

Segmentación para impresión 3D

Attila Nagy

Universidad de Szeged

Csaba Pintér

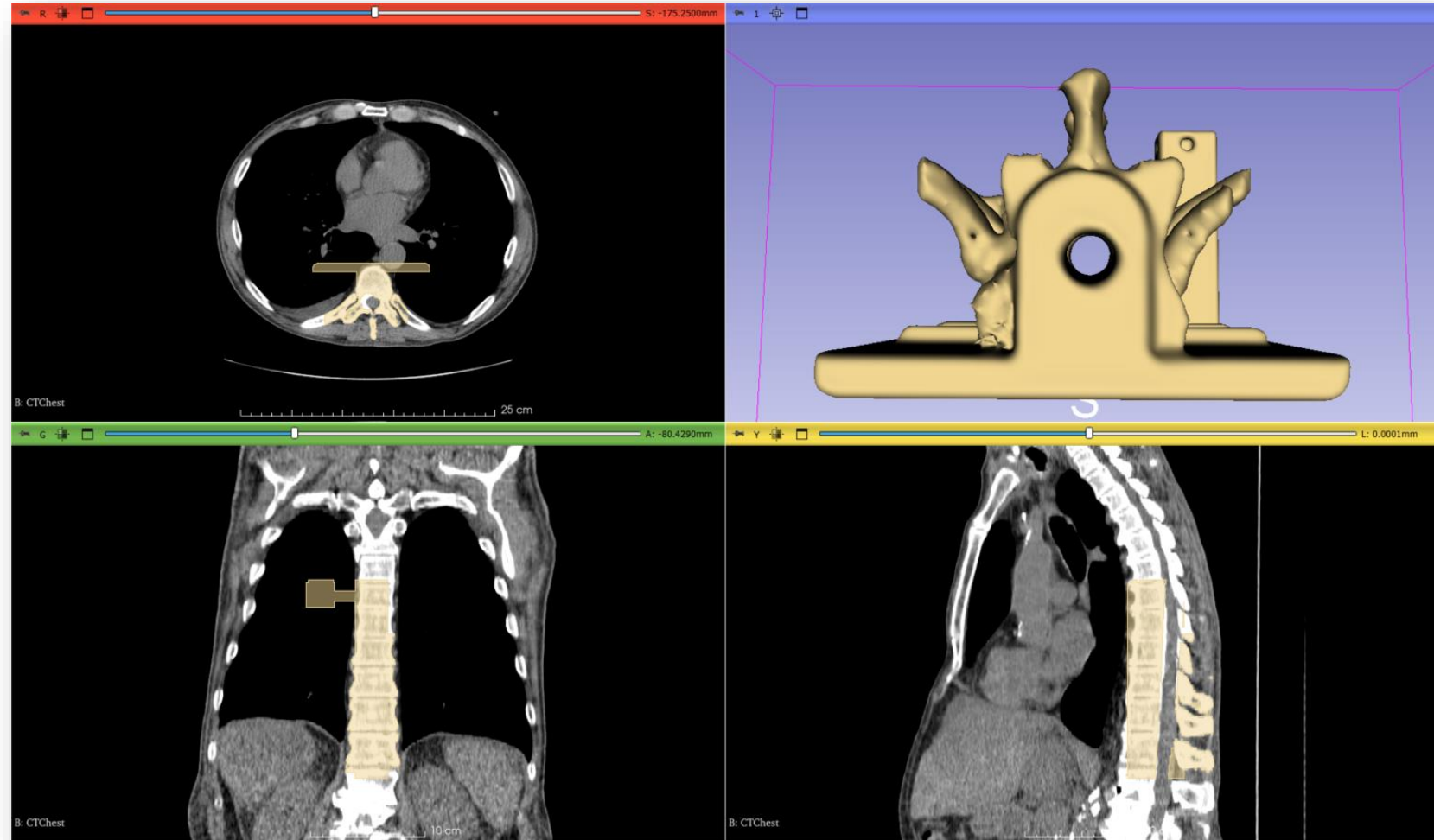
EBATINCA, S.L., Spain

38&40th NA-MIC Project Week, 2023 enero – 2024 enero



Objetivo de aprendizaje

Este tutorial demuestra la segmentación de imágenes en el módulo Editor de Segmentos de 3D Slicer con el propósito de imprimir en 3D.



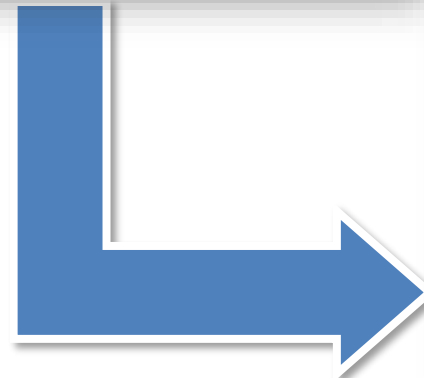


Aplicación clínica del simulador de paciente de columna propuesto

- Fantoma de entrenamiento para la inserción de agujas
- Soporte de marcador electromagnético
- Relleno de gel (~tejido blando)
- Cubierto con sábana (~piel)
- Tubo con agua en el centro



[Moult et al. 2013](#)





Material

Este tutorial requiere la instalación de una versión reciente estable de 3D Slicer (al menos 5.6.1), que está disponible en la página de descargas de **Slicer**:

<http://download.slicer.org/>

Conjunto de datos del tutorial: Modelo base STL del Fantoma

<https://raw.githubusercontent.com/Slicer/SlicerSegmentationFor3DPrintingTutorial/main/BasePiece.stl> (source: [PerkLab Model Catalog](#))

Páginas de **documentación del usuario**:

https://slicer.readthedocs.io/en/latest/user_guide/modules/segmentations.html

https://slicer.readthedocs.io/en/latest/user_guide/modules/segmenteditor.html



Plataformas

- Desarrollado y actualizado en Windows 64bit, macOS y Linux 64bit y 32bit



- Slicer requiere
 - Un mínimo de 4 GB de RAM (se recomienda más)
 - GPU dedicada para renderizado rápido (OpenGL 3.2+)

Una guía rápida sobre cómo utilizar este tutorial



Slicer es una plataforma muy completa. Por lo tanto, suele haber más de una forma de trabajar con sus datos y conseguir el mismo resultado.

A lo largo de este tutorial, a veces mostramos más de una posibilidad, por lo que verás tres tipos de diapositivas:

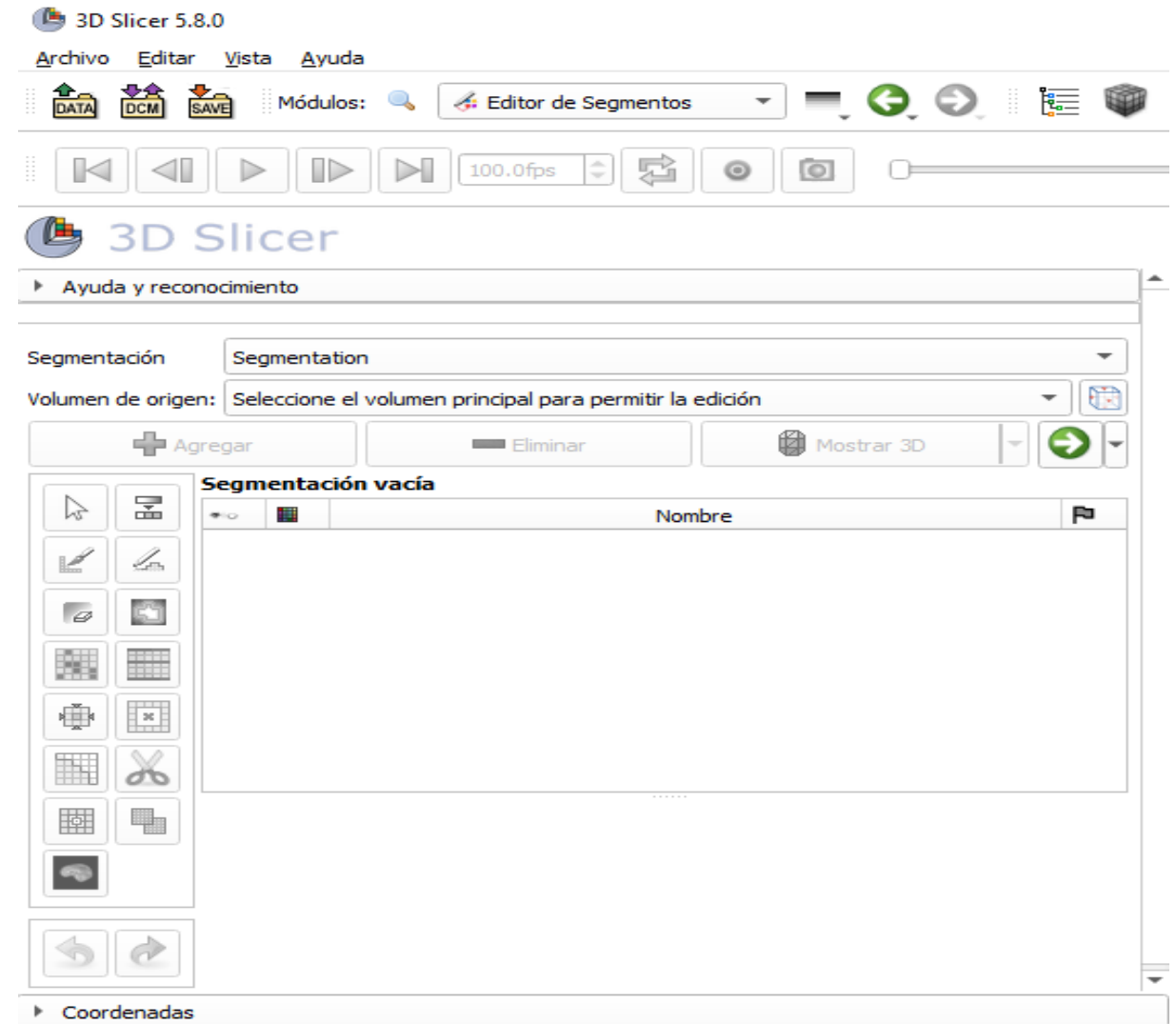
- Las diapositivas que son comunes a ambos enfoques tienen un **fondo blanco**.
- Si está interesado en algo **más detallado**, entonces simplemente siga todas las diapositivas. Las diapositivas con un **ligero tono verde** muestran distintas formas de lograr los mismos resultados.
- Si quiere una solución **más rápida**, sin entrar demasiado en los detalles, además de las diapositivas blancas, siga las marcadas con un reloj (que se muestra en la esquina), y un fondo ligeramente **teñido de rojo**.



Módulo: Editor de segmentos



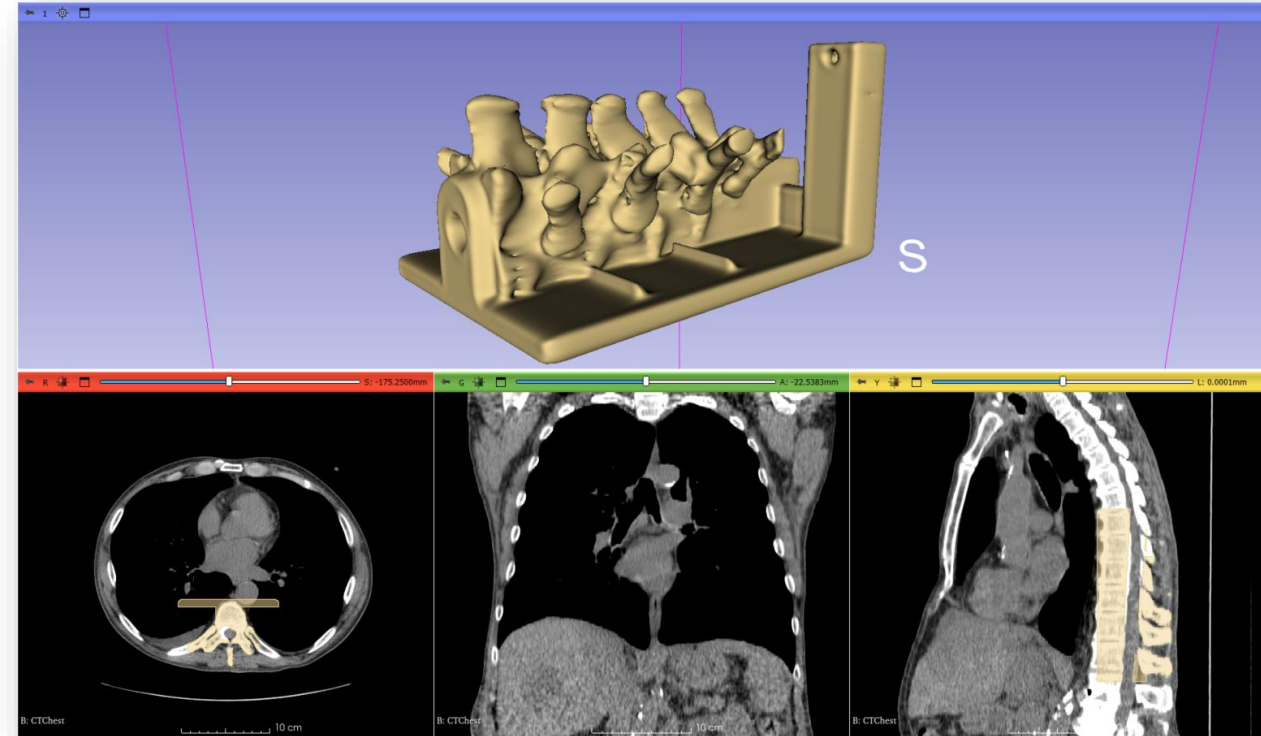
- Actualización de superficies 3D en tiempo real
- Edición en cortes oblicuos
- Segmentos superpuestos
- Herramientas intuitivas
- Manual
- Semiautomático
- Ajustes avanzados





Temáticas

1. Cargar imagen de TC
2. Segmentar las vértebras a imprimir en 3D
3. Añadir la base del fantom a la segmentación
4. Fusionar y finalizar el fantom
5. Guardar el segmento del fantom en un archivo STL para la impresión 3D





Parte 1: Cargar imagen de TC

Visión general:

- Cargar el conjunto de datos de muestra “CTChest”
- Establecer el contraste de la imagen para una mejor visibilidad









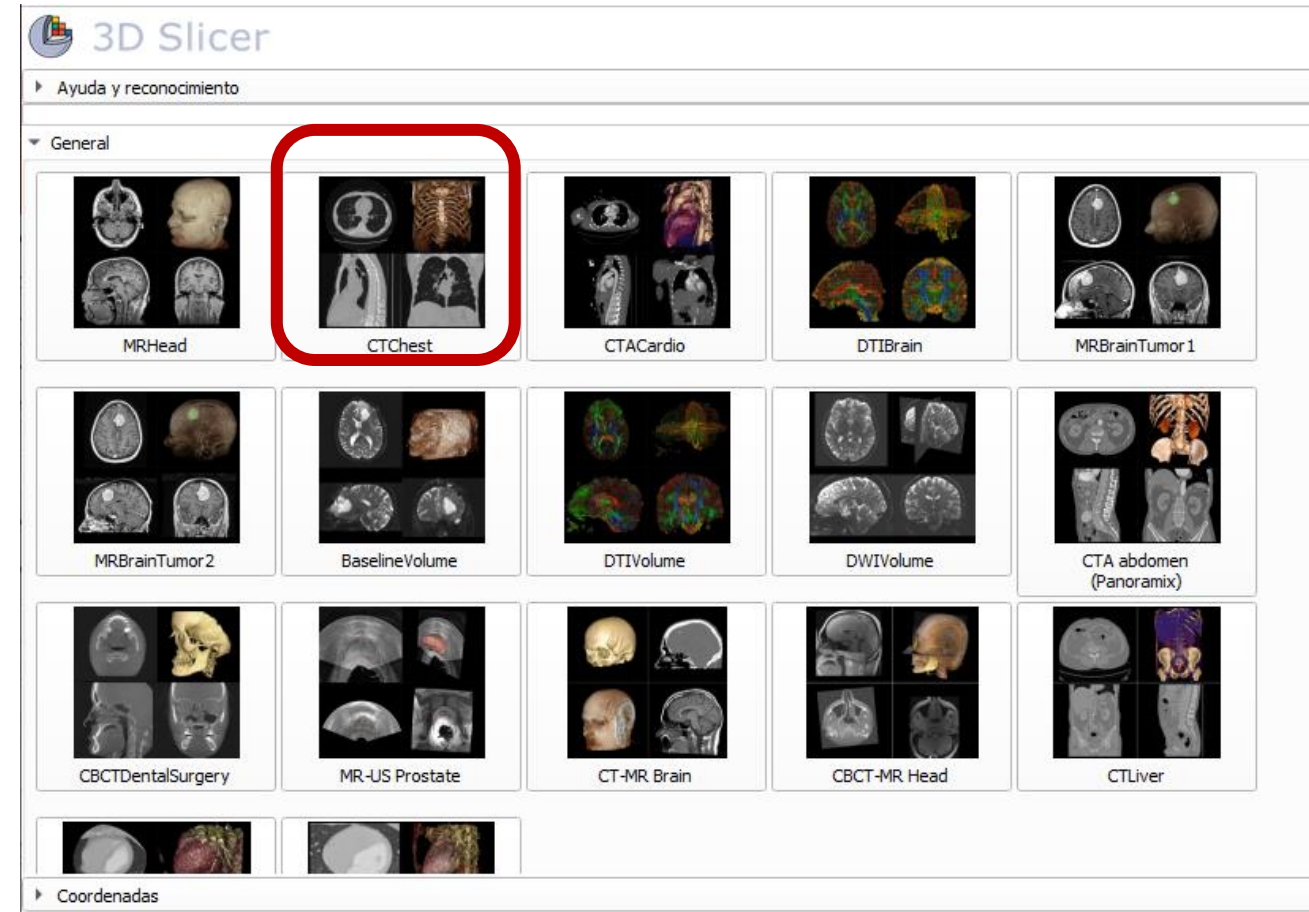
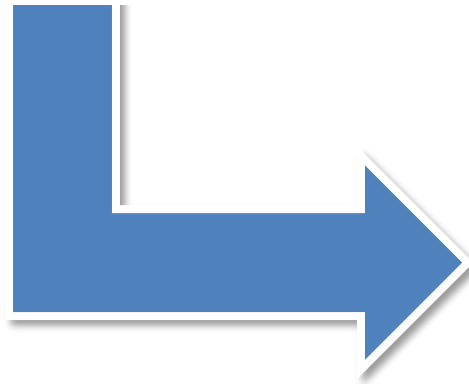
1/1: Cargar el conjunto de datos CT Chest



3D Slicer

Bienvenido

 Añadir datos	 Añadir datos DICOM
 Instalar extensiones	 Descargar datos de muestra
 Personalizar Slicer	 Explorar datos añadidos



3D Slicer

Ayuda y reconocimiento

General

- MRHead
- CTChest**
- CTACardio
- DTIBrain
- MRBrainTumor1
- MRBrainTumor2
- BaselineVolume
- DTIVolume
- DWIVolume
- CTA abdomen (Panoramix)
- CBCTDentalSurgery
- MR-US Prostate
- CT-MR Brain
- CBCT-MR Head
- CTLiver

Coordenadas





1/2: Muestra de TC cargada

Solicitando descarga CT-chest.nrrd desde <https://github.com/Slicer/SlicerTestingData/releases/download/SHA256/4507b664690840abb6cb9af2d919377ffc4ef75b167cb6fd0f747befdb12e38e...>
 Descargado 4.0 MB (10% de 40.2 MB)...
 Descargado 8.1 MB (20% de 40.2 MB)...

