

---

# “Radiología Digital, PACS, Telerradiología y Estrategias en Radiología”.

---

*Informática Médica Integral S.L.*

## ***Primera Parte. Radiología Digital***





<b>PRÓ LOGO .....</b>	<b>5</b>
<b>INTRODUCCIÓ N .....</b>	<b>7</b>
<b>LA IMAGEN DIGITAL .....</b>	<b>9</b>
Tendencia de la imagen digital en medicina.....	9
¡La radiografía digital verdadera llega!.....	10
Entonces. ¿Es qué, ya no viajamos en tren de vapor?.....	10
<b>RADIOLOGÍA DIGITAL.....</b>	<b>13</b>
El reto de la tecnología digital. ....	13
Cambios rápidos.....	14
Su composición.....	14
<b>Las estaciones de trabajo (WS).....</b>	<b>16</b>
Unidad Central.....	16
Los Monitores. ¿Hasta dónde?.....	17
Discos Rígidos. ¿Cuánto necesito?.....	18
Mi módem. ¿Es veloz?.....	20
<b>Archivos de Imágenes .....</b>	<b>22</b>
¡Aplastadas!.....	23
Terabytes. Es mucho, ¿verdad?.....	25
RAIDS.....	27
<b>Redes. ¿Para qué sirven?.....</b>	<b>30</b>
Arquitectura Centralizada.....	30
Arquitectura Cliente Servidor.....	31
Arquitectura Distribuida.....	32
Hubs, Bridges y Routers.....	35
Red de Área Local.....	36
Redes de Área Extendida.....	38
<b>Dispositivos de entrada/salida .....</b>	<b>41</b>
Spoolers.....	41
Frame grabbers.....	41
Digitalizadores: Láser y CCD.....	42
Radiografía computada.....	45
El nuevo mundo DICOM.....	48
Impresoras.....	53
Archivos.....	55
<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>57</b>



## PRÓLOGO

La Empresa Informática Médica Integral S.L., continuando con su ya acostumbrada labor de información, quiere presentar un manual sobre todos aquellos aspectos técnicos que intervienen día a día en un **Departamento de Radiología** para llevar adelante su digitalización.

En el año 1998 el Sr. Phillip Berman, Presidente de la Empresa Lumisys, Inc., escribió un manual titulado "Workstation, Nets, Teleradiology, PACS and something more...". Este manual fue además traducido al castellano y presentado por el Sr. Fernando Martín González del Departamento de Soluciones en Integración de Imágenes de la Empresa General Electric Sistemas Médicos. En la introducción el Sr. Berman escribió la siguiente frase: "**Me enorgullece informar que en los últimos 12 meses fueron solicitadas más de 1.000 copias de este manual, las que fueron distribuidas por y a radiólogos, técnicos, gerentes de producto de la industria, consultores y afines**".

El trabajo original publicado en Abril de 1998 se puede encontrar en la WEB de la Empresa Lumisys: <http://www.lumisys.com/support/techref/PACSPimer2.pdf>.

Pedimos al Sr. Martín que nos enviara una copia de dicho manual, la cual utilizaríamos para completar nuestras publicaciones sobre Telemedicina, Telerradiología y PACS que en años anteriores hemos entregado a nuestros clientes.

Parte de la información de dicho manual, la hemos utilizado para desarrollar los capítulos relacionados con las **Estaciones de Trabajo, Archivos de Imágenes, Redes y Dispositivos Entrada / Salida**. Esta información ha sido actualizada y adaptada a nuestro país.

Desde la Empresa Informática Médica Integral, damos las gracias a los señores Berman y Martín por permitimos poseer tan valiosa información.

Luis Miguel Torres Pérez  
Director Técnico IMI S.L.  
[miguel@imedi.com](mailto:miguel@imedi.com)



## INTRODUCCIÓN

En los últimos años estamos siendo testigos de la explosión de dispositivos y redes de imágenes digitales en Hospitales, en el Hogar e incluso en los Supermercados.

Es casi imposible, hoy día, tomar un periódico o revista que no incluya un artículo sobre PC o Internet. En lo que se refiere a la radiología, se dice que en la RSNA (Sociedad de Radiología de los Estados Unidos) uno ni siquiera puede vender bolsas de bario si no está conectado a una estación de trabajo. Sin embargo, muchos radiólogos que trabajan frente a consolas de TC, RM o una terminal de angiografía que cuestan alrededor del millón de dólares, siguen sin estar realmente familiarizados con los Ordenadores Personales (PC) o incluso, en ocasiones, sienten miedo escénico al sentarse delante de ellos.

