

# TÉCNICAS DE COMPRESIÓN Y CODIFICACIÓN SOBRE IMÁGENES MÉDICAS

Encarnación Moyano Ávila

Francisco J. Quiles Flor

*Encarnacion Moyano Ávila y Francisco J. Quiles Flor son Profesora Ayudante y Catedrático respectivamente, de la Escuela Politécnica Superior de Albacete en el Departamento de Informática de la Universidad de Castilla-La Mancha.*

En este trabajo se pretende dar una introducción a las imágenes médicas así como la aplicación del proceso de compresión sobre las mismas. Las diferentes técnicas de compresión y codificación sobre imágenes médicas van a permitir reducir tanto el espacio de memoria en archivo como el tiempo de transmisión por las líneas de comunicación actuales, en un rango aproximado del 10% y hasta un 90% según la modalidad de la imagen médica, el uso que se vaya a hacer de ella y por supuesto, el grado de compresión aplicado. Esta reducción de datos obtenida gracias a técnicas de compresión conseguirá importantes avances en la comunidad sanitaria que se verá reflejada en una mejora considerable en la asistencia a pacientes logrando que ésta sea cada vez más rápida y eficiente.

## 1. INTRODUCCIÓN

LAS «Imágenes Médicas» pueden ser definidas como «todas las imágenes usadas para diagnóstico y tratamiento de pacientes en la actividad médica». En esta tipología se incluye cualquier forma de imagen, tal como films de Rayos-X, muestras histológicas, imágenes de Tomografía Computerizada, CT, escáners de Ultrasonido, US, y hasta fotografías del paciente usadas para propósitos de identificación. En la Tabla 1 [Huang97], aparecen los acrónimos y nombres de la mayoría de las imágenes médicas obtenidas mediante medios digitales.

Cada modalidad de imagen médica varía en el número y resolución de imágenes producidas para un estudio concreto a un paciente. Esto afecta directamente al volumen de datos y a las tasas de transferencia necesarias para la transmisión de las imágenes, que tiene un enorme efecto en el tipo de comunicaciones requeridas.

Sin duda, lo más sobresaliente de las imágenes médicas es que usan gran cantidad de espacio de almacenamiento, y pueden necesitar mu-

cho tiempo para su transmisión cuando se envían mediante líneas de comunicación a localizaciones remotas como se hace en el caso de la teleradiología o en muchas otras aplicaciones.

Los rasgos [NHS97] de las imágenes médicas que las hacen diferentes de las imágenes generales son sus características reguladoras y legales, los tipos de datos manejados y el proceso de compresión sobre estas imágenes.

**TABLA 1.**  
**Modalidades de Imágenes Médicas.**

|       |                                                     |
|-------|-----------------------------------------------------|
| CR    | Radiografía Computerizada                           |
| CT    | Tomografía Computerizada                            |
| DCM   | Microscopía a Color Digitalizada                    |
| DEM   | Microscopía Electrónica Digitalizada                |
| DF    | Fluoroscopia Digital                                |
| DSA   | Angiografía de Susbtracción Digital                 |
| EEG   | Electro-encefalograma                               |
| MEG   | Magneto-encefalograma                               |
| MRI   | Imagen de Resonancia Magnética                      |
| PET   | Tomografía de Emisión de Positrón                   |
| SPECT | Tomografía Computerizada de Emisión de Fotón Simple |
| US    | Ultrasonidos                                        |

En cuanto a las características legales, puesto que las imágenes médicas son usadas en el contexto de la asistencia sanitaria de las personas, la vida de éstas puede estar en juego. Como consecuencia de esto, existe un número de leyes y regulaciones concernientes al uso de las imágenes médicas.

Los tipos de datos que pueden aparecer en las imágenes médicas son muy variados y pueden aparecer desde imágenes estáticas, bidimensionales (2D) como las mamografías o tridimensionales (3D) como los escáners CT, imágenes en movimiento, como los ultrasonidos o los MRI cardíacos, y hasta texto y gráficos.

Las características típicas de los datos incluidos en las imágenes médicas son:

- *Extensa cantidad de datos.* El tamaño de las imágenes individuales no es excesivo, aunque pueden llegar hasta 32 MBytes en ciertos casos. Sin embargo, muchas de las modalidades requieren almacenar conjuntos de imágenes relacionadas. El número de imágenes en un conjunto de datos de imágenes médicas puede variar desde 2 ó 3 para los convencionales Rayos-X y hasta 200 ó 300 para un test de ultrasonido de la tensión cardíaca, con

lo que la cantidad de MBytes requeridos crece considerablemente para cada análisis.

- *Datos multi-dimensionales.* Son imágenes multidimensionales las series en tiempo, es decir, obtenidas en distintos períodos de tiempo y las imágenes multi-banda, es decir, aquellas en las que se almacena más de un valor por cada uno de los píxels. Ejemplos son las imágenes en color, un conjunto de imágenes del mismo objeto, pero tomadas con diferentes parámetros, y también las imágenes 3D, entre otras.
- *Conjuntos de imágenes relacionadas.* Cuando se almacena un conjunto de imágenes, se necesita un mecanismo para almacenar tanto los datos de las imágenes como la relación jerárquica entre todas ellas. En el caso de las imágenes médicas en movimiento, en general son almacenadas en vídeo y no en conjuntos de imágenes digitales.
- *Datos asociados.* Suelen ser descriptores sobre las imágenes, es decir, tamaño, resolución, información del color, etc., o bien datos médicos del paciente o la imagen.

