

Proyecto Fin de Carrera Ingeniería Industrial

Modelado y Recreación Virtual con Catia v5 de un Clarinete en Si Bemol

Autor: Rafael Reinoso Sánchez

Tutor: Francisco A. Valderrama Gual

**Departamento de Ingeniería Gráfica
Escuela Técnica Superior de Ingeniería
Universidad de Sevilla**

Sevilla, 2017



Proyecto Fin de Carrera
Ingeniería Industrial

Modelado y Recreación Virtual con Catia v5 de un Clarinete en Si Bemol

Autor:

Rafael Reinoso Sánchez

Tutor:

Francisco A. Valderrama Gual

Profesor titular

Departamento de Ingeniería Gráfica
Escuela Técnica Superior de Ingeniería
Universidad de Sevilla

Sevilla, 2017

Proyecto Fin de Carrera: Modelado y Recreación Virtual con Catia v5 de un Clarinete en Si Bemol

Autor: Rafael Reinoso Sánchez

Tutor: Francisco A. Valderrama Gual

El tribunal nombrado para juzgar el Proyecto arriba indicado, compuesto por los siguientes miembros:

Presidente:

Vocales:

Secretario:

Acuerdan otorgarle la calificación de:

Sevilla, 2017

El Secretario del Tribunal

ÍNDICE

| | |
|--|-----------|
| 1. Introducción | 9 |
| 2. Herramienta CAD: Catia v5R19 | 11 |
| 2.1. <i>Catia v5R19</i> | 13 |
| 3. El Clarinete en Si Bemol | 15 |
| 3.1. <i>Antecedentes y Desarrollo del Clarinete</i> | 17 |
| 3.2. <i>Primeras apariciones. El clarinete en la orquesta</i> | 21 |
| 3.3. <i>El clarinete en los principales periodos musicales</i> | 23 |
| 3.3.1. Clasicismo | 23 |
| 3.3.2. Romanticismo | 27 |
| 3.3.3. Impresionismo | 28 |
| 3.3.4. Neoclasicismo | 29 |
| 3.3.5. Dodecafonismo..... | 30 |
| 3.4. <i>El clarinete en la música de cámara</i> | 31 |
| 3.5. <i>El clarinete en el jazz</i> | 32 |
| 3.6. <i>El clarinete en la música contemporánea</i> | 35 |
| 3.7. <i>Construcción y mantenimiento del clarinete</i> | 36 |
| 3.8. <i>Familia del clarinete: otras tonalidades</i> | 37 |
| 4. Modelado en Catia | 40 |
| 4.1. <i>Barrilete</i> | 43 |
| 4.2. <i>Campana</i> | 48 |
| 4.3. <i>Boquilla</i> | 51 |
| 4.4. <i>Cuerpo superior</i> | 56 |
| 4.4.1. Cuerpo..... | 58 |
| 4.4.2. Piezas de apoyo | 60 |
| 4.4.3. Anilla trasera | 62 |
| 4.4.4. Anilla superior delantera | 64 |
| 4.4.5. Anilla inferior delantera..... | 66 |
| 4.4.6. Llave 12 | 68 |
| 4.4.7. Llave 7 | 70 |
| 4.4.8. Llave 8 | 72 |
| 4.4.9. Llave 10bis..... | 73 |
| 4.4.10. Llave 11 | 74 |
| 4.4.11. Llave 7 bis..... | 76 |
| 4.4.12. Llave 10 | 78 |
| 4.4.13. Llave 9 | 80 |
| 4.4.14. Llave 6 | 82 |
| 4.5. <i>Cuerpo inferior</i> | 84 |
| 4.5.1. Cuerpo..... | 86 |
| 4.5.2. Piezas de apoyo | 88 |
| 4.5.3. Anillas | 90 |
| 4.5.4. Llave C | 93 |

| | | |
|-----------|-------------------------------------|------------|
| 4.5.5. | Llave 4 | 95 |
| 4.5.6. | Llave 5 | 97 |
| 4.5.7. | Llave B | 98 |
| 4.5.8. | Llave A | 100 |
| 4.5.9. | Llave 3 | 102 |
| 4.5.10. | Llave 1 | 104 |
| 4.5.11. | Llave 2 | 105 |
| 4.5.12. | Llave 18 | 106 |
| 4.6. | <i>Otras piezas auxiliares.....</i> | <i>107</i> |
| 5. | Conclusiones | 109 |
| 6. | Bibliografía | 110 |
| 7. | Índice de figuras | 112 |

1. INTRODUCCIÓN

En el presente trabajo se ha realizado el modelado y recreación virtual de un clarinete, más concretamente en la tonalidad de “Si Bemol”. Es este el modelo, dentro de la amplia familia de clarinetes (según tonalidad) más extendido y usado en la actualidad.

El objetivo de este proyecto es dual. Por un lado, se trata de desarrollar un modelo complejo en un software CAD de muy alto nivel como es Catia v5. El aprendizaje y perfeccionamiento de mis habilidades en el uso del citado programa informático es fundamental para mi desarrollo profesional como ingeniero. Por otro lado, con este proyecto se ha podido profundizar en el estudio de la arquitectura del clarinete, indagando en cómo se unen, cómo se mueven y cómo interaccionan entre sí la gran cantidad de piezas y mecanismos de los que consta un clarinete. Como clarinetista ha sido esta una curiosidad que siempre he tenido y hasta ahora no había resuelto con este nivel de detalle. En extensión, sirva este proyecto para dar a conocer la parte de ingeniería de diseño mecánico que sin duda posee un instrumento musical.

Dada la escasa información que existe en cuanto a las dimensiones del clarinete se refiere, puede entenderse fácilmente que uno de los retos principales que este proyecto presenta es la obtención de la propia geometría del instrumento. Esta opacidad de la que hablamos acerca de la publicación de referencias geométricas puede entenderse como “*secreto de marca*”, hecho perfectamente lógico debido a la alta dependencia tímbrica de la geometría que posee todo instrumento musical, siendo un ejemplo comúnmente conocido, la dependencia de la tonalidad de afinación con la longitud.

La solución a este déficit de información se ha logrado mediante la realización de numerosas medidas de cada elemento en un clarinete real, con la ayuda de instrumentos de medida como son el calibre o pie de rey y el transportador de ángulos. El hecho de presentar el clarinete geometría cilíndrica le otorga una dificultad añadida a la adquisición de datos geométricos, ya que las mediciones dependen de referencias que puedan tener una precisión más o menos exacta. Nótese también que todo instrumento musical lleva de forma intrínseca una fuerte componente artesanal, apreciada en el ajuste definitivo de las diferentes partes y mecanismos.

Tal y como se detallará más adelante, todo el modelado del clarinete se ha parametrizado para poder realizar durante la fase de montaje y ensamblaje de las distintas piezas, los ajustes necesarios de la forma más rigurosa posible, incluyendo mediciones relativas entre las piezas una vez colocadas en sus posiciones definitivas.

Señalar a título informativo, que se ha realizado el modelado de un clarinete en si bemol de la marca *Buffet* modelo *RC*. Otros modelos de clarinete ya sean del mismo u otro fabricante pueden diferir ligeramente en la forma de llaves, puntos de apoyo u otros elementos auxiliares. Se ha modelado el *Buffet RC* debido a que es el modelo que poseo y con el cual he desarrollado la mayor parte de mi trayectoria musical.

Por otra parte, se ha querido estructurar este proyecto comenzando con una presentación global del software usado para este trabajo, Catia v5. Programa ampliamente conocido pero que es sin duda una de las herramientas fundamentales de este proyecto.

Se continúa con un resumen histórico y explicativo sobre el clarinete como instrumento musical, atendiendo a sus orígenes, su evolución y su proceso de fabricación. También en el capítulo tercero se realiza una breve mención de los principales autores que han escrito para el clarinete a través de los principales periodos artísticos musicales.

Posteriormente y como capítulo principal se detalla todo el proceso de modelado con Catia v5 que se ha llevado a cabo de todas las piezas y mecanismos de los que consta un clarinete. Objetivo principal de este proyecto.

2. HERRAMIENTA CAD: CATIA V5R19

Se denomina “*software CAD*” a aquellos programas informáticos cuya función es el **diseño asistido por ordenador** (del inglés *Computer Aided Design*). También se conoce con el concepto “*software CAM*” a los programas que ofrecen **mecanizado asistido por ordenador** (del inglés *Computed Aided Mecanization*). Ambos programas ofrecen una capacidad de diseño, visualización y control de fabricación muy valiosa para ingenieros de cualquier rama profesional. Los programas CAD ofrecen posibilidades tanto 2D como 3D. Las herramientas de dibujo 2D se basan en entidades geométricas vectoriales como puntos, líneas, arcos y polígonos. Los modelados 3D añaden superficies y sólidos. Se diseñan en la actualidad todo tipo de piezas con software CAD.

De forma histórica, podemos identificar por un lado, como origen de la tecnología CAD, el programa *UNISURF* de 1966, desarrollado por el ingeniero francés Pierre Bézier. Por otro lado, también se puede confirmar como antecesor de la tecnología CAD al sistema gráfico *SAGE* (Semi Automatic Ground Enviroment) de las Fuerzas Aéreas Norteamericanas, de 1955. Éste procesaba datos de radar para mostrarla en una pantalla de rayos catódicos. Después, el Dr. Patrick Hanratty diseñó el programa *PRONTO*, primer software CAM.

A principios de los años 60, es desarrollado en el *Lincoln Laboratory* del Instituto de Tecnología de Massachusetts (MIT) el primer sistema gráfico CAD, llamado *Sketchpad* por Ivan Sutherland. Es considerado base de los sistemas CAD actuales. Sutherland propone la idea de usar un teclado y un lápiz óptico para interactuar de forma conjunta con una imagen representada en pantalla, si bien, la mayor innovación que creó fue la estructura de datos utilizada, basada en la descripción con exactitud de las relaciones entre las diferentes partes que componen el objeto con el que se trabaja, lo que se conoce como “*programación orientada a objetos*”.

Paralelamente al *Sketchpad* se desarrollan en *ITEK* y *General Motors* otros proyectos similares, siendo el conocido como *The Electronic Drafting Machine* de *ITEK* el primero en ser comercializado. Utilizaba una pantalla vectorial con memoria de refresco en disco duro, un ordenador PDP-1 de *Digital Equipment Corp.* y para introducir datos, usaba una tableta y un lápiz electrónico.

También en Europa hubo investigaciones en programas CAD. Cabe destacar el trabajo realizado por el profesor J.F. Baker, jefe del *Departamento de ingeniería de la Universidad de Cambridge*, con un ordenador PDP-11. Del mismo modo, destacar la introducción del CAD en el campo de la arquitectura por parte del profesor Charles Eastman de la *Universidad Carnegie Mellon*, que desarrolla el conocido como *BDS* o *Building Description System*. Este sistema estaba basado en una librería de elementos arquitectónicos que se podían ensamblar para ver el resultado del montaje.

En la década de los 70, el CAD comienza a desarrollarse como herramienta comercial. Tal desarrollo fue llevado a cabo, principalmente de forma interna por los grandes fabricantes del sector de la automoción y la aeronáutica. Ejemplo de esto es el programa *DRAPO* de la empresa de aviación francesa *Dassault System*, con el cuál inicia el diseño y fabricación de aviones por ordenador (sistema CAD/CAM). Como ejemplos de otras compañías que comienzan a usar los sistemas CAD se

puede mencionar a: General Motors, Mercedes-Benz, Nissan, Chrysler, Renault, Ford, Toyota, McDonell-Douglas, Boeing y General Electric.

Hasta los años 80, el software CAD/CAM se desarrollaba principalmente como investigación, pero es en esta década y gracias al desarrollo de los ordenadores cuando esta tecnología se consolida en el diseño y fabricación de piezas de muy diversas características. Comienza entonces una fuerte competencia entre las diferentes firmas comerciales, como son la mencionada Dassault, *Unigraphics* con su programa *Unisolid*, y *Autodesk* que con su nacimiento en 1982 crea *Autocad* con la intención de producir un programa CAD para ordenador con un coste moderado. También en esta etapa se establece el sistema de transferencia universal de datos *STEP* (del inglés *Standard for the Exchange of Product Model Data*).

En los años 90, se produce un enorme crecimiento en cuanto al volumen de ventas de software CAD/CAM se refiere. Se firman importantes contratos con grandes empresas del sector de la automoción y la aeronáutica, como el que realizaron *Unigraphics* y *Boeing* o *General Motors*.

Entre las nuevas funcionalidades que aparecen en este periodo cabe destacar la automatización completa de procesos industriales, así como el logro de importantes mejoras en el modelado sólido, paramétrico y con restricciones.

A partir de estos años y hasta la actualidad el desarrollo de los programas CAD/CAM está muy ligado al desarrollo de los ordenadores. A la proliferación de equipos personales en oficinas técnicas orientadas a la interconexión mediante servidores e internet, de modo que es posible trabajar en un escenario colaborativo complejo en tiempo real.

Con la integración de los sistemas CAM en los programas CAD, se puede en la actualidad definir completamente el proceso de fabricación de piezas en centros de mecanizado por control numérico (CNC).

Las empresas más relevantes a día de hoy en el desarrollo de software CAD/CAM son *Dassault Systems* con *Catia* y *SolidWorks*, *Siemens* con *Unigraphics NX*, *Parametric Technology* con *ProEngineer*, y *Autodesk* con *Autocad*, *EDS/Intergraph* y *SDRC*.

Los sistemas CAD/CAM suponen en la actualidad una herramienta indispensable en los campos de diseño mecánico, estructural, arquitectura, sistemas de información cartográfica y geográfica, industrial, de instalaciones...etc. Se utiliza el CAD/CAM en todo proceso de ingeniería desde el diseño conceptual hasta la definición de los métodos de fabricación. Esto conlleva grandes beneficios en cuanto a mejora de la calidad del producto, mejora de la producción, menores costos productivos y menores tiempos de ejecución, ya que la pre-visualización de piezas en conjuntos y subconjuntos complejos permite disminuir errores y ofrecer mayor precisión. Además, se produce de forma más ágil toda la documentación necesaria para el desarrollo y fabricación del producto, tales como planos de geometría, planos de montaje o listados de materiales. También facilita la reutilización de información y la mejora continua sobre diseños precedentes.

2.1. CATIA V5R19

CATIA (del inglés *Computer Aided Three dimensional Interactive Application*) es un programa informático de diseño, fabricación e ingeniería asistida por ordenador (CAD/CAM), desarrollado y comercializado por *Dassault Systems*, ingeniería filial del grupo *Dassault* (fabricante aeronáutico francés).

Nació como un programa de diseño CAD, aunque de forma paulatina ha ido extendiéndose hasta englobar en la actualidad todas las herramientas necesarias para la concepción, análisis, simulación, presentación, fabricación y producción de cualquier tipo de pieza o elemento.

Catia ofrece mucho más que ser sólo un software de diseño, es una herramienta de integración del proceso de desarrollo de un producto. Cuenta con más de ciento cincuenta módulos repartidos en las diversas aplicaciones, siendo una de las principales características del programa el contar con una arquitectura abierta que ofrece la posibilidad de desarrollo y personalización del propio programa. Posee módulos para el diseño de componentes, su ensamblaje 3D y la obtención de planos 2D a partir de dichos ensamblajes, módulos para analizar y simular el mecanizado de piezas, módulos para realizar análisis en elementos finitos, módulos para realizar diseño eléctrico y electrónico, para el diseño de tuberías e incluso módulos para el análisis ergonómico.

Cabe destacar también la extensa librería de materiales que incluye el programa, tales como madera, piedra, metales y materiales de construcción. Además, Catia permite al usuario la creación de nuevos materiales o materiales personalizados, proporcionando características mecánicas como visuales. También permite crear y trabajar con materiales compuestos.

El producto obtenido con Catia ofrece alta posibilidades en desarrollo paramétrico y alta precisión.

En la actualidad, la última versión del software es la v6, si bien, convive con la más extensa y utilizada v5. Ambas coexisten y se desarrollan en paralelo siendo perfectamente compatibles.

Los módulos usados en este proyecto son:

- Sketcher:

En este módulo se crean los perfiles o bocetos de las diferentes partes que conforman una pieza en 2D. Estos bocetos se forman con elementos geométricos básicos como puntos, líneas, circunferencias y polígonos definidos con relaciones y parámetros. Estos bocetos son la base para crear operaciones de definición de superficies y sólidos en 3D.

- Part Design:

El módulo *Part Design* permite diseñar con precisión elementos mecánicos en 3D. Este módulo incluye el módulo de bocetos *sketcher* y permite controlar todos los requisitos de diseño desde un nivel básico hasta un nivel muy avanzado. Combina el uso de parámetros y operaciones booleanas para crear piezas mediante múltiples métodos distintos.

Con una estructura de tipo árbol presenta gráficamente la organización jerárquica en el desarrollo

de operaciones que generan una pieza. Esto permite un seguimiento claro del diseño y del impacto que cada operación tiene sobre el mismo.

En este módulo, las funciones se agrupan según la “familia de operaciones” que realizan. Así podemos encontrar familias que requieren el uso de perfiles o bocetos creados previamente, familias que aplican acciones directamente sobre entidades, familias que establecen restricciones...etc. Como ejemplo, podemos citar algunas de las operaciones más usadas: extrusión, corte, vaciado, redondeo o simetría.

- **Assembly Design:**

Este es el módulo de ensamblaje de piezas para formar un conjunto. Mediante restricciones permite establecer la posición relativa entre piezas o conjuntos previamente montados, para formar un conjunto o subconjunto mayor. Permite generar perspectivas explosionadas de los conjuntos ensamblados y detectar colisiones y holguras entre elementos. También genera tablas de recuento de piezas y materiales.

3. EL CLARINETE EN SI BEMOL

El clarinete tal y como lo conocemos en la actualidad es un instrumento musical melódico que pertenece a la familia de instrumentos de viento madera, y dentro de ella se clasifica como instrumento de lengüeta simple.

En los instrumentos de viento madera, hay dos formas de producir el sonido. Una de ellas es soplar a través de un agujero, como ocurre en la familia de las flautas. El sonido se produce por la vibración del aire dentro del tubo cilíndrico que conforma el cuerpo del instrumento. De otra manera, el sonido se puede producir por la vibración de una caña o lengüeta, ya sea simple como en el caso del clarinete, o lengüeta doble como ocurre en el oboe.

Forman parte de la familia de instrumentos de viento madera el clarinete, la flauta, el fagot, el oboe y el saxofón, aunque éste último se fabrica en la actualidad en metal. Tradicionalmente se clasifican como instrumentos de “madera” por el material en el que se fabricaban, aunque en la actualidad y debido al desarrollo de nuevos materiales que comienzan a usarse en la construcción de estos instrumentos, podríamos decir que son de viento madera por su tímbrica y sonido característico, así como por su similar forma de tubo cilíndrico con agujeros, algunos de los cuales se cubren o descubren mediante el accionamiento de una serie de mecanismos denominados llaves.



Figura 1: Instrumentos de viento madera
Fuente de la imagen: eso-es-musica.blogspot.com

Fabricado en madera, el clarinete posee una estructura desmontable en cinco partes que facilitan su transporte, mantenimiento o la sustitución de alguna de ellas. Éstas son: boquilla, barrilete, cuerpo superior, cuerpo inferior y campana. Es en los cuerpos superior e inferior donde se encuentran las partes móviles, todo el sistema de mecanismos. En total tiene siete agujeros y diecisiete llaves, las cuáles cubren sendos agujeros. Además, el clarinete para poder usarse, para tocar con él, necesita de dos piezas auxiliares que son la caña o lengüeta y la abrazadera, que es el elemento que fija la caña a la boquilla.

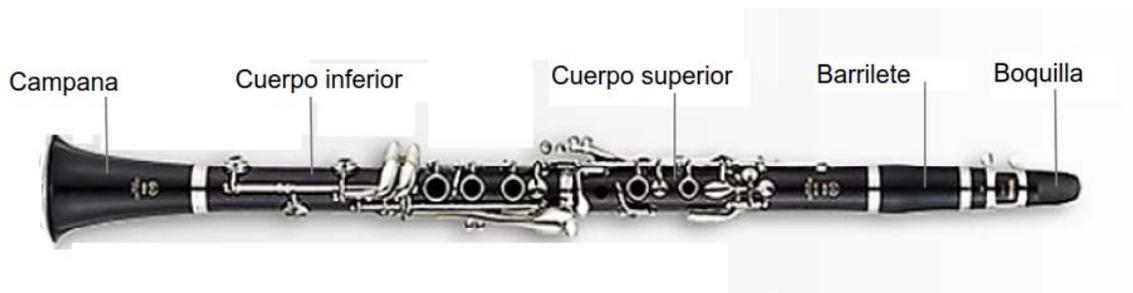


Figura 2: Partes del clarinete.

Fuente de la imagen: es.yamaha.com (editada)

Dentro de la amplia familia de clarinetes que existen, clasificados por tonalidad, el más usado está en el tono de **si bemol**. Éste, es conocido también como “clarinete soprano”. Se mostrarán otros clarinetes de la familia en el capítulo 3.8 de este proyecto.

Cabe destacar que en la actualidad pueden adquirirse clarinetes con dieciocho llaves mediante una solicitud a fábrica (recordemos que el clarinete actual tiene diecisiete llaves). Esta llave adicional simplemente duplica a otra llave con la finalidad de facilitar la interpretación de algunos pasajes musicales muy concretos. Es por esto que no se considera una configuración estándar, habiendo intérpretes que la usan o no según criterio personal.

3.1. ANTECEDENTES Y DESARROLLO DEL CLARINETE

Es el clarinete actual la evolución de un instrumento popular pastoril francés de nombre *Chalumeau*, de forma cilíndrica y ocho agujeros, y de aspecto muy parecido a una flauta de pico con lengüeta. A partir de este Chalumeau surge el clarinete con la figura de *Johann Christoph Denner* hacia 1690.



Figura 3: Chalumeau. Construcción actual del modelo original.

Fuente de la imagen: tununumba.com

La familia *Denner* era una familia de constructores de instrumentos de Alemania, especialista en la fabricación de trompas e instrumentos de caza. Por su parte, Johann Christoph se especializó en la construcción de instrumentos de viento madera.

El *Chalumeau* era un instrumento muy apreciado por la riqueza de su sonido, pero también era muy pobre en tesitura. Al no tener llave de registro el *Chalumeau* solo podía ser tocado en su registro fundamental, lo que lo limitaba a una octava y media. Para solventar este problema, Johann Christoph Denner realiza un agujero en la parte trasera que se cubre y descubre con una llave, con la finalidad de “*octavear*” el registro primitivo del Chalumeau. Sin embargo y por sorpresa, este agujero no hacía una octava, sino que producía una doceava.

Se define como *octava* a un intervalo de ocho notas entre dos de referencia. Por su parte, se define como *doceava* al intervalo de doce notas entre dos de referencia. Por ejemplo, contando desde la nota **do** su octava y doceava serían respectivamente las notas **do** y **sol**.

Este Chalumeau de una llave (llave doceava), puede ser considerado como el primer clarinete. El instrumento ahora cuenta con un registro agudo, pero separado del registro grave original (llamado desde entonces “registro Chalumeau”). El propio Denner añade una llave para producir la nota *la* (actual llave 10), y otra para producir la nota *si* (actual llave 1), y conseguir así enlazar ambos registros.



Figura 4: Chalumeau de tres llaves. Construcción actual del modelo original.

Fuente de la imagen: otrosmundos.com



Figura 5: Registro del Chalumeau y registro del clarinete en si bemol actual

Fuente de la imagen: espaciohonduras.net (editada)

Se crea un especial interés por este novedoso instrumento que lleva a compositores e instrumentistas a trabajar con o para él. De especial importancia es el trabajo realizado por *Joseph Beer*, que añade la llave 4 y la llave B. Con esto, el clarinete ya es un instrumento de ocho agujeros y cinco llaves (con sendos agujeros) en torno al año 1770. Posteriormente el clarinetista francés *Jean-Xavier Lefèvre* añade la llave 6. En 1808, el también francés *Simiot* introduce una séptima llave para trinar las notas *la-si* (actual llave 11).



Figura 6: Joseph Beer



Figura 7: Jean Xavier Lefèvre

Fuente de la imagen: wikipedia.org

En este tiempo, de forma paralela y localizada se pueden citar otras líneas de desarrollo, si bien ninguna triunfó de manera plena. Hablamos del clarinete de ocho llaves del alemán *Foth*, del clarinete de diez llaves creado en 1809 por *Griesling* y de la figura de *Crusell*, el cuál daba conciertos con un clarinete de once llaves.

Una de las grandes revoluciones en el desarrollo del instrumento tuvo lugar en 1812 con la presentación en París del clarinete de *Ivan Müller*, llamado también “clarinete omnitónico”. Este sistema consta de trece llaves dispuestas de una manera más ergonómica que los modelos precedentes, con ello facilita el cambio de registro y hace más fácil el aprendizaje y la interpretación con el instrumento. Poseía agujeros de forma avellanada o con cabeza hundida, e incluía un forro de piel en los extremos de las llaves.



Figura 8: Clarinete de trece llaves de Ivan Müller

Fuente de la imagen: academic.ru

En torno al año 1839, el clarinetista y compositor griego *Hyacinthe Klose* evoluciona el mecanismo de *Müller* basándose en el sistema creado para flautas por el flautista *Theobald Boehm*, que consiste en añadir un sistema de anillas para que al pulsar una anilla o llave, ésta interactúe accionando algunas otras. Con esta mejora se llega al conocido como sistema *Boehm* para clarinetes. Es *Klose* también el autor de varios libros didácticos sobre la técnica de interpretación del clarinete. De especial mención su "*Método Completo para Clarinete*", libro básico para todo estudiante.

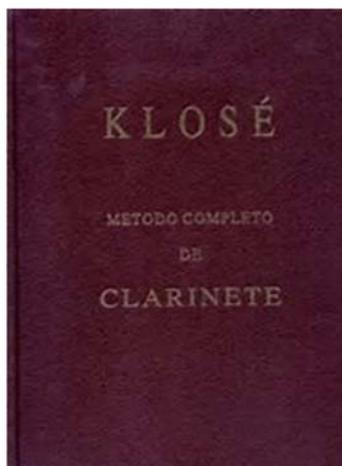


Figura 9: Portada del libro "Método Completo de Clarinete" de Klose

Fuente de la imagen: salaomozart.com



Figura 10: Hyacinthe Klose

Fuente de la imagen: lexhamarts.org

Es a final del siglo XIX, con la figura de *Heinrich Baermann* cuando se llega al clarinete de diecisiete llaves, basado en el clarinete del sistema *Boehm* y adaptado por *Klose*. Se consigue fundamentalmente duplicando llaves para poder accionarlas tanto con la mano izquierda como con la derecha. Sirva de ejemplo la llave **C** que duplica a la llave **4**. Es este el modelo de clarinete que existe en la actualidad.

Destacar que el muy famoso *Concierto para Clarinete y Orquesta K622* de *Mozart* fue compuesto para el clarinete de cinco llaves, mientras que el *Concierto nº 1* de *Carl Maria von Weber* para el "clarinete *Müller*".

3.2. PRIMERAS APARICIONES. EL CLARINETE EN LA ORQUESTA

Las primeras referencias que se tienen de la incorporación de clarinetes en la orquesta es en el año 1707, en la obra *Marte Placatto* del autor *Attilio Ariosti*. Emplea una de las primeras versiones del chalumeau/clarinete de sólo dos o tres llaves.

Agustino Stefani compone otra obra en la que incluye una escena pastoril en la que intervienen cuatro chalumeaux.

En 1720 en Bélgica, *Josephaner* en una misa es el primer autor que lo llama clarinete. Se utiliza tanto el chalumeau original como el clarinete.

En Viena, *Jose Bonno* lo emplea en 1739 también como clarinete en la ópera *Eleazaro*.

Antonio Vivaldi lo incluye en tres de los “*Concierto Grosso*”, empleando dos clarinetes en 1740.

Por su parte, *Fran Johan Wescel* hace una misa para cuatro voces, dos violines, dos clarinetes y órgano.

En 1747, el violinista y compositor alemán *Johann Melchior Molter* escribe los primeros conciertos como instrumento solista, para clarinete en **re**.

También *Händell* escribe para dos clarinetes en la *Obertura en Re* de 1748.

En la década de 1760 *Johann Christian Bach* uno de los hijos menores del gran *Johann Sebastian Bach* incluye al clarinete en varias sinfonías para viento y orquesta.

En 1762 se incluyen clarinetes en la ópera en tres actos “*Orfeo y Eurídice*” del alemán *Christoph Willibald von Gluck* con libreto de *Raniero di Calzabigi*.

También en estos años escribe para clarinete *Tomas Agustin Arness*, y en 1765 compone para clarinete *Frank S. Pocorni*.

Es a partir de 1766 con la obra “*Europe et Phefale*” de *François Franqueur* cuando se comienza a escribir para clarinete en si bemol.

En la década en 1770 se escriben conciertos muy virtuosos, como el compuesto por *Johann Smith*. Por su parte, en la década de 1780 y a través de la orquesta moderna de Mannheim se componen los conciertos para clarinete de *Johann* y *Carl Stamith*.

Por su parte *Miguel Joff* escribe un método, quince conciertos y varios cuartetos para clarinete. Es el creador de la escuela francesa.

Como conclusión, resaltar que en esta etapa de “primeras apariciones” el clarinete se va desarrollando como instrumento de forma continua, tal y como se ha explicado en el anterior

capítulo 3.1. Es aún un clarinete de pocas llaves y hasta 1766 sólo se encuentra en la tonalidad de **la**. Es sobretodo a partir del clasicismo cuando se escribe para clarinete en otras tonalidades. En especial para clarinete tenor en **fa** llamado también *cornò di basseto*, para el clarinete soprano en **si bemol**, clarinete alto en **mi bemol**, y para clarinete bajo y contrabajo en **si bemol**.

Concierto N3

para clarinete y orquesta

Clarinet Solo in Bb

Carl Stamitz
(1745 - 1801)

Allegro moderato

47 **A**

54

59

66 *mp* *f*

72 *p* *f*

77

82 *p* *cresc.*

87 **B** *tr* *f* *p* **C**

128

www.clariperu.org

Figura 11: Particella de clarinete del "Concierto para clarinete nº 3" de Carl Stamitz

Fuente de la imagen: slideshare.net (A su vez tomada de: clariperu.org)

3.3. EL CLARINETE EN LOS PRINCIPALES PERIODOS MUSICALES

En este capítulo se va a repasar el uso del clarinete a través de los principales periodos artísticos musicales. Debido a que no es objetivo de este proyecto fin de carrera, no se van a analizar todos los periodos ni en excesiva profundidad. Se hace énfasis en las etapas más importantes o en compositores cuyo trabajo influyó de manera notable el desarrollo del clarinete.

3.3.1. CLASICISMO

Etapas que abarca los años entre 1740 y 1800, destaca en el equilibrio de las formas y la claridad en los diseños y la medida. Los principales autores y compositores de esta época son: *Johann Stamith*, *Joseph Hayden*, *Wolfgang Amadeus Mozart*, *Ludwig van Beethoven* y *Christoph Willibald von Gluck*.

Comienza este periodo con la figura de *Stamith* en la orquesta de *Mannheim*, que se convierte en esta etapa en el centro musical del mundo. Durante el reinado de *Carlos III Felipe de Neoburgo* y bajo la dirección de *Johann Stamith*, la orquesta es mucho más grande que la de los estados vecinos y cuenta con los mejores instrumentistas de la época. Se crea también una escuela de compositores. *Mannheim* concentra el espíritu de lo que es la música clásica. Comienza a interpretarse con “*matices*”, es decir, con diferentes intensidades sonoras (fuerza o potencia de sonido) en las frases melódicas de las composiciones.

Es en este periodo cuando se introducen de forma definitiva dos clarinetes como parte de la orquesta, gracias al ya mencionado *Stamith*.

Termina esta etapa de esplendor cuando la corte se traslada a *München* en 1778.

▪ Joseph Hayden

Aunque usa poco el clarinete, *Hayden* escribe siete nocturnos para dos clarinetes, dos trompas, dos violas y bajo.

En la orquesta divide el papel para los dos clarinetes. Así, el clarinete primero toca las partes altas reforzando a instrumentos consolidados como violines o trompetas. Actúa como instrumento melódico. Mientras tanto, el clarinete segundo refuerza los acompañamientos armónicos junto a fagotes y/o trompas, aportando su timbre característico.

Hayden es el padre de las grandes formas instrumentales de *sinfonía*, *sonata* y *cuarteto*. Es un gran melodista. No conoce el “*retardo*” como recurso musical. Utiliza por primera vez el “*staccato*”.

Utiliza en clarinete en la *sinfonía 99* y la *sinfonía 100*, también llamada “*Militari*”, otorgándole papeles sencillos y con pocas alteraciones.

Hayden escribió para el clarinete según sus posibilidades técnicas, con movimientos conjuntos, respetando la linealidad melódica, en la misma tonalidad y con armonías simples. Sencillez general.

▪ Wolfgang Amadeus Mozart

De sobra conocido, se resalta que gracias a *Mozart* el clarinete se ennoblece. Toma categoría de instrumento solista e importante.

Mozart, que descubre el clarinete en la orquesta de *Mannheim*, lo emplea principalmente como instrumento melódico. Las características del clarinete de *Mozart* son la linealidad, los pocos armónicos superiores y la igualdad de timbre en los registros. Compone para un clarinete que en la época tiene entre cinco y siete llaves, afinado en **la**, y también afinado en **fa**, siendo éste el llamado *corno di basseto*.

Poniendo como ejemplo, la sinfonía nº 39, el clarinete no da muchos saltos ni hacía escalas rápidas. De este modo, lo emplea en todas sus primeras composiciones. También emplea dos clarinetes de modo que uno hacía arpeggios por el registro grave mientras otro hacía una melodía simple por el agudo.

Mozart busca claridad y sencillez en el clarinete. Para él, las melodías armónicas representan síntomas de grandeza, caballerosidad... Con los “*retardos*” conseguía sensación de suavidad y dulzura, y todo esto lo empleaba con el clarinete. Otro recurso que emplea con frecuencia es la “*interrupción*”, pequeños silencios al final de los grupos melódicos. Escribe para clarinete temas principales con melodías con ciertas alteraciones, aunque siempre dentro de tono. Usa también el clarinete para realizar efectos de “*aglomeraciones*” (repetición de notas), como por ejemplo en “*La Flauta Mágica*”.

Como conclusión decir que los primeros instrumentistas de clarinete/corno di basseto tocaban con gran técnica, lo que también hizo que el interés por el instrumento fuera en aumento en cuanto a interpretación y en cuanto a composición. *Mozart* consigue elevar el clarinete a la más alta consideración de la época.