Esta fotografía va cambiando a ritmos acelerados, son varios los factores que influyen en ello. Los fabricantes de equipos médicos enfocan los productos a las nuevas generaciones, la tecnología basada en películas de Rx comienza a perder valor y eventualmente desaparece ("*filmless radiology*"). Los sistemas bivalentes de película y red digital se vuelven más caros que los sistemas sin película. La utilización de las tecnologías basadas en PC se cultivan ya desde la niñez y la próxima generación no necesitará entrenamiento para ello, lo cual reducirá los costos en entrenamiento. La especialización de los radiólogos nuevos se realiza sobre sistemas "*filmless*". El costo de los PACS y RIS/PACS disminuye continuamente, y la implantación e integración de los PACS/IT maduran a ritmos acelerados. El camino hacia el funcionamiento totalmente digital y "*filmless*" es inevitable, sólo perdura la duda del cronómetro.

Si Usted pertenece a la amplia gama de médicos, físicos, técnicos, gerentes de hospitales y vendedores brillantes, que manejan diariamente aparatos computados tales como Tomógrafos Computados, Resonadores Magnéticos, Angiografía de sustracción digital, sistemas CR, o que se ven envueltos en equipos relacionados con la radiología digital, le sugerimos que lea las páginas que siguen a continuación. Con este folleto nuestra intención es poner a su disposición una guía amplia donde se incluyen desde los elementales conceptos del mundo de la radiología digital hasta las diferentes metodologías de trabajo utilizadas por aquellos que han desarrollado y llevado adelante los procesos de digitalización de un **Servicio de Radiología**. Por ello, los autores y en especial la Empresa Informática Médica Integral, S.L., le agradecen su interés y estamos a su disposición para cualquier sugerencia.

M.D. Luis Miguel Torres Pérez  
Director Técnico IMI S.L.  
[miguel@imedi.com](mailto:miguel@imedi.com)

Lic. José Luis Martínez Cuadros  
Director Comercial IMI S.L.  
[jose@imedi.com](mailto:jose@imedi.com)



## LA IMAGEN DIGITAL

Hace casi un siglo que la radiología utiliza la proyección convencional con películas para capturar la imagen de Radiografía. La película expuesta se procesa químicamente y se crea una imagen visible para el diagnóstico. Alrededor de los años 60, la película de radiografía en combinación con pantallas intensificadoras fue el método más utilizados debido a su funcionalidad y la calidad de imagen obtenida.

Con las películas radiográficas se han ejecutado todo tipo de funciones: capturas, visualización, almacenamiento y comunicación de los datos con la imagen. Muchos investigadores creen que sólo se puede esperar de estos sistemas de película pequeñas mejoras en calidad de la imagen en el futuro.

### Tendencia de la imagen digital en medicina.

Las modalidades de la imagen digital, tales como la Tomografía Computada (TC), el Ultrasonido (US) y la Medicina Nuclear (MN), ganaron gran aceptación en la década de los años 70. En los 80 apareció la Resonancia Magnética (RM) y la Angiografía por Sustracción Digital (DSA), fortaleciendo la tendencia hacia la imagen digital. Aun así, la radiología convencional con película constituía entre el 65% al 70% de todos los exámenes de diagnóstico que se realizaban.

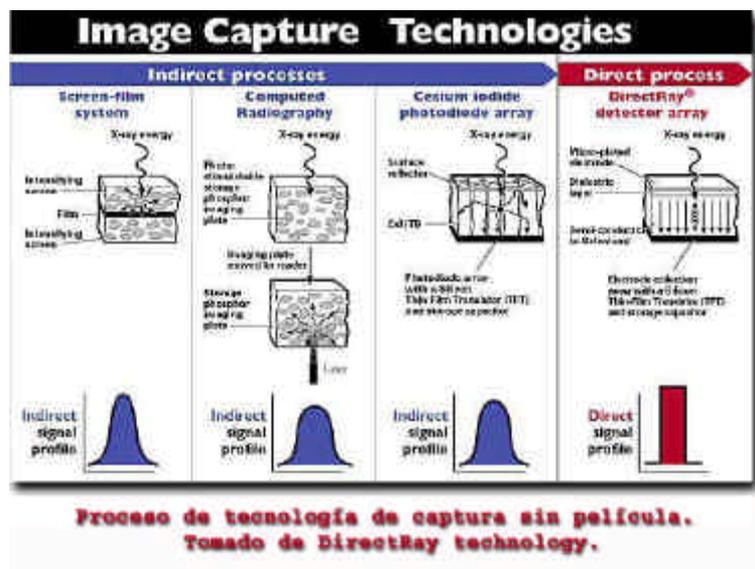


Figura 1.

