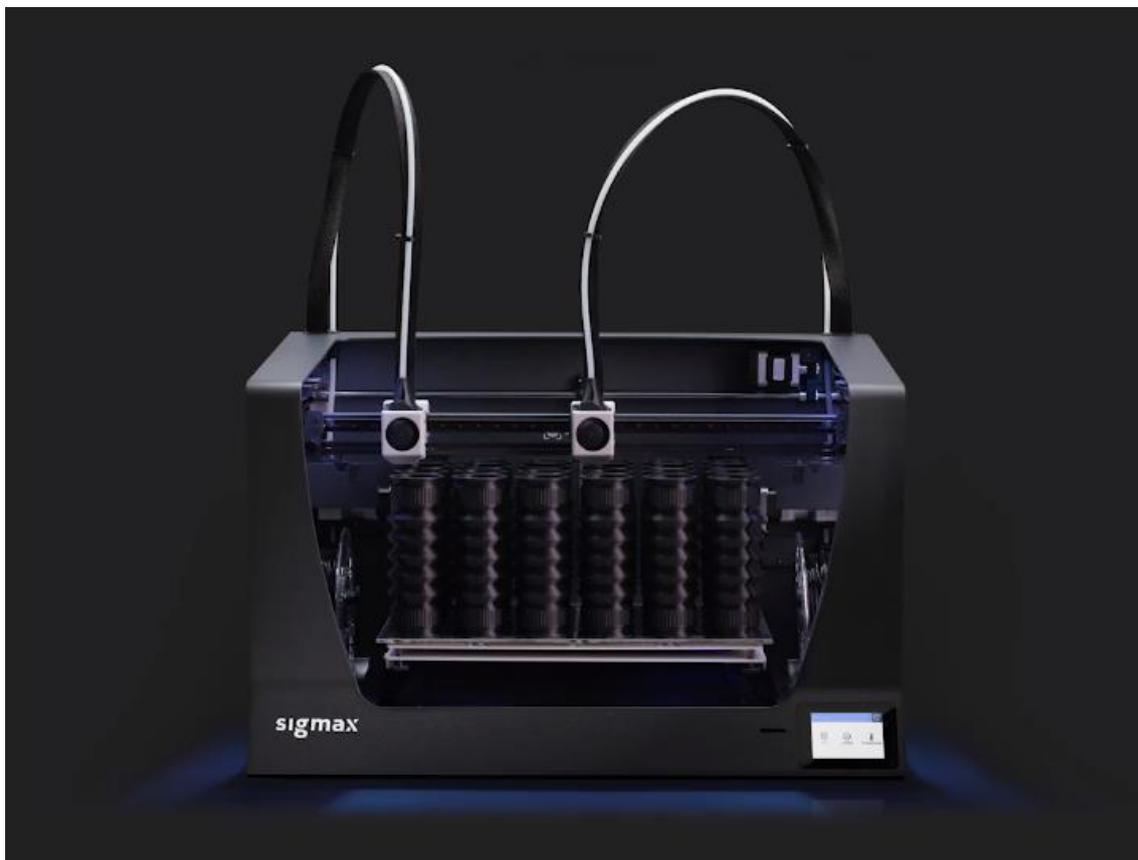
23- Presentación del material y sus variantes por el vendedor

El propio fabricante ofrece en su página web una ficha técnica del material que se adjuntará en el apartado de anexos. La cual incluye información detallada sobre las propiedades físicas, mecánicas y térmicas del filamento. Así como, una lista de consejos sobre cómo imprimir el material para obtener el mejor resultado posible.

## PROCEDIMIENTO

Con las marcas a fabricar modeladas en software CAD se valida su diseño, por un lado, mediante la referencia al libro de luthería de instrumentos de cuerda *“El violín, la viola y el violonchelo en la luthería”* de José Ángel Chacón Tenllado y, por otro lado, la fotogrametría realizada a un instrumento de artesanía tradicional de estilo Stradivarius.

Se procede a detallar la impresora 3D que se utilizará para la fabricación, así como sus características principales. Estableciendo la base con la que se realizará la segmentación de elementos y distribución en las mesas necesarias para su completa impresión.



*24 Volumen de impresión máximo Sigmoid R19*

La mesa de impresión, conocida comúnmente como “cama” de impresión, es la base sobre la cual se comienza la fabricación y apoyan todas las piezas. Marca el tamaño máximo en el eje X e Y que tiene una máquina en concreto, limitando el largo y ancho de una pieza para poder ser impresa. Junto al eje Z, se crea el volumen máximo que caracteriza el área de impresión de la máquina.

“Somos uno de los principales fabricantes de impresoras 3D del mundo. Con sede en Barcelona, creemos firmemente en ofrecer las mejores herramientas tanto a los profesionales como a los usuarios de nivel industrial. Por encima de todo, nuestro objetivo es permitir a los innovadores y creadores materializar sus ideas proporcionando una plataforma para ello.” Así se describe BCN3D.

Es la carta de presentación de la empresa que representa a España en el sector de la fabricación aditiva a nivel global. Con alta presencia en la industria y en el sector de la educación, ofrece una gama de productos profesionales y de gran calidad.

Se procederá a la segmentación de los elementos a fabricar de acuerdo con el área de impresión máxima de la BCN 3D Sigmax R19. La hermana mediana de la familia de impresoras de la marca, con 420 x 297 mm de base y una altura de 210 mm para completar el área de impresión. Se establecen dichas dimensiones máximas salvando un margen de 10 mm en el borde de la cama recomendado por fabricantes y software para la correcta impresión. Dicha segmentación de los elementos a fabricar que lo requieran por tamaño o por diseño pensado para impresión 3D se llevará a cabo en el software Autodesk Netfabb, un software especializado en la segmentación y preparación de piezas para posteriormente generar el G-CODE.

Se procederá a la segmentación de los elementos a fabricar de acuerdo con el área de impresión máxima de la BCN 3D Sigmax. De la Tabla 4 que establece los elementos y sus correspondientes materiales se distribuyen en las marcas que requieren segmentación.

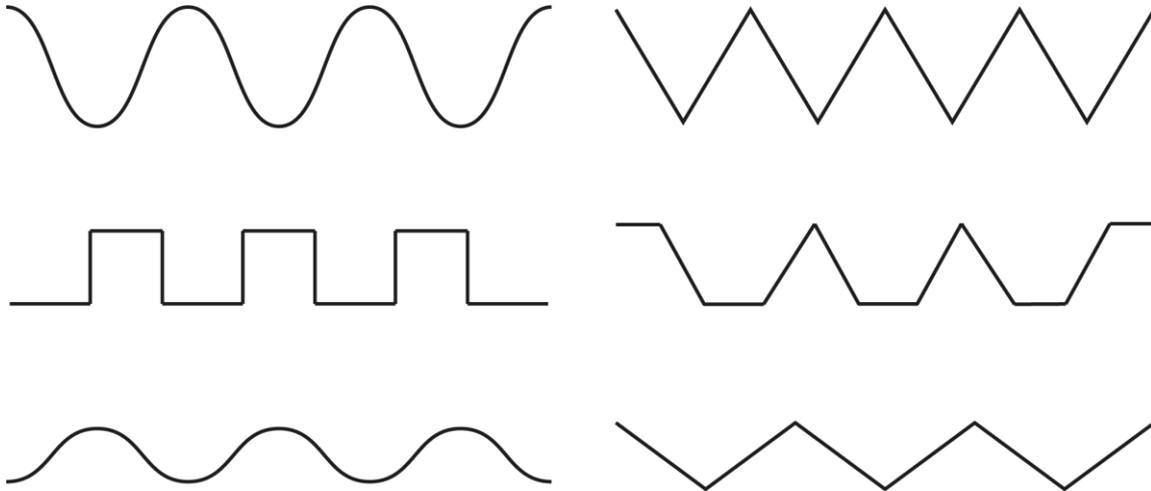
MARCA	DENOMINACIÓN	CANTIDAD	MATERIAL
1.1.1	Faja	1	PLA
1.1.2	Tapa	1	PLA
1.1.3	Fondo	1	PLA
1.1.4	Alma	1	PLA
1.1.6	Barra armónica	1	PLA
1.2.2	Clavijero	1	PLA

*Tabla 4- Elementos que requieren segmentación*

Una vez establecido en el software Netfabb las dimensiones del área de trabajo, se importan los elementos uno por uno para establecer planos de corte que dividan la pieza en partes más pequeñas comprendidas dentro de las medidas límite. Dichos planos de corte serán de dos tipos: el primero en el eje de simetría y el segundo para la segmentación de piezas no alineadas con ejes.

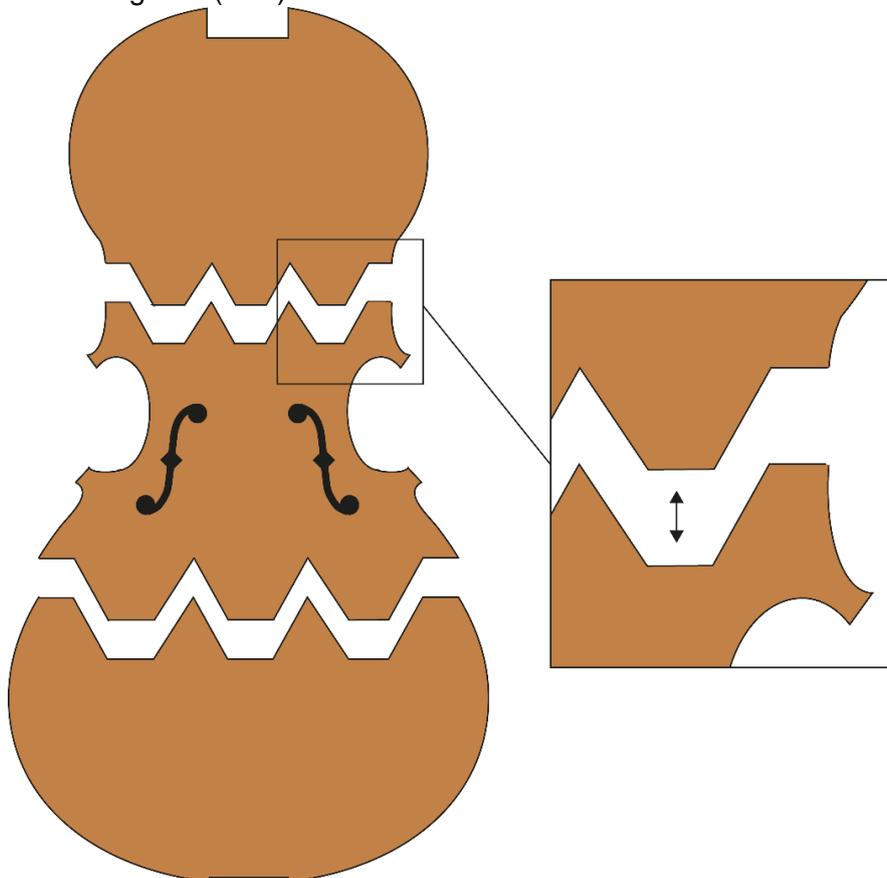
En primer lugar, se crearán planos de corte que dividan elementos por un eje de simetría. Esto se utilizará para fragmentar aquellos que requieran una división en dos mitades iguales para facilitar su impresión y para los que sea una primera separación en dos mitades simétricas.

En segundo y último lugar, se diseña un plano de corte en forma de puzle que permitirá una mejor comprensión y facilidad en el montaje de las diferentes partes tras la impresión. Lo cual ayuda a la rápida comprensión de la distribución, así como a las tolerancias de unión limitando los grados de libertad de movimiento entre piezas.

