

**SEGMENTACION MULTINIVEL EN IMÁGENES DE TOMOGRAFIA  
COMPUTARIZADA**

**GILBERTO ANDRES CAVIATIVA SOTO**

**UNIVERSIDAD ECCI  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
INGENIERÍA BIOMÉDICA  
BOGOTÁ D.C.  
2015**

**SEGMENTACION MULTINIVEL EN IMÁGENES DE TOMOGRAFIA  
COMPUTARIZADA**

**GILBERTO ANDRES CAVIATIVA SOTO**

**CODIGO: 25924**

**TRABAJO REALIZADO A FIN DE OPTAR  
AL TÍTULO PROFESIONAL EN INGENIERIA BIOMÉDICA**

**Director:  
MSc. ING. ÁNGEL VALENTÍN MOLINA MOJICA**

**UNIVERSIDAD ECCI  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
INGENIERÍA BIOMÉDICA  
BOGOTÁ D.C.  
2015**

Nota de aceptación:

---

---

---

---

---

---

---

Firma del Presidente del Jurado

---

Firma del Jurado

---

Firma del Jurado

## **DEDICATORIA**

Con dedicatoria a todos aquellos que creyeron y me apoyaron en el proceso de formación académica profesional, a mi papá Gilberto Caviativa Muñoz y a mi mamá Fabiola Soto Barrera que hicieron posible este sueño de ser ingeniero biomédico.

## **AGRADECIMIENTOS**

Mi agradecimiento a los profesores y al equipo de coordinación de ingeniería biomédica que contribuyeron en mi formación profesional y la disciplina para llevar acabo grandes proyectos, retos y experiencia de superación profesional. De este mismo modo doy agradecimiento al equipo de ingeniería biomédica, profesores e ingenieros que creyeron y me apoyaron en este gran paso que se está dando para mi formación como profesional en área de ingeniería biomédica.

## TABLA DE CONTENIDO

	<b>Pág.</b>
INTRODUCCIÓN	9
1. PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN	10
1.1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	10
1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	11
2. OBJETIVOS	11
2.1 OBJETIVO GENERAL	11
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	11
3. JUSTIFICACIÓN	12
3. DELIMITACIÓN	12
5. MARCO TEÓRICO	13
5.1 IMÁGENES DIGITALES	13
5.2 HISTOGRAMA DE UNA IMAGEN DIGITAL	14
5.3 FILTRADO IMÁGENES DIGITALES	16
5.3.1 Filtrado Frecuencial	17
5.3.2 Filtrado Espacial	20
5.4 SEGMENTACION DE IMÁGENES DIGITALES	22
5.4.1 Métodos basados en Regiones	22
5.4.2 Métodos basados en Derivadas	24
6. METODOLOGIA PROPUESTA Y RESULTADOS	25

6.1 ALGORITMO DE OTSU	27
7. CONCLUSIONES	32
BIBLIOGRAFÍA	33

## LISTA DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
Figura 1. Representación imagen RGB	13
Figura 2. Imágenes en niveles de gris y binaria	14
Figura 3. Histograma Imagen	15
Figura 4. Histograma Imagen modificada + 60	15
Figura 5. Histograma Imagen modificada - 60	16
Figura 6. Ruido en Imágenes	17
Figura 7. Espectro frecuencial imagen	18
Figura 8. Filtro pasa bajo	18
Figura 9. Filtro pasa alto	19
Figura 10. Espectro imagen + Filtro pasa alto	19
Figura 11. Resultado Filtro pasa alto	20
Figura 12. Resultado Filtro promediador	21
Figura 13. Resultado Filtro mediana	21
Figura 14. Algoritmo de crecimiento de regiones	23
Figura 15. Segmentacion por crecimiento de regiones	23
Figura 16. Deteccion de bordes Sobel	24
Figura 17. Histograma para umbralizacion	25
Figura 18. Umbralizacion multinivel	26
Figura 19. Algoritmo de crecimiento de regiones	26
Figura 20. Umbralizacion Otsu	28
Figura 21. Segmentacion sencilla Otsu	28
Figura 22. Segmentacion multinivel Otsu imagen sintetica	29
Figura 23. Segmentacion multinivel Otsu imagen Tomografia	30



Figura 24. Segmentacion multinivel Otsu

30

Figura 25. Segmantacion tumor cerebral

31

## INTRODUCCIÓN

Hoy en día son muchas las áreas del conocimiento o disciplinas que utilizan imágenes digitales con objetivos específicos tales como: el diagnóstico por imágenes médicas, la automatización de procesos industriales, el análisis de recursos naturales, los estudios de microestructuras, etc. Cada aplicación requiere el uso de una o varias de las técnicas para el procesamiento digital de imágenes (PDI) y las imágenes se pueden adquirir a través de sensores remotos como el caso de las imágenes satelitales, de cámaras de vídeo o fotográficas, de microscopios ópticos o electrónicos o a través de diversos equipos utilizados en medicina tales como los tomógrafos o ecógrafos. Las tareas fundamentales del procesamiento digital de imágenes básicamente son dos: a) el mejoramiento de una imagen digital con fines interpretativos y b) la toma de decisiones de manera automática de acuerdo al contenido de la imagen digital. Los algoritmos para extracción de información acerca de las estructuras presentes en una imagen son conocidos como *algoritmos de segmentación* y juegan un papel importante en numerosas aplicaciones biomédicas donde las imágenes son la principal fuente de información. La segmentación de imágenes es un proceso fundamental en el área de la medicina, aunque se han planteado muchas alternativas para resolver el problema de segmentar adecuadamente los objetos que componen una escena, aún no existe una que pueda cubrir todos los requerimientos que se plantean en este tipo de aplicaciones. Mediante el presente trabajo se propone un método para segmentar, en forma automática, los pulmones obtenidos en imágenes de tomografía computarizada, mediante técnicas de segmentación multinivel de imágenes como el algoritmo de crecimiento de regiones y otsu.

## **1. PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN**

Desde ya hace varias décadas el diagnóstico por imágenes se ha convertido en una las técnicas más utilizadas para la evaluación y valoración de pacientes en áreas relacionadas con la salud. Estas técnicas son muy concurridas debido a su tratamiento poco invasivo, con la ayuda de la tecnología se puede hacer una representación casi real de una escena que caracteriza múltiples estructuras presentes en el cuerpo humano, a fin una cuantificación objetiva para el diagnóstico de un paciente en particular.

### **1.1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA**

El procesamiento de imágenes médicas es una tarea que ha tenido un alto índice de crecimiento debido al gran aporte ofrecido para el diagnóstico de patologías presentes en el cuerpo humano. Hacer un análisis de las estructuras presentes en una imagen, no es una tarea fácil, teniendo en cuenta que en cada imagen hay diversas estructuras que hacen una representación de varios sistemas anatómicos en cada individuo, y aparte de esto, la adquisición de los datos se ve afectada por interferencias que muestran comportamientos irregulares entre las vecindades o la uniformidad de los píxeles presentes en la imagen.