En cuanto al propósito de la compresión sobre imágenes médicas, se pretende reducir la cantidad de datos para almacenamiento o transmisión mientras se mantiene la integridad de uno o más aspectos de la imagen. Queremos resaltar la importancia de la compresión sobre las imágenes que estamos tratando, para lo cual valdrán los siguientes ejemplos como datos significativos: Una mamografía típica digital con  $4500 \times 3200$  píxels y 12 bpp requiere aproximadamente 38 Mbytes de datos. Con tal cantidad de información para una sola imagen, estudios completos sobre este tipo de imágenes pueden requerir inaceptables tiempos de transmisión a través de redes digitales y puede causar serios problemas de manipulación de datos en almacenamiento de disco local. Los avances en tecnologías para la transmisión y almacenamiento no solucionan el problema. Con esta perspectiva, la compresión de estas imágenes es esencial para la eficiencia de costo y tiempo de almacenamiento y comunicación. Un hospital normal, podría generar del orden de 1.000 GBytes de imágenes médicas al año. En concreto, una MRI de 1.5 MBytes podría necesitar media hora para ser transmitida sobre una línea telefónica que opere a 9.600 bits por segundo. Sin embargo, haciendo uso de técnicas de compresión, el tiempo para transmitir la MRI anterior podría ser reducido a un minuto con una tasa de compresión de 30:1.

En caso de que la imagen esté almacenada o sea transmitida para el propósito de ser visualizada, el proceso de compresión debe mantener la integridad visual de la imagen y aparecer exactamente igual que la original. Alternativamente, si la imagen es requerida para mostrar una característica particular, la imagen comprimida debe retener esa característica pudiendo eliminar o reducir el resto.

El nivel de compresión puede variar el volumen de datos. Dependiendo del contexto en que una imagen se vaya a usar, serán aceptados diferentes grados de compresión. Sin embargo, los métodos con elevado grado de compresión destruyen cierta información contenida en la imagen. De forma general, hay dos clases principales de algoritmos que van a determinar este grado de compresión y que deben ser introducidos desde un primer momento. Son los siguientes [Brown95]:

- Algoritmos «Lossless», también llamados sin pérdida o reversibles. La imagen comprimida puede ser reconstruida para ser idéntica en todos los aspectos a la imagen original. El factor de compresión alcanzable es bastante bajo (valores típicos están entre 1.5:1 y 3:1. Esta notación se usará bastante por lo que conviene indicar su significado. Así, en el caso de una tasa de compresión de 3:1, representa que cada 3 bytes en la imagen original vienen dados por 1 único byte en la imagen comprimida).
- Algoritmos «Lossy», también conocidos como algoritmos con pérdida o irreversibles. En este caso, cierta información se pierde en el proceso de compresión, con lo cual, la imagen comprimida puede ser reconstruida sólo de forma aproximada a la imagen original. Los ratios de compresión alcanzados con estos algoritmos pueden ser mucho más altos que los alcanzados con los algoritmos «lossless», (valores típicos están entre 10:1 y 100:1 o incluso superiores). En el caso de las aplicaciones prácticas de imágenes médicas se usan factores alrededor de 15:1 y hasta 30:1 para que las pérdidas no afecten a la calidad de la imagen. Sin embargo, para las aplicaciones relacionadas directamente con diagnosis, actualmente sólo es aceptado un muy pequeño factor de compresión.

La elección entre compresión con y sin pérdida, y entre los diferentes grados de compresión con pérdida requiere un equilibrio entre la fidelidad y la eficiencia de la transmisión y/o almacenamiento. Así, podemos decir que el uso del tipo y/o grado de compresión que pueda ser aceptado depende principalmente del contexto en que la imagen será usada, la modalidad de imagen y las características de los objetos representados.

Durante muchos años ha habido un debate sobre qué nivel de compresión puede ser usado en las imágenes médicas. Una opinión es que sólo la compresión sin pérdida puede ser usada para imágenes médicas. En el otro extremo, algunos autores defienden que tanto la enorme cantidad de datos como el enorme coste asociado, es lo que está impidiendo a la comunidad médica beneficiarse completamente de las imágenes digitales, con lo cual, la solución idónea serían unas apropiadas tasas de compresión con pérdidas.