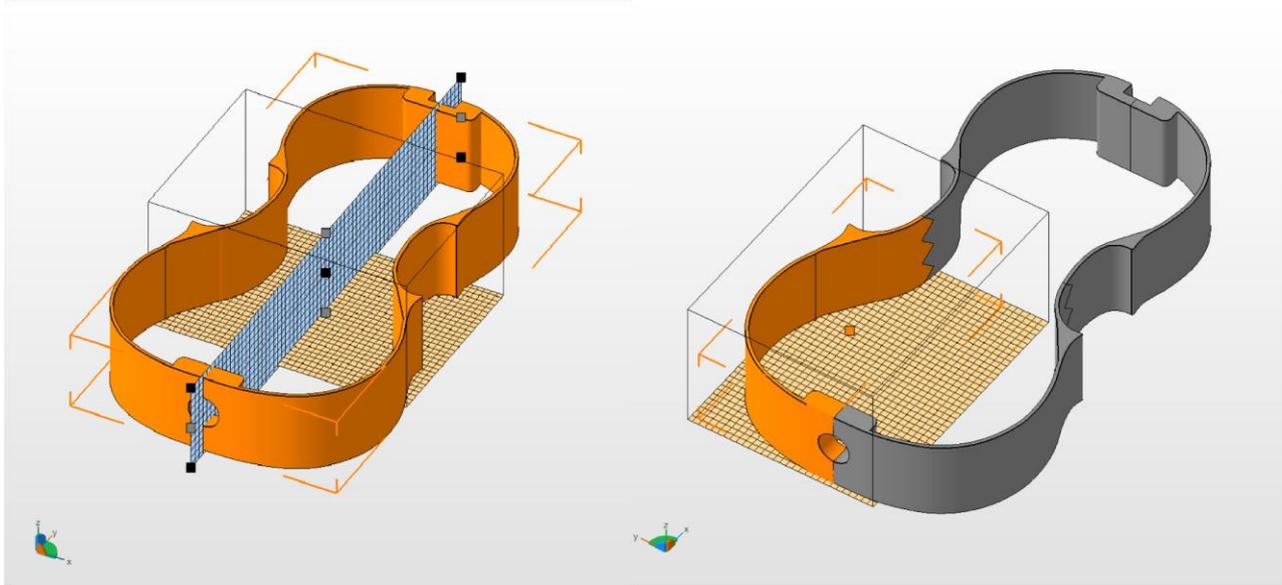


1- Presentación de alternativas a polilínea de corte

Entre las distintas propuestas de línea de corte tipo puzle se utilizará un zigzag con acabado recto que simula la unión tradicional recta, pero con un diente oblicuo más sencillo de encajar. Posteriormente estas piezas se exportarán individualmente en formato estereolitografía (STL).



2- Aclaración ilustrada de la apariencia de la segmentación



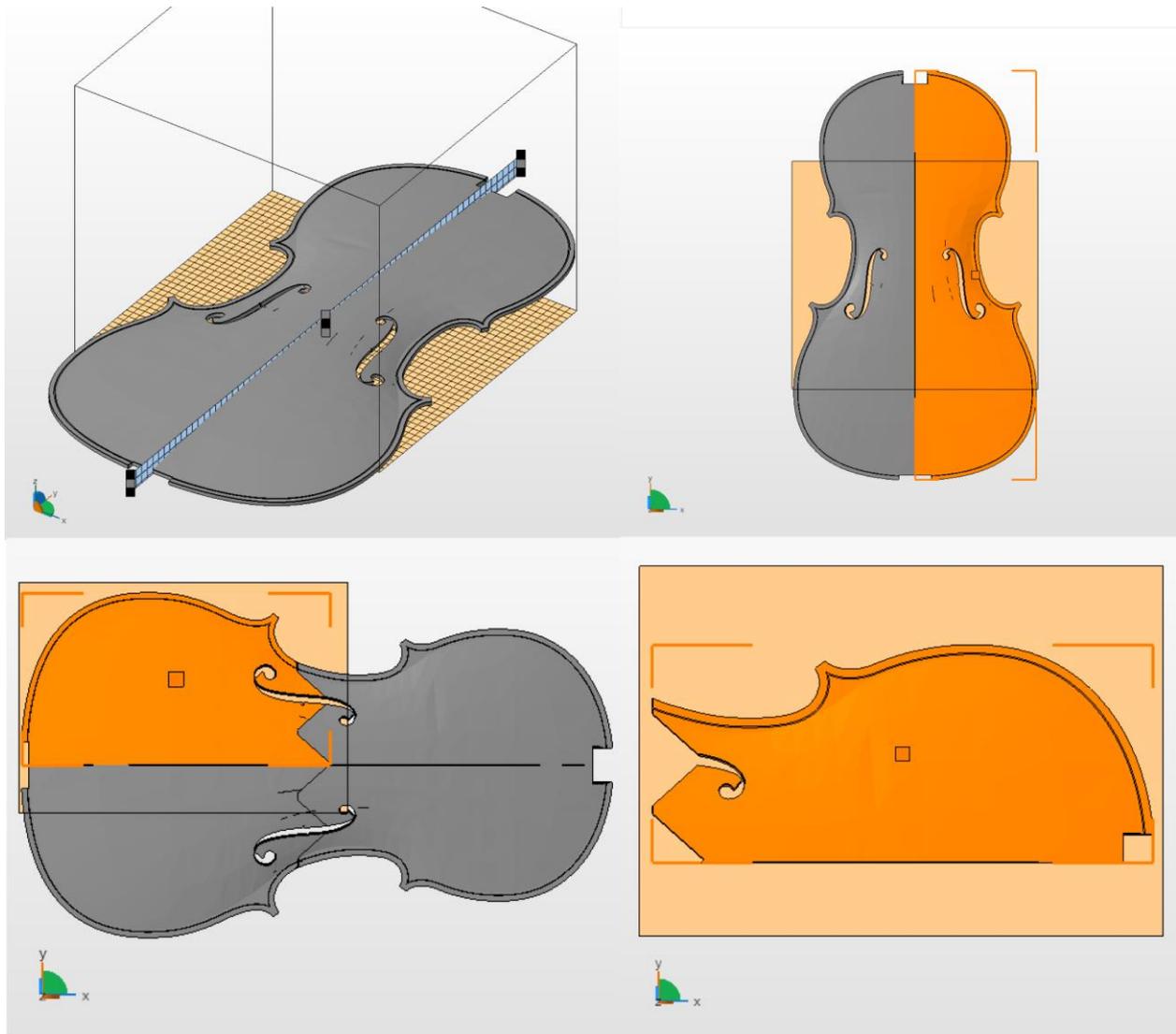
25- Proceso de división del elemento 1.1.1

El elemento 1.1.1 Faja con dimensiones muy superiores a los máximos de la impresora 3D, se presenta alineado con el centro de la mesa de impresión. De esta manera, se establece una primera visión de las divisiones necesarias para seccionar la pieza, con el objetivo de generar las mínimas partes posibles.

Para su facilidad de montaje posterior, se determina un primer corte mediante la herramienta plano por el eje longitudinal del objeto. Dividiendo el elemento en dos mitades simétricas.

A continuación, se desplazan las dos mitades a la posición en la cual se mide el largo de la parte que posteriormente será cortada. La longitud máxima del objeto es de 750 mm, por lo que, la primera idea es generar un corte por su punto medio y así obtener dos de igual tamaño. Por la geometría de la pieza, ese corte estaría situado en los refuerzos inferiores en forma de punta característicos de este tipo de instrumentos, por lo que, se determina aprovechar los 420 mm de longitud máxima de la mesa reservando entre 20-25 mm a cada extremo de seguridad.

El software permite crear polilíneas de corte con las que crear el diseño específico diseñado anteriormente y que permitirá el mejor encaje de las piezas en el posprocesado. Aplicando los planos de corte creados a partir de las polilíneas se crean las 4 partes en las que se divide el elemento 1.1.1 Faja. El último paso es exportar cada parte por separado en archivo STL, ya que es el más estandarizado y aceptado en la familia de los softwares para impresión 3D.

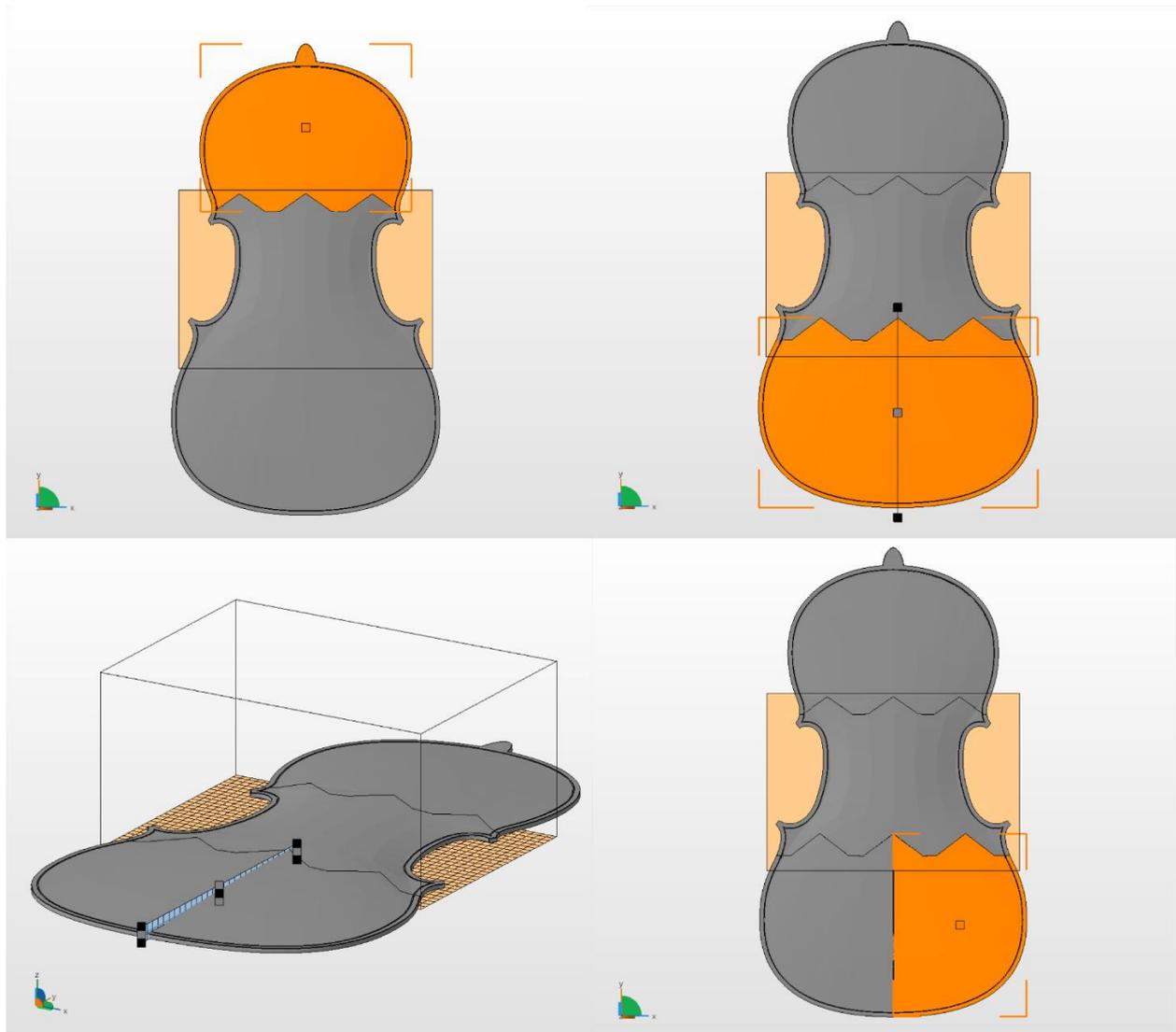


26- Proceso de división del elemento 1.1.2

El elemento 1.1.2 Tapa es muy superior a las dimensiones máximas como se puede observar, por lo tanto, siguiendo el procedimiento realizado con la faja se procede a su división en 4 partes.