A continuación se muestra una recopilación de todas las obras en las que *Mozart* emplea el clarinete:

| Año | Composición | Instrumentos |
|------|---------------------------|-----------------------------|
| 1771 | Divertimento K113 | Dos clarinetes en la |
| 1773 | Divertimento K166 | Dos clarinetes en la |
| 1773 | Divertimento K186 | Dos clarinetes en la |
| 1775 | Divertimento K196 E | Dos clarinetes en la |
| 1775 | Divertimento K196 F | Dos clarinetes en la |
| 1778 | Recitativo K294 | Dos clarinetes en la |
| 1778 | Sinfonía París K297 B | Dos clarinetes en la |
| 1778 | Sinfonía Concertante K297 | Un clarinete en la |
| 1778 | Música para ballet K299 B | Dos clarinetes en la |
| 1778 | Sinfonía Obertura K311 | Dos clarinetes en la |

| | | |
|------|-----------------------------------|---|
| 1778 | Escena K315 B | Dos clarinetes soprano y un corno di basseto |
| 1781 | Kirie en Re menor K341 | Dos clarinetes soprano y un corno di basseto |
| 1781 | Serenata K361 | Dos clarinetes en la y dos cornos di basseto |
| 1782 | Marcha K384 B | Dos clarinetes en la |
| 1782 | Serenata K388 | Dos clarinetes en la |
| 1783 | Concierto Oboe K393 | Dos clarinetes en la |
| 1783 | Nocturno | Tres cornos di basseto |
| 1783 | Adagio K410 | Tres cornos di basseto |
| 1783 | Adagio K411 | Dos clarinetes y tres cornos |
| 1783 | Aria para tenor K420 | Dos clarinetes y tres cornos |
| 1783 | Cantata K429 | Dos clarinetes y tres cornos |
| 1783 | Trio para tenor y dos bajos K434 | Dos clarinetes y tres cornos |
| 1783 | Aria para tenor K435 | Dos clarinetes y tres cornos |
| 1783 | Nocturno K436 | Dos clarinetes en la |
| 1783 | Nocturno K437 | Dos clarinetes y corno di basseto |
| 1783 | Nocturno a tres voces K438 | Dos clarinetes y corno di basseto |
| 1783 | Nocturno K439 | Tres cornos di basseto |
| 1783 | Divertimento K439 A | Dos cornos di basseto |
| 1783 | Allegro K440 B | Dos clarinetes y tres cornos |
| 1783 | Concierto para trompa K447 | Dos clarinetes en la |
| 1784 | Quinteto para viento y piano K452 | Oboe, clarinete, trompa, fagot y piano |
| 1785 | Música masónica K447 | Un corno di basseto |
| 1785 | Cantata K469 | Dos clarinetes en la |
| 1785 | Cantata K471 | Dos clarinetes en la |
| 1785 | Cuarteto K479 | Dos clarinetes en la |
| 1785 | Trio K480 | Dos clarinetes en la |
| 1785 | Concierto para piano K482 | Dos clarinetes en la |
| 1786 | Andante K488 A | Dos clarinetes en la |
| 1786 | Rondó K488 | Dos clarinetes en la |
| 1786 | Escena K490 | Dos clarinetes en la |
| 1786 | Concierto para piano K491 | Dos clarinetes en la |
| 1786 | Trío La Bolera K498 | Un clarinete en la , viola y piano |
| 1787 | Seis danzas alemanas K509 | Dos clarinetes en la |
| 1787 | Aria para bajo K513 | Dos clarinetes en la |
| 1787 | Trío K532 | Dos clarinetes en la |
| 1788 | Contradanza K535 | Dos clarinetes en la |

| | | |
|------|-------------------------------|---|
| 1788 | Seis danzas K536 | Dos clarinetes en la |
| 1788 | Sinfonía 39 K543 | Dos clarinetes en la |
| 1788 | Doce minuetos K568 | Dos clarinetes en la |
| 1789 | Seis danzas alemanas K571 | Dos clarinetes en la |
| 1789 | Rondó para soprano K577 | Dos cornos di basseto |
| 1789 | Aria para soprano K580 | Dos cornos di basseto |
| 1789 | Quinteto K580 | Dos violines, viola, clarinete y corno di basseto |
| 1789 | Quinteto para clarinete K581 | Clarinete, dos violines, viola y violonchelo |
| 1789 | Aria para soprano K582 | Dos clarinetes en la |
| 1789 | Aria para soprano K583 | Dos clarinetes en la |
| 1789 | Aria para soprano K584 A | Dos clarinetes en la |
| 1789 | Doce minuetos K585 | Dos clarinetes en la |
| 1789 | Doce danzas alemanas K586 | Dos clarinetes en la |
| 1791 | Seis minuetos K599 | Dos clarinetes en la |
| 1791 | Seis danzas alemanas K600 | Dos clarinetes en la |
| 1791 | Cuatro minuetos K601 | Dos clarinetes en la |
| 1791 | Cuatro danzas alemanas K602 | Dos clarinetes en la |
| 1791 | Dos minuetos K604 | Dos clarinetes en la |
| 1791 | Obertura K620 | Dos clarinetes en la |
| 1791 | Ópera K621 | Dos clarinetes en la |
| 1791 | Concierto para clarinete K622 | Clarinete en la |
| 1791 | Réquiem K626 | Dos cornos di basseto |

3.3.2. ROMANTICISMO

En el romanticismo la plantilla orquestal está formada por: dos flautas y flautín, dos oboes y corno inglés, dos clarinetes, cuatro fagotes, cuatro trompas, dos trompetas, tres trombones, dos tubas, dos arpas, cuatro timbales, percusión variada, y unos sesenta músicos de cuerda (treinta violines, diez violas, seis y ocho chelos y unos cuatro contrabajos).

El clarinete evolucionó mecánicamente para tocar en diferentes tonos, y se le exigió un sonido más oscuro y potente para adaptarse a esta orquesta. El romanticismo le proporciona al clarinete el mayor desarrollo. Culmina este periodo con las composiciones de *Brahms*.

Johannes Brahms nació en Hamburgo en 1833 y muere en Viena en 1897. Es junto con *Mozart* y *Weber* uno de los grandes autores que escriben para el clarinete. Lo emplea en su primera composición: “trío para clarinete, chelo y piano”. Compone sin encargo las dos “*Sonatas op.120 para clarinete y piano*”.

Merece una mención especial el “*Quinteto para clarinete y cuerda op.115*”, pieza clave en las composiciones escritas para clarinete.

El clarinete de *Brahms* es un instrumento capaz de conmover a cualquier persona. Al tocarlo afloran las emociones. Hay que interpretar estas composiciones con sonido profundo. Todas las notas escritas tienen mucha importancia. Los finales de frase han de ser perdidos y no cortados, mientras los *pianos* han de ser poco piano. Se juega con los colores y el sonido intenso. Composiciones aparentemente fáciles, pero musicalmente muy profundo. Nunca termina la expresividad.

Hay autores: compositores, clarinetistas e historiadores que piensan que lo mejor que se ha compuesto siempre para clarinete ha sido lo escrito por *Brahms*.

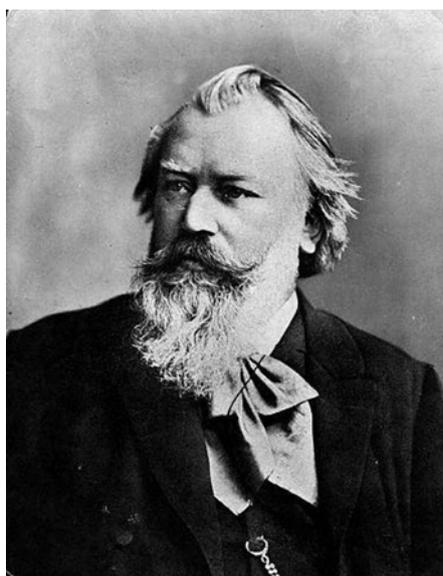


Figura 12: Johannes Brahms
Fuente de la imagen: ecmreviews.com

3.3.3. IMPRESIONISMO

En este periodo la orquesta en sí no evoluciona, pero sí lo hace la orquestación. Se consigue mayor potencia y calidad sonora. Destacan en este periodo los autores *Claude Debussy*, *Maurice Ravel*, *Manuel de Falla*, *Isaac Albéniz* y *Erik Satié*.

Debussy individualiza y personaliza los instrumentos, consiguiendo que sobresalgan mucho más los timbres. Por ejemplo, con la obra "*Preludio a la siesta de un fauno*" consigue una tremenda novedad tímbrica con una modesta plantilla de tres flautas, dos clarinetes, dos fagotes, trompa, percusión simple y cuerdas.

Con el clarinete en el impresionismo se habla fundamentalmente de *Debussy*. Se busca un sonido amplio y de calidad. Se empieza a construir en ébano. Se interpreta un *staccato* menos acentuado. Más seco y agudo. Se tocan pasajes de articulación simple ligando las primeras dos o tres notas. Se hacen muy importante los *pianísimos* extremos. Otro recurso son los sonidos de garganta (del registro medio). Se emplean muchos cromatismos, alteraciones accidentales, cambios de articulaciones y arpeggios rapidísimos. La técnica está muy perfeccionada, y *Debussy* la explota tremendamente.



Figura 13: Claude Debussy. Retrato de Félix Nadar en 1908

Fuente de la imagen: wikipedia.org

3.3.4. NEOCLASICISMO

La orquesta evoluciona en número, entrando a formar parte de las plantillas orquestales instrumentos como el requinto (clarinete alto en la tonalidad de mi bemol), el flautín o el clarinete bajo (en la tonalidad de si bemol).

La figura principal de este periodo es el compositor y director de orquesta ruso *Igor Stravinsky*. Una de sus composiciones más célebres y conocidas es “*La consagración de la primavera*”.

En cuanto al clarinete se refiere, *Stravinsky* sigue explotando al máximo las habilidades técnicas y dinámicas del instrumento. Uno de los recursos más empleados es el *sforzando*, usado de forma casi estridente. Se usan ritmos asincopados y melodías con muchos saltos. Explota mucho el registro grave. *Stravinsky* consigue los mejores intérpretes, ya que les hace “estudiar” mucho más.

Otro importante compositor de este periodo es el también ruso *Piotr Ilich Tchaikovsky*.



Figura 14: Igor Stravinsky

Fuente de la imagen: juliosbv.blogspot.com.es

3.3.5. DODECAFONISMO

Etapa musical desarrollada a comienzos del siglo XX con la figura de *Arnold Schönberg*. Es una forma de música atonal en la que se practica la libertad de notas, sin subordinación a otras notas ni a tonalidad. Se caracteriza este periodo por una huida constante de la consonancia y una búsqueda de la disonancia. Ninguna nota es superior a otra. Tal y como el nombre indica, se emplean doce notas, con las siguientes normas:

- La serie original debe ser seguida con exactitud sin repetir ninguna antes de que falte alguna por sonar.
- Evitar todo conjunto que pueda relacionarse con la tonalidad.

Con el clarinete se consigue realizar el *glisando*, el *flulato* y los cuartos de tono. Se interpretan *trémolos* muy exagerados, *oscilaciones* y sonidos múltiples. Se explota al máximo la acústica del instrumento.

Otros autores de esta época son *Alban Berg* y *Anton Weber*.

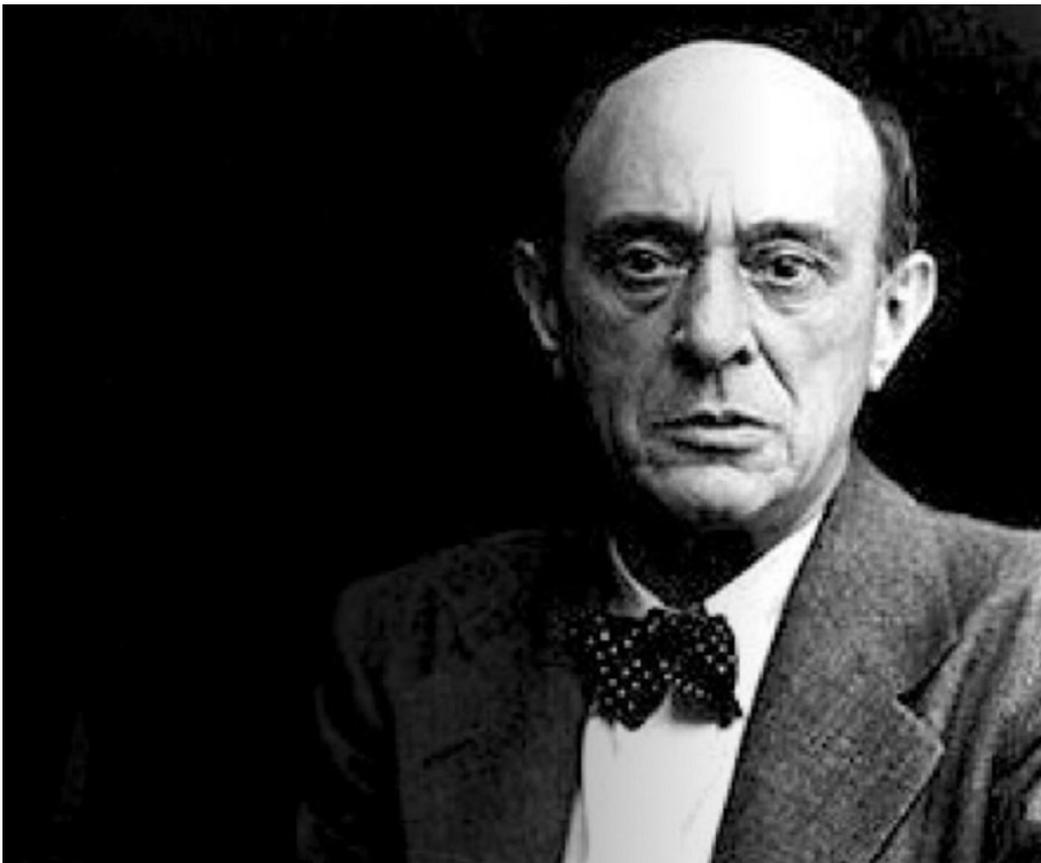


Figura 15: Arnold Schönberg
Fuente de la imagen: *thefamouspeople.com*

3.4. EL CLARINETE EN LA MÚSICA DE CÁMARA

A lo largo de la historia se han ido estableciendo formaciones que se han consolidado como clásicas de música de cámara. Son por ejemplo los cuartetos y quintetos de cuerdas, quintetos de viento-metal, quintetos de viento-madera, dúos de cualquier instrumento clásico con piano...

Para el clarinete, prácticamente desde sus orígenes se ha incluido en composiciones de cámara. Se puede situar el comienzo del clarinete en la música de cámara con un dúo de *J.J. Rousseau*. Además, tal y como ya se ha argumentado, *Mozart* escribe numerosas obras camerísticas para clarinete. También *Beethoven*, *Weber* y *Brahms*.

Desde el clasicismo y hasta la actualidad, se cuenta con el clarinete en formaciones de clarinete y cuarteto de cuerdas, así como en duos con piano. Se componen en la mayoría de los casos sonatas, en las que el clarinete desarrolla un papel solista y el piano cumple función acompañante.

Cabe destacar algunas obras de cámara para clarinete y piano:

- Sonata para clarinete op.167 de *Camille Saint-Saëns*.
- Sonatas para clarinete nº1 y nº2 op. 120 de *Johannes Brahms*.
- Sonata para clarinete de *Felix Mendelssohn*.
- Sonata para clarinete de *Malcolm Arnold*.
- Sonata para clarinete de *Francis Poulenc*.

Es a mediados del siglo XX cuando se ha desarrollado una agrupación de cámara muy poco usual hasta entonces. Nos referimos al dúo de clarinete y violonchelo. Es una agrupación que abarca cinco octavas, pertiende la más aguda y la más grave en comparación con el dúo con piano. Si bien, el chello tiene la posibilidad de hacer “dobles cuerdas”, e incluso “triples cuerdas”, con lo que puede tocar acordes llenos, creando sensación de riqueza de sonidos. Además, la riqueza tímbrica y armónica de ambos instrumentos hace que se fusionen con facilidad.

Destacamos las composiciones de los autores más relevantes que han escrito para el dúo clarinete-violonchelo son: *Paul Hindemith* con la obra “*Ludus minor*” de 1944, la “*Sonata para clarinete y violonchelo*” de la británica *Phyllis Margaret Tate* compuesta en 1947, e *Iannis Xenakis* con “*Charisma*” de 1971 donde se explotan las diferentes tímbricas de armónicos del chelo a la vez de los sonidos multifónicos del clarinete. De especial mención es la obra de la chelista vallisoletana *Georgina Sánchez* quien ha nutrido de repertorio al dúo clarinete-violonchelo. Señalamos como ejemplo la obra “*Pregón de danza*”.

3.5. EL CLARINETE EN EL JAZZ

El clarinete ha estado presente en la historia del Jazz desde principios del siglo XX, si bien su popularidad ha sido intermitente.

El Jazz como género musical surgió y evolucionó a partir de la música que interpretaban los esclavos, mayoritariamente de procedencia africana, en el sur de Estados Unidos. En *Nueva Orleans* surgen pequeñas bandas formadas por cinco o seis músicos en los que la trompeta, el trombón y el clarinete interpretaban y ornamentaban una línea melódica principal. En 1917, la banda *Original Dixieland Jazz Band (ODJB)*, formada por cinco instrumentistas (corneta, clarinete, trombón, piano y batería), llevaría a cabo las primeras grabaciones de música jazz. El sonido de *Larry Shields* (1893-1953), clarinetista de la *ODJB*, fue el primer sonido de clarinete en ser grabado dentro de este género. Sin embargo, antes de las primeras grabaciones ya existían afamados clarinetistas como *Sidney Bechet* (1897-1959) el cual tuvo incluso una gira por Europa en 1918.

Tres grandes clarinetistas de *Nueva Orleans*: *Johnny Dodds* (1892-1940), *Sidney Bechet* y *Jimmie Noone* (1895-1944), cuya relevancia se sitúa en la década de los años 20, son considerados la segunda generación de clarinetistas que aprendieron o fueron influenciados por grandes intérpretes como *Lorenzo Tio* (1893-1933), *Alphonse Picou* (1878-1961) y *George Baquet* (1883-1949). Además, en los años 20 grabaron otros intérpretes: *Omer Simeon* (1902-1959), *Albert Nicholas* (1900-1973) y *Barney Bigard* (1906-1980).

Durante la década de los años 30, el jazz se convirtió en la música comercial de la mano de instrumentistas virtuosos como *Benny Goodman* (1909-1986), conocido como “*El rey del swing*”. El sonido de *Goodman* y su banda fue la referencia de moda del momento y supuso un gran éxito discográfico. Con su gran expresividad, su prodigiosa técnica y su elegante estilo con el clarinete, permaneció al margen de modernas corrientes de jazz con sutilezas armónicas y complejidades rítmicas. Por otro lado, el también afamado *Artie Shaw* (1910-2004), exploraba sonoridades más exóticas que las de *Goodman*. Otros seguidores de la corriente del swing fueron *Jimmy Dorsey*, *Woody Herman*, *Jimmy Hamilton*, *Buster Bailey* y *Edmond Hall*.



Figura 16: Benny Goodman
Fuente de la imagen: musicians.allaboutjazz.com

Durante los años 40, el clarinete comenzó a desaparecer de la escena musical, eclipsado por la novedosa e importante aparición del saxofón. En este momento, aparece en escena *Charlie Parker* (1920-1955), el cual se postula como uno de los principales iniciadores del *BEBOP*, estilo que rompe con el swing y sustituye las melodías de los años 30 por un tratamiento armónico y rítmico más complejo (improvisaciones veloces y llenas de notas). Es *Buddy DeFranco* (1923-2014) el principal clarinetista precursor de este estilo. Improvisaba de forma nítida, con un completo entendimiento del lenguaje armónico del *BEBOP*. En contraposición a *DeFranco*, *Jimmy Giuffre* desarrolló un sonido más cálido. Al comienzo de su carrera tocaba casi de forma exclusiva en el registro grave del instrumento, debido probablemente a alguna deficiencia técnica. Este hecho adquirió un acento estilístico que situó a *Giuffre* como referente del “cool jazz”.



Figura 17: Buddy DeFranco
Fuente de la imagen: glenmillerorchestra.com

Después de la Segunda Guerra Mundial se produjo una vuelta al jazz tradicional, abriéndose una nueva puerta al clarinete de la mano de músicos como *George Lewis* (1900-1968), *Monty Sunshine* (1928-2010) y *Acker Bilk* (1929-2014).

Durante la década de 1960 se produce una fragmentación y ramificación del jazz en diversos estilos como son el “soul jazz”, el “jazz modal” o el “free jazz”, en los cuáles el clarinete parece no terminar de encajar debido al gran auge del sonido saxofónico.

Músicos como el alemán *Rolf Kühn* y el norteamericano *Tony Scott* trataron de devolverle al clarinete la posición de la que no gozaba. Sin embargo, fue el clarinetista *Eric Dolphy* (1928-1964) quien consiguió renovarlo y revivirlo. *Dolphy* fue el primer músico de jazz en dar importancia a los instrumentos graves de la familia del clarinete, tocando con grandes intérpretes como *Charles Mingus* y *John Coltrane*. Su estilo exuberante, cercano al “free jazz”, abrió paso a otros músicos que también exploraron la sonoridad del clarinete bajo, como: *Anthony Braxton*, *David Murray*, *Hamiet Bluiett*, *John Surman*, *Bernar Konard*, o *Gianluigi Trovesi*. Señalar que la mayoría de estos intérpretes no se dedicaban al clarinete de forma exclusiva, sino que tocaban otros instrumentos (principalmente el saxofón).

Destaca el proyecto de *Bluiett*, “*The Clarinet Family*” (1984), una de las mayores concentraciones clarinetísticas en el jazz: ocho clarinetistas y una sección rítmica que reflejan la historia del clarinete desde Nueva Orleans hasta el “free jazz”.

Existen tres destacados intérpretes que a partir de los años 70 desarrollaron su carrera con el clarinete bajo. Se habla de *Michel Porta*, *Michel Pilz* y *Louis Sclavis*.

En 1987 se graba “*The Clarinet Submit*”, trabajo con características similares a las del mencionado proyecto de *Bluiett*, siendo en este caso *Jimmy Hamilton*, *Alvin Batiste*, *John Carter* y *David Murray* los encargados de mostrar la variedad estilística de la que es capaz el clarinete en el jazz.

Con el clarinete soprano destaca *Eddie Daniels* (1941) durante los años 80, que aunque se inició como saxofonista, mantiene a partir de 1985 el clarinete como instrumento principal. *Daniels* continúa la concepción de *Buddy DeFranco*, con especial referencia a la música de *Charlie Parker*. Destacar también a *Paquito D’Rivera*, quién desarrolla su carrera en esta década. De origen cubano, es uno de los principales representantes del “jazz latino”.

En los noventa, destacan clarinetistas como: *Don Byron*, que conjuga elementos del “klezmer” con la música “rastafari”, *Marty Ehrlich*, *Theo Jorgensmann* y *John Carter*.

Finalizar señalando que aunque a lo largo de la historia del jazz, la estructura básica del clarinete apenas cambia, sí existen tendencias diferenciadas. Los primeros clarinetistas de Nueva Orleans preferían mecanismos simples como los de los sistemas Müller o Albert. No obstante, la mayoría de los intérpretes utilizaron y utilizan el sistema *Boehm*. Los diferentes tipos de agujereado (ubicación y tamaño de los agujeros), las diferencias en el taladro entre un instrumento y otro, así como la variedad de combinaciones entre la boquilla, la abrazadera y la caña, otorgan al intérprete de jazz la posibilidad de conformar un timbre y color propio y distintivo.



Figura 18: Paquito D’Rivera
Fuente de la imagen: paquitodrivera.com

3.6. EL CLARINETE EN LA MÚSICA CONTEMPORÁNEA

El clarinete en la actualidad forma parte inequívoca de la plantilla de la mayoría de formaciones musicales existentes.

Se incluye en la orquesta con dos voces: clarinete primero y clarinete segundo. Además, la orquesta actual también integra a otros miembros de la familia del instrumento como son el requinto y el clarinete bajo. El clarinete es asimismo instrumento clave en las bandas llevando la melodía principal repartida en tres voces.

El formar parte de la mayoría de agrupaciones (exceptuando evidentemente las agrupaciones camerísticas de cuerdas o metales), le permite participar en numerosas composiciones contemporáneas con fines publicitarios, tanto para radio como para televisión.

También se escribe para clarinete en composiciones destinadas al cine. Se usa en bandas sonoras para prestigiosos filmes y se usa para cortometrajes.

Referente a composiciones contemporáneas para clarinetes destacamos los *Conciertos para clarinete y orquesta nº1 y nº2* de *Oscar Navarro*.

En cuanto a interpretación se refiere, la técnica está muy depurada en la actualidad. Entre los intérpretes contemporáneos destacamos a la clarinetista alemana *Sabine Meyer*, al también alemán *Karl Leister*, al clarinetista italiano *Calogero Palermo* y al valenciano *Jose Franch Ballester*.



Figura 19: Jose Franch Ballester. Aparece en la imagen un clarinete Backun

3.7. CONSTRUCCIÓN Y MANTENIMIENTO DEL CLARINETE

La construcción del clarinete en la actualidad une técnicas de torneado y taladrado asistido por maquinaria, con técnicas de ajuste artesanal y manual. Es un proceso que aunque está cada vez más robotizado, tiene una fuerte componente artesanal y basada en la experiencia.

El clarinete se fabrica principalmente en madera de ébano (granadilla), seleccionando árbol, rama y tronco. Se corta y se deja secar durante años. Pueden someterse a tratamientos de vapor que hacen a los clarinetes más impermeables. El clarinete de madera es muy susceptible a la temperatura y la humedad.

La variedad de madera más usada en la construcción de clarinetes es la granadilla africana, el ébano de Mozambique. Es una madera dura y resistente. También se usa la madera *palo-rosa* de Honduras, sobretodo en la construcción de clarinetes contrabajo. Otro árbol cuya madera es usada es el *cocobolo* de Costa Rica y México.

Por otro lado, existen clarinetes fabricados en ebonita, polímero obtenido por la vulcanización de caucho con azufre. Son los llamados coloquialmente “clarinetes de plástico”, poco sensibles a la temperatura y a la humedad, y cuyo coste está en torno a un 30% respecto al clarinete de madera. Se usan estos clarinetes para instrumentistas en su etapa de aprendizaje.

Las partes metálicas del clarinete: llaves, apoyos, muelles, embellecedores... se fabrican en latón y poseen por regla general un baño de plata. Las llaves se fabrican mediante la unión de varias piezas (vástagos, bisagras, puentes, platillos...) que a su vez se obtienen por estampación y se unen mediante soldadura de joyería.

Por su parte, las zapatillas (piezas que tapa los agujeros) que tradicionalmente se fabricaban en caucho, en la actualidad son de “Goretex” debido a sus buenas propiedades de impermeabilización.

Las principales marcas/constructores de clarinetes en la actualidad son *Yamaha, Selmer, Buffet y Backun*.

Respecto al mantenimiento del instrumento, se recomienda con clarinetes nuevos hacer un “rodaje” a la madera. No tocar tandas de más de una hora.

En cuanto al cuidado interior es imprescindible secarlo muy bien después de tocar. También se recomienda aplicar aceite de almendra a la madera de forma periódica. El clarinete no se debe dejar montado, debe montarse y desmontarse con cada uso para evitar que los corchos se deformen y pierdan agarre. Se debe engrasar bien el corcho antes y después de montar el instrumento. Es importante secar bien las zapatillas para evitar grietas y pérdida de estanqueidad. Por su parte los agujeros nunca deben ser modificados y deben estar siempre limpios y despejados. Son muy influyentes en el sonido. Los pilares, tornillos y bisagras de las llaves deben lubricarse con aceite para su correcto funcionamiento.

El cuidado exterior es mínimo. Basta con la limpieza con un paño suave.

3.8. FAMILIA DEL CLARINETE: OTRAS TONALIDADES

El clarinete en si bemol en la actualidad forma parte de una amplia familia de instrumentos, que con forma, características y digitación similares difieren en la tonalidad en que están afinados.

Aunque el más usado es el clarinete en si bemol, otros instrumentos de la familia en otras tonalidades se usan en la actualidad en bandas, orquestas y otras agrupaciones. Muchos de ellos se usaron o comenzaron a desarrollarse desde los orígenes del clarinete.

▪ Clarinete en "la"

Uno de los modelos de clarinete más usado es el clarinete en **la**. Podríamos decir que es la tonalidad original del clarinete. La tonalidad de los primeros *Chalumeaux*. Es un modelo de clarinete de apariencia prácticamente igual que el actual clarinete en **si bemol**, para el cual han escrito la mayoría de compositores. Como ejemplos, podemos citar el *Concierto para Clarinete y orquesta K622* de Mozart, el *Capricho para Clarinete* de Sutermeister, tres piezas para clarinete solo de Stravinsky, la *Sonata para Clarinete* de Hoffmeister...



Figura 20: Clarinete en "la"
Fuente de la imagen: tejariodico4.blogspot.com.es

▪ Clarinete Alto

El clarinete alto, también llamado clarinete tenor está en la tonalidad de **mi bemol**. Es una de las variedades para las que menos se ha escrito. En la mayoría de los casos su uso en orquesta o agrupaciones se basa en reforzar voces de otros instrumentos. Si ha sido usado con cierta frecuencia por intérpretes de jazz.

Con un registro comprendido entre el clarinete bajo y el clarinete soprano o en si bemol, cabe destacar la inclusión en la composición *Threni* de Igor Stravinsky, y el solo que tiene en *Lincolnshire Posy* del autor Percy Grainger.



Figura 21: Clarinete alto en mi bemol

Fuente de la imagen: pic2fly.com

▪ Clarinete Bajo

El clarinete bajo es un instrumento de la familia del clarinete, afinado en la tonalidad de **si bemol**, que tiene una tesitura una octava más grave que el clarinete soprano en si bemol. Tiene un aspecto que se asemeja a un saxofón por la curvatura de la campana y porque el barrilete pasa a ser un tudel metálico.

Algunos ejemplos de obras escritas para clarinete bajo son: “*En el jardín*” de *Monroe* o “*Alauda nocturna*” de *José Antonio Orts*. Otros autores que han escrito para bajo son *Venette* y *Zander*.



Figura 22: Clarinete Bajo

Fuente de la imagen: sangaxa.com

▪ Requinto

Es el requinto el instrumento más pequeño en tamaño de la familia del clarinete. Afinado en la tonalidad de **mi bemol**, se ha desarrollado en el sistema *Klosé* desde su origen. Tiene una digitación idéntica a la del clarinete soprano o en si bemol. Instrumento de plantilla en la actualidad en prácticamente todas las orquestas.

Alguna de las piezas en las que se incluye el requinto son por ejemplo la “Sinfonía Fantástica” de Hécctor Berlioz, “Las alegres travesuras de Till Eulenspiegel op.28” de Richard Strauss o la “Tercera Sinfonía” de Mahler.



Figura 23: Requinto

Fuente de la imagen: pic2fly.com



Figura 24: Instrumentos de la familia del clarinete.

De izquierda a derecha: clarinete requinto, soprano, alto, bajo y contrabajo

Fuente de la imagen: nvweisenbach.de

4. MODELADO EN CATIA

El modelado y recreación virtual de un clarinete, objetivo principal de este proyecto, se detalla en este capítulo cuarto.

Se han modelado todas las partes de la que consta un clarinete: boquilla, barrilete, cuerpo superior e inferior y campana. También se ha modelado una caña y una abrazadera, ya que se entiende que son piezas necesarias para poder tocar con él.

Todas las piezas se han modelado incluyendo parámetros dimensionales de tipo longitud y de tipo ángulo. Con ello se pretende facilitar la corrección de errores o desviaciones en sucesivas mediciones, así como mejorar el ajuste entre elementos.

Respecto a los cuerpos superior e inferior, adelantar que se han modelado todas las llaves, así como los elementos de apoyo o giro de éstas, necesarios para el correcto uso o funcionamiento del instrumento.

Tal y como se ha explicado en el capítulo anterior, el clarinete se fabrica en madera de ébano o caoba, sin bien para la recreación visual de este proyecto y para mejorar el aspecto visual de las imágenes extraídas del programa, se ha tomado de la librería de Catia, la madera de roble (en inglés *Kingwood*) debido a que tiene un color más oscuro y más parecido a la realidad, que la madera de caoba que tiene Catia en su librería (en inglés *Mahogany*). Respecto a las llaves y otros elementos metálicos, se ha usado el níquel de la librería de Catia.

Se muestran a continuación varias imágenes del ensamblaje del modelo.



Figura 25: Vista del clarinete del modelo de Catia



Figura 26: Vista del clarinete del modelo de Catia



Figura 27: Vista del clarinete del modelo de Catia

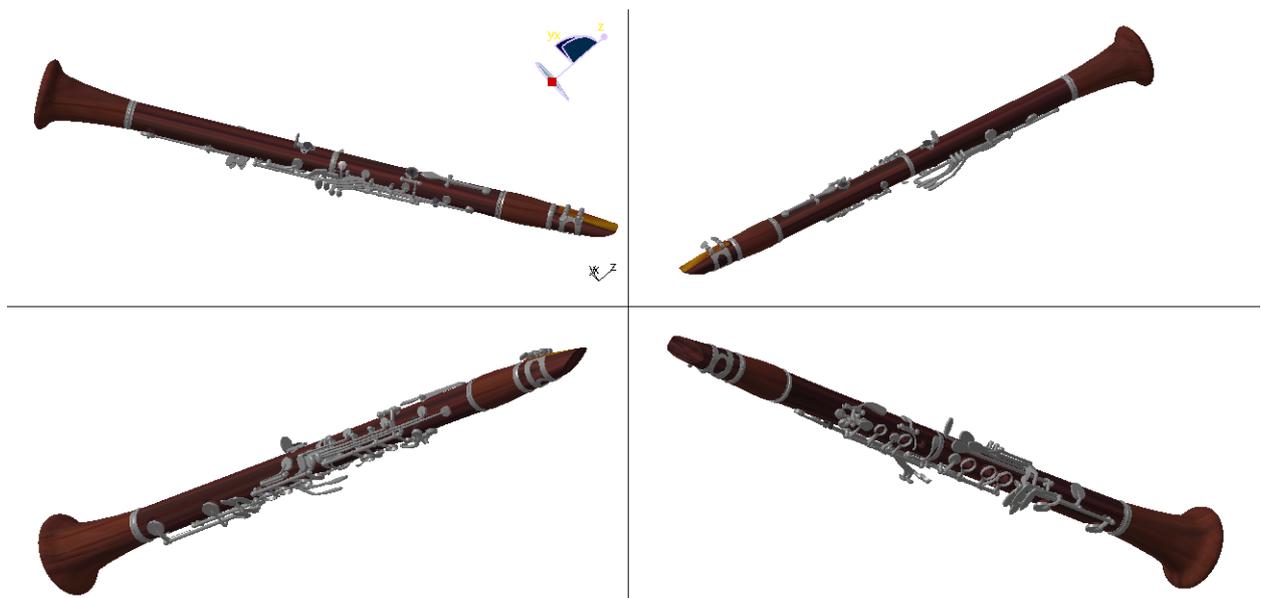


Figura 28: Conjunto de vistas del modelo de Catia

Es necesario para la correcta comprensión de los siguientes capítulos, presentar ahora el nombre de las llaves del instrumento, ya que es la única manera de diferenciarlas. Aunque en el capítulo 3 ya se ha hecho referencia a las llaves, se considera clave mostrar su nombre ahora debido a que en el modelado se ha llamado a cada llave por su nombre.

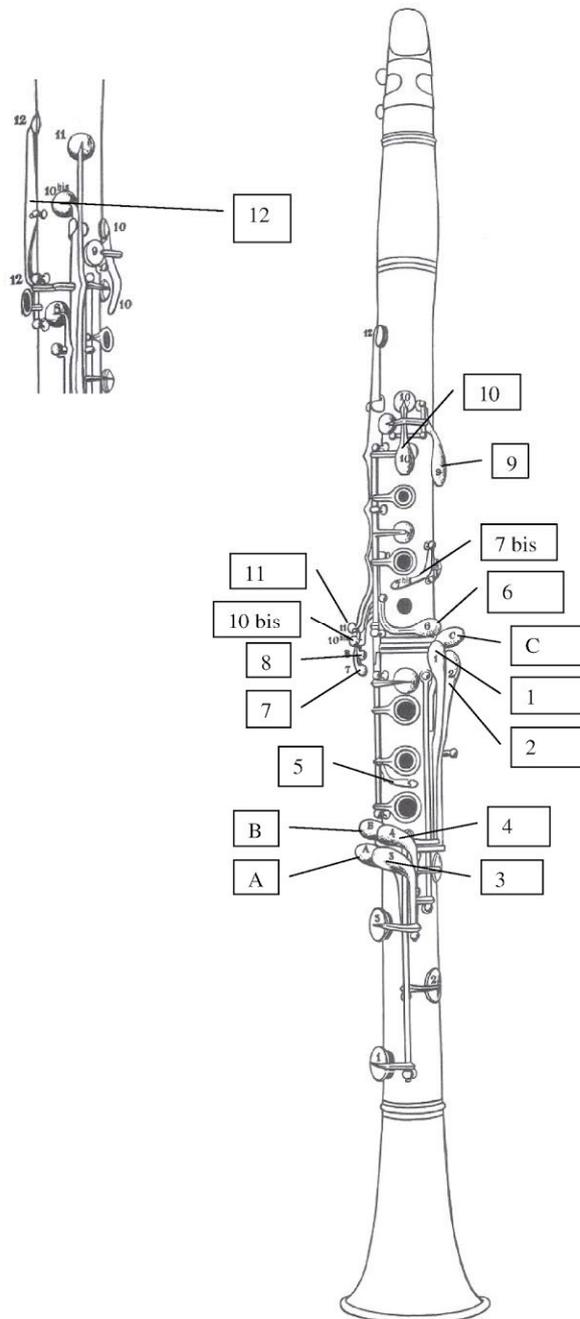


Figura 29: Nombres de las llaves del clarinete
Fuente de la imagen: joseantonioliner.blogspot.com

4.1. BARRILETE

El barrilete es la primera pieza que encontramos en el clarinete tras la boquilla que, aunque sea la primera, se analizará más adelante.

Es una pieza que, aunque no posee mecanismos, es fundamental en la afinación del instrumento. A menudo es el barrilete la pieza con la que se varía ligeramente la longitud del clarinete para afinar mientras se toca en conjuntos. Por lo tanto, es fácil entender la importancia que tiene el clarinete en la formación del sonido del clarinete.



Figura 30: Perspectiva del modelo de barrilete

Consta de un cuerpo principal con dos embellecedores metálicos en los extremos. Tiene también sendos entrantes para la boquilla y para el cuerpo inferior. Se ha comprobado en las mediciones oportunas que se han realizado para modelar el barrilete, que la sección interior es de diámetro constante. Este aspecto es muy importante ya que el exterior tiene un ensanchamiento cuya forma se asemeja a un tonel, un barril, hecho del que toma su nombre. Por lo tanto, se deduce que el espesor de pared del barrilete no es constante. Suponemos que esto afecta de forma directa a la resonancia del sonido en este punto. Téngase en cuenta que la ecuación de ondas depende de la masa.