Diseñar sistemas que permitan lograr una segmentación adecuada de imágenes médicas, para luego hacer algún tipo de cuantificación en cada estructura es un trabajo de suma importancia clínica, permitiendo con esto mitigar el esfuerzo que hacen los especialistas cuando analizan de forma manual una cantidad específica de datos.

## **1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

¿Es posible hacer una segmentación aislada de cada una de las estructuras presentes en una imagen de tomografía computarizada?

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1 OBJETIVO GENERAL**

Implementar técnicas de procesamiento de imágenes digitales orientadas a la segmentación multinivel en imágenes de tomografía computarizada.

### **2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Estudiar el estado del arte sobre técnicas de adquisición de imágenes.
- Contextualización sobre metodologías para la segmentación de imágenes.
- Análisis de la base de datos utilizada para los procedimientos.
- Estudio plataforma de programación a utilizar.
- Diseño e implementación de algoritmos para el procesamiento de los datos.
- Validación de los resultados.
- Elaboración informe final de tesis de grado.

### **3. JUSTIFICACIÓN**

El diagnóstico manual por imágenes es una tarea bastante larga y complicada, un especialista tarda un periodo apreciable de tiempo en dicho proceso debido a la gran cantidad de datos a analizar. Desarrollar algoritmos orientados a la segmentación automática de estructuras para una posterior cuantificación, es un trabajo de gran importancia, ya que se esperaría reducir considerablemente los tiempos utilizados en el análisis de las imágenes. Es muy importante que los algoritmos desarrollados muestren un alto grado de fiabilidad comparado con el procedimiento hecho por expertos de forma manual.

### **4. DELIMITACIÓN**

El trabajo está orientado a la segmentación de estructuras presentes en imágenes de tomografía computarizada analizando algunas estructuras presentes en la base de datos de las imágenes utilizadas. El análisis para la segmentación multinivel se basa en el algoritmo de OTSU, este está fundamentado sobre un análisis estadístico que permite clasificar la variabilidad de los píxeles entre distintas clases o vecindades. También es importante analizar los datos mediante otros algoritmos de segmentación como el algoritmo de crecimiento de regiones o métodos basados en la primera y segunda derivada. Computacionalmente se utiliza un sistema bajo la plataforma de Matlab 2012, software con licencia de trabajo aportado por la universidad.

## 5. MARCO TEÓRICO

### 5.1 IMÁGENES DIGITALES

Una imagen digital es una representación matricial de datos tomados de una escena en particular. Estos datos son ordenados mediante una estructura (matriz) que comprende filas y columnas, para las cuales su unidad fundamental es el pixel [1]. Esta pequeña unidad mínima (pixel) posee algunas características muy importantes que la representan:

- Resolución: Dato referido al tamaño comprendido o asignado para la etapa de adquisición.
- Profundidad: Dependiendo del tipo de imagen que se está analizando (color, niveles de gris o binarias) esta variable puede cambiar sustancialmente. En el caso de una imagen a color (RGB, figura No 1) los análisis estarían representados en tres matrices, una para color rojo, otra para color verde y por ultimo una para el color azul, en otras palabras los datos pueden tener una variabilidad entre 0 y 255 niveles de cada color.



Figura No 1, Representación imagen a color RGB.

Cuando la imagen es en niveles de gris, se hace referencia solo a una matriz que muestra un comportamiento variable de sus tonalidades entre 0 y 255. Una imagen binaria hace una representación matricial de solo dos niveles, el color blanco y el color negro con valores de 1 y 0 respectivamente.



Figura No 2, Imágenes en niveles de gris y binaria.

- **Coordenada:** Cada pixel ofrece un aporte importante al análisis particular de alguna estructura, dicha unidad tiene asociada una ubicación espacial para la cual representara una posición en una de las filas y columnas de la matriz generalizada.
- **Vecindad:** La mayoría de los análisis de imágenes comprometen el comportamiento de un pixel en particular vs la similaridad que este posee con sus pixeles inmediatamente vecinos.

## **5.2 HISTOGRAMA DE UNA IMAGEN DIGITAL**

Una herramienta muy útil para el análisis de imágenes digitales es el histograma (figura No 3), éste permite medir la variabilidad o la repetitividad de un nivel de gris específico en los pixeles de la imagen [1] [2]. Hacer una evaluación de las veces que se puede repetir determinado nivel de gris o establecer el comportamiento de las tonalidades que representan una estructura que la pueden diferenciar del

fondo de la imagen, es una tarea importante que permite identificar parámetros o umbrales para algún proceso de segmentación o separación por regiones sobre la imagen.

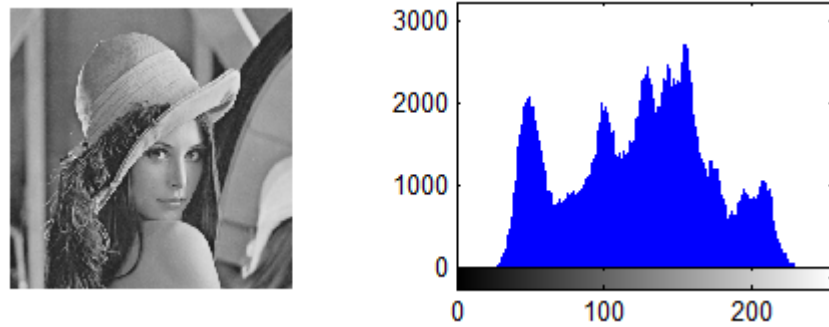


Figura No 3, Histograma imagen.

El rango de variabilidad en imágenes en niveles de gris, que por lo general son las más utilizadas, oscila entre 0 y 255 tonalidades. El nivel de gris más oscuro estaría representado por el 0 y el nivel de gris más claro tendría una magnitud de 255.

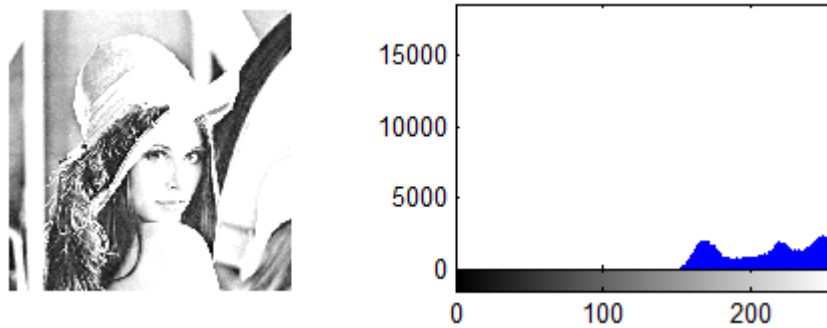


Figura No 4, Histograma imagen modificada + 60.