En primer lugar, para mantener la simplicidad en el montaje, se realizará una división por medio del plano de corte en el eje longitudinal del objeto obteniendo dos partes simétricas. Realizado este primer paso, se reorienta y desplaza el elemento para obtener las medidas máximas para la segmentación con forma de puzle.

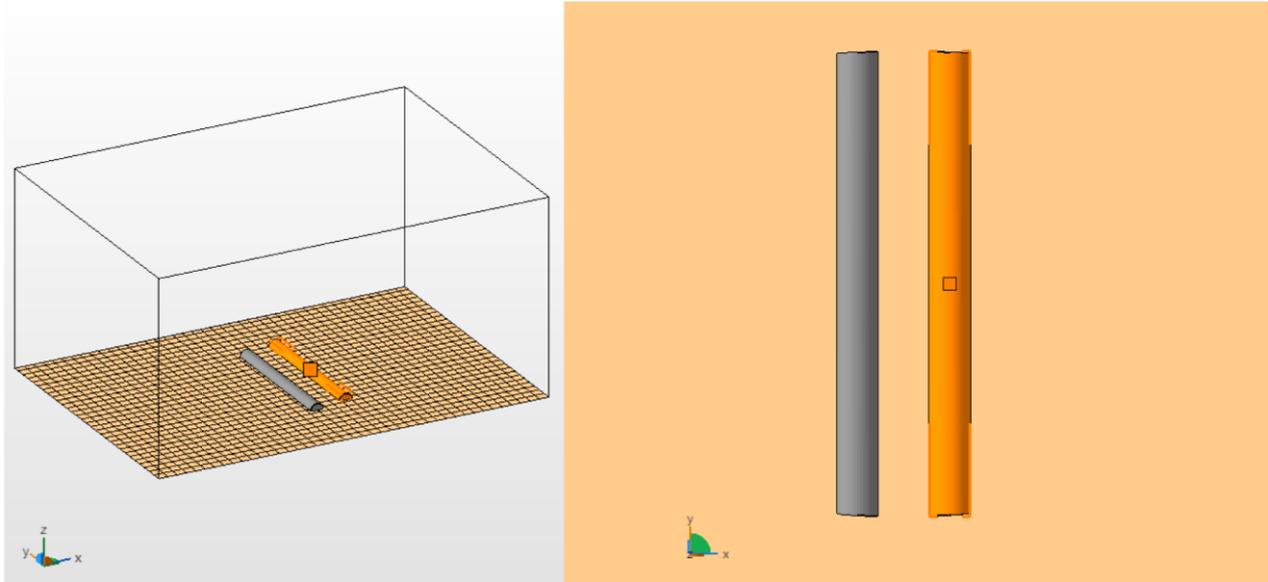
La única diferencia con el elemento anterior es la prudencia de no establecer la polilínea de corte en un punto que ocasione algún problema con la geometría de las eses, ya que se puede generar un fragmento pequeño separado del resto o demasiado fino, siendo un punto crítico tanto en la impresión como en la posterior vida del producto. Por último, se exportará cada parte por separado en archivo STL.



27- Proceso de división del elemento 1.1.3

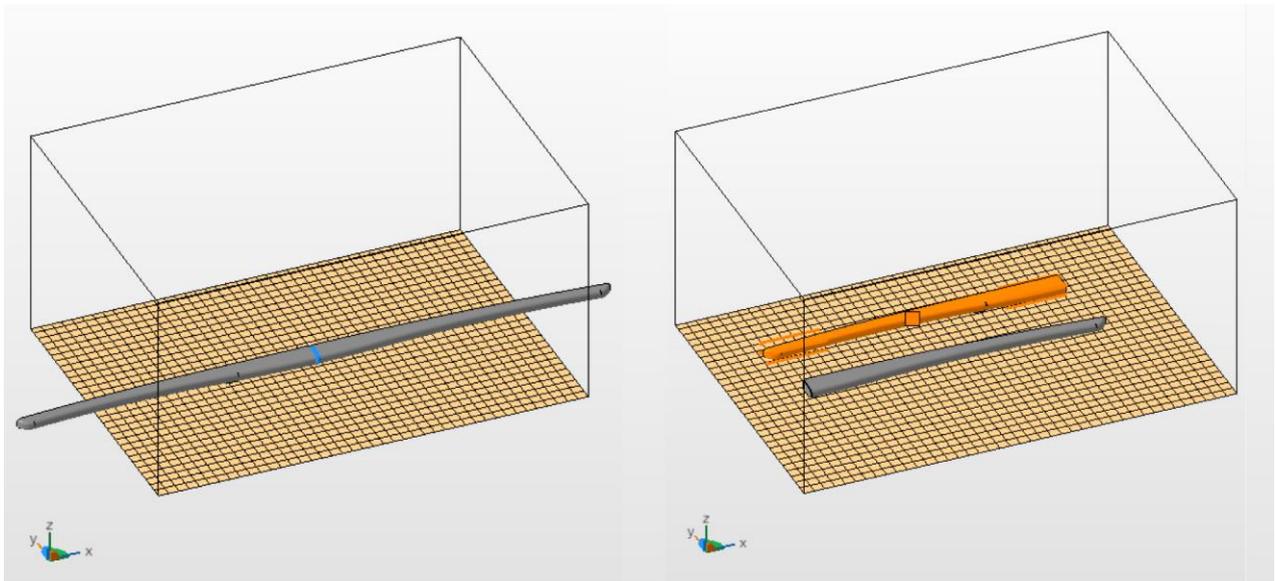
El elemento 1.1.3 Fondo tiene dimensiones muy similares a la 1.1.1 y 1.1.2, pero añadiendo un saliente que cubre el codo del mango por su parte inferior. Este elemento impide la división bajo el mismo procedimiento que los elementos anteriores.

En primer lugar, con la mesa de impresión en horizontal, se centra el objeto apurando el espacio por el extremo superior. Con la polilínea en forma de puzle mencionada anteriormente se realiza el primer corte separando la primera pieza. Se desplaza todo el conjunto hacia arriba para realizar el segundo corte atendiendo al máximo de la mesa. Con la parte restante es necesaria una división por su eje de simetría ya que sobresale de los máximos de la mesa. Gracias a esta segmentación obtenemos 4 partes y se exportará cada una por separado en formato STL.



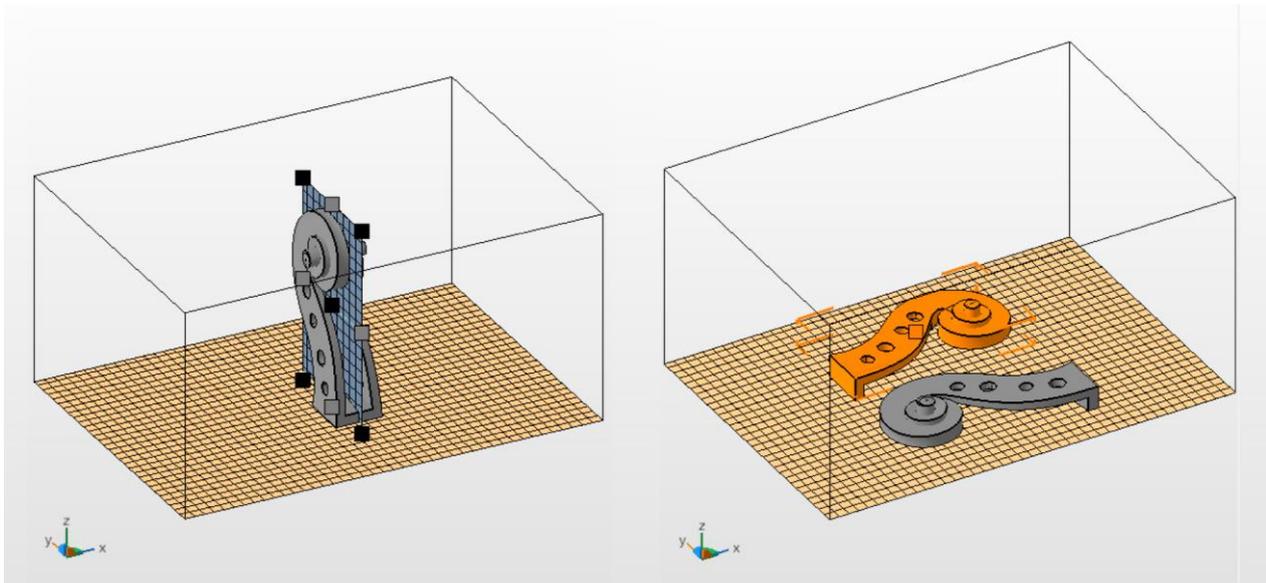
28-- Proceso de división del elemento 1.1.4

El elemento 1.1.4 Alma es geoméricamente un cilindro y para que su óptima fabricación que no genere soportes se establece un plano de corte por su eje de simetría longitudinal. Posteriormente se exportan las dos mitades en formato STL.



29- Proceso de división del elemento 1.1.6

El elemento 1.1.6 Barra Armónica tiene unas dimensiones en su parte máxima superior a la mesa de impresión, por ello, requiere una segmentación en dos mitades. Dicho corte se establece en el punto medio de mayor grosor. Ambas partes se exportan en formato STL para su posterior reordenación.



30-- Proceso de división del elemento 1.2.1

Por último, el elemento 1.2.1 Clavijero es geoméricamente complejo, ya que no se puede posicionar en ninguno de sus lados sin generar mucha superficie que requiera de soportes para su correcta impresión. Por lo tanto, se procede a la división por su plano medio en dos partes simétricas, reduciendo lo máximo posible la necesidad de utilizar soportes. Para finalizar, se exportan ambos elementos en formato STL.

MARCA	DENOMINACIÓN	CANTIDAD	PARTES RESULTANTES	MATERIAL
1.1.1	Faja	1	4	PLA
1.1.2	Tapa	1	4	PLA
1.1.3	Fondo	1	4	PLA
1.1.4	Alma	1	2	PLA
1.1.6	Barra armónica	1	2	PLA
1.2.2	Clavijero	1	2	PLA

Tabla 5- Número de elementos resultantes

Una vez segmentados los elementos que lo requieren, se procede a organizar la lista de elementos para su impresión determinando la cantidad de mesas de impresión necesarias y los tiempos de fabricación resultantes. Para llevar a cabo esta segmentación y que resulte lo más óptima posible en cuanto a colocación de los elementos, se establecerán unas premisas generales en las que se basará la distribución.

Inicialmente, la idea principal es la de agrupar el mayor número de piezas en cada mesa de impresión logrando reducirlas, lo cual acortará el tiempo de fabricación. Posteriormente, se intentará en la medida de lo posible, agrupar los diferentes elementos por la altura máxima desde la cara apoyada en la base, con el objetivo de reducir la altura de impresión en el archivo ahorrando tiempo.

Para finalizar, se configurarán unos parámetros básicos de impresión optimizados por el software Ultimaker Cura utilizados en todo el proceso. De manera que, se conseguirá homogeneidad en el resultado final de todas las piezas independientemente de la posición que ocupe. A continuación, un listado de las marcas y sus respectivas divisiones en la que se muestra su altura.

