

Análisis comparativo de técnicas automáticas de extracción de cráneo en imágenes de tomografía computarizada no contrastada



Mauricio Silos Tarin; Dra. Nelly Gordillo Castillo; M.I.B. Alberto Davis Ortiz
Instituto de Ingeniería y Tecnología, Universidad Autónoma de Ciudad Juárez



Resumen

Mediante una revisión de la literatura en técnicas de procesamiento para extracción de cráneo automáticas, se eligieron 2 técnicas y se propuso una tercera técnica para ser programadas e implementadas en casos clínicos no patológicos de tomografía computarizada no contrastada. Se realizaron pruebas de tiempo de procesamiento en 50 casos clínicos y pruebas de exactitud y especificidad de acuerdo a segmentaciones manuales realizadas por un experto neuroradiólogo con el fin de destacar la técnica superior. Los resultados mostraron una variación a favor del 24,638.7% en tiempo por el algoritmo propuesto en este proyecto de titulación, el cual también logro desempeñar con una mayor exactitud y corrigiendo errores de las otras dos técnicas elegidas.

Introducción

La tomografía computarizada (TC) es una prueba de diagnóstico utilizada para crear imágenes detalladas de órganos internos, huesos, tejidos blandos y vasos sanguíneos. Las imágenes en sección transversal generadas durante una tomografía computarizada pueden ser reformateadas en múltiples planos e incluso pueden generar imágenes tridimensionales que pueden verse en un monitor de computadora, impresas en película o transferidas a medios electrónicos [1]. La tomografía computarizada es a menudo el mejor método para detectar muchos tipos diferentes de cáncer ya que las imágenes permiten a su médico para confirmar la presencia de un tumor y determinar su tamaño y ubicación.