No es hasta la década de los años 90, que todo el esfuerzo por integrar la radiología en un ambiente digital lleva a los tecnólogos a pensar en medios que requieran compromisos satisfactorios para la conversión de la radiología convencional. Un primer paso fue la utilización de los sistemas de digitalización de películas mediante escáneres, el segundo con la aparición de los primeros sistemas de películas de fósforo y, finalmente, los sistemas de captura directa (ver Figura 1).

## ¡La radiografía digital verdadera llega!

Durante los 10 últimos años, las investigaciones realizadas sobre la alternativa de la imagen digital sin películas han llevado al desarrollo de sistemas de captura directa de la imagen digital. Sólo recientemente, es técnicamente posible y económicamente viable utilizar tecnologías electrónicas para reemplazar la película radiográfica en tres de sus cuatro funciones: visualización, almacenamiento y comunicación. El despliegue de monitores de alta resolución con elevada luminancia, las altas prestaciones de los ordenadores actuales representados por las estaciones de trabajo, la posibilidad de tener imágenes digitales activas en dispositivos de almacenamiento que pueden recuperar grandes cantidades de datos e imágenes y las redes modernas que son capaces de transmitir imágenes archivadas a gran velocidad, donde y cuando se requieran, ha permitido definitivamente ganar la batalla de la imagen digital.

El próximo paso crítico en este floreciente mercado digital es lograr que la imagen radiográfica convencional se integre de forma natural a todo el sistema de imagen digital de diagnóstico que ya existe. El cuidado de la salud cambiante requiere de un sistema de diagnóstico veloz con imágenes digitales de alta calidad, visualización apropiada, recuperación eficaz y comunicación con sistemas alternativos.

## Entonces. ¿Es qué, ya no viajamos en tren de vapor?.

Si colocásemos en un gráfico en el tiempo observaríamos que la velocidad en la obtención de la imagen diagnóstica para la realización del informe se está acercando a los límites físicos posibles (ver Figura 2). Hoy día se logra obtener una imagen diagnóstica desde el momento de efectuada la exposición a los Rx en 6 segundos.

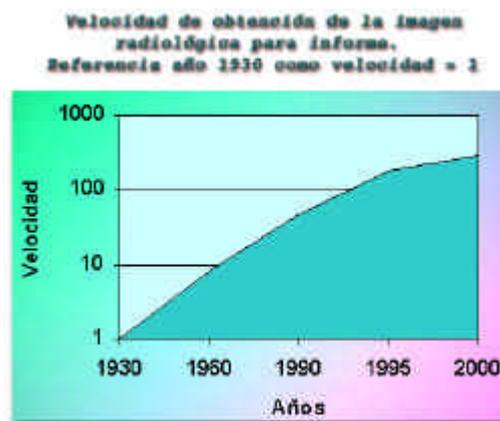


Figura 2.

Si tomásemos el año 1930 como valor 1 de velocidad, observaríamos que hoy obtendríamos las imágenes diagnósticas a velocidades próximas a 400, o sea que ya no podemos **viajar en tren de vapor**, “**volamos**” en el AVE.

La realidad se abre ante los ojos de todos, la radiología digital esta abarcando el mercado a pasos de gigante y cada vez los precios son menores. Sin embargo, la pregunta es cada vez más elocuente: ¿Cómo podemos implantar un correcto sistema de imagen digital en nuestro

centro?. La respuesta es muy sencilla: Se requiere la planificación de todo el sistema. Hoy día existe la Metodología para la Planificación de las Tecnologías de la Información (IT), y desde el año 1997 se utiliza un modelo efectivo para realizar "Encuestas para Solicitudes de Respuesta (RFP acrónimo en inglés de Request for Proposal)" con lo cual la implantación de un sistema PACS/IT es un compromiso entre Hospital (comprador) y Empresas que desarrollan PACS (vendedor).



## RADIOLOGÍA DIGITAL

Desde el surgimiento del registro de imágenes por fluoroscopia con exposiciones únicas o secuenciales en tiempo real, las cuales fueron llevadas a un ordenador para su ulterior análisis, se dio paso a lo que todos hoy denominamos "**Radiología Digital (RD)**".

