



UNIVERSIDAD
COMPLUTENSE
MADRID

Proyecto de Innovación

Convocatoria 2022/2023

Nº de proyecto: 103

Creación de un modelo anatómico 3D impreso y virtual para el aprendizaje de la anatomía clínica y la endoscopia digestiva inferior en el perro

Responsable del Proyecto: Concepción Rojo Salvador

Facultad de Veterinaria

Departamento: Anatomía y Embriología

1. Objetivos propuestos en la presentación del proyecto

Los objetivos propuestos en el proyecto fueron los siguientes:

Reducir en lo posible la cantidad de cadáveres y órganos necesarios para llevar a cabo las prácticas de anatomía, suplementando y reemplazando en parte con modelos anatómicos 3D, lo cual se justifica por la cada vez menor disponibilidad de cadáveres de perro, y el problema de trabajar, en ocasiones, con piezas conservadas mediante sustancias tóxicas.

Mejorar la capacitación y las habilidades clínicas, mediante la creación de un modelo que reproduzca fielmente el órgano real para el manejo del endoscopio. De esta manera podrá utilizarse en las prácticas clínicas de Medicina Interna (prácticas de endoscopia), así como para el aprendizaje quirúrgico en las prácticas de cirugía veterinaria del aparato digestivo del perro.

Facilitar el autoaprendizaje, la comprensión y la adquisición de conocimientos de anatomía descriptiva y topográfica, de medicina del aparato digestivo, y de cirugía veterinarias durante el proceso de enseñanza-aprendizaje, así como la autoevaluación.

Posibilitar el aprendizaje no presencial, en remoto, mediante la creación de recursos docentes digitales en 3D para la docencia de la anatomía, de la endoscopia y de algunos aspectos de la cirugía del colon y del recto en el perro.

2. Objetivos alcanzados

Se han alcanzado los objetivos planteados mediante el diseño de un modelo de intestino grueso del perro en 3D, tanto virtual como impreso. El modelo impreso que actualmente se utiliza se realizó en látex, ya que resultó ser el mejor material en cuanto a sus características de textura y flexibilidad, muy adecuadas para el paso del endoscopio. Este modelo impreso ha sido probado por los profesores de anatomía y por los profesores especialistas en endoscopia digestiva, junto con alumnos internos del servicio de endoscopia. En el próximo curso estará disponible para poder ser empleado durante las prácticas con alumnos en las asignaturas de Anatomía y Embriología, Medicina Interna de Pequeños Animales, Cirugía Especial y Rotatorio Clínico.

Por otro lado, el modelo virtual del que disponemos consiste en un pdf interactivo diseñado para estudio y autoevaluación de los estudiantes. Se alojará en la página web de la Sección Departamental de Anatomía y Embriología, una vez publicados nuestros resultados.

3. Metodología empleada en el proyecto

Las piezas anatómicas utilizadas en este proyecto se obtuvieron y prepararon en la sala de disección de la Sección Departamental de Anatomía y Embriología a partir

de los materiales biológicos utilizados en las prácticas de anatomía del grado en veterinaria.

Posteriormente, estas piezas anatómicas se trasladaron al servicio de Diagnóstico por Imagen del Hospital Clínico Veterinario Complutense (HCVC) para obtener imágenes en formato dicom, realizando pruebas con resonancia magnética nuclear y con tomografía axial computerizada.

Las imágenes en formato dicom se procesaron en el servicio de modelado e impresión 3D de la Plataforma de Talleres de Apoyo a la Investigación de la UCM, obteniendo la malla digital mediante los softwares apropiados, así como el modelo impreso. El modelo digital se trabajó para transformarlo en una herramienta docente, diseñando un pdf interactivo para poder ser utilizado por los estudiantes de forma sencilla.

El modelo impreso fue probado para su uso en docencia, tanto en anatomía como en el servicio de endoscopia digestiva. Fue valorado por todos los participantes de este proyecto, estudiantes y profesores, con el fin de mejorar el prototipo inicial. Finalmente está disponible en látex y listo para ser utilizado por los estudiantes de grado para el manejo del endoscopio, el aprendizaje de la anatomía topográfica abdominal y las técnicas quirúrgicas.