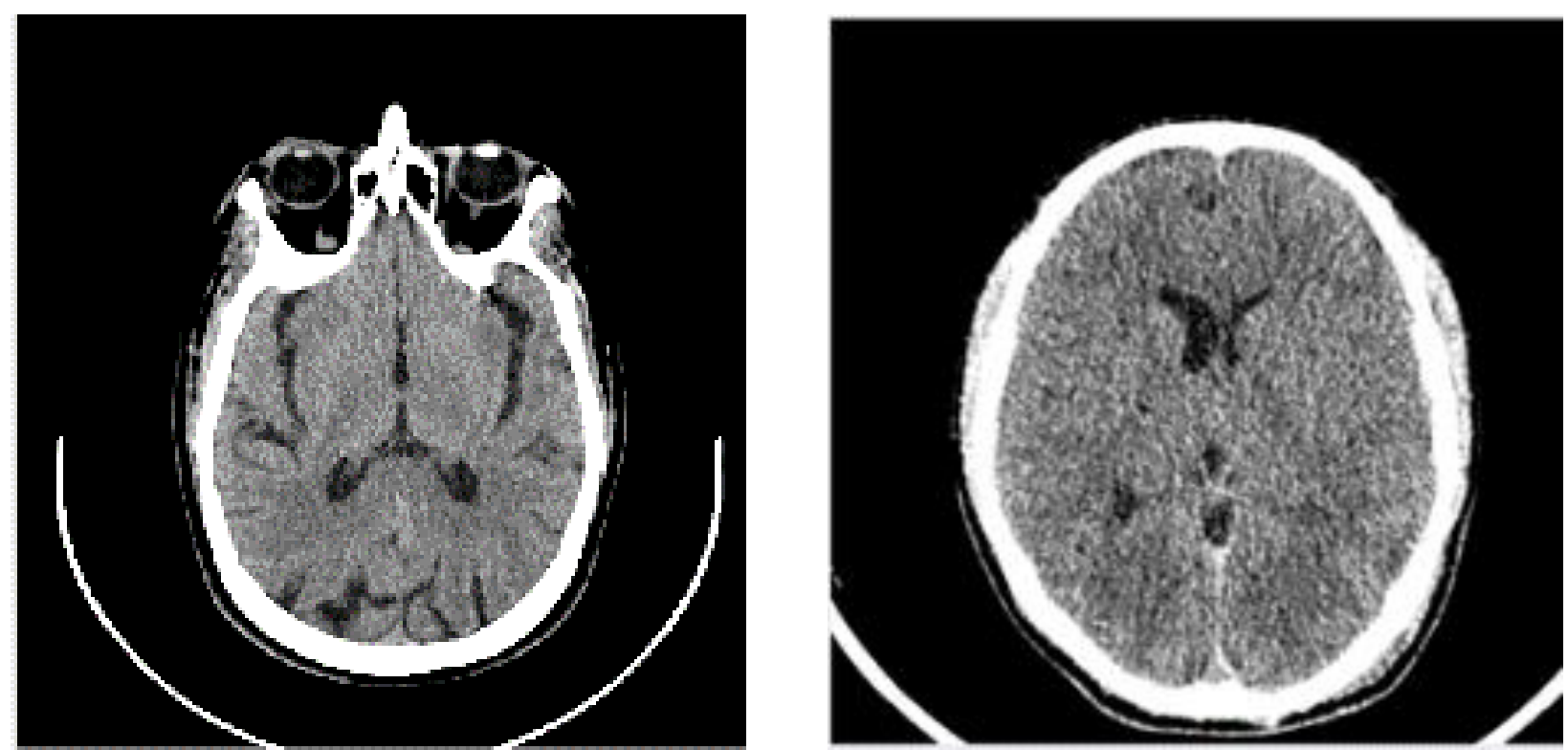


Figura 1. Imágenes cerebrales por tomografía computarizada no contrastada.

La extracción de cráneo puede ser considerado como uno de los más importantes pasos de pre-procesamiento en el análisis de imágenes cerebrales [2]. En la literatura se han propuesto una serie de técnicas para automatizar la segmentación de las estructuras cerebrales y la eliminación de tejidos extraparenquimales con diversas fortalezas y debilidades [3]. Sin embargo, tras una revisión exhaustiva se ha encontrado que la mayoría de las técnicas han sido aplicadas en imágenes de resonancia magnética. Debido a las necesidades actuales de este proyecto, es preciso primero evaluar y adaptar las técnicas existentes para su uso en imágenes de tomografía computarizada no contrastada y posteriormente realizar un análisis comparativo para determinar la efectividad de las técnicas más prometedoras y así, proponer una técnica óptima de extracción de cráneo en imágenes NCCT.

Objetivo general

Adaptar y comparar técnicas automáticas de extracción de cráneo en imágenes de tomografía computarizada no contrastada.

Objetivos específicos

- Seleccionar técnicas automáticas de extracción de cráneo que hayan sido utilizadas en tomografía y MRI de acuerdo a su complejidad y tiempo de procesamiento.
- Implementar y adaptar las técnicas seleccionadas para su uso en imágenes cerebrales de NCCT.
- Realizar un análisis comparativo de los resultados a fin de proponer una técnica óptima para emplear en tomografía computarizada no contrastada.