El ulterior e imparable avance de las tecnologías de la información, en especial la electrónica y la informática, han dado lugar a que la RD conviva ya con el "**Diagnóstico por la Imagen (DI)**" como si de placas se tratase. La introducción de modalidades radiológicas con adquisición digital: Tomografía Computada (TC), Angiografía de Substracción Digital (DSA), Medicina Nuclear (MN), Imagen por Resonancia Magnética (RM), Ultrasonidos (US), y finalmente, con la Radiografía Computada (RC), ha facilitado obtener un vasto campo de experiencias en la gestión directa de las imágenes en formato digital. La imagen médico-diagnóstica digital constituye hoy día un paradigma de requerimientos para cualquier sistema informático: Las imágenes radiológicas presentan un volumen muy elevado de información, tanto por sus características de resolución espacial, como por el volumen de datos o número de imágenes por exploración. Transmitir, almacenar y visualizar imágenes a ritmos acelerados se convirtió en todo un reto al que se ha logrado llegar. El adelanto de las telecomunicaciones ha hecho posible la transmisión, después de adquiridas, de las imágenes desde los departamentos de radiología, a diversas áreas de consulta. Inclusive, esta "digitalización" de imágenes permite su transmisión a gran distancia[1].

### El reto de la tecnología digital.

La digitalización de los servicios de radiología requiere fundamentalmente una reconversión de la organización del departamento y de la cultura del centro. "El reto tecnológico está superado con los equipos existentes, pero ha de ser comprendido y aceptado por quienes se encargan de manejar los aparatos"[2].

Este reto se puede definir en 5 puntos[3]:

- Primero. La integración digital de la imagen es factible y asequible.
- Segundo. Cada hospital ha de seguir su propio camino, ya que no hay una solución única para todos los centros.
- Tercero. Internet y su protocolo (TCP/IP) son el camino a seguir en el proceso de cambio.
- Cuarto. La forma de implantación ha de ser siguiendo los estándares establecidos (DICOM para imágenes y HL-7 para historias clínicas).
- Quinto. Requiere una adaptación de las personas y de la organización del servicio.

Este último punto es muy importante. La experiencia ha demostrado que existe cierta resistencia latente entre los médicos a las radiografías digitales, puesto que la escala de gris es diferente y en algunas ocasiones, como en el contraste de los huesos, el diagnóstico puede ser

más laborioso. *La solución:* contar con la colaboración de un experto en tecnología dentro del servicio que sea capaz de adaptar el sistema al entorno, promover su implantación y ayudar al resto de los usuarios en las fases iniciales.

### **Cambios rápidos**

La renovación tecnológica es, sin embargo, un problema dada la rapidez con la que se producen los cambios. Un equipo puede estar en condiciones excelentes, pero al cabo de varios años puede quedar obsoleto. Esto implica un esfuerzo económico de adaptación continuo.

El análisis del riesgo subsiguiente para los requisitos cambiantes de todo el sistema de funcionamientos de radiología, y la futura obsolescencia técnica, como riesgos mayores se deben proyectar a largo plazo. Para reducir los riesgos se deben adoptar los siguientes principios:

- ?? El sistema debe ser configurado sobre una plataforma abierta, de forma tal que se puedan agregar y/o anular segmentos sin que ello altere su funcionalidad. Debe ser posible acrecentar su funcionalidad.
- ?? La integración de todo el sistema debe estar basada en módulos que funcionen independientes, pero cada uno como bloques monolíticos.
- ?? Adhesión a las normativas de la industria y estándares que anulen la dependencia de los propietarios.

Una plataforma abierta asegura la interoperabilidad entre los diferentes componentes de los fabricantes, y evita tener “cajas negras” cerradas con llaves de sistemas propietarios de los diferentes vendedores. La modularidad permite la adaptación a los ambientes cambiantes y disminuye el impacto por cambios en módulos locales[4].

En todo caso, las ventajas superan a los inconvenientes, ya que la era electrónica abre la puerta a la rapidez, a la conexión de los servicios de un centro y con otros alejados mediante Telerradiología. También se descarga de trabajo a muchas personas (por ejemplo a los documentalistas) y se evitan las duplicidades.

### **Su composición.**

Es difícil hablar de la composición de la RD sin tener en cuenta todo lo relacionado con un servicio de radiología. Dentro de la RD entran los equipos productores de imágenes médicas (TC, RM, US, DSA, RC, MN, etc.), los sistemas de adquisición de imágenes, redes de comunicación, sistemas de gestión de información y de pacientes, sistemas de archivo, estaciones de diagnóstico primario locales o remotas, estaciones de visualización y revisión, y sistemas de gestión de impresión de imágenes.

La gran mayoría de estos componentes, exceptuando los equipos productores de imágenes médicas, se puede encontrar en Sistemas de Información Radiológica (RIS acrónimo en inglés de Radiology Information System), Sistemas de Comunicación y Archivo de Imágenes (PACS acrónimo en inglés de Picture Archiving and Communication System) y Sistemas de Integración de Imágenes e Información Clínica de los Pacientes (IMACS acrónimo de Image Management and Communication System).