## 2. PAC, HIS Y RIS

En la industria de la asistencia sanitaria, los principales avances en los últimos diez años incluyen el desarrollo de «Sistemas de Información de Hospitales», HIS, «Sistemas de Información Radiológica», RIS, y los «Sistemas de Comunicación y Archivo de Imágenes», PACS. Los HIS controlan el flujo de datos de pacientes, incluyendo los datos demográficos, planificación, informes y estadísticas. Los RIS controlan el flujo de datos radiológicos de los pacientes. Y por su parte, los PACS ayudan a los médicos e investigadores a manejar las imágenes médicas incluyendo su archivo y almacenamiento. La integración de HIS, RIS y PACS abre la puerta a la industria de la asistencia sanitaria para usar la tecnología multimedia. De hecho, existe una nueva metodología que integra HIS y PACS en los entornos de red multimedia para mejorar la asistencia sanitaria, la educación y la investigación [Huang96] [Huang97].

## 3. ESTÁNDARES PARA IMÁGENES MÉDICAS

Hoy día se tiene gran necesidad de estándares relacionados con las imágenes médicas puesto que muchos hospitales y otras instituciones de atención sanitaria requieren manipular y comunicar grandes cantidades de este tipo de imágenes y sería conveniente que todos ellos partieran de una base común y estándar. Los estándares generales de comunicación de imágenes cada vez son más adaptables a los distintos tipos de imágenes, con lo cual es posible que en el futuro éstos se usen para imágenes médicas teniendo en cuenta las limitaciones por razones legales.

Principalmente, los aspectos a estandarizar incluyen los formatos de las imágenes, los algoritmos de compresión y las comunicaciones y estándares de red. Hoy día existen cinco estándares relevantes que suelen aplicarse a las imágenes médicas. Son los siguientes:

- Estándares específicos para comunicación de imágenes médicas, como DICOM, «Digital Imaging and Communications in Medicine», y MEDICOM, «MEDical Image COMmunication».
- Otros estándares de imágenes médicas, como IS&G e Interfile. Éstos han sido implementados pero no han sido demasiado aceptados.
- Estándares generales sobre imágenes, como IPI, «Image Processing and Interchange».
- Estándares de compresión de imágenes generales, como JPEG y JBIG.

- Los estándares de comunicación generales. Son estándares de bastante uso en imágenes médicas y sobre todo para comunicación en Internet, como HTML.

### 3.1. DICOM, «Imágenes Digitales y Comunicaciones en Medicina»

DICOM es el estándar más importante y extendido de la industria para la transferencia de imágenes e información médica entre dispositivos electrónicos. Aunque no se trate de un estándar de compresión sobre imágenes médicas, es imprescindible su consideración en la compresión. DICOM permite a los usuarios integrar un equipo con dispositivos de diferentes fabricantes para soportar un amplio rango de modalidades de imágenes médicas evitando toda una serie de problemas que podrían derivarse de incompatibilidades entre dispositivos de distintos comerciantes [Hori95].

Este estándar fue desarrollado por «The American College of Radiology», ACR, y «The National Electrical Manufacturers Association», NEMA. La primera de estas instituciones, el ACR, ha sido el responsable de proporcionar dirección técnica y asesoramiento médico al estándar, y NEMA ha actuado como entidad de publicación además de proporcionar asesoramiento legal para evitar conflictos de intereses o posibles violaciones en el ámbito de trabajo del estándar.

Como resumen, podríamos decir que ACR y NEMA se unieron para desarrollar este nuevo estándar, DICOM, con los objetivos de:

- Establecer un estándar para comunicación en entorno de red. Los estándares previos eran para conexiones punto a punto solamente.
- Establecer los requerimientos mínimos para otorgar una adaptación o conformidad legítima con el estándar a todo fabricante que lo solicitara.
- Permitir inter-operatividad, no sólo inter-conexión, entre diferentes equipos de distintos fabricantes mediante la introducción explícita de objetos de información que correspondan a imágenes, estudios, informes, etc.

## 4. COMPRESIÓN GENERAL SOBRE IMÁGENES ESTÁTICAS Y VÍDEO. APLICACIONES

La compresión permite reducir el número de bytes requerido para representar un conjunto de datos. Con lo cual, se reduce la cantidad de memoria secundaria que se necesita para almacenamiento y consecuentemente, también reduce la cantidad de tiempo necesario para

transmitir un conjunto de datos sobre un enlace de comunicaciones a una velocidad dada.

Las nuevas tecnologías como multimedia, señales de televisión de alta definición, imágenes generadas por computador e imágenes médicas, han incrementado la demanda del espacio de almacenamiento y el ancho de banda para transmisión de datos. Y puesto que la capacidad de almacenamiento y el ancho de banda de transmisión están normalmente limitados, la codificación de las fuentes es una forma útil para reducir la tasa de bit de las imágenes digitales y puede proporcionar bastantes ventajas en diversas áreas. Las aplicaciones sobre las que se realiza un proceso de compresión de imágenes son muy variadas actualmente. Algunas de estas aplicaciones son de gran importancia, como las videoconferencias, los sensores remotos, las imágenes de documentos y las imágenes médicas, la transmisión de facsímiles (FAX) y el control remoto de vehículos no tripulados para aplicaciones militares, espaciales y de manipulación de materias peligrosas. Un número creciente de aplicaciones dependen de una eficaz manipulación, almacenamiento y transmisión de imágenes y la compresión puede ser muy beneficiosa para ellas.

