

Software de Apoyo al Análisis Radiológico de Tomografías Computarizadas

Trabajo Terminal No. 2016-2018 [CATT3]

Alumnos: León Díaz Raúl Alberto, *Osnaya Gómez Alexis Alan, Ríos López José Alberto, Santiago Nieves Edgar Augusto.

Directores: Franco Martínez Edgardo Adrián, Rosas Trigueros Jorge Luis

e-mail: alexis.osnaya.ipn@gmail.com

Resumen – Este Trabajo Terminal propone el desarrollo de una herramienta de software para el análisis de estructuras internas del cuerpo humano. Mediante la aplicación de técnicas de análisis de imagen y algoritmos de clasificación, a la información obtenida a partir de una imagen DICOM (Digital Imaging Communication in Medicine), la cual es resultado de una TAC (Tomografía Axial Computarizada), se hace una reproducción de la densidad de los tejidos encontrados, con el fin de facilitar al médico y radiólogo la interpretación de estos estudios y reduciendo así el margen de error causado por el hombre.

Palabras clave – Análisis de imagen, Clustering, Densidad de tejidos, Segmentación, Tomografía axial computarizada.

1. Introducción

La TC (Tomografía Computarizada) es hoy en día una parte esencial del diagnóstico radiológico. Esta modalidad de imagen médico ha ido perfeccionando a través de los años y a lo largo de distintas generaciones. Comenzó llamándose tomografía computarizada, posteriormente pasó a emplearse el término TAC (Tomografía Axial Computarizada), haciendo referencia al término axial; esto proviene de que la adquisición de la imagen se realiza por medio de cortes axiales del objeto [1].

Las TAC's son representadas mediante el formato DICOM (Digital Imaging and Communication in Medicine), el cual es el estándar para la representación de imágenes médicas digitales. DICOM provee las herramientas necesarias para la representación precisa usada en el diagnóstico y procesamiento de datos en imágenes. DICOM no es solamente una imagen o un formato de archivo es un protocolo de transferencia, almacenamiento y exhibición de datos, el cual es construido y diseñado para convertir todos los aspectos funcionales de la medicina contemporánea [2].

Uno de los métodos de análisis de imagen más utilizados es la segmentación, dentro de este, encontramos diversas técnicas que permiten un mejor análisis. En la segmentación de imágenes se analizan los datos transmitidos en la imagen y se hace una división de la información obtenida en sus partes para obtener hasta un nivel de subdivisión en el que se aíslan las regiones u objetos de interés, con el fin de separar el formato y obtener la datos más relevantes y generar información de calidad [3].

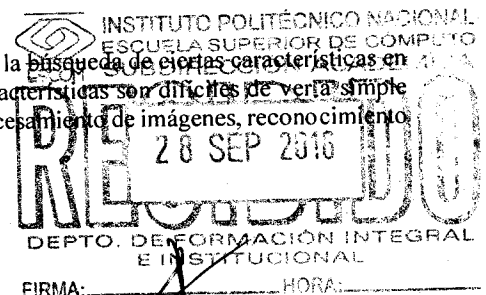
El "clustering" es un nombre genérico para una variedad de métodos matemáticos, cientos de ellos, que pueden ser usados para encontrar qué objetos en un conjunto son similares. Por ejemplo, si nosotros reunimos un conjunto de piedras de la orilla de un arroyo, dados sus atributos de tamaño, forma y color, y acomodamos piedras similares en una pila, estaríamos físicamente implementando un análisis de "cluster". Cada pila de piedras similares sería un "cluster" [4].

Los métodos matemáticos de "clustering" realizan esto matemáticamente. En lugar de acomodar los objetos reales, estos métodos modifican los objetos como información. Objetos con descripciones similares son matemáticamente agrupados en un "cluster". De hecho si hiciéramos "clustering" a un conjunto de piedras físicamente, y después lo hiciéramos mediante métodos ya propuestos, deberíamos obtener esencialmente el mismo conjunto de "clusters" [4].