4. Recursos humanos

En este proyecto ha participado PDI y PAS con experiencia previa de otros proyectos anteriores de modelos anatómicos en 3D. Participan el Departamento de Medicina y Cirugía Animal y la Sección Departamental de Anatomía y Embriología en Veterinaria, además de estudiantes de grado y doctorado.

El PDI que ha trabajado en este proyecto es el siguiente:

-Sección Departamental de Anatomía y Embriología:

Responsable del proyecto: Concepción Rojo Salvador crojosal@ucm.es

M^a Encina González Martínez encinagonzalez@vet.ucm.es

-Departamento de Medicina y Cirugía Animal:

Mercedes Guadalupe García-Sancho mercgarc@ucm.es

Fernando Rodríguez Franco ferdiges@vet.ucm.es

Ángel Sáinz Rodríguez angelehr@vet.ucm.es

Jesús Rodríguez Quirós jrquiros@ucm.es

Carmen Pérez Díaz cperezdi@ucm.es

Antonio Nicolás Jiménez Socorro a.njimenez@ucm.es

-PAS:

M^a Aranzazu Mateos Sanz maamateo@ucm.es

-Estudiantes de grado y doctorado:

David Rafael Díaz-Regañón Fernández drdiazreganon@ucm.es

Rosa María Mendaza De Cal rmendaza@ucm.es

María Rodríguez Rojo marodr54@ucm.es

Nerea Ramos Pérez nerearam@ucm.es

Marianna Carolina Páez la Rosa marpae02@ucm.es

5. Desarrollo de las actividades

Obtención y procesamiento de las muestras. Las profesoras de anatomía, junto con la técnico de la sala de disección que participa en el proyecto, se encargaron de obtener y preparar las piezas anatómicas para su procesamiento para la tomografía computerizada y la resonancia magnética. Se extrajo el intestino grueso completo del cadáver de perro, desde el segmento del ileon hasta el ano. Se disecó adecuadamente, se lavó y se dio volumen, lo necesario para una mejor visualización en el servicio de Diagnóstico por Imagen. En esta fase también colaboraron los estudiantes que participan en este proyecto.

Obtención de imágenes dicom. En el Servicio de Diagnóstico por Imagen del HCVC se realizaron las pruebas de resonancia magnética y tomografía axial computerizada de las muestras, tanto sobre la pieza anatómica como sobre el cadáver. Se hicieron varios estudios y se seleccionaron los más adecuados.

Procesamiento de las imágenes dicom: obtención de la malla digital e impresión del modelo anatómico. Los estudios de resonancia y de tomografía se procesaron en el servicio de diseño y modelado 3D de la Plataforma de Talleres de Apoyo a la Investigación de la UCM. Dado que este servicio no ha estado disponible durante gran parte del curso académico 2022-23, los trabajos demoraron más de lo planeado, por lo que no hemos podido probar el prototipo impreso con estudiantes de grado en el presente curso. Contábamos, sin embargo, con la experiencia del curso anterior en la elaboración de órganos huecos flexibles impresos en 3D, por lo que se necesitó menos tiempo para el diseño. Las imágenes con las que se trabajó fueron las de resonancia, ya que las de tomografía, como era de esperar, ofrecían un menor detalle de las estructuras internas. Utilizamos el software Meshmixer de Autodesk para diferenciar los datos de las imágenes en formato DICOM y hacer la reparación de la malla digital, así como posteriormente ir depurando la imagen y eliminando aquellos datos menos relevantes. En un siguiente paso se utilizó un software de análisis de mallas digitales, con el que hubo que eliminar defectos, huecos y zonas no trianguladas, hasta conseguir una malla digital cerrada e imprimible. Después de obtener una malla digital reconstruida definitiva y reducida en polígonos, se analizó la cavidad interna, hueca, con el fin de reproducir los detalles anatómicos del modelo natural. Toda esta fase de reconstrucción de las cavidades internas y de los detalles externos se realizó con el software de análisis

de mallas digitales Autodesk 3D Studio Max 2021. Ver figuras 1 a 3 en Anexos.