Si a la imagen de la figura No 3 le sumáramos una magnitud de +60, la distribución de los niveles de gris se vería considerablemente afectada con un desplazamiento hacia la derecha en su histograma, figura No 4. Caso contrario ocurriría cuando a la imagen original de sumamos una magnitud de -60, ahora la distribución de los niveles de gris en el histograma se desplazaría hacia la izquierda donde se encuentran las tonalidades más oscuras, figura No 5.



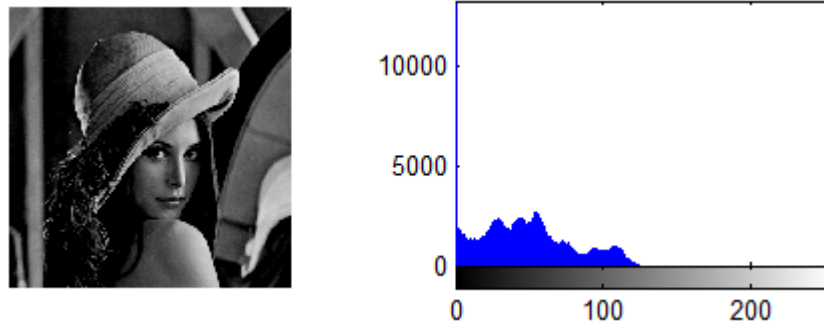


Figura No 5, Histograma imagen modificada - 60.

Cuando la distribución del histograma muestra tendencia hacia la izquierda del mapa, es decir se acerca hacia el valor cero, se evidencia que la imagen es oscura. Caso contrario ocurre cuando la distribución muestra mayor tendencia hacia la derecha, en este caso la imagen presenta mayor claridad o un comportamiento frecuencia más alto.

### **5.3 FILTRADO IMÁGENES DIGITALES**

En el proceso de adquisición de datos, siempre existe el problema de la inminente presencia de información que no tiene relevancia en la representación de un fenómeno en particular, pero que logra un empañamiento de los datos importantes a analizar [3]. El ruido presente en imágenes digitales evidencia un cambio importante en la uniformidad de los datos a analizar, figura No 6. Dependiendo del fenómeno analizado, lugares específicos de adquisición, se pueden presentar distintas clases de ruido en las imágenes digitales (Gaussiano, impulsivo, sal y pimienta etc) y aún más importante cada uno con características particulares de influencia sobre los datos analizados.

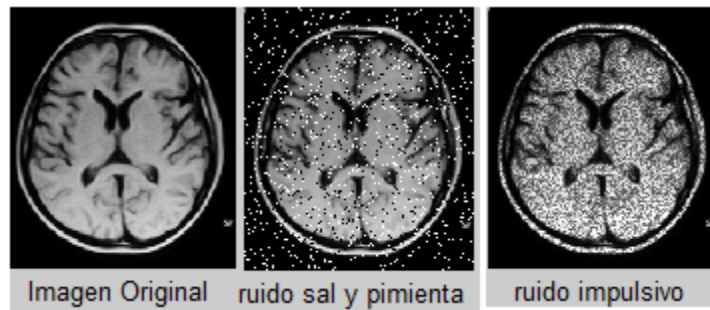


Figura No 6, Ruido en imágenes.

Existen diversas formas para solucionar la problemática de la presencia del ruido sobre imágenes digitales, a continuación se muestra un pequeño análisis sobre el dominio frecuencial y espacial de los datos [3].

### 5.3.1 Filtrado Frecuencial

La transformada de Fourier es una herramienta matemática muy importante que permite hacer un análisis de las frecuencias presentes en un conjunto de datos, en el caso de las imágenes podríamos hablar de frecuencias bajas, intermedias o altas. El comportamiento espectral de una imagen luego de haberle aplicado la transformada de Fourier, consiste en otra imagen o matriz que muestra una concentración de energías en algunas partes de la imagen que representa el dominio de la frecuencia. Esta concentración de energías hace referencia a la presencia de frecuencias bajas o altas en la imagen original a analizar. La figura No 7 muestra el comportamiento del análisis hecho sobre una imagen particular y con su contenido frecuencial vs la aplicación de la transformada de Fourier sobre la misma imagen pero esta a su vez es contaminada con ruido de alta frecuencia, representado este por unas líneas de color blanco horizontales [4] [5].



Figura No 7, Espectro frecuencial imagen.

El diseño de un filtro pasa bajo o pasa alto en dos dimensiones, consiste en la construcción de una matriz o máscara característica, que luego mediante un proceso de convolución entre ésta y la matriz que representa el espectro frecuencial de los datos analizados, permite la modificación de los datos originales [4] [5].

- a. **Filtro pasa bajo:** Este filtro hace referencia al análisis de una máscara de convolución que permita la permanencia de las frecuencias bajas y las altas sean umbralizadas a cero drásticamente.

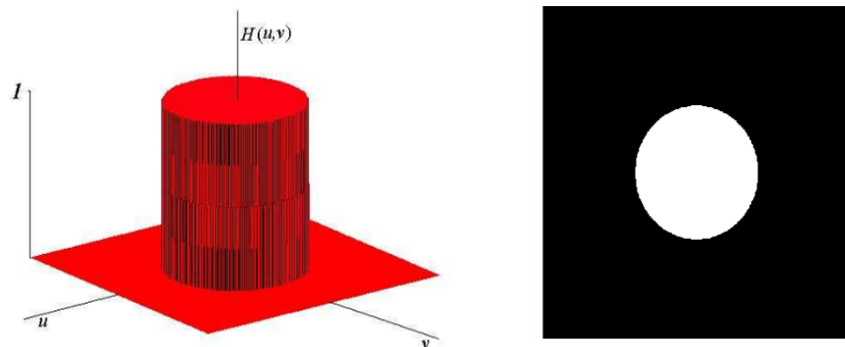


Figura No 8, Filtro pasa bajo.

- b. **Filtro pasa alto:** A fin de dejar pasar solo frecuencias superiores a una frecuencia específica, se diseña ahora una máscara que permita luego de la convolución con los datos originales, obtener una representación o presencia de las frecuencias más altas.

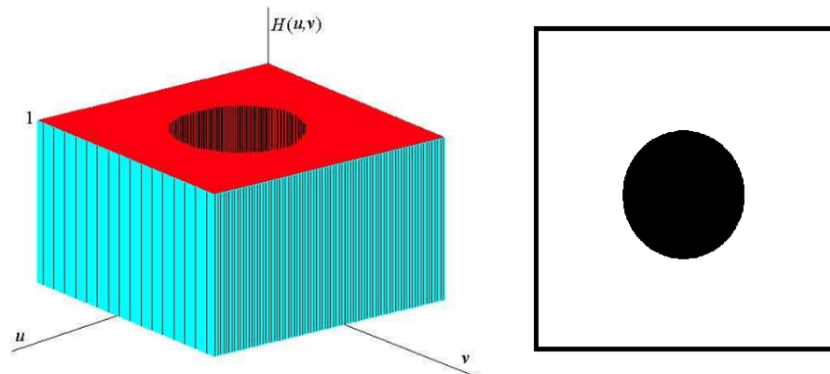


Figura No 9, Filtro pasa alto.