Metodología

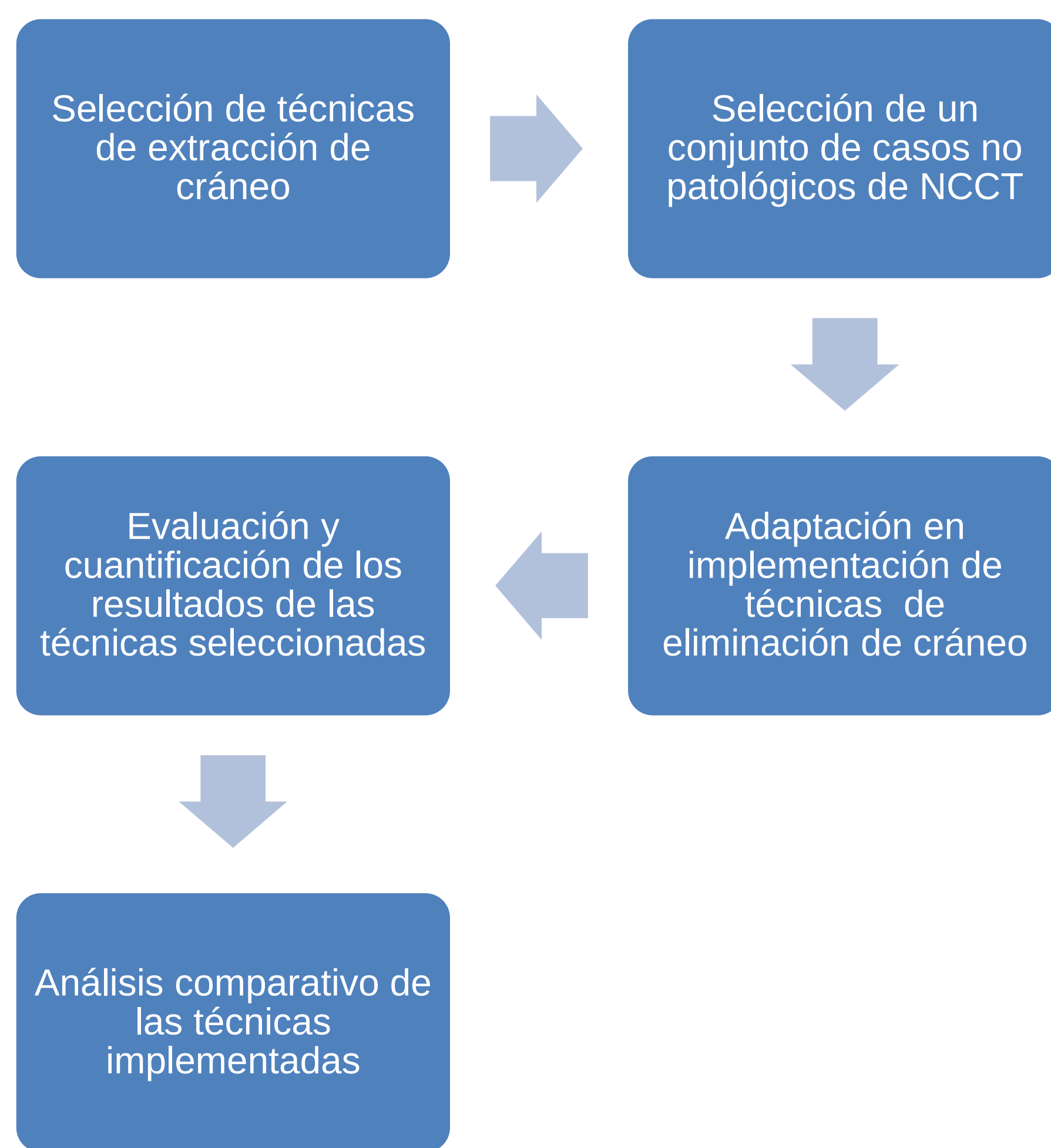


Figura 2. Diagrama general de la metodología empleada.

Los algoritmos implementados fueron los siguientes:

- Algoritmo 1: Extracción de cráneo por umbralización y etiquetado de áreas (SSDavis)[4].
- Algoritmo 2: Extracción de cráneo por etiquetado de regiones con mayor área (SSGarcía)[5].
- Algoritmo 3: Extracción de cráneo por obtención de corte con mayor superficie encefálica (SSSilos).

Para la cuantificación de exactitud se uso el coeficiente Sorensen-Dice (DSC) representado por la ecuación 1 y para la evaluación de especificidad utilizando la ecuación 2 donde VP equivale a los positivos verdaderos, FP a los falsos positivos, FN a los falsos negativos y VN a los verdaderos negativos.

$$DSC = \frac{2VP}{2VP + FP + FN} \quad (1)$$

$$SPC = \frac{VN}{(VN + FP)} \quad (2)$$

Resultados

Se obtuvieron las siguientes imágenes mostrando el resultado de la extracción de cráneo con la implementación de los algoritmos probados. Donde la imagen de la izquierda es la imagen original y la imagen de la derecha es el resultado dela extracción de cráneo.