Sin embargo, a pesar de la gran cantidad de nombres que se las ha dado y siglas de los mismos, la base técnica de todo este entramado la podemos encontrar en sus partes fundamentales:

- 1.- Estaciones de trabajo (Workstation).
- 2.- Sistemas de Archivo.
- 3.- Redes.
- 4.- Dispositivos de entrada/salida.

A explicar el funcionamiento y la estructura de estas partes dedicaremos nuestras próximas páginas.

*Observación: Todos los precios que aparecerán en este documento están calculados en Euros.*

## Las estaciones de trabajo (WS)



La Estación de trabajo, comúnmente llamada "Workstation" (inglés), es básicamente un PC de mayor potencia, dado por mayor capacidad de memoria RAM (un poco más costosa), más capacidad en sus discos rígidos, y la colocación de tarjetas (también costosas) para trabajar con monitores de alta resolución o más de un monitor; incluso con

salida/entrada de vídeo. La WS esta compuesta de varias partes:

- ?? La unidad central donde se encuentra la CPU (Unidad Central de Procesamiento), la Memoria RAM y los Discos Rígidos. También puede tener un dispositivo de lectura y/o grabación magneto-óptico. En esta unidad central se colocan además las tarjetas controladoras de vídeo para monitores.
- ?? Los monitores.
- ?? Periféricos.
- ?? Sistema Operativo.
- ?? Software de visualización y gestión de imágenes e informes de pacientes.



Atendiendo a estas características en su composición, las WS pueden tener diferentes precios.

### Unidad Central

El componente básico de la unidad central es la CPU. La CPU es el hardware que determina en gran medida el precio de la unidad básica. Por ejemplo, Intel (y otras casas similares) fabrican en la actualidad procesadores Pentium III a 700 MHz y superiores (o análogos). También existen los fabricados por Cyrix. Motorola que fabrican un conjunto de CPUs diferentes utilizados en equipos Macintosh. Sun fabrica CPUs para Sun Workstations, Silicon Graphics para workstations SGI. El precio de la CPU (y de las otras bondades sobre la placa base) determinan la velocidad y el costo del ordenador.



Sobre esta placa base (llamada también placa madre) existen unas ranuras (llamadas comúnmente *slots*) donde se colocan las tarjetas que se requieren para darle la funcionalidad al PC. La memoria RAM (Random Access Memory) es una de las partes fundamentales y es colocada en la placa base en los slots correspondientes. Son pequeñas tarjetas que pueden tener hasta 512 Mbytes. En la actualidad se pueden colocar hasta 4 tarjetas de RAM (No me gusta poner cifras porque cambian casi a diario pero dará una medida de hasta donde es posible llegar en memoria RAM. 4 tarjetas de 512 MB = 2 GB, ¡Casi nada!. ¿Verdad?).

Sobre la placa base se colocan también las tarjetas de RED (de las que hablaremos mas adelante en el capítulo de redes), las tarjetas de módem (otro tema que trataremos en este

folleto) y las tarjetas de vídeo que van estrechamente vinculadas al tipo de monitor o monitores a instalar.

Dentro de la unidad central y conectados a la placa base van los dispositivos de almacenamiento de información que generalmente son Discos Rígidos, Dispositivos de lectura/escritura sobre discos o cintas magneto-ópticas y, por último, tarjetas SCSI para discos rígidos más veloces. A veces en una WS se colocan sistemas RAID para recambio de discos rígidos UltraWide SCSI en caliente (o sea con el ordenador funcionando).



Una unidad central puede estar compuesta por:

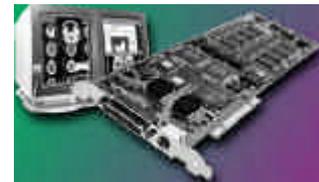
Placa Base LG-1440. CPU INTEL Pentium III 700 MHz. Con 512 Mbytes RAM. HD 18 GB UWSCSI. Tarjeta UWSCSI. Lector/Grabador CD-ROM. Tarjeta de RED 10/100 Mbits. Sistema UPS 800VA 20 minutos.

Entonces, una Unidad Central como la arriba descrita, sin tener en cuenta en la placa base la tarjeta controladora de vídeo, puede costar hoy día en el mercado entre **3000** y **3400 Euros**.

### Los Monitores. ¿Hasta dónde?.

El monitor es quizás la parte visible más interesante. Tiene un peso específico muy elevado en el costo de una WS.

Los monitores para las estaciones de visualización y diagnóstico primario, en la cual se representarán imágenes de matrices pequeñas y grandes, deben cumplir las siguientes características[5]:



La **luminosidad** de los monitores no debe ser menor de 50 ft-L (equivalente a 538 lumens/m<sup>2</sup>). La brillantez y el contraste están estrechamente relacionados, y suponen una gran diferencia en la percepción de la calidad de las imágenes médicas. Los monitores en Gris (blanco y negro) son generalmente más brillantes y tienen mejor contraste que los de color.