La figura 10 y 11 muestran el análisis hecho a una imagen para la cual se le halla el espectro con la transformada de Fourier y posteriormente esta es pasada a través de un filtro pasa alto.

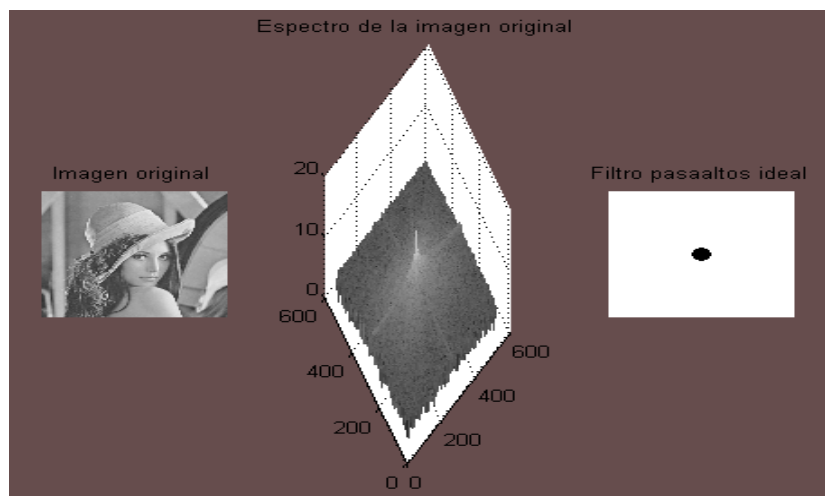


Figura No 10, Espectro imagen + Filtro pasa alto.

Como resultado se evidencia que luego del proceso de convolución entre el filtro y la matriz frecuencial de la imagen, solo sobreviven las frecuencias altas que representan los bordes de la imagen original, figura No 11.

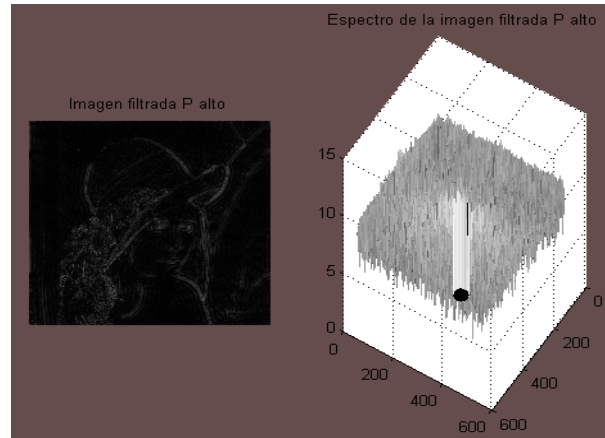


Figura No 11, Resultado Filtro pasa alto.

### 5.3.2 Filtrado Espacial

Otra metodología importante surge del análisis de la unidad fundamental de una imagen (el píxel), hacer un recorrido espacial píxel a píxel muestra gran relevancia para el filtrado de imágenes, ya que mediante este proceso se permite hacer una evaluación de las características básicas del píxel a analizar vs toda una vecindad muy cercana para buscar correspondencias de su uniformidad o decidir qué tan parecidos son los datos en esa región [6]. Dos de estos métodos de filtrado espacial se mostraran a continuación, cada método tiene un comportamiento en particular según el tipo de ruido analizado.

- a. Filtro promediador: Este filtro permite el análisis de una vecindad de 9 píxeles adyacentes al píxel analizado, se hace una sumatoria del valor de intensidad de gris presente en los 9 datos y se divide en esta misma cantidad. La idea fundamental es lograr un suavizado de los datos resultantes, asegurando así que haya una mayor uniformidad entre los píxeles de la imagen, figura No 12.

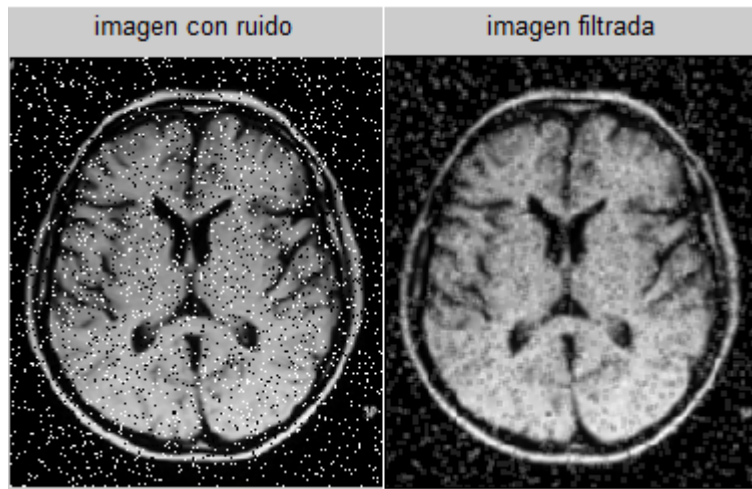


Figura No 12, Resultado Filtro promediador.

- b.** Filtro de mediana: Este método es muy efectivo ante algunos tipos de ruido como el de sal y pimienta, el proceso realizado consiste en analizar una vecindad por lo general de 9 pixeles a fin de construir un vector para luego organizar los datos de forma ascendente o descendente y a partir de ellos extraer el dato que representa la mediana estadística de dicho vector. En pocas palabras las frecuencias bajas o altas siempre estarán en los extremos del vector reconstruido, por lo tanto su eliminación será bastante efectiva, figura No 13.

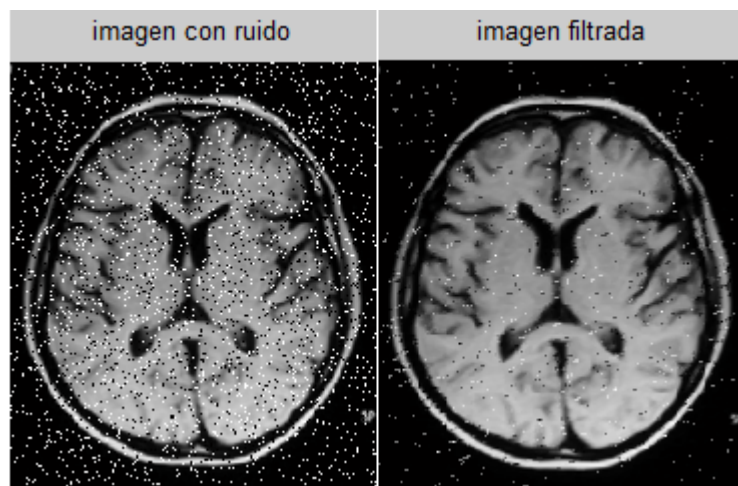


Figura No 13, Resultado Filtro de mediana.