La imagenología médica, considera un conjunto de modalidades de adquisición de imágenes ya indicadas, las cuales se diferencian en cuanto a la naturaleza de los principios físicos involucrados en el proceso de adquisición. Adicionalmente existen diferencias en cuanto a la aplicación médica. Las modalidades más comunes de imagenología médica son los rayos X, la tomografía computarizada, la resonancia magnética nuclear y la imagenología por ultrasonidos [5].

En la actualidad diagnosticar con base en imágenes, solo se encuentra limitado por los conocimientos completos de la anatomía macroscópica del cuerpo con los que cuenta el especialista. Lo anterior implica que la precisión y capacidad diagnóstica del especialista puede verse afectada por errores de percepción causados por desconocimiento, falta de concentración, cansancio u otro tipo de factores [5].

Los algoritmos computacionales para el análisis de imágenes médicas tienen como objetivo la búsqueda de ciertas características en la imagen que permiten identificar un cierto grupo de diagnósticos, generalmente estas características son difíciles de ver a simple vista por el especialista que lleva a cabo una interpretación de la imagen. Las técnicas de procesamiento de imágenes, reconocimiento



de patrones e inteligencia artificial permiten que cada vez se generen nuevos algoritmos y métodos capaces de apoyar a cierto tipo de diagnósticos con base en una o varias imágenes de anatomías específicas [5].

Para la obtención de una TAC o TC se utiliza un aparato llamado tomógrafo, este emite un haz muy fino de rayos X. La radiación se atenúa al pasar a través del cuerpo del paciente, la información de la radiación sobrante es recogida por los detectores. Posteriormente el emisor, cambia su posición con respecto al cuerpo del paciente. El proceso se repite, creando un nuevo conjunto de información. La información obtenida en los dos primeros movimientos se “suma” mediante un sistema de cómputo. El proceso de obtención de información se repite y la nueva información obtenida se va añadiendo a la “suma” en el sistema de cómputo. Esto se repite hasta que el tubo de rayos y los detectores han dado una vuelta completa, momento en el que se ha generado por el sistema de cómputo una imagen tomográfica [5].

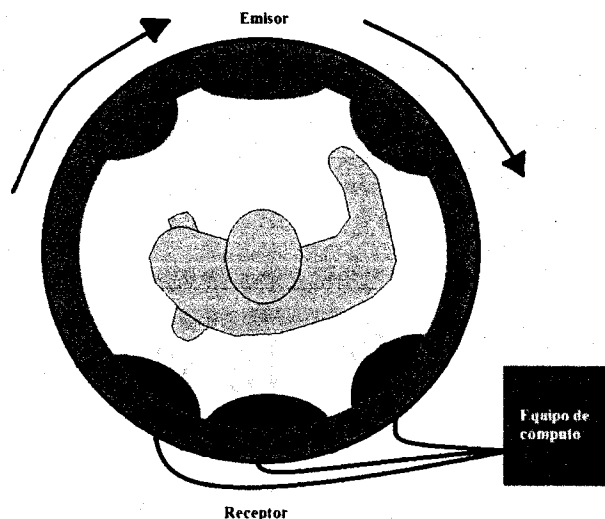


Figura 1. Principio de funcionamiento de la TC.

Mediante algoritmos computacionales de análisis de imágenes se puede procesar la información referida a los tejidos del cuerpo humano y a sus respectivas densidades para una mejor visualización de los tejidos o anomalías. Los tejidos se forman por la agrupación de células con la misma función. Los órganos son unidades funcionales mayores, compuestas por distintos tipos de tejidos. Solo existen 4 tipos de tejido fundamentales: tejido epitelial, tejido conectivo, tejido muscular y tejido nervioso [6].

Sistemas similares que se han desarrollado son:

- “Image Analysis Software”
- “3D-Doctor”
- Análisis digital de imágenes tomográficas sin contraste para la búsqueda de tumores cerebrales.
- TT2012-A016 Reconstrucción tridimensional de estructuras internas del cuerpo humano a partir de tomografías axiales computarizadas.