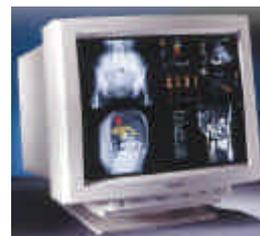


La **colocación** de los monitores deberá ser tal que evite o elimine los reflejos de la luz ambiente sobre la pantalla del monitor. Además, la luz ambiente debe ser tan baja como sea posible.

Se recomienda utilizar monitores monocromos con **resolución** de 2048x2560 (portrait) y 4096 **niveles de gris** para diagnóstico primario de radiografías de tórax (hasta 35x43 cm). Para otras radiografías la resolución aceptada por ACR es 1600x1200 (landscape) o 1200x1600 (portrait). El monitor deberá tener un tamaño de pixel ("dot pitch") de

0,26 o menor. Frecuencias de refresco del monitor mayores a 60 Hz. Para diagnóstico primario

de imágenes provenientes de CT, RM, US o RM es posible utilizar monitores color con resoluciones de 1800x1440 (landscape) y 24 bits color.



La **distorsión** es otro de los aspectos a considerar. Para monitores grandes de alta resolución, la distorsión puede ser un problema real.

Los monitores grandes con amplia curvatura en el cristal CRT tienen imágenes altamente distorsionadas. Por lo tanto, es recomendable utilizar monitores con pantallas lo más planas posible, o monitores que rectifiquen la distorsión con el tamaño del pixel.

El “**blooming**” (dispersado de regiones claras en las regiones aledañas). Deben colocarse en las estaciones de visualización monitores con ausencia de “blooming”. Esta propiedad en los PC esta estrechamente vinculada a las tarjetas de vídeo utilizadas (evitar tarjetas con “interleave”) y la frecuencia de refresco (monitores que soporten frecuencias de refresco de 100 Hz).

Existen otras propiedades de los monitores, como su relación entre la luminancia (variable física) y la brillantez (variable perceptual) que no es lineal. Por otra parte, el contraste en niveles de gris y la variación de la intensidad en cada pixel depende de la representación de la imagen[6]. Desde el punto de vista del observador existen tres atributos importantes: la fidelidad, la informatividad y la atractividad de la imagen. La fidelidad de la imagen está expresada en términos de resolución espacial, resolución de niveles de gris, linealidad de los niveles de gris y el ruido de la imagen. La informatividad está expresada en términos de la visibilidad diagnóstica en los rasgos importantes, y la detección de las anomalías en la imagen. La atractividad está expresada en las propiedades estéticas de la pantalla y el despliegue de las imágenes[7].



Para utilizar estos monitores en los PC es necesario colocar en la placa base tarjetas controladoras de vídeo especializadas, que a su vez también encarecen el precio de las WS.

Atendiendo al tipo de monitor y tarjeta controladora de vídeo, las WS pueden llegar a costar desde **16 000** hasta **25 000 Euros** para uno o dos monitores respectivamente, con resolución de 2560 x 2048 megapixels (o sea 4096 niveles de gris) portrait o landscape. Para monitores landscape color con resolución de 1800 x 1440, el precio de una WS puede establecerse entre los **6 950** y **8 200 Euros**, para uno o dos monitores respectivamente.

### **Discos Rígidos. ¿Cuánto necesito?**

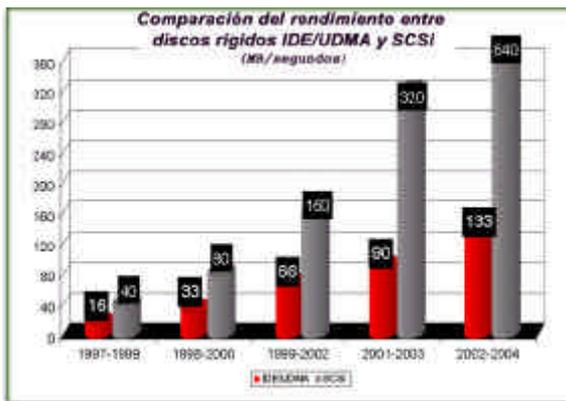
También hay otras cosas en esa pequeña caja. El disco rígido es el encargado de guardar toda la información de la WS, las imágenes, los documentos, el sistema operativo y todo aquello que es importante. En dicho disco duro se almacena toda esa información en forma de archivos, que después pueden ser consultados. Pero como todo equipo electromecánico el disco rígido tiene una vida limitada. ¡Quédese tranquilo!, la información quedará allí cada vez que apague

su ordenador y lo vuelva a encender, pero recuerde una regla de oro: **“Nunca olvide hacer copias de seguridad”**. Muchas personas, aún habiendo leído esta regla de oro, e incluso conociéndola, no lo toman en serio hasta que falle su disco rígido por primera vez.

