

Desarrollo de una Nueva Herramienta de Visualización y Análisis 3D para Imagenología Médica Utilizando Estrategias de Código Abierto – 3DMed Vision

José Ángel Mata-Aguirre¹, Regina Roa-Naveda¹, Itzel Jiménez-Urbe¹, Alberto Isaac Pérez Sanpablo^{1,2,3}

¹Universidad La Salle, Facultad de ingeniería. Ciudad de México, México.

²Instituto Nacional de Rehabilitación, Laboratorio de análisis de movimiento y rehabilitación. Ciudad de México, México.

³Colegio Nacional de Ingeniería Biomédica, Comisión de innovación tecnológica, Ciudad de México, México.

jose.mata@lasallistas.org.mx, regina-roa@lasallistas.org.mx,
i.jimenez@lasallistas.org.mx, albperez@inr.gob.mx

Resumen. Este proyecto presenta una aplicación innovadora para analizar estructuras 3D a partir de archivos DICOM de estudios de imagenología. La aplicación incluye funcionalidades avanzadas para explorar y examinar modelos tridimensionales en detalle. Las herramientas de visualización implementadas, como "Raycaster", "Peel Isosurfaces", "Slice a Volume" y "Average Intensity", permiten una visualización precisa y eficiente de las estructuras internas.

Además, la aplicación incorpora un visualizador de estructuras 3D generadas por un escaneo de Kinect, ampliando sus capacidades de análisis. Esta herramienta es poderosa para el estudio y análisis de estructuras tridimensionales obtenidas de estudios de imagenología, facilitando una comprensión detallada de la anatomía y una exploración exhaustiva de estos modelos 3D.

Palabras Clave: Visualización 3D, Archivos DICOM, Procesamiento de imágenes médicas.

1 Descripción de la problemática prioritaria abordada

El software de imágenes médicas es esencial para la práctica clínica moderna, ofreciendo herramientas especializadas para procesar, analizar y visualizar imágenes obtenidas mediante rayos X, resonancias magnéticas (MRI) y tomografías computarizadas (CT). Estos programas utilizan algoritmos avanzados para mejorar la interpretación de imágenes, facilitando el diagnóstico médico [1]. Un avance notable en este campo es la visualización médica en 3D, que aprovecha la capacidad computacional para ofrecer una comprensión más profunda de datos complejos, permitiendo visualizaciones detalladas de estructuras anatómicas internas sin procedimientos invasivos [2]. Más del 40% de los hospitales en EE. UU. ya implementan esta tecnología, que juega un papel crucial en la medicina de precisión, mejorando la toma de decisiones clínicas y los resultados de los pacientes [3].

Los visualizadores 3D son herramientas que permiten la reconstrucción tridimensional de estructuras a partir de imágenes de tomografía y resonancia magnética. Estos sistemas facilitan la planificación quirúrgica y el diagnóstico al permitir la manipulación virtual de imágenes en realidad aumentada, ofreciendo también funciones de medición y segmentación precisas. Las