Verificación de la suma de control
 El fichero ya existe y la suma de comprobación es correcta - reutilizarlo.
Solicitando carga CTchest desde C:/Users/Adriana/AppData/Local/slicer.org/Slicer/cache/SlicerIO/CT-chest.nrrd ...
Carga finalizada

Verificación de la suma de control
 El fichero ya existe y la suma de comprobación es correcta - reutilizarlo.
Solicitando carga CTchest desde C:/Users/Adriana/AppData/Local/slicer.org/Slicer/cache/SlicerIO/CT-chest.nrrd ...
Carga finalizada

3D Slicer 5.8.0
 Archivo Editar Vista Ayuda

DATA DCM SAVE Módulos: Datos de muestra

3D Slicer

CT-MR Brain CBCT-MR Head

CTLiver CTP Cardio Sequence

CT Cardio Sequence

Load data from URL

Local/slicer.org/Slicer/cache/SlicerIO/CT-chest.nrrd ...
 Verificación de la suma de control
 El fichero ya existe y la suma de comprobación es correcta - reutilizarlo.
Solicitando carga CTchest desde C:/Users/Adriana/AppData/Local/slicer.org/Slicer/cache/SlicerIO/CT-chest.nrrd ...
Carga finalizada

Verificación de la suma de control
 El fichero ya existe y la suma de comprobación es correcta - reutilizarlo.
Solicitando carga CTchest desde C:/Users/Adriana/AppData/Local/slicer.org/Slicer/cache/SlicerIO/CT-chest.nrrd ...
Carga finalizada

Verificación de la suma de control
 El fichero ya existe y la suma de comprobación es correcta - reutilizarlo.
Solicitando carga CTchest desde C:/Users/Adriana/AppData/Local/slicer.org/Slicer/cache/SlicerIO/CT-chest.nrrd ...
Carga finalizada

Coordenadas

1 R S: -175.2500mm

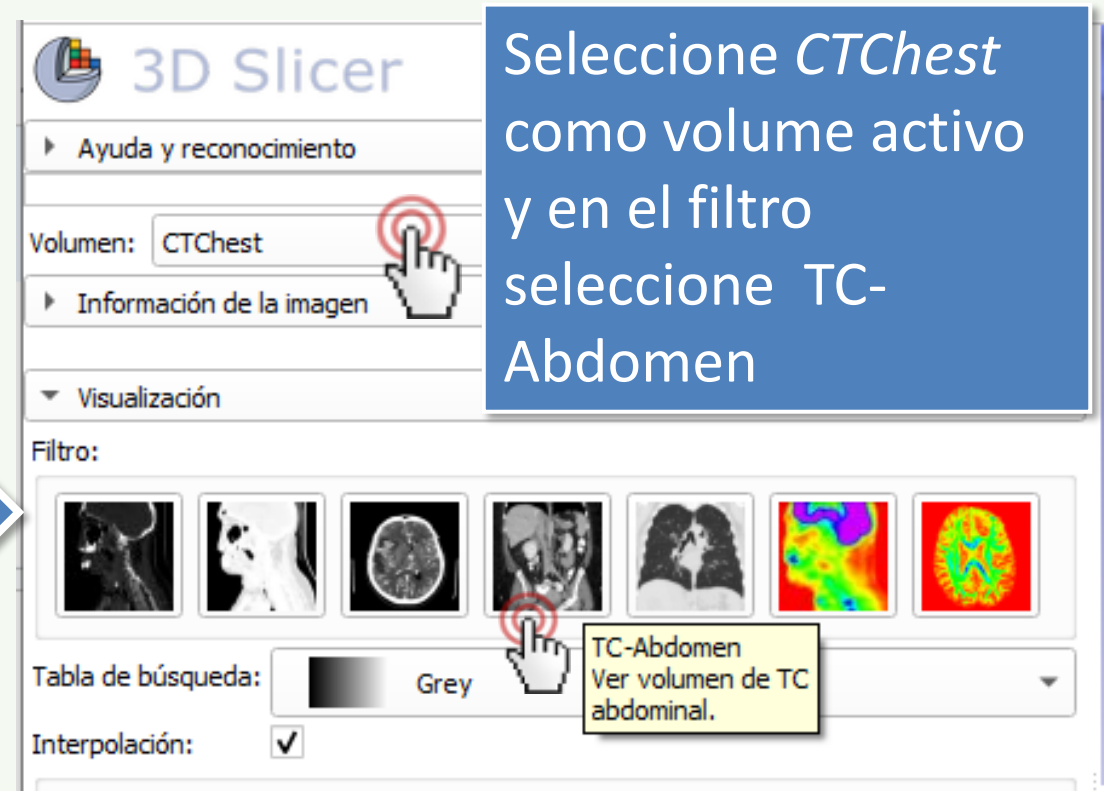
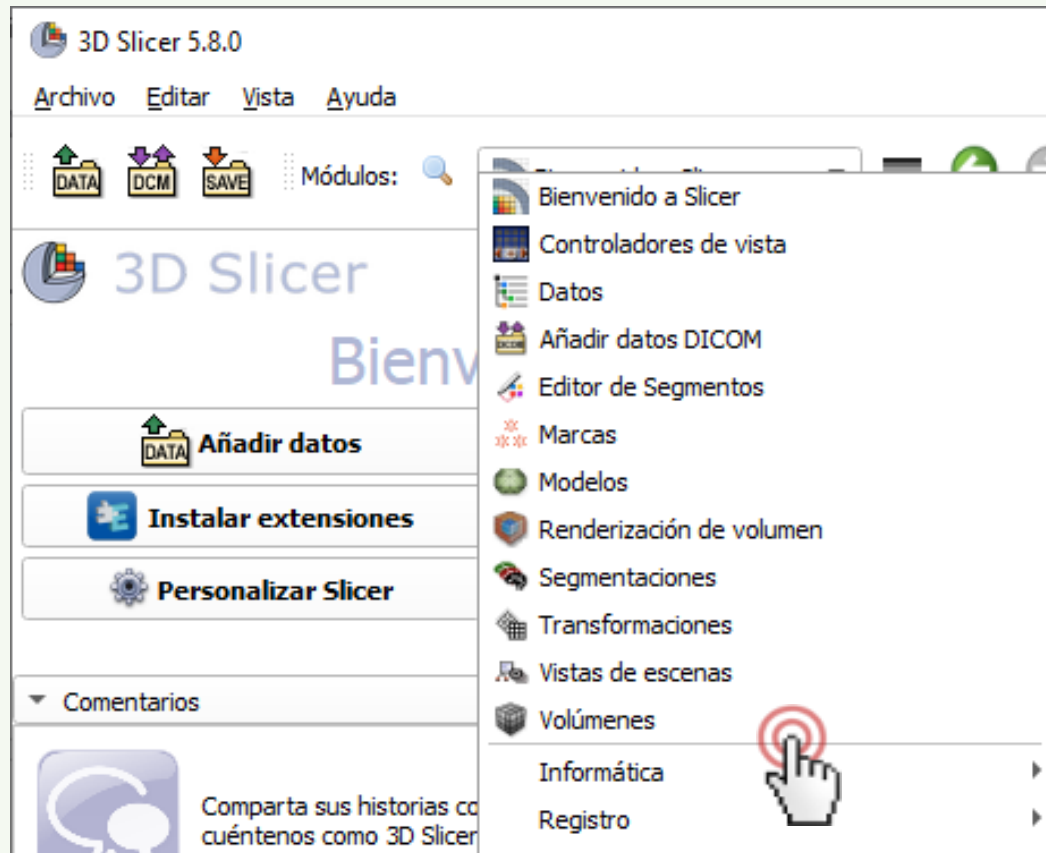
B: CTchest

11



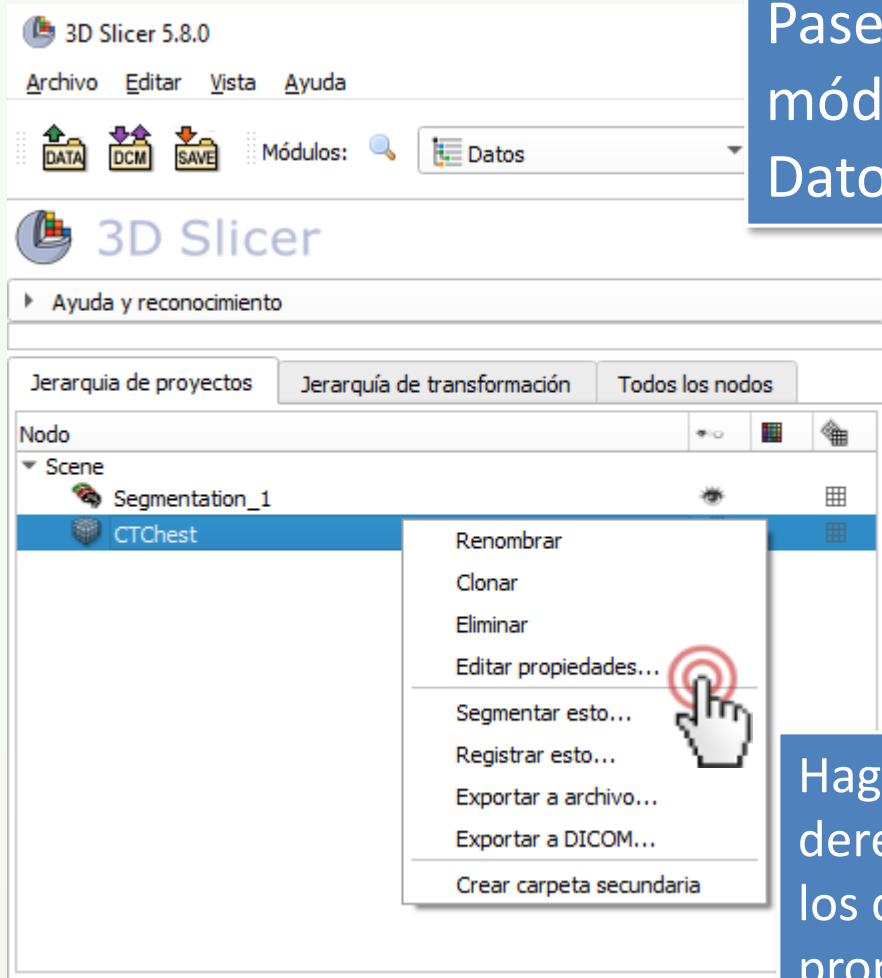


1/3/A: Cambio de contraste



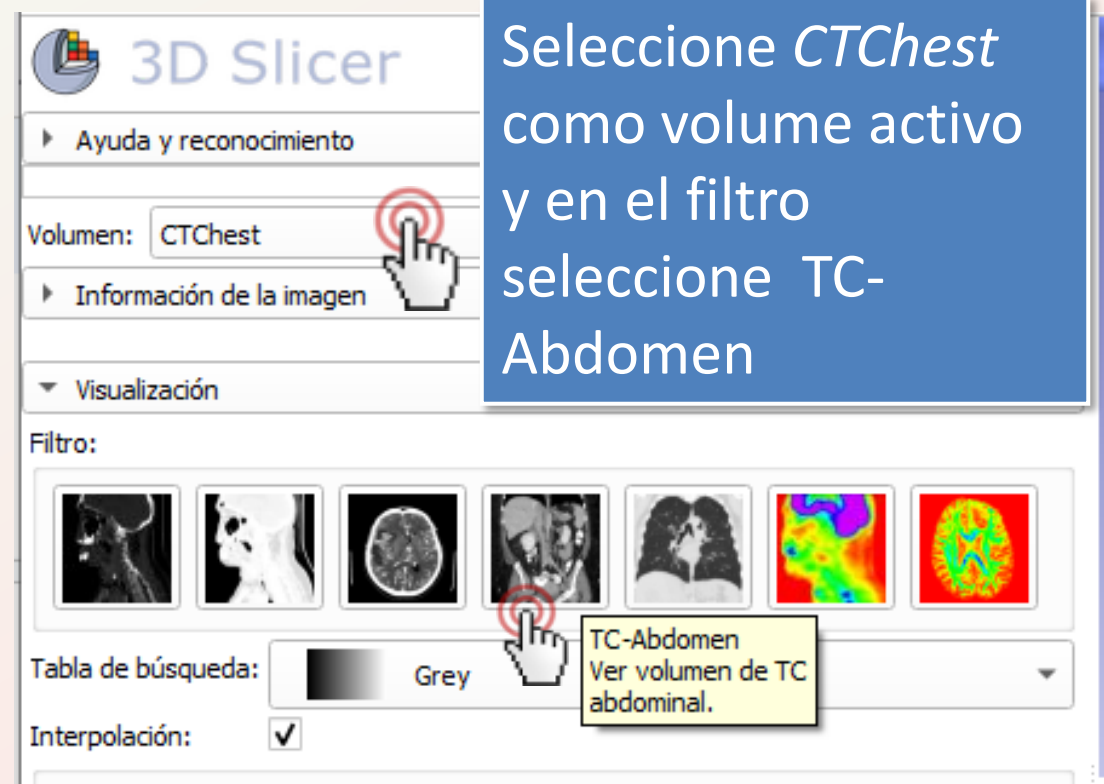
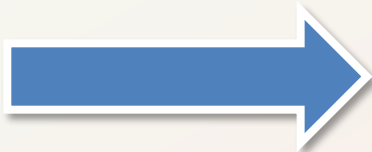


1/3/B: Cambio de contraste



Pase al módulo Datos

Haga clic con el botón derecho del ratón sobre los datos y pulse Editar propiedades..



Seleccione *CTChest* como volume activo y en el filtro seleccione TC-Abdomen

1/3/C: Cambiar el contraste



Haga clic con el botón derecho del ratón en cualquiera de las vistas en corte, seleccione Ventana/Niveles predefinidos y seleccione TC-Abdomen

- Ver transformación
- Ajustar ventana/nivel
- Lugar
- Restablecer campo de visión
- Reenfocar las cámaras en este punto
- Maximizar la vista
- Configurar las anotaciones de la vista en corte...
- Copiar imagen
- Intersecciones de cortes
- Interacción
- Reconstrucción de losas gruesas
- Interactivo
- Filtros de ventana/nivel**
- Mostrar leyenda de colores

- Automático
- Hueso-TC
- TC-Aire
- TC-Cerebro
- TC-Abdomen**
- TC-Pulmón
- PET
- DTI

Ver volumen TC abdominal.

A: -22.5383mm

001mm

B: CTchest

B: CTchest

B: CTchest



Parte 2: Segmentación de vertebras

Tópicos:

- Añadir nuevo segmento
- Umbralizar huesos
- Eliminar residuos con Islas
- Recortar vértebras con Tijeras



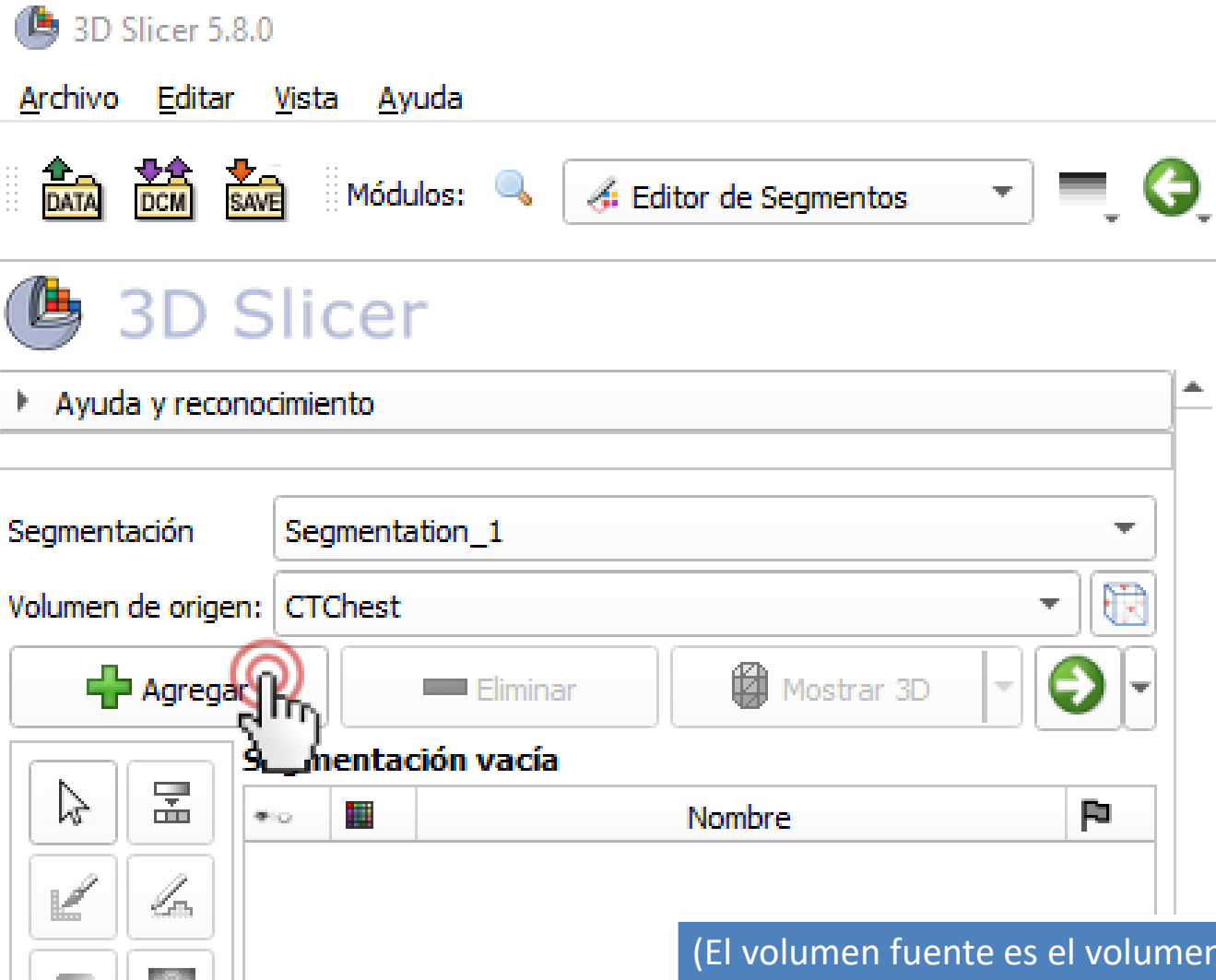
2/1: Cambiar al módulo: Editor de segmentos



The screenshot shows the 3D Slicer 5.8.0 application interface. The top menu bar includes 'Archivo', 'Editar', 'Vista', and 'Ayuda'. Below the menu bar are icons for 'DATA', 'DCM', and 'SAVE', followed by a 'Módulos:' search icon. The main window title is '3D Slicer'. On the left, there is a 'Jerarquía de proyectos' pane with a tree view showing 'Scene' expanded to 'Segmentation_1' and 'CTChest' selected. On the right, a vertical toolbar is open, listing various modules: 'Bienvenido a Slicer', 'Controladores de vista', 'Datos', 'Añadir datos DICOM', 'Editor de Segmentos' (highlighted with a mouse cursor), 'Marcas', 'Modelos', 'Renderización de volumen', 'Segmentaciones', 'Transformaciones', 'Vistas de escenas', 'Volúmenes', and 'Informática'.