En cuanto a la compresión de vídeo, cada imagen estática de una secuencia de vídeo es llamada «frame» o trama. Un método de compresión de secuencias de vídeo es simplemente comprimir cada trama separadamente. Sin embargo, esto no es suficiente en muchos ejemplos por el gran número de tramas en una secuencia de vídeo, incluso de corto tamaño. Otra opción para comprimir las secuencias de vídeo, es mediante el aprovechamiento de la similitud entre tramas adyacentes. Esto es posible cuando las diferencias entre una trama y la siguiente es pequeña debido al corto intervalo de tiempo entre ellas. Estos esquemas son los referidos a la compresión «intertrama», como oposición a la compresión «intra-trama», que implica sólo a un «frame».

Para una mayor información sobre los fundamentos de compresión de datos, se anima al lector a ver la referida [González92] de la bibliografía. Y para conocer los estándares de compresión de imágenes generales estáticas, JPEG, y el de imágenes en movimiento, MPEG, ver [Bhaskaran95] y [Bhaskaran97].

## **5. TÉCNICAS DE COMPRESIÓN SOBRE IMÁGENES MÉDICAS**

### **5.1. Estándar JPEG sobre Imágenes Médicas**

JPEG se ha convertido en el estándar dominante en aplicaciones de compresión de imágenes e incluso ha sido implementado en hardware y software. El formato estándar JPEG define una serie de codificacio-

nes de datos para imágenes a color y de tono continuo. Incluye cuatro modos distintos de operación. Uno de estos modos produce una compresión limitada usando una técnica de codificación sin pérdidas. Los otros tres modos proporcionan ratios mucho más altos de compresión con técnicas basadas en la DCT (Transformada del Coseno Discreta), pero con pérdida de información [Bhaskaran95].

El estándar JPEG ha sido adoptado por el ACR, «American College of Radiology» y por el NEMA, «National Electrical Manufacturers' Association», para su uso en la compresión de imágenes médicas, aunque no sea lo más adecuado para comprimir imágenes que tengan propósitos clínicos de diagnosis. Aunque el estándar JPEG se puede usar para compresión sin pérdida y en modo progresivo, sólo se ha implementado de forma general el estándar de compresión con pérdida.

La compresión JPEG con pérdida usa un parámetro de calidad numérico, que no es más que un número en el rango 1 a 100, para controlar tanto la cantidad de compresión como la calidad de la imagen reconstruida. JPEG trabaja, en general, de forma aceptable para ratios de compresión de 25:1, pero con mayores compresiones, la calidad se degrada significativamente debido a la presencia de distorsiones en la reconstrucción.

A continuación se van a exponer algunos de los resultados de estudios realizados usando el estándar JPEG sobre imágenes médicas. En el caso de [Collins94], se estudiaron los efectos de un esquema de compresión de imagen con pérdida de 10:1 basado en JPEG, con modificaciones para reducir las distorsiones. Los resultados preliminares indicaban una buena calidad en las imágenes comprimidas con pérdida. Otros estudios [Baskurt92] usaron un algoritmo similar a JPEG para comprimir mamografías con alto grado de compresión con resultados aceptables para los radiólogos, ya que se mantenían perceptibles las patologías a detectar. Otra modificación de JPEG fue investigada en [Kostas93], tal que se emplearon imágenes de 12 bits y parámetros ajustados a ciertas mamografías y radiografías del pecho. Este trabajo indicó que se podía aplicar una alta tasa de compresión mientras se retenía la información clínicamente útil. Los estudios realizados por [Clunie94] sobre la detección de múltiples lesiones de esclerosis en imágenes de Resonancia Magnética (MRI) del cerebro que habían sido comprimidas usando JPEG, no encontraron diferencias significativas en el número de lesiones detectadas por los radiólogos en imágenes comprimidas a altas tasas de compresión.

En todas las investigaciones, se pueden resaltar los buenos resultados de la compresión con pérdidas de JPEG sobre imágenes médicas, donde las tasas de compresión utilizadas estaban en el rango 10:1 y 30:1, manteniendo una calidad bastante aceptable en las imá-



genes descomprimidas. Sin embargo, al tratarse de un estándar para imágenes generales, JPEG no se ajusta perfectamente a los requisitos deseables en un esquema de compresión sobre imágenes médicas.