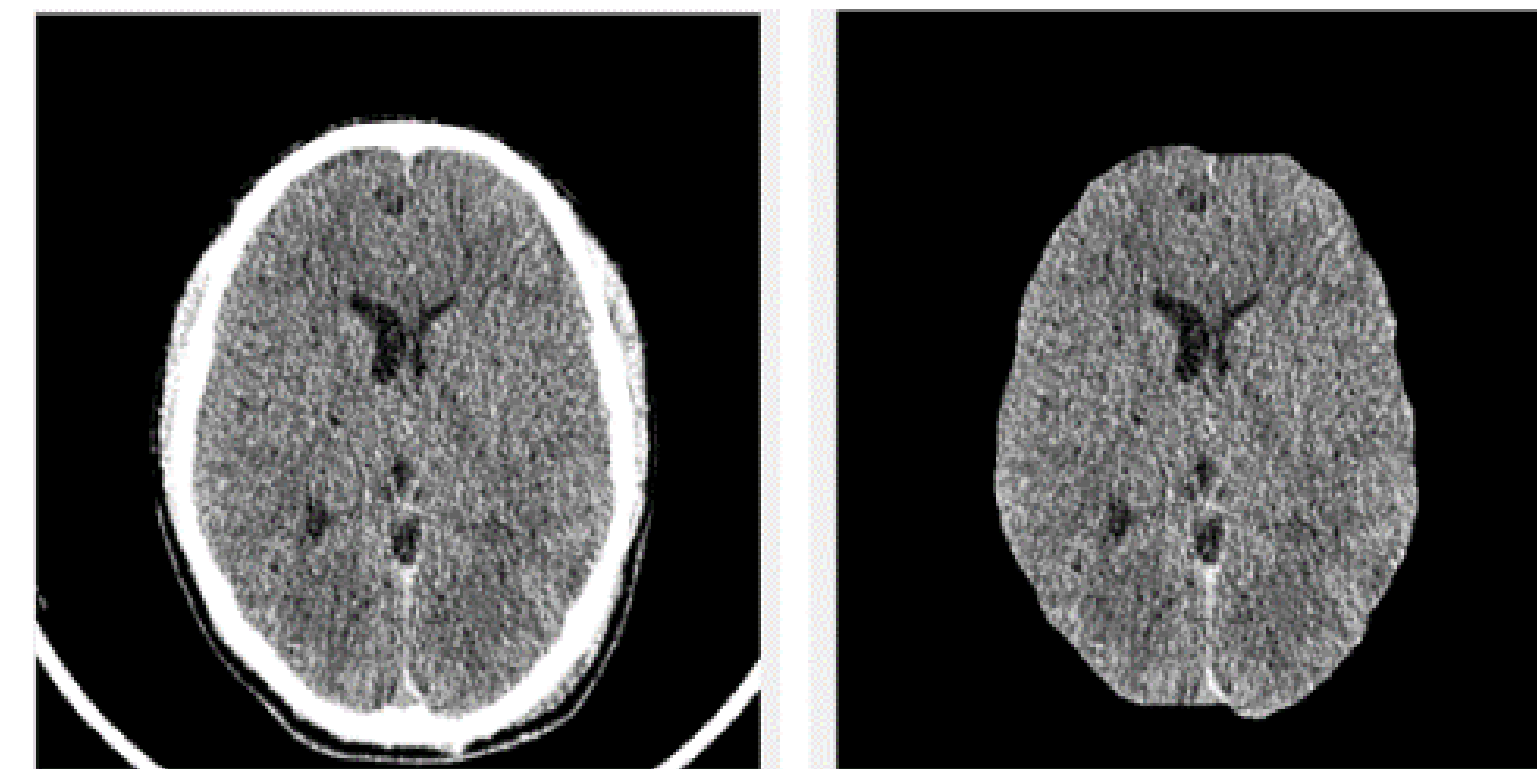


Figura 3. Resultado de extracción de cráneo en caso clínico con algoritmo SSDavis.