2/2: Agregar nuevo segmento

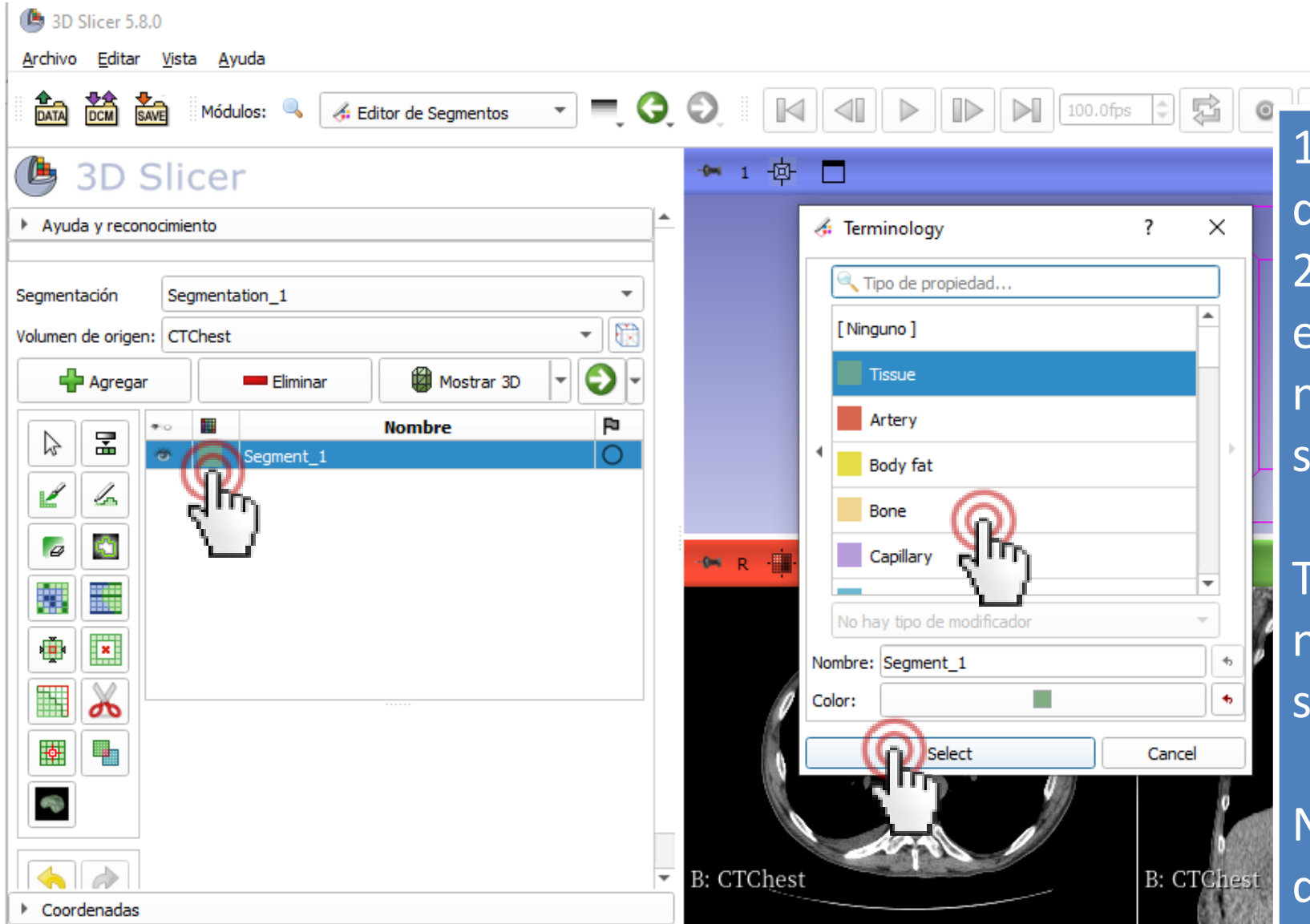


- Segmentación creada automáticamente
- Volumen de origen: TC seleccionado automáticamente como fuente

(El volumen fuente es el volumen segmentado que define la resolución de los segmentos)



2/3: Establecer la terminología



1. Haga doble clic en el color del segmento
2. Elija una Terminología para el segmento dado (Un nombre y un color para el segmento.)

También puede establecer un nombre y un color diferentes si es necesario.

No es obligatorio, pero hace que su flujo de trabajo sea más robusto.



2/4: Fijar umbral para resaltar huesos

Segmentación: Segmentation_1

Volumen de origen: CTchest

+ Agregar Eliminar Mostrar 3D

Nombre	
	bone

Umbral

Segmenta un volumen basado en un rango de intensidades seleccionado.... [Mostrar detalles.](#)

Rango del Umbral:

-1500.25 3071.00



Umbral

Segmenta un volumen basado en un rango de intensidades seleccionado.... [Mostrar detalles.](#)

Rango del Umbral:

100.00 3071.00

Establecer en 100 y Aplicar

▶ Umbral automático

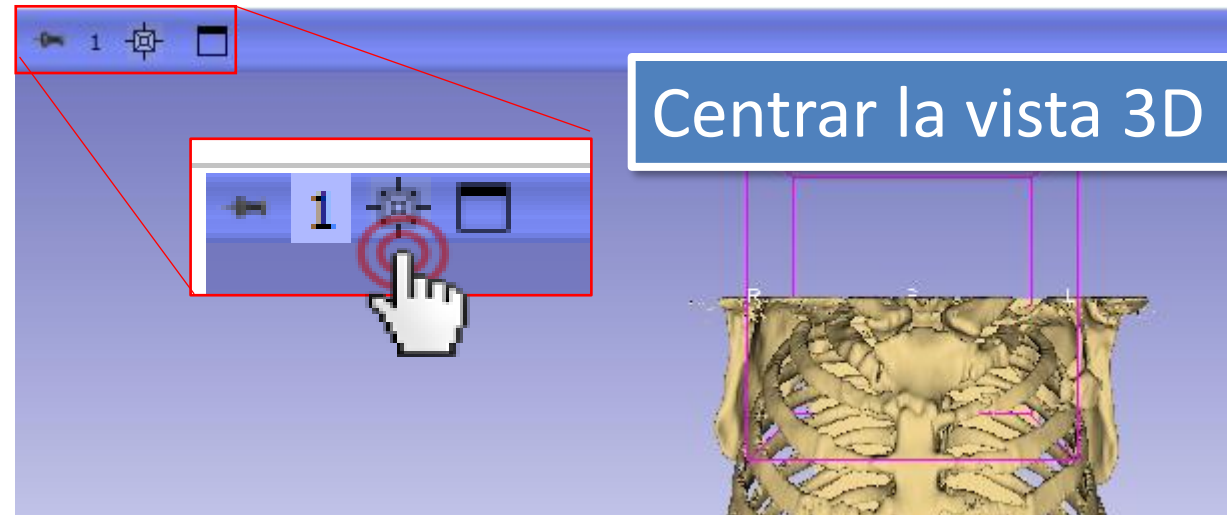
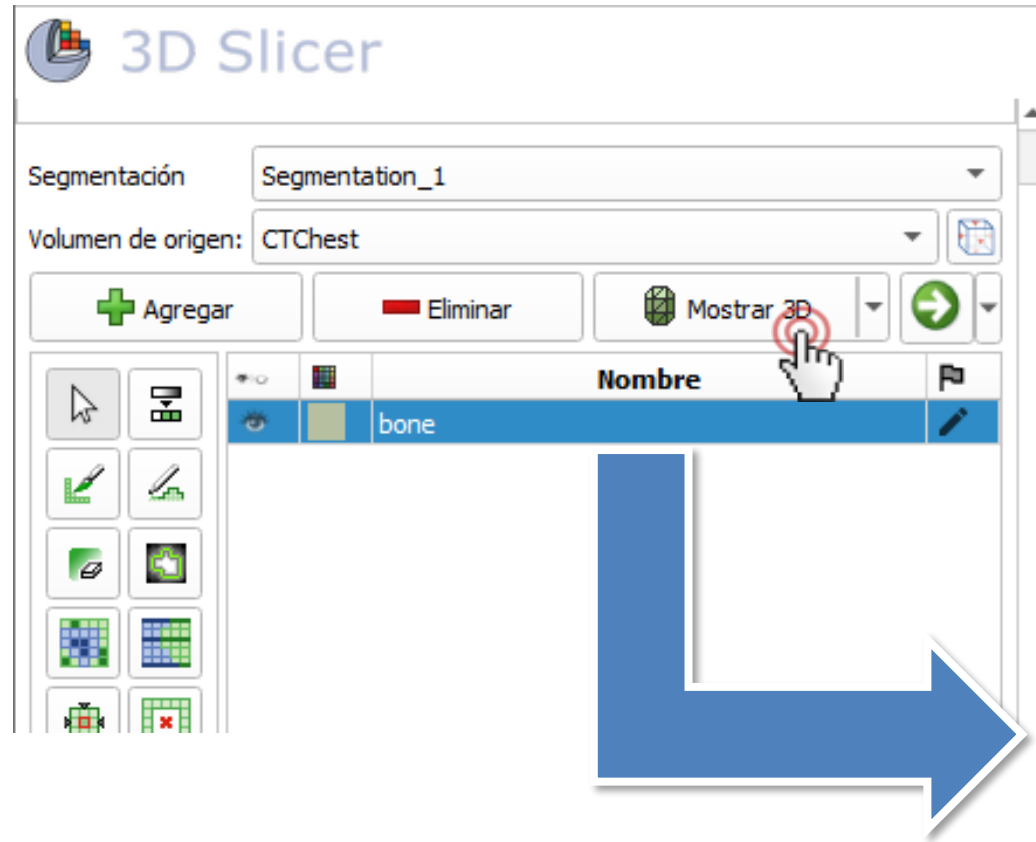
▶ Histograma local

Uso para enmascarar

Aplicar



Véalo en 3D!





2/5: Eliminar los residuos con la opción Islas

3D Slicer

Segmentación: Segmentation_1

Volumen de origen: CTchest

+ Agregar Eliminar Mostrar 3D

Nombre

bone

Seleccione la opción Islas

Islas

Editar islas (componentes conectados) en un segmento... [Mostrar detalles.](#)

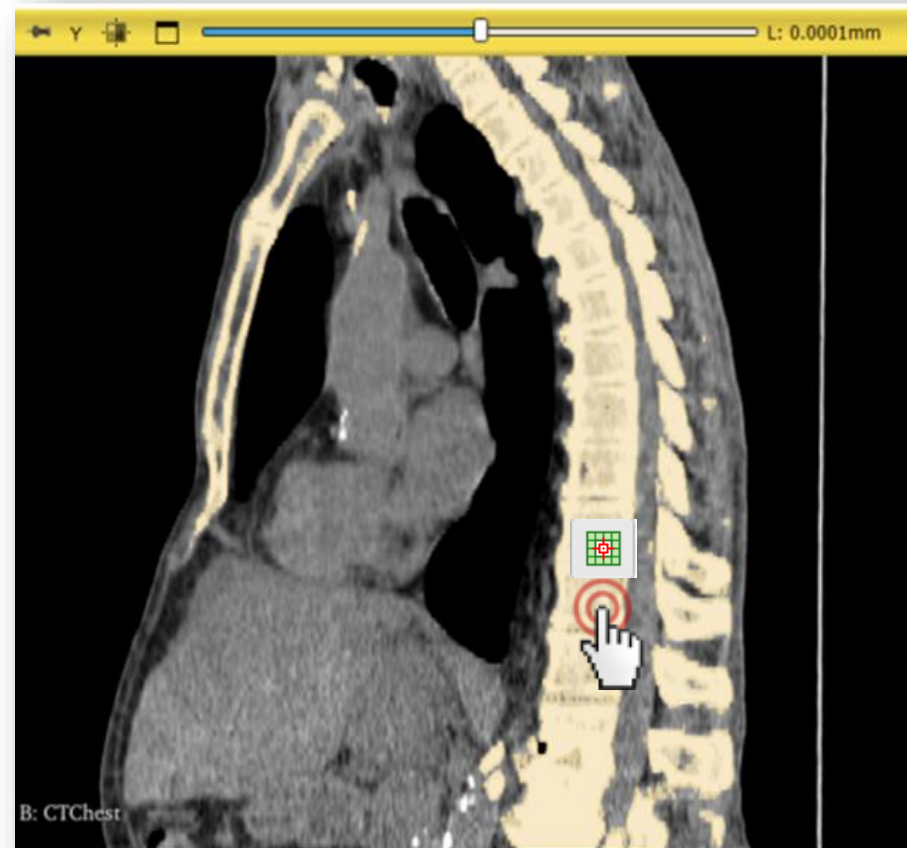
- Mantener la isla más grande
- Mantener la isla seleccionada
- Eliminar islas pequeñas
- Eliminar la isla seleccionada
- Dividir islas en segmentos
- Añadir isla seleccionada

Tamaño mínimo: 1000 vóxeles

Aplicar



2/5: Eliminar los residuos con la opción Islas



Haga clic en la columna vertebral

2/6: Recorte de vértebras con Tijeras



3D Slicer

Segmentación: Segmentation_1

Volumen de origen: CTchest

+ Agregar



Tijeras

Recortar todo el segmento desde el punto de vista actual... [Mostrar detalles.](#)

Operación:

Borrar dentro

Borrar fuera

Rellenar el interior

Relleno exterior

Forma:

Forma libre

Círculo

Rectángulo

Centrado

Corte en rodajas:

Sin límites

Positivo

Negativo

Simétrico

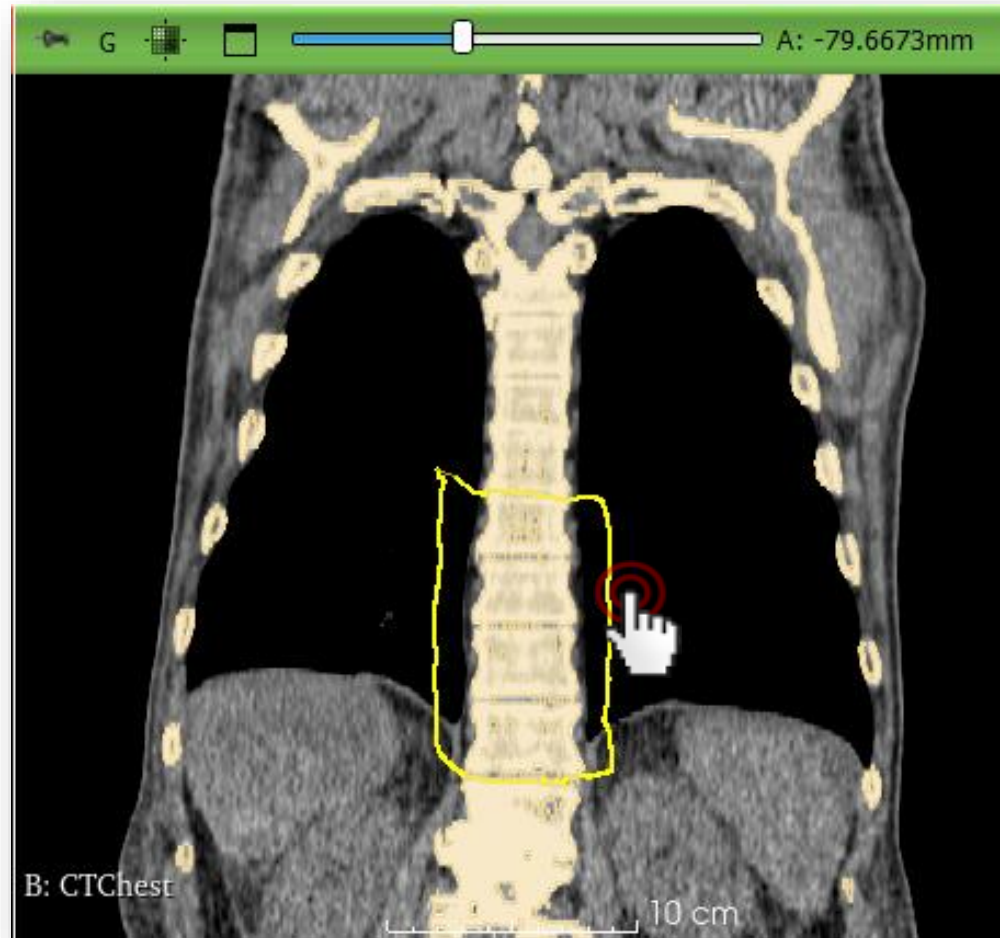
Aplicar a segmentos visibles:

0.0000mm

Seleccione la opción Tijeras
Elija Borrar fuera como operación
Elija Forma libre



2/7: Recorte de vértebras con Tijeras



Trace alrededor de la vértebra deseada con la tijera en la vista coronal (corte verde)



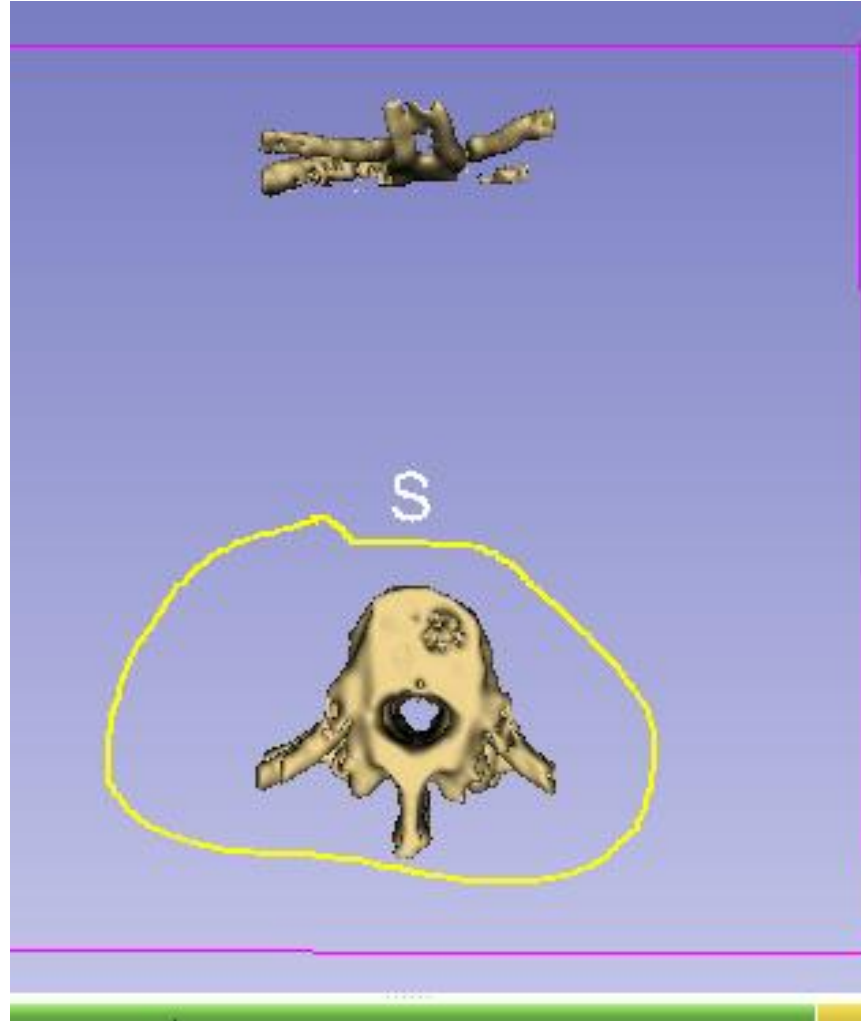
Orientar la vista 3D

The image shows a 3D software interface. At the top left, there is a toolbar with icons for navigation and view manipulation. A red box highlights a specific icon in this toolbar. A blue arrow points from this box to a second toolbar below, where the 'S' axis is highlighted with a red circle and a hand cursor. The 3D view shows a tree-like structure with axes labeled R, L, P, S, I, and A.

No es necesario hacer clic, basta con pasar el mouse por encima de la tachuela

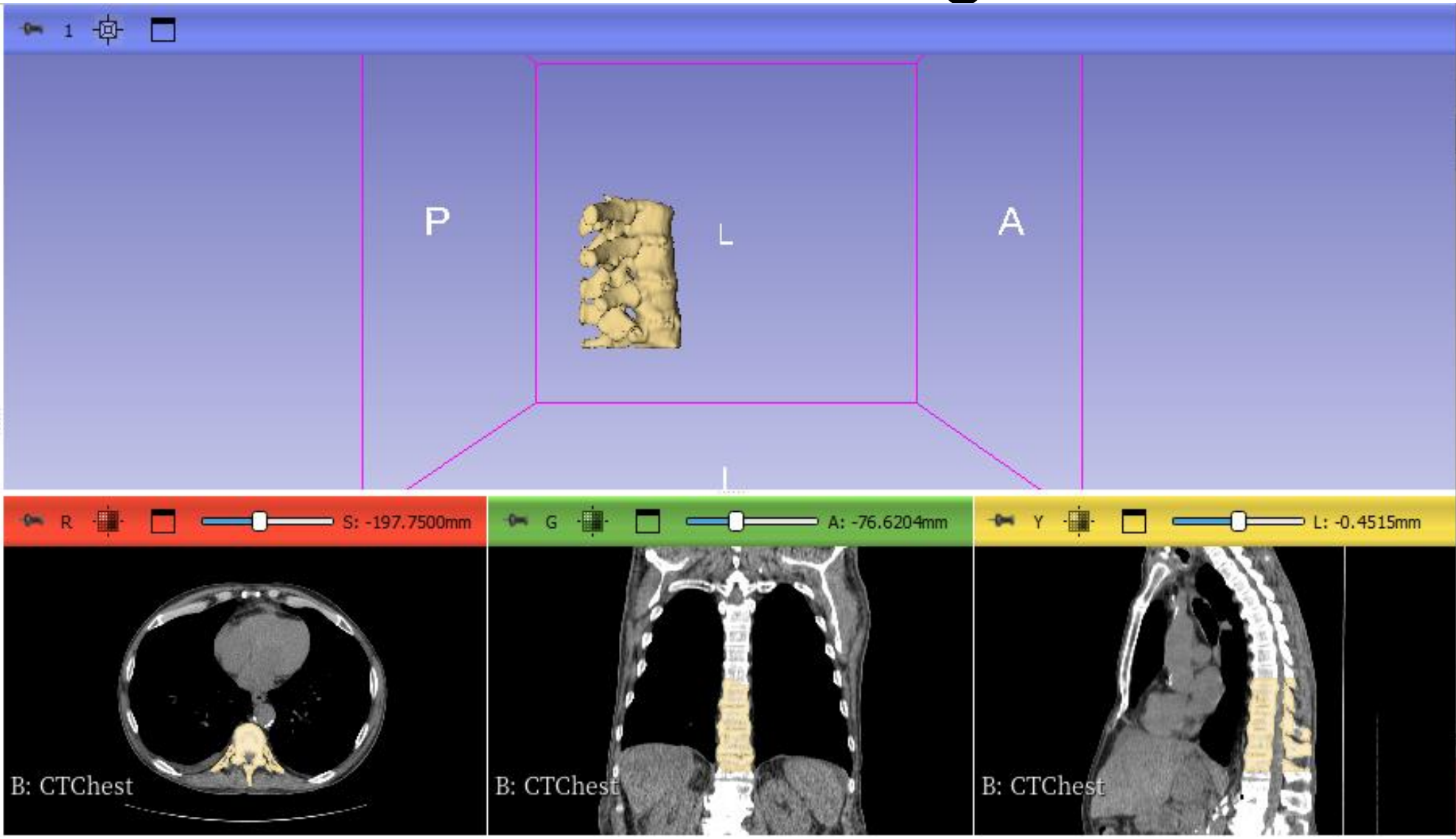
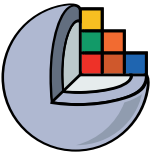
Haga clic en "S" para ver desde arriba

2/8: Eliminar las partes sobrantes con Tijeras



Seleccione las vértebras en la vista 3D para borrar las partes innecesarias (costillas en el lado anterior en este caso)

2/9: Las vértebras están segmentadas





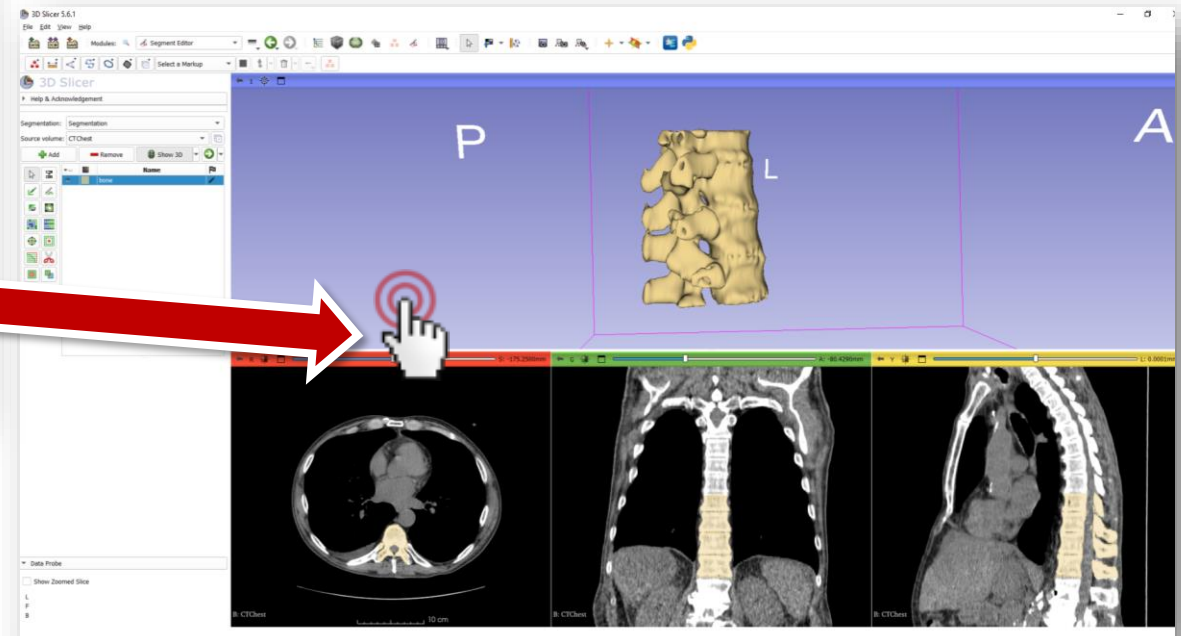
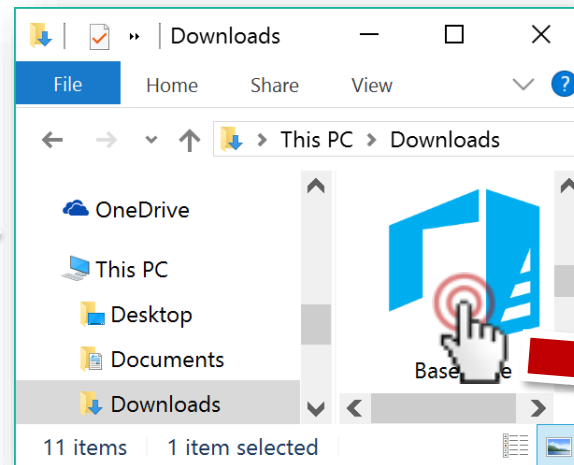
Parte 3: Añadir base del fantom

Tópicos:

- Cargar archivo STL del fantom base
- Transformar el modelo a la posición y orientación deseadas
- Importe el modelo al nodo de segmentación
- Cortar un agujero en el centro de la columna vertebral

3/1: Cargar base fantoma como nodo modelo

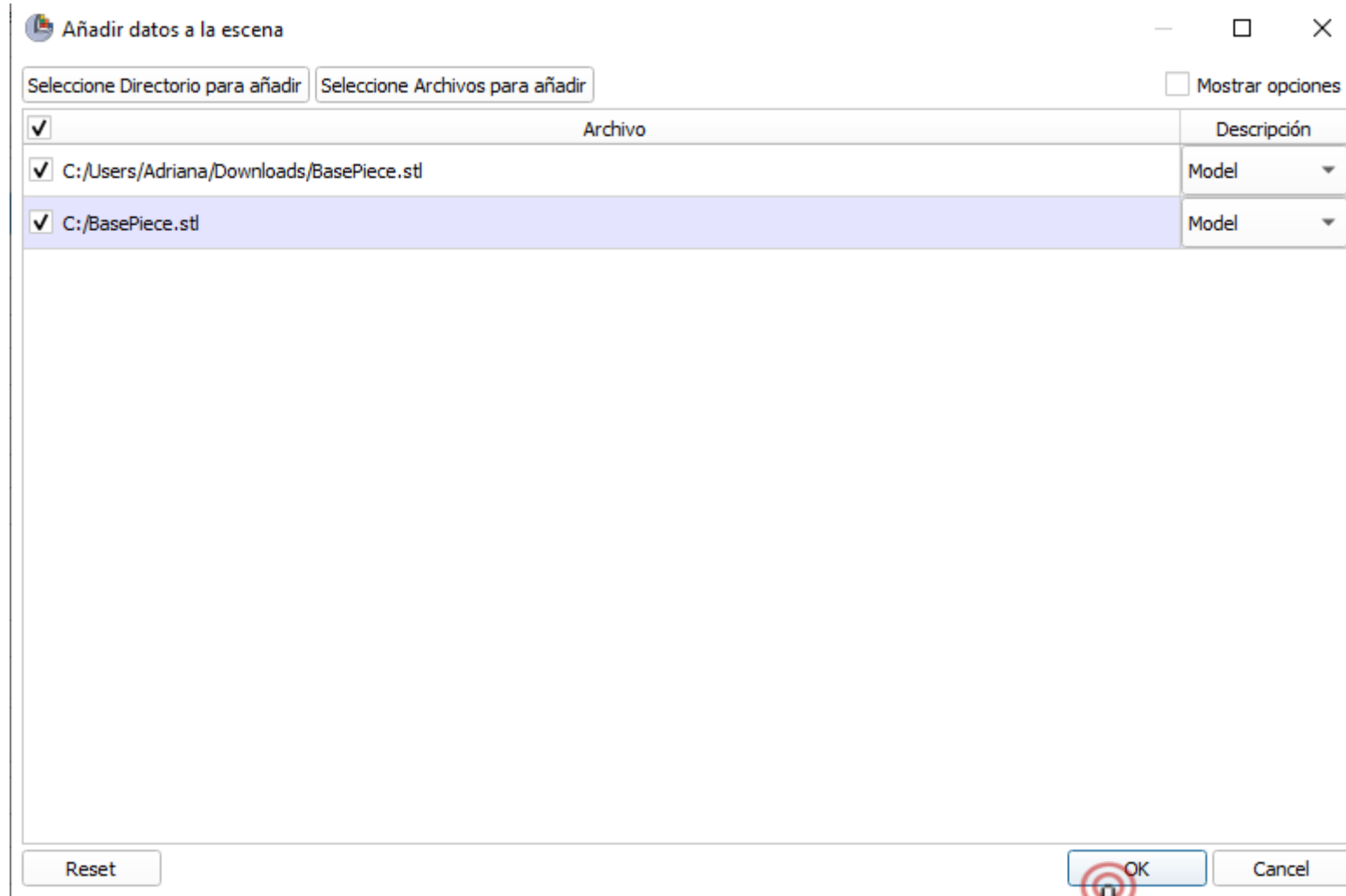
Descargue el archivo STL del fantom base [aquí](#)



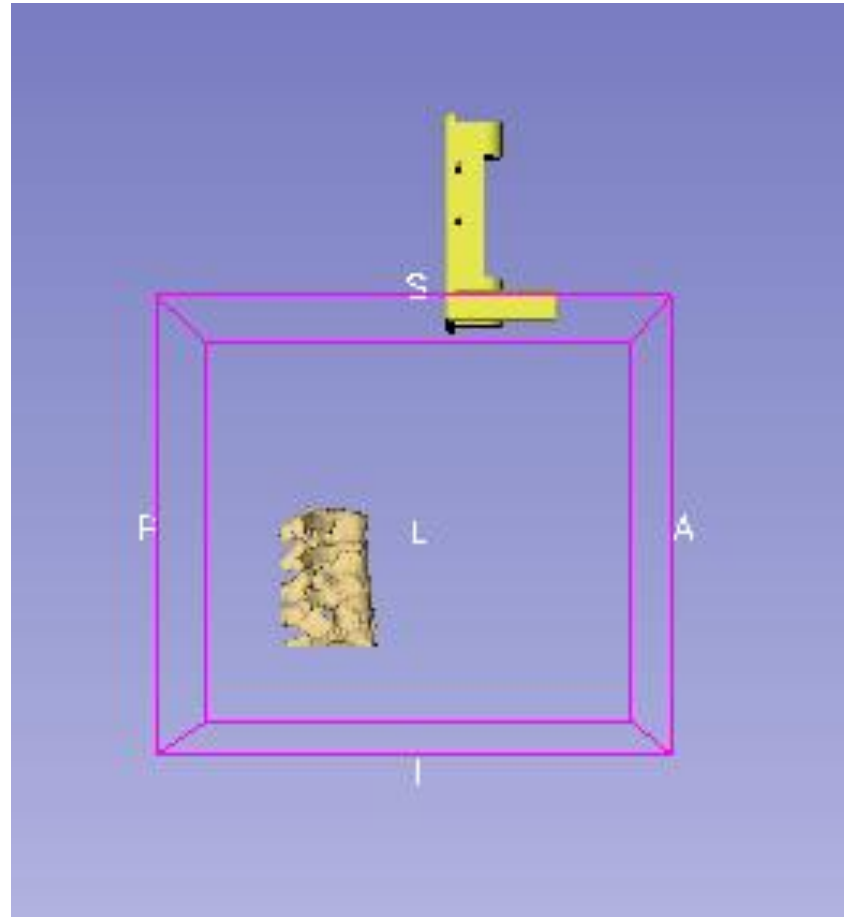
Extraiga el contenido del archivo zip y arrastre y suelte BasePiece.stl en la ventana Slicer



