

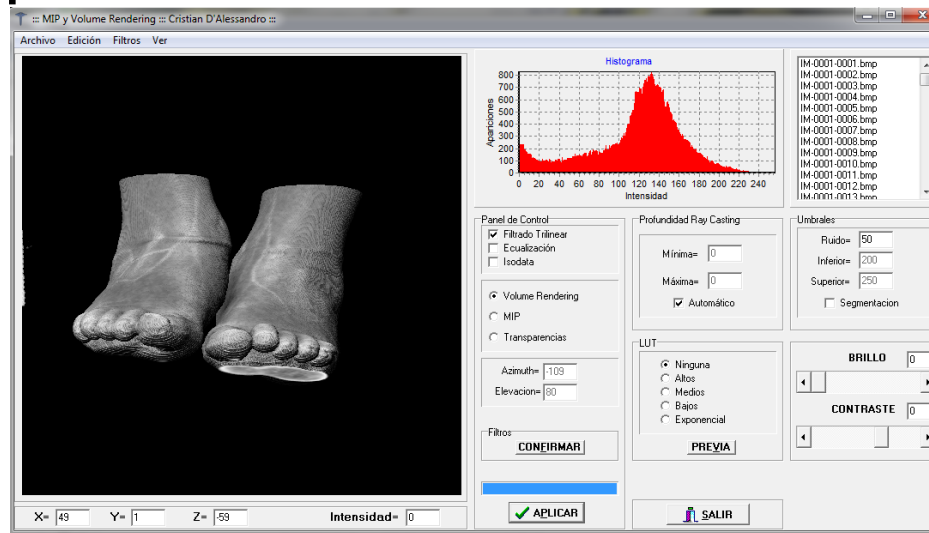
Volume Rendering: MIP, Ray Casting & Translucency



Cristian C. D'Alessandro

Motivación

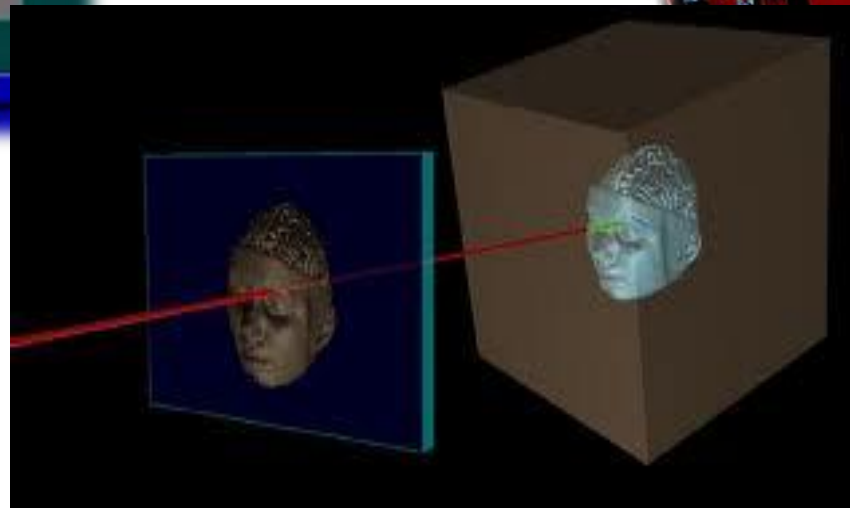
- Se planteó la idea de realizar un software capaz de recomponer un estudio de PET, CT o MRI en 3D.



- Dada la semejanza del MIP con Volume Rendering y Translucency, se optó por incluir todas las técnicas en un solo programa

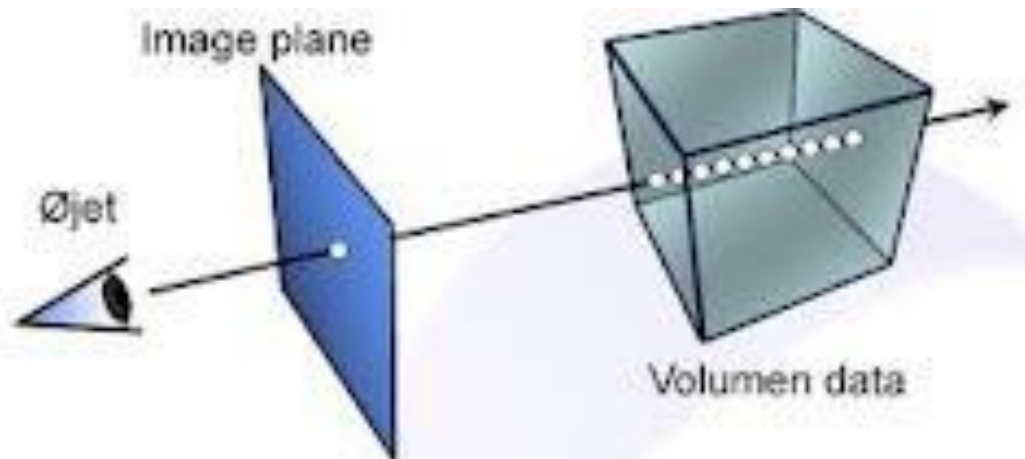
Ray Casting Volume Rendering

- Volumen de datos almacenado en memoria, proyectado sobre una superficie 2D para visualización.



Ray Casting Volume Rendering

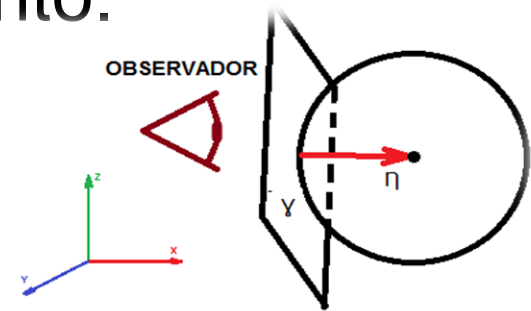
- La técnica consiste en un plano que emite rayos que atraviesan el volumen de datos, quedándose con el primer elemento que supera el umbral de ruido.



Ubicación y posición del plano

- Para realizar la proyección, el plano donde se mostrara la imagen debe ser posicionado y orientado de tal manera que reproduzca la visión del observador en tal punto.

- Esfera alrededor del volumen



- Matrices de rotación

$$\begin{pmatrix} x' \\ y' \\ z' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos\theta & -\text{sen}\theta \\ 0 & \text{sen}\theta & \cos\theta \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x \\ y \\ z \end{pmatrix}$$

$$\begin{pmatrix} x' \\ y' \\ z' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos\theta & 0 & \text{sen}\theta \\ 0 & 1 & 0 \\ -\text{sen}\theta & 0 & \cos\theta \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x \\ y \\ z \end{pmatrix}$$

$$\begin{pmatrix} x' \\ y' \\ z' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos\theta & -\text{sen}\theta & 0 \\ \text{sen}\theta & \cos\theta & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x \\ y \\ z \end{pmatrix}$$

Rayos

- Los rayos siguen una trayectoria dada por:

$$Rx = Nx * \alpha + Px$$

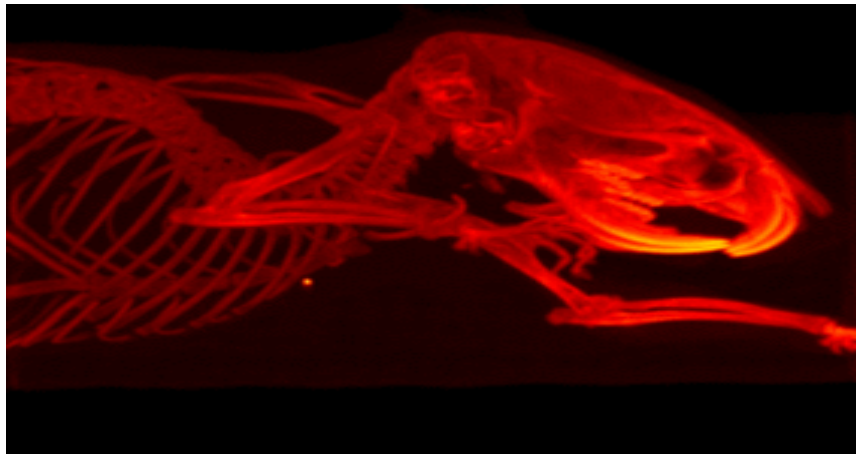
$$Ry = Ny * \alpha + Py$$

$$Rz = Nz * \alpha + Pz$$

- N es la dirección de la normal, P los puntos donde se encuentra el plano.
- El criterio de corte de la iteración esta dado por la técnica utilizada.