aplicaciones incluyen la personalización de prótesis, la planificación preoperatoria de cirugías complejas como hepatectomías y una mejor comunicación con los pacientes. Estas herramientas buscan reducir los errores médicos proporcionando una representación más exacta de la anatomía del paciente. La visualización médica en 3D ha revolucionado la práctica clínica, pero su uso en la educación médica aún tiene un gran potencial por desarrollar. Los estudiantes de medicina y otras especialidades necesitan herramientas que les permitan comprender la anatomía y la fisiología de una manera más visual e interactiva. 3DMed Vision se propone ser una solución a esta necesidad, ofreciendo una plataforma intuitiva y fácil de usar para el aprendizaje de la imagenología médica en 3D. Además, dispositivos como el Kinect de Microsoft, que utiliza sensores de movimiento y luz infrarroja para escanear el cuerpo humano, están expandiendo las posibilidades de las aplicaciones médicas al facilitar manipulaciones de imágenes médicas en entornos estériles, como quirófanos, reduciendo el riesgo de infecciones [4]. El desarrollo continuo de estas tecnologías no solo mejora el diagnóstico y tratamiento de enfermedades, contribuyendo a reducir la mortalidad prematura, sino que también promueve el avance tecnológico en el sector salud, alineándose con objetivos de desarrollo sostenible relacionados con la salud y bienestar, así como con la industria, la innovación y la infraestructura (ODS 3: Salud y bienestar, meta 3.4, ODS 9: Industria, innovación e infraestructura, meta 9.5). Existen aplicaciones para la visualización de imágenes 3D, por ejemplo, 3D Slicer que es una plataforma de código abierto para informática de imágenes médicas, procesamientos y visualización tridimensional, se utiliza para realizar reconstrucciones 3D, segmentación y comparaciones de medidas; otra herramienta es ITK-SNAP que es un software utilizado para segmentar estructuras en imágenes médicas 3D, proporcionando herramientas manuales y semiautomáticas. Otra plataforma de código abierto es FSL (ImageJ) que es utilizado para el análisis de imágenes biológicas, que amplía el popular software ImageJ. Finalmente, el OsiriX Lite que es una versión gratuita del software de imágenes OsiriX, utilizada principalmente para la visualización y análisis de imágenes DICOM. [6,7]. Los softwares antes mencionados tienen ventajas, pero también desventajas. Entre las ventajas, la mayoría de estos son multiplataforma y gratuitos, además de estar familiarizados con el formato DICOM. Al estar enfocados en tareas específicas resultan ser herramientas efectivas para la visualización, segmentación o procesamiento de imágenes médicas, dependiendo de cada aplicación. Sin embargo, tienen desventajas como la complejidad de uso para nuevos usuarios en aplicaciones como 3D slicer, ya que su interfaz puede ser complicada, poco intuitiva o visualmente poco atractiva, como la de ITK-SNAP. Además, estas aplicaciones necesitan un hardware potente y suficiente memoria para tener un funcionamiento óptimo. En el caso de OsiriX Lite, el acceso a ciertas herramientas y funciones está limitado por el modelo de pago, (Ver Tabla 1). [7,8]. El acceso a herramientas de visualización 3D de alta calidad es esencial para la práctica médica moderna, pero el costo y la complejidad de los softwares existentes limitan su disponibilidad en ciertos entornos. 3DMed Vision surge como una alternativa portátil y de bajo costo que busca democratizar el acceso a las herramientas de visualización 3D en el campo de la imagenología médica.

2 Objetivo

Diseñar y desarrollar un software que permita la visualización tridimensional y manipulación de archivos DICOM, y desarrollar un sistema de escaneo 3D a través de sensores de profundidad (Kinect), que permite obtener modelos tridimensionales de objetos físicos. Específicamente se pretende desarrollar un software intuitivo y fácil de usar para profesionales de la salud para

comprender y promover la importancia de la imagenología médica en 3D. Así como incrementar la capacidad tecnológica en el sector salud mediante el desarrollo de herramientas innovadoras de imagenología médica.

3 Propuesta teórico-metodológica y de solución.

La propuesta desarrolla una herramienta de visualización y análisis de imágenes médicas 3D, mejorando la enseñanza sobre precisión diagnóstica y la planificación de tratamientos con imágenes. Utiliza tecnologías avanzadas y una metodología para crear un software robusto, beneficiando la medicina y la educación médica [5]:

Inicialmente, se identificaron los requisitos funcionales y no funcionales, enfocándose en el procesamiento de imágenes DICOM, visualización 3D, herramientas de segmentación y cuantificación, e integración con dispositivos de escaneo 3D como Kinect. Se priorizó una interfaz intuitiva y un alto rendimiento en el procesamiento de imágenes.

Para la implementación, se seleccionó Python como el único lenguaje de programación, aprovechando sus extensas bibliotecas de procesamiento de imágenes. Se utilizaron herramientas como Vedo para análisis 3D, PyQt5 para la interfaz gráfica, y Numpy para el manejo de datos numéricos. El diseño de la arquitectura se centró en un sistema modular compatible con el estándar DICOM, incluyendo módulos para procesamiento de imágenes, visualización e integración con Kinect (Ver Figura 1). La figura ilustra el flujo de información desde el sensor Kinect hasta la visualización en 3D Med Vision. El Kinect captura datos de profundidad y RGB, que luego se procesan para crear un modelo 3D del objeto escaneado. Los datos de Kinect se integran con los archivos DICOM, permitiendo la visualización y el análisis de modelos 3D junto a datos de imagenología médica.