En definitiva cualquier método que se utilice a fin de reducir considerablemente la presencia del ruido en imágenes, es un trabajo de gran importancia en la etapa de post procesamiento. Es posible que no siempre el método utilizado sea el más eficiente ante el tipo de ruido analizado. Una vez encontrado un método apropiado para la etapa de filtrado, se esperaría lograr reducir la presencia de datos ajenos a la uniformidad natural de la imagen.

## **5.4 SEGMENTACION DE IMÁGENES DIGITALES**

Uno de los objetivos fundamentales del procesamiento de imágenes es la división de parámetros, mediante algún método se busca la forma de diferenciar los objetos presentes en la imagen de su fondo [4] [5]. Esta tarea en particular se conoce en la literatura como segmentación, esto consiste en evidenciar ciertas regiones de interés para una posterior cuantificación anatómica de las estructuras (áreas, volúmenes, perímetros etc).

### **5.4.1 Métodos basados en regiones**

El crecimiento de regiones es una técnica para extraer estructuras de la imagen, que están conectadas según cierto criterio predefinido. Este criterio puede estar basado en información de intensidades (nivel de gris, color, textura) y/o bordes de la imagen [5] [8]. En su forma más simple, este método requiere un punto semilla que, por lo general, es seleccionado manualmente por el usuario, se comienza evaluando un píxel y entonces se examinan sus vecinos para decidir si ellos tienen una propiedad similar. Si es así, tales pixeles son agrupados para formar una región. De esta forma se obtienen regiones a partir de pixeles simples. La figura No 14 muestra un diagrama de flujo que explica el funcionamiento del algoritmo de crecimiento de regiones, se inicializa el proceso mediante la ubicación de una coordenada específica para una semilla (pixel) a fin de analizar la uniformidad de esta con sus vecindades. A medida que se cumple un condicional o similaridad entre pixeles, la región va creciendo (ver figura No 15). El crecimiento de la región está ligado al cumplimiento del condicional de similaridad entre los pixeles.

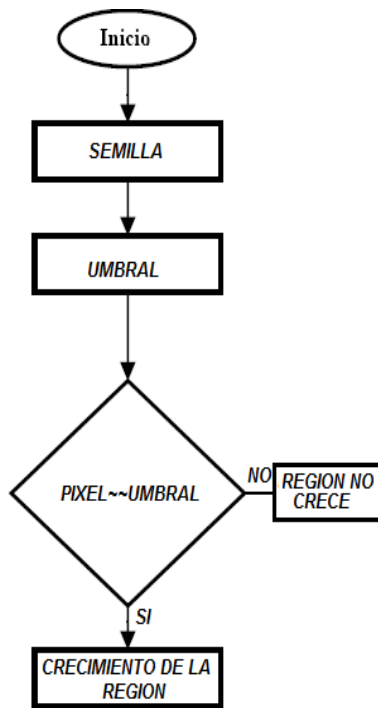


Figura No 14, Algoritmo de crecimiento de regiones.

3	3	13	3	3	3	3	13	3	3
3	13	12	12.5	3	3	13	12	12.5	3
13	13.5	13	13	13	13	13.5	13	13	13
12.5	13	S	12.5	3	12.5	13	S	12.5	3
3	3	13	3	3	3	3	13	3	3
3	3	13	3	3	3	3	13	3	3
3	13	12	12.5	3	3	13	12	12.5	3
13	13.5	13	13	13	13	13.5	13	13	13
12.5	13	S	12.5	3	12.5	13	S	12.5	3
3	3	13	3	3	3	3	13	3	3

Figura No 15, Segmentación por crecimiento de regiones.



#### 5.4.2 Métodos basados en derivadas

La aplicación de derivadas sobre una imagen digital (binaria) tiene importancia significativa, estos métodos permiten la resalutación de cambios bruscos sobre estructuras presentes en la imagen. Detectar los cruces por ceros mediante derivadas, conllevan a la detección de los bordes en una imagen. Sobre estos temas son muchos los algoritmos los que se han desarrollado a fin de lograr una mejor detección de bordes. Todos los procesos se basan en la convolución de la imagen con una máscara que representa un filtro derivador, algunos de los más utilizados son sobel, Roberts, prewit y canny [5] [7].

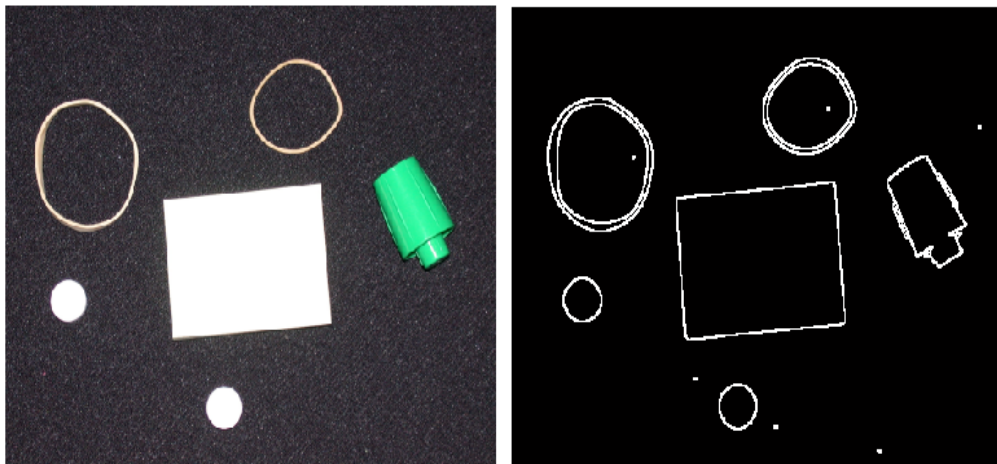


Figura No 16, Detección de bordes Sobel.

Luego de lograr una detección adecuada del contorno de una estructura presente en la imagen, su delimitación será una tarea más sencilla para un posterior proceso de cuantificación. Cada uno de los algoritmos mencionados con anterioridad muestran aportes sustanciales en pro a la mejora de los procesos, unos solo buscan la utilización de la primera derivada a fin de realzar el contorno, mientras que otros permiten la evaluación de la segunda derivada con el objetivo de encontrar los cruces por cero presentes en la imagen.

## 6. METODOLOGIA Y ANALISIS DE RESULTADOS

En el presente trabajo se hace énfasis en el proceso de segmentación de imágenes mediante umbralización. La utilización de esta técnica presenta algunas dificultades cuando la imagen no muestra una clara definición entre la estructura y el fondo de esta, haciendo difícil la tarea de buscar un umbral a fin de realizar el proceso de segmentación, ver figura No 17.