3/2: Cargar base fantasma como nodo modelo

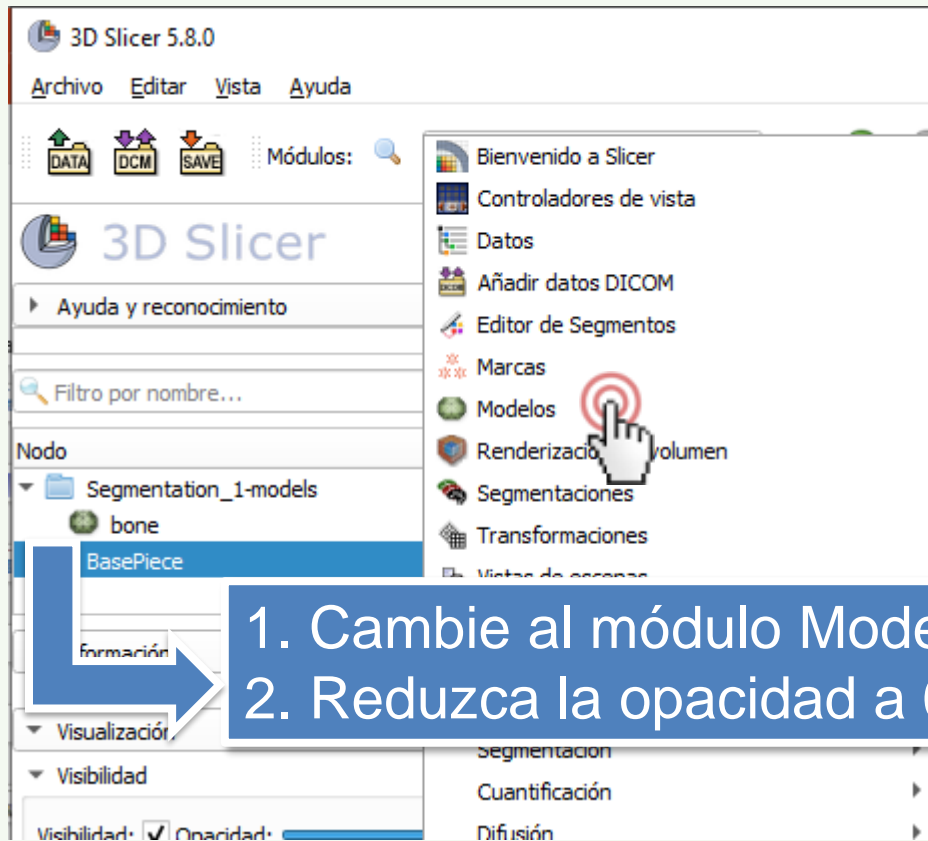


3/2: Cargar base fantasma como nodo modelo

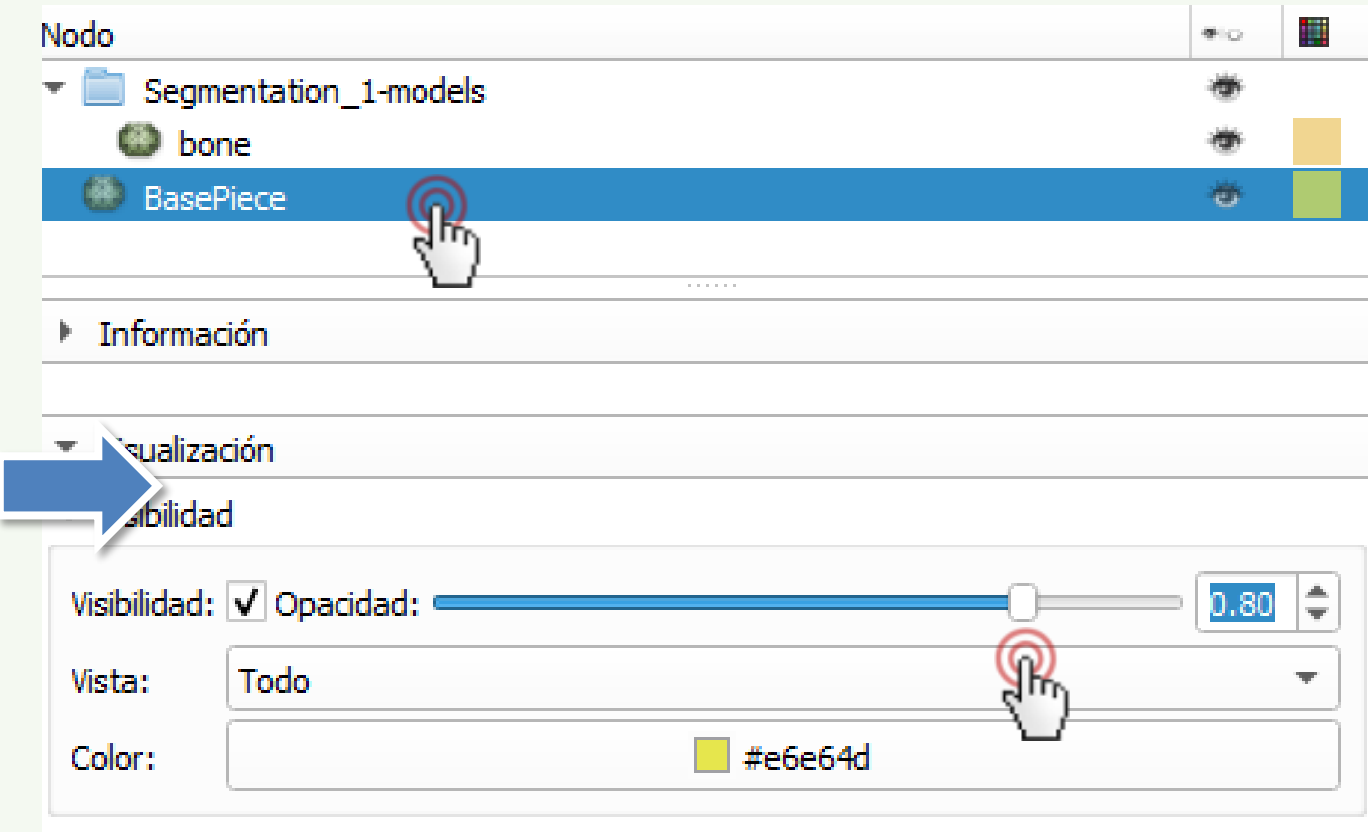




3/1: Hacer la base semitransparente en Modelos



1. Cambie al módulo Modelos
2. Reduzca la opacidad a 0,8



Es difícil ver si están en una buena posición relativa cuando la segmentación y el modelo son opacos



3/1: Hacer la base semitransparente

Pase al módulo Datos

3D Slicer 5.8.0

Archivo Editar Vista Ayuda

DATA DCM SAVE Módulos: Datos

3D Slicer

Ayuda y reconocimiento

Jerarquia de proyectos Jerarquía de transformación Todos los nodos

Nodo

- Scene
 - Segmentation_1
 - bone
 - CTChest
 - LinearTransform
 - Segmentation_1-models
 - bone
 - BasePiece

Interacción

Opacidad

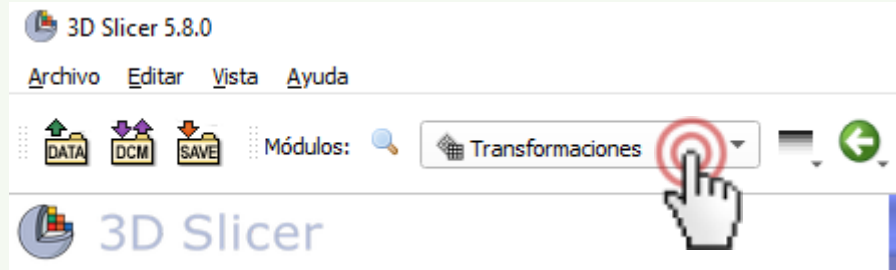
Visibilidad 2D

Es difícil ver si están en una buena posición relativa cuando la segmentación y el modelo son opacos

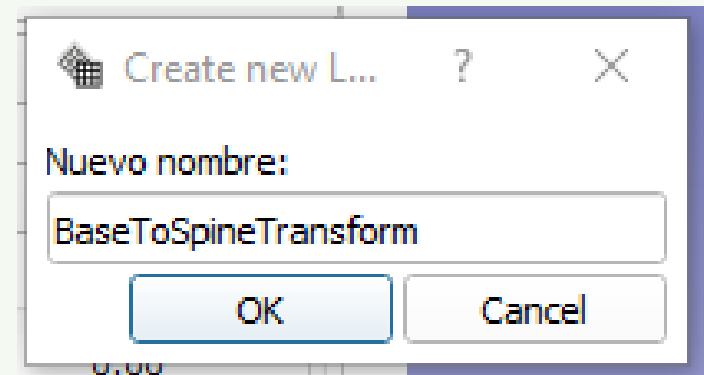
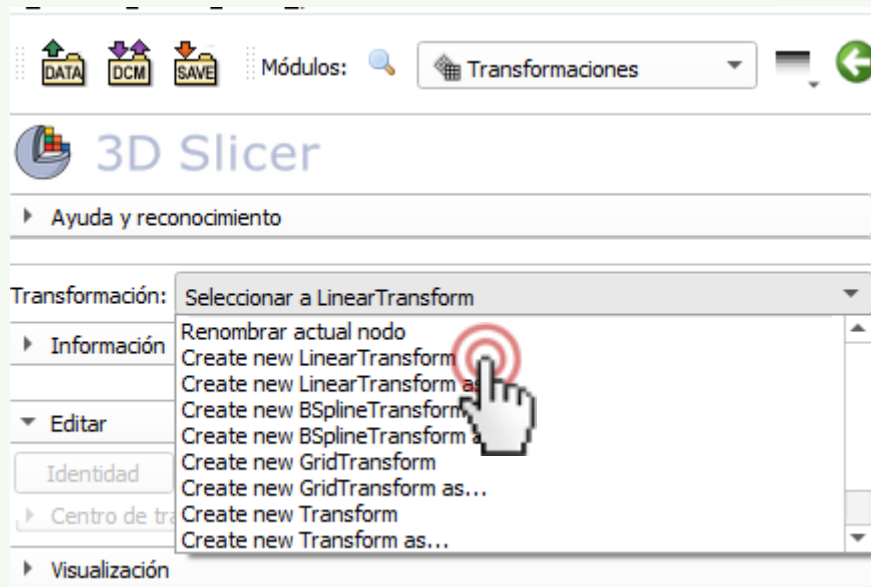
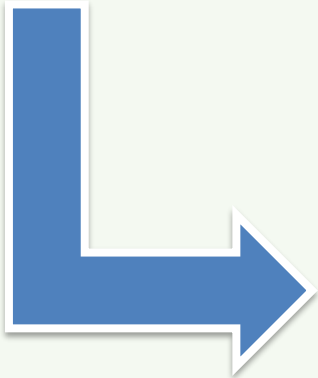
Haga clic con el botón derecho del ratón en el icono del ojo situado junto a BasePiece y sitúe el puntero sobre la opción Opacidad. Ajústela a 3/4 aproximadamente.



3/2/A: Crear transformación



1. Cambie al módulo Transformaciones
2. Crear transformación lineal
3. Nómbrala '*BaseToSpineTransform*'





3/3/A: Aplicar transformación a la base

▼ Aplicar la transformación

Transformable:

- Camera
- Segmentation_1
- CTChest
- bone
- BasePiece**

Transformado:

1. Seleccione la pieza base (BasePiece)
2. Muévela a la transformación



3/4/A: Colocar la base

Matriz de transformación

1.00	0.00	0.00	55.00
0.00	-1.00	0.00	-60.00
0.00	-0.00	-1.00	-120.00
0.00	0.00	0.00	1.00

Traslación

LR: 55.0000mm
PA: -60.0000mm
IS: -120.0000mm

Mínimo: -200.0000mm Máximo: 200.0000mm

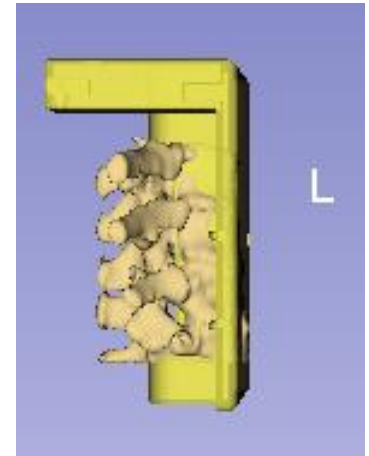
Rotación

LR: 180.0°
PA: 0.0°
IS: 0.0°

Identidad Invertir + ↻

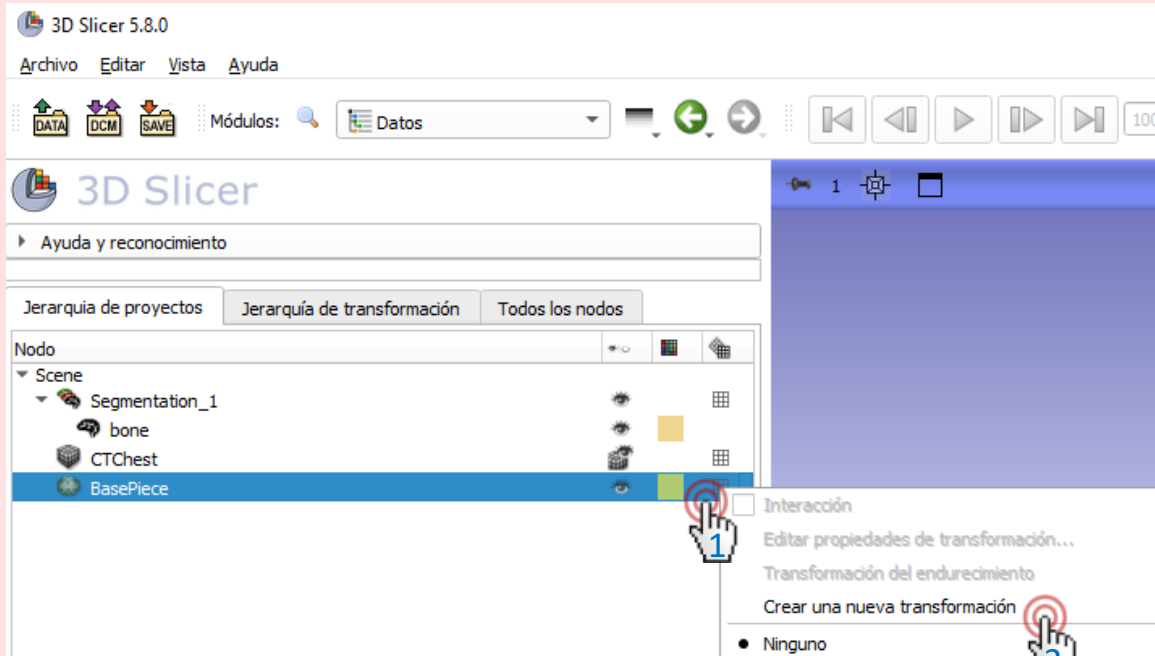


1. En primer lugar, gire el modelo 180 grados de izquierda a derecha arrastrando el control deslizante "LR" hacia la izquierda.
2. Mueva los deslizadores hasta que la base esté en la posición correcta (los valores de la imagen son los finales)

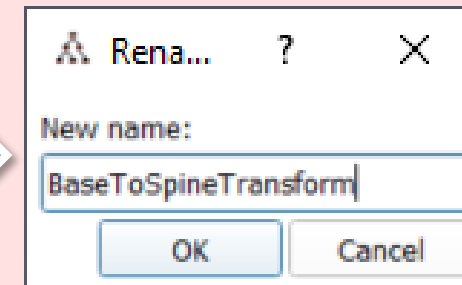
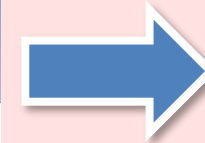
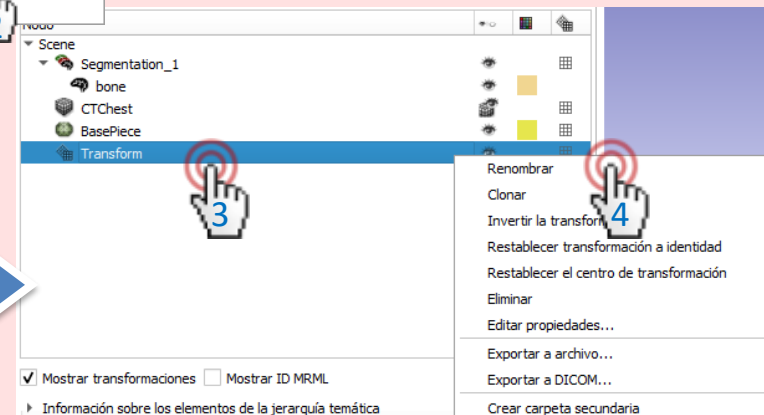
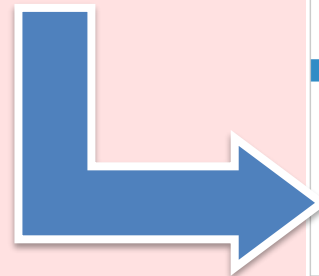




3/2/B: Crear transformación



1. Haga clic con el botón derecho del ratón sobre la rejilla (el último icono)
2. Crear transformación lineal
3. La transformación aparecerá en la lista
4. Haga clic con el botón derecho y cambie el nombre a '*BaseToSpineTransform*'





3/4/B: Mueva la base a su lugar

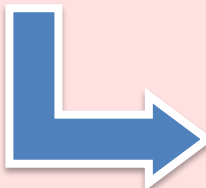
(No necesitamos 3/3 cuando lo hacemos de esta manera)

Vuelva a hacer clic con el botón derecho en la transformación y elija Editar propiedades...