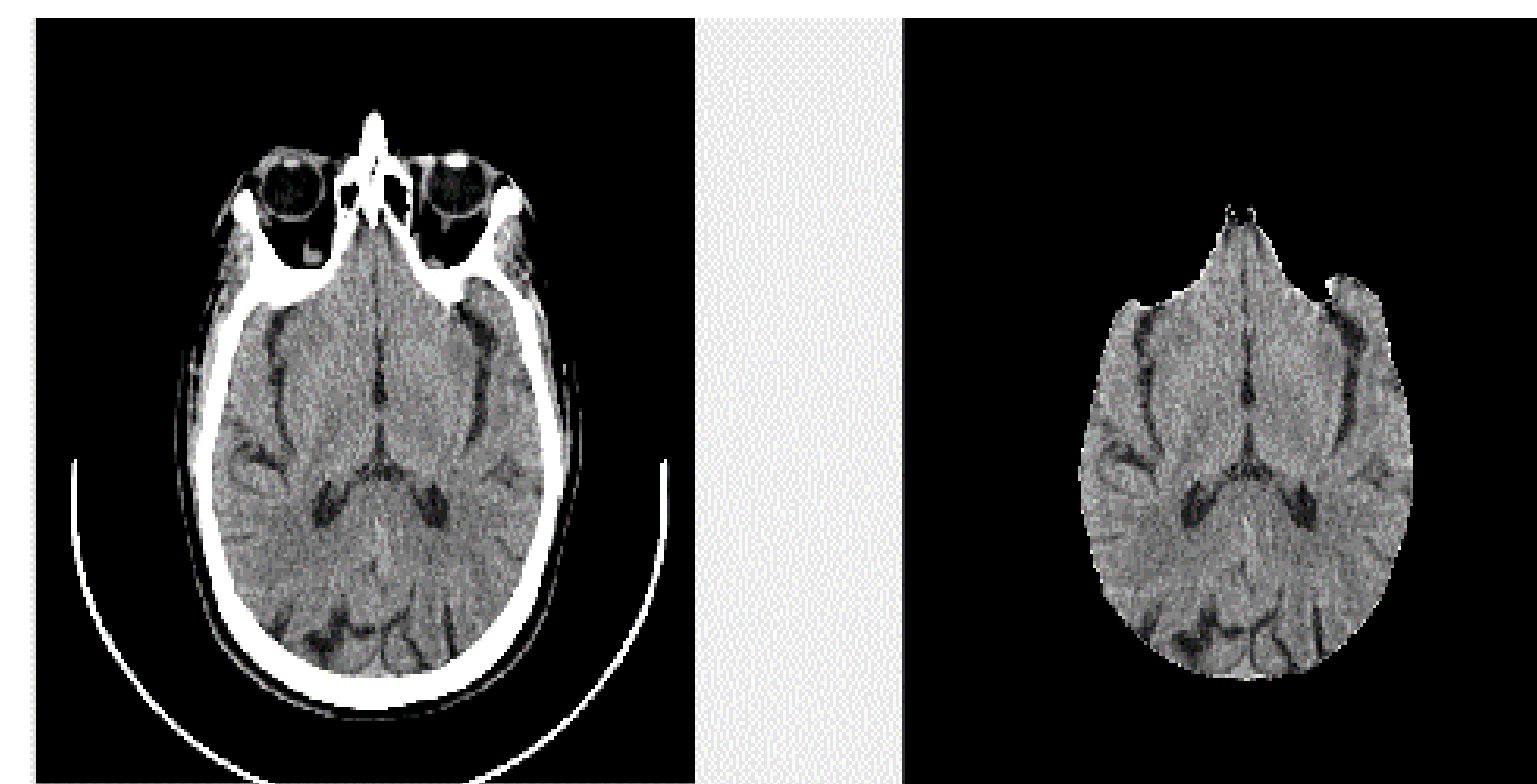


Figura 4. Resultado de extracción de cráneo en caso clínico con algoritmo SSGarcía.