Las características y precios se muestran en la tabla 1.

SOFTWARE	TIPO	CARACTERÍSTICAS	PRECIO EN EL MERCADO
“Image Analysis Software” [7]	Software	<ul style="list-style-type: none"> -Analiza modelos celulares complejas. -Gestiona eficazmente las grandes cantidades de datos. -Visualiza la imagen en 2D o 3D en tiempo real en modelo de células. -Muestra tejidos y cuantifica las células. 	3700 dólares Versión completa.

"3D-Doctor" [8]	Software	-Puede leer imágenes DICOM, TIFF, BMP, JPEG, Interfile, PNG, PGM, GIF. -Modelos 3D de exportación STL(ASCII and Binary), 3D Studio (3DS) y otros para la creación rápida de prototipos. -Mide área, superficie 3D, volumen 3D, la distancia, el perfil, y la región del histograma. -Representación de diferentes tejidos.	4800 dólares Versión completa.
Análisis digital de imágenes tomográficas sin contraste para la búsqueda de tumores cerebrales. [5]	Tesis de maestría	-Análisis digital de imágenes y reconocimiento de patrones para la búsqueda de tumores cerebrales -Codificación y extracción de la imagen a partir del archivo digital proporcionado por los sistemas PACS de la actualidad.	No comercial.
TT2012-A016 Reconstrucción tridimensional de estructuras internas del cuerpo humano a partir de tomografías axiales computarizadas. [9]	Trabajo terminal ESCOM	-Sistema de reconstrucción tridimensional de estructuras internas del cuerpo humano mediante tomografías computarizadas (TAC) en formato DICOM("Digital Imaging and Communication in Medicine "). Dicho sistema proporcionará una amplia manipulación del objeto generado en 3D.	No comercial.

Tabla 1. Tabla de comparación de productos similares.

2. Objetivo

Objetivo general

Desarrollar un software que permita realizar un análisis y clasificación de tejidos con base en los resultados obtenidos a partir de tomografías axiales computarizadas en formato DICOM, para el apoyo en la interpretación de estudios radiológicos a la comunidad médica especializada.

Objetivos específicos

- Leer e interpretar la información contenida en una imagen DICOM.
- Clasificación de densidades que permitirá identificar distintos tipos de tejidos presentes en las imágenes.
- Reconstruir estructuras internas del cuerpo mediante aplicación de técnicas de análisis de imagen y algoritmos de clasificación y agrupamiento.
- Facilitar la interpretación de tomografías mediante un visor.

3. Justificación

A lo largo de los años la evolución de la ciencia y la tecnología han permitido que el campo de la medicina se desarrolle y avance en un gran nivel, al permitir el desarrollo de medicinas y aparatos quirúrgicos que facilitan y minimizan el error dentro de los procesos, desafortunadamente no en todos los campos del área esto se ha logrado, cuando hablamos de errores médicos debemos tomar en cuenta que las consecuencias que estos pueden traer son muy delicadas pues en muchas ocasiones representan la vida o muerte de los pacientes.

"La interpretación de los estudios tomográficos radiológicos se realiza comúnmente con base en un análisis visual de las imágenes adquiridas de los equipos imageneológicos por parte del médico radiólogo, estos análisis son susceptibles a malas interpretaciones debido a error humano", por esto es que decidimos realizar este trabajo con el fin de ayudar a la interpretación de estos estudios.

Las técnicas de segmentación y umbralización aplicadas sobre los datos de una imagen DICOM permitirán un mejor análisis de las tomografías.

Este TT beneficia a la sociedad en general pues cualquiera puede necesitar un estudio por medio de una TAC y gracias al software propuesto se visualizará la densidad de los tejidos para saber así el estado de estos.