Nodo

- Scene
 - Segmentation_1
 - bone
 - CTChest
 - BasePiece
 - BaseToSpineTransform**

- Renombrar
- Clonar
- Invertir la transformación
- Restablecer transformación a identidad
- Restablecer el centro de transformación
- Eliminar
- Editar propiedades...**
- Exportar a archivo...
- Exportar a DICOM...
- Crear carpeta secundaria



Matriz de transformación

1.00	0.00	0.00	55.00
0.00	-1.00	0.00	-60.00
0.00	-0.00	-1.00	-120.00
0.00	0.00	0.00	1.00

Translación

LR: 55.0000mm

PA: -60.0000mm

IS: -120.0000mm

Mínimo: -200.0000mm Máximo: 200.0000mm

Rotación

LR: 180.0°

PA: 0.0°

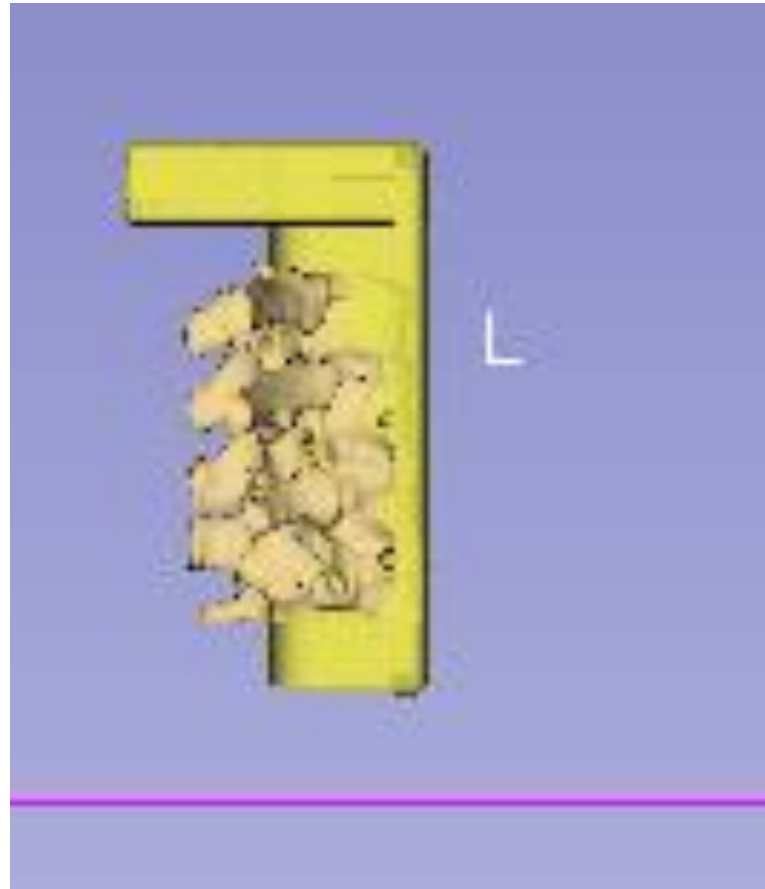
IS: 0.0°

Identidad Invertir + ↻

1. En primer lugar, gire el modelo 180 grados de izquierda a derecha arrastrando el control deslizante "LR" hacia la izquierda
2. Mueva los controles deslizantes hasta que la base esté en la posición correcta (los valores de la imagen son los finales)



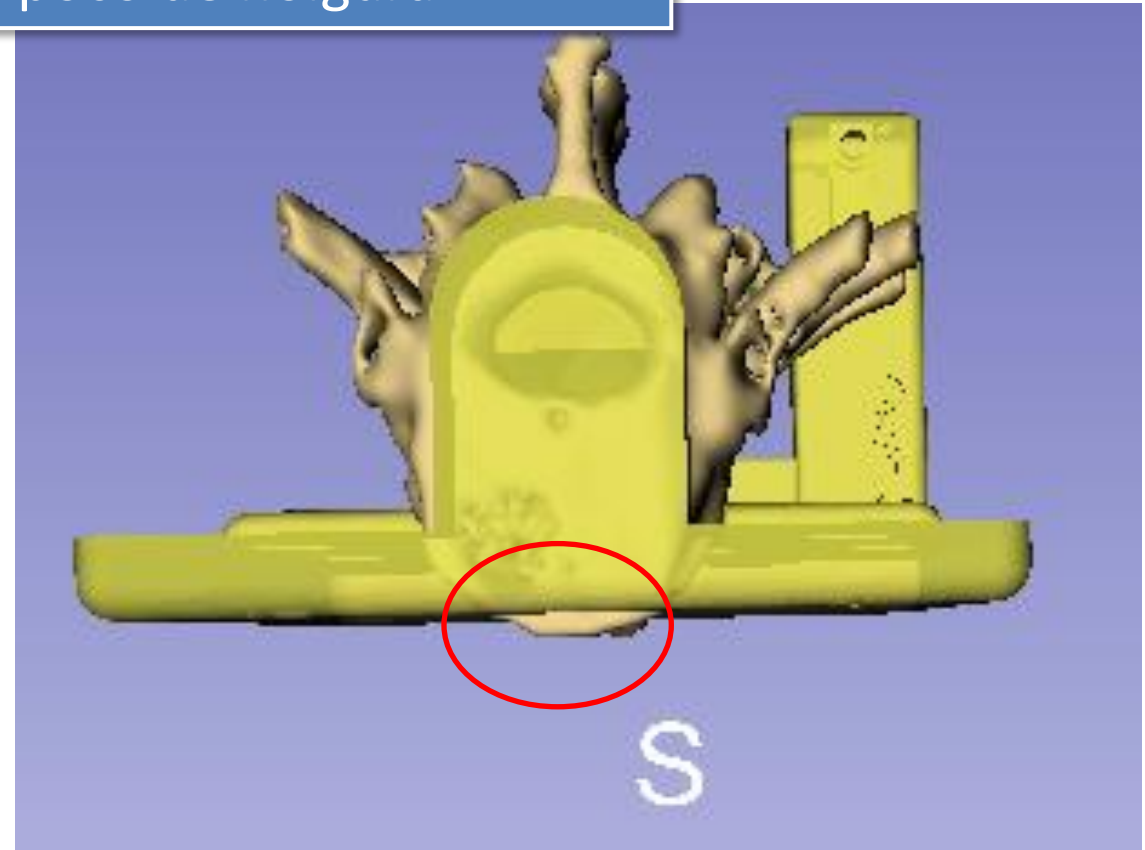
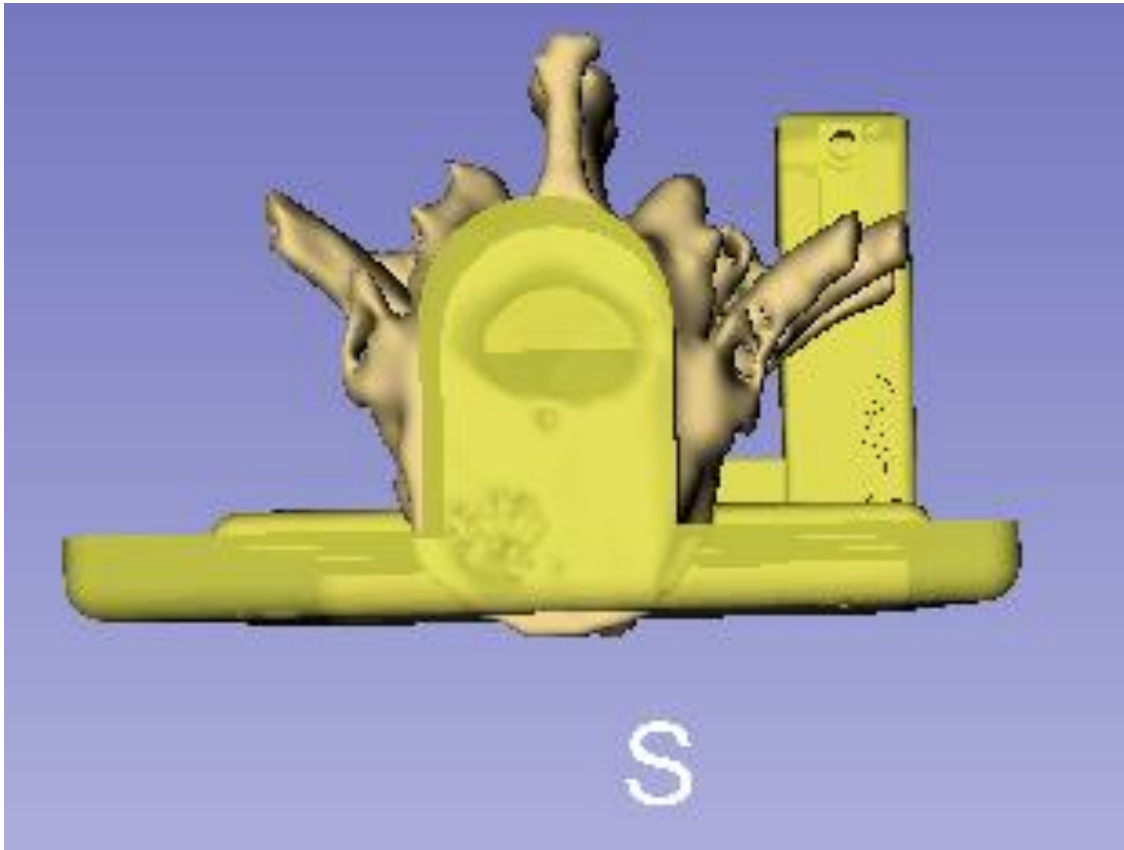
3/6/A: La base está en la posición correcta





3/6/B: La base está en la posición correcta

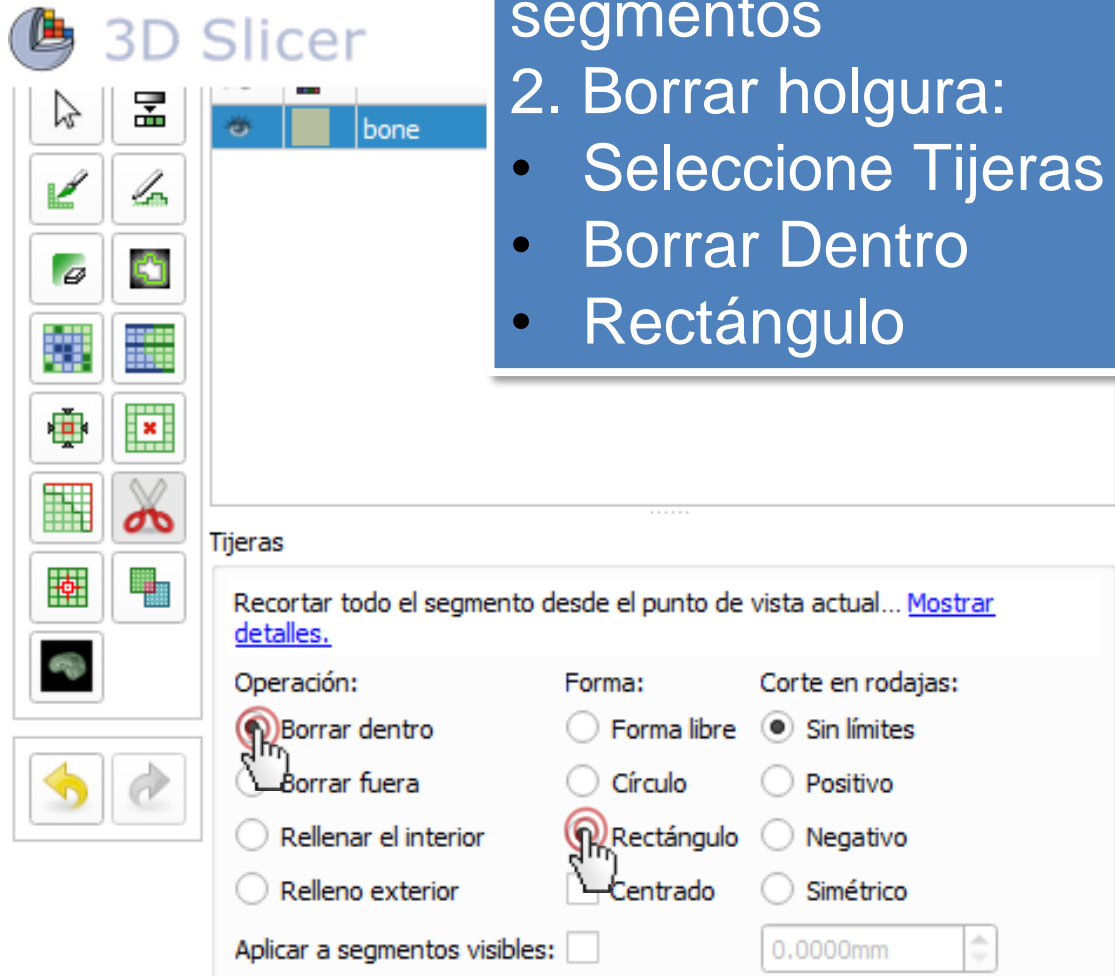
Pero tenemos que quitar un poco de holgura



3/7: Utiliza la opción Tijeras para eliminar la holgura



1. Vuelva al módulo de Editor de segmentos
2. Borrar holgura:
 - Seleccione Tijeras
 - Borrar Dentro
 - Rectángulo





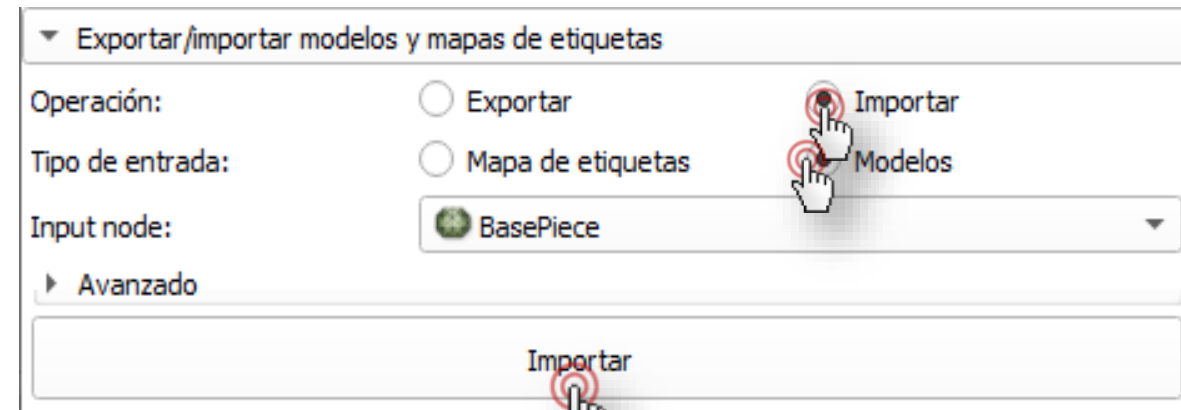
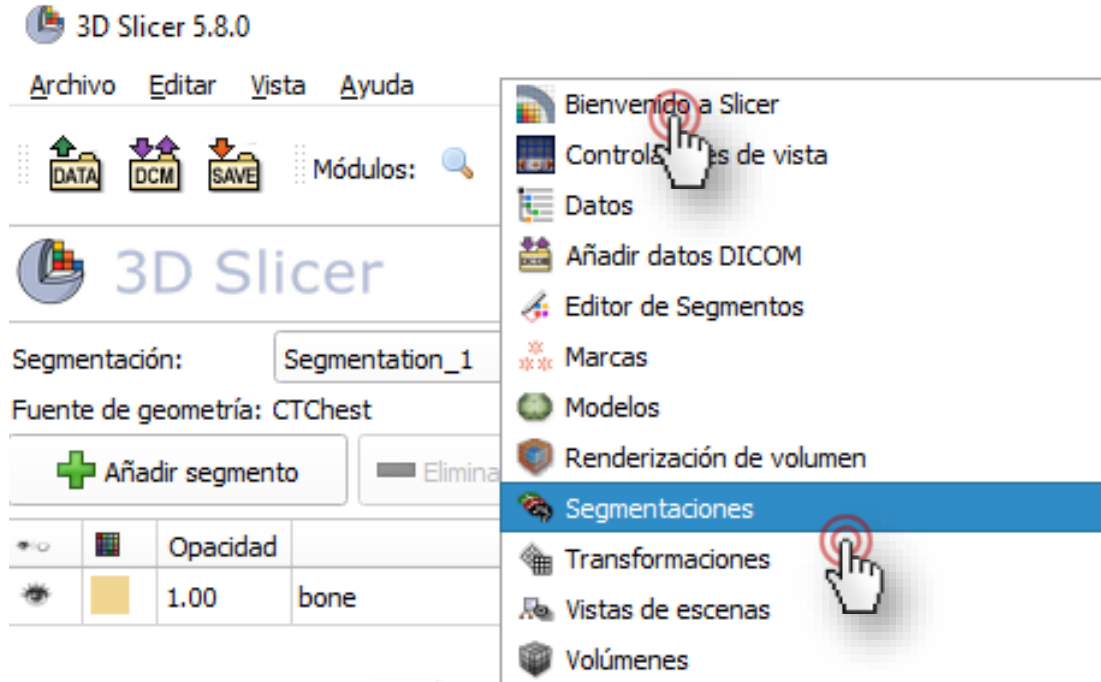
Parte 4: Fusionar y finalizar el fantom

Tópicos:

- Crear segmentación a partir de la pieza base
- Copiar el segmento de la pieza base en la segmentación de la vértebra
- Fusionar dos segmentos
- Corte un agujero a través del cuerpo del fantom



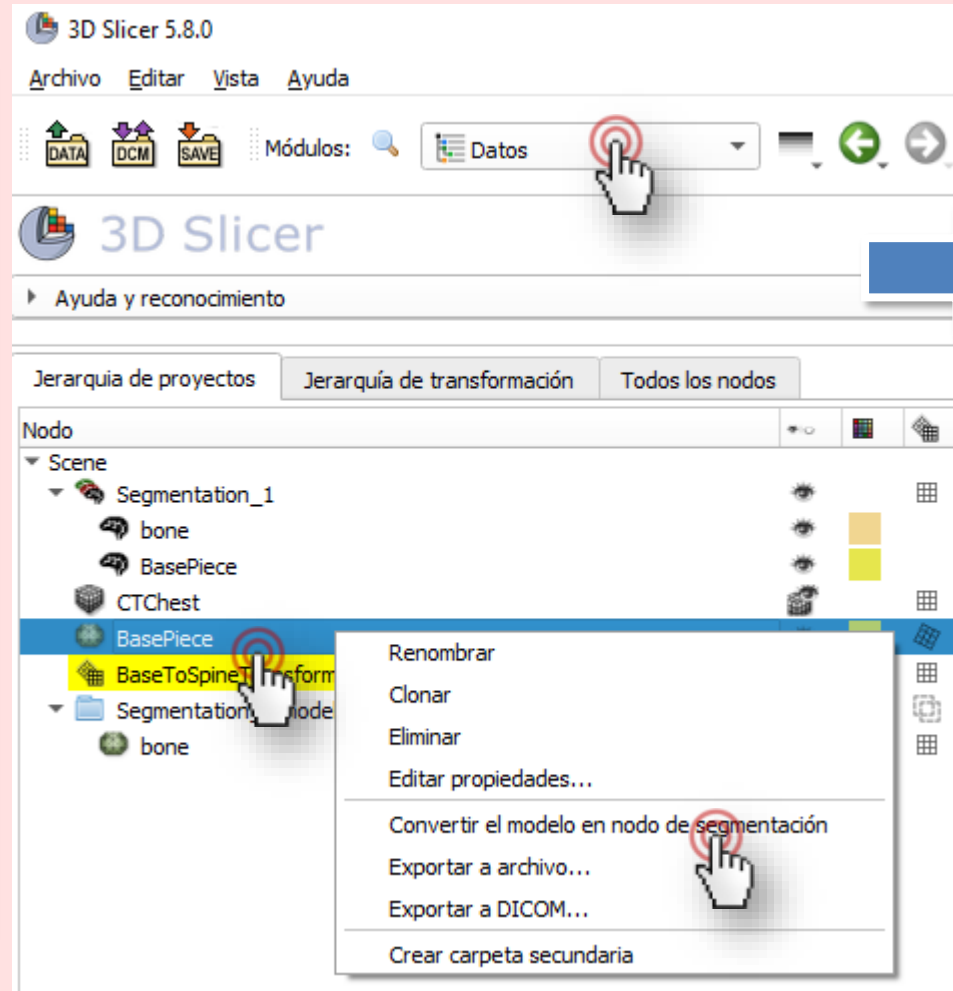
4/1: Importar base en segmentación





4/1/A Importar base en segmentación

Cambie al módulo Datos, haga clic con el botón derecho del mouse en Pieza base y seleccione “Convertir modelo en nodo de segmentación”.