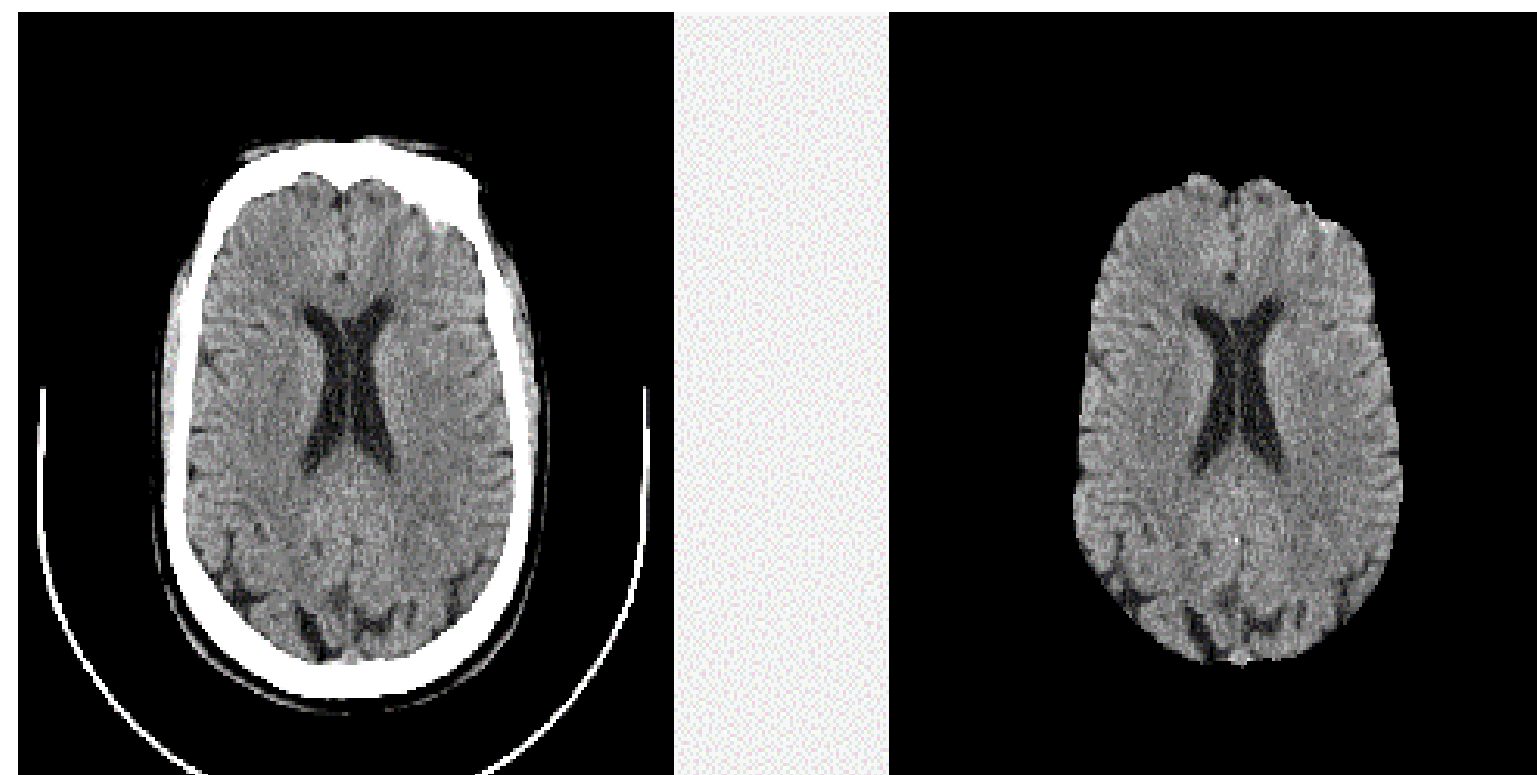


Figura 5. Resultado de extracción de cráneo en caso clínico con algoritmo SSSilos.

Número total de cortes procesados	Algoritmo	Tiempo total de procesamiento en segundos	Tiempo total de procesamiento en horas	Tiempo promedio por corte en segundos
11,428	SSDavis	45,916.083	12.754	4.0179
11,428	SSGarcía	43,020.530	11.950	3.7645
11,428	SSSilos	186.358	0.0518	0.0163

Tabla 1. Resumen de resultados del tiempo de procesamiento de los 3 algoritmos implementados.

Algoritmo	Segmentación	VP	VN	FP	FN	DSC	SPC
SSDavis	1	93,647	167,788	87	622	0.99620	0.99950
	2	57,964	203,323	22	835	0.99270	0.99990
	3	57,355	204,077	15	697	0.99380	0.99990
	4	34,598	223,767	258	3,521	0.94820	0.99880
SSGarcía	1	94,245	166,959	916	24	0.99500	0.99450
	2	58,785	202,706	639	14	0.99450	0.99690
	3	58,029	203,573	519	23	0.99540	0.99750
	4	2,369	223,795	230	35,750	0.11640	0.99900
SSSilos	1	93,800	167,752	123	469	0.99690	0.99930
	2	58,577	203,006	339	222	0.99520	0.99830
	3	57,995	203,693	399	57	0.99610	0.99800
	4	38,026	223,061	964	93	0.98630	0.99570

Tabla 2. Resultados de exactitud y especificad con los algoritmos utilizados en 4 casos segmentados manualmente.