4. Productos o Resultados esperados

Al final de este trabajo terminal se desea obtener una aplicación de escritorio capaz de reproducir en un formato visible una imagen DICOM, la cual permitirá a radiólogos y médicos una fácil interpretación de los esquemas como se muestra en la Figura 2.

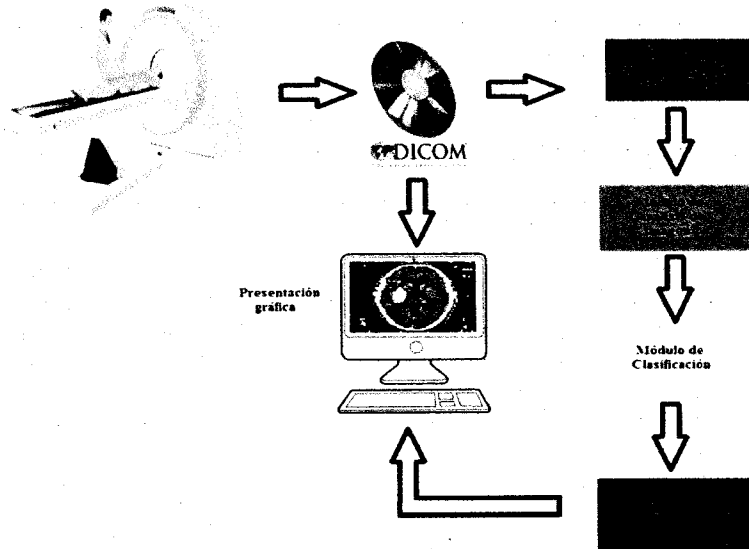


Figura 2. Modelo procesamiento y presentación de la imagen DICOM.

Los productos esperados al final de este trabajo terminal son:

1. Presentación gráfica de imágenes DICOM.
2. Documentación técnica del sistema.
3. Manual del usuario.
4. Código fuente del sistema.

5. Metodología

Para la realización de este trabajo utilizaremos una metodología incremental. En un proceso de desarrollo incremental, los clientes identifican, a grandes rasgos, los servicios que proporcionará el sistema. Se identifican los servicios más importantes y los menos. Una vez realizado esto se definen varios incrementos en donde cada uno proporciona un subconjunto de la funcionalidad del sistema [10].

Los puntos principales por los cuales se decidió usar la metodología incremental son los siguientes:

- Los servicios que ofrecerá el sistema final son claros y no hay mucho margen de cambio.
- La creación de incrementos que posteriormente se complementen para el funcionamiento del sistema, se adapta al modelo diseñado para el trabajo.
- La extensión y complejidad del proyecto es la recomendada en esta metodología.
- Al terminar un incremento se sabrá con qué se puede iniciar el siguiente y que debe hacer para obtener la información deseada.

6. Cronograma

Alumno: León Díaz Raúl Alberto.

Módulo	Étapa	Actividad	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Decodificación de imagen DICOM	Análisis	Investigación de tomografías computarizadas.										
		Investigación de composición del formato DICOM.										
	Diseño	Diseño de modelo para decodificación de información de imagen DICOM.										
	Implementación	Implementación del diseño de decodificación.										
	Pruebas	Realización de pruebas de decodificación de datos.										
		Corrección de errores a la decodificación.										
Presentación gráfica	Análisis	Investigación y análisis de funciones con curvas en dos dimensiones.										
		Investigación y análisis de superficies para la graficación.										
	Diseño	Diseño de función de graficación a partir de puntos.										
	Implementación	Implementación de algoritmos para graficar superficies.										
	Pruebas	Realización de pruebas de graficación.										
		Corrección de funciones de graficación.										
Análisis de imagen	Diseño	Diseño con base en los datos generados a partir de la decodificación.										
	Pruebas	Realización de pruebas de lectura.										
		Corrección de funciones de lectura.										
	Documentación	Elaboración de requerimientos del sistema										
		Elaboración de diagramas de casos de uso										
		Elaboración de diagramas de secuencia										
		Realización de reportes técnicos										
		Realización de manual de usuario										
		Evaluación TT1										
		Evaluación TT2										

Alumno: Osnaya Gómez Alexis Alan.