MIP

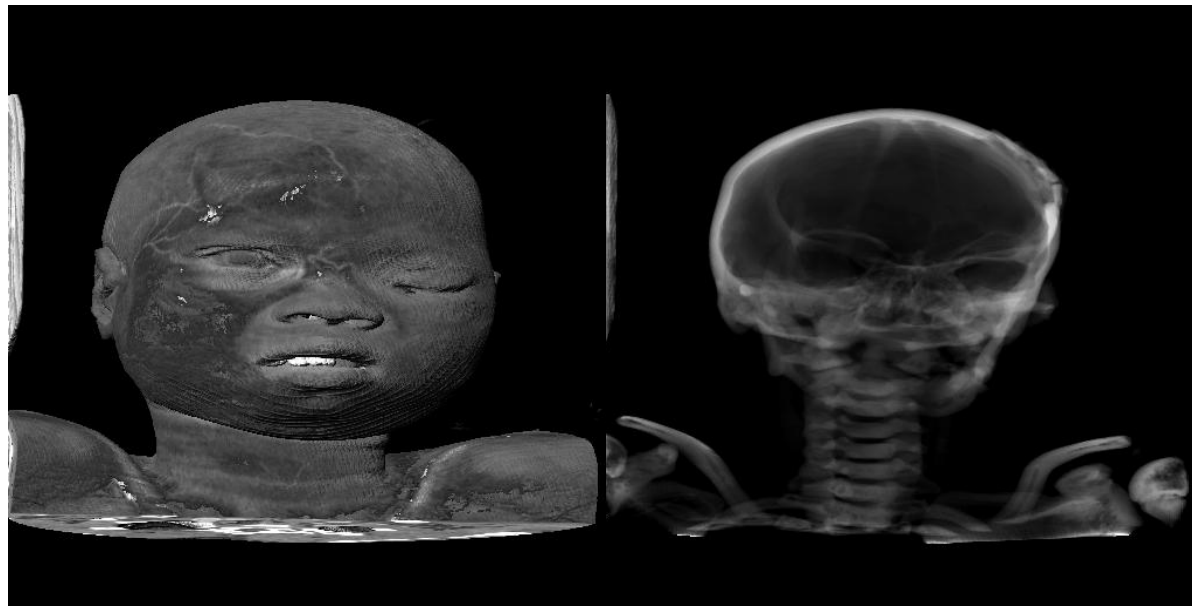
- Parecido al volume Ray Casting, el rayo analiza todo el volumen y se queda con el máximo encontrado.



- Se pierde toda sensación de profundidad, por lo que se deben realizar proyecciones a distintas profundidades y angulos para recomponer el volumen.

Translucency

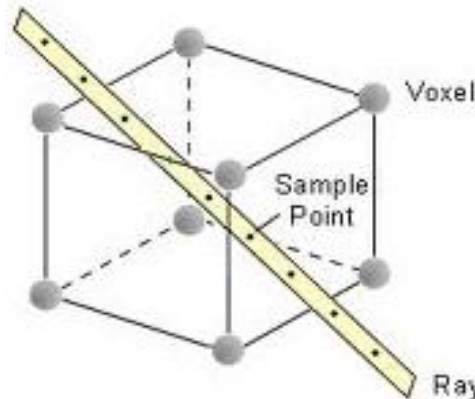
- Es la técnica de transparentar tejidos según el umbral deseado, para lo que se utiliza una ponderación sobre los valores de intensidad de interés y luego se promedian los valores atravesados por el rayo.



Interpolación trilinear

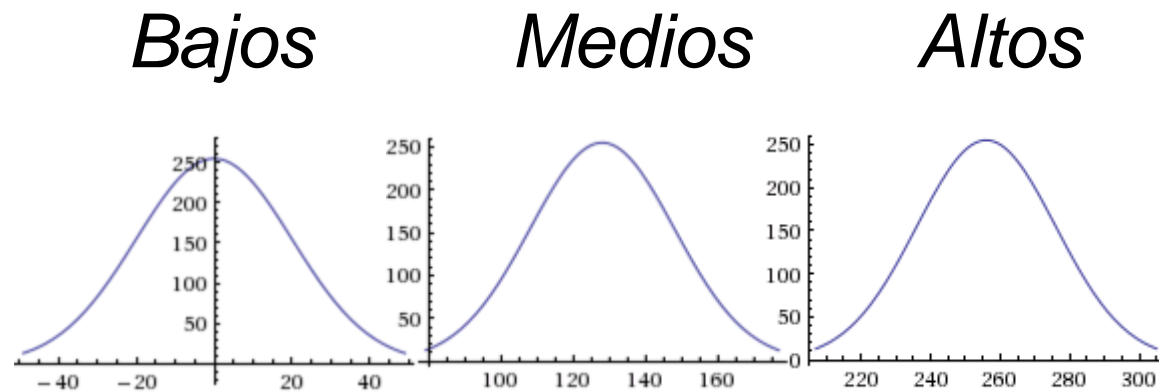
- Dada la trayectoria discreta del rayo, se producen errores de composición de la imagen sobre el plano, una manera de mejorar la calidad de la imagen es la interpolación.

$$\begin{aligned} \text{valor} = & [(1 - dz) * (1 - dy) * (1 - dx) * v1 + (1 - dz) * (1 - dy) * (1 + dx) * v2 \\ & + (1 - dz) * (1 + dy) * (1 - dx) * v3 + (1 - dz) * (1 + dy) * (1 + dx) * v4 \\ & + (1 + dz) * (1 - dy) * (1 - dx) * v5 + (1 + dz) * (1 - dy) * (1 + dx) * v6 \\ & + (1 + dz) * (1 + dy) * (1 - dx) * v7 + (1 + dz) * (1 + dy) * (1 + dx) * v8] \\ & / 8 \end{aligned}$$



LUT

- La posibilidad de implementar LUT mejora claramente la información que se puede obtener de la imagen ponderando los niveles de intensidad de interés.