## 5.2. Compresión de Imágenes Médicas Basada en Región

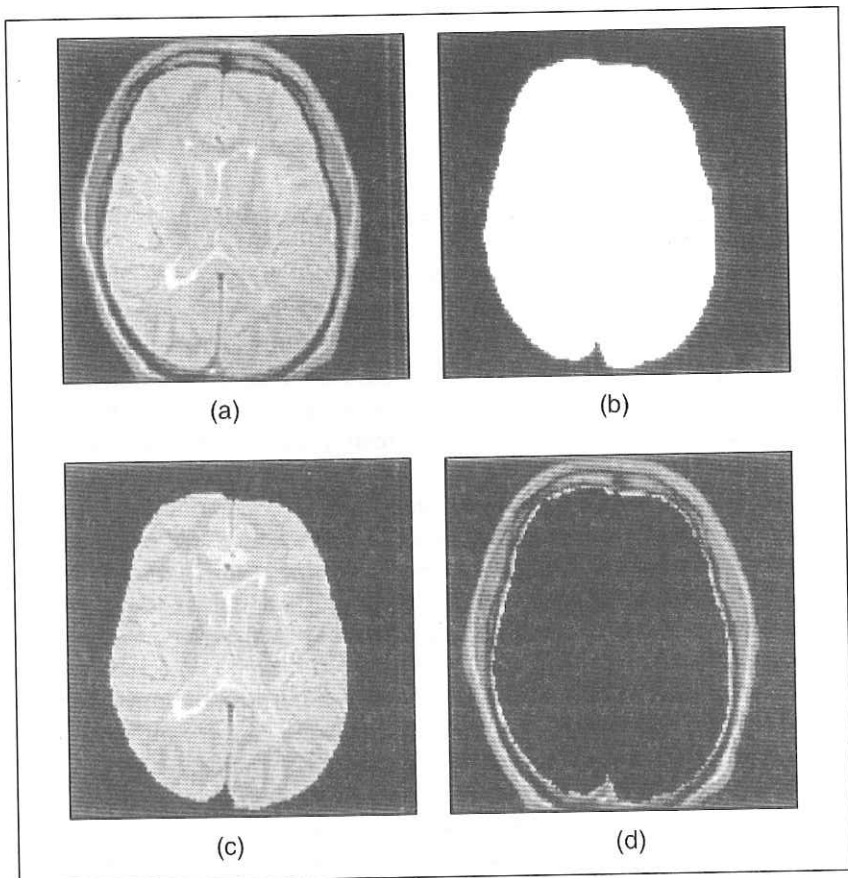
Muchos tipos de imágenes contienen algunas regiones espaciales que son más importantes que otras. Los métodos de compresión que son capaces de entregar más alta calidad en la reconstrucción, para las partes importantes, son muy atractivos. Para imágenes médicas, existen muchos casos en los que sólo una pequeña porción de la imagen podría ser diagnósticamente útil y el resto contiene información irrelevante para el diagnóstico. Esta porción de la imagen que es de mayor utilidad es llamada ROI o «región de interés».

En este tipo de imágenes médicas, los algoritmos que proporcionan compresión sin pérdida en las regiones de interés, y compresión con pérdidas en cualquier otra parte de la imagen, podrían ser la clave para obtener una eficiente y exacta codificación de la imagen para la comunidad médica.

La mayoría de los trabajos de codificación basados en región se han enfocado al objetivo de identificación de regiones con diferentes características, a las cuales se les podría aplicar diferentes esquemas de codificación. Pero esto requiere que la imagen de entrada sea segmentada para dar lugar a las regiones espaciales. Las regiones pueden diferir en sus características de niveles de gris o en sus niveles de importancia. La división en regiones o segmentación de las imágenes puede ser útil para dos propósitos muy distintos, aunque, por supuesto, podría ser útil para ambos propósitos a la vez. Estos son los siguientes:

- La segmentación puede permitir el uso de esquemas de codificación a medida para las diferentes regiones. En este primer caso, la diferencia entre los niveles de calidad de las distintas regiones podría ser insignificante, pero la segmentación permite el uso provechoso de métodos diferentes aplicados a las regiones más apropiadas.
- La segmentación puede permitir la tarea de aplicar niveles de calidad diferentes para las distintas regiones. En este segundo caso, los métodos podrían ser idénticos excepto por sus asignaciones de bits, y el objetivo aquí sería producir niveles de calidad diferentes.

La figura 1 muestra la segmentación de una imagen en la ROI y el resto de imagen mediante una máscara dada.



**FIGURA 1.**  
 Partición de una imagen en el dominio espacial. (a) Corte original.  
 (b) Máscara del cerebro. (c) y (d) son las subimágenes interior o ROI  
 y la exterior respectivamente.

### 5.3. Compresión de Imágenes Médicas con Técnicas Progresivas

Como sabemos, existe una relación inversa entre la tasa de bit de la codificación y la distorsión al usar compresión con pérdida. Así, cada bit adicional de información usado en la reconstrucción de una imagen comprimida podría mejorar su calidad. Los métodos de compresión de las imágenes podrían ser llamados progresivos cuando permiten que una imagen sea construida gradualmente conforme más y más bits se reciban. Inicialmente, la imagen tendrá una baja calidad, pero será refinada conforme se vayan añadiendo bits para su construcción.

Las técnicas progresivas están particularmente bien indicadas para aplicaciones de imágenes médicas como la teleradiología, donde es po-

sible transmitir una imagen de baja calidad sobre un enlace de comunicación de baja velocidad para una consulta preliminar, seguida por imágenes más detalladas con utilidad en diagnóstico.

En el trabajo de [Anderson95] se puede encontrar una transmisión progresiva de los datos una vez que estuvieron comprimidos. Se utilizó una transmisión progresiva de forma que en principio se enviaban los bits necesarios para la reconstrucción de una imagen con baja calidad, para a continuación enviar más bits que permitieran una reconstrucción en destino de calidad superior. La figura 2 muestra la mejora de calidad producida en una imagen que es transmitida progresivamente.

