

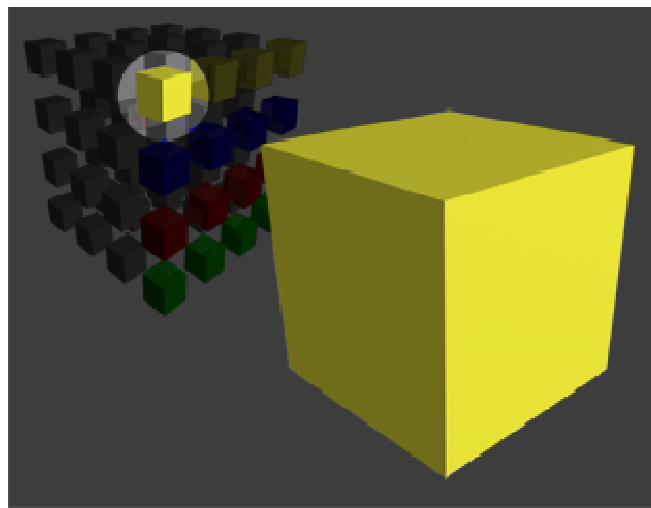


## 5 Técnicas de visualización médica

Las técnicas de visualización médica son una herramienta poderosa para poder obtener estructuras 3D a partir de las imágenes obtenidas mediante la tomografía computarizada principalmente.

Las imágenes obtenidas de cada corte (axial, frontal o sagital) de un estudio tomográfico están compuestas por un arreglo bidimensional de píxeles, con una posición  $(x, y)$ . Cuando se colocan estas imágenes una sobre la otra, los píxeles de cada imagen se encuentran alineados con los píxeles correspondientes a la misma posición  $(x, y)$  tanto arriba como abajo. Es entonces cuando a cada píxel se le puede asignar una tercera coordenada,  $z$ , dependiendo del número de corte en el que se encuentren.

Un píxel representa brillo dentro de un arreglo bidimensional, con la adición de la coordenada de profundidad, los píxeles con coordenadas  $(x, y, z)$  representan el brillo dentro de un volumen. El volumen tiene dimensiones de 1 píxel de ancho  $X$  1 píxel de alto  $Y$  1 píxel de profundidad  $Z$ . A los píxeles que representan brillo dentro de un volumen se les ha denominado como elementos de volumen o voxels.



**Imagen 90. Representación de un voxel dentro de una imagen tridimensional**

Actualmente hay dos técnicas muy utilizadas para la visualización y análisis de imágenes médicas en tres dimensiones, comúnmente conocidas como surface rendering (renderizado de superficie) y volume rendering (renderizado de volumen).



## 5.1 Surface Rendering

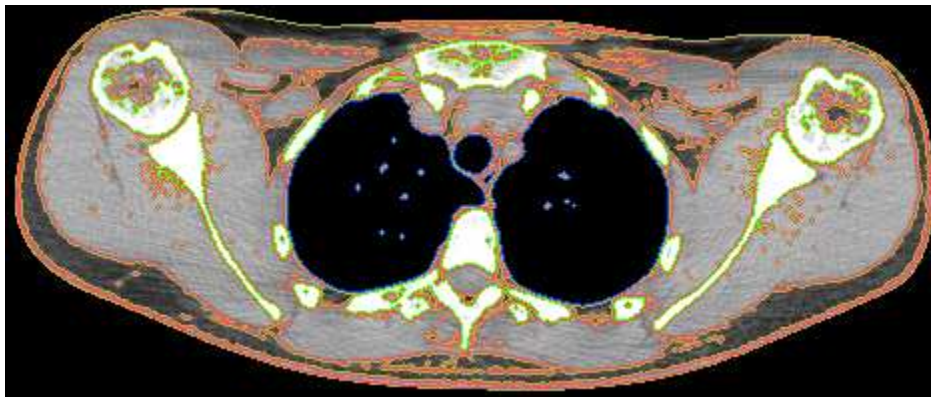
El surface rendering, fue la primera técnica de renderizado 3D aplicada a los conjuntos de imágenes médicas. Su desarrollo a principios de la década de 1970 como una extensión de las técnicas de graficación por computadora y procesamiento de imágenes aportó innovaciones en la segmentación de datos (la división de un volumen en múltiples objetos compuestos por primitivas) y su visualización.