Figura 31: Vista frontal del barrilete

Obtenemos imágenes sin embellecedores y sin material para mostrar el barrilete como elemento aislado, donde se puedan ver los alojamientos para la boquilla y el cuerpo superior:

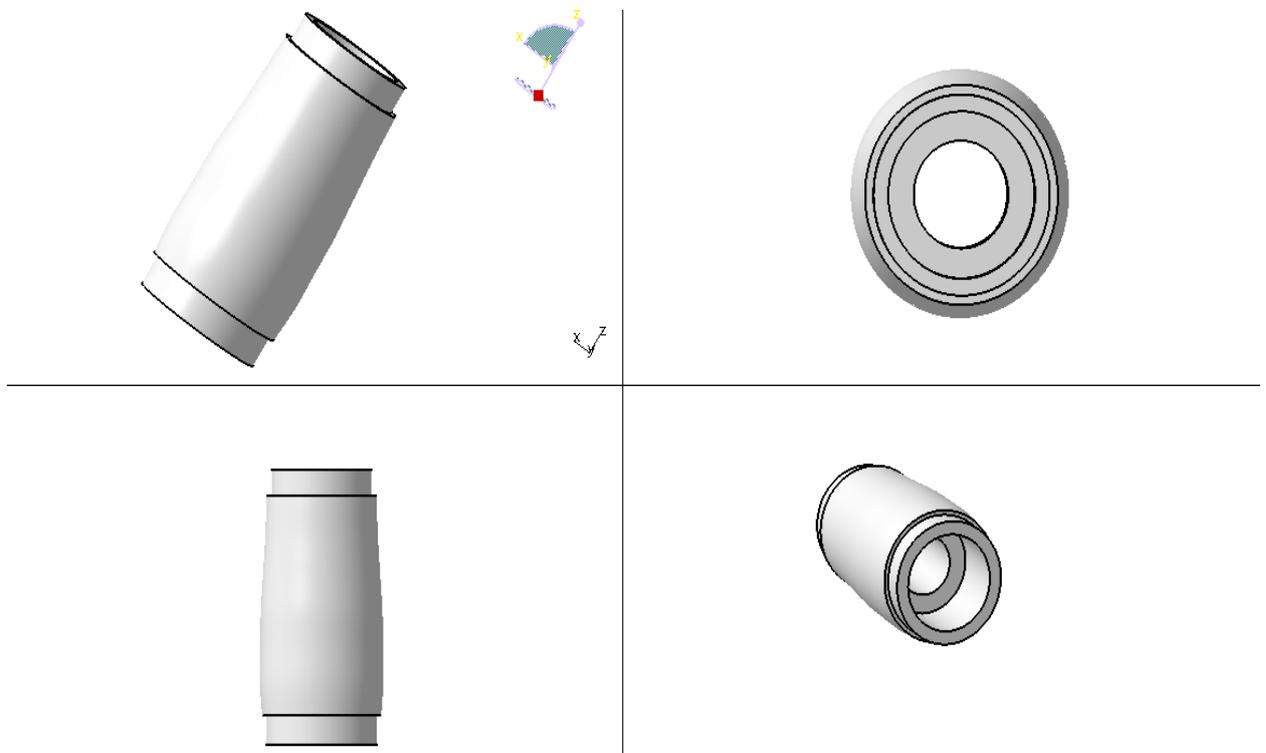


Figura 32: Barrilete como elemento aislado

Para modelar el barrilete, se ha comenzado con obtener el cuerpo principal por revolución para después realizar los recortes o vaciados correspondientes a las cavidades que posee. Todo está parametrizado.

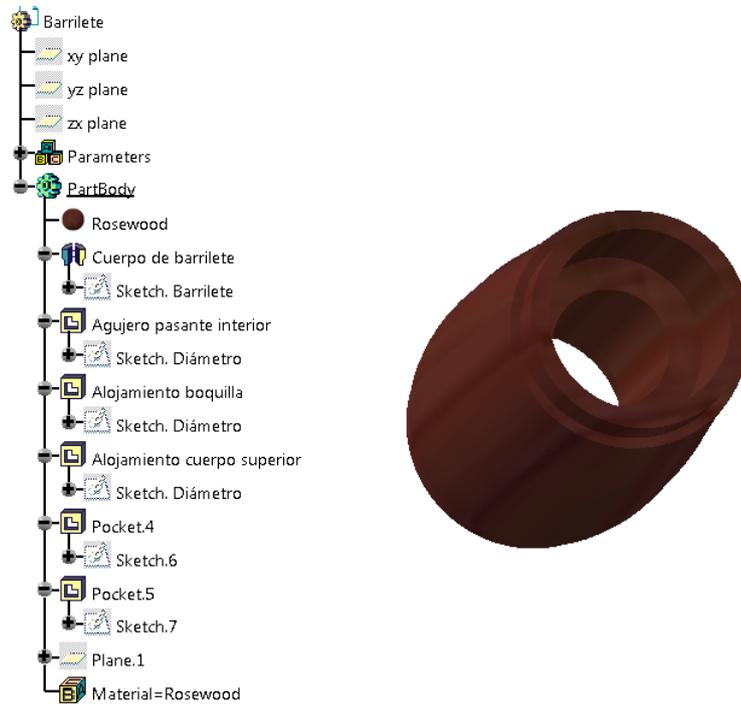


Figura 33: : Partbody del barrilete



Figura 34: Parámetros asignados al barrilete

Para el modelado del cuerpo principal, se toman sucesivas medidas de diámetro a diferentes alturas, con ellos conseguimos la curva de revolución con la que se obtiene la característica forma de barril de esta pieza.

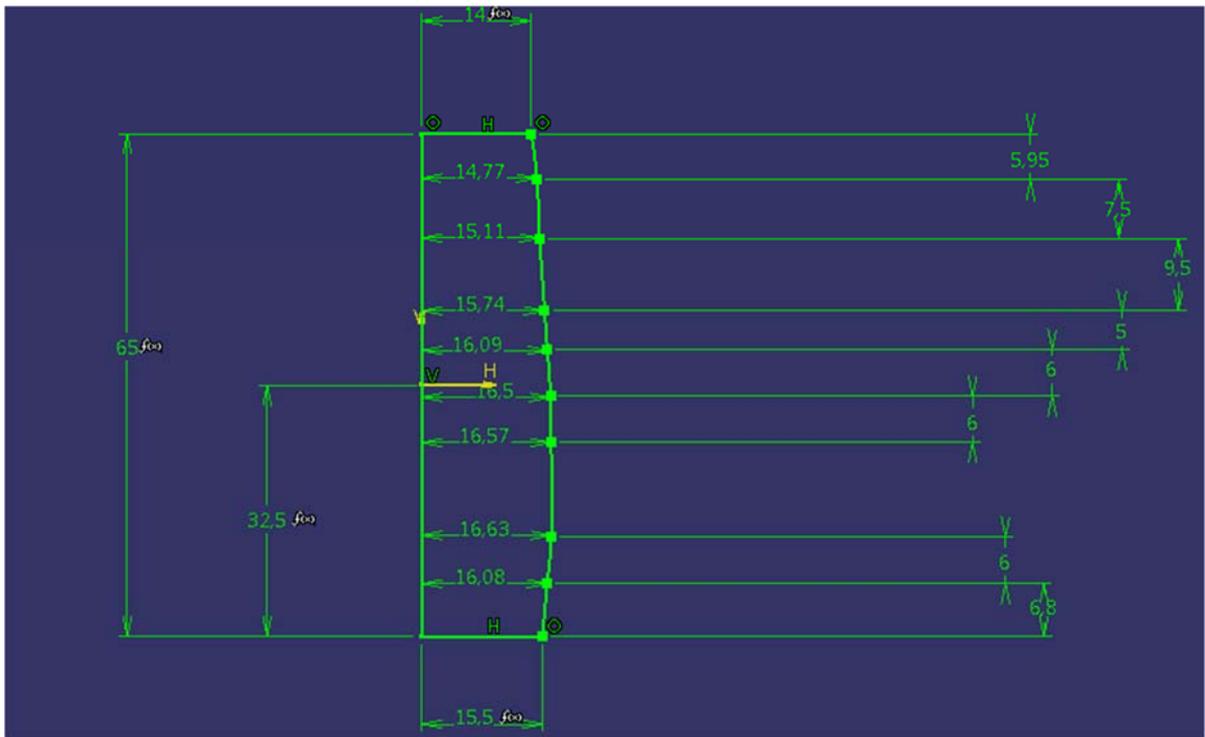


Figura 35: Boceto del cuerpo principal del barrilete

Para finalizar se realiza el vaciado que simula el cilindrado interior, así como los cilindrados para alojar la boquilla y el cuerpo inferior. Por su parte, se practica un pequeño rebaje de dos milímetros para el ajuste de los embellecedores metálicos, unidos con adhesivo y a presión. Montados con el módulo *Assembly Design*.



Figura 36: Detalle del embellecedor superior



Figura 37: Ensamblaje del barrilete

4.2. CAMPANA

La campana es la pieza final del clarinete. De sección divergente tiene como funciones la proyección del sonido, así como la afinación de las notas más próximas a ella (notas **si** y **do** del registro medio).



Figura 38: Campana

Se muestran a continuación imágenes del *partbody* y árbol de parámetros de esta pieza. Señalar que para la campana se han tomado muchos parámetros y en la imagen no aparecen todos.

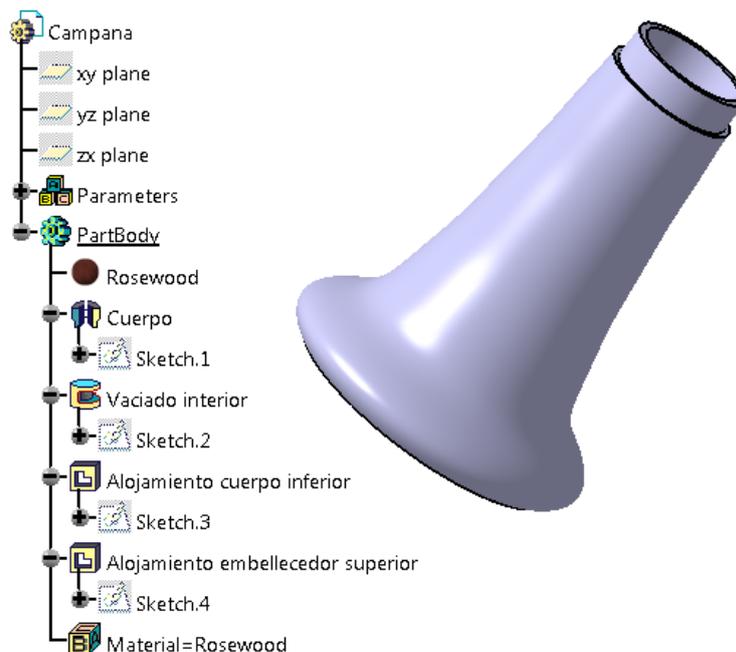


Figura 39: Partbody de la campana

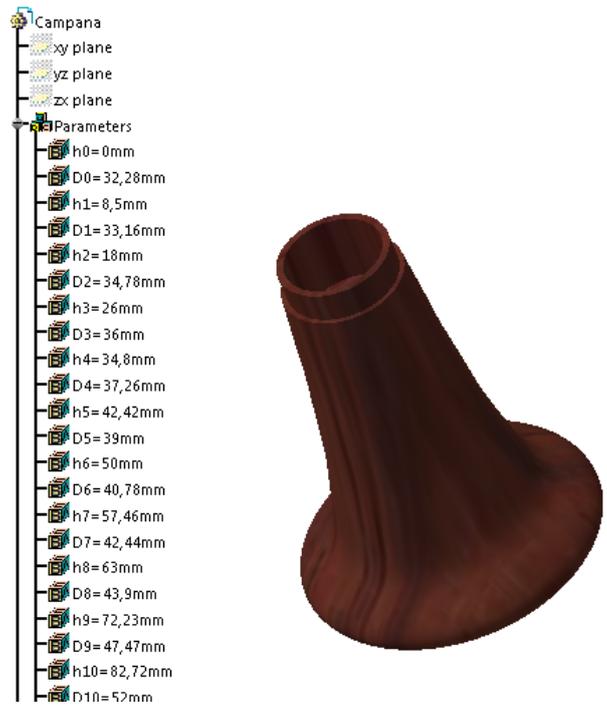


Figura 40: Parámetros de la campana (no se muestran todos).

Para su modelado se ha procedido de forma similar al barrilete. Se ha tomado la medida de sucesivos diámetros a varias alturas, para obtener la curva generatriz del perfil de revolución de la pieza. Respecto a la sección interior, se han tomado medidas del alojamiento del cuerpo inferior con bastante precisión, así como varias medidas de diámetros interiores en la zona más próxima al final de la campana. Mediante la observación de la pieza, suponemos correcta la consideración de espesor constante, si bien, la propia geometría del elemento impide una correcta medición en la zona central. Con el uso de parámetros que relacionan diámetro y altura se pretende facilitar una posible revisión futura en la que se pudiesen tomar medidas más exactas de dicha zona central.

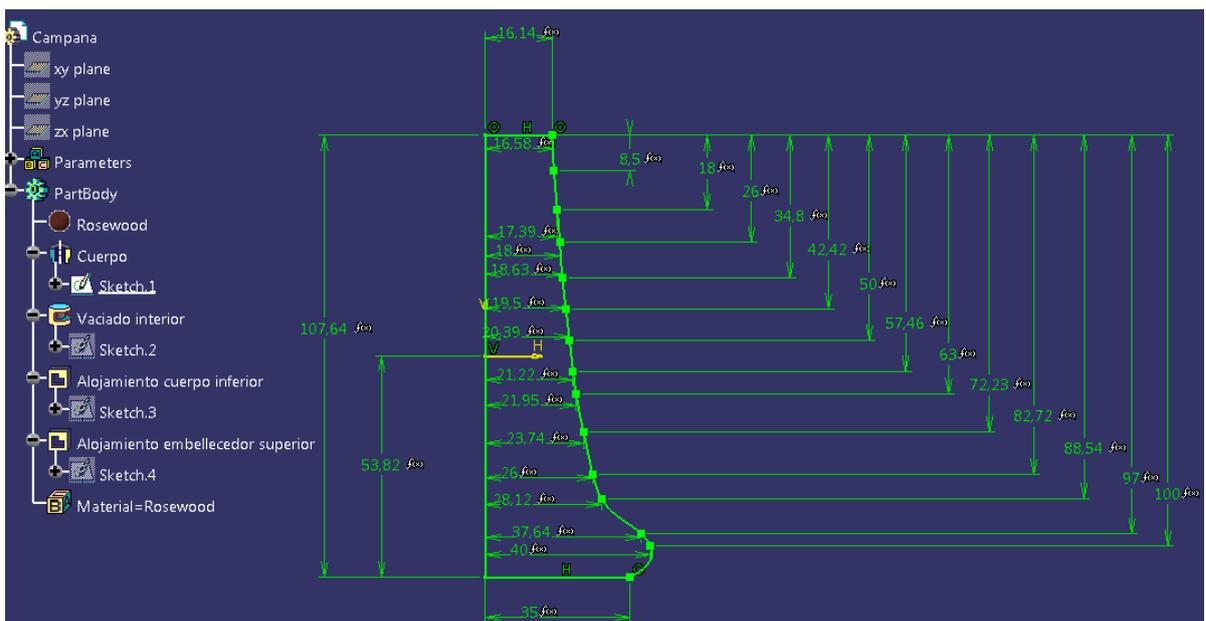


Figura 41: Boceto del perfil de generación de la campana



Figura 42: Montaje de la campana

4.3. BOQUILLA

La boquilla es sin dudas una de las partes más importantes del clarinete. Es la pieza donde se gesta el sonido. El diseño de la boquilla afecta de forma directa a la “calidez” o estridencia del sonido, a la proyección del instrumento, ya que influye en el caudal inicial de aire que admite, afecta a la emisión...etc. En definitiva, una de las piezas más importante del clarinete y más cuidada por el clarinetista.

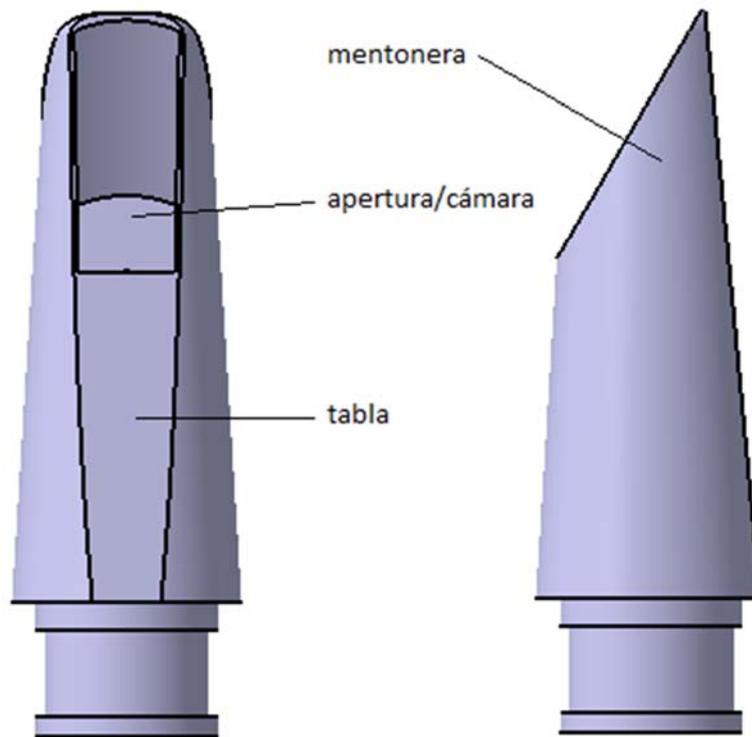


Figura 43: Partes de la boquilla

En la imagen aparecen algunas de las partes de la boquilla más influyentes en el sonido: la tabla, la mentonera y la apertura y cámara. La variación geométrica de estas partes proporciona a los instrumentistas la capacidad de obtener variadas características de sonido.

Uno de los principales fabricantes de boquillas es *Vandoren*. Para este proyecto se ha modelado una boquilla modelo “B40” de la citada marca.

Se ha comenzado modelando la boquilla como un tronco de cono, al que después se le aplican los cortes oportunos para obtener las inclinaciones correctas de la tabla y el mentonero. De nuevo, se toman sucesivas mediciones de diámetros a diferentes alturas para modelar el tronco de cono.

Para la apertura y la cámara, se ha medido espesor constante en la zona de unión al barrilete y sección divergente en la zona superior de la tabla. La apertura tiene forma aproximadamente rectangular.

Al igual que el resto de piezas, se ha modelado parametrizando la geometría:

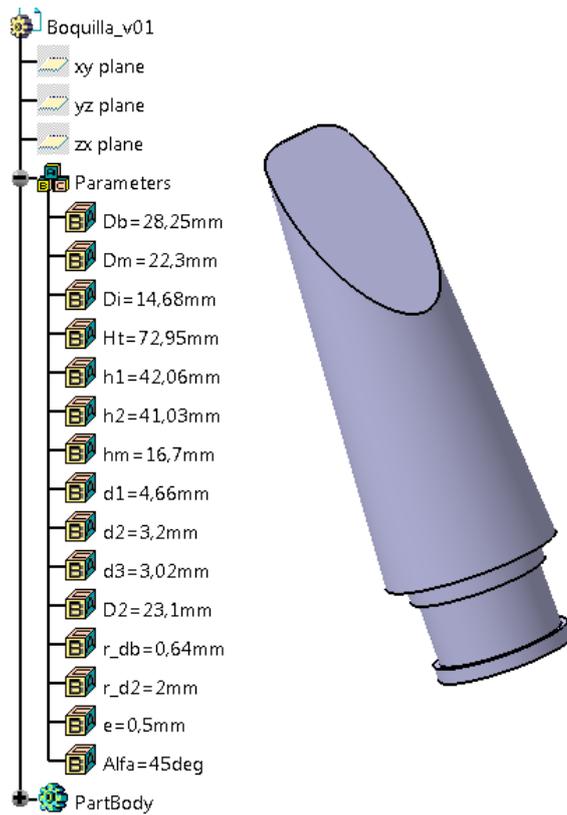


Figura 44: Parámetros de la boquilla

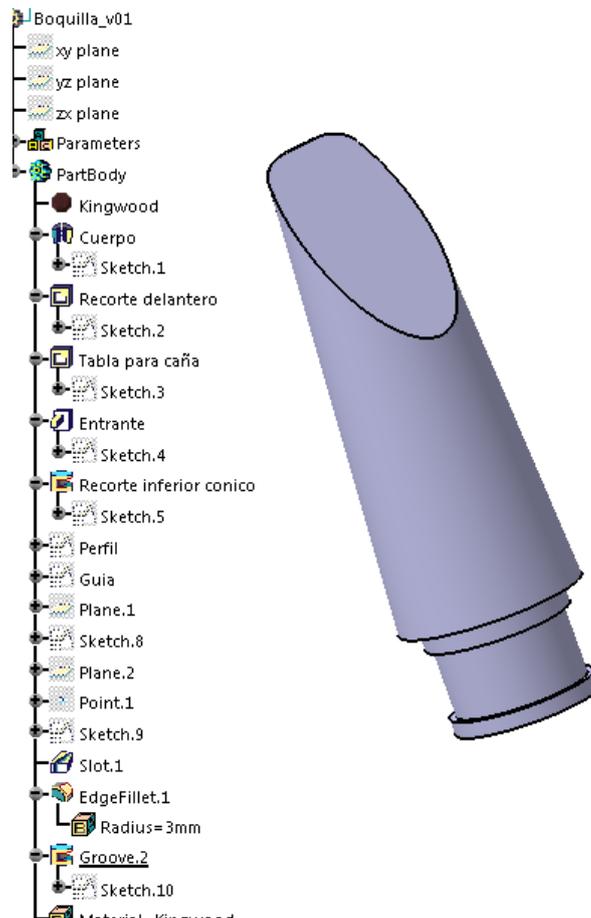


Figura 45: Partbody de la boquilla

Los parámetros son especialmente importantes en la boquilla. Si de este modelado se obtuviese un plano de fabricación de la pieza, mediante la modificación de los parámetros se conseguirían una familia de boquillas semejantes.

Finalmente se ha modelado el entrante para el barrilete, así como la acanaladura para el corcho.



Figura 46: Montaje de la boquilla

Se ha modelado también una caña, ya que es parte del conjunto de la boquilla, y necesaria para tocar el clarinete. Comentar, que también participa de forma directa en la gestación y emisión del sonido. Atendiendo a la flexibilidad de la caña, se habla comúnmente de la “dureza” de la caña.



Figura 47: Perfil de la caña

La caña tiene dos zonas muy bien diferenciadas. Una de ellas es más gruesa y rígida, y tiene la superficie curvada. Habilita la fijación de la caña a la boquilla. Mientras tanto, la otra zona hace disminuir su espesor hasta convertirse en una fina lámina que al vibrar produce el sonido.

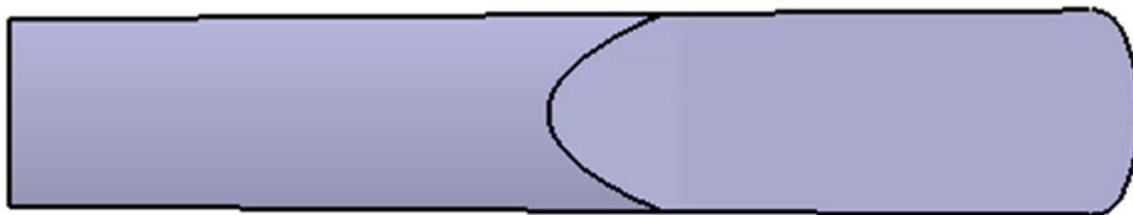


Figura 48: Alzado de la caña

Por su parte la caña se fija a la boquilla mediante una “abrazadera”. Existen abrazaderas fabricadas en metal, cuero, plástico, hilo...Dependiendo de las características mecánicas del material, de su rigidez principalmente, así como de la posición de los apoyos que fijan la caña hacen que la abrazadera influya en la vibración de la misma.

Para este proyecto se ha modelado una abrazadera metálica, fabricada por *Buffet* debido a que es la original del clarinete que se ha modelado y a que es una de las abrazaderas más usuales. Tiene apoyo continuo en la caña y ajuste mediante dos tornillos.

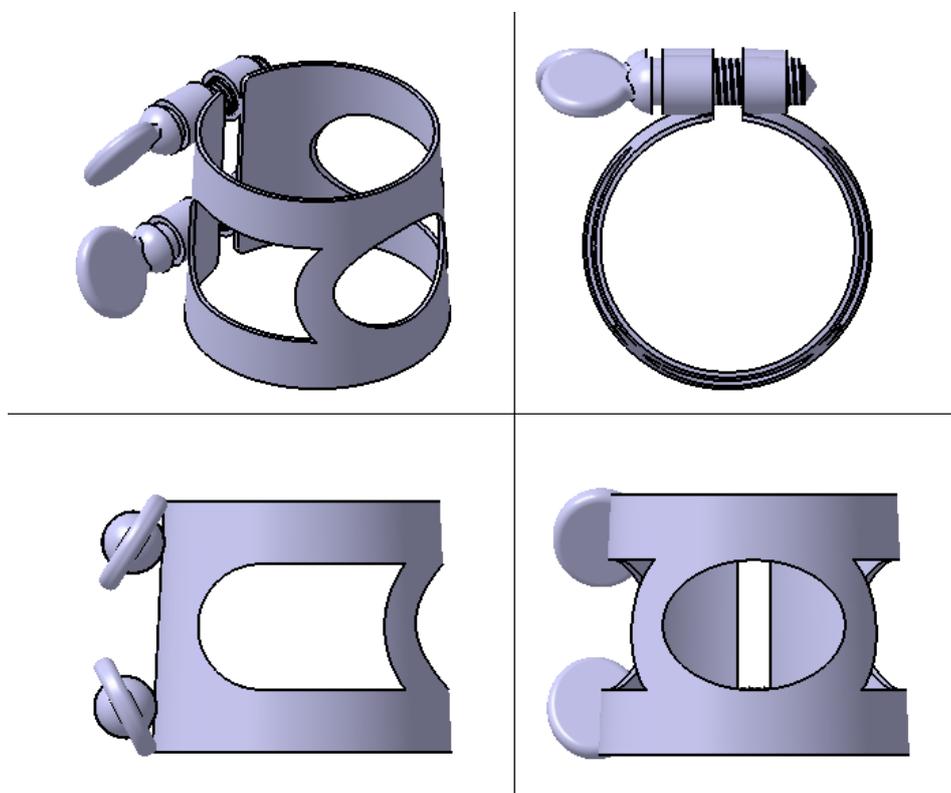


Figura 49: Abrazadera

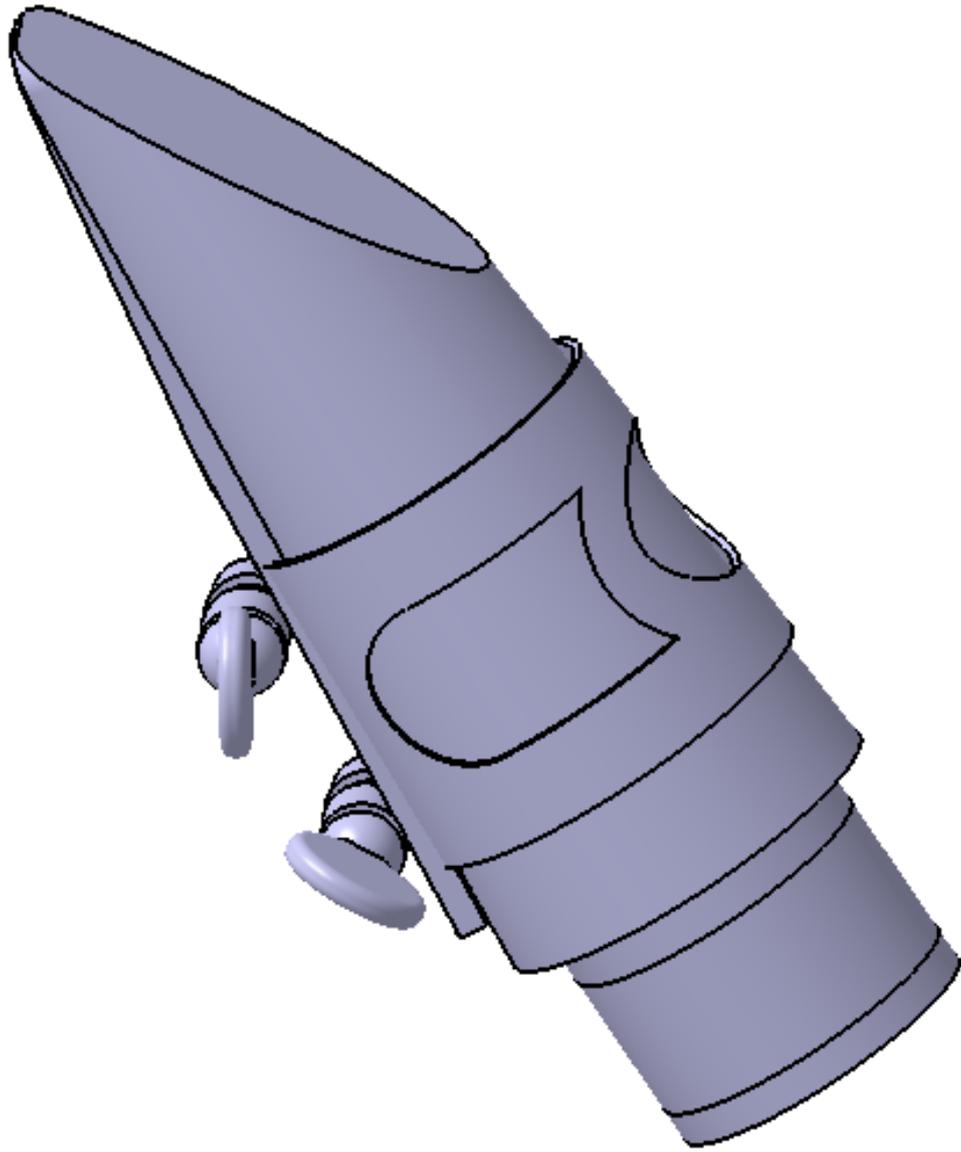


Figura 50: Montaje de la boquilla

4.4. CUERPO SUPERIOR

Respecto al modelado es este cuerpo superior, decir que es uno de los conjuntos que mayor dificultad presenta. Esto es debido a que alberga uno de los grupos de mecanismo de llaves y por consiguiente, contiene una gran cantidad de piezas. Se va a explicar en este apartado todas las llaves y elementos necesarios para el correcto funcionamiento de las mismas, si bien piezas repetidas como apoyos o corchos solo se explicarán o anunciarán una vez.

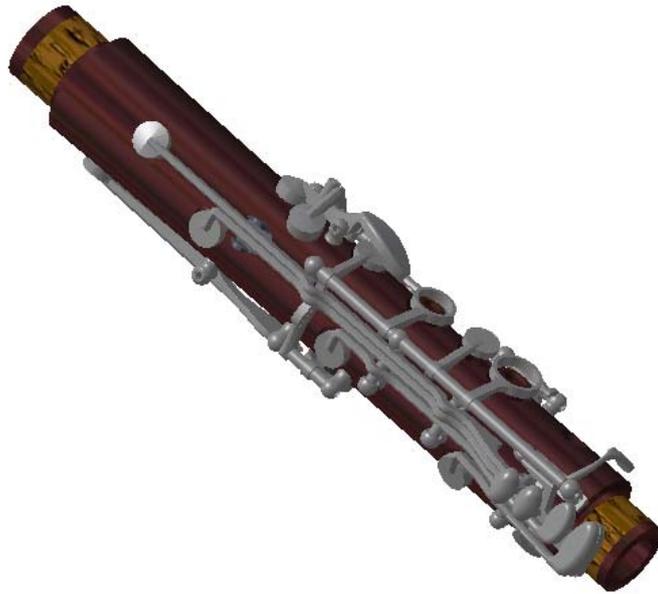


Figura 51: Ensamblaje del cuerpo superior

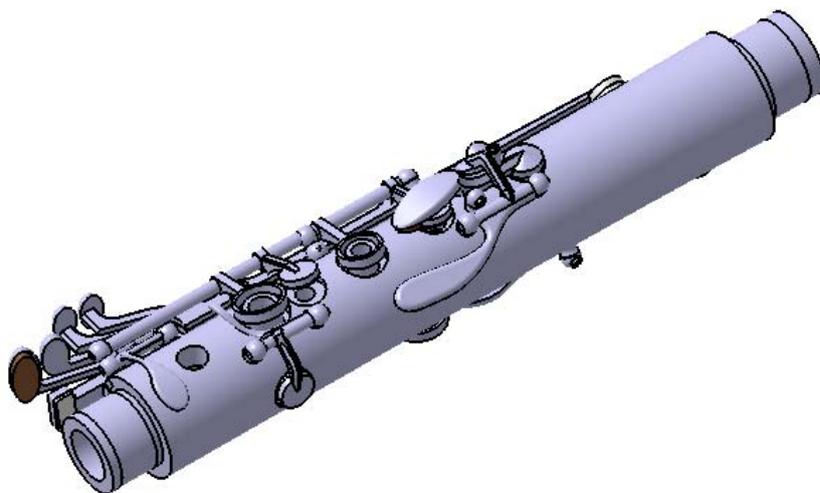


Figura 52: Ensamblaje del cuerpo superior. Segunda vista.

Se muestra a continuación una vista explosionada del conjunto. Puede apreciarse como las llaves cuentan con piezas de apoyo donde se fijan y donde basculan. Se han eliminado de esta vista los tornillos de fijación, ya que su exposición dificulta la visión de piezas más importantes, si bien debe tenerse en cuenta que por cada llave hay al menos un tornillo que la fija a su pieza de apoyo.

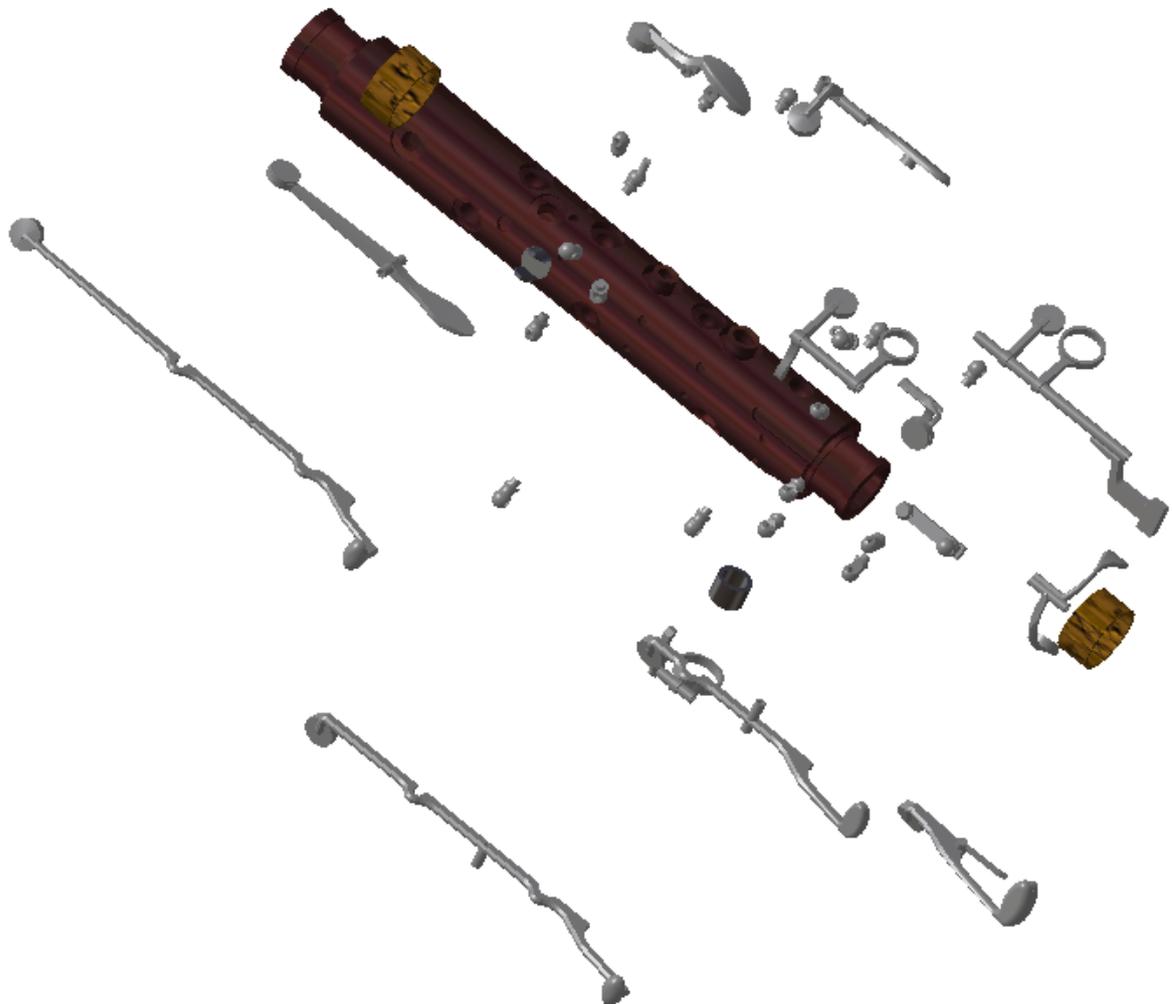


Figura 53: Vista explosionada del cuerpo superior completo

4.4.1. CUERPO

El cuerpo superior es principalmente cilíndrico con la parte superior ligeramente divergente. La cavidad interior es completamente cilíndrica. Cuenta con dos salientes en los extremos para la unión de este cuerpo con el barrilete por un lado y con el cuerpo inferior por el otro.