Otras herramientas

□ Para una mejor experiencia del usuario se agregaron las siguientes herramientas al software:

- Conexión a periféricos de salida (plotters/impresoras)
- Isodata
- Filtrado bilinear
- Zoom
- Segmentación por umbral de intensidad
- Selección de profundidad del rayo
- Ecualización
- Selección de umbral de ruido
- Aumento de brillo y contraste
- Filtros pasa bajos y pasa altos
- Vista previa y vista por slice

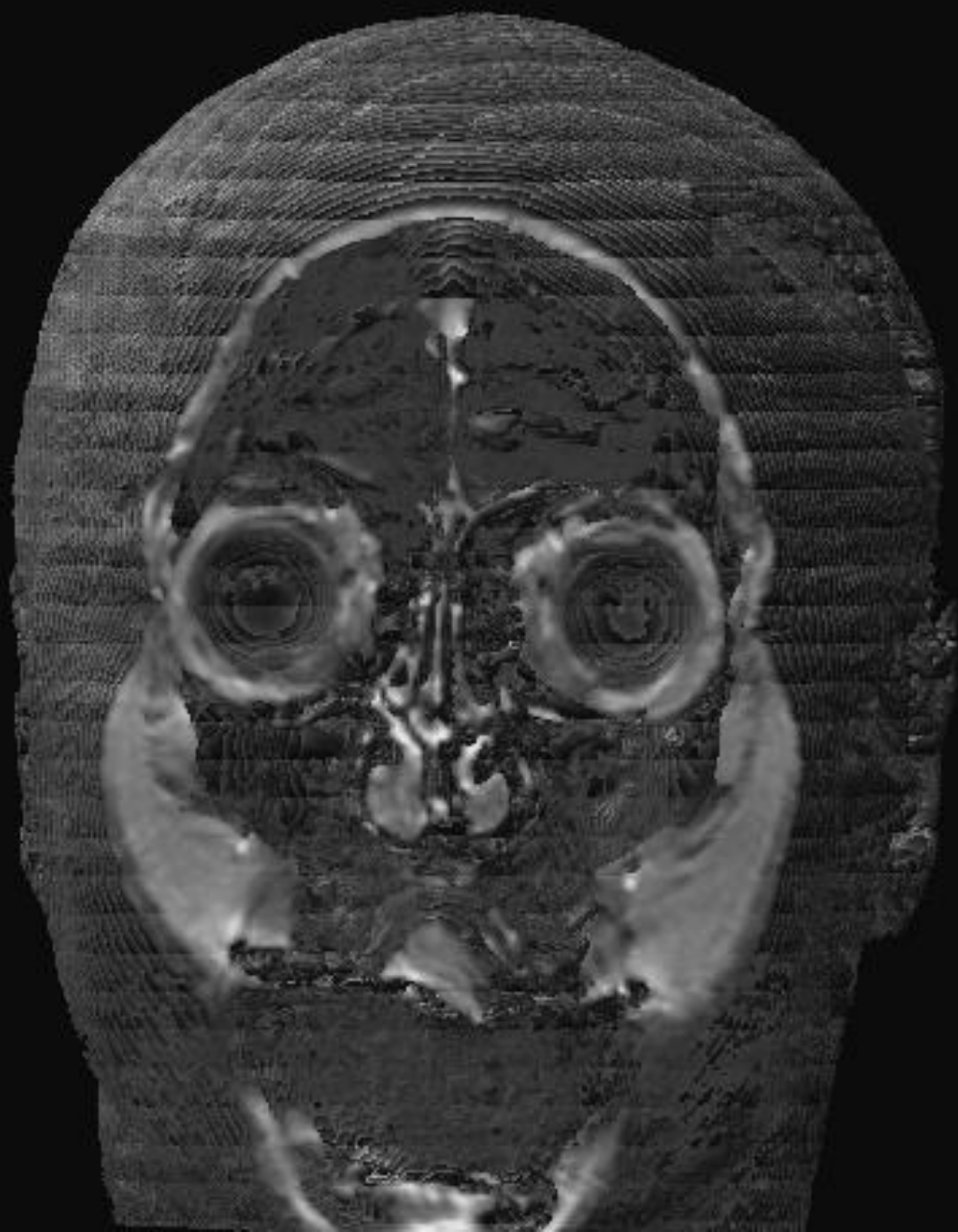
Costo computacional

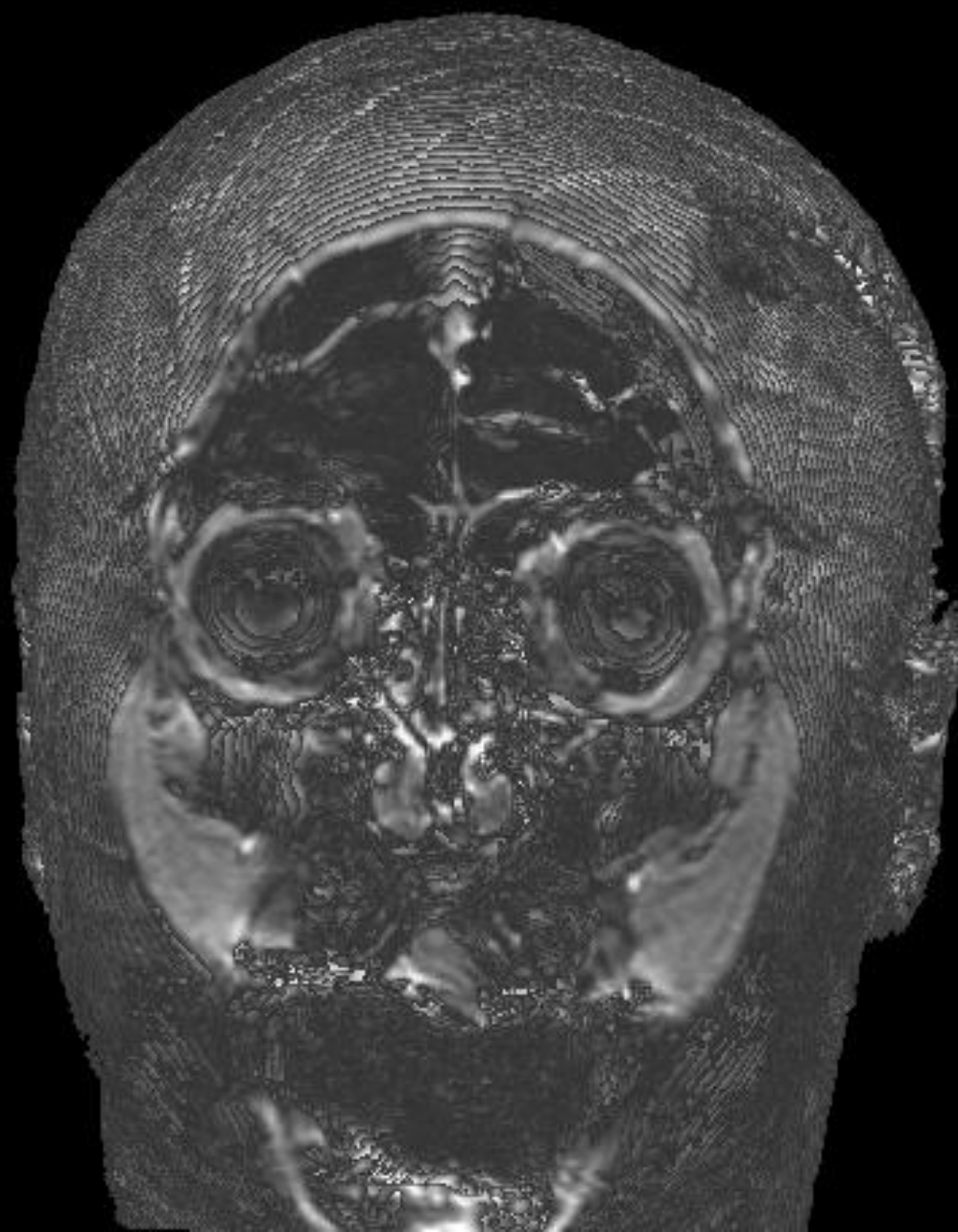
- El algoritmo básico utilizado tiene un $O(n^3)$ dado por los ciclos anidados de los rayos por pixel del plano. Es por ello que los tiempos de renderización son elevados, si en embargo existen técnicas no implementadas como la recursividad y arboles que se encargan de bajar estos tiempos drásticamente.