Antes de la impresión 3D se utilizó el software Netfabb de Autodesk para terminar de reconstruir la malla imprimible, procediendo a la reparación de archivos STL. La primera prueba de impresión se realizó con la técnica de FDM (modelado de deposición fundida) en material ABS (acrilonitrilo butadieno estireno) en forma de filamento, un polímero termoplástico muy resistente que permite crear piezas ligeras. El modelo resultante permitió obtener un colon de perro de consistencia rígida en el que valorar las características anatómicas antes de imprimir el modelo flexible. Posteriormente se imprimieron los modelos flexibles mediante pruebas con diversos materiales. La impresora utilizada en todos los casos fue una Ultimaker S5. Partiendo de la experiencia previa en modelos anatómicos huecos, se decidió generar un negativo del tubo hueco en ABS y posteriormente formar la pared con látex en una única pieza, desechando la silicona como material de elección, por no ser del todo idónea durante el deslizamiento del endoscopio a través del modelo 3D. El postprocesado se realizó a mano y las rectificaciones del modelo se hicieron con resina epoxi. Se pintó manualmente con brocha la parte externa con varias capas de tinte especial para látex, hasta obtener una transparencia adecuada (Figuras 4 y 5 en Anexos). El látex resultó ser la mejor opción en cuanto a flexibilidad para la manipulación del endoscopio, permitiendo deslizar suavemente y girar sin limitaciones dentro del modelo. Durante el proceso de pruebas de impresión participaron los estudiantes del proyecto, de forma muy activa los de doctorado, junto con los profesores.

Pruebas con el prototipo impreso. El modelo anatómico impreso y listo para su uso con estudiantes se ha obtenido al final del curso presente. Las pruebas de validación las han realizado todos los integrantes del proyecto, los profesores de anatomía y los profesores de medicina y cirugía en sus diferentes especialidades. Se ha valorado tanto desde el punto de vista anatómico (reproducción realista de la forma, el tamaño y los detalles), como su validez en la práctica con el endoscopio y las técnicas quirúrgicas. Alumnos internos del servicio de endoscopia han podido probar también el modelo. Hasta el momento, los resultados son muy satisfactorios, tanto en la reproducción de los detalles anatómicos, con una imagen muy realista de las cavidades internas cuando se observa con el endoscopio, como en la manipulación para practicar la técnica de colonoscopia en el perro (Figuras 6 a 8 en anexos). En el curso próximo, por tanto, los estudiantes de grado tendrán a su disposición el modelo anatómico impreso producido gracias a este proyecto. Será una herramienta docente para las prácticas de endoscopia digestiva y de anatomía, y con algunas modificaciones también en cirugía.

Generación del modelo virtual. Se ha creado un pdf interactivo del modelo anatómico (Figuras 9 y 10 en Anexos). Esta herramienta virtual permite manipular el colon en 3D, los estudiantes pueden girarlo, verlo desde diferentes vistas, seccionarlo e

identificar sus diferentes partes. Permite entender la topografía del órgano, su posición dentro de la cavidad abdominal y su relación con otros órganos, aspectos estos difíciles de entender por los estudiantes. También permitirá la autoevaluación, mediante sencillas preguntas de identificación de estructuras. Esta herramienta se alojará en la página web de la Sección Departamental de Anatomía y Embriología, una vez que nuestros resultados del proyecto se hayan publicado en revistas indexadas.