Esta pieza de madera, tiene multitud de taladros. Para los agujeros principales los taladros son pasantes y llevan a la cavidad interior, contando la mayoría de ellos con un rebaje circular concéntrico de pocos milímetros de profundidad, cuya función es servir de asiento para las anillas o platillos de las llaves. Otros agujeros no son pasantes y tienen como función anclar las piezas de apoyo de las llaves. En este cuerpo superior, estas piezas se fijan mediante adhesivo y con ajuste a presión.



Figura 54: Perspectiva del cuerpo superior

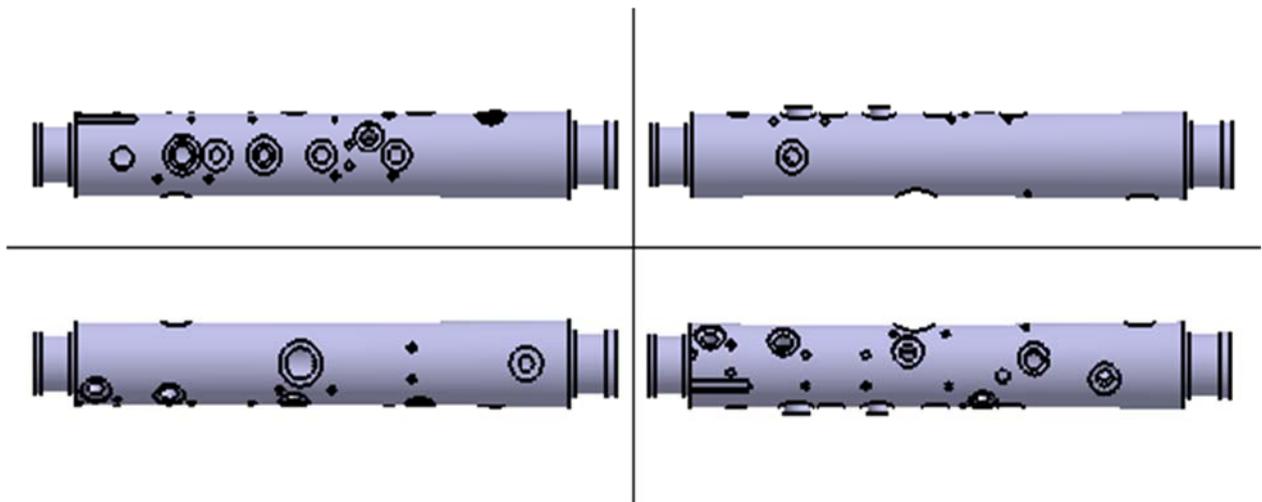


Figura 55: Vistas del cuerpo superior

Se ha obtenido la geometría principal por revolución, para después realizar los taladros con mediciones en distancia relativa respecto a los bordes superior o inferior y mediciones de ángulo relativo respecto a uno inicial, que por simplicidad se ha alineado con los ejes coordenados. Todas estas distancias y ángulos relativos se han parametrizado.

Como se ha anunciado al comienzo de este capítulo, uno de los aspectos que se han descubierto es que el diámetro exterior no es constante. En la parte superior aumenta ligeramente.

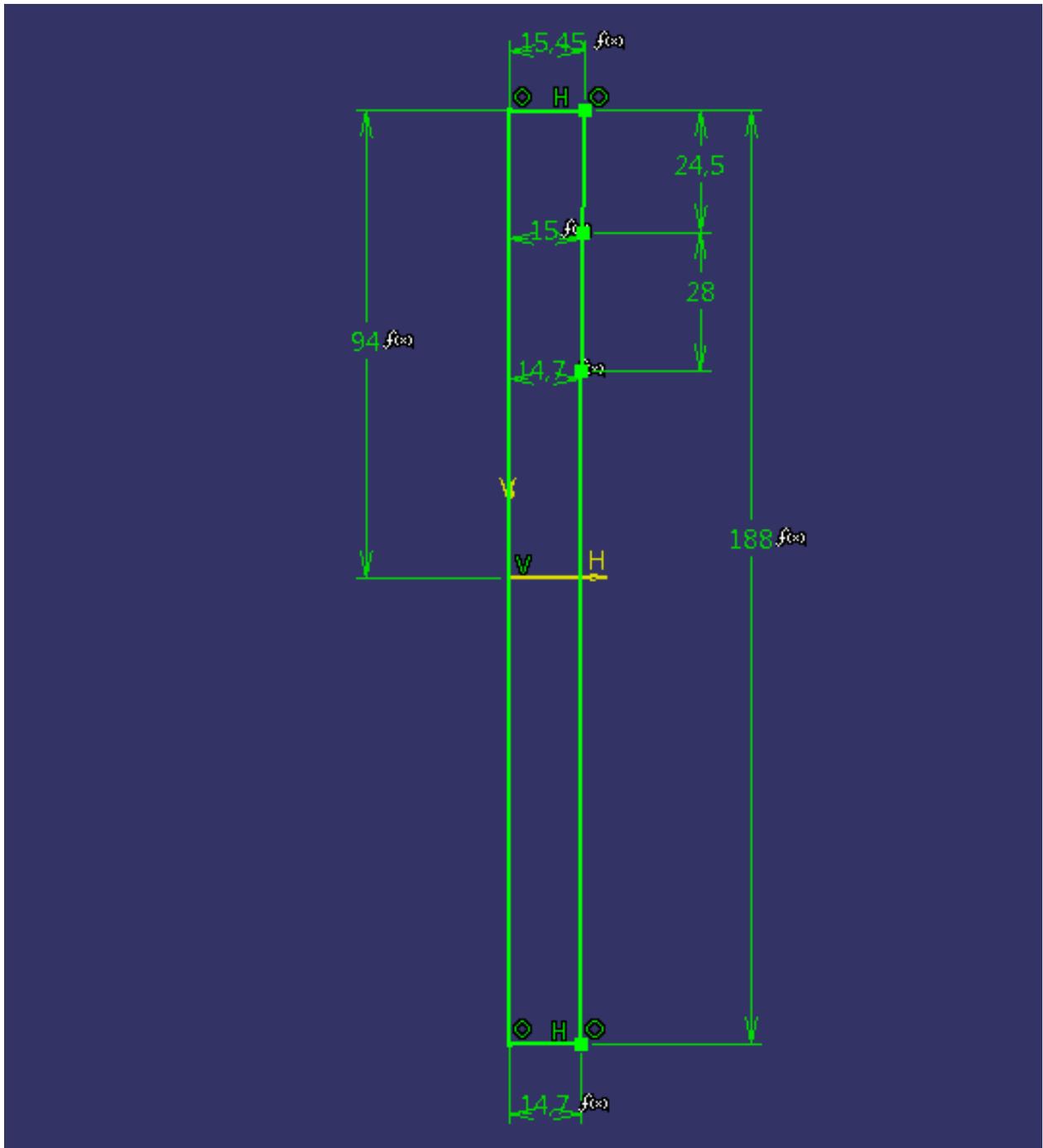


Figura 56: Boceto del perfil de revolución del cuerpo superior

4.4.2. PIEZAS DE APOYO

Las piezas de apoyo tienen como función la fijación de las llaves. Formadas por una zona hiperbólica que le aporta altura y terminadas en una esfera con un taladro pasante para el tornillo. Se han medido piezas de apoyo de diferentes alturas, pero todas con el mismo diámetro de esfera.



Figura 57: Pieza de apoyo

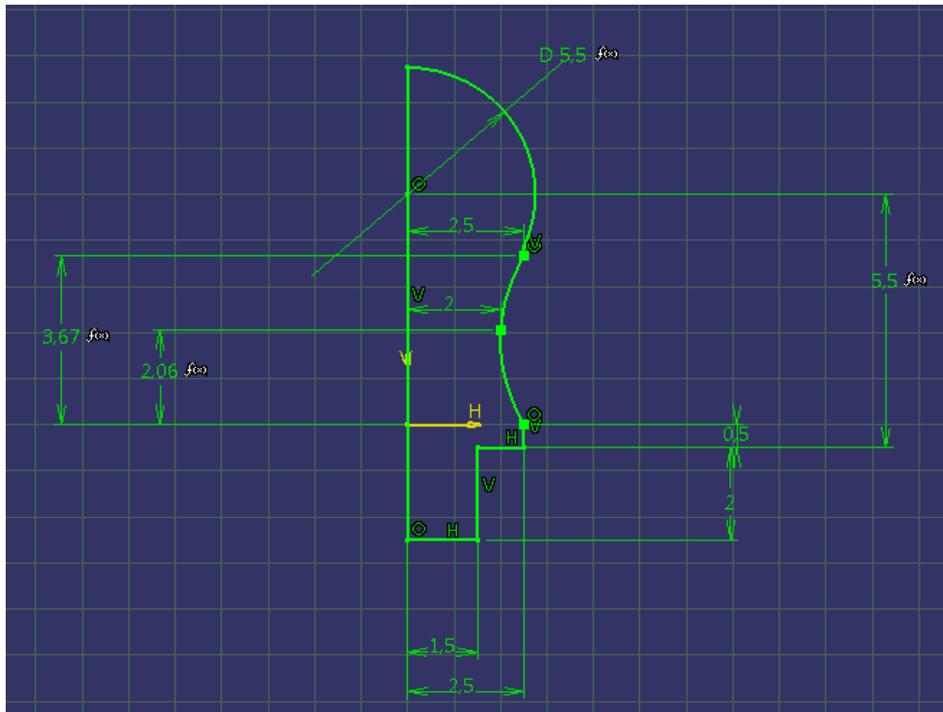


Figura 58: Boceto del perfil de revolución de las piezas de apoyo

Estas piezas de apoyo son un ejemplo claro de la importancia que tiene el modelado con parámetros en este proyecto. Prácticamente con dos parámetros se puede producir una familia completa de piezas de apoyo en este caso. Se ha parametrizado la altura a la que se encuentra el centro de la esfera, y el diámetro de la misma.

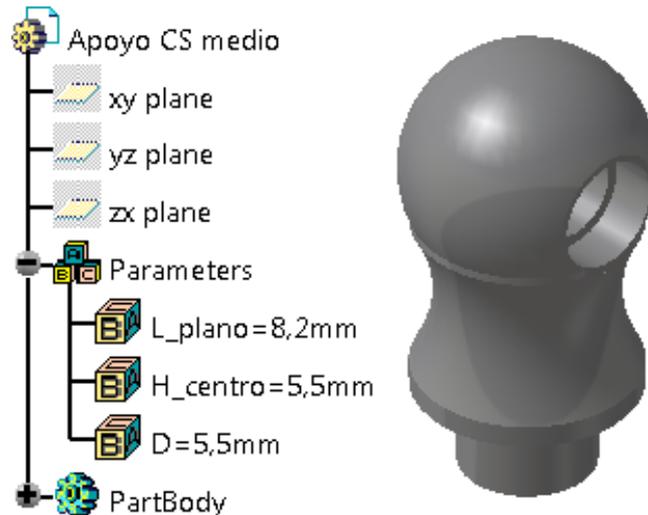


Figura 59: Parámetros de las piezas de apoyo

Encontramos también piezas de apoyo con un corte inclinado en la zona esférica, como es el caso de los apoyos de las llaves 7, 8, 10bis, 11 y 12.

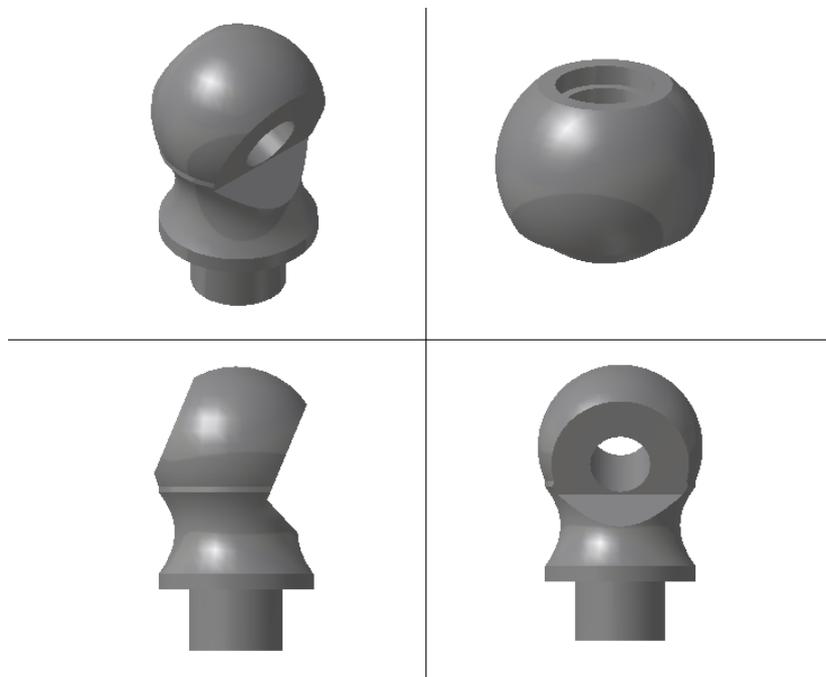


Figura 60: Piezas de apoyo con corte inclinado

4.4.3. ANILLA TRASERA

Esta anilla es concéntrica al agujero del pulgar de la parte trasera, y tiene la particularidad de tener una patilla a modo de brazo que queda posicionada bajo otra patilla que tienen las anillas de la parte delantera. Con esto, al tapar el agujero posterior se pulsa esta anilla trasera que a su vez hace girar las anillas delanteras para tapar otros agujeros.

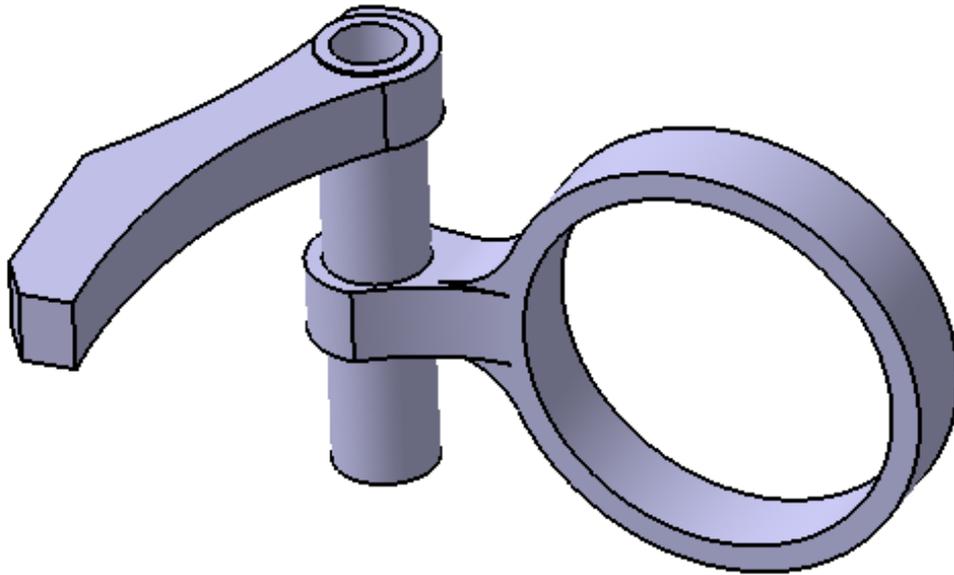


Figura 61: Anilla trasera

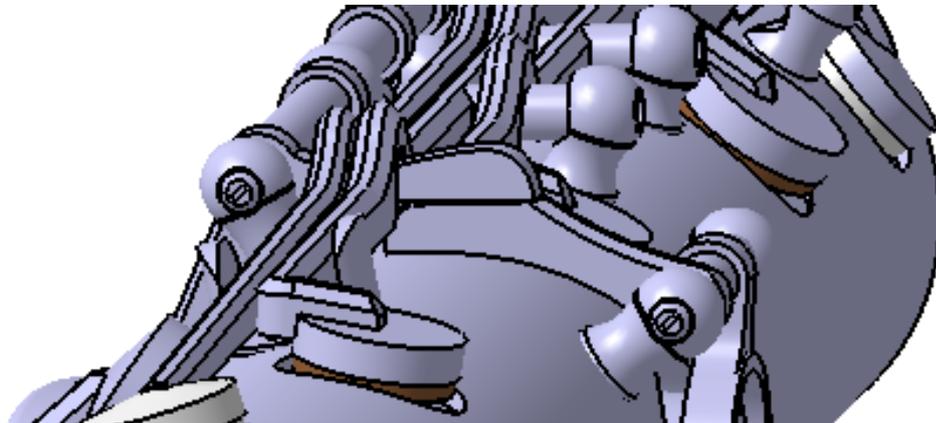


Figura 62: Detalle del montaje de la anilla trasera

Nótese la importancia de la geometría curvada de la patilla de accionamiento. Debe adaptarse a la superficie exterior del cuerpo de madera en posición de reposo. Se ha ajustado en el montaje con ayuda de los parámetros.

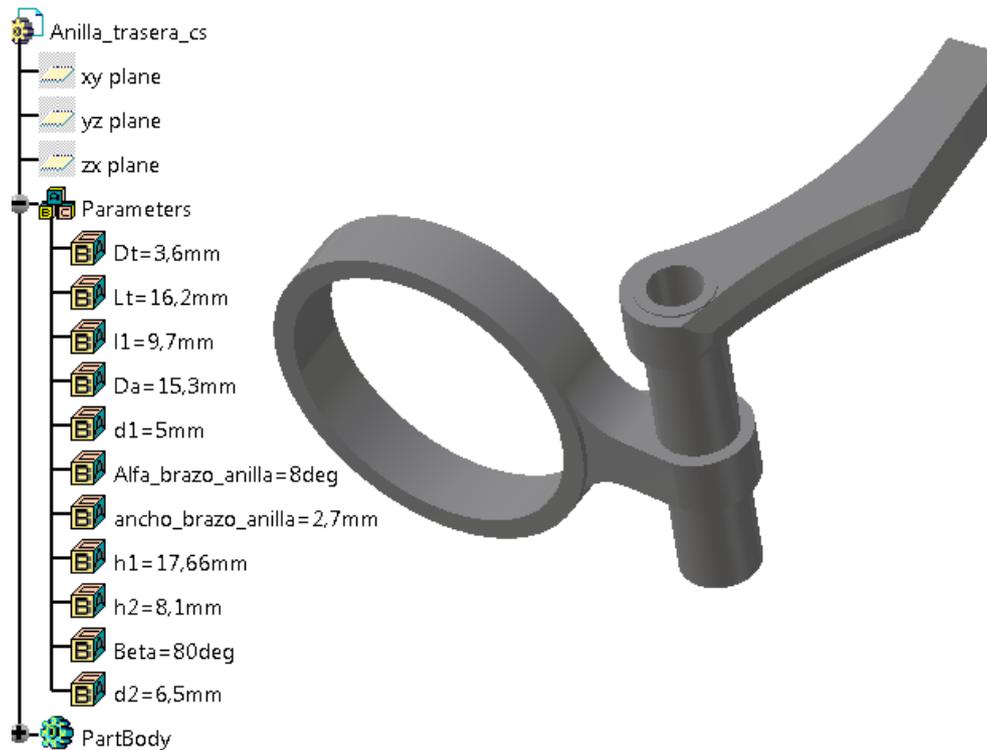


Figura 63: Parámetros de la anilla trasera

Tiene el agujero trasero un bulón de acero saliente del mismo, que queda enrasado con la anilla trasera cuando con el pulgar se tapa el agujero. Tiene como función la alineación de esta anilla, para que el brazo pueda accionar correctamente las anillas delanteras.

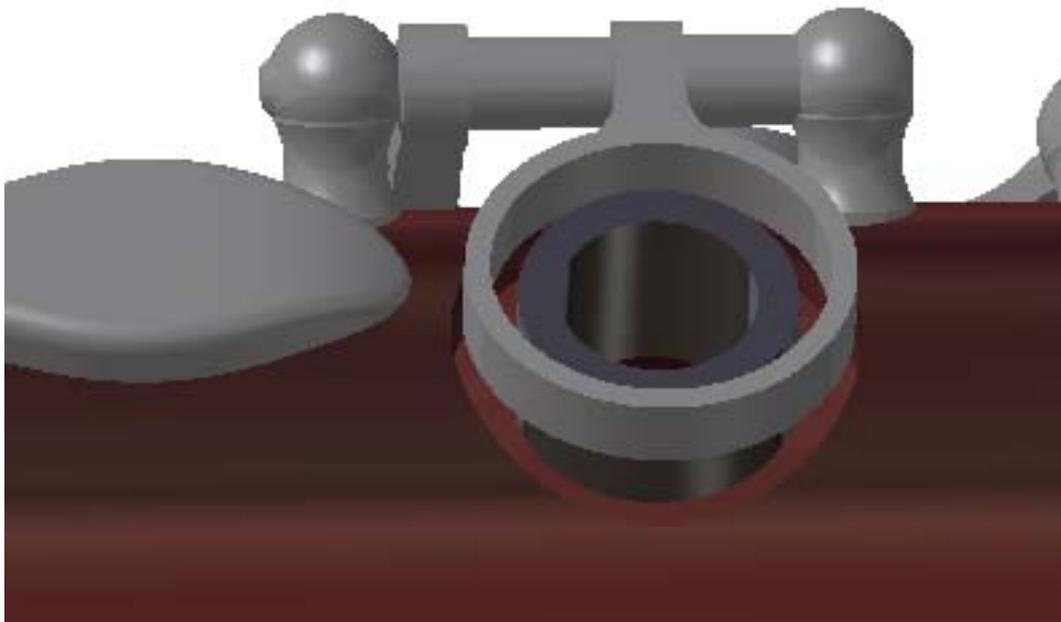


Figura 64: Detalle del bulón del agujero trasero

4.4.4. ANILLA SUPERIOR DELANTERA

Son estas las anillas que cuentan con una patilla a modo de brazo, el cuál está posicionado sobre el brazo de la anilla trasera, explicada anteriormente. Consta de anilla que quedará concéntrica a un agujero y de un platillo con zapatilla que tapa otro agujero.

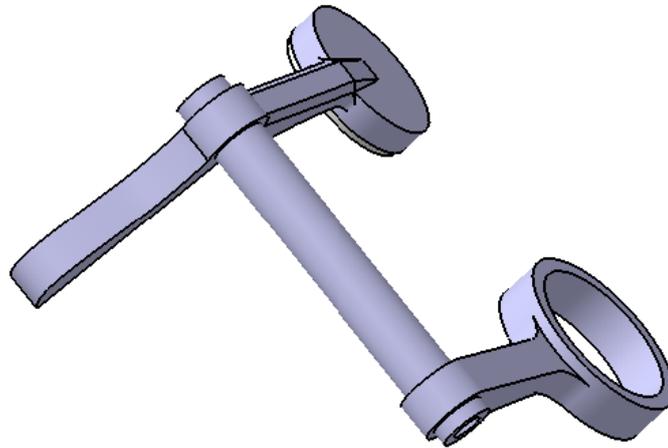


Figura 65: Anillas superiores delanteras

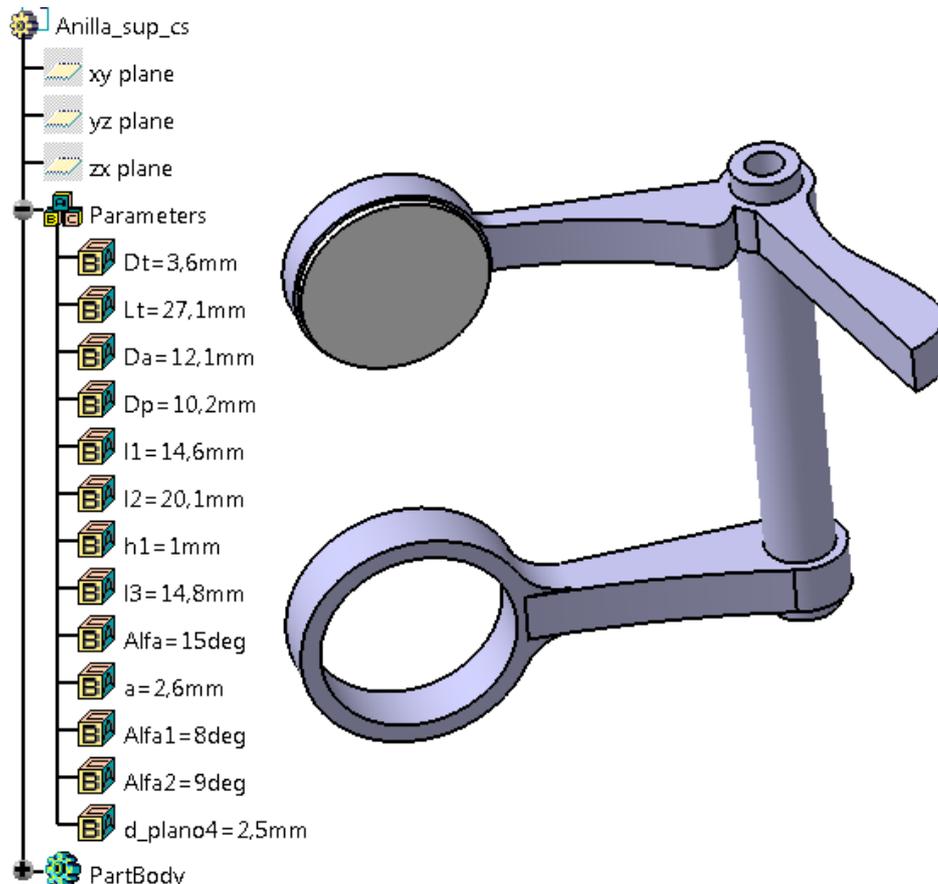


Figura 66: Parámetros de la anilla superior delantera

AL medir esta pieza, se ha comprobado en el montaje de la misma en su posición definitiva en el cuerpo superior, que no son paralelas la anilla y el platillo, aunque la desviación es muy pequeña.

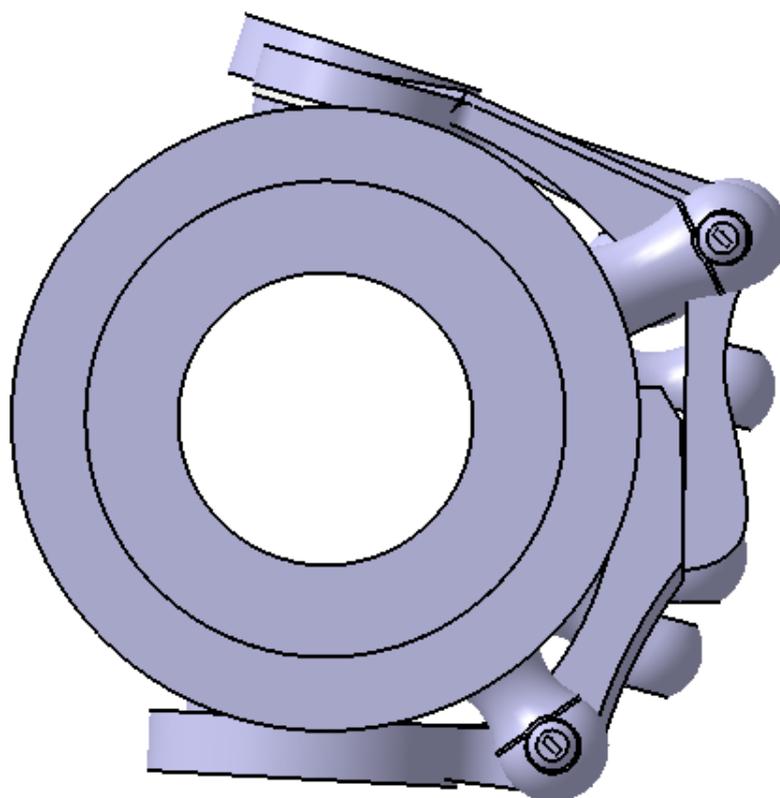


Figura 67: Vista en planta del ensamblaje de la anilla trasera y superior delantera

4.4.5. ANILLA INFERIOR DELANTERA

Esta anilla, situada justo a continuación de la anilla anterior cumple una función similar. Tiene una anilla concéntrica a un agujero y un platillo con zapatilla que tapa un agujero. En este caso, tiene una patilla a modo de brazo que interactúa con el cuerpo inferior.

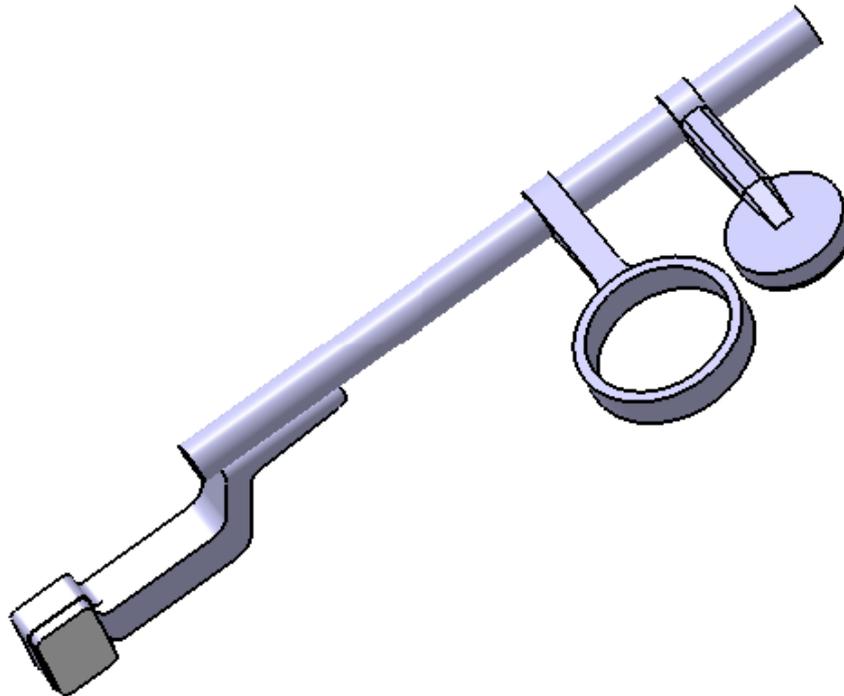


Figura 68: Anillas delateras inferiores

Es fundamental el ajuste correcto de la patilla con la equivalente del cuerpo inferior. Nótese que dicho ajuste puede influir en el “levantamiento” del platillo, no pudiendo tapar o dejar tapado a la mitad el agujero, lo que afectaría al sonido.



Figura 69: Ensamblaje de las anillas del cuerpo superior

Se muestra en la imagen a continuación, el peculiar apoyo que tiene esta anilla en la parte inferior. Se trata de una pieza prismática con doble apoyo, ya que será compartido con la llave 6.

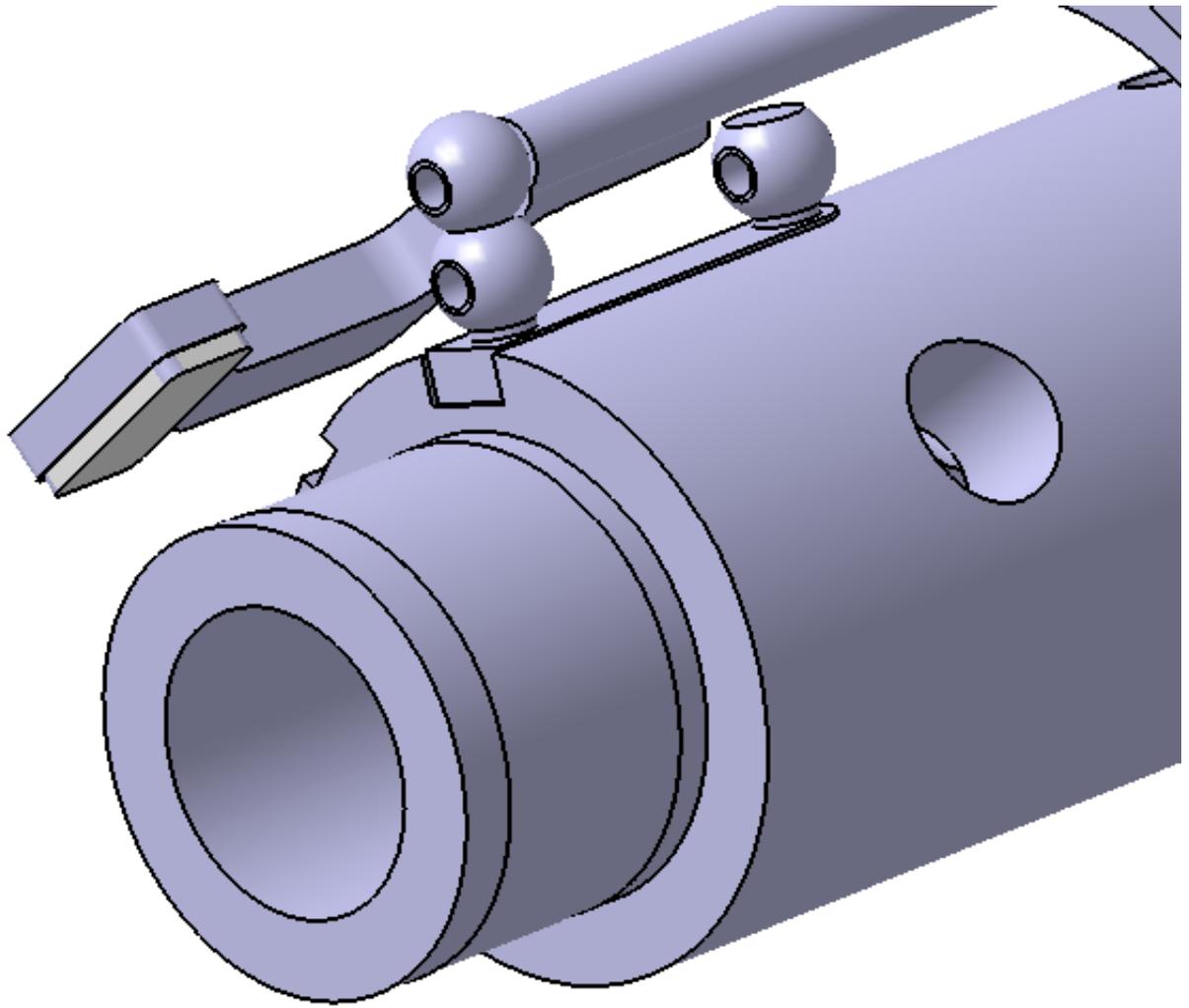


Figura 70: Detalle del apoyo de la anilla inferior delantera

4.4.6. LLAVE 12

Esta llave también conocida como “llave doceava” es la primera llave que tuvo el clarinete, y su función es cambiar de registro mediante acordes de doceava (12 tonos). Situada en la parte trasera, se pulsa con el pulgar de la mano izquierda. Bascula o gira sobre unos apoyos dispuestos de forma radial y que por tanto deben presentar un recorte inclinado para apoyar de forma plana el eje de la llave.

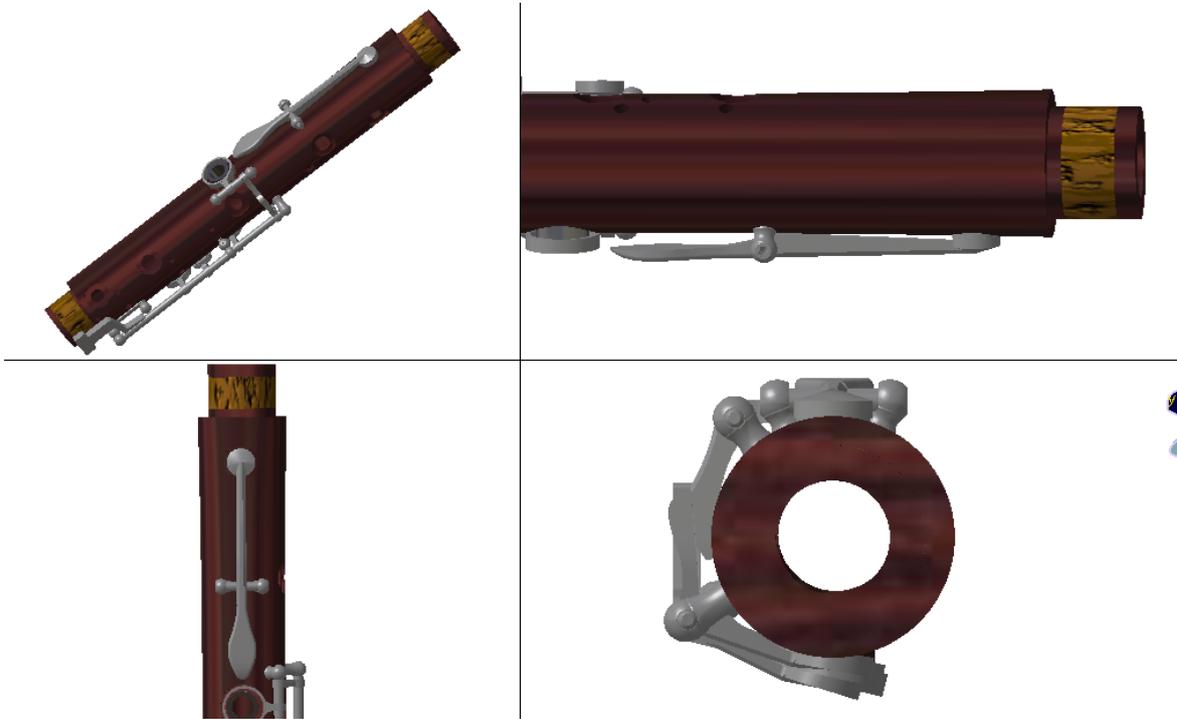


Figura 71: Ensamblaje de la llave 12

El diseño de la zona de apoyo del pulgar es muy importante en la ergonomía de la llave, ya que el dedo con la yema situada en el agujero con anilla de la zona trasera, debe con un movimiento sutil pulsarla. Se ha medido el perfil de la llave en sucesivos puntos, parametrizando el ancho y la distancia entre puntos de medición para modelar la llave.