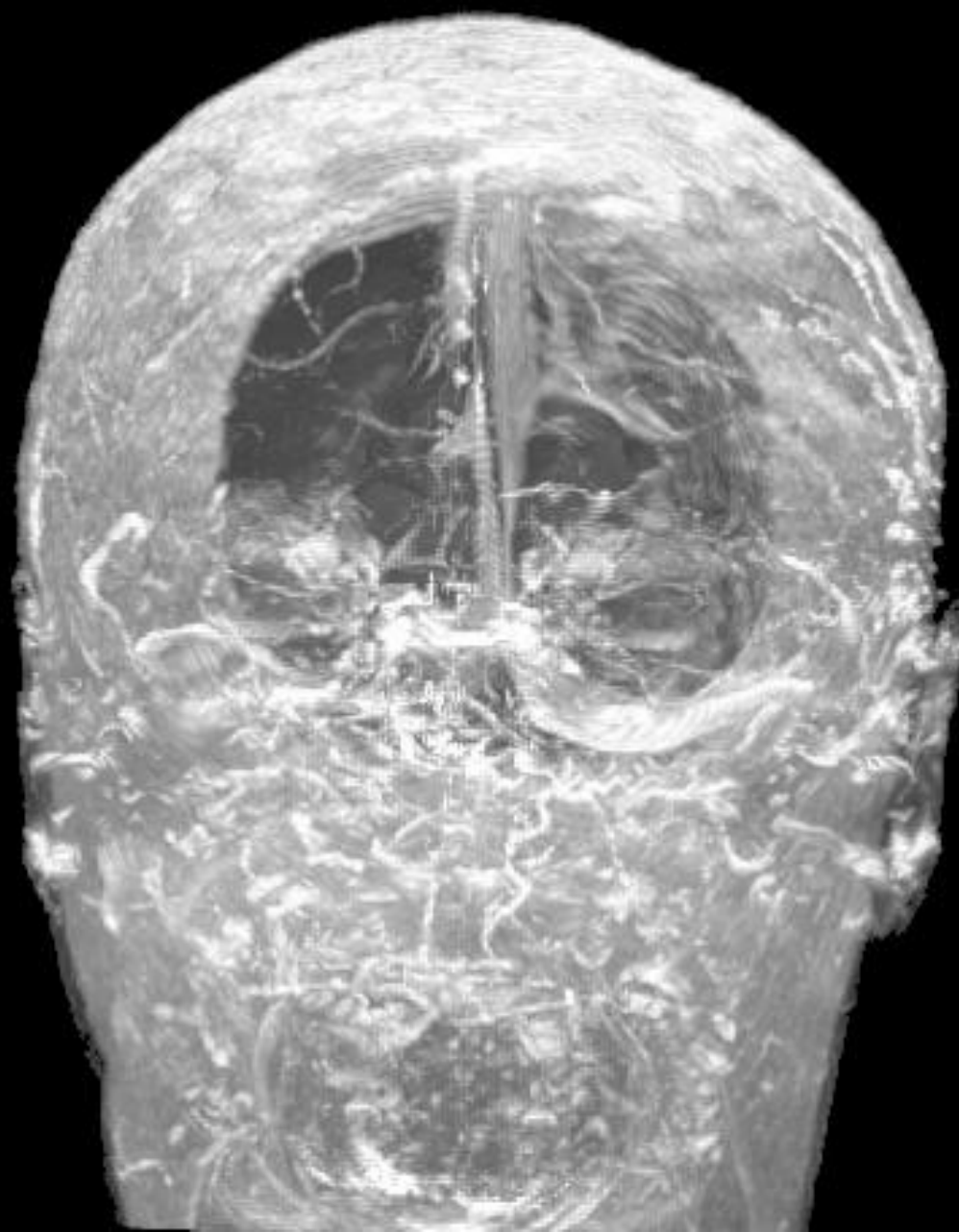
Costo computacional

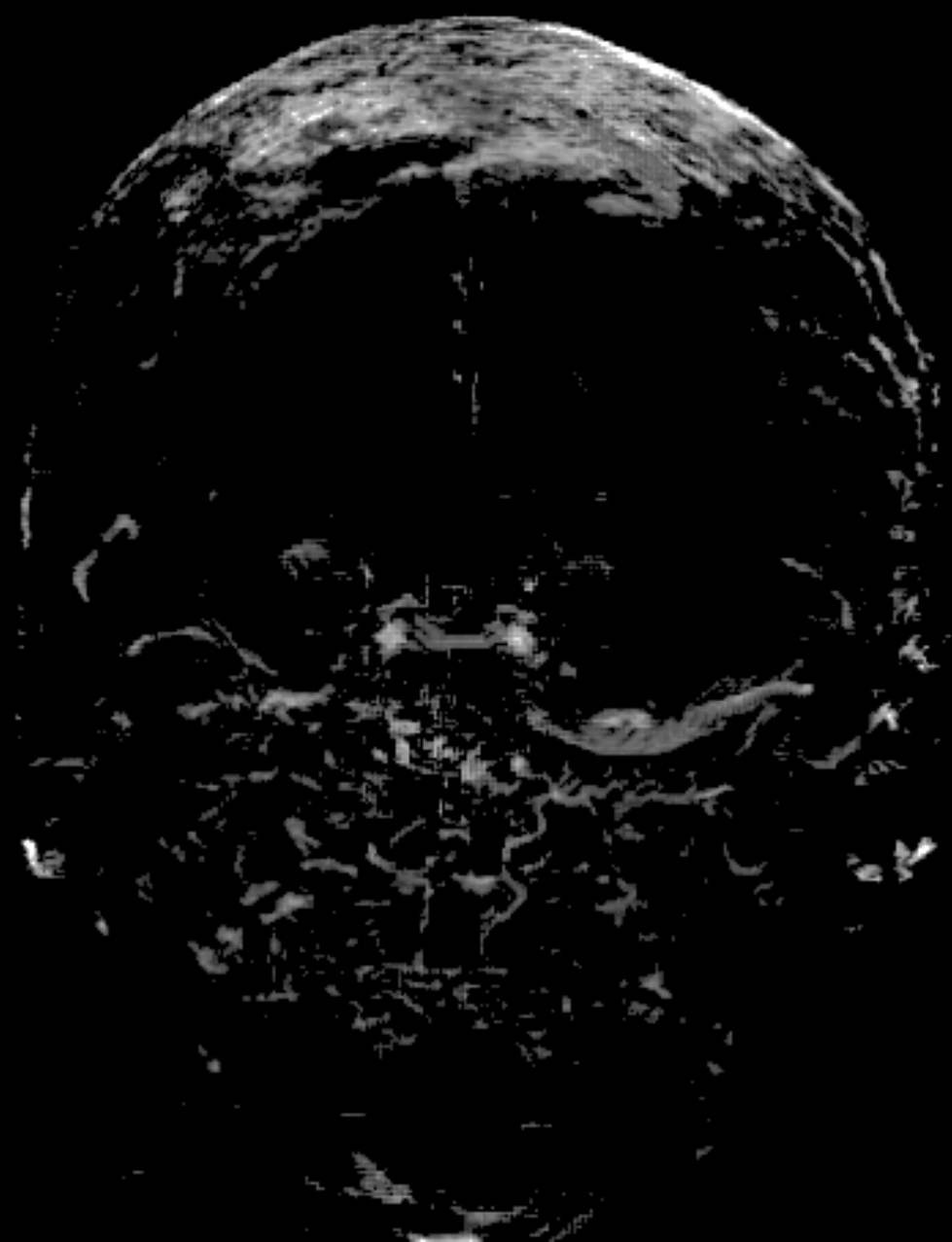
- Para un estudio de 25 cortes de 512x512x8bits que corresponde a mas de 200 millones de instrucciones, el tiempo de renderización para Volume Ray Casting con umbral de ruido y filtrado trilinear es de 50 ± 20 *segundos* en una computadora DC 2,2Ghz, 4Gb DDR2 y W7 x64.