Arrastre y suelte “PiezaBase” desde “SegmentaciónDePiezasBase” hasta debajo del segmento “Hueso”.

4/2: Fusionar los dos elementos en el Editor de segmentos



Segmentación: Segmentation_1

Volumen de origen: CT Chest

+ Agregar - Eliminar Mostrar 3D

		Nombre	
		bone	
		BasePiece	

Operadores lógicos

Aplicar operadores lógicos o combinar segmentos... [Mostrar detalles.](#)

Operación: Añadir Aplica Anular enmascaramiento

Añadir segmento:

	bone	
	BasePiece	

Volver al Editor de segmentos

1. Seleccionar operadores lógicos
2. Seleccione columna (hueso)
3. Seleccione Añadir operación
4. Seleccione PiezaBase
5. Haga clic en Aplicar



4/3: Retirar el segmento de la pieza base

Segmentación: Segmentation_1

Volumen de origen: CTchest

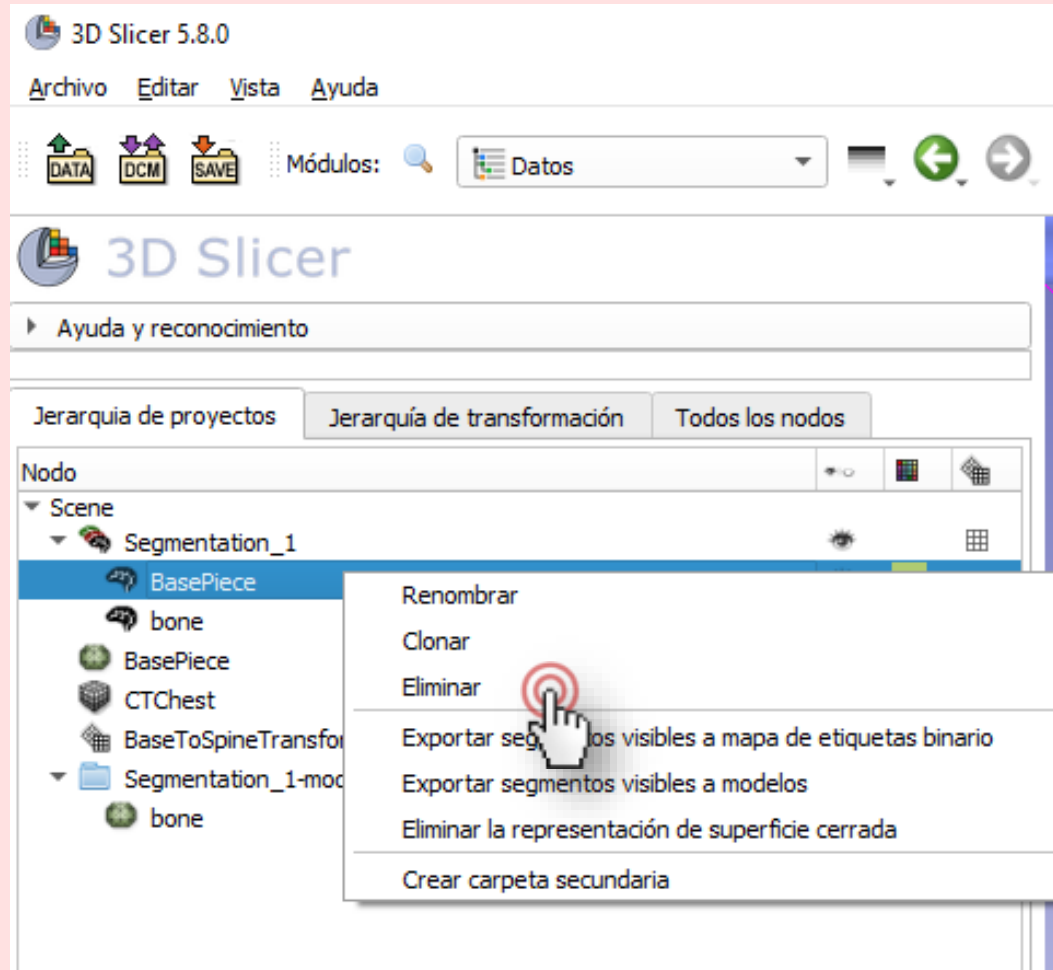
Agregar Eliminar Mostrar 3D

		Nombre	
		bone	
		BasePiece	



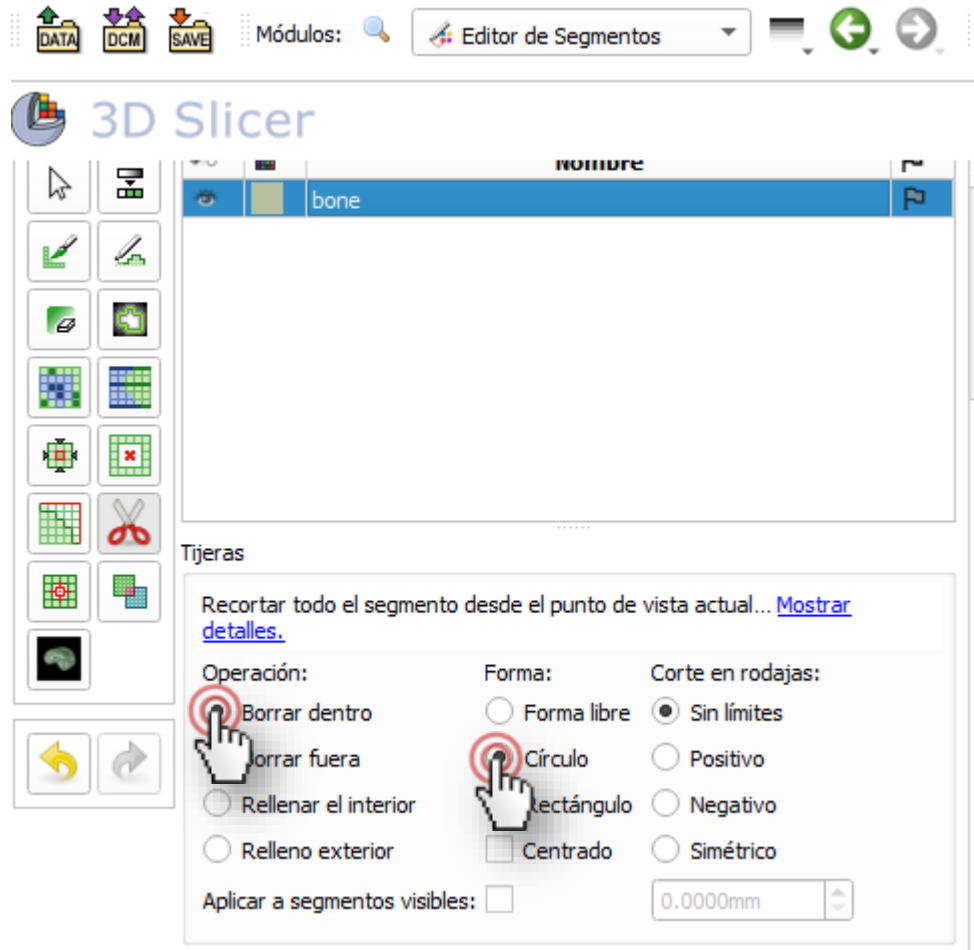
4/3: Retirar el segmento de la pieza base

Cambie al módulo Datos



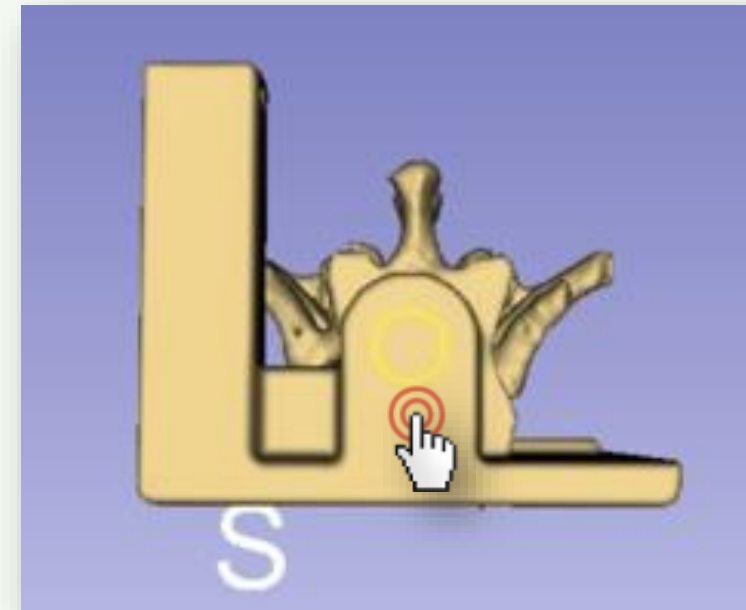
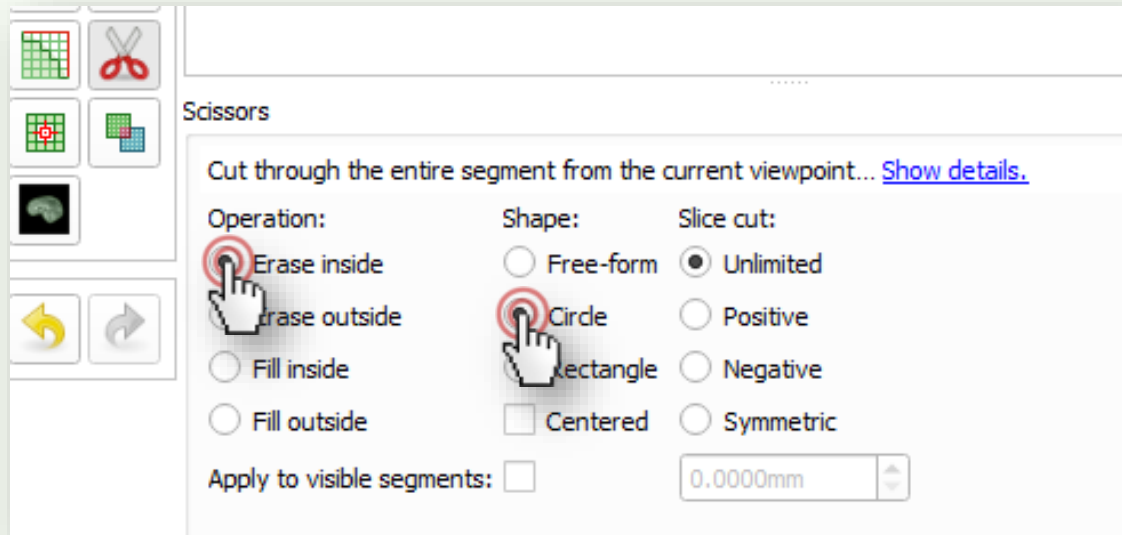
Haga clic con el botón derecho del mouse en el nodo del segmento BasePiece y seleccione Eliminar

4/4: Haga un agujero en el fantom con las tijeras.





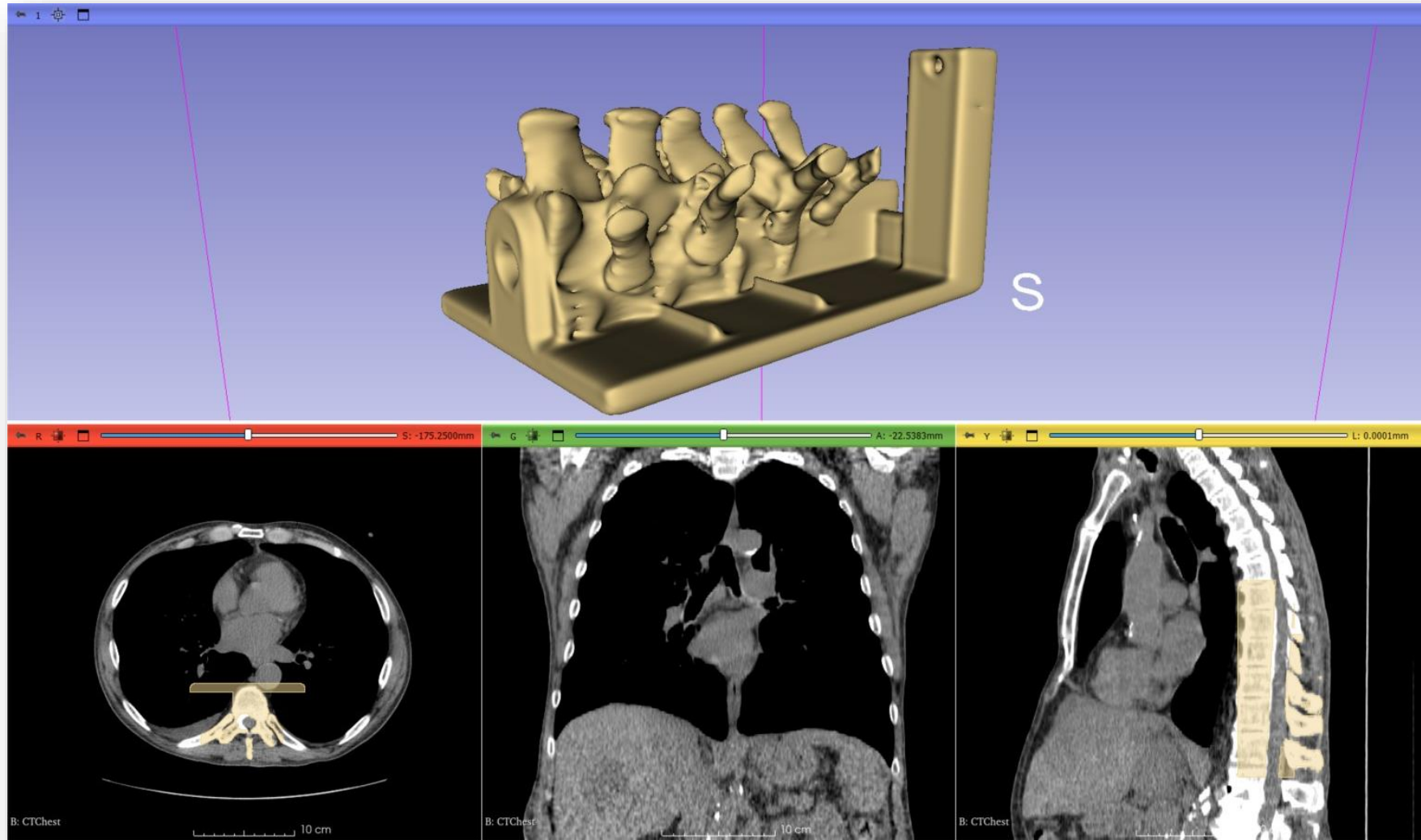
4/4: Corte el agujero a través del fantom con las tijeras



También puede cortar el agujero desde la vista 3D.



¡El fantom está listo!