Las imágenes de prueba utilizadas para demostrar las funcionalidades de 3D Med Vision fueron obtenidas de bases de datos de imagenología médica de libre acceso, como The Cancer Imaging Archive (TCIA), NIH y EmBody 3D. Esto asegura la disponibilidad de datos de alta calidad para la validación del software y la representación de casos reales en la imagenología médica. [9]

La visualización efectiva de datos tridimensionales es crucial para la interpretación de imágenes médicas. 3D Med Vision implementa técnicas de renderizado de última generación, aprovechando la potencia de bibliotecas como Vedo, para generar representaciones visuales realistas y facilitar el análisis. Las principales técnicas empleadas son:

Raycasting: El raycasting es un método que crea imágenes 2D a partir de datos 3D, como los obtenidos de un estudio de tomografía computarizada o resonancia magnética. Se simula un rayo de luz que atraviesa la imagen volumétrica desde una cámara virtual. En cada punto donde el rayo intersecta un voxel (elemento tridimensional de la imagen), se calcula su intensidad y se acumula para formar el pixel final en la imagen 2D. [10]

Peel Isosurfaces: Esta técnica se enfoca en visualizar las superficies de objetos o estructuras dentro de la imagen volumétrica. Se define un valor de umbral que determina qué voxels se consideran parte de la superficie. Los voxels con valores de intensidad similares al umbral se conectan para formar una superficie continua. [11]

Slice a Volume: Esta técnica permite a los usuarios "cortar" la imagen 3D en diferentes planos (axial, coronal, sagital), obteniendo una serie de imágenes 2D. Cada corte representa un "slice" o seccionamiento de la imagen volumétrica. [12]

Average Intensity: Esta función calcula la intensidad promedio de los voxels dentro de una región de interés (ROI). [13]. Se prestó especial atención a la mejora de la calidad de imagen y al desarrollo de herramientas de visualización interactiva en 2D y 3D. La fase de pruebas y validación incluyó pruebas unitarias, de integración y de sistema, utilizando datos de estudios médicos reales para asegurar la precisión y eficiencia del software. [14] Finalmente, se elaboró un manual de usuario detallado y se desarrolló material de soporte técnico para facilitar la implementación y uso del software.

4 Discusión de resultados

El desarrollo del software logró los objetivos propuestos de facilitar la visualización y manipulación de imágenes médicas en 3D, mejorando la interpretación de estas imágenes por parte de los profesionales de la salud. El software 3DMed Vision permite una visualización y análisis detallados de estructuras anatómicas tridimensionales a partir de archivos DICOM. (Ver Figura 2). Las funcionalidades avanzadas como Raycaster (Ventana A), Peel Isosurfaces (Ventana B), Slice a Volume (Ventana C) y Average Intensity (Ventana D) demostraron ser herramientas eficaces para el análisis médico.

Las aplicaciones en el ámbito médico de las funciones ya mencionadas son las siguientes:

- En un estudio de CT de cráneo, raycasting permite generar una imagen 2D de un corte sagital del cráneo, mostrando las estructuras óseas y el tejido cerebral con un alto grado de realismo.
- En un estudio de MRI de hígado, peel isosurfaces permite visualizar la superficie del hígado y distinguir áreas de tumor o lesiones, mejorando el diagnóstico médico.
- En un estudio de CT de tórax, "slice a volume" permite visualizar secciones transversales del tórax para analizar los pulmones, el corazón y otras estructuras.
- En un estudio de PET-CT, "Average Intensity" es útil para analizar la densidad de los tejidos o la actividad de una región específica.

Ventajas de 3DMed Vision frente a otros softwares de visualización 3D:

- Facilidad de uso: 3DMed Vision se caracteriza por su interfaz intuitiva y personalizable, lo que la hace fácil de usar para usuarios con diferentes niveles de experiencia. (Ver Figura 2)
- Visualización multi-modal: Permite visualizar datos de diferentes fuentes, como archivos DICOM de estudios de imagenología y escaneos de Kinect, en un mismo entorno.
- Integración con Kinect: La integración con Kinect permite obtener modelos 3D de objetos físicos, ampliando las posibilidades de análisis y aplicación.
- Flexibilidad: El software puede adaptarse a las necesidades específicas de los usuarios gracias a su código abierto y la posibilidad de personalizar sus funciones.

3DMed Vision se distingue de otros softwares de imágenes médicas por su versatilidad al integrar múltiples fuentes de datos y técnicas avanzadas de visualización 3D, aunque requiere alta capacidad computacional, similar a otras soluciones. Este software mejora la representación y análisis de datos médicos, incorporando innovaciones como la integración de datos del Kinect. Su interfaz intuitiva y personalizable facilita su uso entre diversos usuarios y permite procesar datos de diferentes fuentes, ampliando su aplicabilidad en la medicina.