MARCA	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	ALTURA MAX (mm)
1.1.1	Faja_parte 1	1	124
	Faja_parte 2	1	124
	Faja_parte 3	1	124
	Faja_parte 4	1	124
1.1.2	Tapa_parte1	1	174
	Tapa_parte2	1	174
	Tapa_parte3	1	22,5
	Tapa_parte4	1	22,5
1.1.3	Fondo_parte1	1	14,5
	Fondo_parte2	1	16
	Fondo_parte3	1	16
	Fondo_parte4	1	16
1.1.4	Alma_parte1	1	6,5
	Alma_parte2	1	6,5
1.1.5	Cejilla Inferior	1	12,5
1.1.6	Barra armonica_parte1	1	10
	Barra armonica_parte2	1	10
1.2.1	Mango	1	146
1.2.2	Clavijero_parte1	1	28,5
	Clavijero_parte2	1	28,5
1.2.4	Cejilla Diapasón	1	12,5
5	Clavija	4	104

Tabla 6- Altura máxima de los elementos en la cama de impresión

MARCA	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	ALTURA MAX (mm)
1.1.1	Faja_parte 1	1	124
	Faja_parte 2	1	124
	Faja_parte 3	1	124
	Faja_parte 4	1	124
1.1.2	Tapa_parte1	1	174
	Tapa_parte2	1	174
	Tapa_parte3	1	22,5
	Tapa_parte4	1	22,5
1.1.3	Fondo_parte1	1	14,5
	Fondo_parte2	1	16
	Fondo_parte3	1	16
	Fondo_parte4	1	16
1.1.4	Alma_parte1	1	6,5
	Alma_parte2	1	6,5
1.1.5	Cejilla Inferior	1	12,5
1.1.6	Barra armonica_parte1	1	10
	Barra armonica_parte2	1	10
1.2.1	Mango	1	146
1.2.2	Clavijero_parte1	1	28,5
	Clavijero_parte2	1	28,5
1.2.4	Cejilla Diapasón	1	12,5
5	Clavija	4	104

Tabla 7- Agrupación por rangos de medida

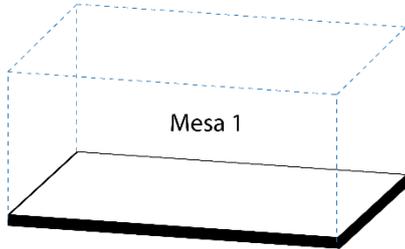
COLOR	DESCRIPCIÓN
	Elementos de mayor altura
	Elementos altura media
	Elementos de menor altura

Tabla 8- Aclaración rangos de medidas

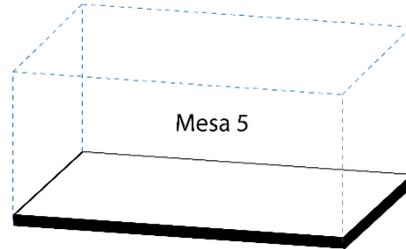
Los colores agrupan las partes de los elementos que se intentará, si su dimensión en x e y es compatible, distribuir conjuntamente. Por otro lado, se iniciará la organización de las distintas mesas de impresión colocando en primer lugar, las partes de mayor volumen tanto en altura como en el plano x e y. Aprovechando los huecos restantes para situar el mayor número de piezas y teniendo en cuenta lo máximo posible la agrupación por altura marcada en la Tabla 7

No existe una manera óptima y exacta de organizar un proyecto ni sus partes en la mesa de impresión para conseguir la máxima eficiencia, por lo que después de varias modificaciones en la organización de las mesas se define como eficiente y bien aprovechado el siguiente diseño.

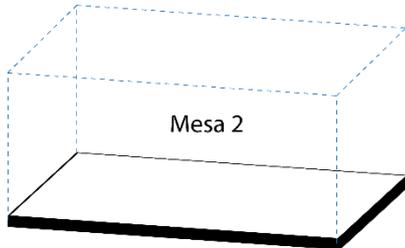
### DISTRIBUCIÓN MESAS DE TRABAJO



- 1.2.1 Mango
  - 5 Clavija
  - 1.1.1 Faja parte 1
- Peso: 662g  
Tiempo: 22 h 3'



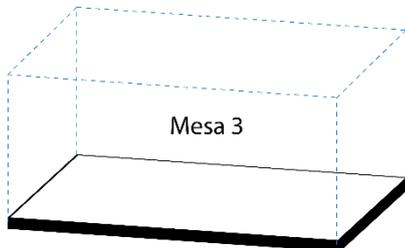
- 1.1.2 Tapa parte 4
  - 1.1.6 Barra Armónica parte 1
- Peso: 369g  
Tiempo: 16 h 34'



- 1.1.1 Faja parte 2
  - 1.1.1 Faja parte 3
  - 1.2.2 Clavijero parte 1
- Peso: 812g  
Tiempo: 28 h 17'



- 1.1.3 Fondo parte 1
  - 1.1.4 Alma parte 1
  - 1.1.4 Alma parte 2
  - 1.1.5 Cejilla inferior
  - 1.2.4 Cejilla Diapasón
- Peso: 349g  
Tiempo: 16 h 7'



- 1.1.1 Faja parte 4
  - 1.1.3 Fondo parte 4
- Peso: 641g  
Tiempo: 25 h 2'



- 1.1.3 Fondo parte 2
- Peso: 321g  
Tiempo: 14 h 39'



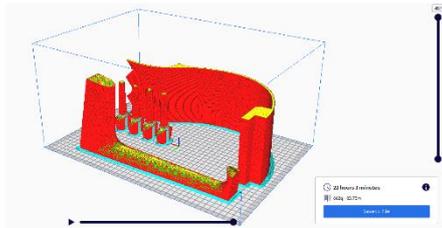
- 1.1.2 Tapa parte 1
  - 1.1.2 Tapa parte 2
  - 1.1.2 Tapa parte 3
- Peso: 762g  
Tiempo: 33 h 29'



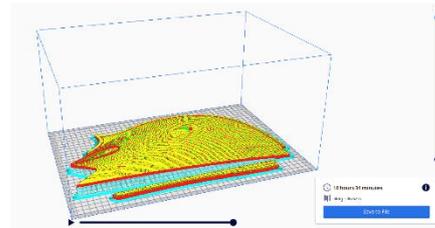
- 1.1.3 Fondo parte 3
  - 1.2.2 Clavijero parte 2
  - 1.1.6 Barra Armónica parte 2
- Peso: 366g  
Tiempo: 15 h 54'

Una vez agrupados los elementos y procesadas las geometrías con el Ultimaker Cura, se obtiene el tiempo de fabricación de las 9 mesas de impresión. El software también ofrece, configurando el material que va a utilizar para las impresiones, el peso en gramos que usará la máquina.

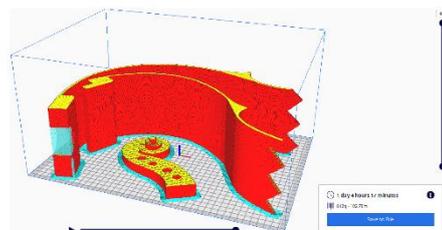
#### DISTRIBUCIÓN MESAS DE TRABAJO



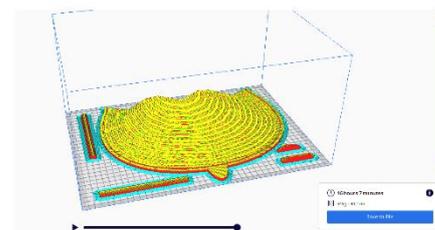
Mesa 1



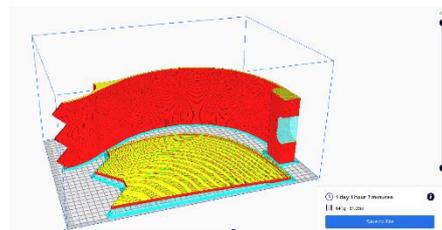
Mesa 5



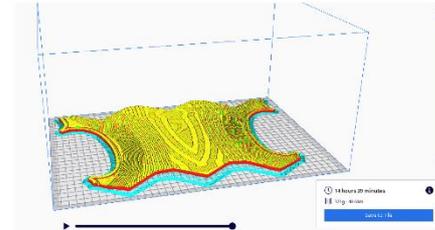
Mesa 2



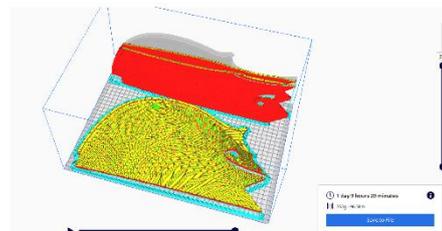
Mesa 6



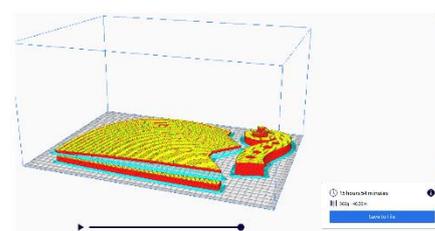
Mesa 3



Mesa 7



Mesa 4



Mesa 8

## IX. POSPROCESADO, ENCOLADO Y MONTAJE

---

Antes de entrar en materia, se exponen las siguientes líneas para informar de que, debido a la situación actual generada por la COVID en España que ha afectado a los alumnos, profesores y personal que conforman el alma de la universidad, los procesos aquí descritos a continuación no se han podido llevar a cabo de manera práctica. Y, aunque se ha estudiado su viabilidad fuera de las instalaciones universitarias del campus de Alcoy, no llevo a cabo por motivos económicos y de tiempo. Dejando en el tintero la construcción hasta términos finales de un prototipo funcional ajustado y afinado para ser tocado.

Obtenidas las piezas de la impresora, se procede a realizar un posprocesado que mejorará el acabado final de los elementos, el encolado de las diferentes secciones para obtener los volúmenes finales y, por último, el montaje de las marcas fabricadas y comerciales además de un posterior ajuste y afinación.

Posteriormente a su fabricación y gracias a este material hecho de PLA y fibras naturales de madera, se puede aplicar un posprocesado de la superficie de la misma manera que se hace con la madera natural.

Al término de la impresión 3D, tras su extracción de la cama siempre quedan rebabas, retracciones del cabezal extrusor que dejan restos de retracciones de material solidificado o soportes que requieren ser retirados. Por lo que, aprovechando el posprocesado típico de este tipo de fabricación, se realizará un lijado general de la pieza con granos de distinto tamaño para obtener una superficie suave y lisa.

### LIMPIEZA DE LOS ELEMENTOS.

Objetivo: Retirar los soportes e imperfecciones fruto de la impresión 3D.

Material: Piezas fabricadas en PLA + WOOD.

Útiles: Lijas de grano medio y fino, así como, tacos rectangulares para ayudar al correcto lijado.

Herramientas: Cúter y alicates pequeños.

Tiempo aproximado: 2 horas.

Procedimiento:

Para comenzar, se retira el grueso de los soportes con la ayuda en determinados puntos de un juego de alicates y bisturí que facilitan la separación. Gracias a la delgadez de estos, la separación de la pieza final de los soportes es rápida, siendo un poco más engorrosa en aquellas partes donde la cantidad de material a retirar es elevada o la geometría complique el trabajo.

A posteriori, se procede a lijar con la ayuda de un taco o pieza sólida plana y la lija de grano medio toda la superficie, prestando especial atención a las zonas donde se encontraban las imperfecciones o restos. Se repite la operación utilizando la lija de grano fino para dejar un acabado perfecto a todas las superficies.

## UNIÓN DE ELEMENTOS

**Objetivo:** La unión tanto de cada parte de un elemento como del conjunto final.

**Material:** Piezas fabricadas en PLA + WOOD y adhesivo de cianocrilato.

**Útiles:** Pince pequeño, lija grano fino, tacos rectangulares, trapo de limpieza y cinta o algún elemento de sujeción.

**Herramientas:** No precisa.

**Tiempo aproximado:** 4-5 horas divididas en varios días.

### Procedimiento:

Las divisiones de cada elemento son las primeras que se procederá a unir mediante el adhesivo de cianocrilato, el cual se aplica en las superficies de contacto previamente limpias de cualquier resto del lijado utilizando el trapo. Tras presentar las superficies y ajustar con precisión la unión, se sujeta con pinzas de sujeción o cintas para dejar secar y se repasa con un trapo húmedo el excedente. Se repite el proceso con el resto de las piezas, dejando tiempos de secado de varias horas antes de volver a manipular.