En este trabajo también se han combinado las técnicas de compresión basadas en región con la transmisión progresiva, pudiendo establecer una tasa de compresión global de cada imagen, de forma que la ROI es comprimida con una baja tasa de compresión, mientras que el resto de la imagen se comprime fuertemente. Es posible variar la tasa aplicada a la ROI, con lo que también variará la tasa de compresión del resto de la imagen, pero manteniendo una tasa global concreta. En la figura 3 podemos ver como se mantiene una misma tasa de compresión global, mientras se da más o menos importancia a la ROI, correspondiendo en esta figura a la parte interior del cerebro.

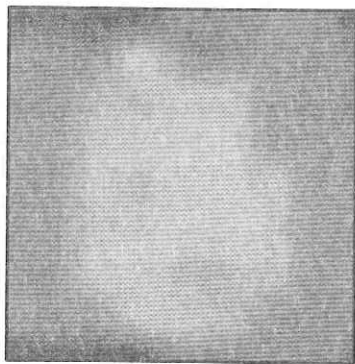
En [Anderson95], pues, se consigue un método para compresión de volumen 3D, en que se permite mejorar la calidad de la reconstrucción de las regiones importantes a expensas de las regiones menos importantes.

## 6. TENDENCIAS EN LA COMPRESIÓN DE IMÁGENES MÉDICAS

La mayoría de las técnicas actuales en investigación se encaminan hacia una compresión con pérdidas o bien una compresión basada en región donde sólo la ROI o región de interés se mantiene con muy poca o ninguna pérdida de información, pero es el resto de la imagen, que no es clínicamente importante, la que sufre mayores pérdidas.

Los estudios más recientes de algoritmos de compresión de imágenes médicas con pérdidas han usado algoritmos que usan *descomposición por sub-banda* o la *transformada wavelet* combinados con *cuantificación vectorial* o *escalar*. Estas descomposiciones de la señal proporcionan numerosas ventajas potenciales sobre las descomposiciones tradicionales, como la de Fourier o la DCT (Transformada del Coseno Discreto) empleada en JPEG.

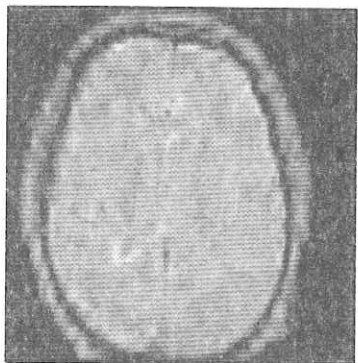
En prácticamente todas las investigaciones que se llevan a cabo para aplicaciones médicas se requiere que la imagen original y la imagen procesada sean visualmente indistinguibles. Aunque más bien, se debe demostrar que la información esencial de la imagen original no



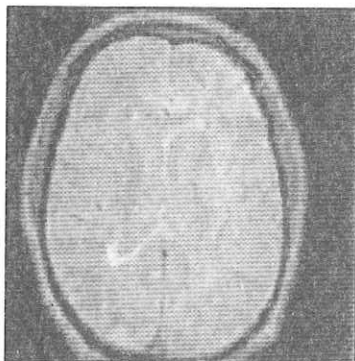
(a)



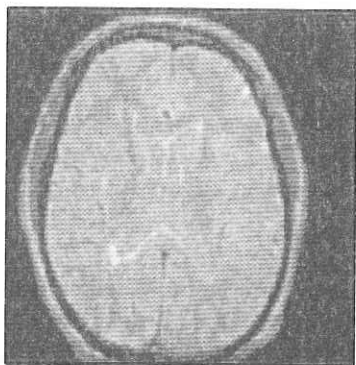
(b)



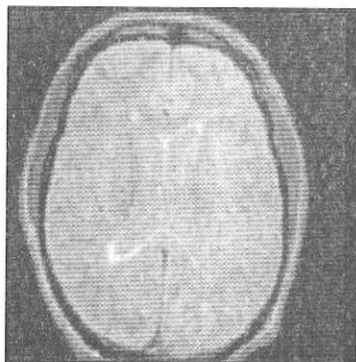
(c)



(d)