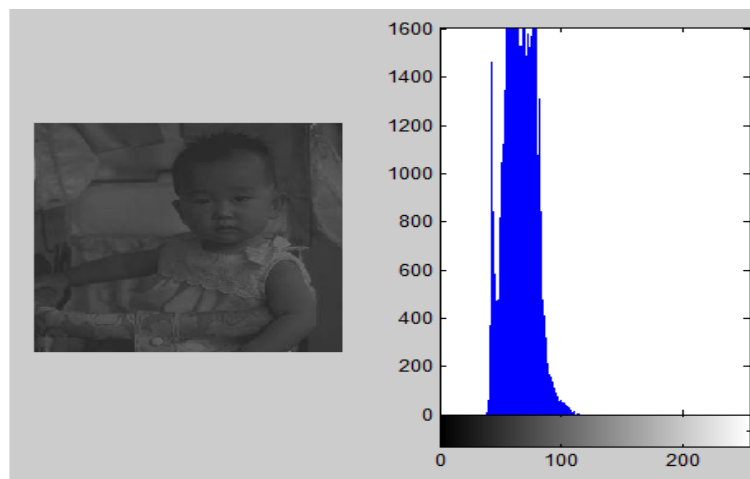


Figura No 17, Histograma para umbralización.

La anterior imagen evidencia la dificultad que existe para encontrar un umbral que permita segmentar o clasificar con facilidad el fondo de las estructuras presentes en ellas. Caso contrario se observa en la figura No 19, el histograma aquí permite identificar que básicamente la imagen está definida por varias zonas con una correspondencia clara de los niveles de gris según lo que se quiera segmentar. Para este caso en particular si quisiéramos hacer una segmentación de la parte más clara de la imagen que posiblemente haga referencia a un tumor presente en el paciente, se podría hacer un estudio de los datos mediante de un proceso de umbralización utilizando el umbral cercano a la variable  $umb2$ .

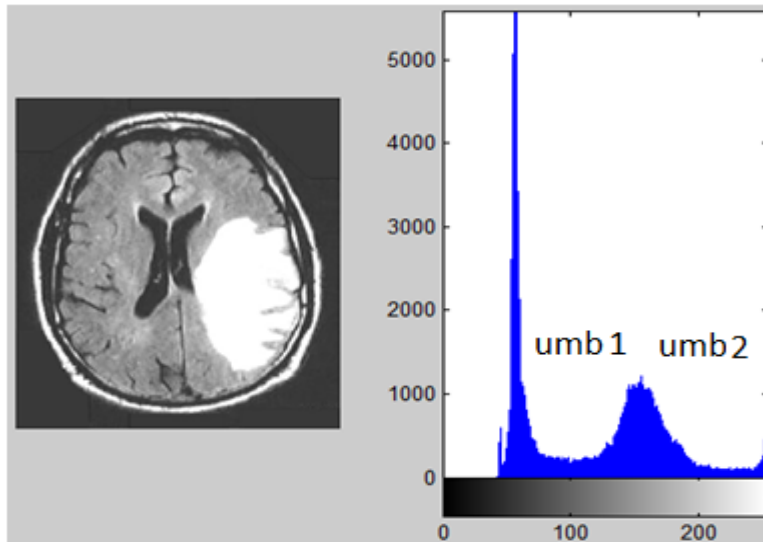


Figura No 18, Umbralización.

Luego de analizar lo anteriormente mencionado, se ve la necesidad de la aplicación de un algoritmo que permita encontrar un umbral óptimo a fin de hacer posteriormente la segmentación de los datos. En este caso el algoritmo utilizado es el algoritmo de Otsu [9]. La idea principal de este trabajo es lograr una segmentación multinivel, es decir que cada estructura presente en la imagen adquiera un nivel de gris correspondiente y no como un proceso normal de segmentación donde los datos resultantes son el 0 y el 1.

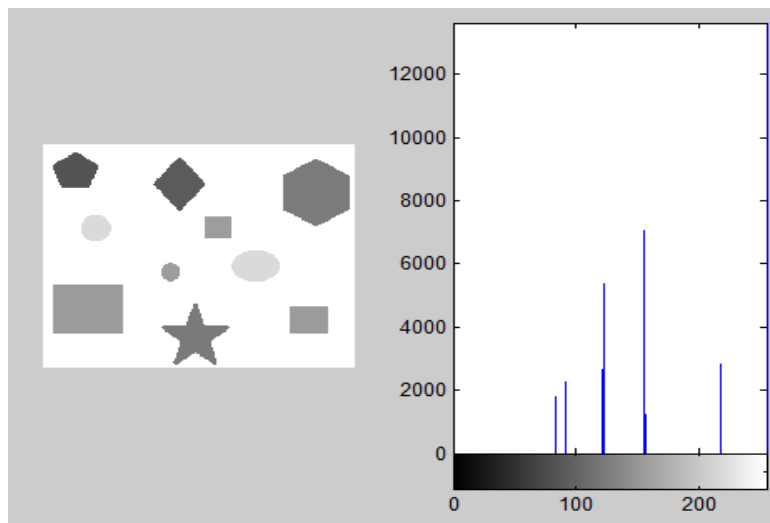


Figura No 19, Umbralización multinivel.

La figura 19 muestra el análisis del histograma para una imagen que tiene varias estructuras internas con distintos niveles de gris claramente definidos, una vez analizado el histograma se podrá ubicar varios umbrales que permitan una segmentación para cada estructura.

## **6.1 ALGORITMO DE OTSU**

Este algoritmo se basa en el análisis estadístico de los datos presentes en la imagen (nivel de gris), procedimiento no paramétrico que selecciona el umbral óptimo maximizando la varianza entre clases mediante una búsqueda exhaustiva [9]. A continuación alguna de las características de este tipo de algoritmos:

### **Ventajas:**

Buena respuesta del método frente a la mayoría en situaciones del mundo real (imágenes ruidosas, con histogramas planos, mal iluminadas...).

Automatismo: no precisa de supervisión humana, preprocesamiento de la imagen y otro tipo de información acerca de la misma.

### **Desventajas:**

A medida que el número de clases en la imagen aumenta, el método necesita mucho más tiempo para seleccionar un umbral multinivel adecuado.

El objetivo fundamental del algoritmo de Otsu es buscar un umbral óptimo ( $T$ ) para la posterior segmentación de la imagen. Es decir, todo lo que está por encima del umbral será aproximado a 0 y el resto será un 1, figura 21.

$$g(x, y) = \begin{cases} 1 & \Leftrightarrow f(x, y) < T \\ 0 & \Leftrightarrow f(x, y) \geq T \end{cases}$$

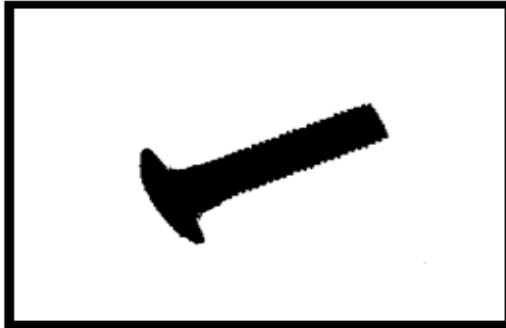


Figura No 20, Umbralización Otsu.