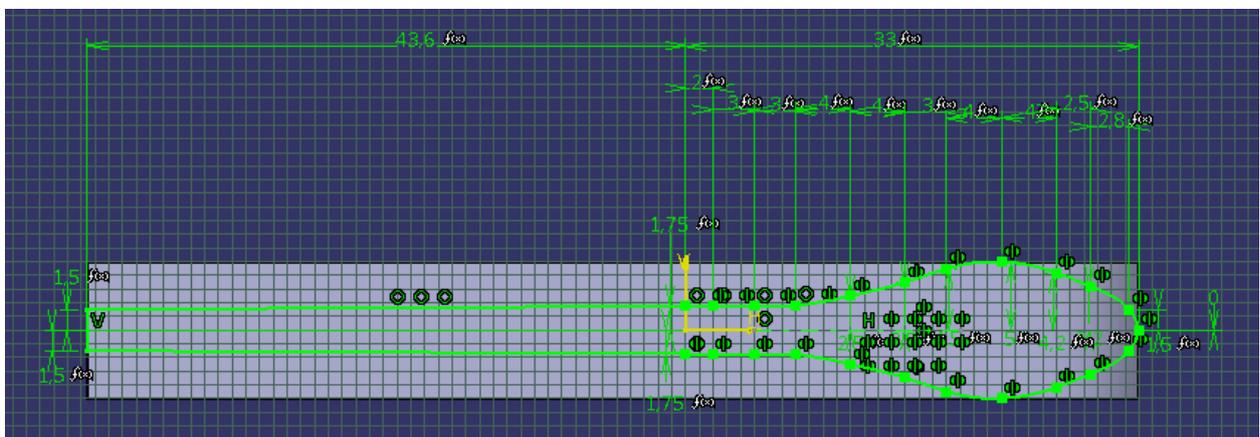


Figura 72: Boceto del perfil de la llave 12

Se han realizado fundamentalmente operaciones de protusión (pad) y de vaciado (pocket) para obtener el perfil de la llave.

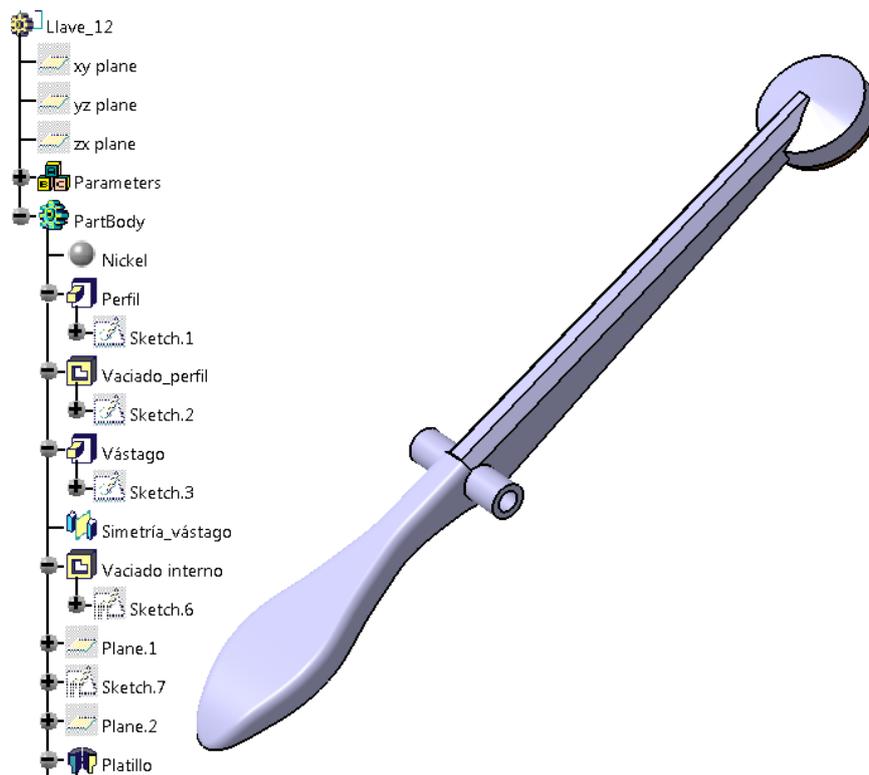


Figura 73: Partbody de la llave 12

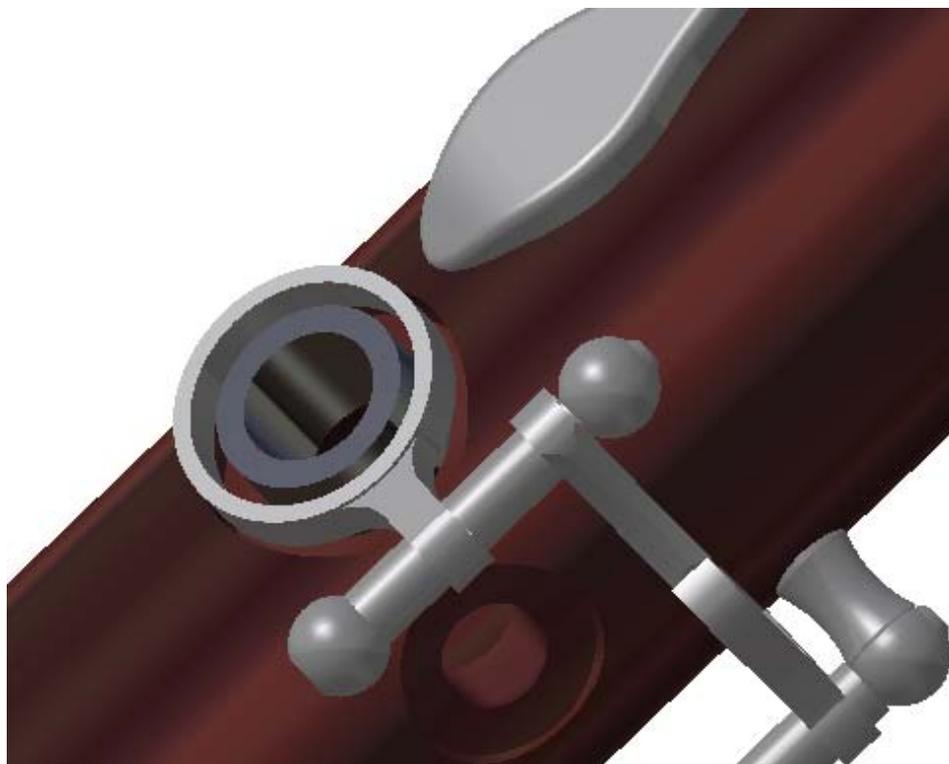


Figura 74: Detalle de la posición final de la llave 12

4.4.7. LLAVE 7

La llave 7 es la más corta de un grupo de cuatro llaves que se colocan muy juntas, y que pulsadas con el lateral del dedo índice de la mano derecha participan fundamentalmente en la interpretación de notas rápidas o notas de paso.

Se coloca de forma inclinada en el cuerpo superior, cosa que dificulta su medición y su montaje y ajuste. Presenta dos ángulos de inclinación diferenciados. Uno de estos ángulos hace referencia al eje de giro y el otro a la inclinación del platillo y zapatilla.

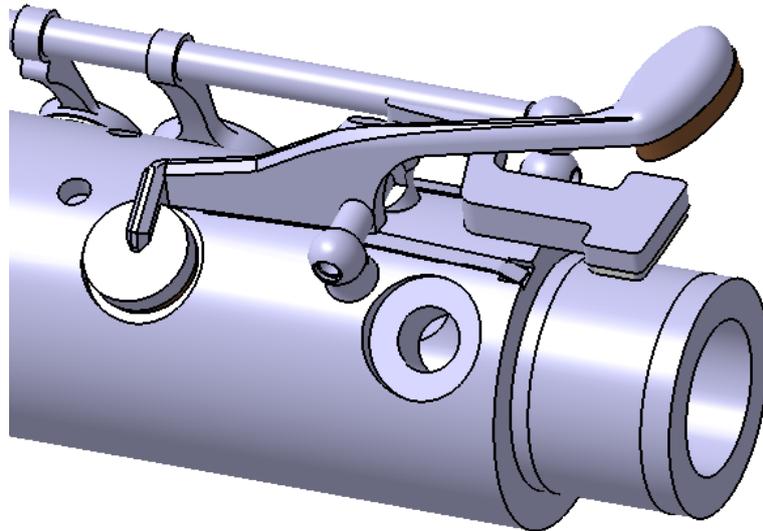


Figura 75: Ensamblaje de la llave 7

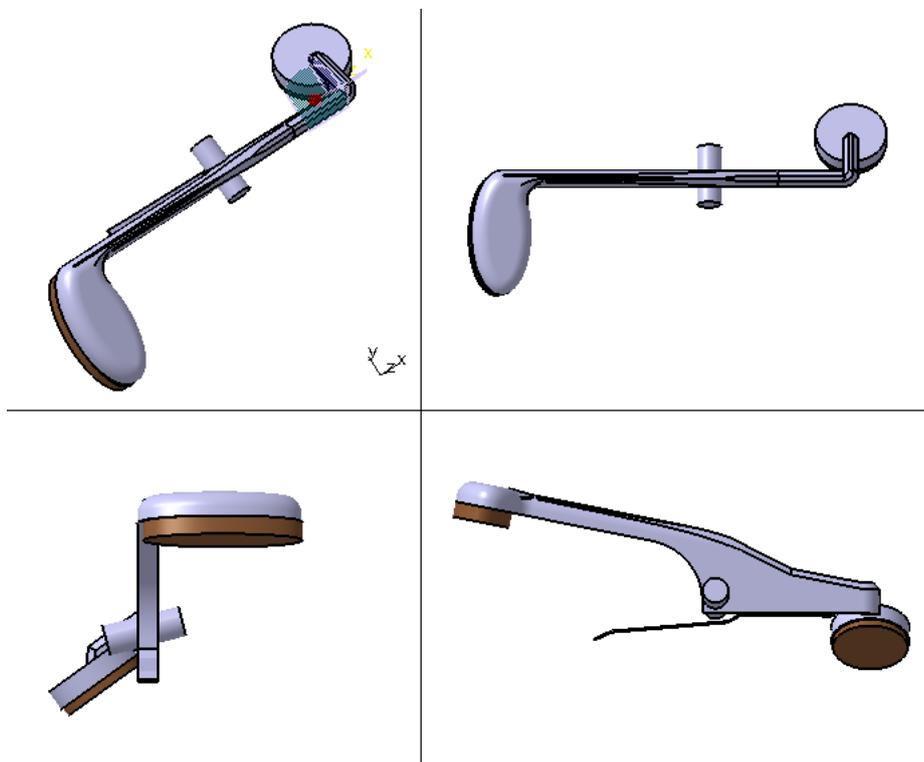


Figura 76: Vistas de la llave 7

En esta llave puede apreciarse con claridad el resorte que incluye. Esta llave 7, así como las tres que le acompañan (llave 8, llave 10bis y llave 11) poseen este mismo tipo de pletina que, anclada al cuerpo en el extremo posibilita el retorno de la llave a su posición de reposo tras ser accionada.



Figura 77: Detalle del resorte de la llave 7 en el clarinete real

4.4.8. LLAVE 8

La llave 8 es en concepto similar a la anteriormente explicada llave 7. Para su modelado ha compartido referencias con ésta y se ha añadido un puente para el eje de la llave 10bis que debe pasar justo por ahí.

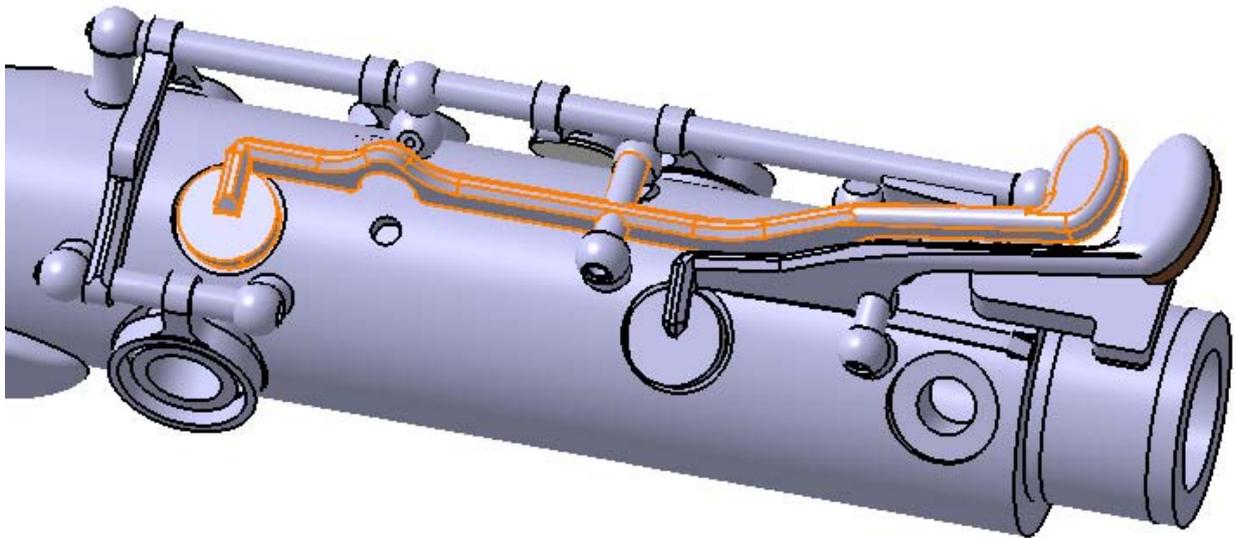


Figura 78: Ensamblaje de la llave 8

Se ha comprobado que las superficies de pulsación, las zonas donde el dedo acciona las llaves, son paralelas en la 7 y 8.

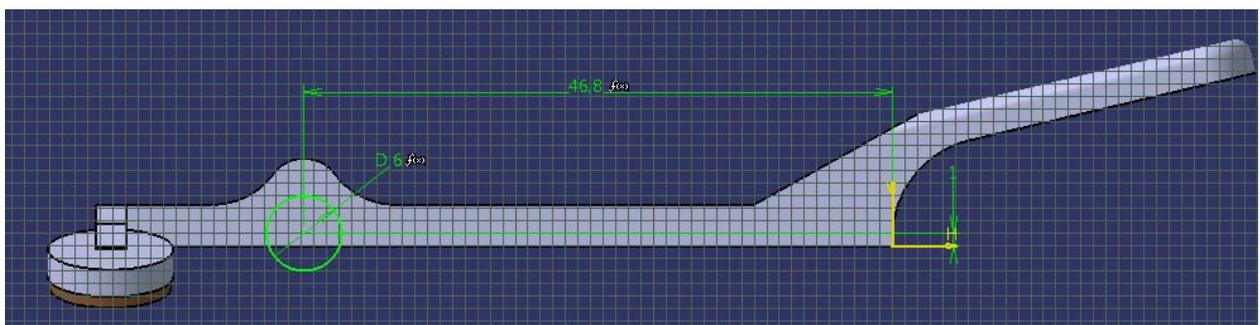


Figura 79: Boceto parametrizado del vaciado del puente

4.4.9. LLAVE 10BIS

La llave 10bis, colocada junto al grupo de las llaves 7 y 8 difiere de las anteriores en la zona de pulsación (yema), que en este caso es perpendicular a la llave, mientras el platillo mantiene la misma disposición que en las anteriores, con un pequeño brazo inclinado.

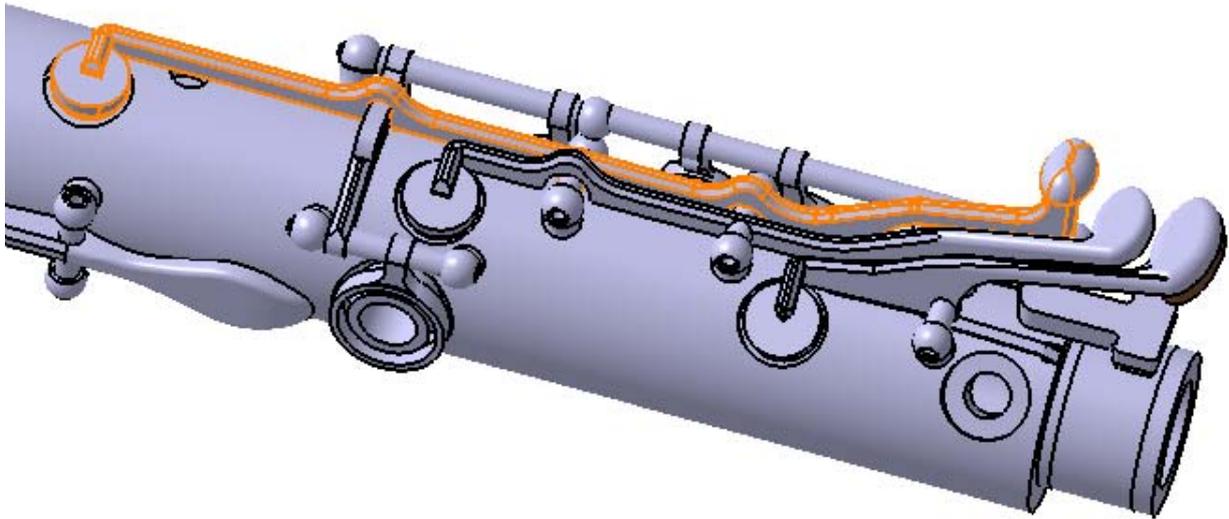


Figura 80: Ensamblaje de la llave 10bis

Esta llave como puede apreciarse en la imagen, tiene dos puentes que habilitan el paso del eje de la llave 8 en el puente más retrasado, y el movimiento de las patillas que tienen las anillas trasera y superior delantera en el puente más adelantado.

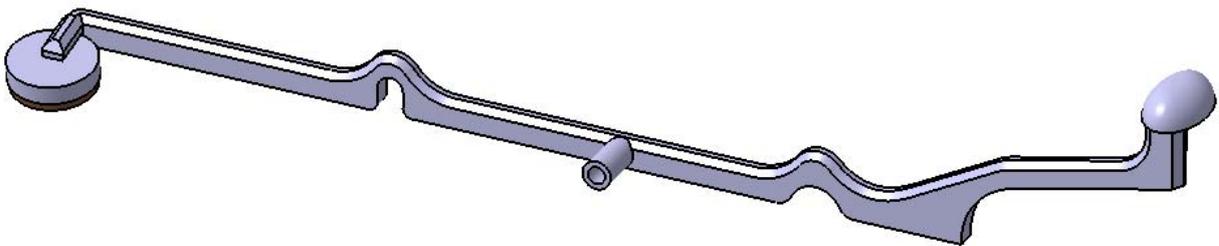


Figura 81: Vista en perspectiva de la llave 10bis

4.4.10. LLAVE 11

La llave 11, muy parecida a la llave 10bis, es la más larga de este conjunto de cuatro que se colocan juntas. Con la yema o zona de pulsación perpendicular a la misma, tiene en este caso el platillo de la zapatilla recto, sin brazo de unión. Se ha comprobado que también tiene una pequeña inclinación del platillo para el ajuste y cerrado correcto del agujero correspondiente.

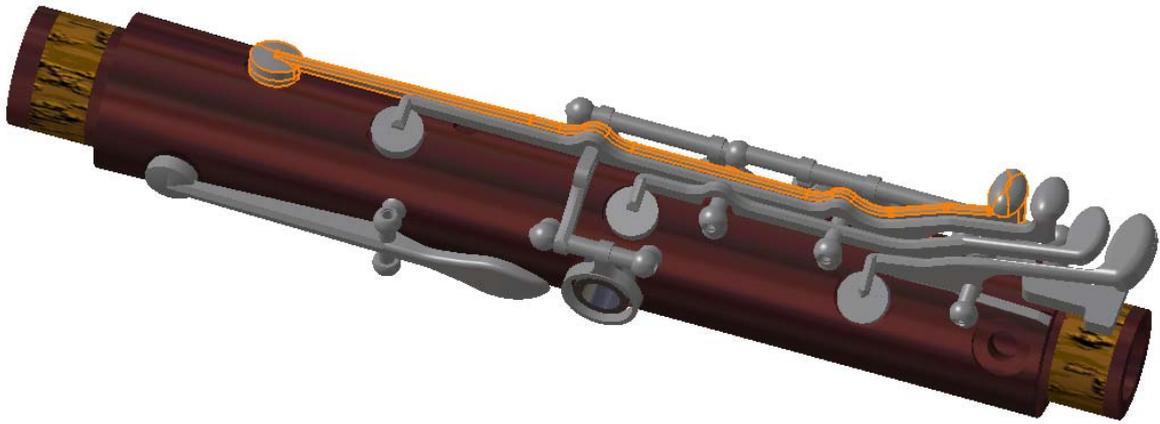


Figura 82: Ensamblaje de la llave 11

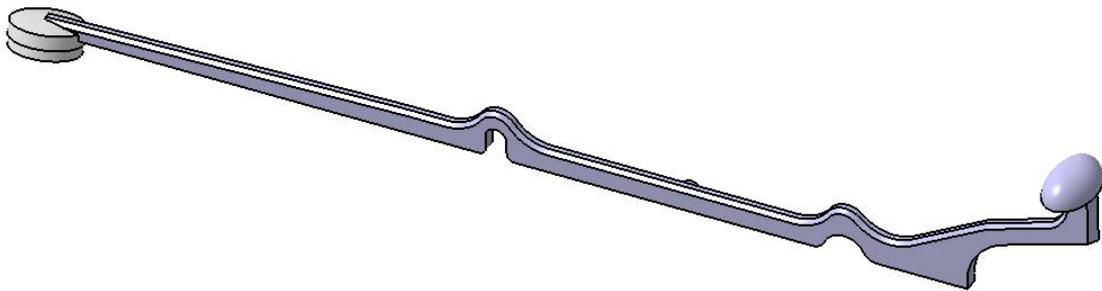


Figura 83: Vista en perspectiva de la llave 11

Como se puede entender, la llave ha de tener los dos puentes que cumplen la misma función que en las llaves 8 y 10bis. En la imagen siguiente puede apreciarse la inclinación del platillo.

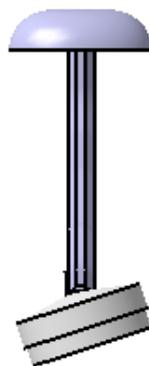


Figura 84: Detalle de la inclinación de la llave 11

Señalar que las llaves 10bis y 11 tienen una pieza de acero en forma de *U*, que las rodea. Su función es mantener alineadas o guiadas correctamente a ambas llaves y evitar imperfecciones en el taponado de respectivos agujeros debido a la elevada longitud de las mismas.

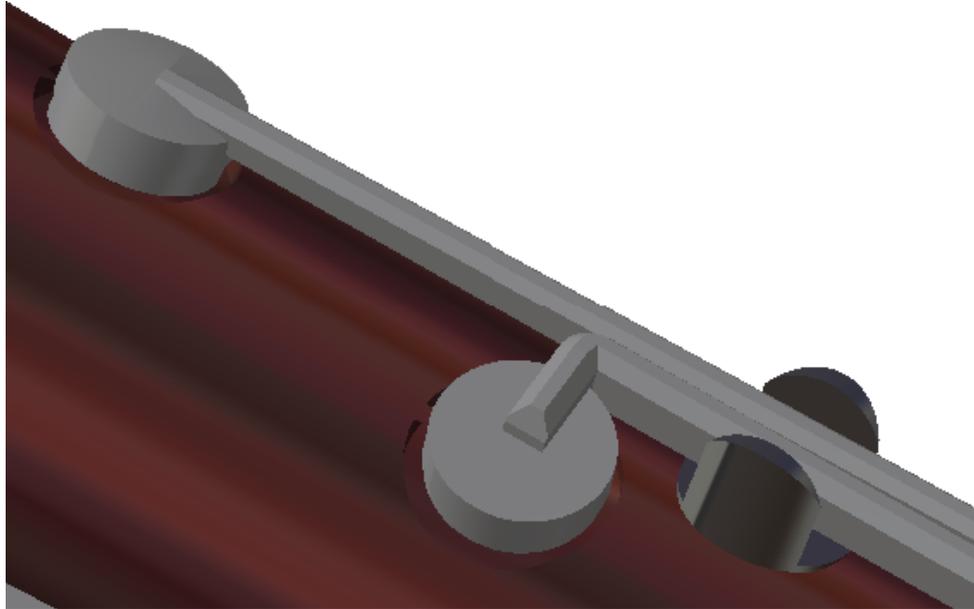


Figura 85: Detalle de la pieza de guiado en forma de U

4.4.11. LLAVE 7 BIS

La llave 7bis, colocada en la zona izquierda del cuerpo superior se usa para tocar tanto la nota **re sostenido** como su doceava, la nota **la sostenido**. Encajada entre dos apoyos rectos, presenta una especial complejidad en su modelado debido a la curvatura de sus brazos.

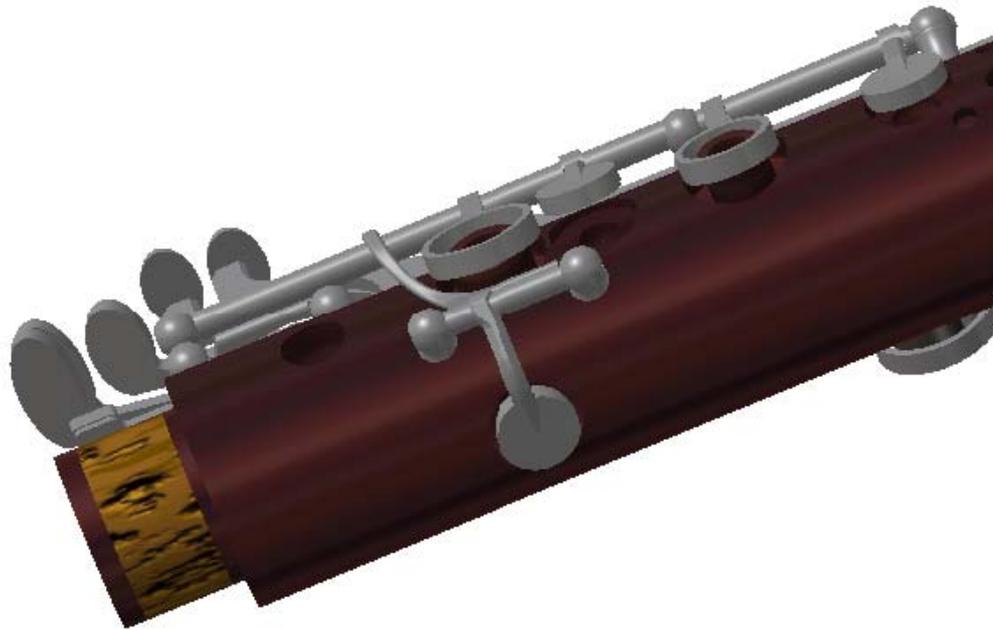


Figura 86: Ensamblaje de la llave 7bis

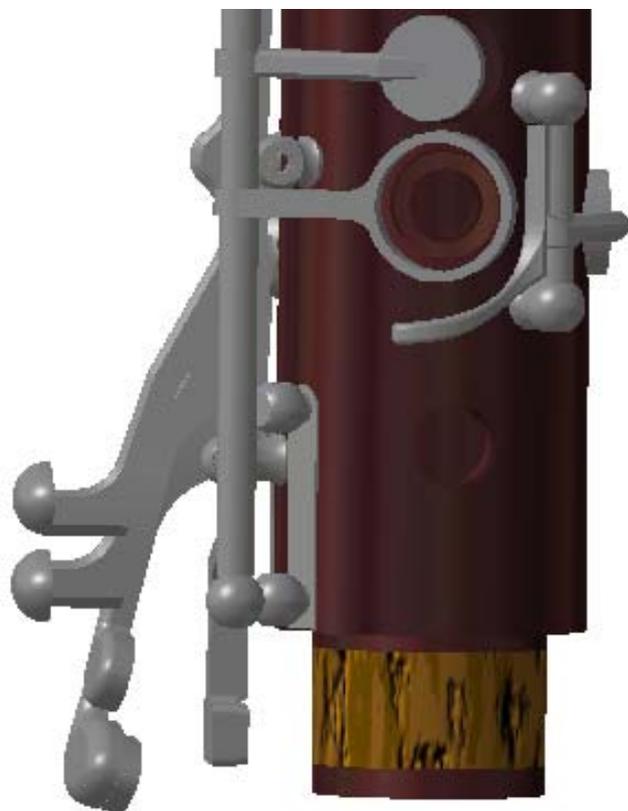


Figura 87: Vista frontal del montaje de la llave 7bis

Es necesario resaltar cómo la llave cuenta con un brazo que se une al platillo y zapatilla, que rodea al cuerpo para tapar el agujero correspondiente. A la vez, el accionamiento de esta llave se realiza mediante otro fino brazo muy alabeado que se curva en la zona delantera.

Se ha logrado modelar suficientemente bien mediante parámetros la doble curvatura que presenta la yema o zona de pulsación de esta llave. Si bien, pensando en un hipotético caso de fabricación de la pieza se considera necesario un ajuste progresivo de los citados parámetros para conseguir la geometría correcta en cuanto a funcionalidad y ergonomía se refiere.



Figura 88: Vista en planta de la llave 7bis

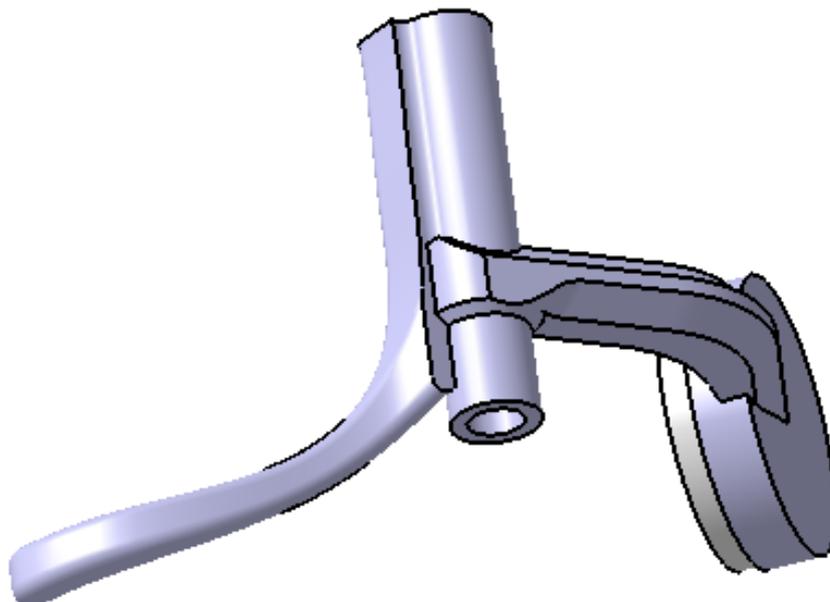


Figura 89: Perspectiva de la llave 7bis

4.4.12. LLAVE 10

La llave 10 está colocada en la parte superior delantera y forma un subconjunto con la llave 9.

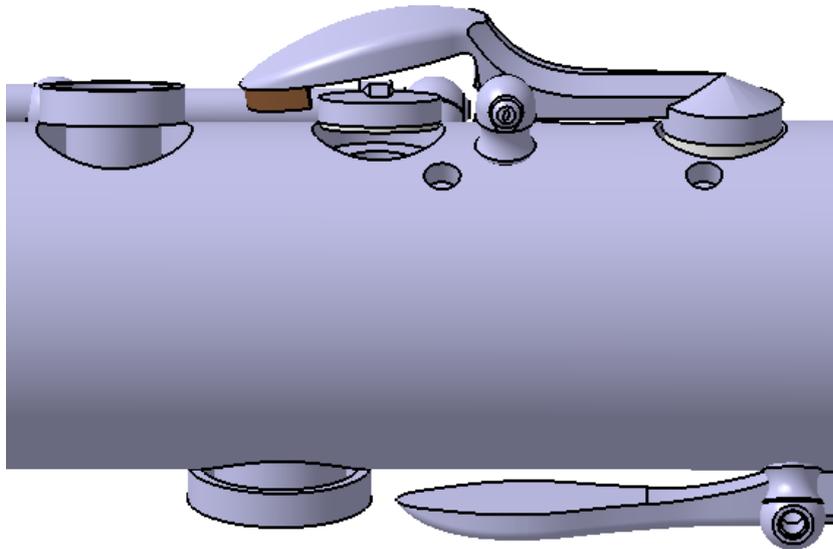


Figura 90: Ensamblaje de la llave 10

Cuenta con una zona muy plana donde se ubica el platillo y la zapatilla, que también servirá de base para un tornillo de interacción que se explicará en la llave 9, y tiene por otro lado una zona muy elevada y curvada que tiene la yema o zona de pulsación. Justo por debajo de esta zona se ubica un platillo de la anilla superior delantera. Puede apreciarse el corcho que posee la llave en el extremo de la yema que sirve de protección para que la llave no golpee el cuerpo superior en su funcionamiento.

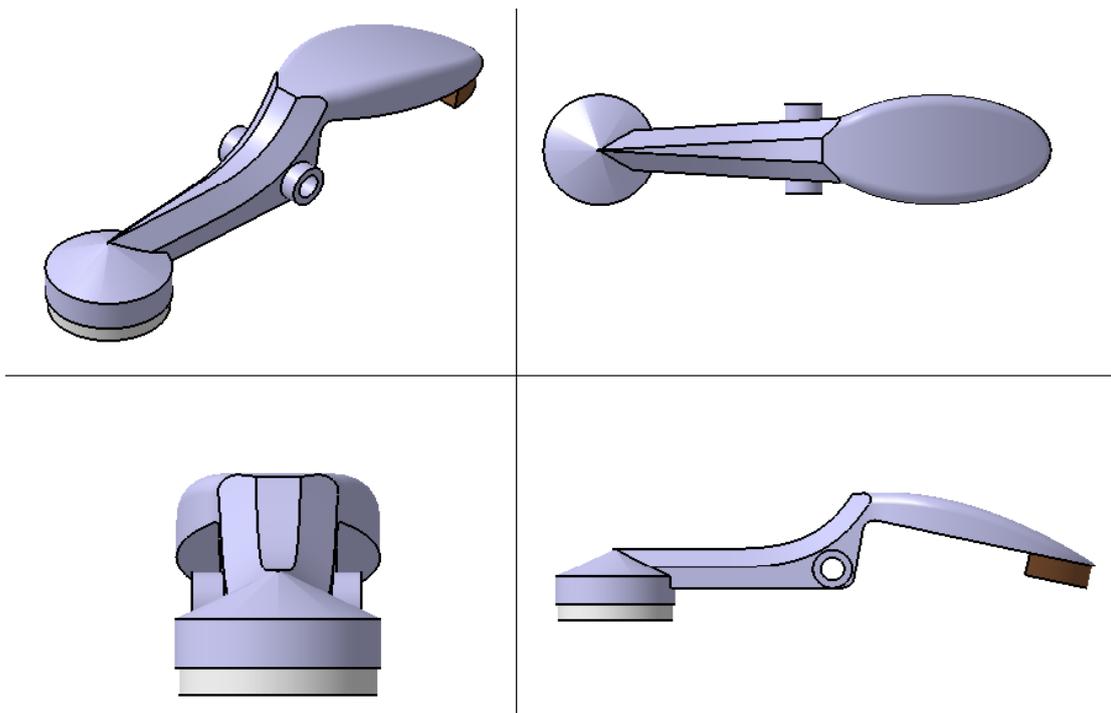


Figura 91: Vistas de la llave 10

Merece la pena señalar que es la llave 10 otra en las que el diseño de la yema es sumamente importante ya que su accionamiento se realiza girando el dedo índice de la mano izquierda desde el agujero de la primera anilla (superior delantera). Ambas piezas deben tener la proximidad adecuada para que se puedan accionar cada una por separado (anilla y llave 10) de forma cómoda y efectiva.