A continuación, con los elementos completamente secos, se procede a lijar con un grano fino repitiendo el procedimiento del apartado "Limpieza de elementos", para hacer invisibles al tacto las uniones o imperfecciones que hayan podido resultar. Más tarde, se limpia correctamente la superficie con el trapo un poco húmedo para eliminar cualquier residuo.

Por último, como se detalla en el libro de construcción de instrumentos de cuerda artesanales de José Ángel Chacón Tenllado, referenciado en varias ocasiones, se une tanto las piezas que conforman la caja armónica como la que conforman el mástil. Seguidamente, transcurrido el tiempo de secado, se unen las dos partes en una utilizando de nuevo adhesivo de cianocrilato.

## BARNIZADO DE VIOLONCHELO

**Objetivo:** Barnizado del violonchelo que proteja la superficie además de otorgar un buen aspecto estético.

**Material:** Barniz de color, Violonchelo montado.

**Útiles:** Pinceles planos tamaño medio y recipientes.

**Herramientas:** No precisa.

**Tiempo aproximado:** 30 min la aplicación. Tiempo de secado, 24 a 48 horas

### Procedimiento:

Se inicia la primera capa, la imprimación, aplicando con la brocha pasadas largas y uniformes por el clavijero por ambas caras. A continuación, se pasa a la parte central de la caja armónica, referenciada en este proyecto como 1.1.1 Faja, aplicando pasadas largas de barniz longitudinalmente por toda la superficie. Cubierta la faja, se continúa la aplicación en el fondo, volteando el instrumento para que quede apoyado y dando pasadas esta vez en sentido horizontal o perpendicular al segmento imaginario que crea el mástil hasta cubrir todo el fondo. En este momento, se aplican unos cuantos brochazos por el talón del mango. Por último, la tapa, el elemento más visible y delicado que requiere un barnizado a lo largo de la superficie desde el extremo inferior hasta el

mango en la parte superior. Atendiendo especialmente a un acabado perfecto sin desbordar barniz por los agujeros de las efes.  
Aplicada la capa, dejar secar entre 24 y 48 horas dependiendo del ambiente hasta que esté completamente seco.

## MONTAJE Y AJUSTE

Objetivo: Montaje y ajustado del instrumento.

Material: Adhesivo de cianocrilato, el violonchelo barnizado y los elementos comerciales.

Útiles: Elemento de sujeción

Herramientas: No precisa.

Tiempo aproximado: 4 horas incluido el tiempo de espera.

Procedimiento:

Se comenzará con la unión del diapasón al mástil mediante el adhesivo de cianocrilato, sujetando con los útiles de sujeción hasta su completo secado un par de horas. Al mismo tiempo, se introduce la pica a presión por el orificio de la parte inferior, habiendo extendido unas gotas de adhesivo en la superficie de contacto y dejar secar con un elemento de sujeción colocado junto al diapasón.

Una vez seco, es el momento de montar el resto de las piezas que se mantienen gracias a la tensión de las cuerdas. En primer lugar, se ancla mediante un tirante, el cual se pasa por la pica quedando sujeto. Seguidamente, se pinzan las cuatro cuerdas en el orden correcto en los afinadores por el extremo inferior. Se continúa presentando el puente en su posición encajando cada cuerda en su ranura para finalmente ser recogida y tensada individualmente por las clavijas previamente encajadas en sus respectivos orificios.

Realizado el montaje, se procederá a ultimar la posición de elementos como el puente y afinar correctamente el instrumento con la presencia de un especialista que aporte la experiencia y conocimientos para el correcto desarrollo de la tarea.

## X. VENTA DEL PRODUCTO

---

A continuación, se exponen los apartados básicos diseñados para la puesta en el mercado del producto, detallando las estrategias que se llevarán a cabo a la hora de vender y dar visualización al instrumento.

Primeramente, se presentará una vista conceptual del principal medio por el cual se pondrá a la venta el producto. Debido al carácter innovador del producto se establece un punto de venta online mediante una página web oficial, más adelante se detallará los aspectos característicos de este medio. En segundo lugar, se presentarán una serie de acciones llevadas a cabo por la marca para dar a conocer el producto.

### ESTRATEGIA DE VENTA

Para su venta se creará una web en la que el consumidor pueda conocer el producto y sus características clave, descubriendo la motivación de la empresa, así como sus objetivos.

La venta de productos a través de internet ha llegado para quedarse, ya que otorga la capacidad a la empresa de poner en el mercado sus productos de una manera más directa, siendo la propia empresa la que tiene 'feedback' de la demanda u opiniones del mercado. Este hecho cada vez más valorado por la industria, permite una mejor comunicación beneficiando los intereses de ambas partes. Por su parte, la empresa tiene constancia de la variación de demanda o de las posibles quejas, sugerencias o de los halagos de sus consumidores. Mientras por otra parte, el consumidor obtiene una mejor experiencia gracias a la facilidad de compra, conexión directa con el fabricante en caso de tener cualquier incidencia o de cara a la garantía de producto o posibles problemas con el producto tras su compra. Una vez expuesto la vía principal de venta, se detallarán las dos opciones de compra diseñadas en base al mercado con las que se podrá obtener el producto en la web.

### VENTA DEL INSTRUMENTO TERMINADO CON FUNDA DE PROTECCIÓN.

Esta opción de compra incluye el instrumento fabricado, completamente montado y ensamblado, bajo el nombre de "Compra uno ". El cliente recibirá en un plazo de 2 semanas un estuche de fibra de carbono con el logotipo de la empresa y en su interior, el instrumento protegido por una bolsa de tela.

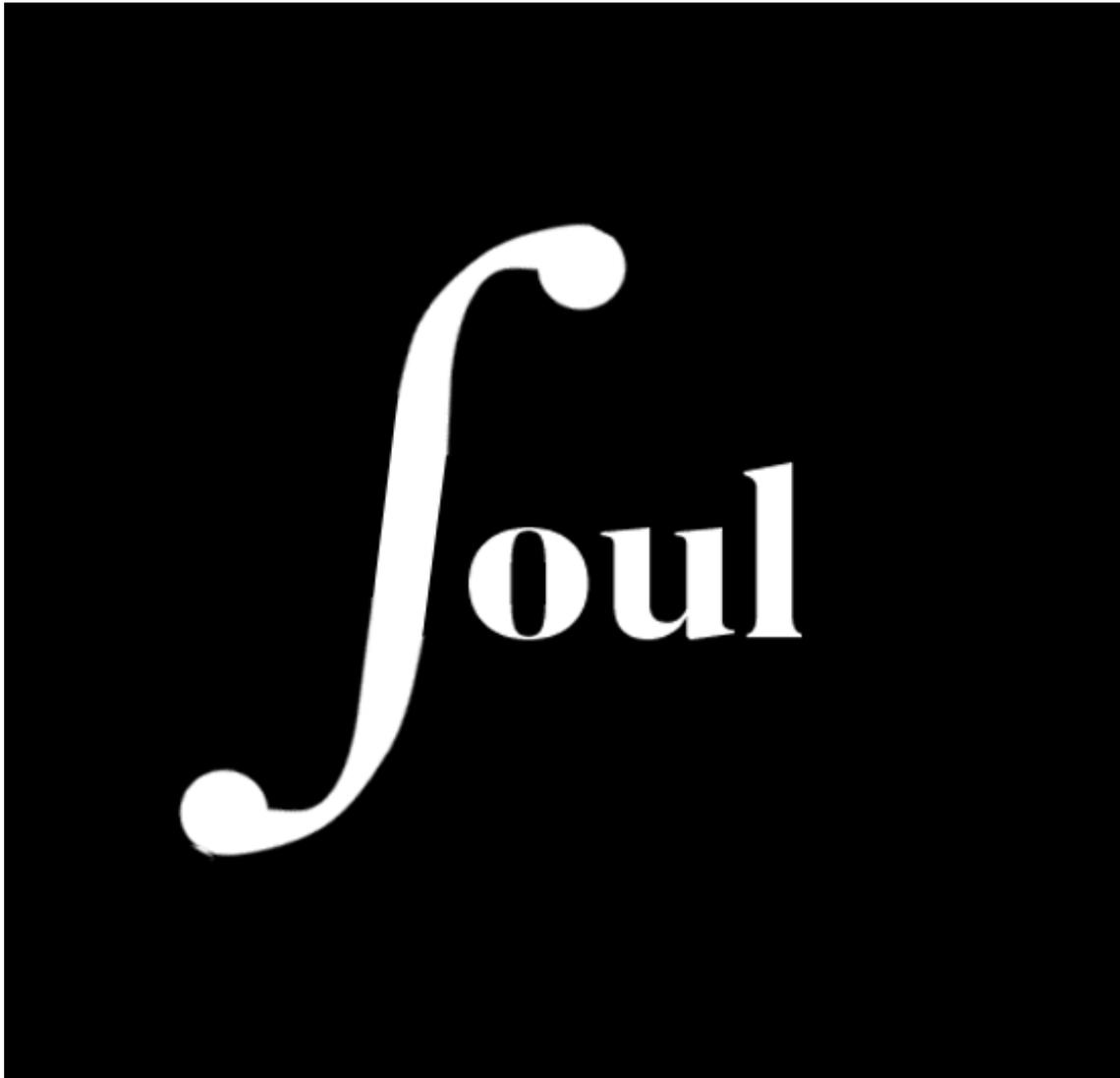
### VENTA DE LOS ARCHIVOS STL PARA SU IMPRESIÓN.

Por otro lado, como divulgación del producto y para crear presencia en el mundo 'maker' se dispondrá en la web la opción "Fabrica uno". Con la cual, cualquier usuario que se registre tendrá acceso a descargarse una carpeta de archivos que incluye lo siguiente:

- Archivos STL de todas las piezas que conforman el instrumento.
- Un listado de elementos a modo de información.
- Un listado de recomendación el material a utilizar para la fabricación.
- Un listado de recomendación de las piezas comerciales a utilizar.

Se diseñará la web en la que se pondrá a la venta el producto y se dará a conocer la marca con una interfaz sencilla y minimalista que exponga el contenido de una manera clara. Para este diseño se utilizará el programa de la suite adobe, Adobe XD. Un software sencillo que permite de forma fácil añadir elementos.

Además, toda marca que quiera ser reconocida por el mercado necesita una imagen reconocible, que abarca desde un estilo propio en sus productos hasta un logotipo y nombre que se quede en la mente del cliente. Cubriendo este apartado, se diseñará un logotipo que refleje el espíritu y el estilo de la empresa.



*31- Logotipo producto*

# Descubre la nueva forma de hacer música

Soul une la música, la tecnología y la pasión por la artesanía en un instrumento único que no deja indiferente

**FABRICA UNO**

**COMPRA UNO**

Desplazar



## Fabrica tu propio Soul



Descarga gratuitamente los archivos STL para impresora

- Archivos stl de todas las piezas que conforman el instrumento.
- Un listado de elementos a modo de información.
- Un listado de recomendación el material a utilizar para la fabricación.
- Un listado de recomendación de las piezas comerciales a utilizar.



## Compra tu Soul



### Violonchelo impreso en 3D

Incluye el instrumento fabricado, completamente montado y ensamblado. La entrega será en un plazo de 2 semanas un estuche de fibra de carbono con el logotipo de la empresa y en su interior, el instrumento protegido por una bolsa de tela.