La siguiente imagen de angiografía coronaria muestra la utilización del algoritmo de Otsu [9]; la imagen de la izquierda representa a la segmentación mediante la utilización del umbral óptimo. Una vez obtenida esta imagen, se le puede aplicar una derivada a fin de encontrar el contorno de los datos, figura 21 derecha.

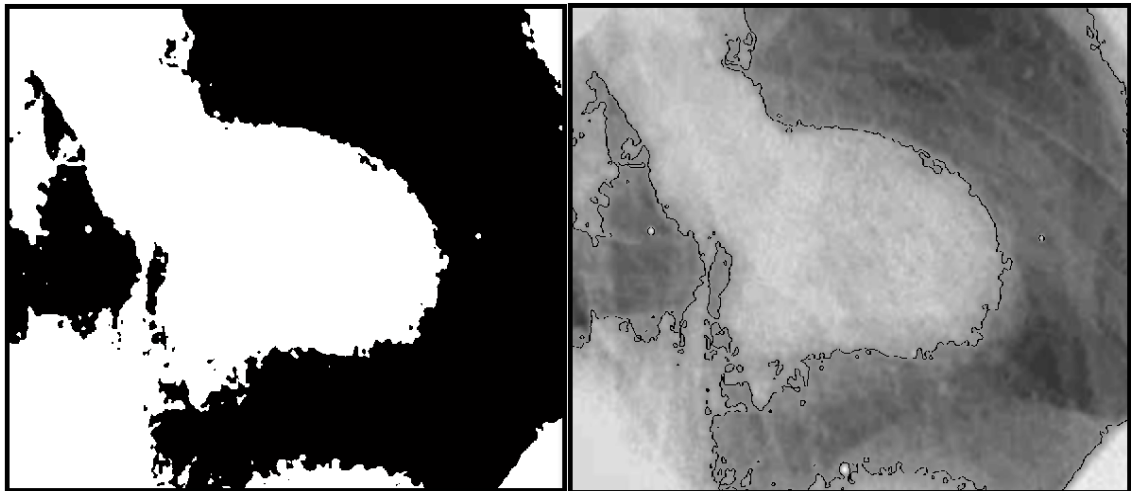


Figura No 21, Segmentación sencilla Otsu.

Cuando la imagen a analizar posee varias imágenes individuales, es importante poder etiquetarlas con un nivel de intensidad distinto para cada subimagen siempre y cuando cumplan con los criterios del umbral óptimo y los sub umbrales. Es decir, luego de identificar los posibles umbrales, se van construyendo regiones separadas que agrupan a los pixeles de vecindades que cumplan criterios de similaridad. El resultado de la figura 22 muestra el proceso realizado a una imagen sintética a la cual de su formato original RGB fue transformada en niveles de gris y luego se le aplico el algoritmo multinivel de Otsu. Se puede evidenciar que cada una de las subimagenes posee ahora una indexación distinta, incluyendo el fondo de la imagen.

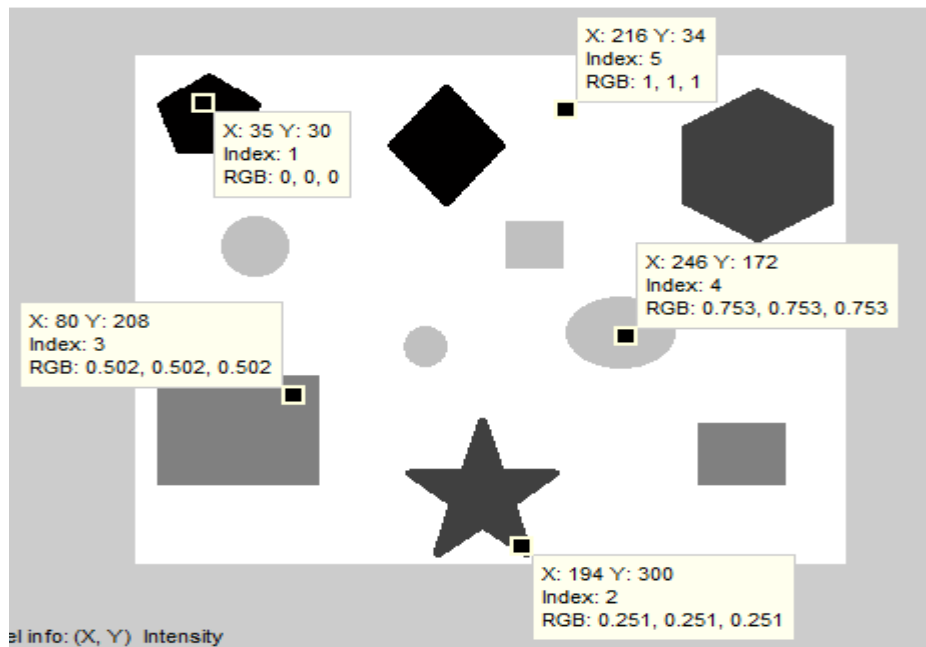


Figura No 22, Segmentación multinivel Otsu, imagen sintética.

Las figuras 23 y 24 muestran los resultados al aplicar el algoritmo sobre imágenes reales. En estos casos aunque el algoritmo hace un buen trabajo, la influencia del ruido o la poca difuminación de los datos conllevan a conseguir varias estructuras con el mismo nivel de indexación, pero se ofrece buenos resultados para una posterior segmentación como lo muestra la figura 25.

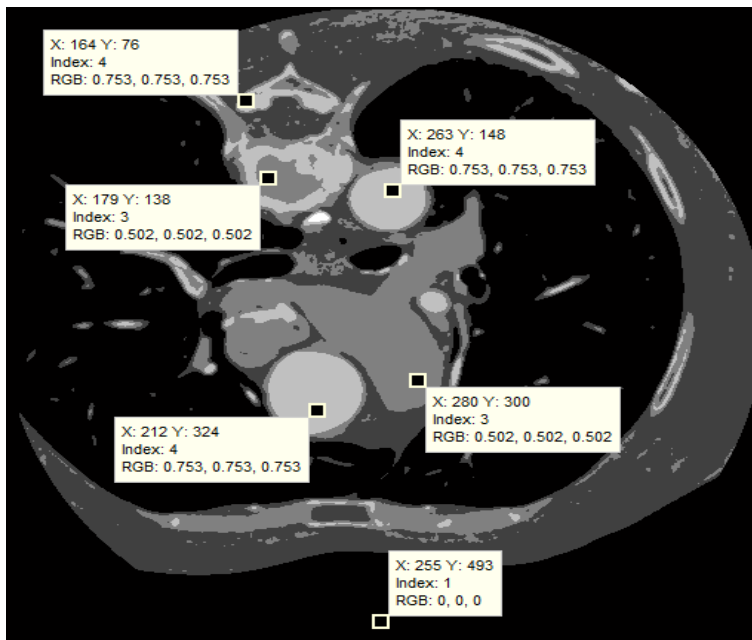


Figura No 23, Segmentación multinivel Otsu, imagen Tomografía.