3DMed Vision gestiona los datos de los archivos DICOM y los escaneos de Kinect en un formato interno optimizado para el procesamiento y la visualización 3D con ayuda de la librería Vedo, de igual forma cuenta con una función de captura de pantalla para almacenar imágenes que son de interés para el usuario. El software admite la importación y exportación de archivos volumétricos y no volumétricos DICOM, así mismo como en formatos comunes como STL (Standard Triangle Language), OBJ (Wavefront OBJ), PLY (Polygon File Format), VRML (Virtual Reality Modeling Language) y 3MF (3D Manufacturing Format) lo que permite una integración fluida con otras herramientas de modelado 3D y análisis. Sin embargo, enfrenta limitaciones como la demanda de recursos computacionales elevados, que podrían restringir su uso en equipos menos potentes. Además, la optimización de la interfaz gráfica y factores externos como la calidad de imágenes DICOM y las condiciones de escaneo con Kinect pueden afectar la precisión y fiabilidad de los resultados. A pesar de estas limitaciones, el estudio subraya la importancia de la visualización 3D en la medicina y proporciona una herramienta práctica para mejorar la enseñanza sobre diagnóstico y tratamiento médico, integrando teoría con práctica.

3DMed Vision requiere una computadora con los siguientes requisitos mínimos:

- Procesador: Intel Core i5 o equivalente.
- Memoria RAM: 8 GB o más.
- Almacenamiento: 10 GB de espacio libre en disco.
- Sistema operativo: Windows 10, macOS 10.15 o Linux (Ubuntu 20.04 o posterior).
- Tarjeta gráfica: Tarjeta gráfica compatible con OpenGL 3.3 o superior.

5 Conclusiones y perspectivas futuras

El proyecto 3DMed Vision ha demostrado ser una herramienta poderosa para la visualización y análisis de imágenes médicas en 3D. Tiene potencial para contribuir a mejorar la atención médica y la educación en salud, alineándose con varios Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), especialmente en educación de calidad y salud y bienestar. Futuras mejoras e investigaciones pueden expandir aún más su aplicabilidad y eficiencia. Su característica de ser portátil y de bajo costo la convierte en una alternativa atractiva para el manejo y el estudio de imágenes médicas en diferentes entornos, tanto académicos como clínicos. El modelo podría mejorarse integrando técnicas de inteligencia artificial para la automatización y mejora del análisis de imágenes.

6 Referencias

1. Mitrofskiy, K. (2024, febrero 28). Medical imaging software development: A detailed guide. Intellisoft. <https://intellisoft.io/medical-imaging-software-development-a-detailed-guide/>
2. Zhou, L., Fan, M., Hansen, C., Johnson, C. R., & Weiskopf, D. (2022). A review of three-dimensional medical image visualization. *Health Data Science*, 2022. <https://doi.org/10.34133/2022/9840519>
3. Straits Research. (s/f). 3D medical imaging market size, trends and growth analysis report | 2031 [Data set].
4. Xbox Kinect introduced to the healthcare sector. (2020, mayo 17). Bizclik Media Ltd. <https://healthcare-digital.com/technology-and-ai/xbox-kinect-introduced-healthcare-sector>
5. César-Juárez, Á. A., Olivos-Meza, A., Landa-Solís, C., Cárdenas-Soria, V. H., Silva-Bermúdez, P. S., Suárez Ahedo, C., Olivos Díaz, B., & Ibarra-Ponce de León, J. C. (2018). Uso y aplicación de la tecnología de impresión y bioimpresión 3D en medicina. *Revista de la Facultad de Medicina, Universidad Nacional Autónoma de México*, 61(6), 43–51. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0026-17422018000600043