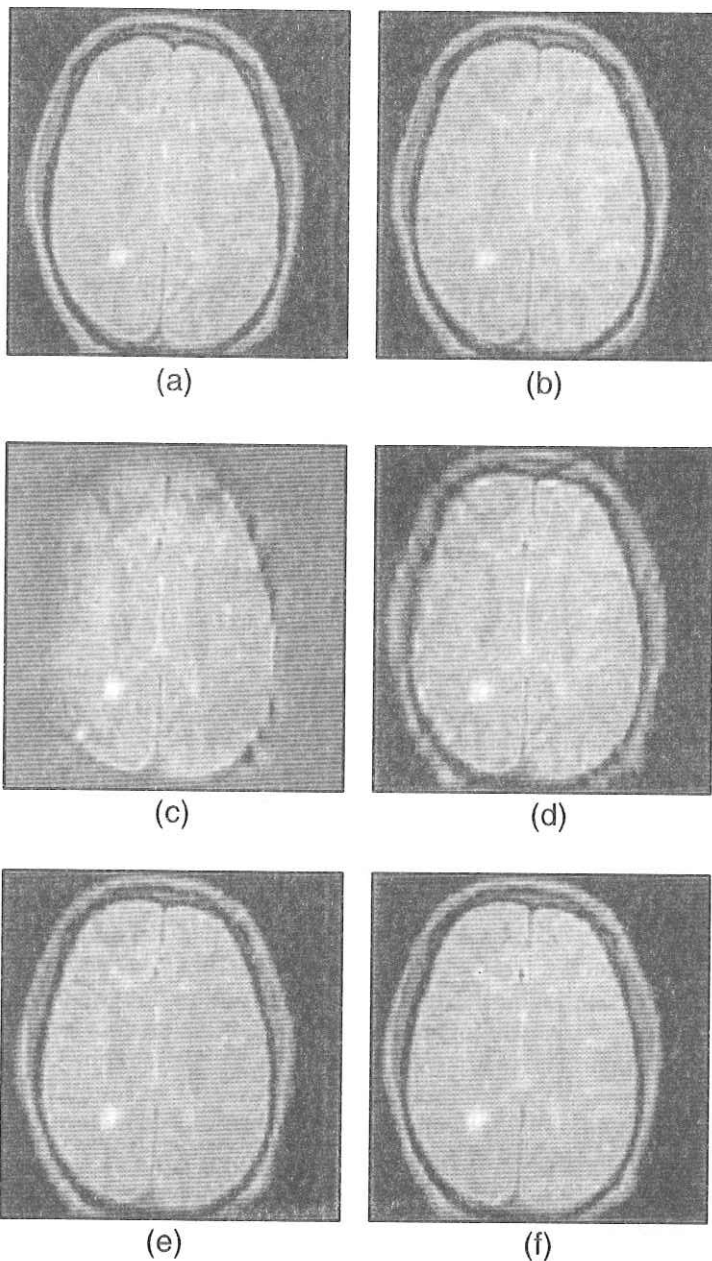
(e)



(f)

**FIGURA 2.**

**Reconstrucción progresiva de una imagen. (a) Representación con 512 bits, (b) con 2048 bits, (c) con 8192 bits, (d) 32768 bits, (e) 131072 bits y (f) con 524288 bits representa la imagen original.**



**FIGURA 3.**

(a) Imagen original. (b) Codificación a 30:1 para la imagen completa. (c), (d), (e) y (f) Codificaciones basadas en región considerando la ROI en el 100%, 90%, 70% y 50% de importancia respecto a toda la imagen, respectivamente.

ha sido perdida en el procedimiento de compresión u otros, y que la imagen procesada es igual de útil que la original para el diagnóstico, la visualización o cualquier otro propósito para el que sea utilizada.

Algunas de las direcciones de la investigación actual en el campo de la compresión de imágenes médicas son las siguientes:

- Mejora de las técnicas de compresión existentes para seguir con el desarrollo de los entornos de radiología digital tales como PACS y teleradiología. Para estas mejoras, se podrían estudiar fractales, codificación 3D o hasta 4D y por supuesto, la aplicación de computación paralela para la obtención de sistemas en tiempo real.
- Utilización del modelado basado en conocimiento para la compresión de imágenes.
- Desarrollo de un método general para la caracterización de pérdidas de compresión de imágenes médicas, para poder dirigir los temas legales y regulatorios asociados con estas imágenes.

## 7. CONCLUSIONES

A lo largo de este trabajo hemos podido comprobar que las imágenes médicas, por su gran volumen y la necesidad de su almacenamiento y transmisión por redes de comunicaciones, han de ser comprimidas para su más eficiente uso.

La mayor parte de los usuarios implicados en el uso de las imágenes médicas, prefieren una compresión sin pérdida de los datos médicos, a pesar del gasto de recursos que provocan. Y aunque las técnicas de compresión con pérdidas ofrecen unas mejores prestaciones, no suelen ser aceptadas por la comunidad médica. Sin embargo, según múltiples investigaciones llevadas a cabo por diferentes autores, se ha podido comprobar como las imágenes comprimidas con pérdidas, a niveles aceptables, pueden jugar el mismo papel que las imágenes originales manteniendo el mismo valor que éstas. Es por esto que la tendencia sobre compresión de imágenes médicas está encaminada hacia unas mayores tasas en la compresión, aunque suponga cierta pérdida de información en las imágenes reconstruidas.