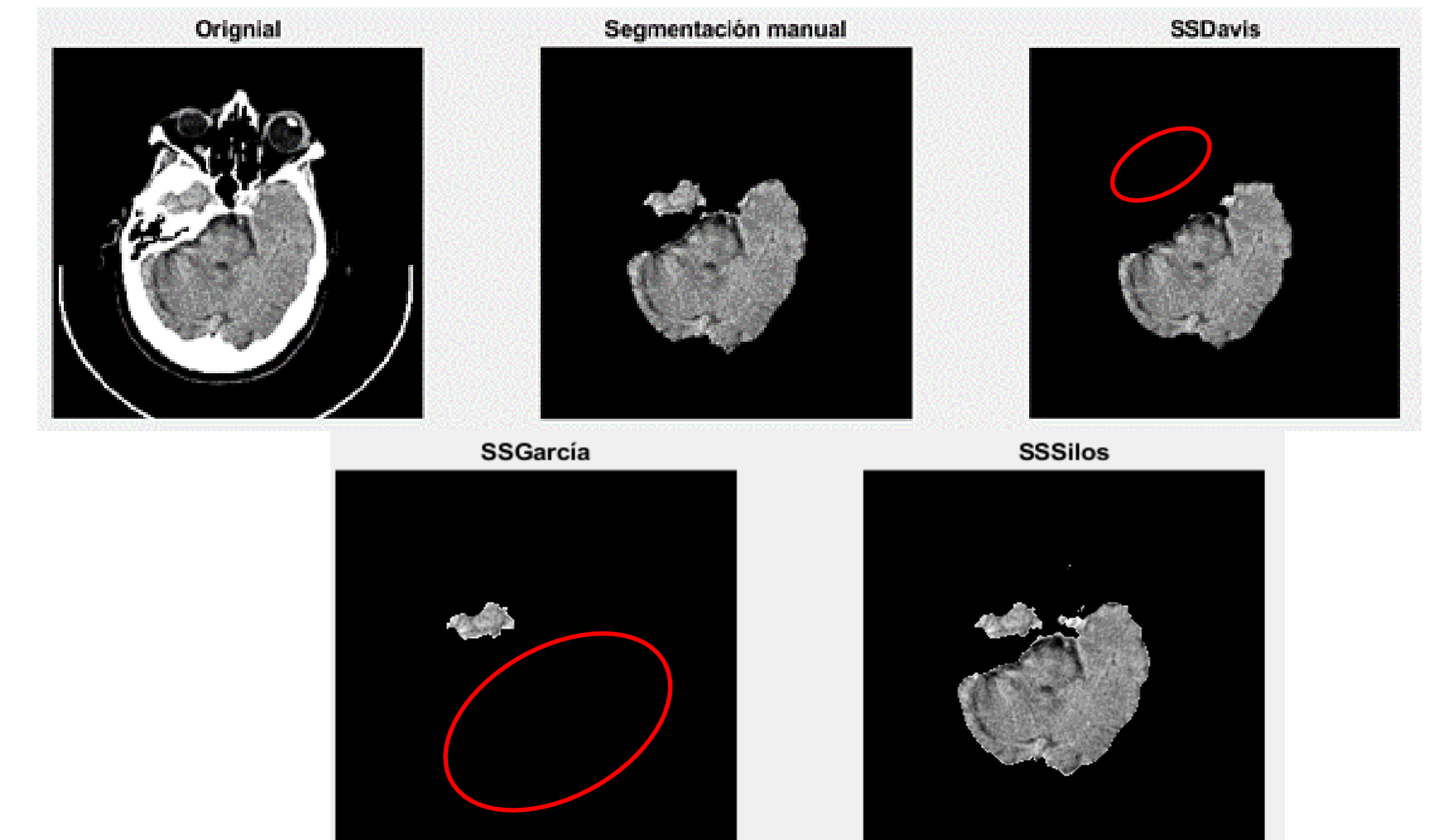


Figura 5. Resultado de extracción de cráneo destacando eliminación equivocada del encéfalo por los algoritmos SSDavis y SSGarcía a comparación con el algoritmo SSSilos y una segmentación manual.