6. Anexos

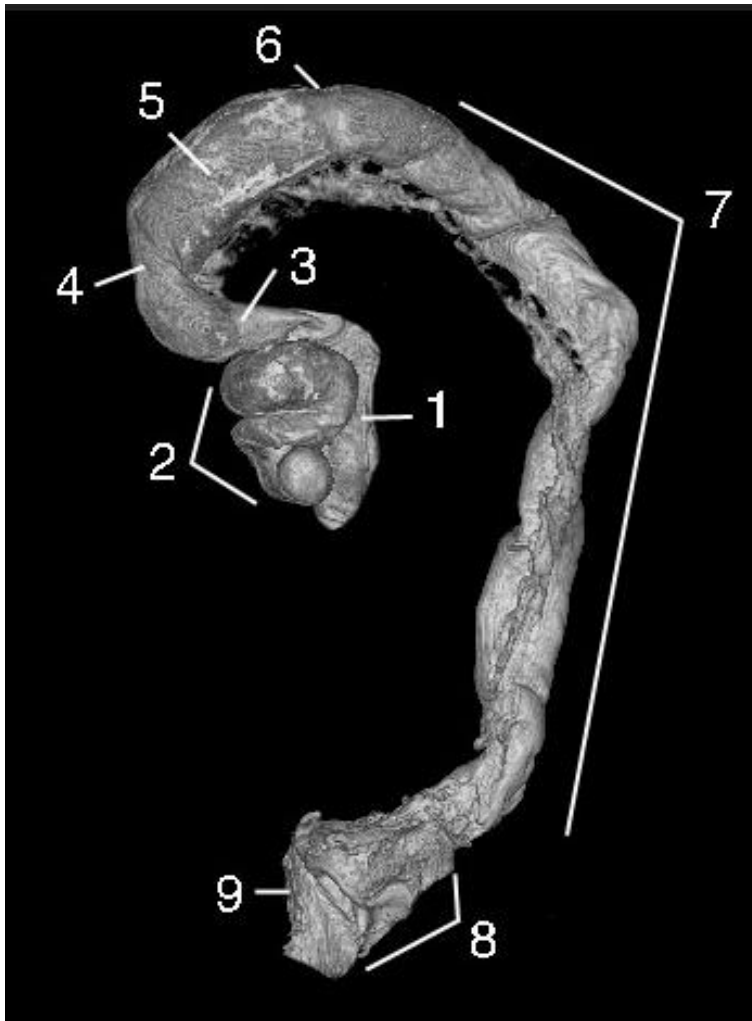