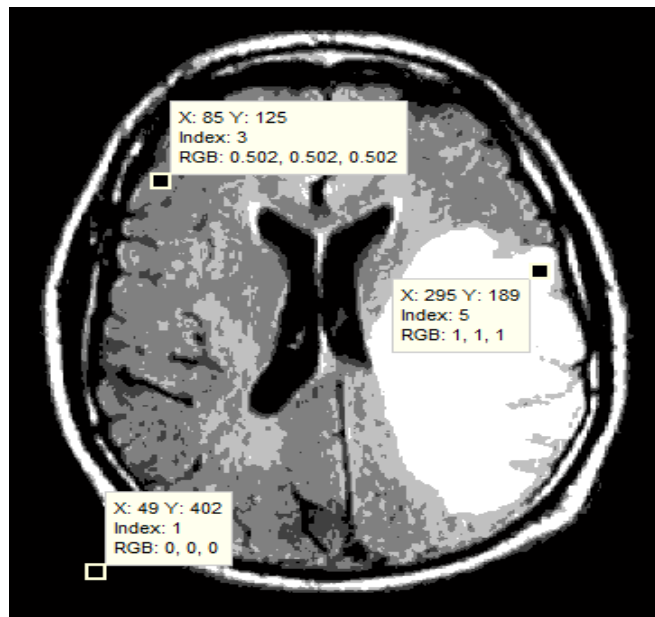


Figura No 24, Segmentación multinivel Otsu.

El proceso luego de hacer la segmentación mediante Otsu, consiste en hacer una evaluación del área segmentada más grande. Es decir, busco la región que posea más píxeles con el mismo valor y se hace discriminación del resto de las áreas.

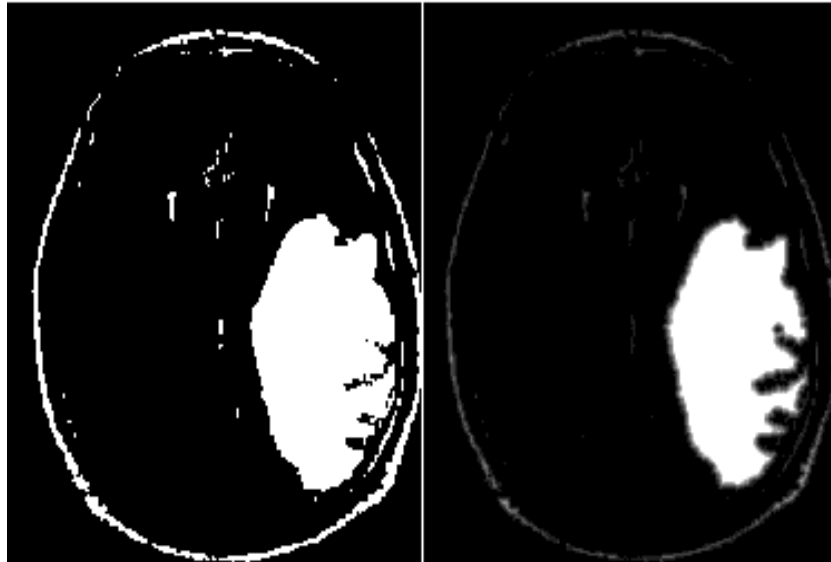


Figura No 25, Segmentación Tumor cerebral.

Luego de hacer la segmentación más adecuada de la estructura de interés, a partir de allí es posible lograr una cuantificación del área de los píxeles que conforman la región y una localización única de los píxeles que la conforman.



## 7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El procesamiento de imágenes es una tarea de gran crecimiento que aporta significativamente al diagnóstico no invasivo, el desarrollo de métodos que permitan lograr tal tarea es de relevancia clínica en la ayuda para el especialista.

Cuando se aplican metodologías sobre imágenes sintéticas, los procedimientos siempre surgen lo más eficientes posibles. Caso contrario ocurre cuando se analizan datos de la vida real, al no siempre estar sobre ambientes controlados la influencia del ruido hace que los resultados varíen considerablemente.

Aunque el método de Otsu muestra resultados muy buenos cuando se quiere hacer segmentación de imágenes con una sola estructura presente y se quiere resaltar esta sobre su fondo; a medida que aumenta la cantidad de estructuras en la imagen, el costo computacional crece enormemente debido al proceso de etiquetado o indexación de estructuras de manera individual.

Luego de segmentar las estructuras en una imagen, es conveniente desarrollar metodologías robustas que permitan un proceso de cuantificación de los datos. Esto con el fin de realizar un diagnóstico más completo por parte del especialista.

## BIBLIOGRAFÍA

- [1] Bases del Procesamiento de Imágenes Médicas Rubén Medina, Jesús Bellera Universidad de Los Andes, Facultad de Ingeniería, Grupo de Ingeniería Biomédica de la ULA (GIBULA), Av. Tulio Febres Cordero, Mérida 5101, Venezuela. 2005.
- [2] Métodos de Segmentación de Imágenes Médicas. Universidad Central de Venezuela Facultad de Ciencias Escuela de Computación. 2005.
- [3] Ivan D. Garcia S. Visión artificial y procesamiento digital de imágenes usando matlab. Ibarra, Ecuador. 2008.
- [4] Foley, Van Dam, Feiner y Hughes. Computer Graphics, principles and practice. 2ª edición en C. Addison Wesley. 2013.
- [5] Gonzalez y Woods. Procesamiento Digital de Imágenes. Prentice Hall. 2010.
- [6] B. Aldalur y M. Santamaría. Realce de imágenes: filtrado espacial. Revista de Teledetección. 2002. 17: 31-42. 2002.
- [7] Bouma, H.; Sonnemans, J.J.; Vilanova, A.; Gerritsen, F.A.; "Automatic Detection of Pulmonary Embolism in CTA Images," Medical Imaging, IEEE Transactions on, vol.28, no.8, pp.1223-1230, Aug. 2009.
- [8] Valentín Molina, Miguel Vera, Horderlin V. Robles, Edwar Bejarano, Hermann Dávila. Lung Segmentation Using Support Vector Machine in Computed Tomography Images. Health Care Exchanges (PAHCE), Pan American, 2014.
- [9] Nobuyuki Otsu, "A threshold selection method from gray-level histogram", IEEE Transactions on System Man Cybernetics, Vol. SMC-9, No. 1, 1979.