Módulo	Étapa	Actividad	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Análisis de imagen	Análisis	Investigación de técnicas de segmentación.										
		Investigación de aplicación de umbralización.										
	Diseño	Diseño de modelo para aplicación de análisis.										
	Implementación	Implementación de las técnicas de análisis.										
	Pruebas	Realización de pruebas de segmentación y umbralización.										
		Corrección de errores de segmentación y umbralización.										
Clasificación	Implementación	Implementación de algoritmos para clasificar los tejidos.										
	Pruebas	Realización de pruebas de clasificación.										
		Corrección de funciones de clasificación.										
	Documentación	Elaboración de requerimientos del sistema										
		Elaboración de diagramas de casos de uso										
		Elaboración de diagramas de secuencia										
		Realización de reportes técnicos										
		Realización de manual de usuario										
		Evaluación TT1										
		Evaluación TT2										

Alumno: Ríos López José Alberto.

Módulo	Étapa	Actividad	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Decodificación de imagen DICOM	Análisis	Investigación de tomografías computarizadas.										
		Investigación de composición del formato DICOM.										
	Diseño	Diseño de modelo para lectura de imagen										
	Implementación	Implementación del modelo de lectura.										
	Pruebas	Realización de pruebas de decodificación de datos.										
		Corrección de errores a la decodificación.										
Presentación gráfica	Análisis	Análisis de herramientas necesarias para la visualización de una TAC.										
	Diseño	Diseño de interfaz gráfica.										
	Implementación	Implementación de algoritmos para graficar superficies.										
	Pruebas	Realización de pruebas de graficación.										
		Corrección de funciones de graficación.										
Agrupamiento	Diseño	Diseño que ayude a tener una salida optima para la presentación gráfica.										
	Pruebas	Realización de pruebas de salida.										
		Corrección de funciones de salida.										
	Documentación	Elaboración de requerimientos del sistema										
		Elaboración de diagramas de casos de uso										
		Elaboración de diagramas de secuencia										
		Realización de reportes técnicos										
		Realización de manual de usuario										
		Evaluación TT1										
		Evaluación TT2										

Alumno: Santiago Nieves Edgar Augusto.

Módulo	Étapa	Actividad	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Clasificación	Análisis	Investigación de técnicas de clasificación.										
	Diseño	Diseño de algoritmos de clasificación.										
	Implementación	Implementación de algoritmos de clasificación.										
	Pruebas	Realización de pruebas de clasificación.										
		Corrección de funciones de clasificación.										
Agrupamiento	Análisis	Análisis de características para el agrupamiento de tejidos.										
	Diseño	Diseño de algoritmos de agrupamiento.										
	Implementación	Implementación de algoritmos para agrupar los tejidos.										
	Pruebas	Realización de pruebas de agrupamiento.										
		Corrección de funciones de agrupamiento.										
	Documentación	Elaboración de requerimientos del sistema										
		Elaboración de diagramas de casos de uso										
		Elaboración de diagramas de secuencia										
		Realización de reportes técnicos										
		Realización de manual de usuario										
		Evaluación TT1										
		Evaluación TT2										