En cuanto a las diferentes técnicas para la compresión, los estándares de imágenes generales no consiguen los mejores resultados si los comparamos con otras técnicas no estándares. Sin embargo, no existe una técnica totalmente válida para todas las modalidades de nuestras imágenes, sino que cada tipo de imagen tiene sus propias características y consigue mejores resultados en compresión con una técnica muy particular. Esto significa, que por ahora no ha sido posible localizar una técnica de compresión específica que produzca buenas prestacio-

nes para las imágenes médicas en su conjunto. A pesar de esto, la tendencia se encamina hacia un reducido número de técnicas que podrían dar lugar en el futuro a un estándar de compresión de imágenes médicas, que no existe hoy día. También podría pensarse en la realización de un pequeño análisis a la imagen, previo a la compresión, permitiendo hacer la elección de la mejor técnica aplicable a ese tipo de imagen en particular.

A pesar de la inexistencia de estándares de compresión de imágenes médicas, sí que existen estándares de comunicación para este tipo de imágenes, con DICOM a la cabeza. Estos estándares, aceptados por las principales instituciones y fabricantes relacionadas con las imágenes médicas, permitirán una comunicación eficiente y universal de estos datos con cualquier equipo que admita el estándar. Esto supone un gran avance para la compatibilidad de equipos que manejan las imágenes médicas.

## BIBLIOGRAFÍA

- ANDERSON, M. (1995): «Task-Oriented Lossy Compression of Magnetic Resonance Images». Thesis of Simon Fraser University.
- BASKUT, A.; MAGNIN, I. & GOUTTE, R. (1992): «Adaptive discrete cosine transform coding algorithm for digital mammography». *Optical Engineering*, 31(9): 1922-1928.
- BHASKARAN, V. & KONSTANTINIDES, K. (1995): «Image and Video Compression Standards. Algorithms and Architectures». Klumer Academic Publisher.
- BHASKARAN, V. & KONSTANTINIDES, K. (1997): «Image and Video Compression Standards. Algorithms and Architectures». Second Edition. Klumer Academic Publisher.
- BROWN, C. W. & SHEPHERD, B. J. (1995): «Graphics File Formats: Reference and Guide». Prentice Hall.
- CLUNIE, D.; MITHCELL, P. et al. (1994): «Detection of discrete white matter lesions after irreversible JPEG compression of MR images. Proceedings of S/CAR 94»: Symposium for Computer Assisted Radiology, pp. 204-209. S/CAR, Symposia Foundation.
- COLLINS, C. et al. (1994): «Design of a receiver operating characteristics (ROC) study of 10:1 lossy image compression». In Harold L. Kundel, editor, *Medical Imaging 1994: Image Perception*, Proceedings of SPIE 2166, pp. 149-158. SPIE.
- COSMAN, P.; GRAY, R. & OLSHEN, R. (1994): «Evaluating quality of compressed medical images: SNR, subjective rating, and diagnostic accuracy». *Proceedings of the IEEE*, 82(6): 919-932.
- GONZÁLEZ, R. & WOODS, R. (1992): «Tratamiento digital de imágenes». Addison-Wesley/Díaz de Santos.
- HORII, S.; PRIOR, F. et al. (1995): «DICOM: An Introduction to the Standard». University of Pennsylvania.  
[www.ipl.utmc.edu/radiology/inforad/dicom\\_std/dicom\\_PSU\\_in\\_tro.html](http://www.ipl.utmc.edu/radiology/inforad/dicom_std/dicom_PSU_in_tro.html)

- HU, J.; WNAG, Y. & CAHILL, P. (1993): «Semi-adaptive vector quantization and its application in medical image compression». Visual Communications and Image Processing '93, Proceedings of SPIE 2094, pp. 902-913. SPIE.
- HUANG, H. (1996): «Picture Archiving and Communication System in Biomedical Imaging». VCH Publishers, NY.
- HUANG, H. (1997): «Multimedia Applications in Health Care». IEEE Multimedia, Vol. 4, n° 2.
- KODAK, DIGITAL SCIENCE (1996): «Medical Imaging Product. The Fundamentals of DICOM».
- KOSTAS, T.; SULLIVAN, B. et al. (1993): «Adaptation and evaluation of JPEG-based compression for radiographic images». In Yongmin Kim, editor, Medical Imaging 1993: Image Capture, Formating, and Display, Proceedings of SPIE 1897, pp. 276-281. SPIE.
- NHS EXECUTIVE (1997): NHS Informatin Technology Standards. «Medical Imaging and multimedia standards».  
[www.imc.exec.nhs.uk/mimms/mis/medchars](http://www.imc.exec.nhs.uk/mimms/mis/medchars)
- PERLMUTTER, S. M.; COSMAN, P. C. & et al. (1998): «Medical image compression and vector quantization», Statistical Science, Vol. 13, N° 1, February 1998.
- SOL, C. & PHU, N. (1997A): «Ultrasound image coding using shape-adaptive quantization». Proc. of the Conference on Medical Images, Newport Beach, USA, vol. 3031, pp. 328-330.
- SOL, C. & PIÑOL, F. (1997B): «Adaptive predictive coding of ultrasound images». Proc. of the 11th. Int. Symposium in Computer Assisted Radiology and Surgery, p. 1004.
- SOL, C. & DEJEAN, C. (1996C): «Compression based on a geometric transformation of echocardiographic ultrasound images». World Congress on Medical physics and Biomedical Engineering (NICE'97), vol. 2, p. 1310, 1997.