6. Adquisición de imágenes 3D mediante Imágenes Médicas - Skeleton-ID. (2023, junio 2). Skeleton-ID. <https://skeleton-id.com/guias/extracting-3d-models-from-medical-images/?lang=es>
7. Los 25 mejores visores de Dicom gratuitos para médicos, estudiantes de medicina y profesionales de la salud. (s/f). postDICOM. Recuperado, de <https://www.postdicom.com/es/blog/top-25-free-dicom-viewers>
8. Autodesk. Software de visualización 3D. Autodesk.es. Recuperado de <https://www.autodesk.es/solutions/3d-visualization-software>
9. The Cancer Imaging Archive (TCIA). (2019). The Cancer Imaging Archive (TCIA). Recuperado de <https://www.cancerimagingarchive.net/>
10. Pfister, H. (2005). Raycasting. Sciencedirect.com. Recuperado de <https://www.sciencedirect.com/topics/engineering/ray-casting>
11. Cavalier, A. (2001). Isosurface. Sciencedirect.com. Recuperado de <https://www.sciencedirect.com/topics/engineering/isosurface>
12. Radiopaedia.org. (2024). Multiplanar reconstruction (MPR). Recuperado de <https://radiopaedia.org/articles/multiplanar-reconstruction-mpr>
13. Rasband, W. Image Intensity Processing. ImageJ Wiki. Recuperado de <https://imagej.net/imaging/image-intensity-processing>
14. Kinect - 3D sight with Kinect. (s/f). Microsoft.com. Recuperado de <https://learn.microsoft.com/en-us/archive/msdn-magazine/2012/november/kinect-3d-sight-with-kinect>
15. Intelligenza. (2021, julio 21). ¿Qué es el formato DICOM? Las claves del estándar en imágenes médicas. Clinic-cloud.com. <https://clinic-cloud.com/blog/formato-dicom-que-es-estandar-imagenes-medicas>
16. NUBIX .(2022, junio 3). Gestión de imágenes DICOM: Consejos y trucos para el radiólogo. NUBIX. <https://nubix.cloud/general/gestion-de-imagenes-dicom-consejos-y-trucos-para-el-radiologo>
17. SIEMENS. DICOM. Recuperado de <https://www.siemens-healthineers.com/mx/services/it-standards/dicom>
18. Visualización Parcial de Estructura. Graphisoft.com. Recuperado de https://help.graphisoft.com/AC/26/SPA/_AC26_Help/O50_VIEWSVB/O50_VIEWSVB-112.htm
19. Autodesk. Help. Autodesk.com. Recuperado de <https://help.autodesk.com/view/ARCHDESK/2025/ESP/?guid=GUID-5E096A55-F309-4281-B91E-8947A2691CBB>
20. del Rosario, A. S. A. (s/f). Herramienta para el tratamiento de imágenes médicas en VR mediante tecnología web. Ulpgc.es. Recuperado de https://accedacris.ulpgc.es/bitstream/10553/55550/10/0757070_00000_0000.pdf
21. Liu, B., Clapworthy, G. J., & Dong, F. (2010). Multi-layer depth peeling by single-pass rasterisation for faster isosurface raytracing on GPUs. Computer Graphics Forum: Journal of the European Association for Computer Graphics, 29(3), 1231-1240. <https://doi.org/10.1111/j.1467-8659.2009.01674.x>
22. Laviola, E. (2023, marzo 15). What is DICOM, and why is it important for patient care? Publisher. <https://healthtechmagazine.net/article/2023/03/what-is-why-is-it-important-for-patient-care-perfcon>
23. Heinz, A. Basulto, M. Suárez, R. (2020). Impresión 3D y sus beneficios en el campo de la educación médica, entrenamiento y asesoría del paciente. Revistas.um.es. Recuperado de <https://revistas.um.es/educ-med/article/view/421221>