Lo terrible es que los discos rígidos sólo se destruyen cada uno o dos años como promedio, por lo que probablemente, sentirá una falsa seguridad hasta que esto le ocurra a usted.

Los discos rígidos vienen en distintos tamaños, y cuanto más grandes, es más difícil que fallen. Están medidos en Megabytes (MB), aunque en la actualidad son tan grandes que se miden en Gigabytes (GB) o sea 1024 MB. En 1985, 20 ó 40 MB era la capacidad de disco rígido, y se consideraba aceptable. Pero hoy en día sólo el sistema operativo Windows ocupa más de 300 MB. En 1993, 200-300 MB era la capacidad promedio de los discos rígidos y costaban cerca de 300 a 400 Euros. En 1995, lo común eran discos rígidos de 3-4 GB y costaban entre 150 y 200 Euros. Hoy, son comunes los discos rígidos con capacidad para 12-20 GB y el costo se mantiene en el mismo rango. ¿Se da cuenta?. **El costo de más espacio de disco rígido se mantiene en el tiempo.**

Otro apunte para su memoria: La capacidad de los discos rígidos se duplica aproximadamente cada 18 meses y siguen costando lo mismo, incluso más baratos. ¡Qué bien!



Algunos discos rígidos son más veloces que otros. El tiempo que le lleva a su disco leer una imagen, descomprimirla si está comprimida, y luego ubicarla en la pantalla, depende de la velocidad del disco. El “tiempo de acceso a disco”, medido en milésimas de segundo, es importante para el rendimiento de la WS, particularmente con grandes archivos de imágenes. Existen distintos tipos

de controladores de disco y juegan un papel importante al determinar cuán rápido es el tiempo de acceso. IDE (Dispositivo Electrónico Integrado), EIDE (Interface Extendida para Equipos Electrónicos), UDMA (Ultra Acceso Directo a Memoria) y SCSI (Interfaces de los Sistemas para Pequeñas Computadoras, pronunciado “escasi”) y el superamplio SCSI2. Las SCSI son las más veloces y las preferidas.

Además, para conservar espacio y reducir el tiempo de transmisión cuando se utilizan telecomunicaciones, las imágenes en los discos rígidos son generalmente “comprimidas” por algoritmos matemáticos, (JPEG, Wavelets y otros, que discutiremos más adelante en los temas relacionados a Sistemas de Archivo y Telerradiología). Por ahora basta decir que para leer las imágenes desde el disco rígido es necesario que éstas sean “descomprimidas” antes de ser mostradas en el monitor. Independientemente de la técnica utilizada, la descompresión lleva tiempo, diríamos que demasiado, para realizar en Diagnóstico Primario en una WS. Este aspecto también lo veremos más adelante en el tema relacionado con PACS.

## Mi módem. ¿Es veloz?.

Antes de escribir sobre los módems y los archivos de imágenes hagamos un paréntesis:

*Un bit es la forma de dato más simple. Es 0 ó 1. Un Byte está compuesto por 8 de estos bits juntos en una "palabra" parecida a 10101100. (Esto es un ejemplo de una palabra, pero algunas palabras de computadoras miden 16 ó 32 bits o sea 2 ó 4 Bytes). Eso sí, los bytes no se pueden dividir y las velocidades de los módems se miden en bits por segundos = baudios.*

Los módems son esas pequeñas cajitas detrás de los PC (cuando son externos) que producen chirridos para enviar información a través de las líneas telefónicas. A través del módem los PC pueden discar, conectar, establecer la comunicación ("handshake") y comenzar a transmitir información. Gran parte del chirrido es el inicio de la comunicación y la Modulación-Demodulación. Eso es exactamente lo que ocurre entre dos módems que están conectados. De aquí proviene la palabra módem **MO**dulación-**DEM**odulación.

Quizás algunos de nosotros recordemos aquellos primeros módems que tenían ventosas donde descansaba el auricular del teléfono (que tenía los extremos redondos). Estos módems funcionaban a 150 ó 300 baudios o bits por segundo (bps). Hoy en día, los módems se conectan directamente a la línea telefónica. Estos a su vez pueden ser internos (colocados en la placa base) o externos. Un módem externo se conecta al puerto serie del PC.