## XI. COSTES

Detallado todo el proceso de diseño y fabricación del violonchelo por impresión 3d, se procede a cuantificar el coste del proyecto para así establecer un presupuesto y establecer el precio de venta al público (PVP).

Definiendo una primera tirada de 200 unidades fabricadas que se comercializarán, en la cual, se amortizará la inversión en las máquinas de impresión 3d y la compra del dominio web. Posteriormente, en función de la acogida del producto, se pronostica una segunda tirada a igual número de unidades. Para la introducción en el mercado de las primeras unidades se detallan los siguientes parámetros:

LISTA DE COSTES	DESCRIPCIÓN	PRECIO
Material de fabricación	750 g por bobina de filamento, se necesitarán 6 a un precio de 25,60 €/ud	153,60 €
Coste por hora de fabricación	Impresora de 225 w trabajando 172.05 horas a un coste de 0,12 €/kWh	4,65 €
BCN 3D Sigmax R19	Modelo Sigmax R19 en una granja de impresoras 3D de 3 maquinas	55,43 €
Piezas comerciales violonchelo	1.2.3 Diapasón Chelo Acabado Biselado Ébano 4/4	26,40 €
	1.3 Pica Roth & Junius Endpin Cello ST Ebony	28,00 €
	2 Cuerdas, set de 4 cuerdas WEIDLER Nürnberger Precision Chelo	44,00 €
	3 Puente Gewa No.3 Cello Bridge 4/4 Std	14,50 €
	4.1 Cordal Ébano Chelo 4/4	24,85 €
	4.2 Tensor Afinador 4 ud Chelo Wittner Negro 4/4	34,40 €
	Funda Violonchelo 4/4 GewaPure	39,00 €
Posprocesado	Se establecen un precio de mano de obra y materiales de	40,00 €
Web	Host + dominio web 36 € anual	0,18 €
Precio mínimo de venta primeras 200 unidades:		465,01 €
<b>PVP:</b>		<b>500 €</b>
Margen de beneficio primera tirada:		34,99 €
200 unidades:		6.999,00 €

Tabla 9- Lista de costes primera tirada

Los costes de fabricar y vender el instrumento son de 465,01€ por unidad, por lo que se define como el precio mínimo de venta necesario para cubrir su producción. Con los datos obtenidos del estudio de mercado, se establece un precio medio en el rango de entre 350 y 750 euros, posicionando el violonchelo con un PVP de 500€.

El margen de beneficio puede resultar escaso, 35 euros por unidad, pero generará un beneficio inicial de 6.999,00 € en las primeras 200 unidades. Dando lugar a una segunda tirada con el coste de maquinaria y el servicio web amortizado, resultando en una inversión para la empresa menor mejorando los ingresos.

LISTA DE COSTES	DESCRIPCIÓN	PRECIO
Material de fabricación	750 g por bobina de filamento, se necesitarán 6 a un precio de 25,60 €/ud	153,60 €
Coste por hora de fabricación	Impresora de 225 w trabajando 172.05 horas a un coste de 0,12 €/kWh	4,65 €
BCN 3D Sigmax R19	Modelo Sigmax R19 en una granja de impresoras 3D de 3 maquinas	0,00€
Piezas comerciales violonchelo	1.2.3 Diapasón Chelo Acabado Biselado Ébano 4/4	26,40 €
	1.3 Pica Roth & Junius Endpin Cello ST Ebony	28,00 €
	2 Cuerdas, set de 4 cuerdas WEIDLER Nürnberger Precision Chelo	44,00 €
	3 Puente Gewa No.3 Cello Bridge 4/4 Std	14,50 €
	4.1 Cordal Ébano Chelo 4/4	24,85 €
	4.2 Tensor Afinador 4 ud Chelo Wittner Negro 4/4	34,40 €
	Funda Violonchelo 4/4 GewaPure	39,00 €
Posprocesado	Se establecen un precio de mano de obra y materiales de	40,00 €
Web	Host + dominio web 36 € anual	0,00€
	Precio mínimo de venta primeras 200 unidades:	409,40 €
	<b>PVP:</b>	<b>500 €</b>
	Margen de beneficio primera tirada:	90,60 €
	200 unidades:	18.120,00 €

Tabla 10- Lista de costes segunda tirada

Como se puede observar, el coste del instrumento en las posteriores unidades disminuye gracias a la amortización de varios elementos. Reduciendo hasta los 409,40€ el gasto en fabricación de cada instrumento aumentando notablemente el margen de beneficio. Obteniendo una cifra de 18 mil euros de ganancia solo con 200 unidades más fabricadas.

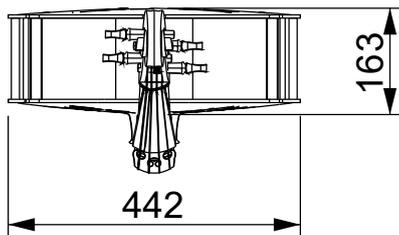
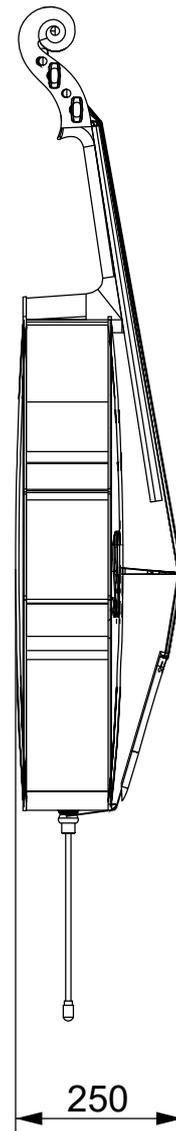
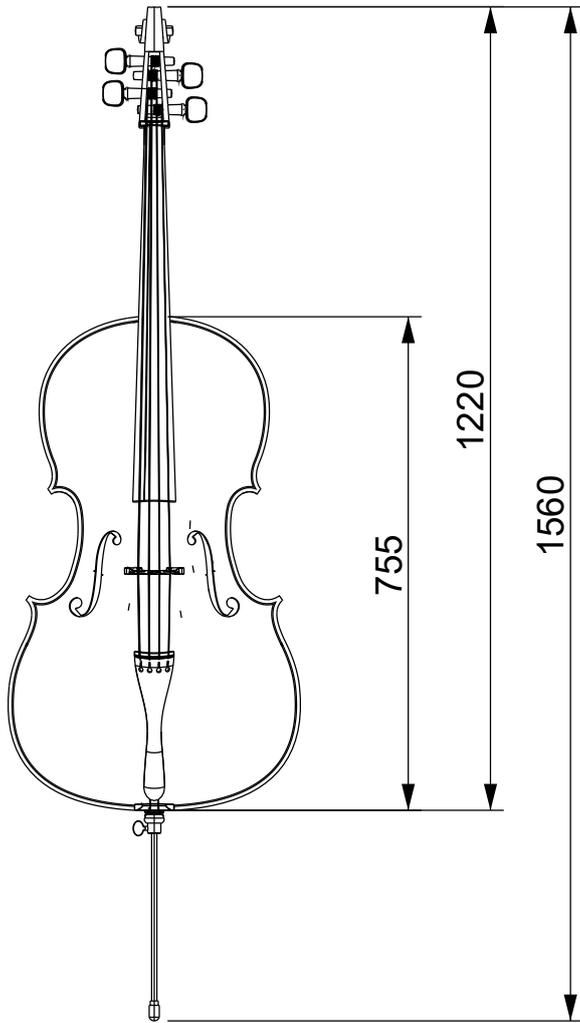
## XII. CONCLUSIÓN

---

El objetivo de este proyecto final de grado era el diseño y desarrollo de un producto industrial mediante nuevos procesos de fabricación aditiva y nuevos materiales. Una vez realizado cada uno de los apartados necesarios, se concluye logrando dicho objetivo ya que se podría llevar a cabo el diseño, fabricación y comercialización del violonchelo acústico impreso en 3D. Dando lugar a un producto innovador idóneo para el aprendizaje y el uso profesional, escalable en producción si la acogida en el mercado es buena.

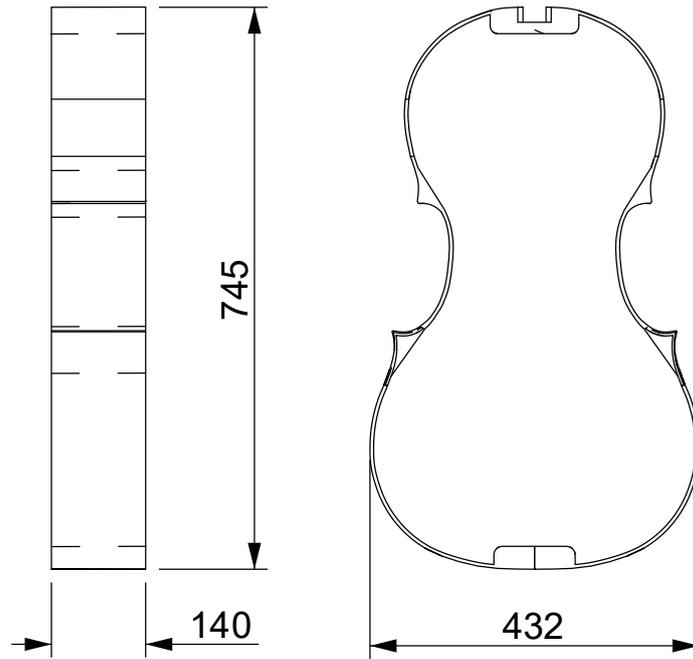
Paralelamente, el proyecto ha supuesto el aprendizaje de nuevos procesos, tecnologías y herramientas necesarias que se desconocían. Por tanto, se puede considerar este trabajo de final de grado como un viaje de aprendizaje durante meses, en el que no solo se ha descubierto nuevos conocimientos, sino también, recuperado anteriores. Relacionando materias y habilidades aprendidas durante la carrera, como son el detallado de los pasos necesarios para la realización de un proyecto industrial, el análisis de problemas y diseño de soluciones, el uso de un amplio abanico de software de toda índole y un largo etcétera de pequeños conocimientos que describirían el Grado en Ingeniería de diseño industrial y desarrollo del producto.