Es un proceso en el que se determinan las superficies aparentes en un volumen de datos y se genera una representación de las mismas. La umbralización es la técnica comúnmente usada para definir las estructuras de interés en el surface rendering. En esta técnica se procesa capa por capa del volumen de datos, en función de un determinado valor de umbral, de esa forma se puede identificar en una capa los voxels en los cuales ocurre una transición cercana al valor umbral. Estos voxels son los que conforman un contorno, y es posible vincular los contornos de dos capas adyacentes para determinar un esqueleto de polígonos. El conjunto de polígonos encontrado entre todas las capas procesadas de esta manera constituye la representación de una estructura sólida, una superficie.

El método más popular para visualizar datos volumétricos como un conjunto de polígonos es el método denominado “marching cubes” (cubos marchantes) introducido por Lorensen and Cline. Este algoritmo toma como entrada un conjunto de datos en 3 dimensiones, luego para cada uno de los voxels se determina de acuerdo a un valor de umbral definido por el usuario, que puntos están dentro o fuera del volumen. Al determinar estos puntos, se pueden crear parches triangulares que dividen al voxel con las regiones dentro y fuera de la superficie. Al conectar finalmente todos los parches, se obtiene la representación de la superficie.

Entre las ventajas que representa el surface rendering están la velocidad y flexibilidad en la visualización de los datos, esto es un factor importante en aplicaciones que requieren interactividad y manipulación de los datos.

De forma general, al representar un volumen mediante la técnica de surface rendering, se está modelando matemáticamente el objeto con una descripción de su superficie basada en puntos, líneas, triángulos, tiras de triángulos y otras primitivas 2D y 3D. El interior del objeto no se describe, si no que en todo caso queda representado implícitamente por medio de la superficie.



**Imagen 91.** El surface rendering permite separar las estructuras de interés

## 5.2 Volume Rendering

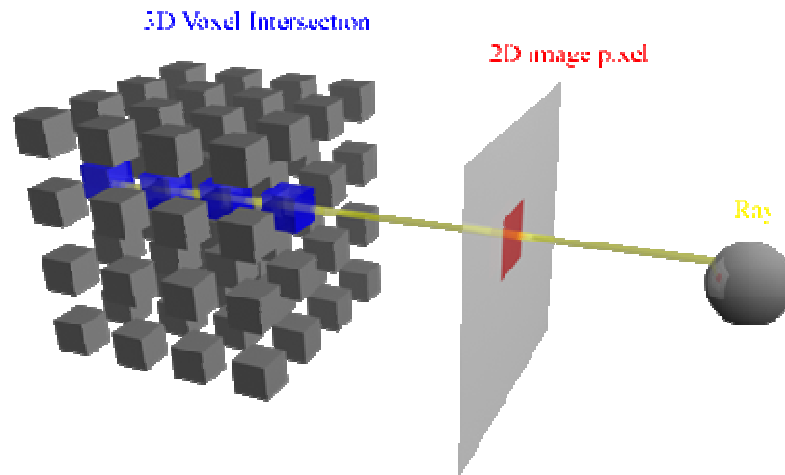
El Volume Rendering (Renderizado de Volumen) produce una representación bidimensional de un conjunto de datos discretos que pertenecen a un espacio tridimensional.

En el volume rendering, no es necesario realizar una segmentación en las imágenes, todos los píxeles son tomados en cuenta para presentar el resultado final.

En cada voxel que conforma el volumen se toman en cuenta propiedades como la absorción, emisión, reflexión y transmisión de la luz y mediante modelos ópticos se realiza una proyección que generará el volumen a visualizar; se utiliza por lo general un método denominado “clasificación de porcentaje”. En la clasificación de porcentaje, se asume que un voxel puede contener uno o más tipos de tejido y la cantidad de un tejido determinado puede variar en un valor de 0 a 100 por ciento.

Una vez que a cada uno de los voxels se le ha asignado un porcentaje, son procesados en conjunto para formar una imagen final. Cada tejido tiene asignado un valor de color y un valor de transparencia. A cada voxel se le asigna un color y transparencia mediante una suma ponderada del porcentaje de cada uno de los tejidos presentes en el voxel.