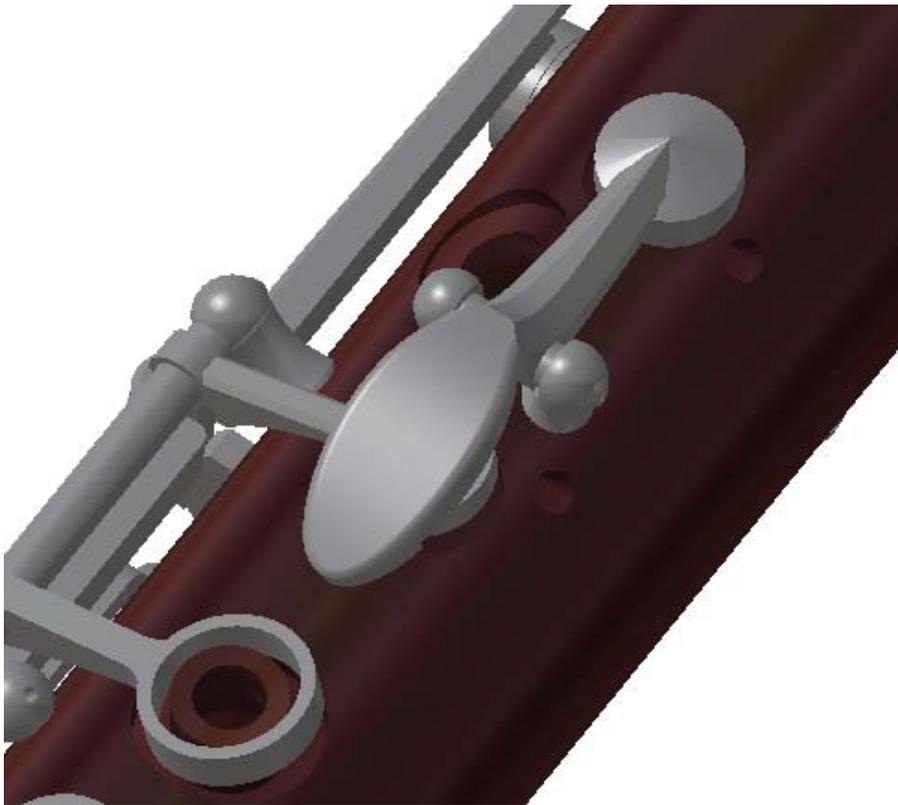


Figura 92: Detalle del ensamblaje de la llave 10

4.4.13. LLAVE 9

La llave 9 forma un conjunto con la llave 10 ya que tiene interacción directa con ella.



Figura 93: Ensamblaje de la llave 9

Consta la llave 9 de dos partes muy bien diferenciadas. A su eje se une por un lado un brazo en forma de arco en cuyo extremo se sitúa el platillo con zapatilla. Tiene el brazo en el centro un cilindro soldado delicadamente en el que se aloja un tornillo, el cuál apoya en la llave 10 que tiene justo debajo. El accionamiento de la llave 10 implica, por lo tanto, el accionamiento de la llave 9, pudiéndose ajustar el levantamiento de ésta última mediante el citado tornillo.

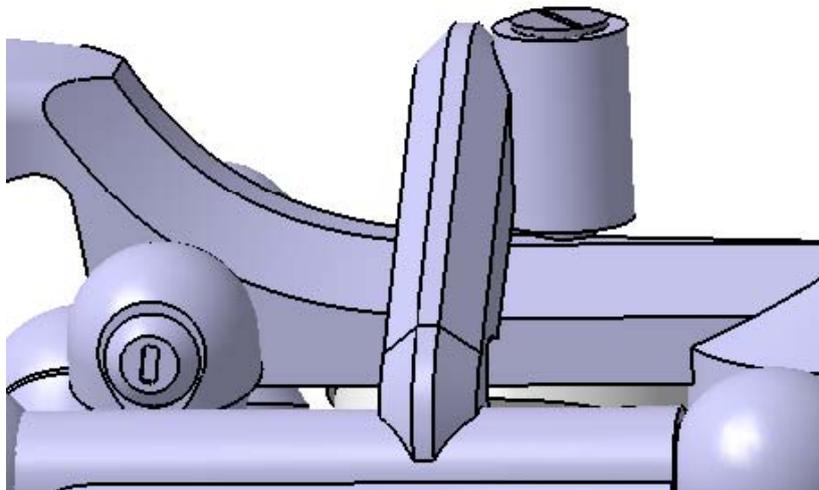


Figura 94: Detalle del tornillo de interacción entre las llaves 9 y 10

También se une al eje de la llave una amplia zona de pulsación cuya geometría podríamos decir que se asemeja a una lágrima. Queda esta zona en el lateral del cuerpo y por tanto notificamos nuevamente de su importancia en cuanto a ergonomía se refiere. Posee esta “lágrima” un tope en su parte posterior que limita el levantamiento de la llave a la vez de proteger el cuerpo de golpes bruscos debidos al accionamiento de la llave.

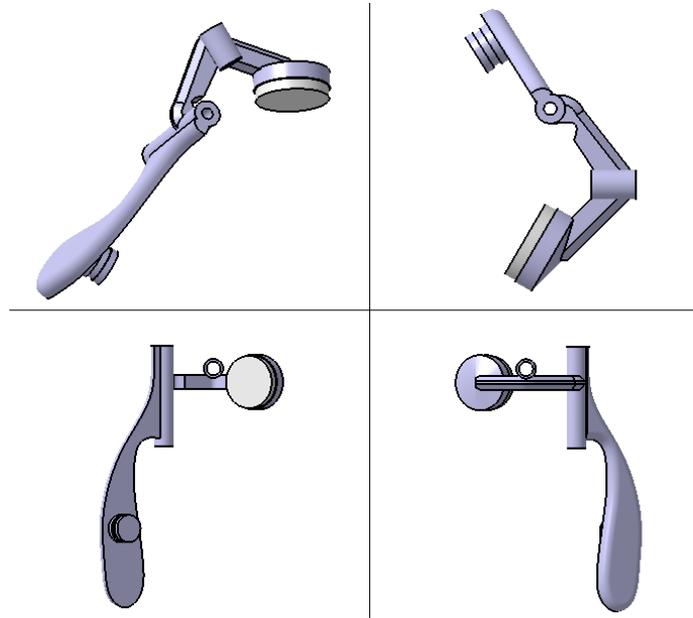


Figura 95: Vistas de la llave 9

A pesar de la dificultad que supone tomar referencias y medir geometrías tan curvadas y que entendemos se fabrican con un resultado final fruto de la experiencia y el ajuste artesanal, se ha querido modelar de la manera más fiel posible la geometría de la zona de pulsación de la llave, ya que se considera que es fundamental en el diseño de la misma y que posibilita que el instrumento pueda tocarse con comodidad, más allá de otras cuestiones estéticas.

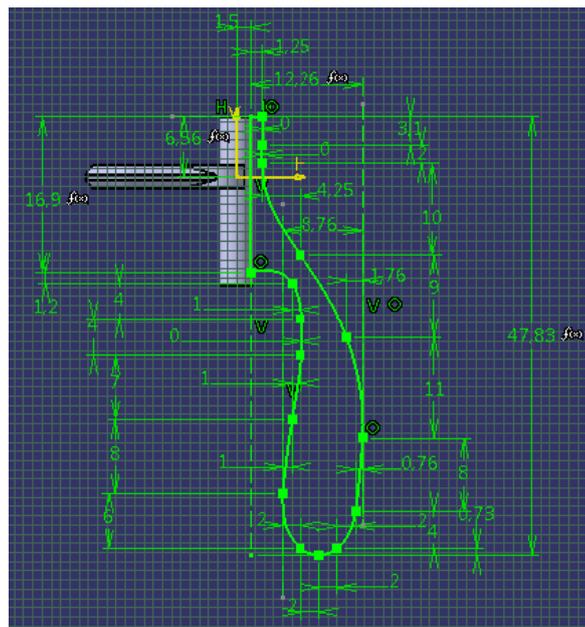


Figura 96: Boceto del perfil del actuador de la llave 9

4.4.14. LLAVE 6

De forma similar a las anteriores llaves 7bis y 9, se ha modelado la compleja llave 6. Situada en la parte inferior del cuerpo superior, consta de un brazo cuyo extremo se une al platillo con zapatilla correspondiente y de otro saliente que abraza de forma casi paralela al cuerpo y terminado en yema de pulsación.

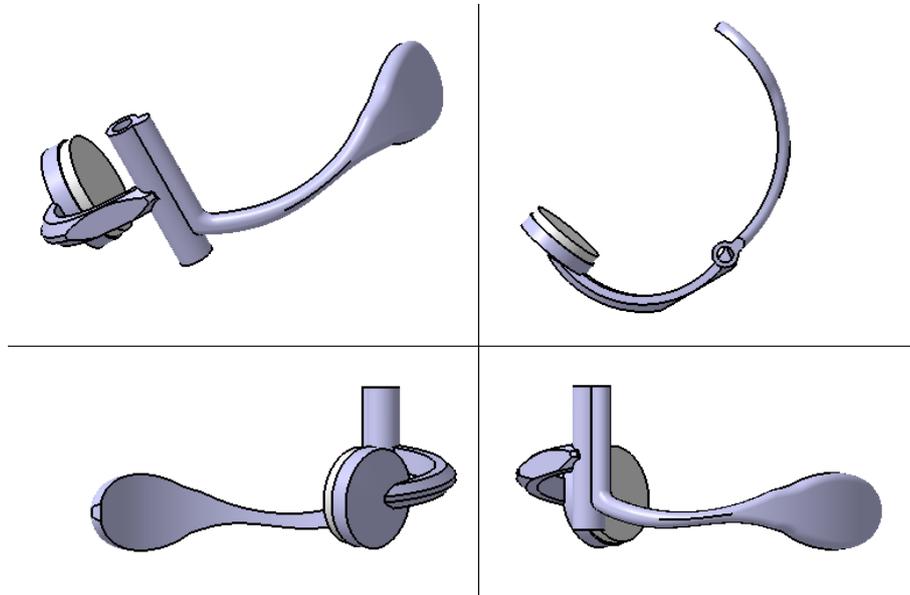


Figura 97: Vistas de la llave 6

El modelado y ensamblaje de esta llave es especialmente complejo ya que en su posición final está muy cerca de otras llaves y debe por lo tanto sortearlas. Además, presenta una geometría muy curvada.

Gira en torno a un eje que se ancla en la pieza de apoyo prismática que comparte con la anilla inferior delantera. Tiene uno de los brazos en la zona delantera del cuerpo y otro en la zona trasera.



Figura 98: Vista delantera del ensamblaje de la llave 6

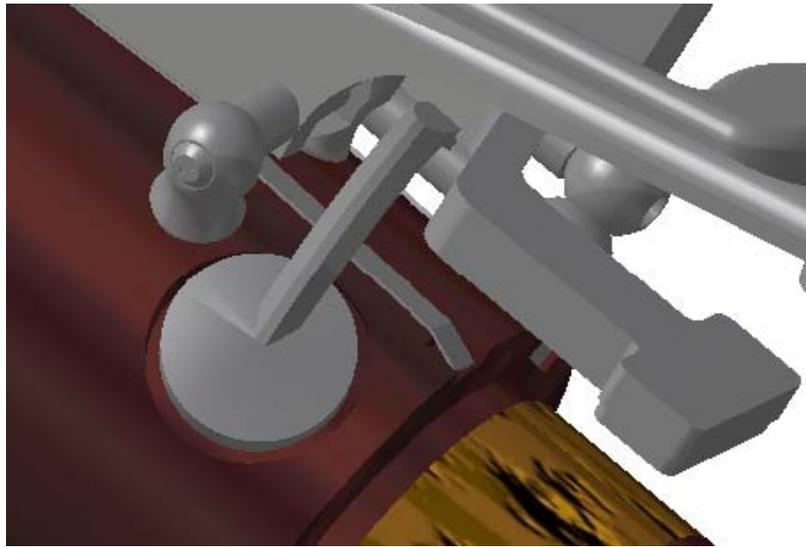


Figura 99: Vista trasera del ensamblaje de la llave 6

4.5. CUERPO INFERIOR

Al igual que ocurre con el cuerpo superior, este es un conjunto que contiene la segunda parte de los mecanismos del clarinete. Es un cuerpo de madera que tiene en su extremo superior una cavidad para alojar al cuerpo superior y en su extremo inferior una protusión saliente que entra en la campana. Es el elemento de mayor longitud del clarinete.



Figura 100: Ensamblaje del cuerpo inferior

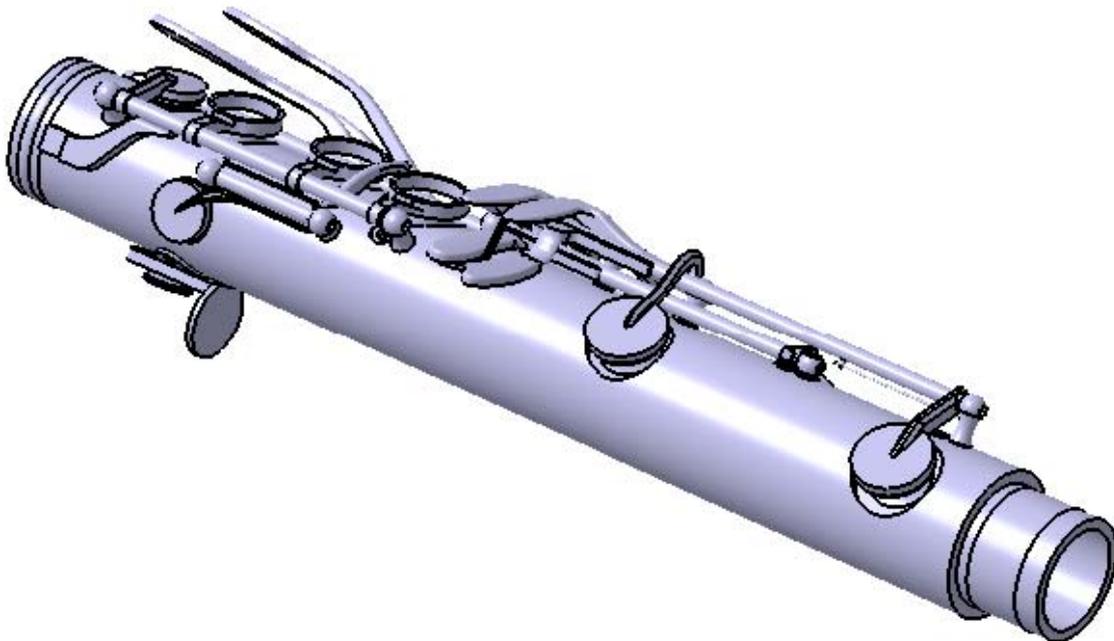


Figura 101: Ensamblaje del cuerpo inferior. Vista segunda

Puede apreciarse cómo en este cuerpo todas las llaves se encuentran en la parte delantera, quedando únicamente en la parte trasera el apoyo del pulgar. Es este apoyo una pieza metálica formada por una pieza prismática unida a un círculo colocado perpendicularmente. Se une al cuerpo mediante un tornillo de amplia cabeza, a través de un ojal, lo que permite que tenga regulación en altura en tres o cuatro puntos.

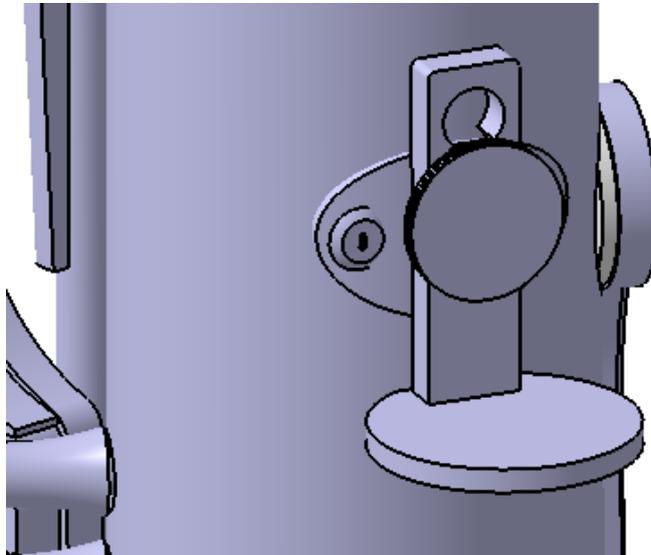


Figura 102: Detalle del apoyo del pulgar

Se muestra a continuación una vista explosionada del conjunto, en el que de nuevo y para una mejor apariencia visual se han eliminado los tornillos de fijación.

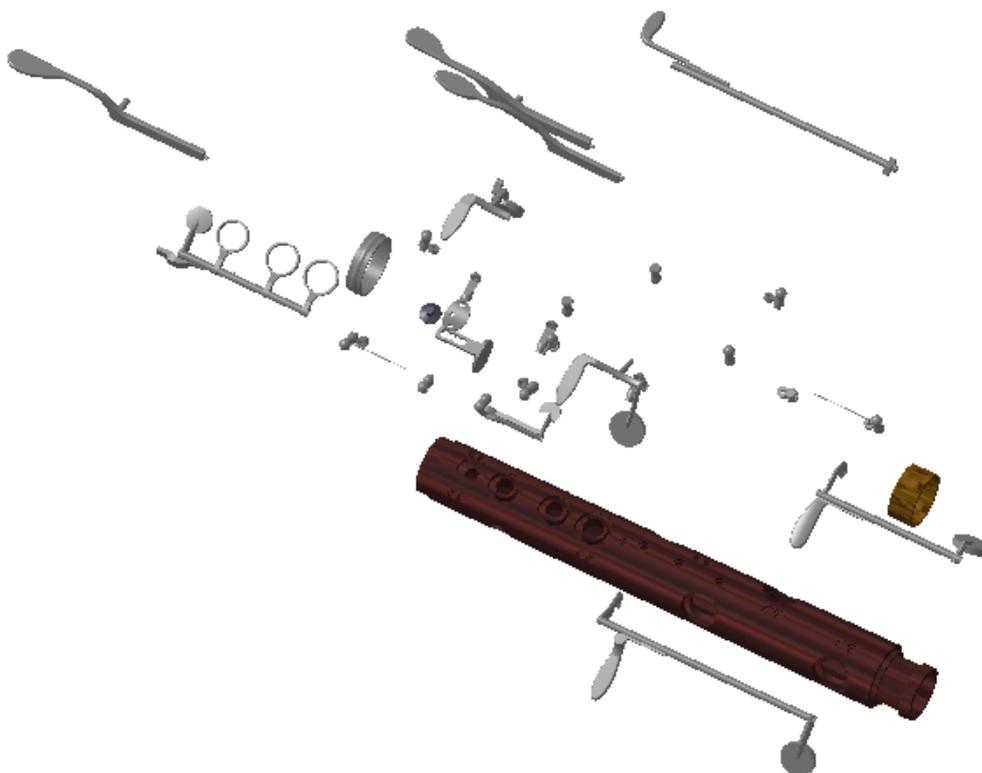


Figura 103: Vista explosionada del conjunto del cuerpo inferior

4.5.1. CUERPO

El cuerpo inferior es aparentemente cilíndrico, aunque según se ha medido es en realidad cónico. Entiéndase de una conicidad muy pequeña, puesto que la sección se va abriendo para enlazar con la campana, la cual si es fuertemente divergente. Respecto a su cavidad interior, presenta el cuerpo un vaciado completamente cilíndrico según se ha medido en ambos extremos. Posee agujeros pasantes hasta la cavidad interior y otros agujeros no pasantes, para el alojamiento de las piezas de apoyo.



Figura 104: Vista en perspectiva del cuerpo inferior

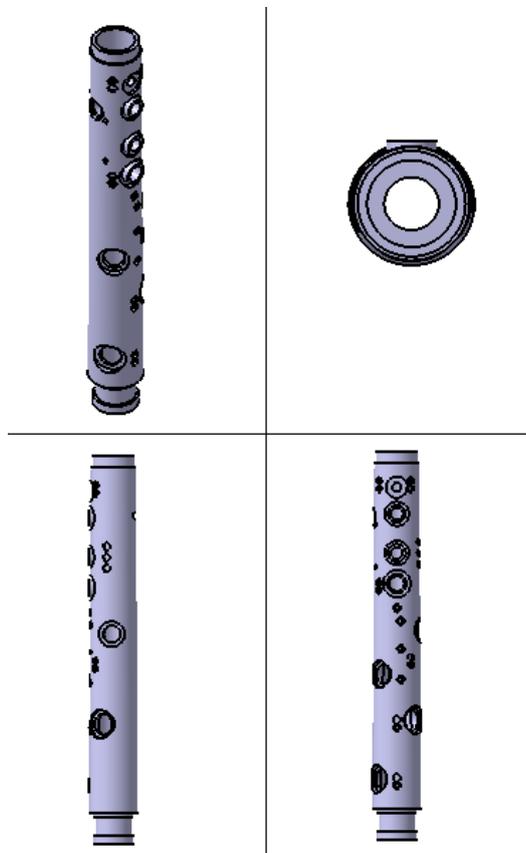


Figura 105: Conjunto de vistas del cuerpo inferior

Se ha obtenido el cuerpo principal por revolución, para después con ayuda de parámetros de tipo longitud y de tipo ángulo, realizar los vaciados correspondientes a los agujeros. Puede verse como curiosidad que todos los agujeros que serán cubiertos por dedos o llaves, todos los agujeros pasantes, tienen una corona concéntrica para proporcionar un mejor y más estable asiento a las anillas o zapatillas.

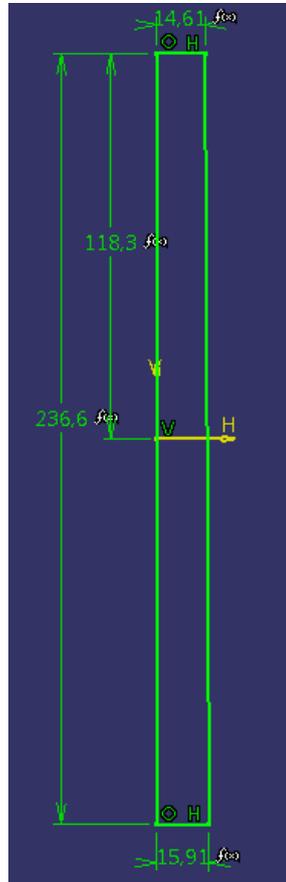


Figura 106: Boceto del perfil de revolución del cuerpo inferior

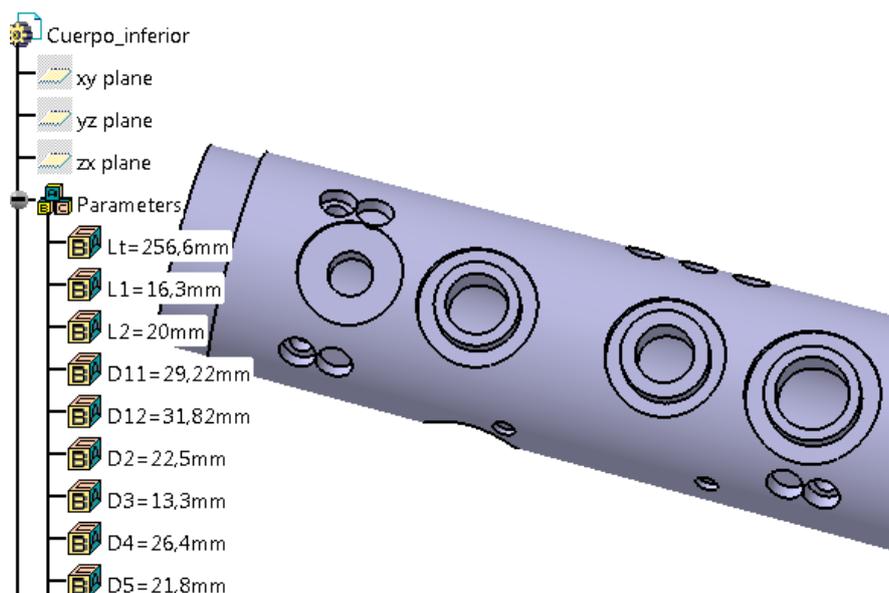


Figura 107: Detalle de parámetros y agujeros del cuerpo inferior

4.5.2. PIEZAS DE APOYO

En este cuerpo inferior además de los apoyos mostrados en el cuerpo superior, aparecen unos apoyos con doble entrante con forma circular cilíndrica. Uno de los entrantes alberga el apoyo esférico para la llave mientras el otro tiene un taladro pasante y tiene como función fijar el conjunto al cuerpo mediante un tornillo.

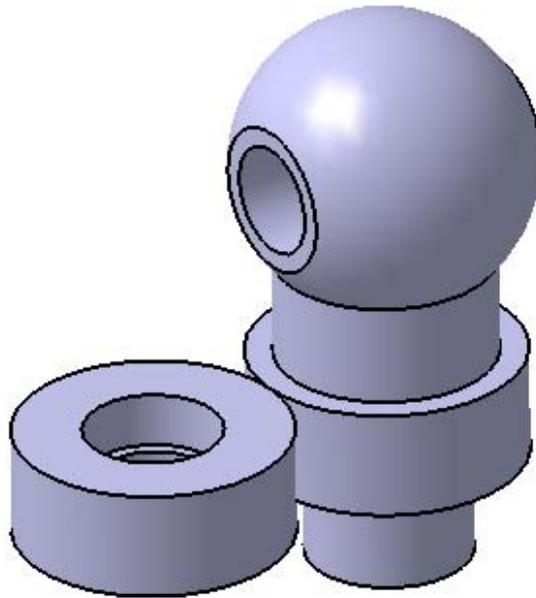


Figura 108: Apoyos dobles del cuerpo inferior

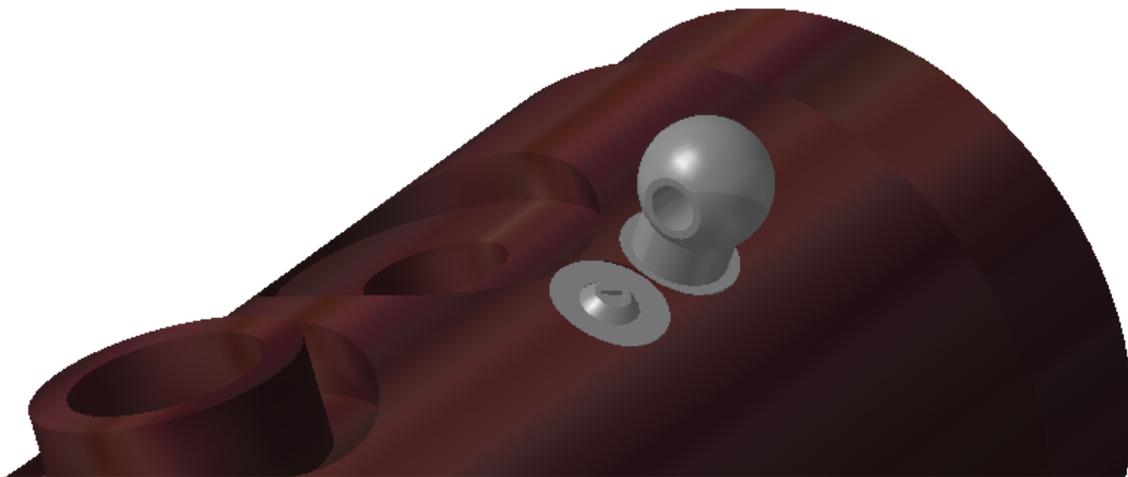


Figura 109: Detalle del montaje de las piezas de apoyo

Ambos entrantes o platillos se unen de forma prácticamente tangente mediante soldadura de joyería. Existen otros apoyos muy especiales que se detallarán en los apartados correspondientes a las llaves a las que sostienen.



Figura 110: Detalle del apoyo doble en el clarinete real

4.5.3. ANILLAS

El cuerpo inferior solo tiene un conjunto de anillas, formado por tres aros y un platillo con zapatilla. Tiene una ancha patilla o brazo que conecta con el correspondiente brazo de la anilla inferior delantera, de modo que al pulsar estas anillas tapando cualquiera de los tres agujeros correspondientes a los dedos, esta patilla levanta la anilla del cuerpo superior.

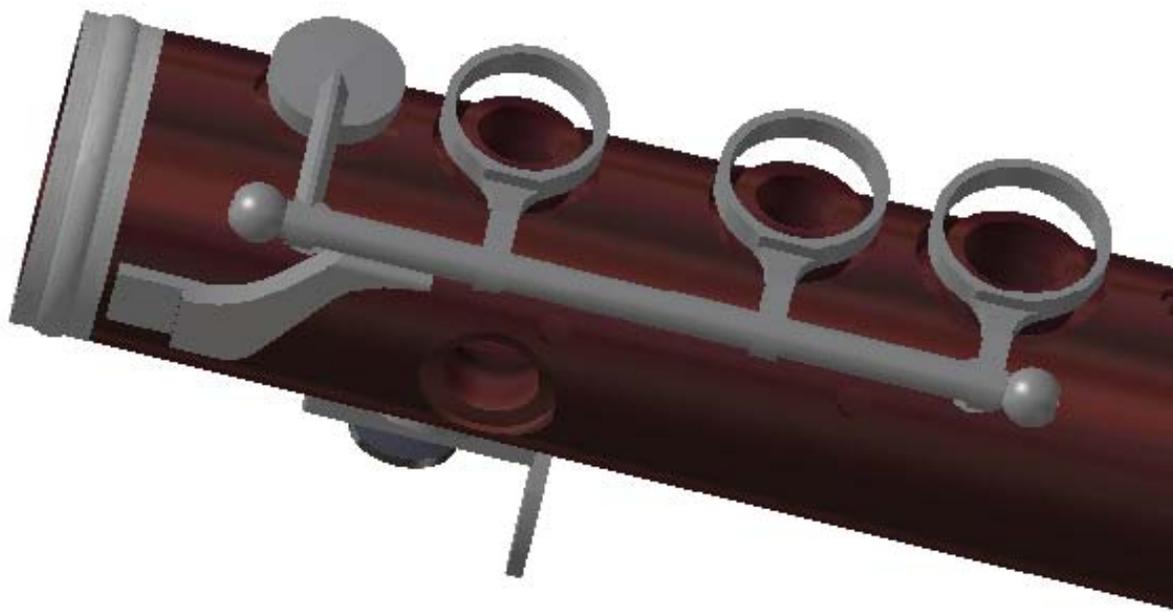


Figura 111: Ensamblaje de las anillas del cuerpo inferior

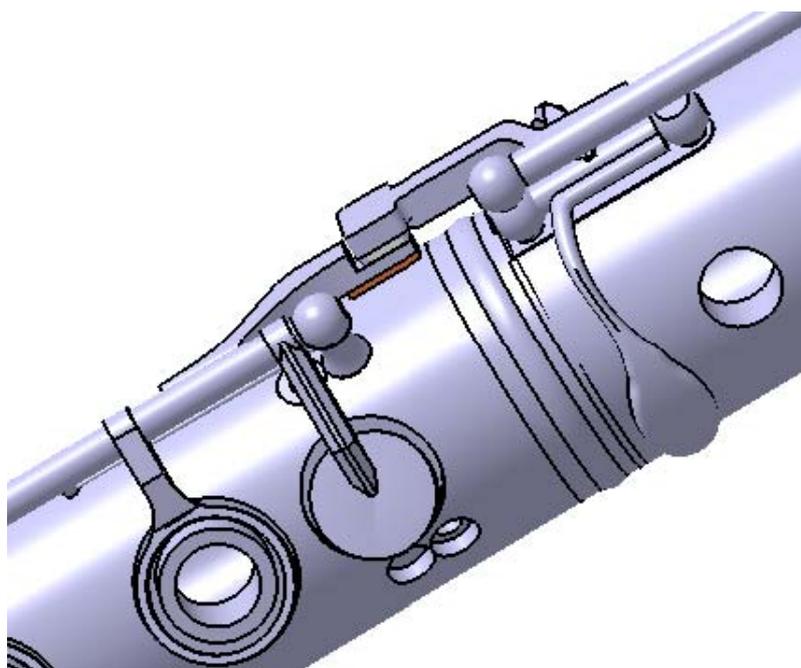


Figura 112: Detalle de unión de las patillas de anillas

Se ha realizado el modelado parametrizando las distancias entre los brazos de las anillas y los diámetros interior y exterior de las mismas. También se han tomado referencias angulares para el ajuste de la patilla de conexión con las anillas del cuerpo superior.

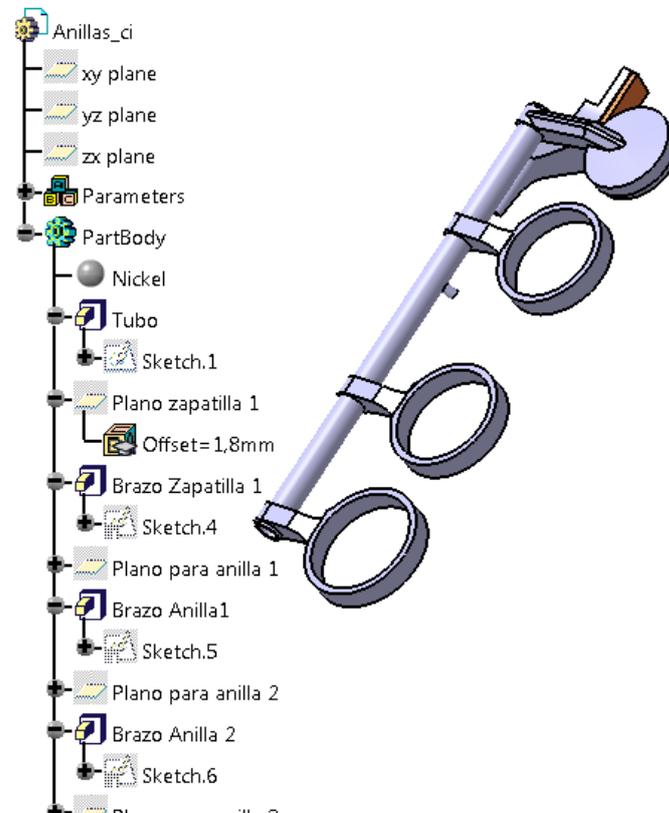


Figura 113: Partbody de las anillas del cuerpo inferior

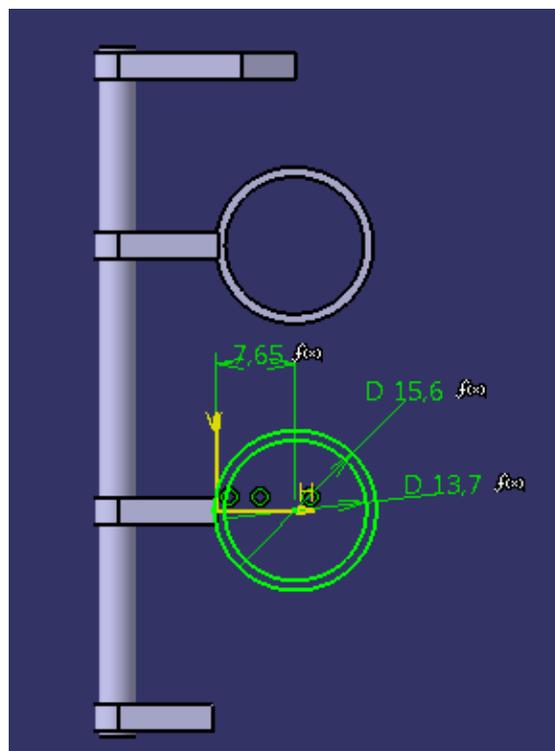


Figura 114: Boceto de las anillas del cuerpo inferior

Merece la pena resaltar el resorte que tiene esta anilla. Es de tipo aguja y función por flexión de la misma. Dicha aguja sale del apoyo superior de la anilla, y descansa lateralmente en un tetón que tiene el eje de la llave. Al accionar las anillas el eje gira y flexiona la aguja que por sus características elásticas hace retornar a la pieza a su posición de retorno una vez liberada la misma.

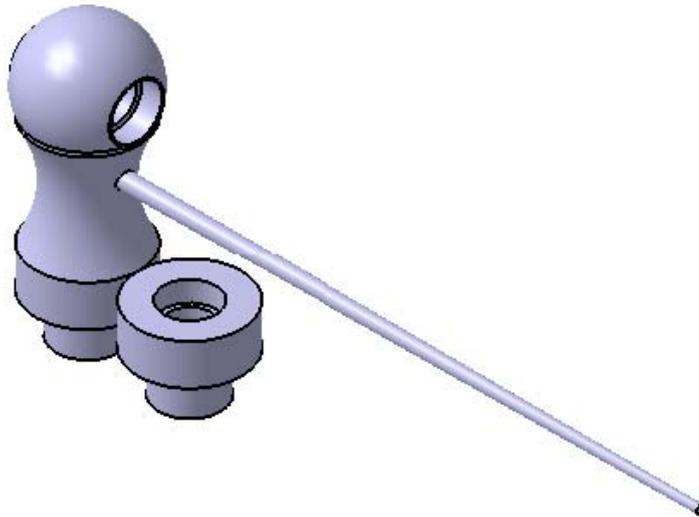


Figura 115: Pieza de apoyo con aguja

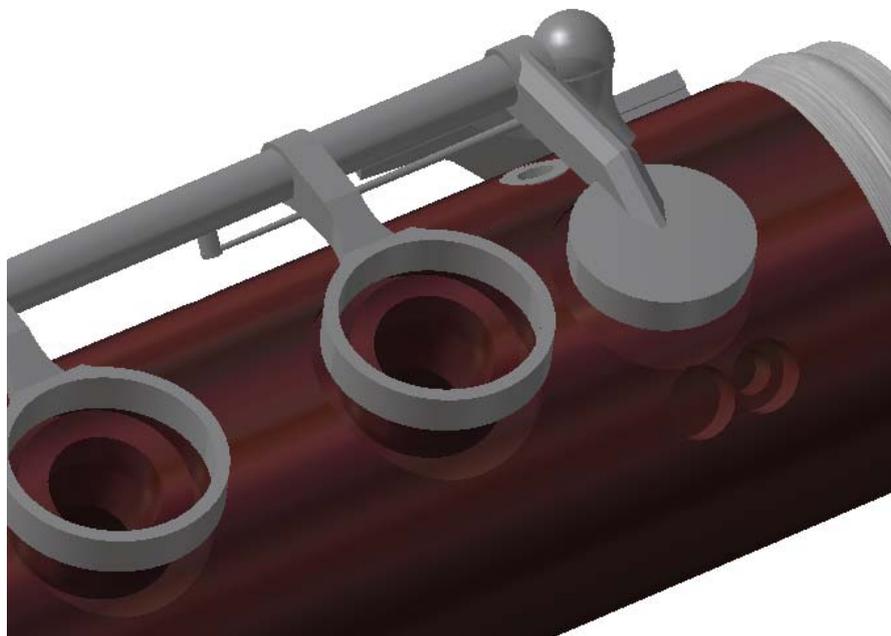


Figura 116: Detalle del resorte de la anilla

4.5.4. LLAVE C

Con la llave C se comienzan a presentar las llaves del cuerpo inferior. Todas con un diseño muy importante, ya que se posicionan muy juntas y además interaccionan unas con otras.