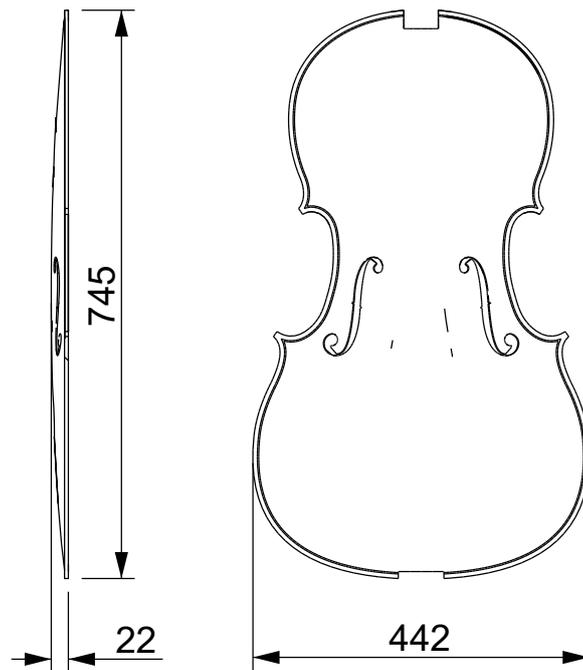


		TITULO DEL TRABAJO:	
		Diseño de un producto industrial mediante técnicas de impresión 3D y nuevos materiales	
		TITULO DEL DIBUJO:	
		Plano Conjunto Violonchelo	
REVISION Nº:	Unidad: <b>mm</b>	PROPIEDAD:	Nº de registro:
FECHA:	ESCALA:	<b>VALENCIA GARCÍA, YAGO</b> <b>48787687H</b>	HOJA: <b>1/7</b>
FECHA:	<b>1:20</b>		
FORMATO: <b>A4</b>			REVISION:

1.1.1 Faja

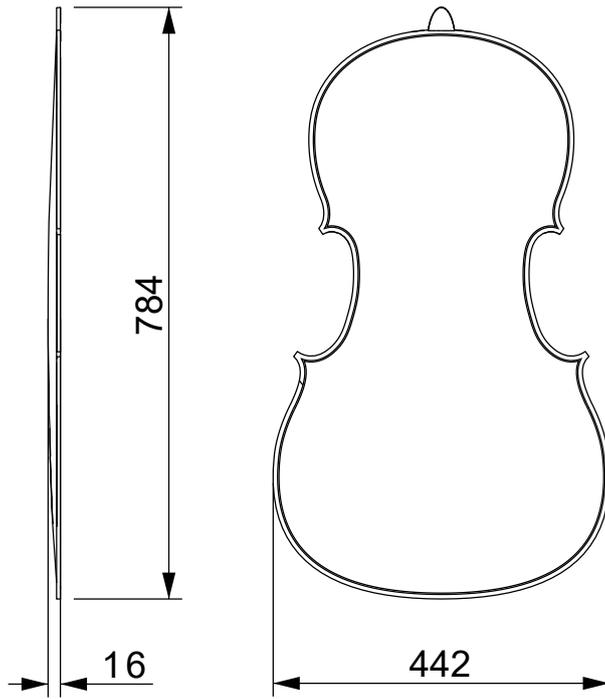


1.1.2 Tapa

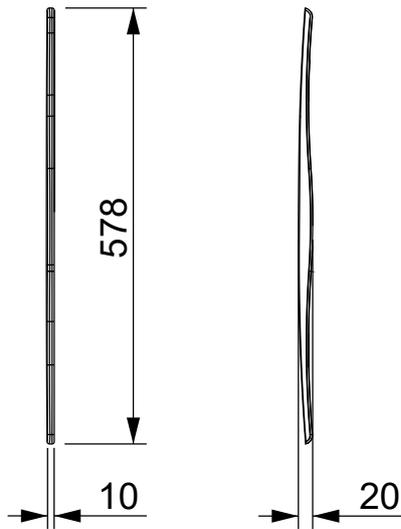


		TITULO DEL TRABAJO: Diseño de un producto industrial mediante técnicas de impresión 3D y nuevos materiales	
		TITULO DEL DIBUJO: Plano de Impresión	
REVISION Nº:	Unidad: <b>mm</b>	PROPIEDAD: <b>VALENCIA GARCÍA, YAGO</b> <b>48787687H</b>	Nº de registro:
FECHA:	ESCALA:		HOJA: <b>2/7</b>
FECHA:	<b>1:10</b>		
FORMATO: <b>A4</b>			

1.1.3 Fondo

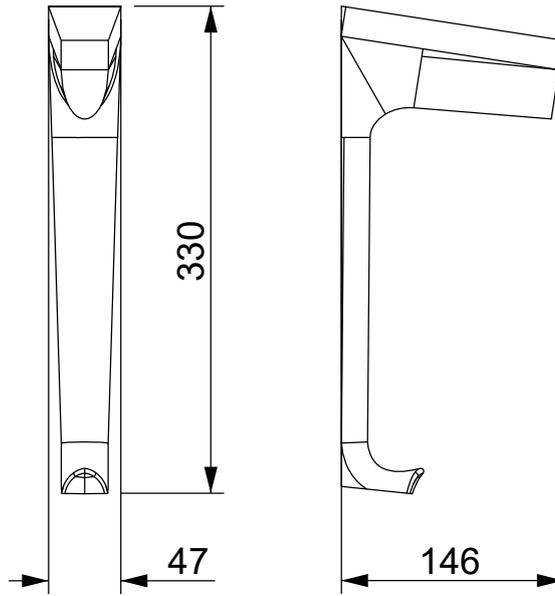


1.1.6 Barra Amónica

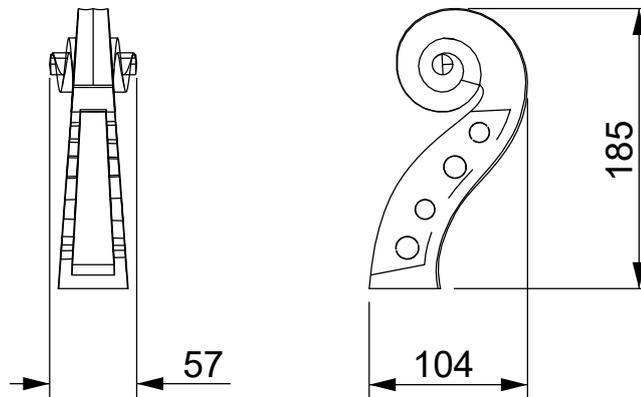


		TITULO DEL TRABAJO:	
		Diseño de un producto industrial mediante técnicas de impresión 3D y nuevos materiales	
		TITULO DEL DIBUJO:	
		Plano de impresión	
REVISION Nº:	Unidad: mm	PROPIEDAD:	Nº de registro:
FECHA:	ESCALA:	VALENCIA GARCÍA, YAGO 48787687H	HOJA: 3/7
FECHA:	1:10		
FORMATO: A4	⊕		REVISION:

1.2.1 Mango

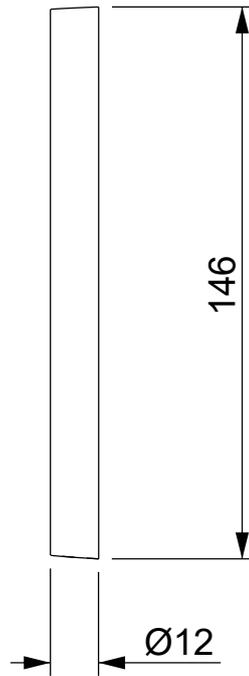


1.2.2 Clavijero

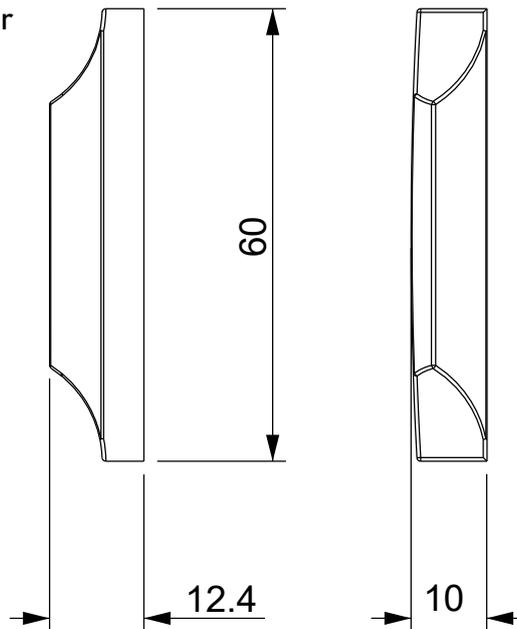


		TITULO DEL TRABAJO: Diseño de un producto industrial mediante técnicas de impresión 3D y nuevos materiales	
		TITULO DEL DIBUJO: Plano de impresión	
REVISION Nº:	Unidad: <b>mm</b>	PROPIEDAD:	Nº de registro:
FECHA:	ESCALA:	<b>VALENCIA GARCÍA, YAGO</b> <b>48787687H</b>	HOJA: <b>4/7</b>
FECHA:	<b>1:10</b>		
FORMATO: <b>A4</b>			REVISION:

1.1.4 Alma



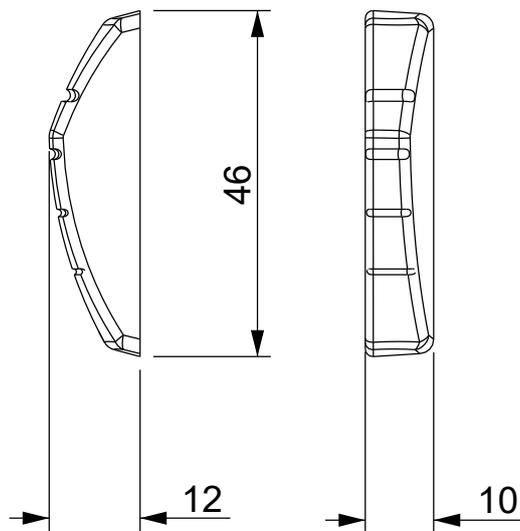
1.1.5 Cejilla Inferior



1:1

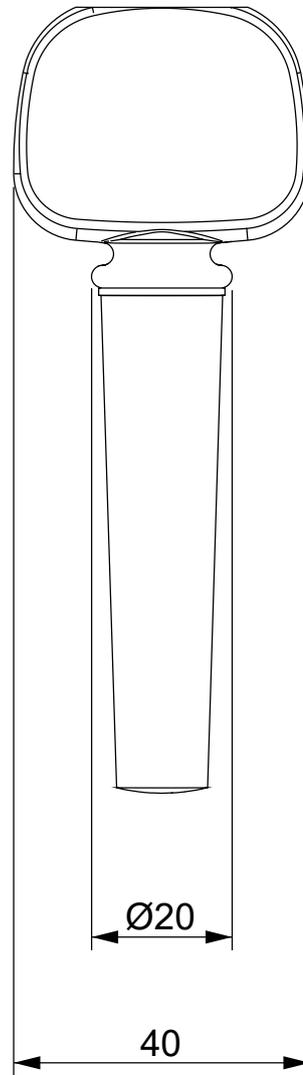
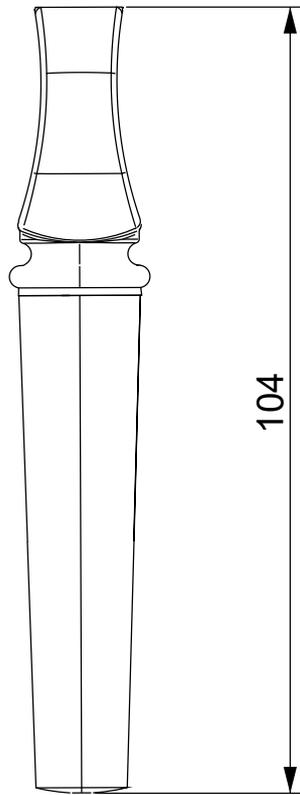
		TITULO DEL TRABAJO:	
		Diseño de un producto industrial mediante técnicas de impresión 3D y nuevos materiales	
		TITULO DEL DIBUJO:	
		Plano de impresión	
REVISION Nº:	Unidad: <b>mm</b>	PROPIEDAD:	Nº de registro:
FECHA:	ESCALA:	<b>VALENCIA GARCÍA, YAGO</b> <b>48787687H</b>	HOJA: <b>5/7</b>
FECHA:	<b>1:2</b>		
FORMATO: <b>A4</b>			REVISION:

### 1.2.4 Cejilla Diapasón



		TITULO DEL TRABAJO: Diseño de un producto industrial mediante técnicas de impresión 3D y nuevos materiales	
		TITULO DEL DIBUJO: Plano de impresión	
REVISION Nº:	Unidad: <b>mm</b>	PROPIEDAD:	Nº de registro:
FECHA:	ESCALA:	<b>VALENCIA GARCÍA, YAGO</b> <b>48787687H</b>	HOJA: <b>6/7</b>
FECHA:	<b>1:1</b>		
FORMATO: <b>A4</b>			REVISION:

5 Clavija

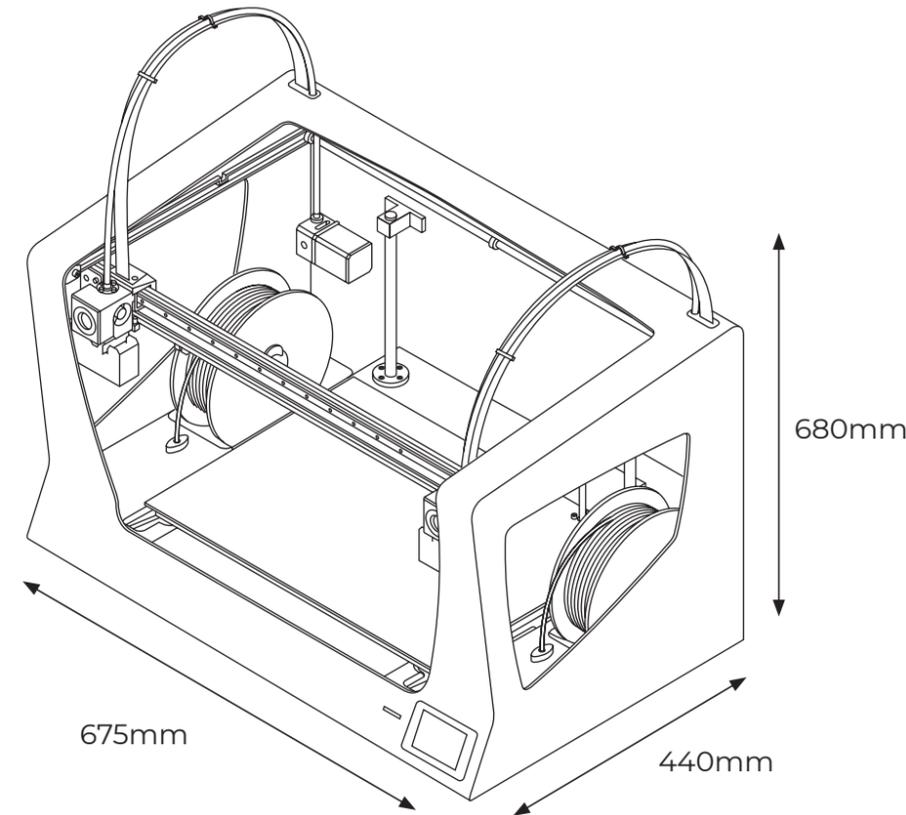


		TITULO DEL TRABAJO: Diseño de un producto industrial mediante técnicas de impresión 3D y nuevos materiales	
		TITULO DEL DIBUJO: Plano de impresión	
REVISION Nº:	Unidad: mm	PROPIEDAD: <b>VALENCIA GARCÍA, YAGO</b> <b>48787687H</b>	Nº de registro:
FECHA:	ESCALA:		HOJA: <b>7/7</b>
FECHA:	<b>1:1</b>		REVISION:
FORMATO: <b>A4</b>			



# SIGMAX R19

## ESPECIFICACIONES



### PROPIEDADES DE LA IMPRESORA

Tecnología  
**Fused Filament Fabrication (FFF)**

Arquitectura  
**Independent Dual Extruder (IDEX)**

Volumen de impresión  
**420mm x 297mm x 210mm**

Extrusores  
**2**

Garantía  
**2 años para los países de la UE.  
1 año para países no pertenecientes a la UE.**

Sistema de extrusión  
**Extrusor: Sistema de doble engranaje de alta tecnología de Bondtech™.  
Hotends: Optimizados y fabricados por e3D.**

Modos de impresión  
**Modo de duplicación  
Modo Espejo  
Modo de Soportes Solubles  
Modo Multimaterial**

Electrónica  
**BCN3D Electronics v1.0  
Drivers paso a paso independientes**

Firmware  
**BCN3D Sigma – Marlin**

Camra caliente  
**PCB**

Pantalla  
**Pantalla táctil capacitiva a todo color**

Archivos compatibles  
**gcode**

Ruido operativo  
**50 dB(A)**

Diámetro de la boquilla  
**0,3mm / 0,4mm (Standard) / 0,5mm (Special) / 0,6mm / 0,8mm / 1,0mm**

Certificaciones  
**CE / FCC**

Conectividad  
**SD Card (autonomous)  
USB**

### DIMENSIONES FÍSICAS

Dimensiones generales  
**675mm x 440mm x 680mm**  
*(incluyendo cables)*

Peso: **18 kg**  
*(sin bobinas de filamento)*

Dimensiones del paquete  
**550mm x 570mm x 674mm**

Peso del paquete: **32 kg**

### MATERIALES

Diámetro del filamento  
**2,85 ± 0,05 mm**

Materiales compatibles  
**PLA, NYLON, PET-G, ABS, TPU, PVA, Composites, Others**

Sistema de filamento abierto  
**Sí**

### PROPIEDADES DE IMPRESIÓN

Altura de capa  
**0,05 – 0,5mm**  
*(dependiendo del diámetro de la boquilla)*

Resolución de posicionamiento (X/Y/Z)  
**1,25µm / 1,25µm / 1µm**

Temperatura de operación  
**15°C – 35°C**

Temperatura máxima de hotend  
**290°C**

### SOFTWARE

Software de preparación de archivos  
**BCN3D Cura**

Sistemas Operativos  
**Windows, Mac, Linux**

Archivos compatibles  
**STL, OBJ, AMF**

Temperatura máxima de cama caliente  
**100°C**

### PROPIEDADES ELÉCTRICAS

Input  
**AC 84-240V, AC 3,6-1,3A, 50-60Hz**

Output  
**24V DC, 13A**

Consumo de energía  
**370W**

## SMARTFIL<sup>®</sup> WOOD

PLA de primera calidad con alto porcentaje de madera natural, no incorpora material reciclado ni recuperado. Excelente resolución en la impresión

First class PLA with a high percentage of natural Wood, it does not incorporate recycle material or recuperated. Excellent printing resolution.

# WOOD

### Colores Disponibles / Available Colours

Color	Name	Colour
Cedar	Cedar	Cedar
Walnut	Walnut	Walnut
Ebony	Ebony	Ebony
Bambú	Bamboo	Bamboo



Physical Properties	Typical Value	Test Method
Material Density	1,58 g/cm <sup>3</sup>	ISO 1183

Chemical Name	Polylactic Acid with Wood Fibre	
---------------	---------------------------------	--

Mechanical Properties	Typical Value	Test Method
Flexural Strength	122 MPa	ASTM D790
Flexural Modulus	4348 MPa	ASTM D790
Notched Izod Impact	38 J/m	ASTM D256
Tensile Yield Strength	65.2 MPa	ASTM D882

Thermal Properties	Typical Value	Test Method
Heat Distorsion Temperature	60 °C	ISO 75
Vicat Softening Temperature	70 °C	ISO 306

Printing Properties	Typical Value
Print Temperature	220±20 °C
Hot Pad	0-60 °C
Fan Layer	On (100%)
Layer Height	> 0,2

Size	Net W.	Gross W.	Diameters	Packaging Characteristics
M	750 g	975 g	1.75 / 2.85 mm	SmartBag, security seal
XL <sup>1</sup>	3300 g	3864 g	1.75 / 2.85 mm	SmartBag, security seal
XXL <sup>1</sup>	5600 g	6346g	1.75 / 2.85 mm	SmartBag, security seal
XXXL <sup>1</sup>	8000 g	8746 g	1.75 / 2.85 mm	SmartBag, security seal

(1)XL, XX and XXL son fabricados bajo demanda. Plazo de entrega entre 1 y 5 semanas.  
XL, XX and XXL spools are made under order. Delivered term between 1 and 5 weeks.

### SMARTTIPS

- Debido a la alta cantidad de partículas de madera pueden producirse obturaciones en boquillas de 0,4 mm de diámetro por lo que recomendamos boquillas con diámetro 0,6 o superior para evitar este problema.
- Due to the high amount of wood particles seals may occur on 0.4mm diameter that is why we recommend nozzles with diameter 0.6 or higher.
- Es recomendable alimentar la impresora sin realizar giros pronunciados en sistemas Bowden para de esta forma evitar la rotura del filamento.
- We recommend to feed the printer without making pronounced turns on Bowden systems this way you will avoid breaking the filament.
- Se recomienda imprimir con altura de capa superior a 0.2 mm.
- We recommend to print with a layer higher than 0.2 mm.
- Es importante evitar que el material se caliente en el extrusor mientras está la impresión en espera debido a que pueden producirse obturaciones por la cristalización de este.
- It is important to avoid the filament to heat with the extruder in standby this can produce blocks.
- Se puede variar el aspecto superficial aumentando la temperatura de impresión cogiendo tonos más oscuros.
- The finish surface can be changed by increasing the printing temperature.



**Nota:** Ninguno de nuestro filamentos contiene material reciclado con el fin de ofrecer filamentos de la mejor calidad.

**Note:** None of our filaments is produced with recycled material in order to get the highest quality filaments.

## XV. BIBLIOGRAFÍA

---

Documento en papel: Chacón Tenllado, J.A. *El violín, la viola y el violonchelo en la Luthería*. 1ª Edición. Editorial Parramón, 2013. Número de páginas: 110.

Documento en papel: Expresión Gráfica II. *Dibujo Técnico*. Temario Docente Universidad Politécnica de Valencia, Campus de Alcoy, 2016. Número de páginas: 300.

Documento en papel: Metodología. *Metodología proyectual*. Temario Docente Universidad Politécnica de Valencia, Campus de Alcoy, 2017. Número de páginas: 280.

Juan Bautista Guisasola escuela de música de Eibar [En línea] Eibar (España), 2020 [consulta: 12/04/2020].

Disponible en: <https://www.eibar.eus/es/cultura/escuelas-municipales/escuela-demusica>. Extensa información cultural sobre la música.

Filarmónica de Berlín [En línea] Alemania, 2020 [consulta: 13/04/2020].

Disponible en: <https://www.berliner-philharmoniker.de/en/>. Idioma: inglés.

Luthier Vidal [En línea] Barcelona (España), 2020 [consulta: 13/04/2020].

Disponible en: <https://luthiervidal.com/es/>.

Revista 3D Natives [En línea] Madrid (España), 2020 [última consulta: 28/04/2020].

Disponible en: <https://www.3dnatives.com/es/>. Actualidad y artículos periodísticos acerca de la fabricación aditiva.

BCN 3D Technologie, Inc [En línea] Barcelona (España), 2020 [consulta: 29/04/2020].

Disponible en: <https://www.bcn3d.com/es/>.

3DUUP [En línea] Alcoy (España), 2020 [consulta: 15/05/2020].

Disponible en: <https://www.3duup.com/>.

Hostinet S.L.U Servicios Informáticos web [EN línea] 2020 [consulta 19/05/2020].

Disponible en: <https://www.hostinet.com/>.

Robert McNeel & Associates. Rhinoceros 6 2019 [software].

Disponible en: <https://www.rhino3d.com/es/>.

AUTODESK. Autodesk NetFabb Premium 2019 [software].

Disponible en: <https://www.autodesk.es/>.

AliceVision. Meshroom 2019 [software de código abierto].

Disponible en: <https://alicevision.org/#meshroom>.

ULTIMAKER. Ultimaker Cura versión 4.6, 2019 [software código abierto].

Disponible en: <https://ultimaker.com/es/software/ultimaker-cura>.

ANSYS. Ansys Workbench R19, 2019 [software].

Disponible en: <https://www.ansys.com/products/platform>.



Suite Adobe. Adobe Illustrator 2018 [software].  
Disponible en: <https://www.adobe.com/es/>.

Suite Adobe. Adobe XD 2019 [software].  
Disponible en: <https://www.adobe.com/es/>.

Blender. Blender 2.7, 2019 [software open source].  
Disponible en: <https://www.blender.org/>.