Por ejemplo, se puede renderizar una imagen cuyo interior sea visible. Las capas externas de un volumen pueden ser traslucidas, permitiendo observar los datos que se encuentran debajo de ellas.



**Imagen 92. Proyección de datos tridimensionales mediante volume rendering**

Una de las principales desventajas del volume rendering es que es una operación computacionalmente cara.

### 5.3 Software para la visualización de datos médicos

El uso de software especializado en la visualización de datos científicos es de gran importancia ya que existen aplicaciones que usan eficientemente el hardware de gráficos actual para producir representaciones visuales muy realistas. A continuación se mencionan algunas aplicaciones que fueron evaluadas para la realización de este proyecto de tesis.

#### 5.3.1 Amira

Amira es un software que permite visualizar y modelar sistemas para diversos tipos de datos científicos. Ofrece un conjunto de herramientas de gran alcance mediante una interfaz de usuario muy intuitiva.

Entre las características más importantes de Amira se encuentran:



- Los datos pueden ser procesados y renderizados mediante diversas técnicas de visualización como lo son surface y volume rendering. El uso eficiente de gráficos permite visualizar grandes volúmenes de datos.
- Cuenta con herramientas de segmentación automática e interactiva que apoyan el procesamiento de imágenes con datos tridimensionales como en el caso de las imágenes en formato DICOM.
- Ofrece un excelente soporte de presentación pues se pueden crear presentaciones en tiempo real usando las técnicas de visualización estereoscópica.



**Imagen 93. Volume rendering realizado en Amira**

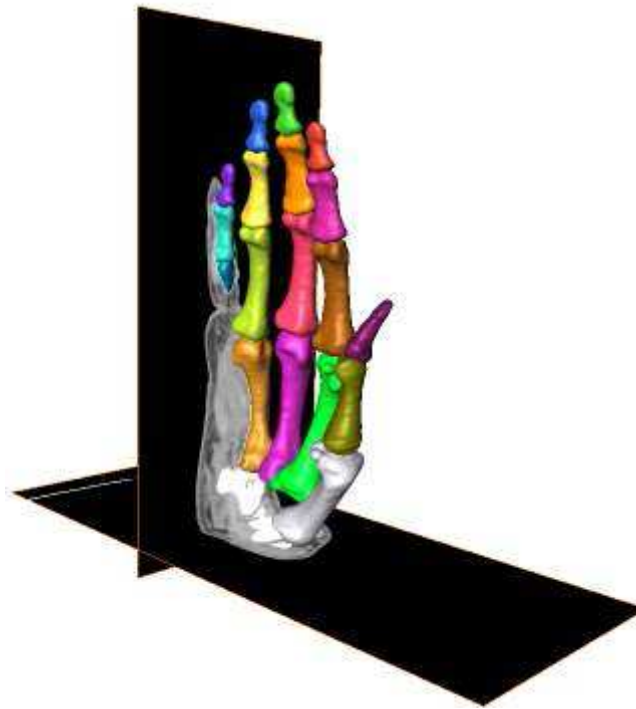


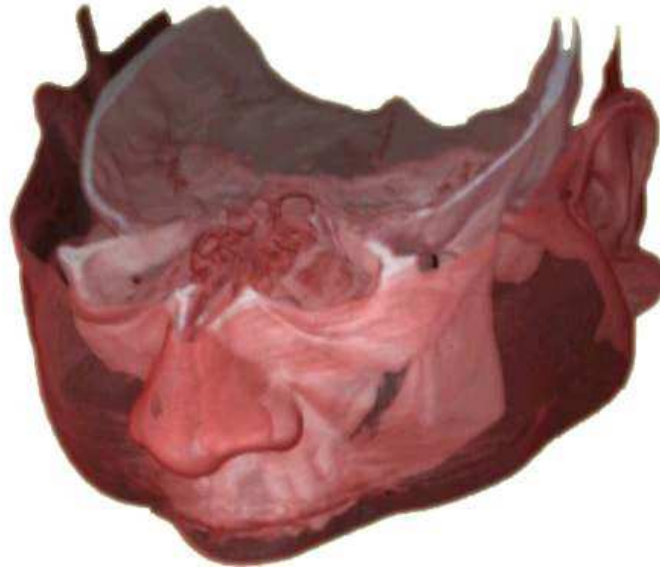
Imagen 94. Surface rendering realizado en Amira