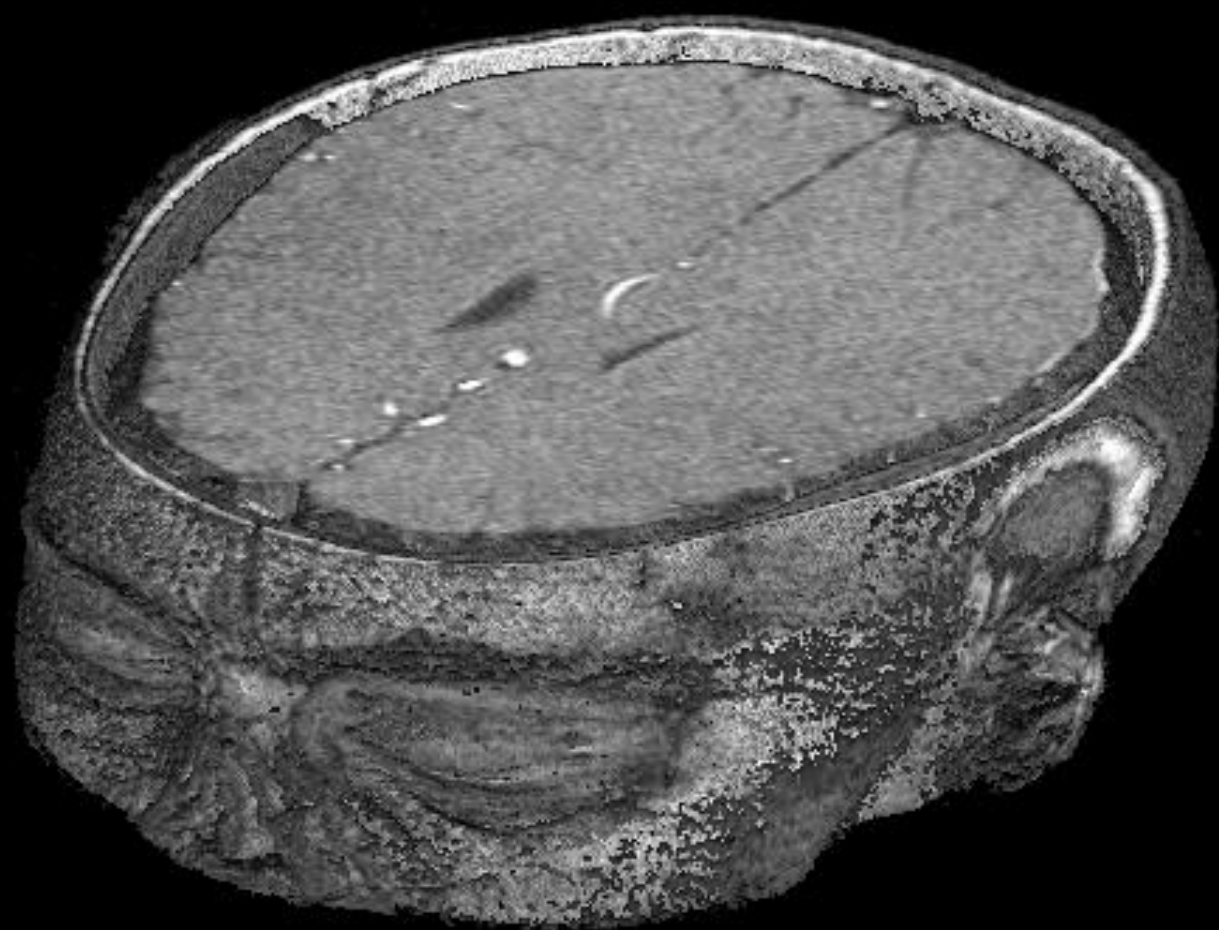
El programa

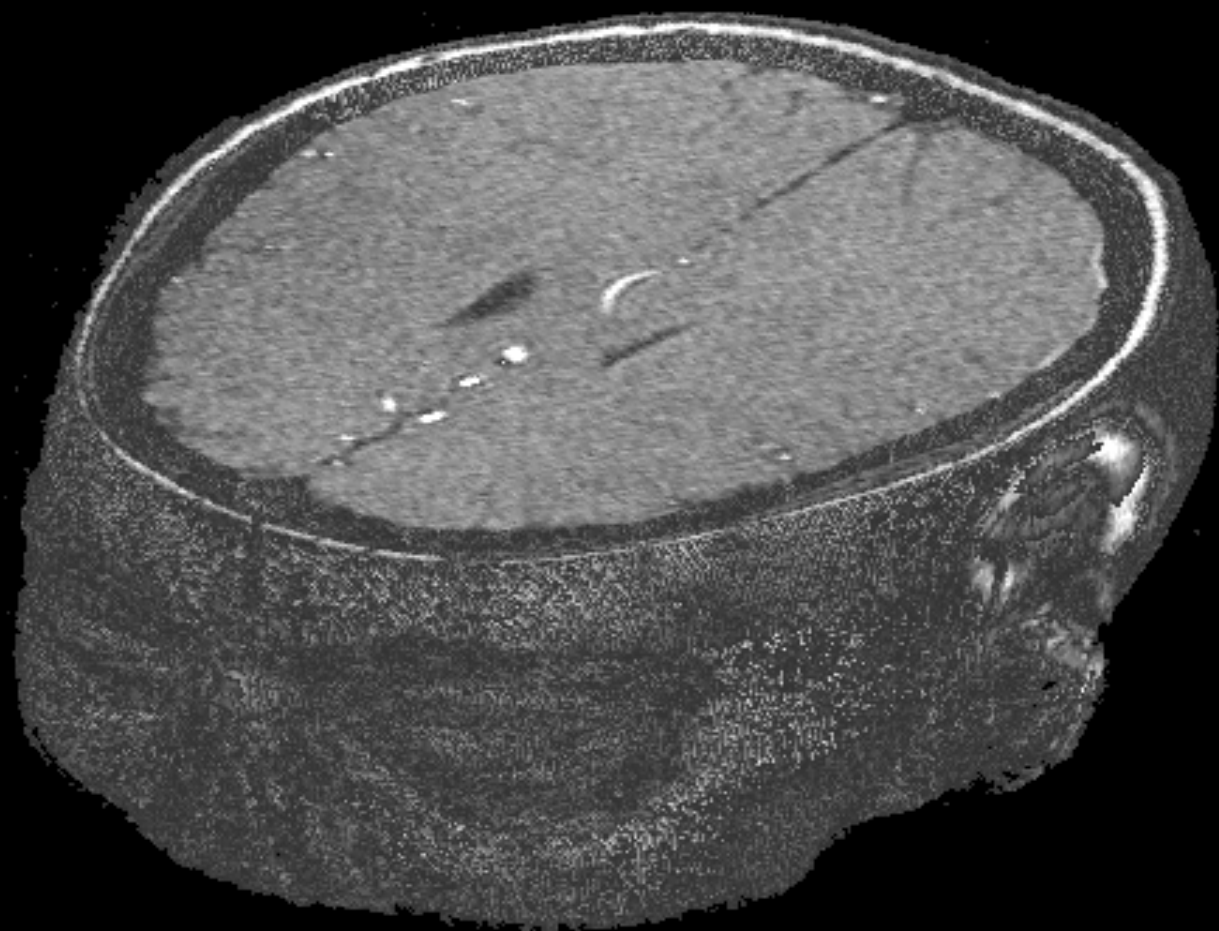


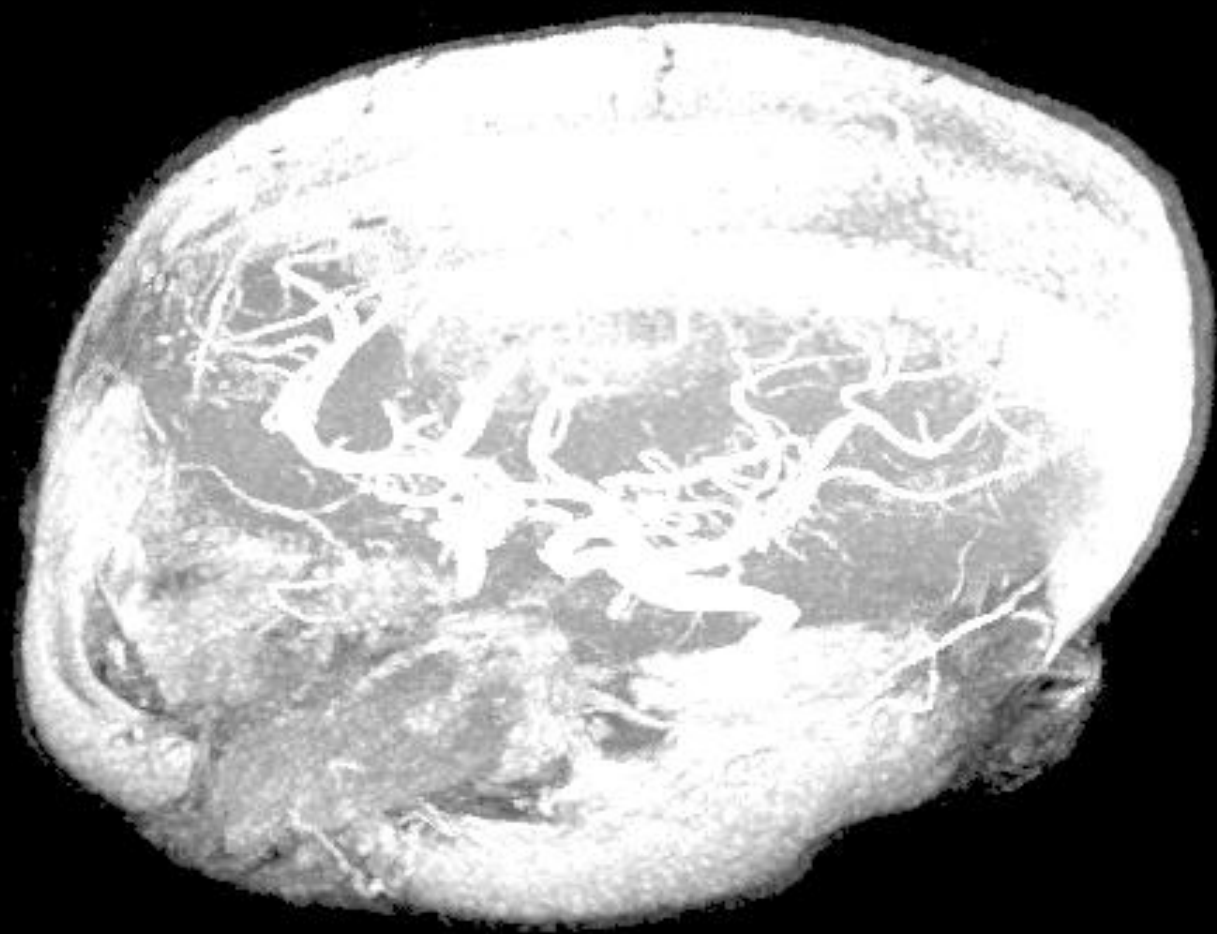


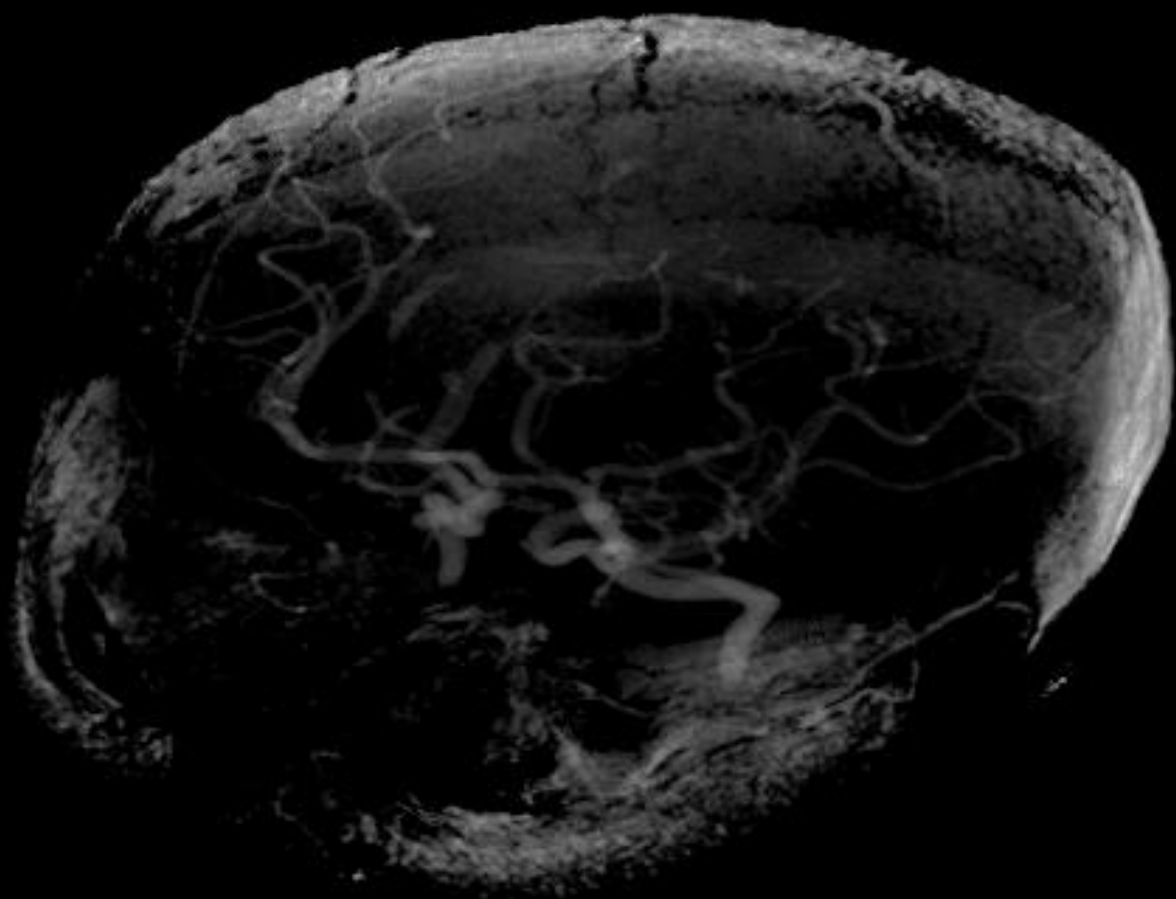


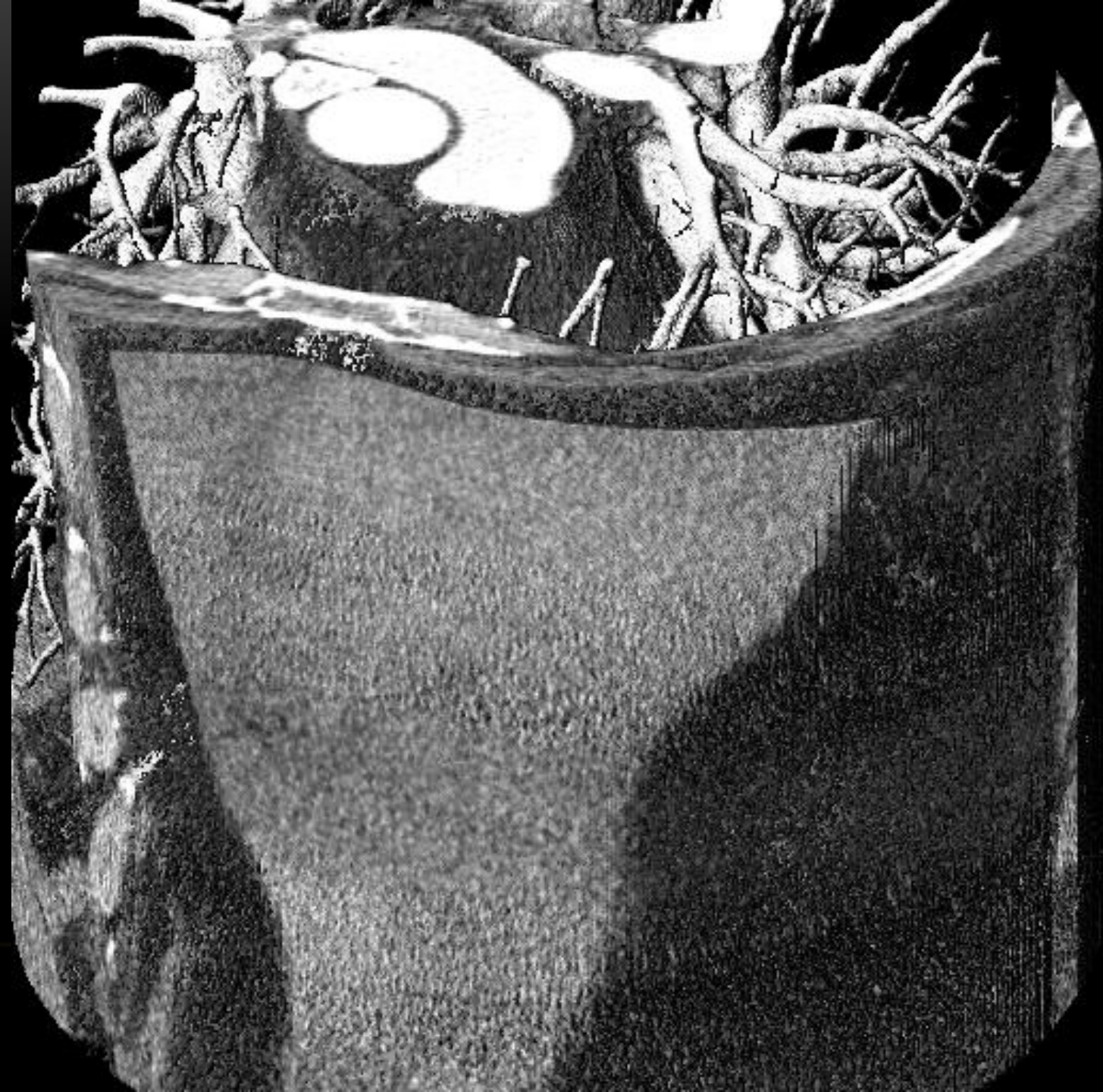










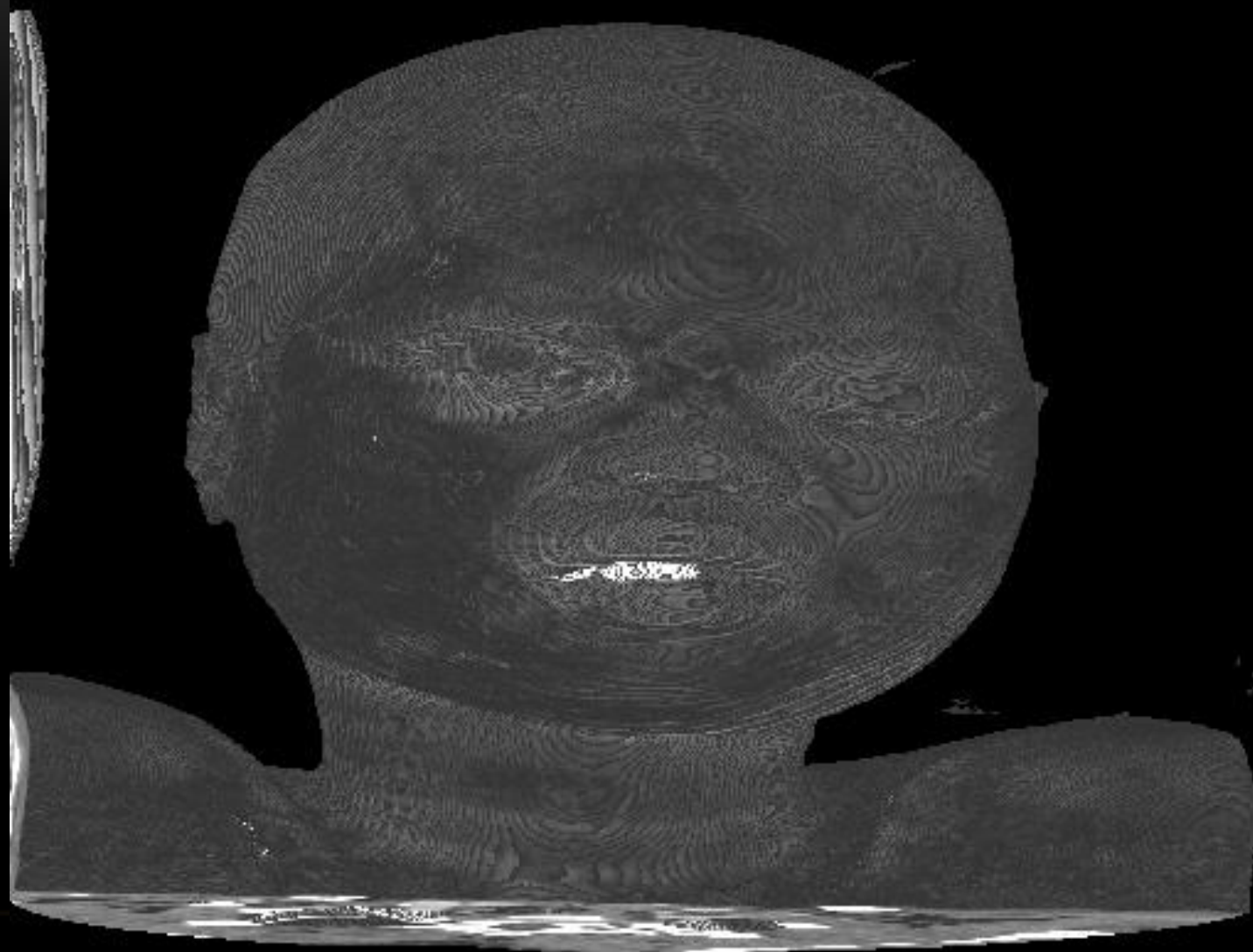


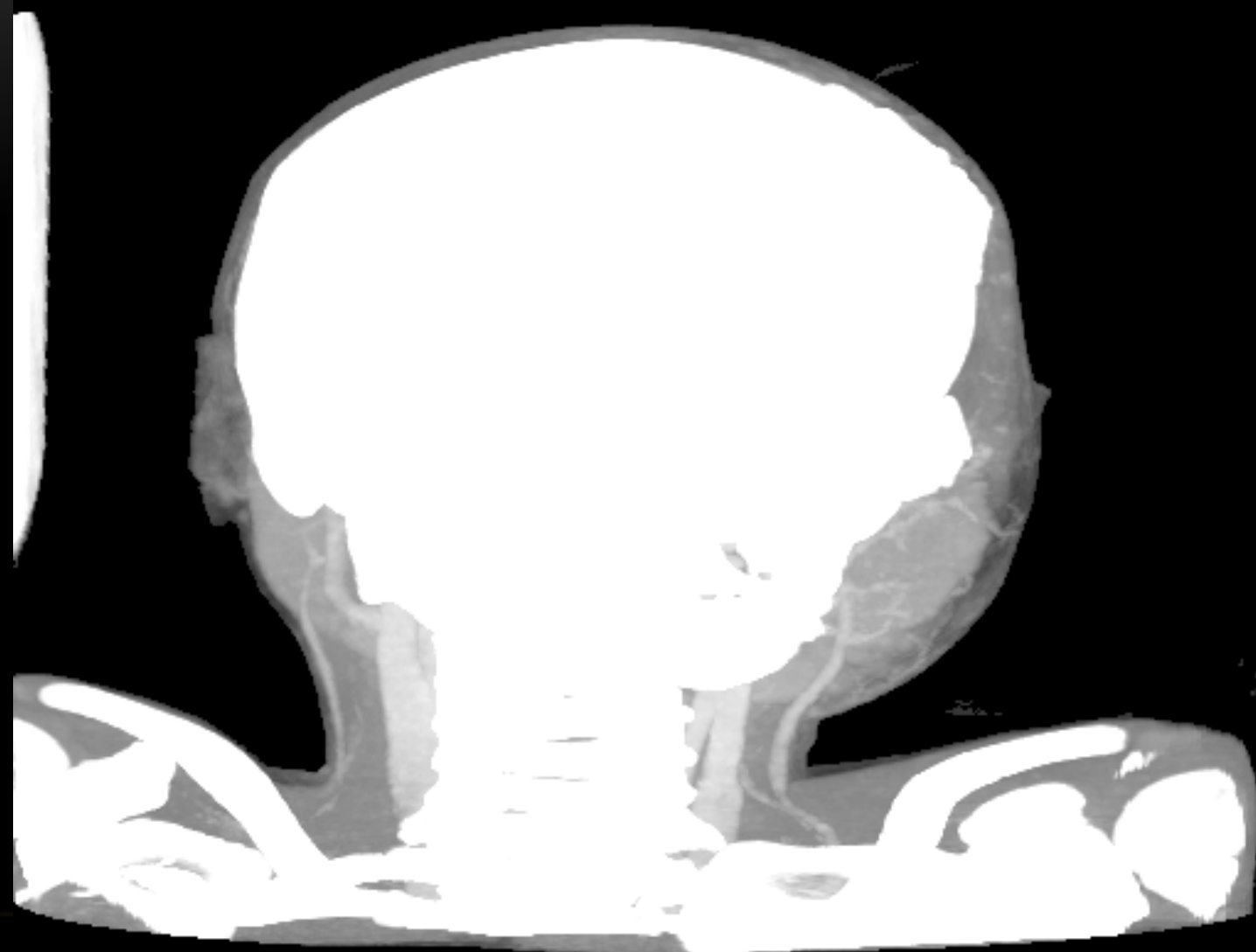