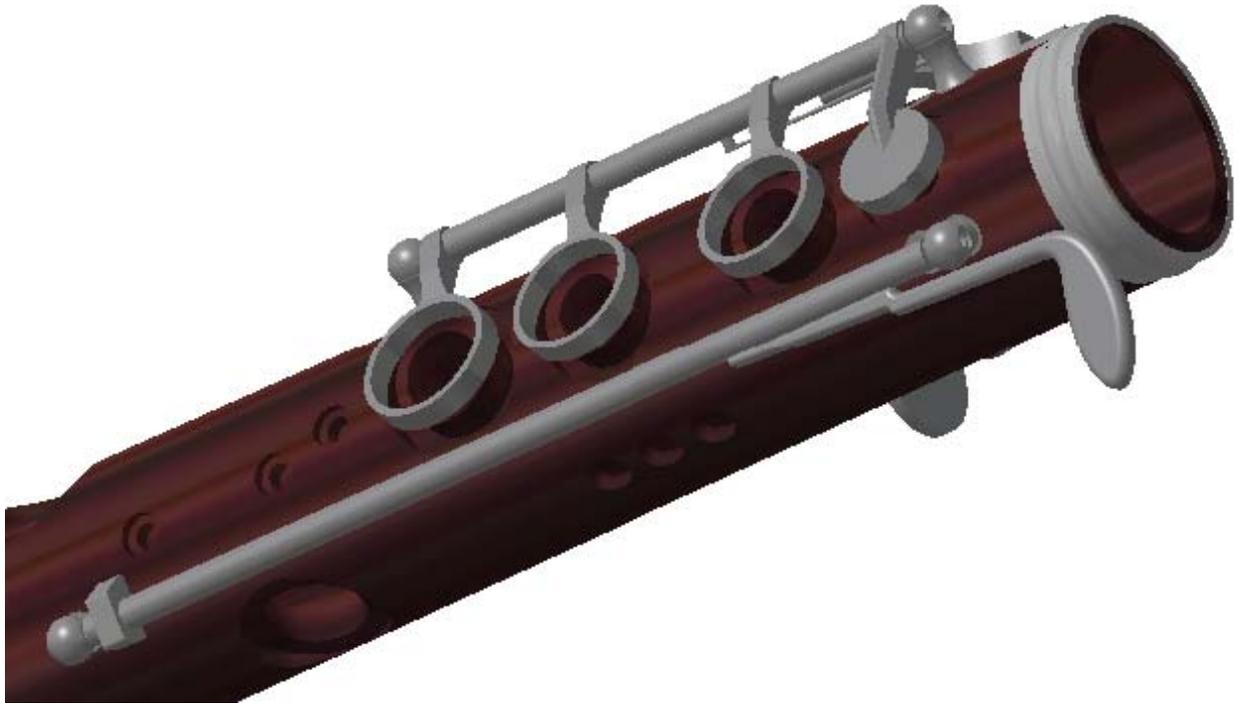


Figura 117: Ensamblaje llave C

Apoyada sobre dos apoyos rectos, se ha querido representar cómo el cilindro que forma el eje es una pieza que se une con soldadura a la pieza que contiene la yema o zona de pulsación. Con operaciones de redondeo se ha conseguido modelar el efecto de la unión.

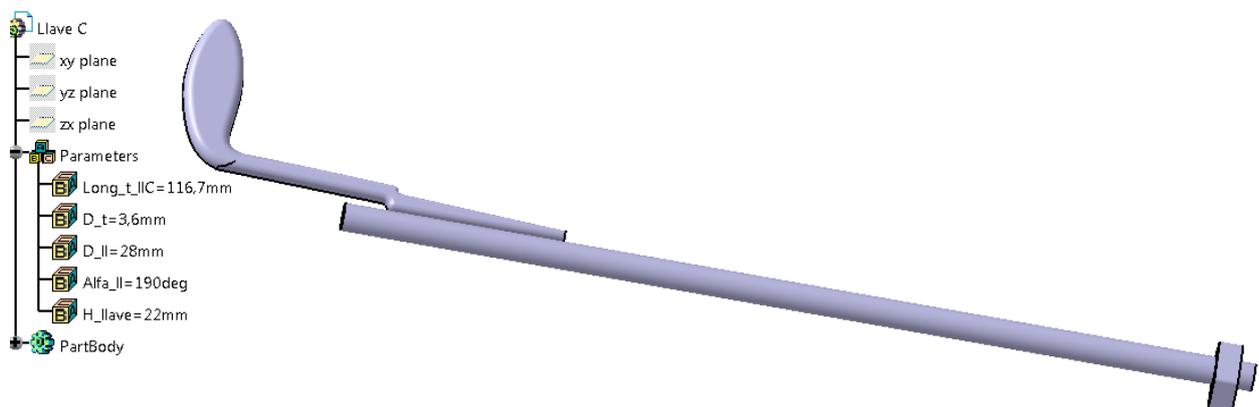


Figura 118: Parámetros llave C

También con esta llave se han tomado numerosas referencias para modelar la zona de pulsación.

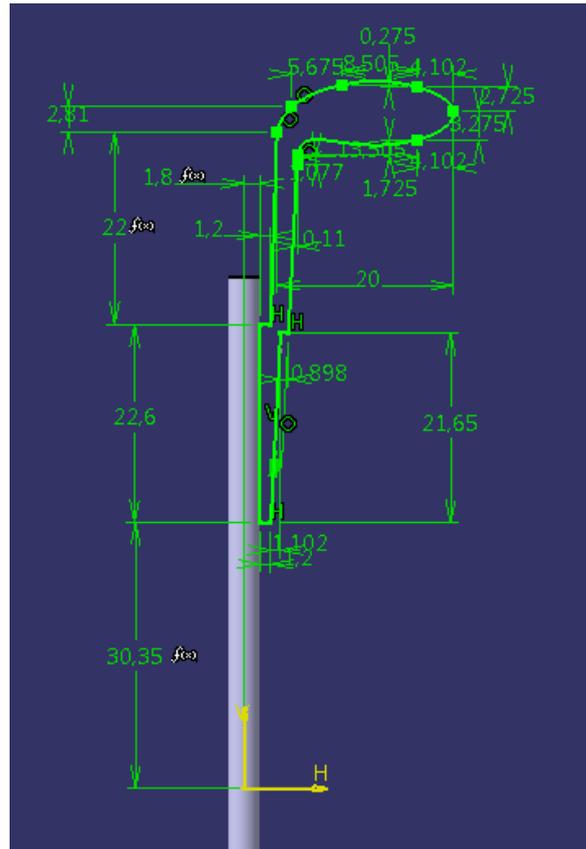


Figura 119: Boceto de generación de la llave C

Esta llave contiene una protusión prismática a modo de tacón en la parte inferior cuya función es la interacción con la llave 3.

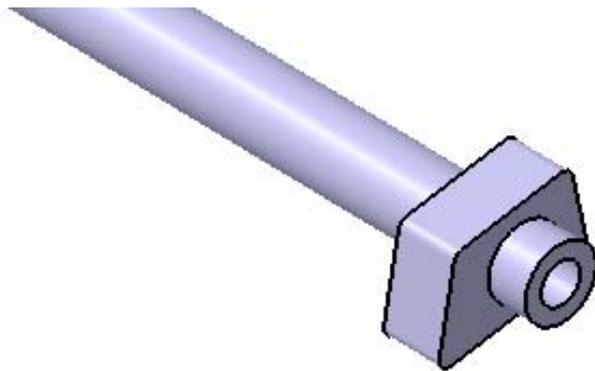


Figura 120: Detalle del tacón de la llave C

4.5.5. LLAVE 4

La llave 4 es muy particular. Es una llave de poca longitud que tiene un brazo en arco cuyo extremo se une al platillo con zapatilla, mientras hacia el lado contrario se extiende una zona de pulsación de tipo yema, que se curva progresivamente hacia abajo.

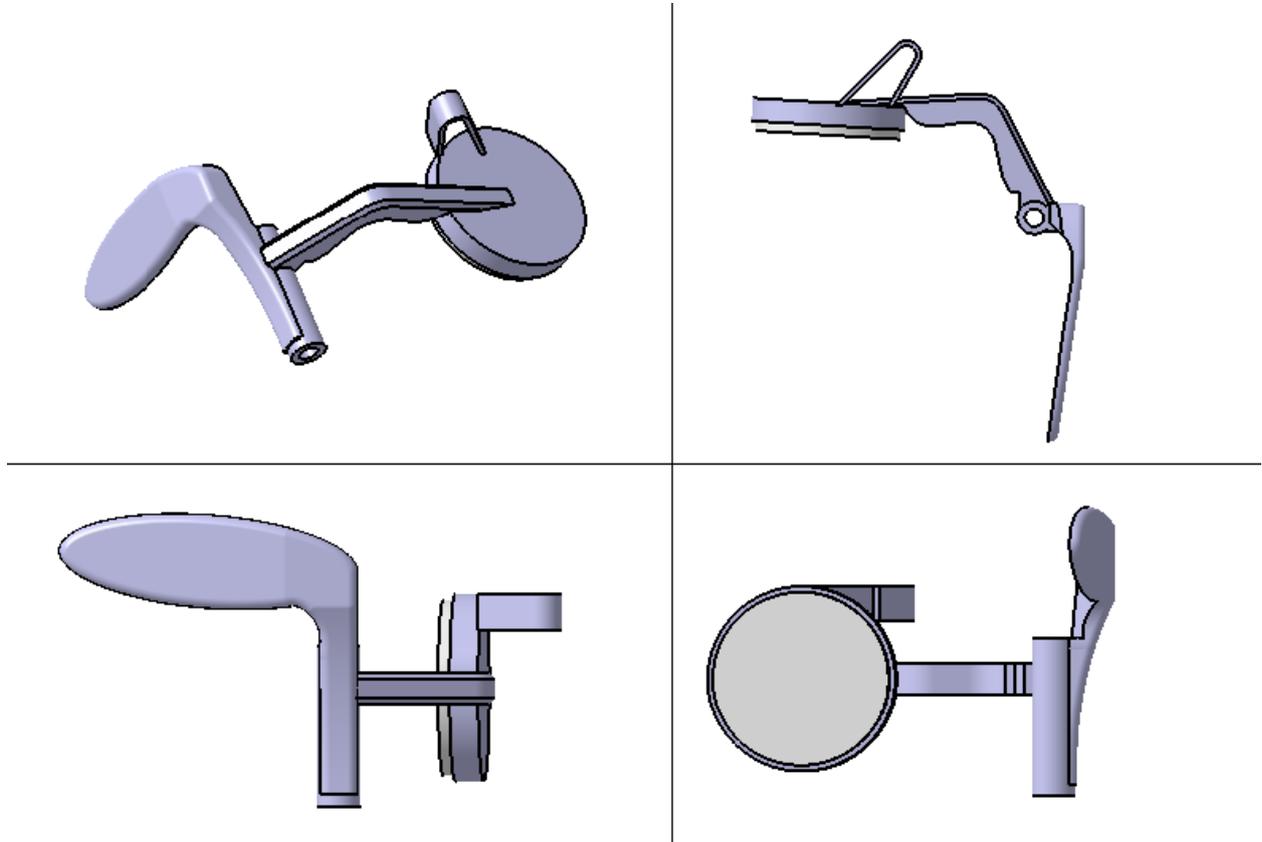


Figura 121: Vistas de la llave 4

Se ha parametrizado el brazo en forma de arco, ya que debe permitir el paso del eje de la llave C bajo él. También puede apreciarse la pletina cerrada que se encuentra sobre el platillo. Su función es alojar un gancho de otra llave (en concreto la llave 18) e interactuar con ésta.



Figura 122: Ensamblaje de la llave 4

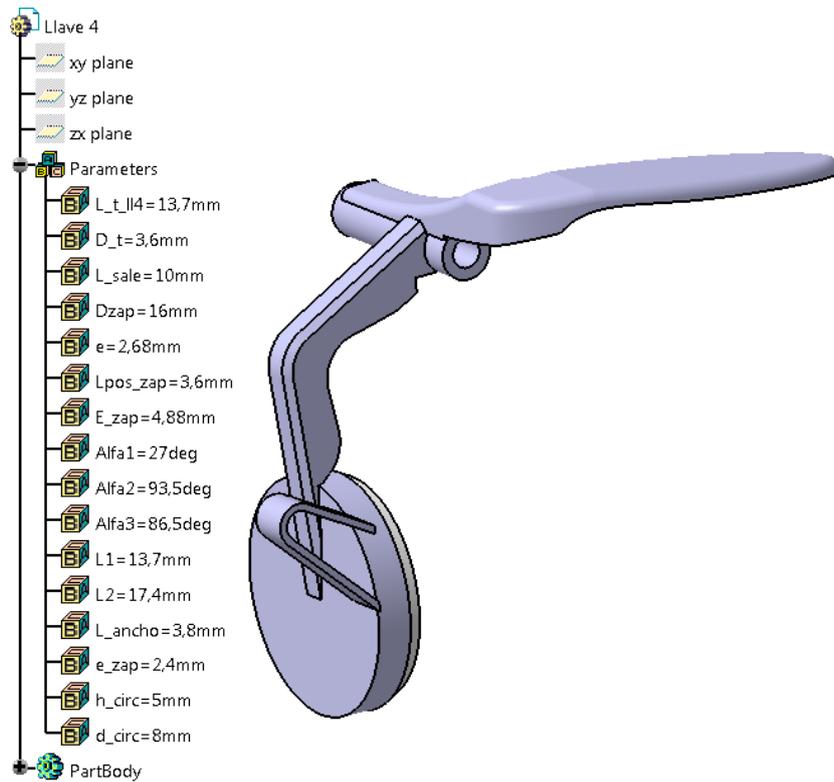


Figura 123: Parámetros de la llave 4

Las piezas de apoyo sobre las que se monta la llave 4 tienen la esfera recortada en la parte superior. Esto es para que no se produzca colisión del apoyo con la propia llave 4 y con la llave 3.

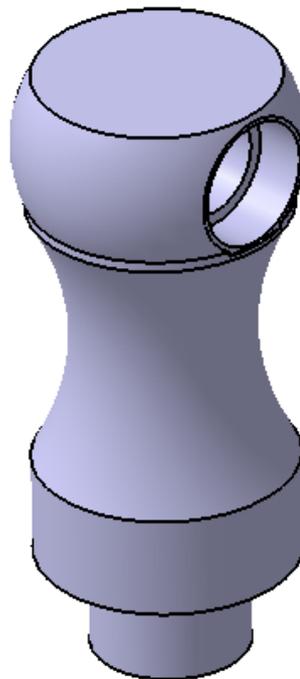


Figura 124: Apoyo recortado llave 4

4.5.6. LLAVE 5

La llave 5 es muy similar a la llave 7bis del cuerpo superior. En esta ocasión, se sitúa en el lado derecho del instrumento, y su zona de pulsación queda posicionada entre dos de las anillas.

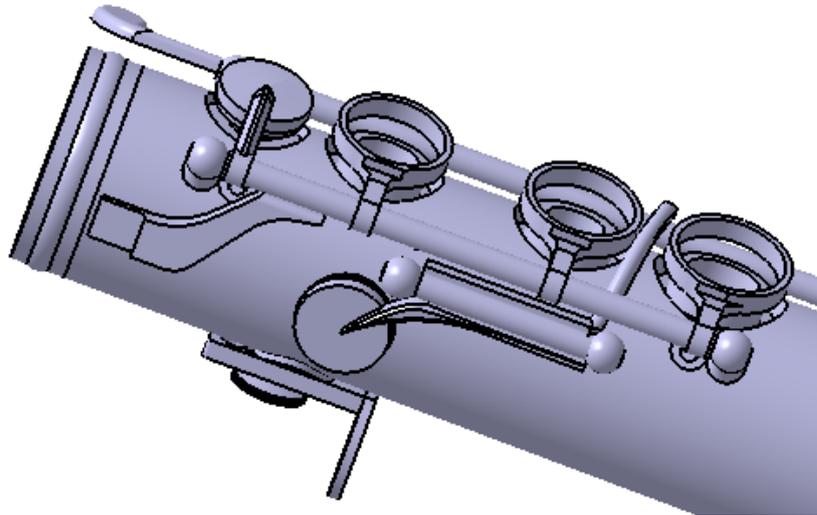


Figura 125: Ensamblaje de la llave 5

La pieza en su zona de pulsación presenta la curvatura necesaria para rodear al cuerpo. Con parámetros se consigue modelar el comentado alabeo de la llave y ajustar la llave, que de forma precisa debe moverse entre las anillas sin contactar con ellas.

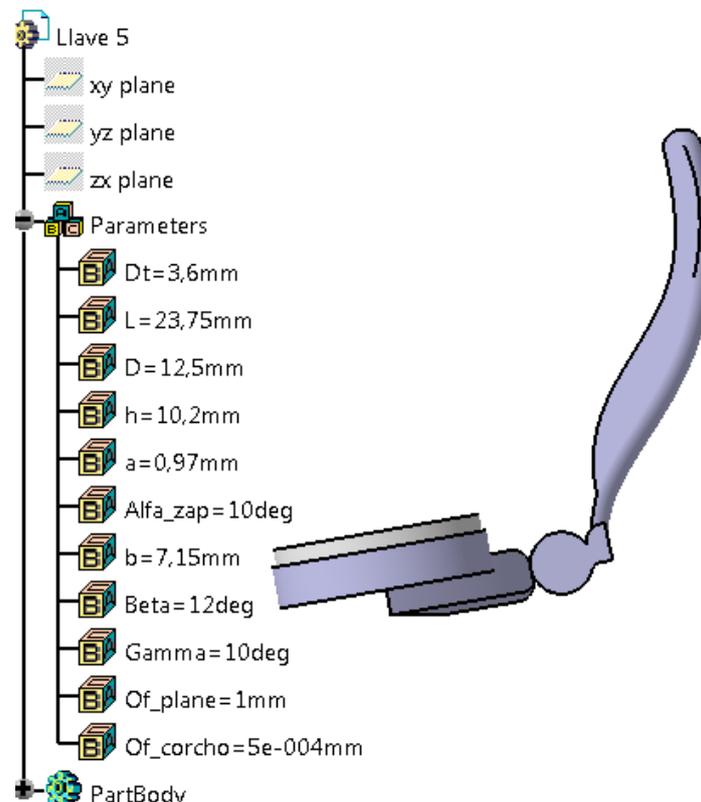


Figura 126: Parámetros de la llave 5

4.5.7. LLAVE B

La llave B se sitúa bajo la llave 4 en el clarinete. Es una llave larga que de nuevo presenta el platillo hacia un lado y la yema de pulsación hacia el lado contrario.



Figura 127: Ensamblaje de la llave B

Se sustenta la llave en su extremo inferior en un apoyo fijado mediante tornillo, cuya esfera se trunca para no interferir con otra llave. En el extremo superior se coloca sobre un peculiar apoyo que tiene dos esferas con taladros pasantes, soldadas una sobre otra. Esto es porque esta pieza fija a dos llaves cuyos ejes se colocan muy próximos, esta llave B y la llave A. Además, tiene la llave un saliente que establece un tope final al movimiento de la llave 4.

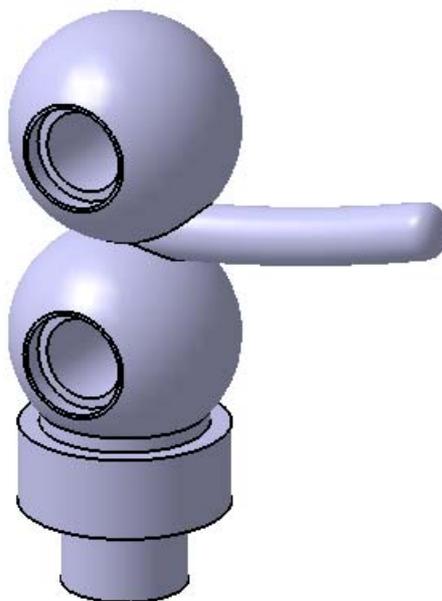


Figura 128: Detalle del apoyo de la llave B

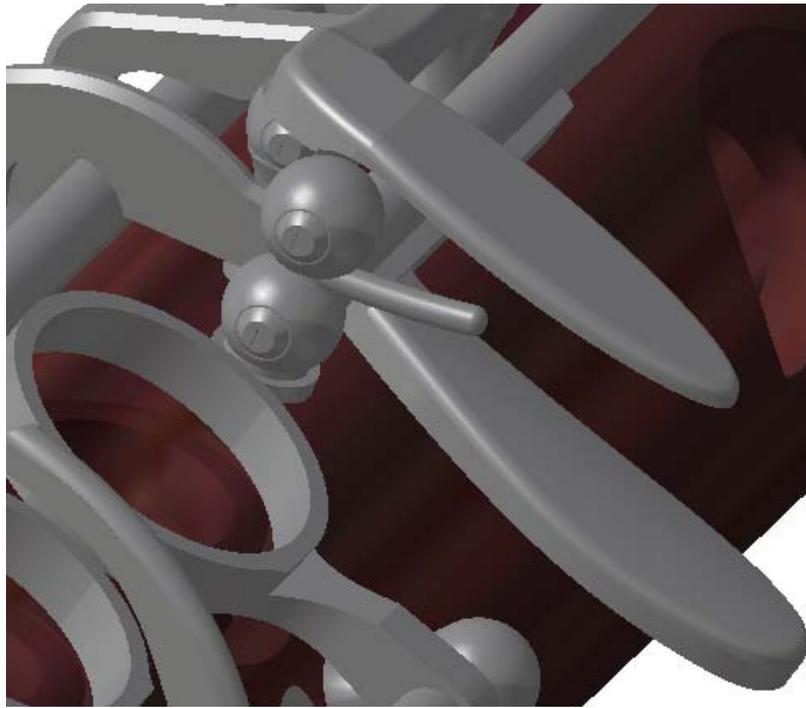


Figura 129: Detalle de la colocación del apoyo de la llave B

También tiene esta llave una pestaña que servirá para conectarse en este caso con la llave 2. La geometría de la citada pestaña tiene un puente para dejar paso al eje de otra llave. Es muy importante el ajuste de estas piezas, para que su funcionamiento sea correcto.

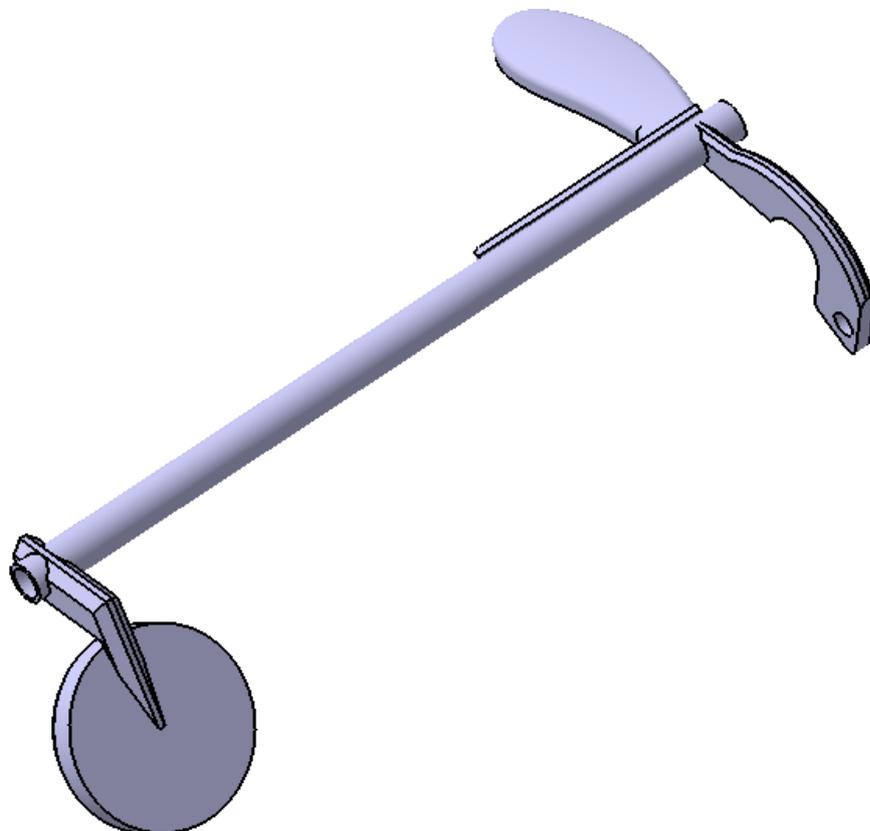


Figura 130: Vista de la llave B

4.5.8. LLAVE A

De similares características a la llave B, la pieza que se describe en este apartado cuenta con platillo, yema de pulsación y pestaña para la interacción con otra llave.

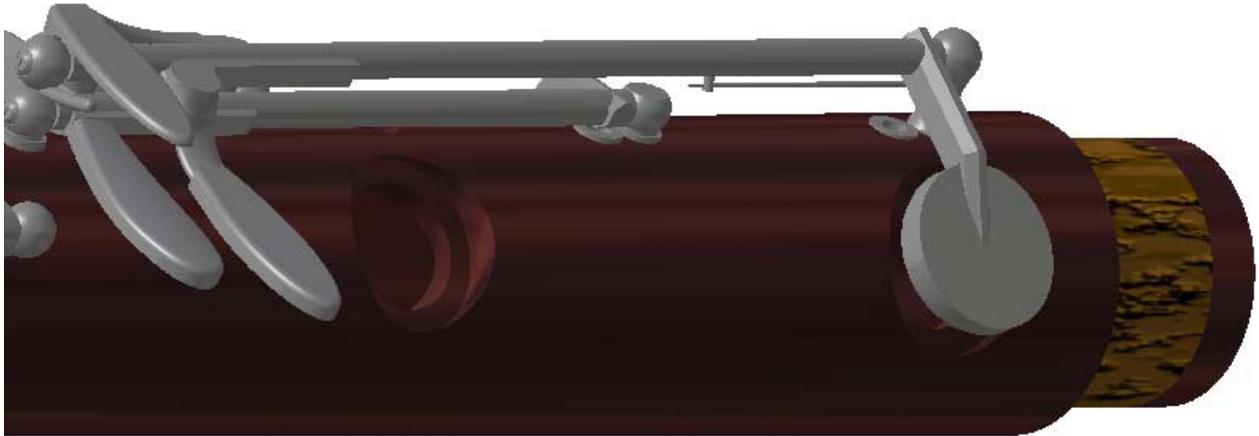


Figura 131: Ensamblaje de la llave A

Se fija al apoyo de doble esfera mostrado en el apartado anterior, y a un alto apoyo con aguja en la parte inferior. Debido a la posición que ocupa la llave, puede apreciarse con claridad de nuevo el resorte de aguja que hace retornar a la misma a su posición de reposo.

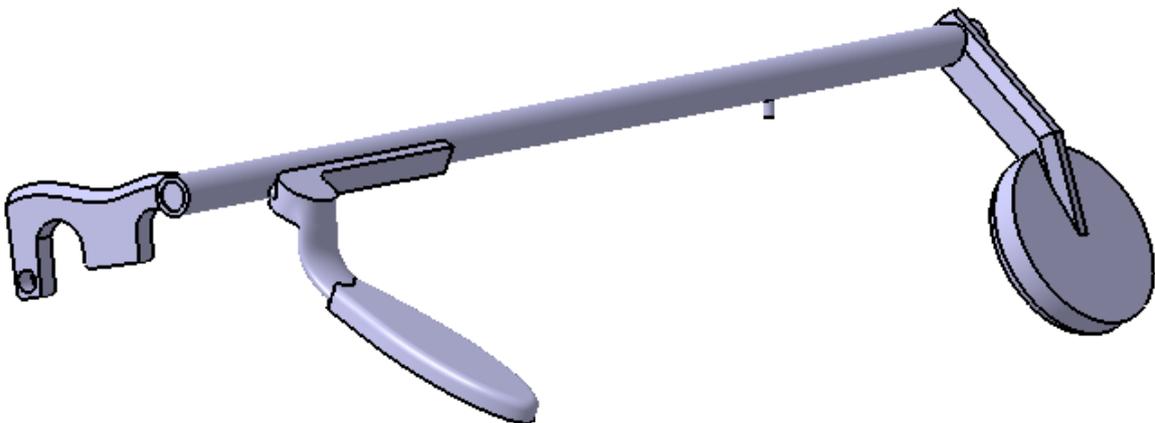


Figura 132: Vista en perspectiva de la llave A

Nos centramos en la pestaña de interacción que tiene esta llave en extremo superior. Tiene un gran puente para dejar paso al eje de otra llave, y tiene el borde superior un perfil que se curva hacia abajo. Esto es necesario ya que colocada la llave en su posición definitiva, la pestaña queda muy cerca de una de las piezas de apoyo. El diseño es fundamental. La pieza tiene un agujero pasante en el que entra un tetón proveniente de la llave 1 en este caso.



Figura 133: Boceto de la pestaña de la llave A



Figura 134: Detalle de la pestaña en su posición definitiva

4.5.9. LLAVE 3

La llave 3 cierra el conjunto de llaves que quedan posicionadas al lado derecho del cuerpo inferior. De concepción muy parecida a la llave 4, es corta de longitud y se eleva acompañando al eje y cuerpo de la mencionada llave.

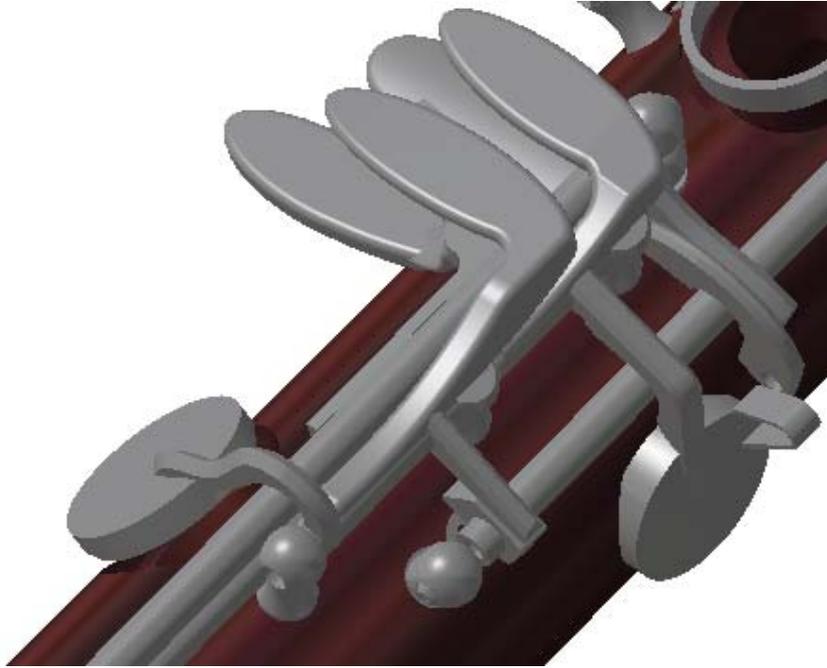


Figura 135: Ensamblaje de la llave 3

Tiene el brazo que une el platillo una curvatura muy exagerada, se eleva y gira después hacia abajo para librar el paso del eje de la llave A. También tiene una patilla que se posiciona sobre el tacón de la llave C.

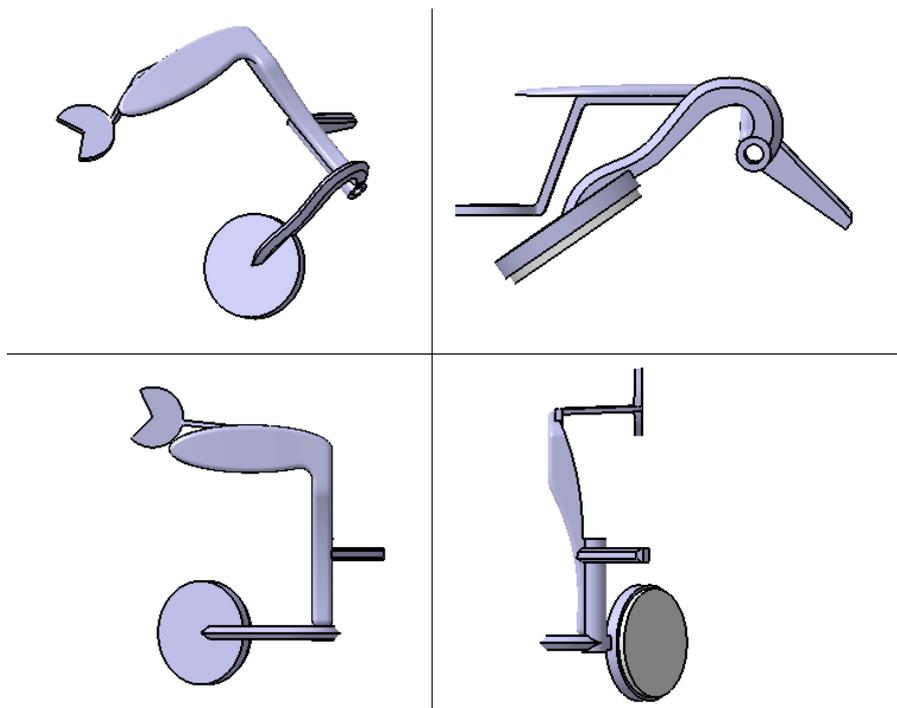


Figura 136: Vistas de la llave 3

Para el modelado del brazo que une el platillo, se ha medido numerosos puntos para obtener la geometría exacta del perfil.

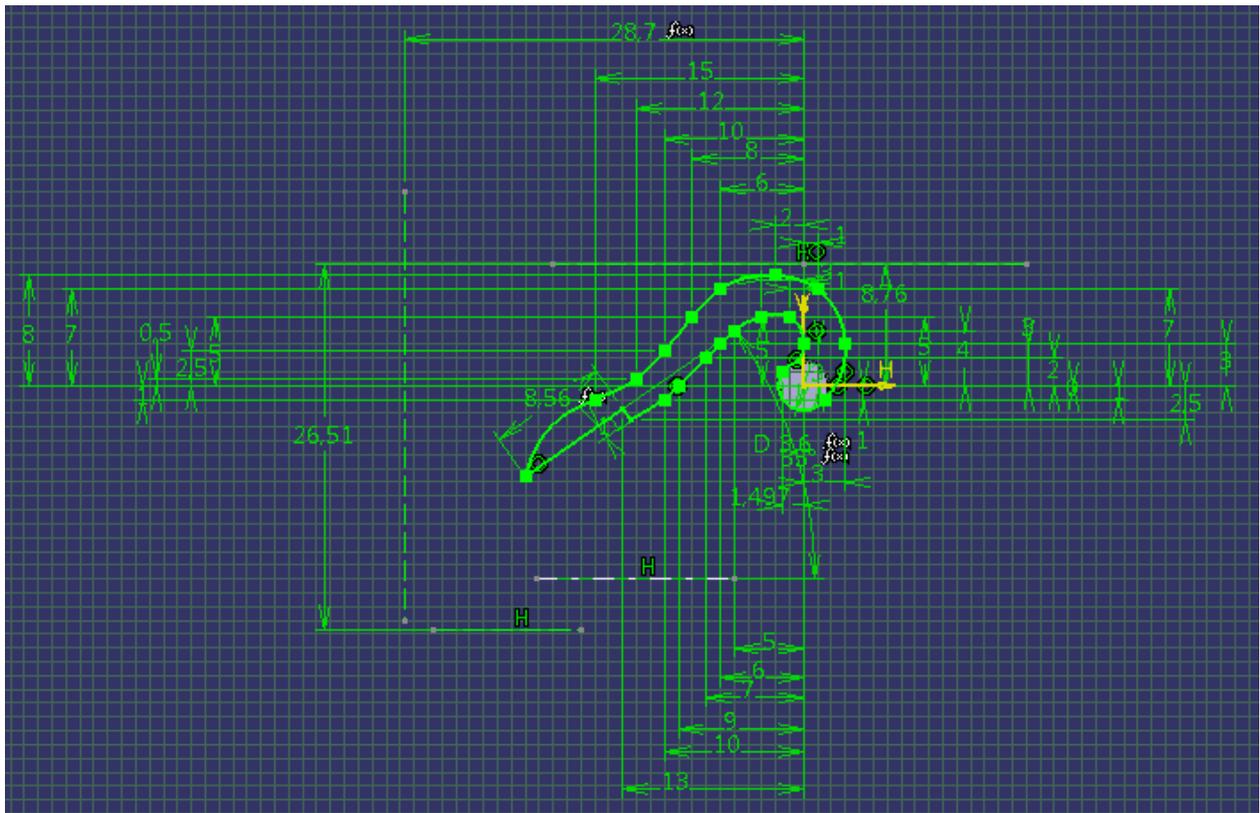


Figura 137: Boceto del brazo de la llave 3

También cuenta la llave con una patilla que se extiende hasta la parte inferior de las llaves A y B. De este modo la pulsación de cualquiera de éstas dos, accionará la llave 3.