### 5.3.2 3D Doctor

3D Doctor es un avanzado software de análisis, procesamiento y renderizado de imágenes en 3D. Proporciona un conjunto de herramientas para la visualización de volúmenes pertenecientes a imágenes con información 3D, incluidas las imágenes obtenidas mediante tomografía computarizada, resonancia magnética, microscopía, entre otros tipos.

Entre las características más importantes de 3D Doctor se encuentran:

- Permite la extracción de bordes de objetos 3D utilizando funciones de segmentación de imágenes.
- Creación modelos 3D a partir de las técnicas de surface y volume rendering mediante los cortes 2D de las imágenes en tiempo real.
- Exportación de mallas poligonales en formatos como 3DS, OBJ, VRML entre otros.



**Imagen 95. Volume rendering realizado en 3D Doctor**

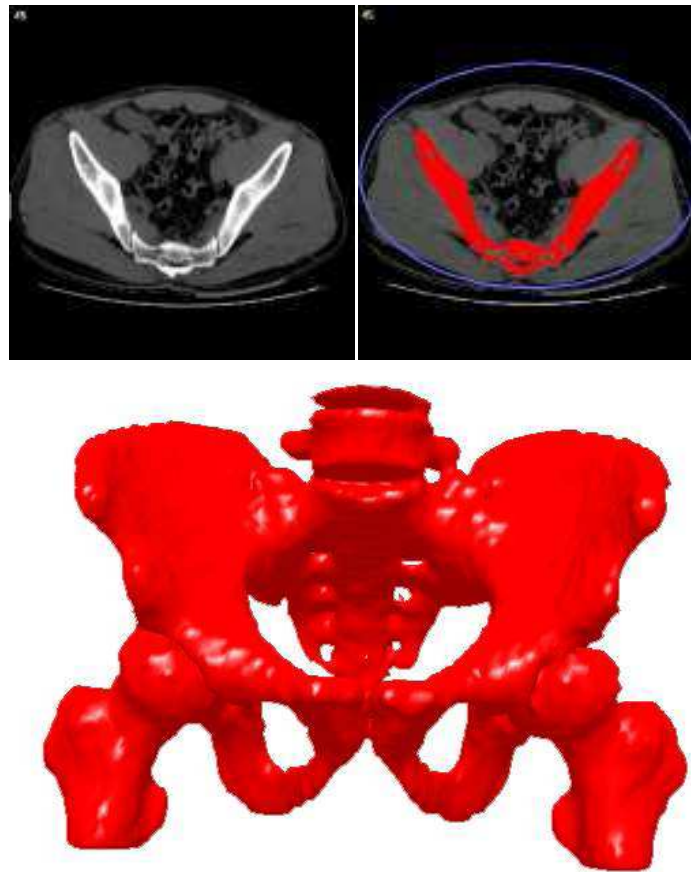


Imagen 96. Surface rendering realizado en 3D Doctor

### 5.3.3 3D Slicer

3D Slicer es una aplicación de código abierto para visualizar y analizar imágenes científicas. El programa tiene una estructuración modular que permite incorporar fácilmente nuevas funcionalidades.

Las capacidades de visualización interactiva de 3D Slicer incluyen:

- El registro automático (alineado de los conjuntos de datos).
- Manejo de imágenes en formato DICOM y la lectura/escritura en distintos formatos.
- Segmentación semiautomática de imágenes y generación de modelos 3D (para visualizar las estructuras segmentadas).
- Volume Rendering.





- Análisis cuantitativo (distancias, ángulos, superficies y volúmenes) de diversas exploraciones médicas.