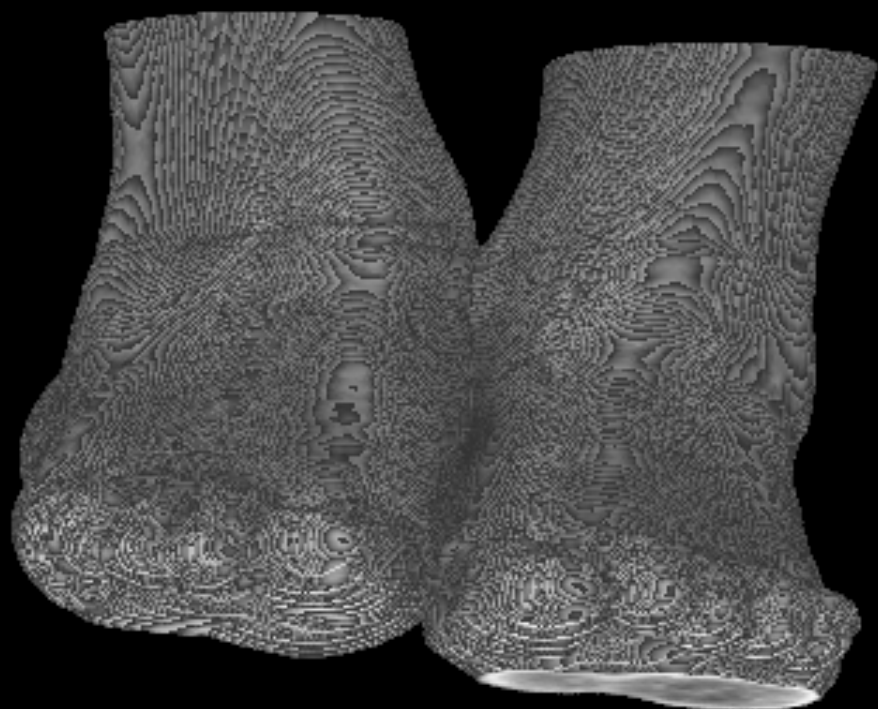


















REFERENCIAS Y BIBLIOGRAFÍA

- *Ray Tracing for the Movie 'Cars', Pixar Studios*
PH Christensen et al.
- *Interactive Ray Tracing for Volume Visualization*
S Parker et al.
- *Volume Rendering in Three-Dimensional Display of SPECT Images*
JW Wallis
- http://en.wikipedia.org/wiki/Magnetic_Resonance_Angiography
- http://en.wikipedia.org/wiki/Volume_ray_casting
- http://en.wikipedia.org/wiki/Rotation_matrix
- http://en.wikipedia.org/wiki/Maximum_intensity_projection
- http://en.wikipedia.org/wiki/Trilinear_interpolation
- http://en.wikipedia.org/wiki/Volume_rendering
- http://www.grc.nasa.gov/WWW/winddocs/utilities/b4wind_guide/trilinear.html
- <http://www.cs.princeton.edu/courses/archive/fall00/cs426/lectures/raycast2/raycast2.pdf>
- <http://www.google.com/patents?id=BYyFAAAAEBAJ&printsec=abstract&zoom=4#v=onepage&q&f=false>