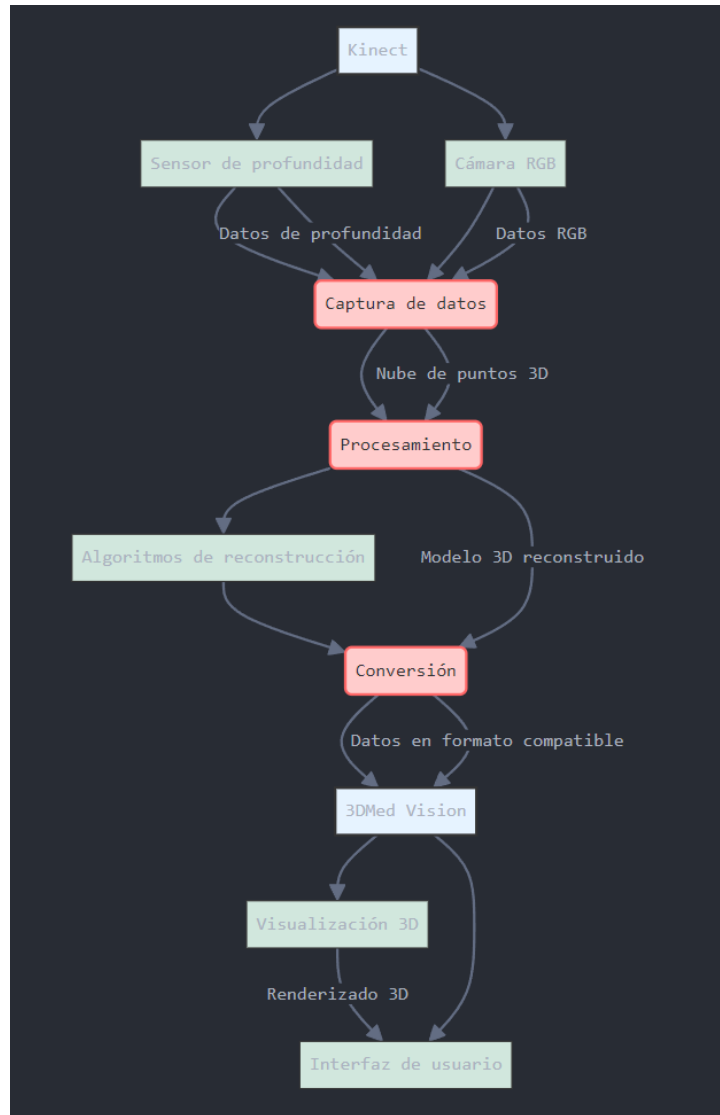


Figura 1. Diagrama de flujo de la adquisición y conectividad de Kinect a 3DMed Vision

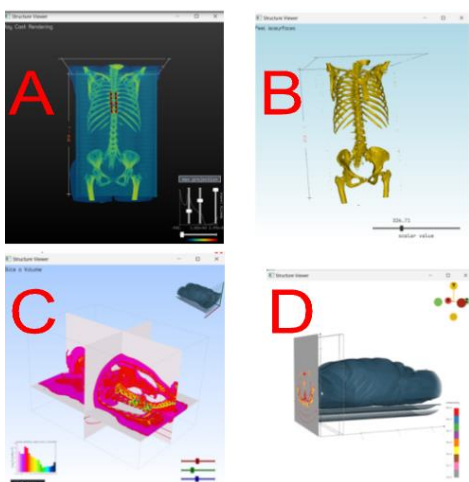


Figura 2. Visualizaciones de 4 estudios obtenidos con 3DMed Vision

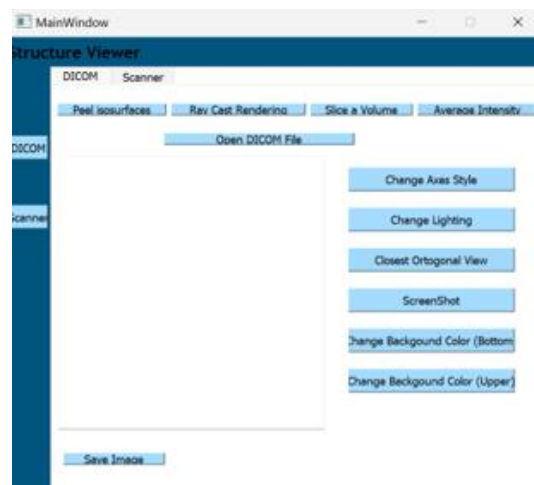


Figura 3. Interfaz de 3DMed Vision

Tabla 1. Comparativa de distintas alternativas para la visualización 3D.

CARACTERÍSTICA	3DSlicer	ITK-SNAP	FIJI (ImageJ)	Osirix Lite	3D MED VISION
Plataforma	Multiplataforma	Multiplataforma	Multiplataforma	Solo macOS	Multiplataforma
Código abierto	Si	Si	Si	No (versión comercial disponible)	Si
Enfoque principal	Visualización y análisis 3D	Segmentación	Procesamientos y análisis general	Visualización DICOM	Procesamiento, análisis y visualización 3D.
Visualización 3D	Excelente	Buena	Limitada	Buena	Buena
Extensibilidad	Alta (plugins)	Moderada	Alta (plugins)	Limitada	Moderada
Formato DICOM	Si	Si	Con plugins	Si	Si
Curva de aprendizaje	Empinada	Moderada	Moderada	Moderada	Empinada
Uso clínico	Posible	Limitado	Limitado	Común	Posible
Tipos de estudio	CT, MRI, ultrasonido	CT, MRI	Fluoroscopia, microscopía, microtomografía, MRN, CT, PET-CT	CT, MRI	CT, MRI, Kinect
Integración Kinect	No	No	No	No	Si