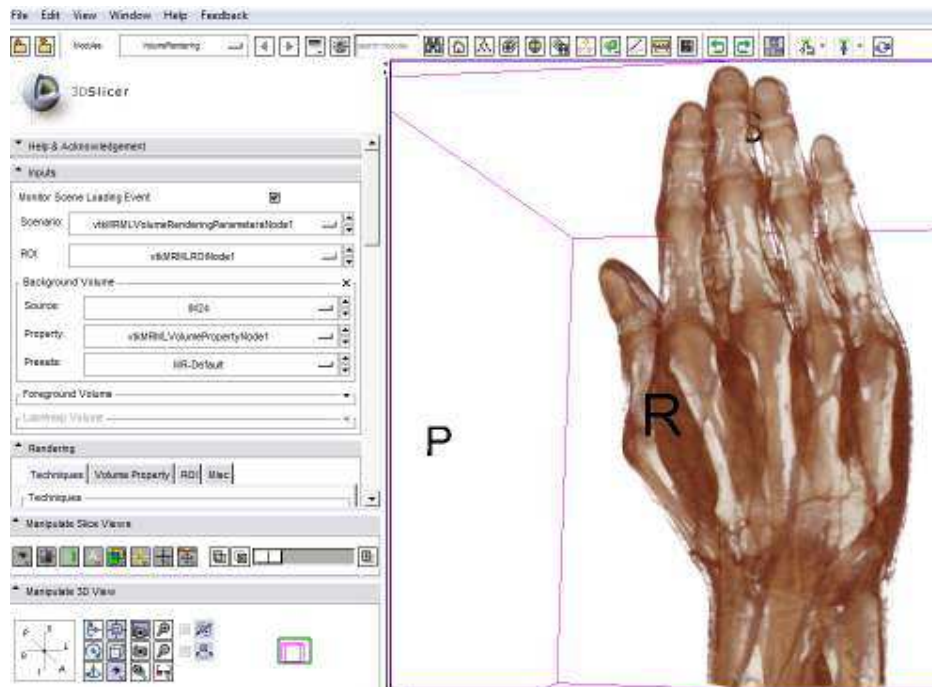


Imagen 97. Volume rendering en 3D Slicer

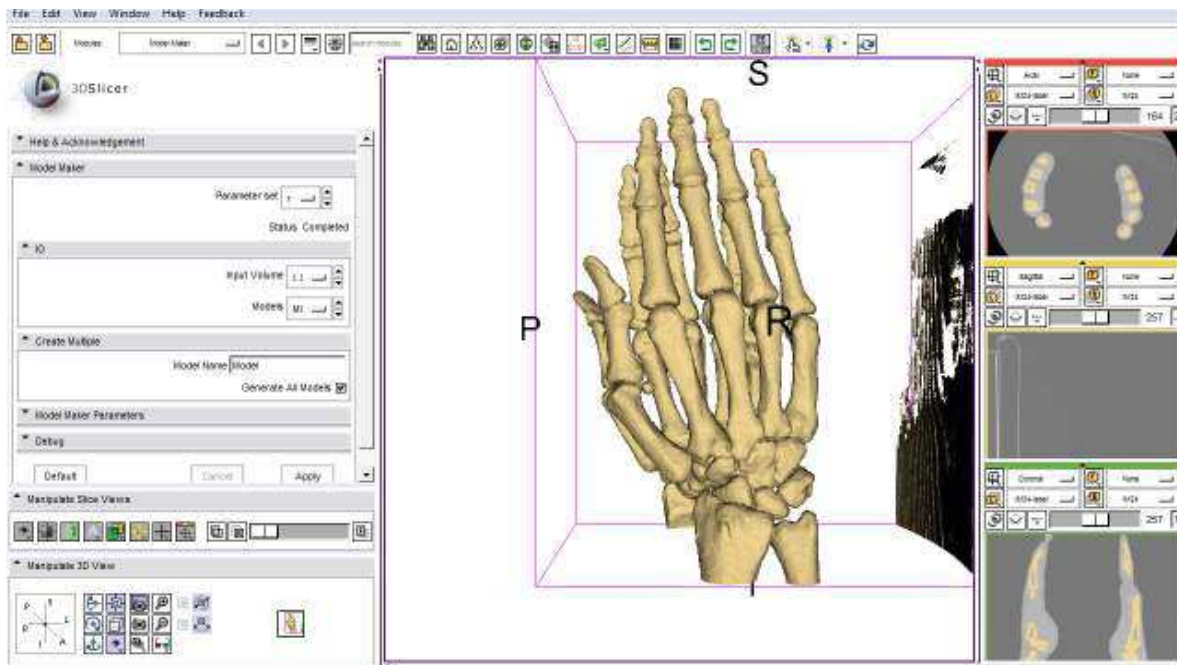


Imagen 98. Surface rendering en 3D Slice

### 5.3.4 Intage Realia

Es un software de origen japonés que sirve para visualizar sets de imágenes médicas tanto en formato DICOM como en formato BMP y TIFF, de las cuales se puede obtener un modelo virtual por medio de la técnica de volumen rendering.

Algunas características importantes de este software son:

- Se puede extraer solo las áreas de interés.

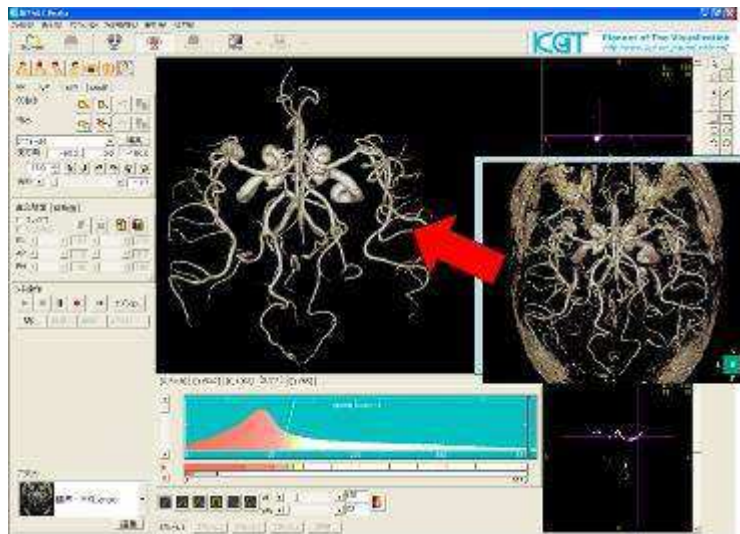


Imagen 99. Extracción del área de interés en Intage Realia

- Se puede obtener distancias entre 2 puntos en cualquier parte del modelo.



Imagen 100. Midiendo distancia entre 2 puntos en Intage Realia

- Hacer cortes al modelo virtual.



Imagen 101. Haciendo un corte en el cráneo en Intage Realia

## 5.4 El software más adecuado

Así como las herramientas anteriormente mencionadas, existen otras con las que se pueden realizar visualizaciones en 3D por medio de los métodos de volume rendering y surface rendering con base a imágenes medicas, el software más adecuado para el desarrollo de este proyecto fue Amira por las siguientes ventajas:

Amira cumple con la mayor parte de requerimientos (en cuanto a software) para este proyecto ya que con éste mismo software se puede hacer diversos procesos como es la segmentación de imágenes, surface rendering y sobre todo la integración de animaciones y eventos para poder hacer una demostración de los huesos, en cambio las demás aplicaciones que se evaluaron no cuentan con procedimientos para realizar lo antes mencionado.

Otra ventaja de haber utilizado Amira, es que la segmentación de imágenes se puede hacer de forma totalmente manual, lo cual es una gran ventaja, ya que así al momento de realizar el surface rendering es más preciso y no se pierden detalles importantes de cada hueso, las demás aplicaciones lo realizan de forma automática o semiautomática pero no de forma manual, esto no nos garantiza que los modelos 3D de los huesos sean detallados.

Todas las herramientas se enfocan mas a estudios médicos para diagnosticar a los pacientes, en cambio Amira se presta más para el aprendizaje por medio de la realización de demostraciones con modelos 3D.

De no haber utilizado Amira, el procedimiento hubiera sido más laborioso en cuanto a la corrección de geometrías resaltando detalles importantes de los huesos que se perderían a la hora de realizar el surface rendering de forma automática, también se tendría que buscar algún otro software para realizar la integración de animaciones y eventos, además de que sea fácil de manipularlo a la hora de utilizarlo para la docencia.