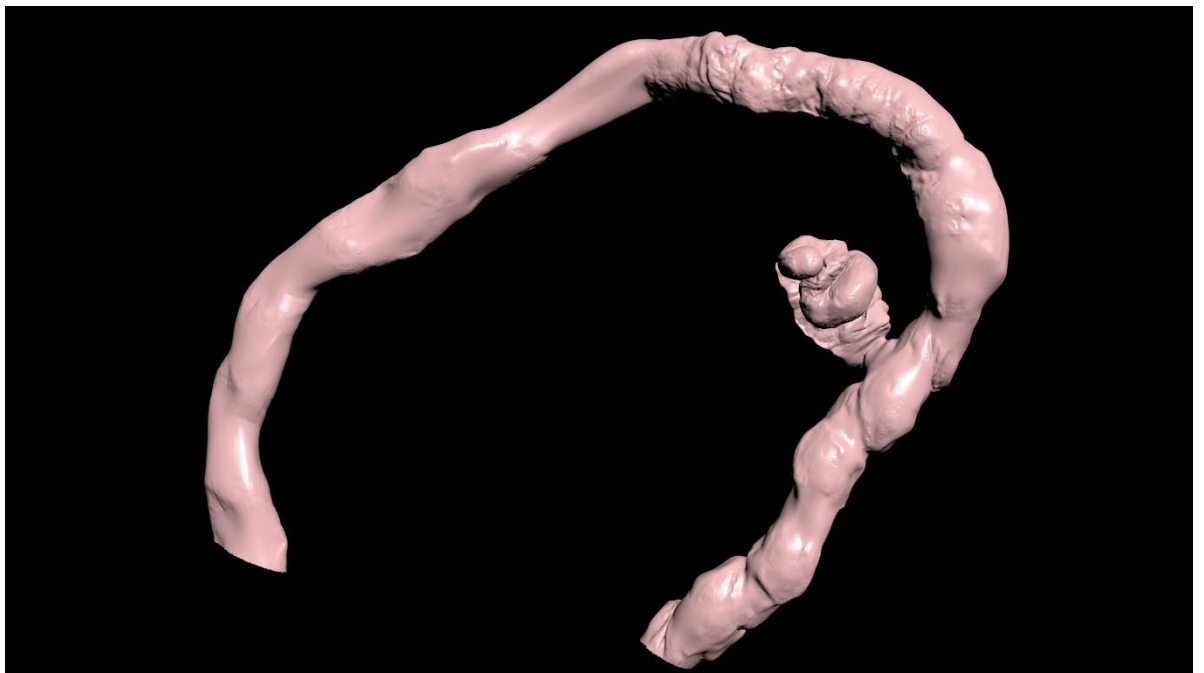
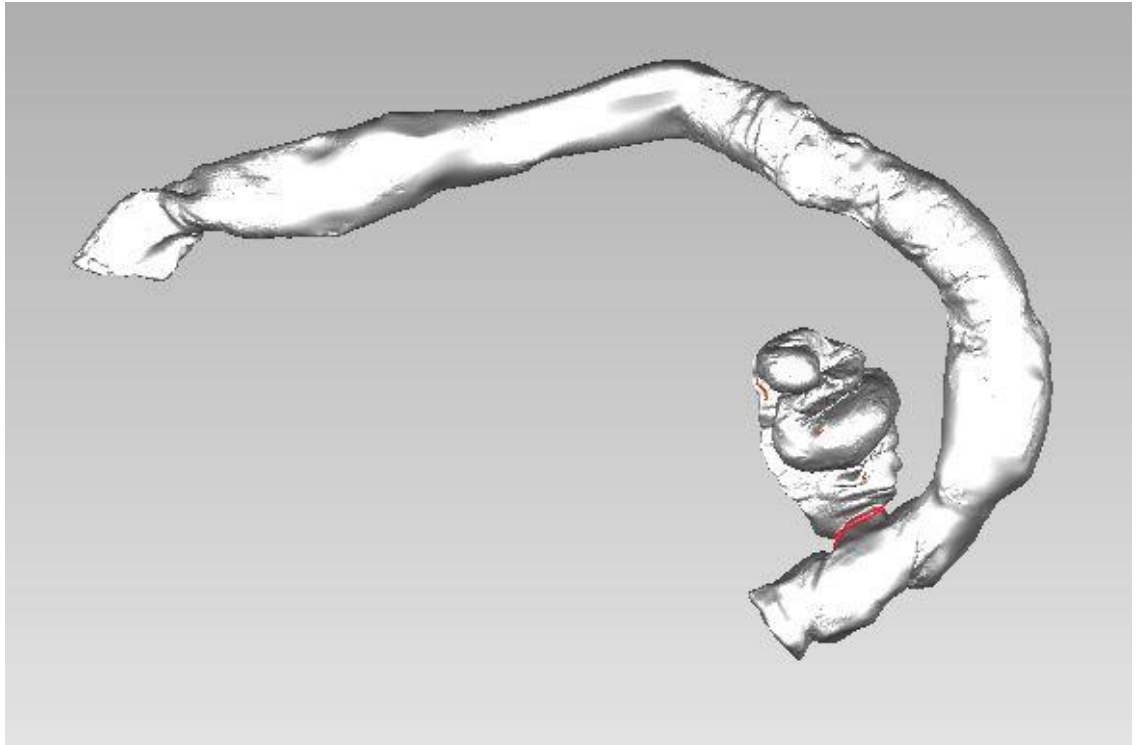