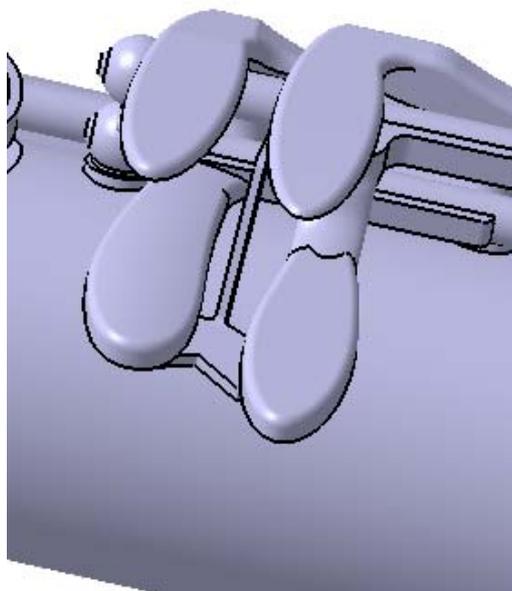


Figura 138: Detalle interacción entre las llaves A, B y 3

4.5.10. LLAVE 1

La llave 1 se coloca en el lado izquierdo del cuerpo. Se apoya con un único punto de fijación en una pieza especial, muy diferente a las vistas hasta ahora, que a su vez se anclada manera lateral. Cuenta con un preciso recorte que evita la interacción con la llave.

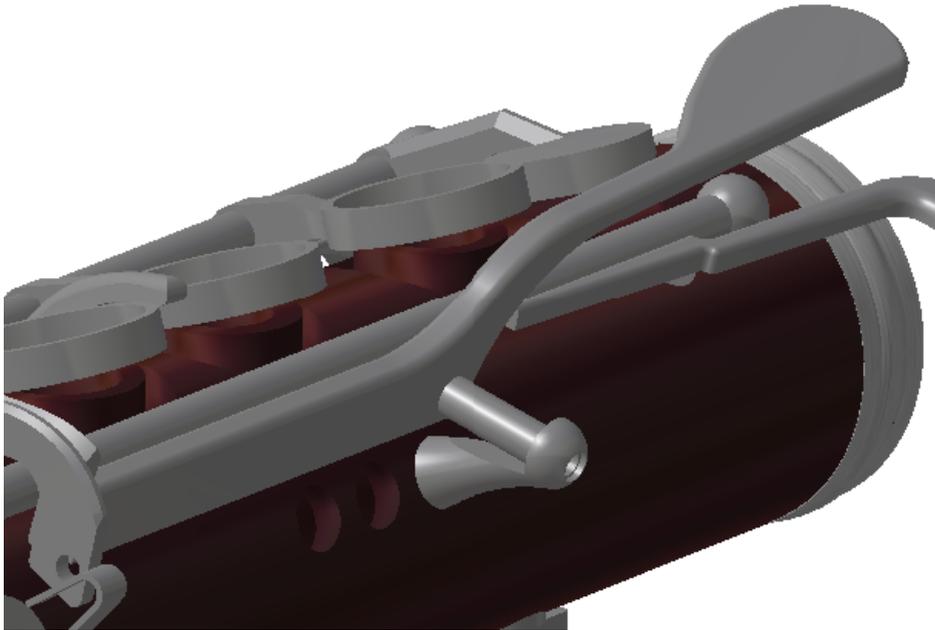


Figura 139: Ensamblaje de la llave 1

Puede apreciarse en la imagen a continuación el tetón cilíndrico que ancla en la pestaña de la llave A y permite la interacción entre ambas. Cabe la pena recordar que a excepción de la llave 5, todas las llaves de este cuerpo inferior están enlazadas o conectadas dos a dos. Esto es para poder tocar las correspondientes notas desde las dos manos.

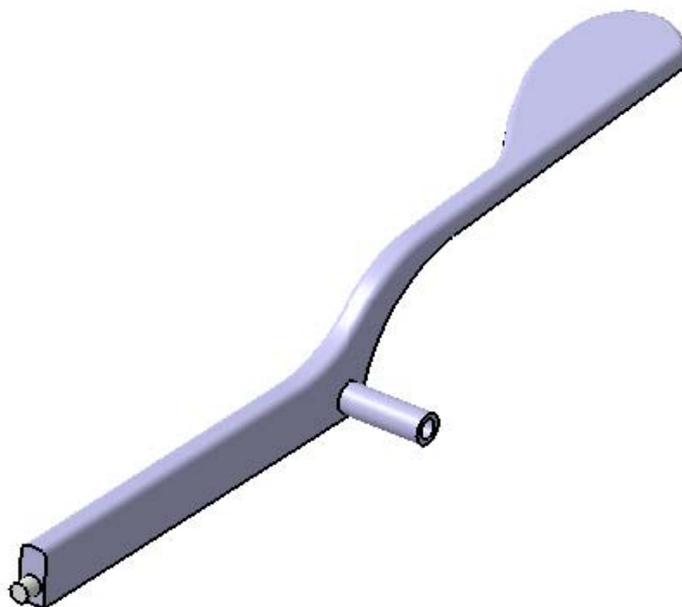


Figura 140: Vista en perspectiva de la llave 1

4.5.11. LLAVE 2

La llave 2 podríamos decir que es “compañera” de la llave 1. Se sitúa justo a su lado y se sustenta y fija al cuerpo de la misma forma. La zona de pulsación es un poco más pequeña y cuenta con un recorte circular en su parte inferior que permite el paso del eje cilíndrico de la llave C.

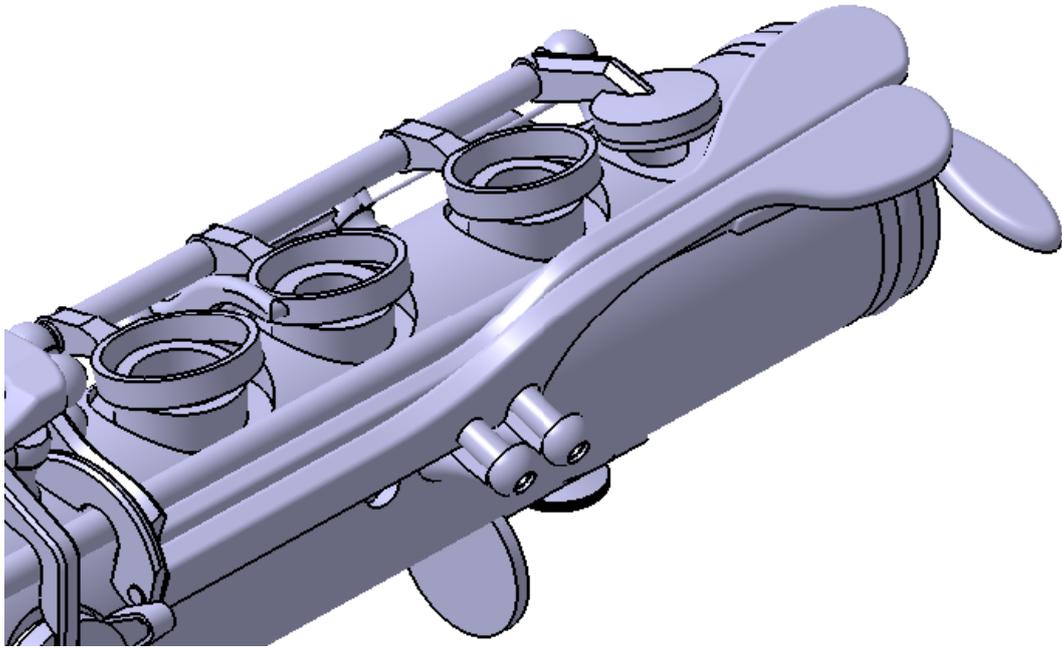


Figura 141: Ensamblaje de la llave 2

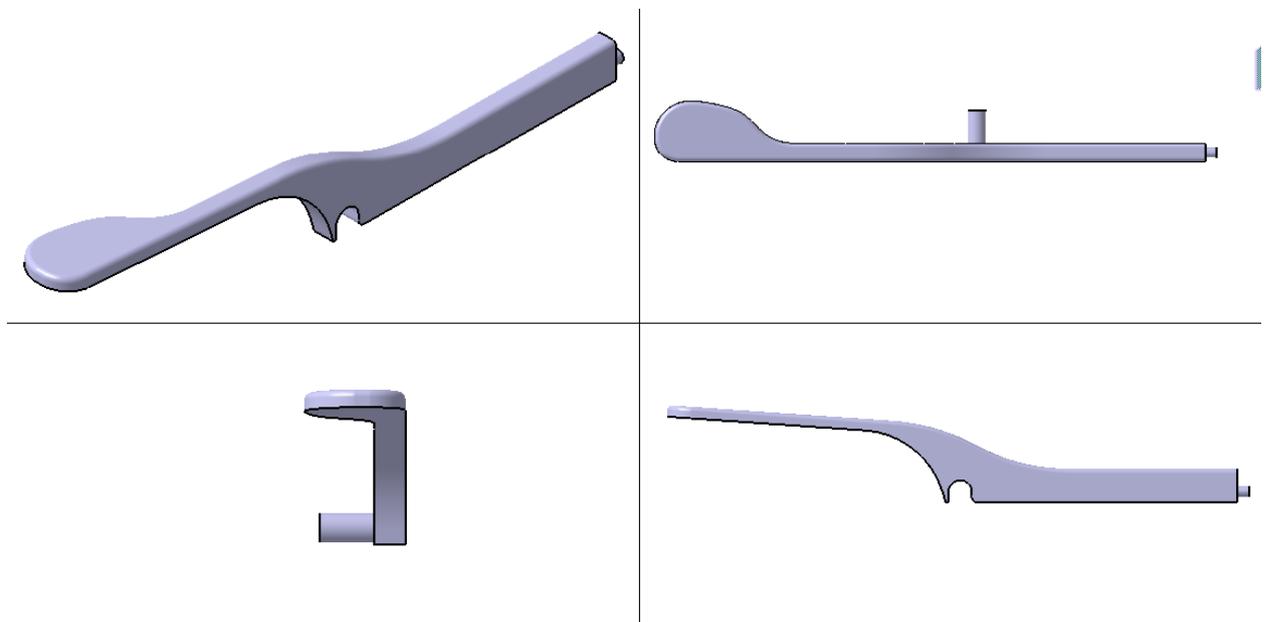


Figura 142: Vistas de la llave 2

4.5.12. LLAVE 18

Es esta una llave opcional. No todos los clarinetes la tienen, y su inclusión o no depende del gusto del intérprete. Es una llave cuya finalidad es únicamente facilitar el paso por la nota re sostenido del registro medio.

Presenta una importante curvatura a la vez que se eleva, y es que se fija al cuerpo inferior de forma similar a las llaves 1 y 2 quedando como la más exterior de las tres, y a su vez la yema de pulsación se encuentra en un plano muy desplazado hacia el centro del cuerpo.



Figura 143: Ensamblaje de la llave 18

Se parametriza al igual que el resto de la pieza el bulón que sirve de interacción con la llave 4.

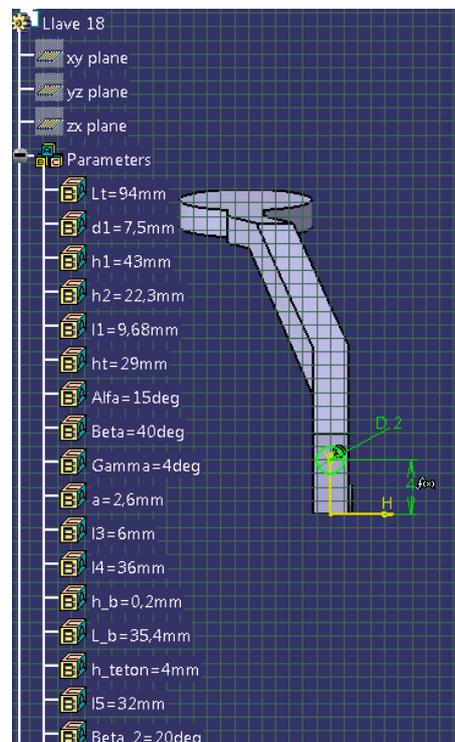


Figura 144: Parámetros y boceto del bulón de la llave 18

4.6. OTRAS PIEZAS AUXILIARES

Se mencionan en este capítulo varias piezas auxiliares como son los corchos que posibilitan el correcto montaje y desmontaje de las cinco partes principales del instrumento (boquilla, barrilete, cuerpo superior, cuerpo inferior y campana) en su uso cotidiano.



Figura 145: Detalles de los corchos

También se mencionan los embellecedores que se colocan en los extremos de las partes principales que tienen huecos entrantes para alojar a otras de ellas. Con una finalidad meramente estética, se muestran en concreto los embellecedores del barrilete, ya que tienen diferente diseño entre ellos.

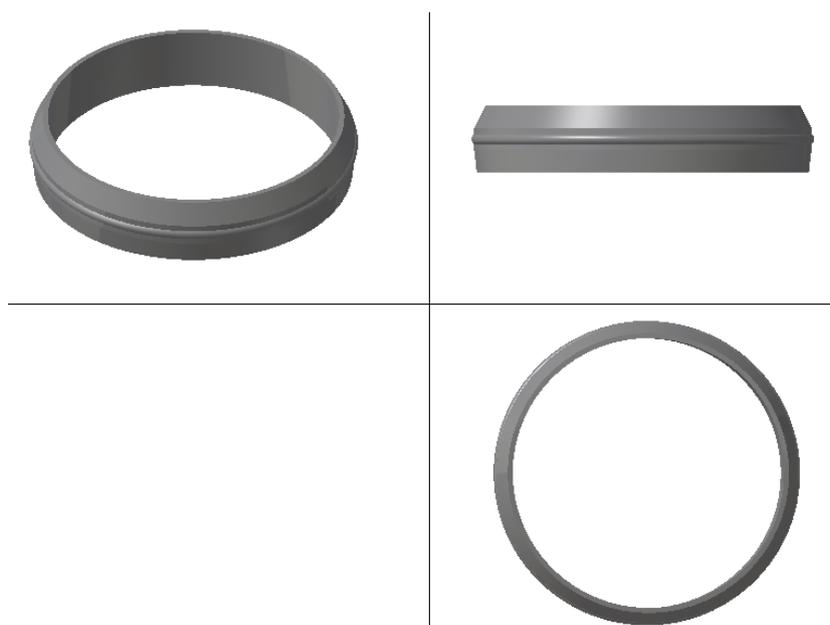


Figura 146: Vistas del embellecedor superior del barrilete

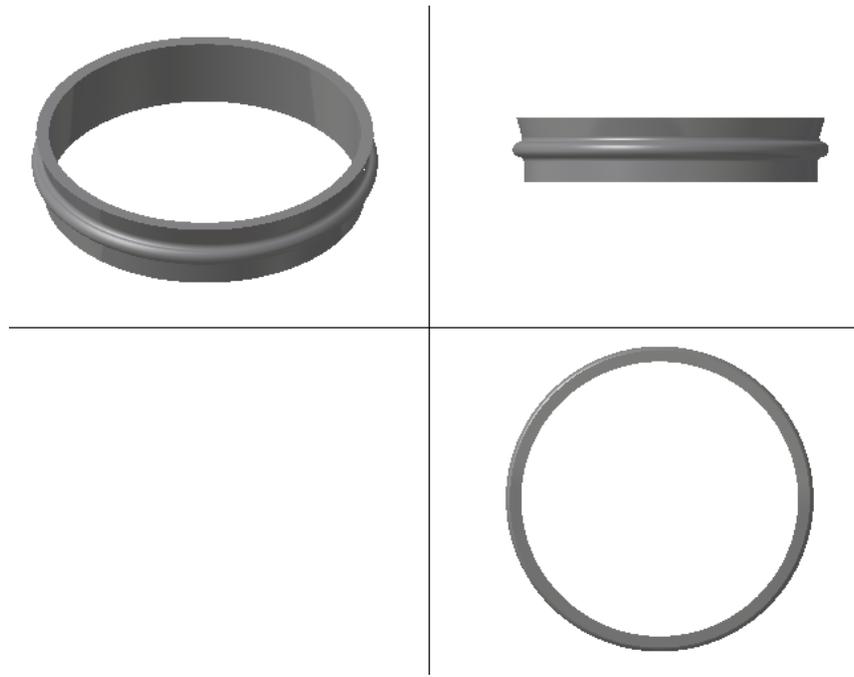


Figura 147: Vistas del embellecedor inferior del barrilete

5. CONCLUSIONES

Llegado a este punto de la memoria explicativa de este proyecto, se considera cumplido el objetivo principal del mismo que es modelar todas las partes de un clarinete y los elementos adicionales necesarios para poder tocar con él, como son la caña y la abrazadera.

Al realizar este proyecto, también se ha conseguido una gran mejora personal en las habilidades de uso del programa Catia v5R19. Se han utilizado principalmente los módulos *Part design* y *Assembly design* y además, se ha probado a usar otros módulos como el de superficie, que aunque finalmente se haya descartado su utilización en este proyecto, ha servido para comenzar a profundizar en su conocimiento.

Con el modelado se han medido con precisión todas las piezas, siendo esta una de las tareas que más dificultad ha presentado. Para reflejar fielmente la geometría del clarinete, se ha querido ser muy riguroso en la adquisición de los datos y referencias. De nuevo se quiere resaltar que el proceso de diseño y fabricación, sobretodo de las llaves del instrumento, tiene un alto componente artesanal, ya sea en su concepción o en su ajuste y ensamblaje definitivo.

Se ha comprobado que hay muy pocas piezas iguales. Las llaves son todas diferentes entre si, y solo algunos apoyos pueden agruparse como iguales ya que deben tener la misma altura, diámetro de esfera y ángulo de recorte, en caso de llevarlo. En total, se ha realizado el modelado de 65 elementos incluyendo llaves, cuerpos, piezas de apoyo, embellecedores, corchos, piezas auxiliares, tornillería... y se ha creado también el ensamblaje de todas ellas para obtener la recreación virtual de un clarinete completo. Respecto a las llaves, se han contado y modelado como una única pieza, si bien y como se ha explicado, todas están formadas en la realidad por un mínimo de tres elementos diferentes: eje cilíndrico, platillo con zapatilla y yema o zona de pulsación.

Se ha recreado un modelo concreto de clarinete de un fabricante concreto (*Buffet RC*). Otros modelos del mismo o de otro fabricante pueden diferir de éste. A partir de este razonamiento, nace una nueva curiosidad que plantea la duda de si las variaciones en el diseño de clarinetes son únicamente a nivel de llaves en cuanto a la ergonomía o en cuanto diseño estético y funcional de las mismas, o si puede haber variación en el diseño de los agujeros de los cuerpos superior e inferior. Se entiende que esto afecta directamente al sonido y afinación de las notas. Sería muy interesante continuar estudiando al clarinete a partir de este modelado desde un punto de vista fluidodinámico. Como todos los elementos y sus respectivas operaciones internas están modeladas, sería importante descubrir cómo afecta una variación de diámetro y/o posición de los agujeros al sonido del instrumento en su frecuencia fundamental y armónicos.

6. BIBLIOGRAFÍA

- [1]. Apuntes personales de la asignatura: *“Literatura e interpretación del clarinete”*, impartida en el conservatorio de música *Cristóbal de Morales* de Sevilla.
- [2]. Proyecto fin de carrera: *“Modelado y Recreación Virtual de la máquina bélica <Bombarda Múltiple> de Leonardo da Vinci”*, de *Verónica Fabián Puerta*.
- [3]. Proyecto fin de carrera: *“Modelado y estudio con Catia v5R19 de diversos dispositivos de aterrizaje de Artobolevsky”*, de *Pablo Zaldívar López*.
- [4]. es.wikipedia.org
- [5]. noitabrega.com
- [6]. sinfoniavirtual.com
- [7]. nvweisdenbach.de
- [8]. espaciohonuras.net
- [9]. tejariodico4.blogspot.com.es
- [10]. lapalafangues.blogspot.com
- [11]. gunemusic.com
- [12]. sanganxa.com
- [13]. pic2fly.com
- [14]. slideshare.net
- [15]. juliosbv.blogspot.com
- [16]. joantoniolinero.blogspot.com
- [17]. alexacarinetes.blogspot.com
- [18]. academic.ru
- [19]. albetgumi.com
- [20]. lexhamarts.org
- [21]. tununtunumba.com
- [22]. otrosmundos.com

- [23]. eso-es-musica.blogspot.com
- [24]. ecmreviews.com
- [25]. sheetmusicplus.com
- [26]. salaomozart.com
- [27]. clariperu.org
- [28]. riveramusica.com
- [29]. es.yamaha.com
- [30]. buffet-crampon.com
- [31]. backunmusical.com

7. ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| FIGURA 1: INSTRUMENTOS DE VIENTO MADERA | 15 |
| FIGURA 2: PARTES DEL CLARINETE. | 16 |
| FIGURA 3: CHALUMEAU. CONSTRUCCIÓN ACTUAL DEL MODELO ORIGINAL..... | 17 |
| FIGURA 4: CHALUMEAU DE TRES LLAVES. CONSTRUCCIÓN ACTUAL DEL MODELO ORIGINAL. | 18 |
| FIGURA 5: REGISTRO DEL CHALUMEAU Y REGISTRO DEL CLARINETE EN SI BEMOL ACTUAL..... | 18 |
| FIGURA 6: JOSEPH BEER FIGURA 7: JEAN XAVIER LEFEVRE..... | 19 |
| FIGURA 8: CLARINETE DE TRECE LLAVES DE IVAN MÜLLER | 19 |
| FIGURA 9: PORTADA DEL LIBRO "MÉTODO COMPLETO DE CLARINETE" DE KLOSE | 20 |
| FIGURA 10: HYACINTHE KLOSE..... | 20 |
| FIGURA 11: PARTICELLA DE CLARINETE DEL "CONCIERTO PARA CLARINETE Nº 3 " DE CARL STAMITZ | 22 |
| FIGURA 12: JOHANNES BRAHMS | 27 |
| FIGURA 13: CLAUDE DEBUSSY. RETRATO DE FÉLIX NADAR EN 1908 | 28 |
| FIGURA 14: IGOR STRAVINSKY | 29 |
| FIGURA 15: ARNOLD SCHÖNBERG | 30 |
| FIGURA 16: BENNY GOODMAN..... | 32 |
| FIGURA 17: BUDDY DEFRANCO..... | 33 |
| FIGURA 18: PAQUITO D'RIVERA..... | 34 |
| FIGURA 19: JOSE FRANCH BALLESTER. APARECE EN LA IMAGEN UN CLARINETE BACKUN | 35 |
| FIGURA 20: CLARINETE EN "LA" | 37 |
| FIGURA 21: CLARINETE ALTO EN MI BEMOL | 38 |
| FIGURA 22: CLARINETE BAJO..... | 38 |
| FIGURA 23: REQUINTO..... | 39 |
| FIGURA 24: INSTRUMENTOS DE LA FAMILIA DEL CLARINETE. | 39 |

| | |
|---|-----------|
| FIGURA 25: VISTA DEL CLARINETE DEL MODELO DE CATIA | 40 |
| FIGURA 26: VISTA DEL CLARINETE DEL MODELO DE CATIA | 41 |
| FIGURA 27: VISTA DEL CLARINETE DEL MODELO DE CATIA | 41 |
| FIGURA 28: CONJUNTO DE VISTAS DEL MODELO DE CATIA | 41 |
| FIGURA 29: NOMBRES DE LAS LLAVES DEL CLARINETE | 42 |
| FIGURA 30: PERSPECTIVA DEL MODELO DE BARRILETE | 43 |
| FIGURA 31: VISTA FRONTAL DEL BARRILETE | 44 |
| FIGURA 32: BARRILETE COMO ELEMENTO AISLADO | 44 |
| FIGURA 33: : PARTBODY DEL BARRILETE | 45 |
| FIGURA 34: PARÁMETROS ASIGNADOS AL BARRILETE | 45 |
| FIGURA 35: BOCETO DEL CUERPO PRINCIPAL DEL BARRILETE | 46 |
| FIGURA 36: DETALLE DEL EMBELLECEDOR SUPERIOR | 46 |
| FIGURA 37: ENSAMBLAJE DEL BARRILETE | 47 |
| FIGURA 38: CAMPANA | 48 |
| FIGURA 39: PARTBODY DE LA CAMPANA | 48 |
| FIGURA 40: PARÁMETROS DE LA CAMPANA (NO SE MUESTRAN TODOS) | 49 |
| FIGURA 41: BOCETO DEL PERFIL DE GENERACIÓN DE LA CAMPANA | 49 |
| FIGURA 42: MONTAJE DE LA CAMPANA | 50 |
| FIGURA 43: PARTES DE LA BOQUILLA | 51 |
| FIGURA 44: PARÁMETROS DE LA BOQUILLA | 52 |
| FIGURA 45: PARTBODY DE LA BOQUILLA | 52 |
| FIGURA 46: MONTAJE DE LA BOQUILLA | 53 |
| FIGURA 47: PERFIL DE LA CAÑA | 53 |
| FIGURA 48: ALZADO DE LA CAÑA | 54 |
| FIGURA 49: ABRAZADERA | 54 |

| | |
|--|-----------|
| FIGURA 50: MONTAJE DE LA BOQUILLA..... | 55 |
| FIGURA 51: ENSAMBLAJE DEL CUERPO SUPERIOR..... | 56 |
| FIGURA 52: ENSAMBLAJE DEL CUERPO SUPERIOR. SEGUNDA VISTA..... | 56 |
| FIGURA 53: VISTA EXPLOSIONADA DEL CUERPO SUPERIOR COMPLETO | 57 |
| FIGURA 54: PERSPECTIVA DEL CUERPO SUPERIOR..... | 58 |
| FIGURA 55: VISTAS DEL CUERPO SUPERIOR..... | 58 |
| FIGURA 56: BOCETO DEL PERFIL DE REVOLUCIÓN DEL CUERPO SUPERIOR | 59 |
| FIGURA 57: PIEZA DE APOYO | 60 |
| FIGURA 58: BOCETO DEL PERFIL DE REVOLUCIÓN DE LAS PIEZAS DE APOYO..... | 60 |
| FIGURA 59: PARÁMETROS DE LAS PIEZAS DE APOYO | 61 |
| FIGURA 60: PIEZAS DE APOYO CON CORTE INCLINADO | 61 |
| FIGURA 61: ANILLA TRASERA | 62 |
| FIGURA 62: DETALLE DEL MONTAJE DE LA ANILLA TRASERA | 62 |
| FIGURA 63: PARÁMETROS DE LA ANILLA TRASERA..... | 63 |
| FIGURA 64: DETALLE DEL BULÓN DEL AGUJERO TRASERO | 63 |
| FIGURA 65: ANILLAS SUPERIORES DELANTERAS | 64 |
| FIGURA 66: PARÁMETROS DE LA ANILLA SUPERIOR DELANTERA..... | 64 |
| FIGURA 67: VISTA EN PLANTA DEL ENSAMBLAJE DE LA ANILLA TRASERA Y SUPERIOR DELANTERA | 65 |
| FIGURA 68: ANILLAS DELATERAS INFERIORES | 66 |
| FIGURA 69: ENSAMBLAJE DE LAS ANILLAS DEL CUERPO SUPERIOR | 66 |
| FIGURA 70: DETALLE DEL APOYO DE LA ANILLA INFERIOR DELANTERA | 67 |
| FIGURA 71: ENSAMBLAJE DE LA LLAVE 12 | 68 |
| FIGURA 72: BOCETO DEL PERFIL DE LA LLAVE 12 | 68 |
| FIGURA 73: PARTBODY DE LA LLAVE 12..... | 69 |
| FIGURA 74: DETALLE DE LA POSICIÓN FINAL DE LA LLAVE 12..... | 69 |

| | |
|---|-----------|
| FIGURA 75: ENSAMBLAJE DE LA LLAVE 7 | 70 |
| FIGURA 76: VISTAS DE LA LLAVE 7 | 70 |
| FIGURA 77: DETALLE DEL RESORTE DE LA LLAVE 7 EN EL CLARINETE REAL | 71 |
| FIGURA 78: ENSAMBLAJE DE LA LLAVE 8..... | 72 |
| FIGURA 79: BOCETO PARAMETRIZADO DEL VACIADO DEL PUENTE..... | 72 |
| FIGURA 80: ENSAMBLAJE DE LA LLAVE 10BIS | 73 |
| FIGURA 81: VISTA EN PERSPECTIVA DE LA LLAVE 10BIS..... | 73 |
| FIGURA 82: ENSAMBLAJE DE LA LLAVE 11 | 74 |
| FIGURA 83: VISTA EN PERSPECTIVA DE LA LLAVE 11 | 74 |
| FIGURA 84: DETALLE DE LA INCLINACIÓN DE LA LLAVE 11 | 74 |
| FIGURA 85: DETALLE DE LA PIEZA DE GUIADO EN FORMA DE U..... | 75 |
| FIGURA 86: ENSAMBLAJE DE LA LLAVE 7BIS | 76 |
| FIGURA 87: VISTA FRONTAL DEL MONTAJE DE LA LLAVE 7BIS | 76 |
| FIGURA 88: VISTA EN PLANTA DE LA LLAVE 7BIS | 77 |
| FIGURA 89: PERSPECTIVA DE LA LLAVE 7BIS..... | 77 |
| FIGURA 90: ENSAMBLAJE DE LA LLAVE 10 | 78 |
| FIGURA 91: VISTAS DE LA LLAVE 10..... | 78 |
| FIGURA 92: DETALLE DEL ENSAMBLAJE DE LA LLAVE 10 | 79 |
| FIGURA 93: ENSAMBLAJE DE LA LLAVE 9..... | 80 |
| FIGURA 94: DETALLE DEL TORNILLO DE INTERACCIÓN ENTRE LAS LLAVES 9 Y 10 | 80 |
| FIGURA 95: VISTAS DE LA LLAVE 9..... | 81 |
| FIGURA 96: BOCETO DEL PERFIL DEL ACTUADOR DE LA LLAVE 9 | 81 |
| FIGURA 97: VISTAS DE LA LLAVE 6..... | 82 |
| FIGURA 98: VISTA DELANTERA DEL ENSAMBLAJE DE LA LLAVE 6 | 82 |
| FIGURA 99: VISTA TRASERA DEL ENSAMBLAJE DE LA LLAVE 6 | 83 |

| | |
|--|-----------|
| FIGURA 100: ENSAMBLAJE DEL CUERPO INFERIOR..... | 84 |
| FIGURA 101: ENSAMBLAJE DEL CUERPO INFERIOR. VISTA SEGUNDA..... | 84 |
| FIGURA 102: DETALLE DEL APOYO DEL PULGAR..... | 85 |
| FIGURA 103: VISTA EXPLOSIONADA DEL CONJUNTO DEL CUERPO INFERIOR..... | 85 |
| FIGURA 104: VISTA EN PERSPECTIVA DEL CUERPO INFERIOR..... | 86 |
| FIGURA 105: CONJUNTO DE VISTAS DEL CUERPO INFERIOR..... | 86 |
| FIGURA 106: BOCETO DEL PERFIL DE REVOLUCIÓN DEL CUERPO INFERIOR..... | 87 |
| FIGURA 107: DETALLE DE PARÁMETROS Y AGUJEROS DEL CUERPO INFERIOR..... | 87 |
| FIGURA 108: APOYOS DOBLES DEL CUERPO INFERIOR..... | 88 |
| FIGURA 109: DETALLE DEL MONTAJE DE LAS PIEZAS DE APOYO..... | 88 |
| FIGURA 110: DETALLE DEL APOYO DOBLE EN EL CLARINETE REAL..... | 89 |
| FIGURA 111: ENSAMBLAJE DE LAS ANILLAS DEL CUERPO INFERIOR..... | 90 |
| FIGURA 112: DETALLE DE UNIÓN DE LAS PATILLAS DE ANILLAS..... | 90 |
| FIGURA 113: PARTBODY DE LAS ANILLAS DEL CUERPO INFERIOR..... | 91 |
| FIGURA 114: BOCETO DE LAS ANILAS DEL CUERPO INFERIOR..... | 91 |
| FIGURA 115: PIEZA DE APOYO CON AGUJA..... | 92 |
| FIGURA 116: DETALLE DEL RESORTE DE LA ANILLA..... | 92 |
| FIGURA 117: ENSAMBLAJE LLAVE C..... | 93 |
| FIGURA 118: PARÁMETROS LLAVE C..... | 93 |
| FIGURA 119: BOCETO DE GENERACIÓN DE LA LLAVE C..... | 94 |
| FIGURA 120: DETALLE DEL TACÓN DE LA LLAVE C..... | 94 |
| FIGURA 121: VISTAS DE LA LLAVE 4..... | 95 |
| FIGURA 122: ENSAMBLAJE DE LA LAVE 4..... | 95 |
| FIGURA 123: PARÁMETROS DE LA LLAVE 4..... | 96 |
| FIGURA 124: APOYO RECORTADO LLAVE 4..... | 96 |

| | |
|---|------------|
| FIGURA 125: ENSAMBLAJE DE LA LLAVE 5 | 97 |
| FIGURA 126: PARÁMETROS DE LA LLAVE 5 | 97 |
| FIGURA 127: ENSAMBLAJE DE LA LLAVE B | 98 |
| FIGURA 128: DETALLE DEL APOYO DE LA LLAVE B | 98 |
| FIGURA 129: DETALLE DE LA COLOCACIÓN DEL APOYO DE LA LLAVE B | 99 |
| FIGURA 130: VISTA DE LA LLAVE B | 99 |
| FIGURA 131: ENSAMBLAJE DE LA LLAVE A | 100 |
| FIGURA 132: VISTA EN PERSPECTIVA DE LA LLAVE A | 100 |
| FIGURA 133: BOCETO DE LA PESTAÑA DE LA LLAVE A | 101 |
| FIGURA 134: DETALLE DE LA PESTAÑA EN SU POSICIÓN DEFINITIVA | 101 |
| FIGURA 135: ENSAMBLAJE DE LA LLAVE 3 | 102 |
| FIGURA 136: VISTAS DE LA LLAVE 3 | 102 |
| FIGURA 137: BOCETO DEL BRAZO DE LA LLAVE 3 | 103 |
| FIGURA 138: DETALLE INTERACCIÓN ENTRE LAS LLAVES A, B Y 3 | 103 |
| FIGURA 139: ENSAMBLAJE DE LA LLAVE 1 | 104 |
| FIGURA 140: VISTA EN PERSPECTIVA DE LA LLAVE 1 | 104 |
| FIGURA 141: ENSAMBLAJE DE LA LLAVE 2 | 105 |
| FIGURA 142: VISTAS DE LA LLAVE 2 | 105 |
| FIGURA 143: ENSAMBLAJE DE LA LLAVE 18 | 106 |
| FIGURA 144: PARÁMETROS Y BOCETO DEL BULÓN DE LA LLAVE 18 | 106 |
| FIGURA 145: DETALLES DE LOS CORCHOS | 107 |
| FIGURA 146: VISTAS DEL EMBELLECEDOR SUPERIOR DEL BARRILETE | 107 |
| FIGURA 147: VISTAS DEL EMBELLECEDOR INFERIOR DEL BARRILETE | 108 |

DEDICATORIA

Como punto final a esta memoria de proyecto fin de carrera, me resta por escribir unas líneas más. Párrafos que suponen el final de una larga etapa, de la cual quiero ahora plasmar el recuerdo de esos *“tu acaba la carrera, titi”* a la vez que recoger tantas oraciones y plegarias. Cosas de abuelos...

Resaltar cómo no el apoyo de mi familia. El ánimo que me han transmitido mis tíos y primos, sus recomendaciones y consejos me han aliviado sin duda la carga que supone tanto estudio. Mi hermano, fuerte pilar de motivación y superación. No nos podemos conformar con lo mínimo.

Se termina un ciclo, como decía, que sin duda dará paso a otro. En la etapa laboral que nos aguarda quiero yo contar con una de las cosas más importantes que saco de esta escuela. De aquí salgo con un grupo pequeño, pero inmejorable de *“compañeros de trinchera”*, como me gusta a mí llamarles. Amigos con los que he compartido tantas horas de clase, estudio y café.

Me detengo un momento y pienso que a partir de ahora quiero también seguir *“dibujando jarrones”*, junto a mi compañera. Cuánto ánimo, cuánta ilusión. Un simple mensaje de apoyo recibido un sábado cualquiera, en alguna biblioteca cualquiera, que te aporta fuerzas para estudiar dos horitas más. La motivación de estudiar hoy para mañana poder verte más. ¡Qué vacaciones tras aprobar *“Medio Ambiente”* y *“Métodos”*!

Estoy satisfecho. He aquí el colofón de esta faena que quiero dedicar, más que a nadie, a dos personas que sin duda se alegran este día mucho más que yo. Dedicatoria y agradecimiento inmenso por tanto apoyo y tanta insistencia. A mis padres, a mi Rafa y mi Lola. Por ellos va.