Parte 5: Guardar el fantom en STL

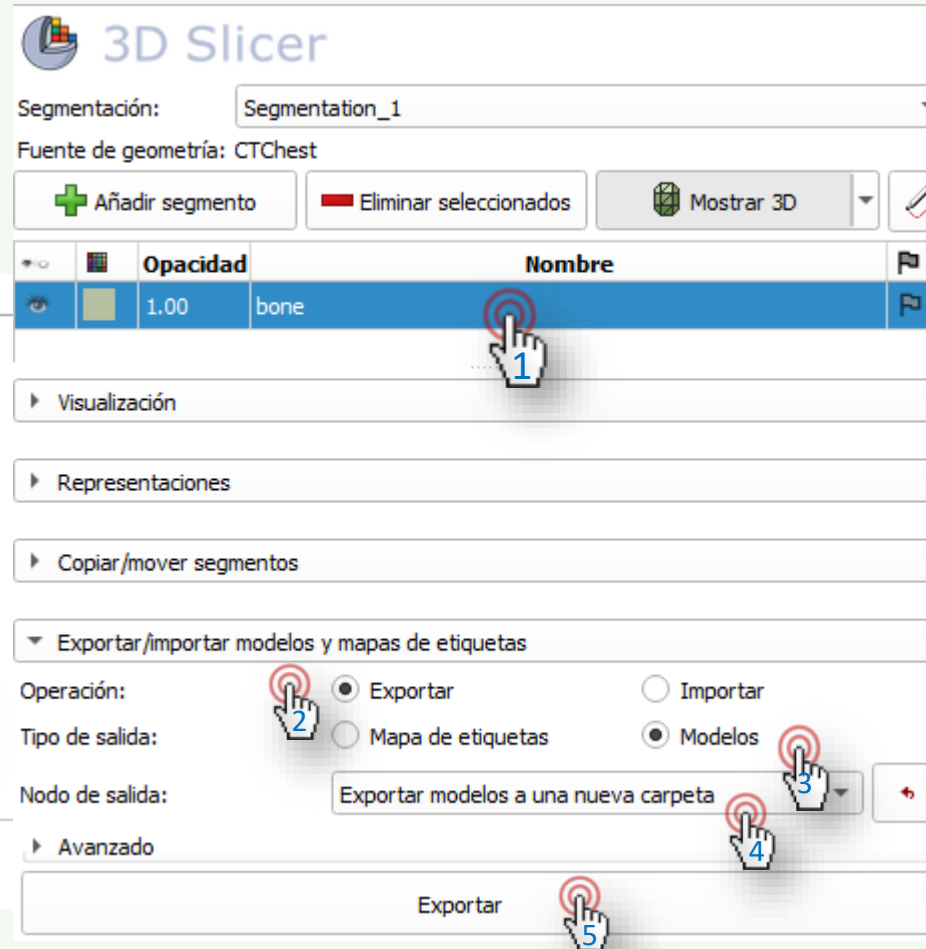
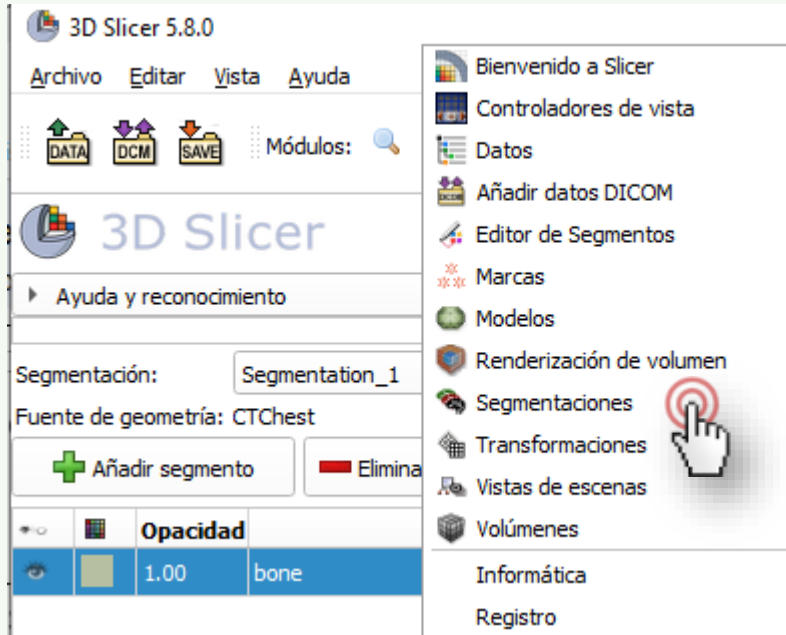
Tópicos:

- Exportar segmento fantoma a nodo modelo.
- Guardar modelo en archivo STL

5/1: Exportación del segmento fantasma al modelo



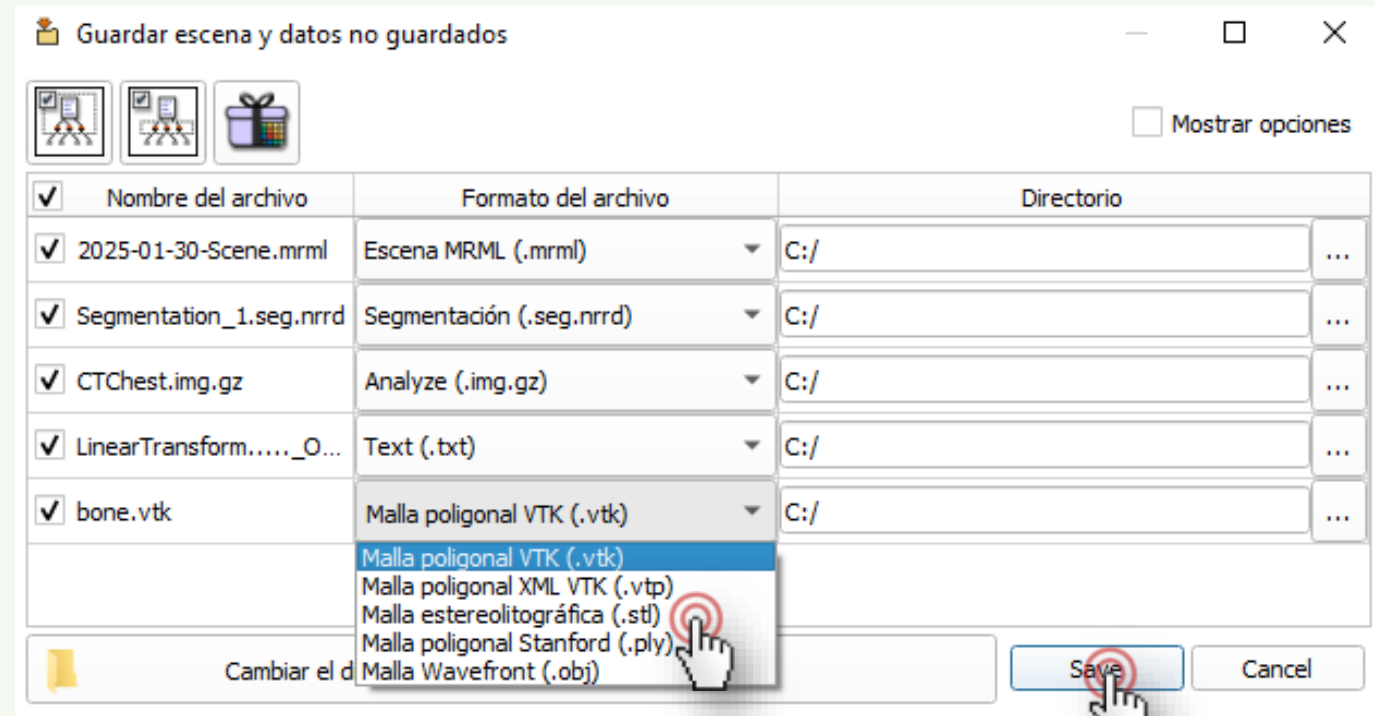
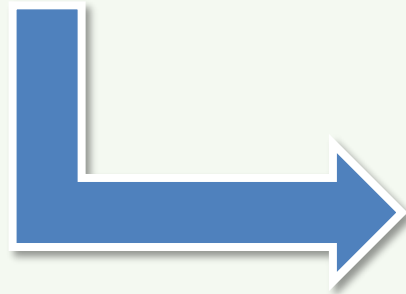
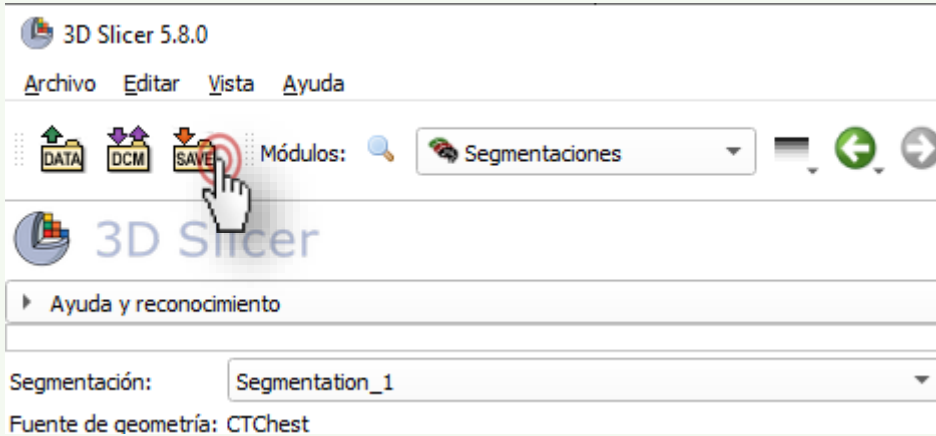
Pase al módulo Segmentaciones



1. Seleccione el segmento
2. Seleccione Exportar
3. Seleccione Modelos
4. Seleccione Exportar modelos a nueva carpeta
5. Haga clic en Exportar



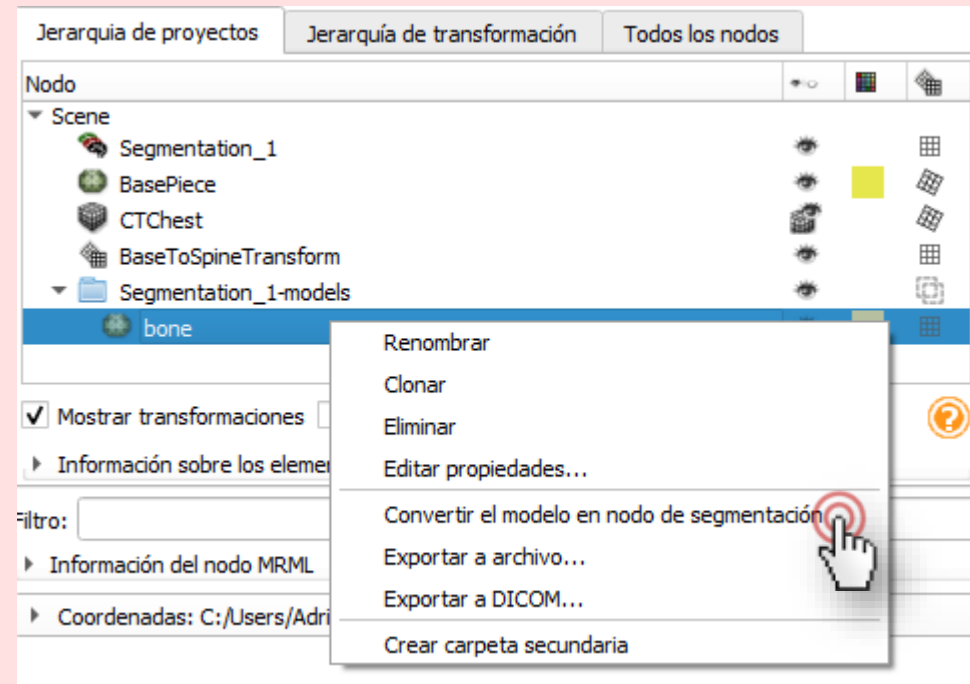
5/2: Guardar modelo en STL



5/1: Exportación del segmento fantasma al modelo



Pase al módulo Datos, haga clic con el botón derecho del mouse en el segmento y haga clic en Convertir el modelo en nodo de segmentación



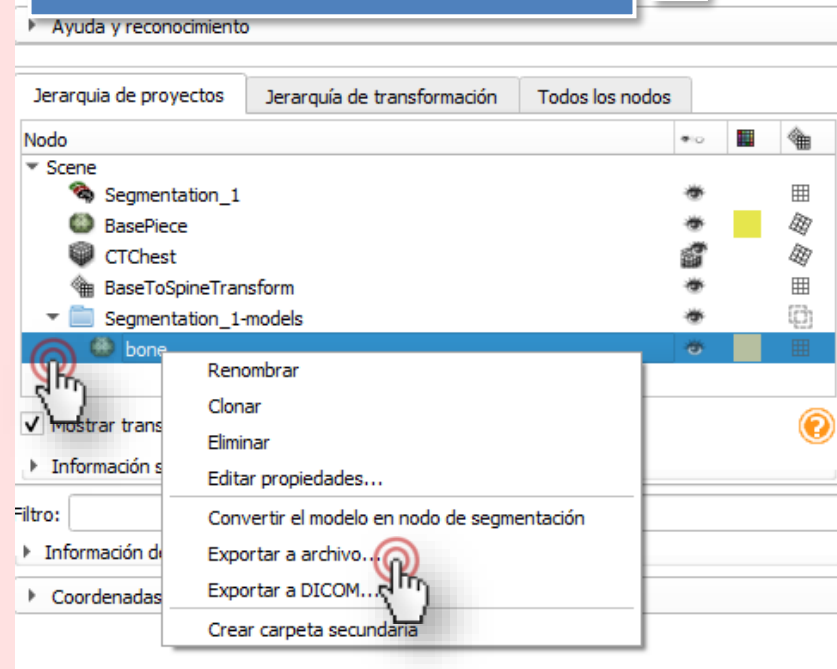
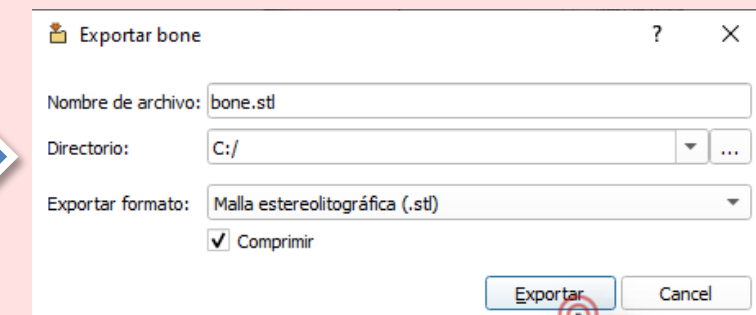
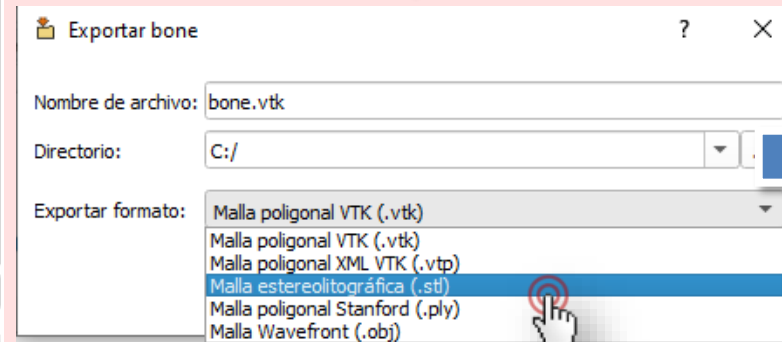
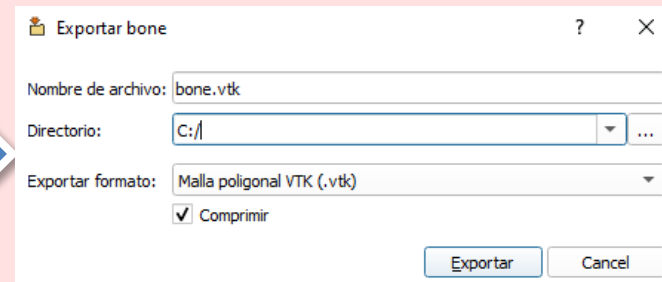
Puede ajustar la visibilidad de un segmento haciendo clic en el icono del ojo



5/2: Guardar el modelo en STL

Siempre en el módulo Datos, haz clic con el botón derecho del mouse en el segmento y selecciona Exportar a archivo.

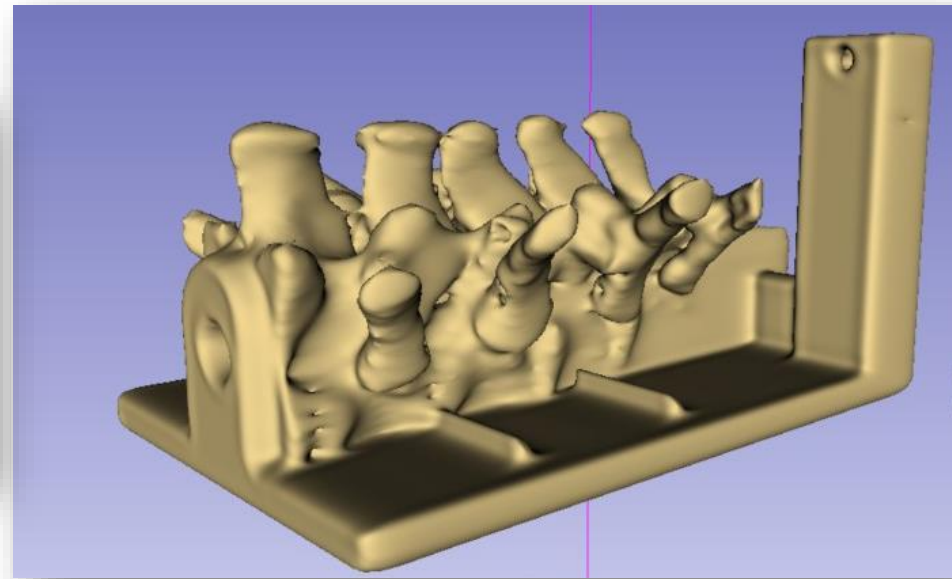
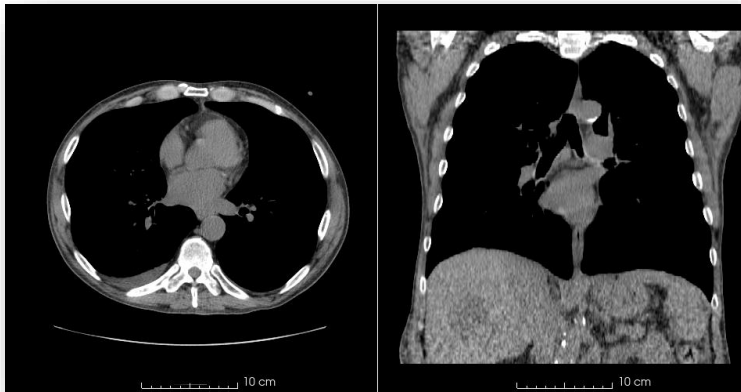
1. Establece el directorio de salida haciendo clic en los 3 puntos.
2. Haga clic en el menú desplegable Formato de exportación y seleccione '.stl'.
3. Haga clic en Exportar





Conclusión

En el tutorial hemos resumido a través de un ejemplo, cómo podemos cargar y segmentar una región anatómica en 3D Slicer. También, qué pasos hay que seguir para preparar el modelo creado para la impresión 3D.





Agradecimientos



National Alliance for Medical Image Computing

NIH U54EB005149



Ontario Cancer Care Ontario

Cancer Care Ontario
Action Cancer Ontario



Ontario Consortium for Adaptive Interventions in Radiation Oncology



**PerkLab, Queen's University, Kingston,
Ontario, Canada**



**University of Szeged,
Szeged, Hungary**



**EBATINCA Ebatinca S.L. Las Palmas de Gran
Canaria, Gran Canaria, Spain**