Figura 1. Reconstrucción 3D del intestino grueso del perro con el visor dicom *Radiant*. Los números señalan zonas de interés de aprendizaje.



Figuras 2 y 3. Imagen 3D del intestino grueso del perro tras aplicar software de reconstrucción de la malla imprimible. Modelo inicial (imagen superior) y modelo mejorado (imagen inferior).



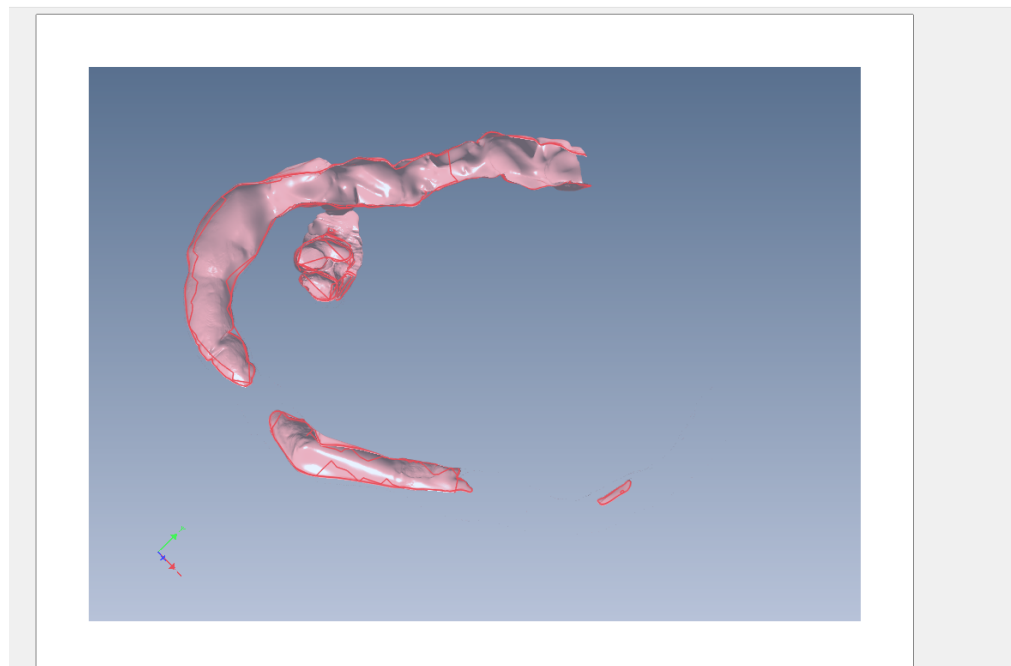
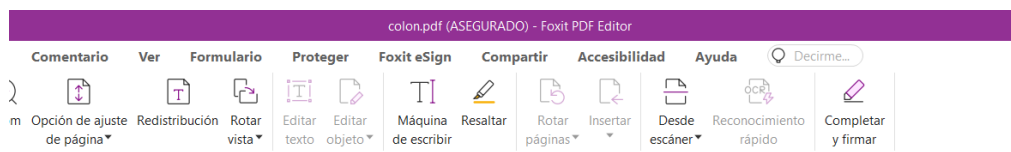
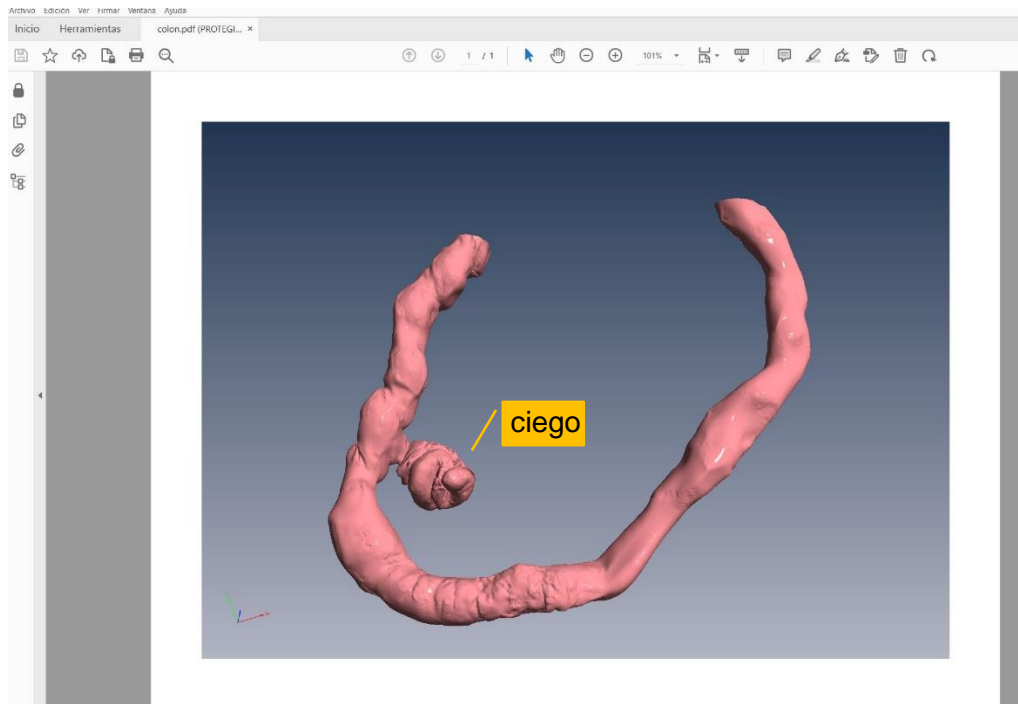
Figuras 4 y 5. Modelos 3D impresos en látex de diferentes colores, del intestino grueso del perro. Modelo inicial (imagen superior) y modelo mejorado (imagen inferior).



Figuras 6 y 7. Probando en el servicio de endoscopia del HCVC el modelo impreso en látex correspondiente a la figura 5.



Figura 8. Imagen tomada con el fibroendoscopio a su paso por el colon descendente del modelo 3D impreso en látex.



Figuras 9 y 10. Capturas de pantalla del PDF interactivo para aprendizaje de estudiantes. Vista completa del órgano (imagen superior) y opción de seccionar la pieza (imagen inferior).