7. Referencias.

- [1]J. Suárez Cuencia, "Desarrollo de un sistema de diagnóstico asistido por computador para detección de nódulos pulmonares en tomografía computarizada multicorte.", Doctorado, Universidad de Santiago de Compostela, facultad de física, 2009.
- [2]O. Pinykh, *Digital Imaging and Communications in Medicine (DICOM)*, 2nd ed. New York: Springer-Verlag, 2012.
- [3]P. Real, "Tema 4: Segmentación de imágenes", 2016. [Online]. Available: <http://alojamientos.us.es/gtocoma/pid/tema4.pdf>. [Accessed: 17- Sep- 2016].
- [4]C. Romesburg, *Cluster Analysis for Researchers*, 1st ed. North Carolina: Lulu Press, 2004, p. 2.
- [5]E. Franco Martínez, "Análisis digital de imágenes tomográficas sin contraste para la búsqueda de tumores cerebrales.", Maestría, Centro De Investigación Y De Estudios Avanzados Del Instituto Politécnico Nacional, Departamento De Computación, 2011.
- [6]F. Geneser, *Histología*, 3rd ed. Buenos Aires: Médica Panamericana, 2000, p. 1.
- [7]"Image Analysis Software", *PerkinElmer*, 2015. [Online]. Available: <http://www.perkinelmer.com/category/image-analysis-software>. [Accessed: 20- Sep- 2016].
- [8]"3D-DOCTOR", *ABLE SOFTWARE CORP.*, 2016. [Online]. Available: <http://www.ablesw.com/3d-doctor/index.html>. [Accessed: 20- Sep- 2016].
- [9]H. Flores Mondragón and K. Pérez Hernández, "Reconstrucción tridimensional de estructuras internas del cuerpo humano a partir de tomografías axiales computarizadas", Licenciatura, Escuela Superior de Cómputo, Departamento de Sistemas, 2012.
- [10]I. Sommerville, *Ingeniería del Software*, 7th ed. Madrid: Pearson Educación, 2005, pp. 66, 67.

8. Alumnos y Directores

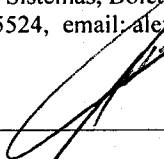
León Díaz Raúl Alberto.- Alumno de la carrera de Ingeniería en sistemas computacionales en ESCOM Especialidad Sistemas, Boleta: 2014630571, Tel. 5568550016, email: raulld.1011@gmail.com

Firma: _____



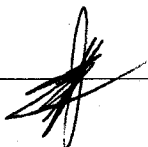
Osnaya Gómez Alexis Alan.- Alumno de la carrera de Ingeniería en sistemas computacionales en ESCOM Especialidad Sistemas, Boleta: 2014630360, Tel. 5545855524, email: alexis.osnaya.ipn@gmail.com

Firma: _____



Ríos López José Alberto.- Alumno de la carrera de Ingeniería en sistemas computacionales en ESCOM Especialidad Sistemas, Boleta: 2014630591, Tel. 5545744936, email: jose.alberto.rios22@gmail.com

Firma: _____



CARÁCTER: Confidencial
FUNDAMENTO LEGAL: Art. 3, fracc. II, Art. 18, fracc. II y
Art. 21, lineamiento 32, fracc. XVII de la L.F.T.A.I.P.G.
PARTES CONFIDENCIALES: No. de boleta y Teléfono.

Santiago Nieves Edgar Augusto.- Alumno de la carrera de Ingeniería en sistemas computacionales en ESCOM Especialidad Sistemas, Boleta: 2014330415, Tel. 5545380339, email: garo.edgar21@gmail.com

Firma: _____



M. en C. Franco Martínez Edgardo.- Profesor de la ESCOM del IPN. Ing. en Sistemas Computacionales con especialidad en Electrónica ESCOM-IPN 2008, Maestro en Ciencias de la Computación CINVESTAV-IPN 2011.

Áreas de interés: Visión por computadora, Tratamiento digital de imágenes, Redes neuronales, y Reconocimiento de patrones. Tel. 5729 6000 ext.: 52067. Email: edfrancom@ipn.mx

Firma: _____



Dr. Rosas Trigueros Jorge Luis.- Profesor de la ESCOM del IPN. Ing. en Sistemas Computacionales ESCOM-IPN 1995, Maestro en Ciencias TEXAS A&M UNIVERSITY 2002, Doctor en Ciencias en Biotecnología IPN 2012.

Áreas de interés: Evolutionary Computing, Bioinformatics, Tel. 5729 6000 ext.: 52038. Email: jlrosas@ipn.mx

Firma: _____