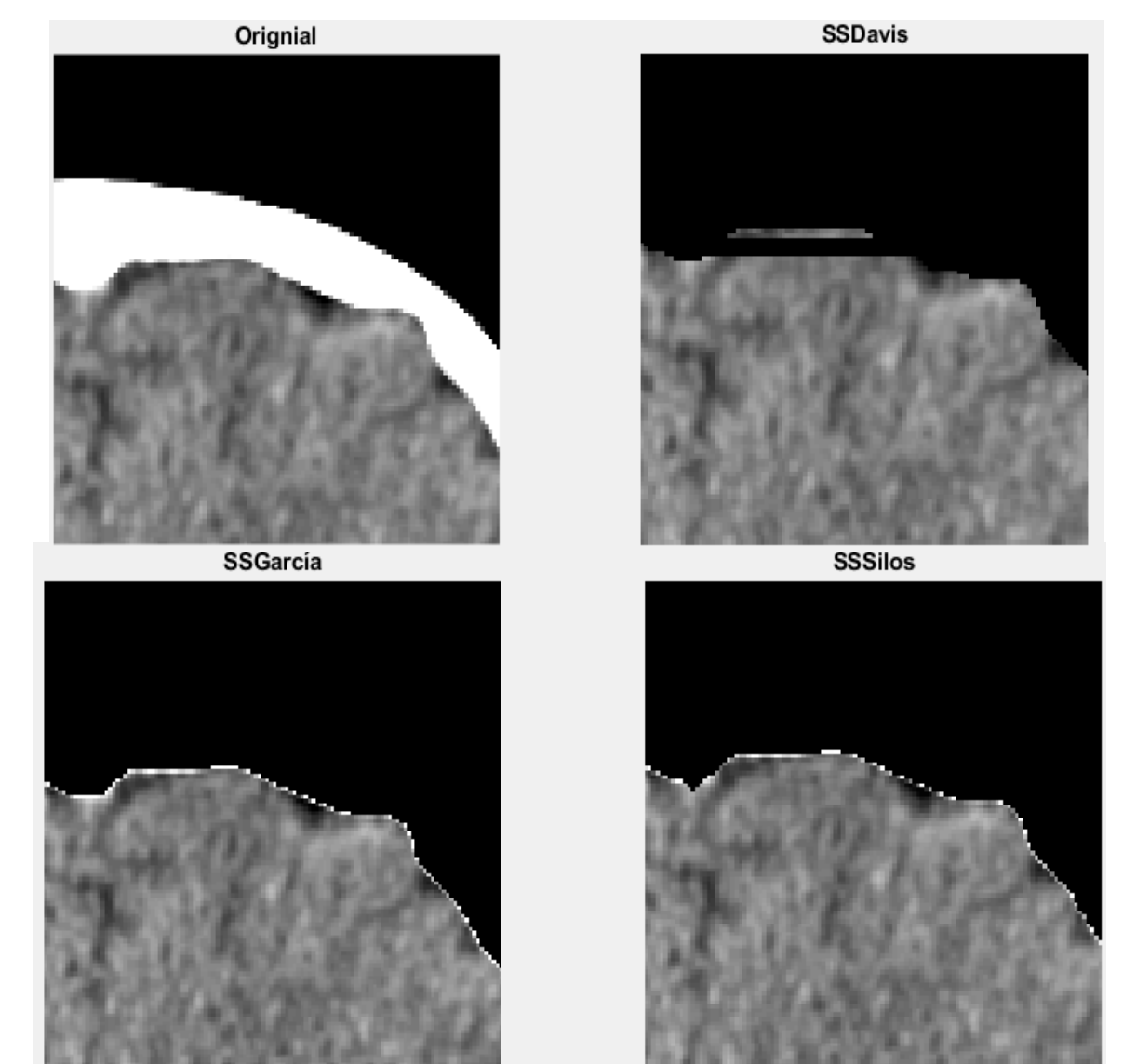


Figura 6. Señalización de extracción incorrecta por algoritmo SSDavis a comparación de los algoritmos SSGarcía y SSSilos.

Conclusiones

Con base en los resultados obtenidos en la elaboración de este proyecto de titulación y a partir de los objetivos planteados se concluye lo siguiente:

1. Los tres algoritmos implementados llevan a cabo su función de manera precisa y logran extraer el cráneo y todas las estructuras no encefálicas de una tomografía computarizada no contrastada.
2. La variación de tiempo de procesamiento entre cada una de las técnicas es masiva, los tiempos varían de segundos a horas, por lo que la técnica de extracción de cráneo por obtención del corte con mayor superficie encefálica, SSSilos probó ser la más rápida con un promedio de 0.016 segundos por corte, siendo 24638.7%. más rápido que ambos algoritmos comparados.
3. La técnica SSSilos muestra una alta eficiencia (99.6% en coeficiente Sorensen-Dice) haciéndola una técnica muy precisa y rápida en términos de procesamiento.
4. A partir de los resultados obtenidos en cuanto a tiempo de procesamiento y precisión es posible afirmar que el algoritmo SSSilos es el más adecuado de los comparados en este proyecto.

Referencias

1. F. J. McEvoy, "An application of image processing techniques in computed tomography image analysis", *Vet. Radiol. Ultrasound*, vol. 48, núm. 6, pp. 528–534, 2007.
2. J. G. Park y C. Lee, "Skull stripping based on region growing for magnetic resonance brain images", *Neuroimage*, vol. 47, núm. 4, pp. 1394–1407, 2009.
3. H. Zhuang, D. J. Valentino, y A. W. Toga, "Skull-stripping magnetic resonance brain images using a model-based level set", *Neuroimage*, vol. 32, núm. 1, pp. 79–92, 2006.
4. A. Davis, N. Gordillo, S. Andrade, y E. Sifuentes, "Fast algorithms for the automatic skull stripping and mid-sagittal plane extraction in neurologic CT images", *Memorias del Congr. Nac. Ing. Biomédica*, núm. 4, pp. 168–171, 2014.
5. F. García y N. Castillo, "Segmentación de la Arteria Cerebral Media Hiperdensa en Imágenes de Tomografía Computarizada como Signo para la Detección Temprana de Infarto Cerebral", 2016.