El módem externo tiene su suministro de energía por separado y un conjunto de luces que titilan cuando está en uso. El interno consume electricidad directamente de la computadora, por lo que generalmente es menos costoso y quizá más veloz si su placa del puerto serie no es de las más veloces. El problema de los módems internos es que cuando necesita reinicializar el PC ("resetear"), su módem se puede quedar inhabilitado. Para que el problema desaparezca, tendrá que apagar el equipo. Incómodo, ¿no? . Estas cosas no ocurren con módem externo.

Los módems de hoy en día son bastante más veloces que los primeros y van a velocidades de 56 Kbps. Pero además existen las líneas digitales (conocidas como RDSI - *Red Digital de Servicios Integrados*). Otra alternativa son las soluciones en red telefónica, que se comparan a las soluciones punto a punto, como los "frame relay" generalmente de 128 Kbps.

La siguiente opción es una línea T-1 (1,54 Mbps) o líneas parciales de 384 Kbps. También existen las líneas ATM que son más costosas, pero mucho más rápidas, hasta 30 Mbps o más. Otra forma es la transmisión utilizando ADSL (Asymmetric Digital Subscriber Line). Todas estas formas de transmisión las estudiaremos más adelante cuando tratemos el tema de Telerradiología.

Respondiendo a la pregunta ¿es veloz mi módem? tendríamos que preguntarnos ¿qué vamos a transmitir?.

Las líneas analógicas están disponibles en todas partes, pero su eficiencia oscila alrededor del 60%. Las líneas digitales RDSI que funcionan con anchos de bandas de 64 Kbps o multiples tienen eficiencias superiores al 85%. Las líneas RDSI no están disponibles en todas partes y donde están disponibles los precios varían de una compañía telefónica a otra.

Si lo que deseamos es transmitir imágenes debemos preguntarnos: ¿Cuánto tiempo demora en transmitirse una imagen?. Es probablemente la pregunta que más a menudo se hacen los representantes de las ventas de Telerradiología. Sin embargo, la respuesta no es simple. El tiempo de transmisión de una imagen es directamente proporcional al tamaño del archivo y la necesidad de rapidez de la respuesta. Para calcular el tiempo se utiliza la siguiente fórmula:

$$\text{TiempoTransmisión} = (\text{Tamaño de la matriz}) \times (\text{Profundidad en bits}+2) \times (\text{Porcentaje de Compresión}) / (\text{Velocidad de Transmisión}) / (\text{Efectividad de Transmisión}[\%])$$

Con ayuda de esta fórmula podríamos calcular lo siguiente: Cuantos exámenes se pueden enviar en 24 horas. (Tomando como parámetro que la eficiencia de la red es del 60% para RTC y del 80% para RDSI; y que la tasa de compresión 3:1)

Examen	56 Kbps	RDSI 64 Kbps	T1 (1,5 Mbps)
CR	115	130	3 000
TC	55	65	1 500
RM	90	105	2 400

Examen Radiográfico (CR): 2048 x 2560 x 16 bits por 2.5 imágenes.

Examen TC: 1024 x 1024 x 16 bits por 24 imágenes.

Examen RM: 512 x 512 x 16 bits por 60 imágenes.

**Tiempo (en segundos) de transmisión de una imagen de CT de 1024 x 1024 x 16 bits.**

Tasa de compresión	56 Kbps	RDSI 64 Kbps	T1(1,5 Mbps)
3:1	66	58	2,6
8:1	25	22	0,9
20:1	11	9	0,4

Para calcular si su módem es rápido o no, deberá conocer con anterioridad las necesidades del centro receptor.

¿Lo ha entendido?. No, no se preocupe, en el capítulo de Telerradiología lo explicaremos con mayor detalle.

## Archivos de Imágenes

Las imágenes se guardan en archivos en una computadora al igual que los documentos. Existen formatos de archivos estándar que son leídos por el software y luego visualizados como se describió más arriba. En los buenos tiempos, los fabricantes creaban sus propios formatos de archivo (propietarios). Esto resultaba bueno porque nadie podía leer sus archivos de imágenes, a menos que tuviera equipos que ellos mismos le hubiesen vendido. Los archivos eran muy compactos y rápidos en términos de comunicación en red (para archivar en disco, imprimir en película o revisar en una estación de visualización remota). **Desdichadamente, esto creó el equivalente radiológico de Bosnia. Todo el mundo estaba armado y resultaba peligroso y nadie hablaba el mismo idioma.**

Mientras tanto, el resto del mundo de la computación real creaba distintos formatos de archivo de imágenes estándar, que podían ser utilizados en publicaciones de documentos y gráficos. Muchos de nosotros deseábamos que nuestras imágenes médicas pudieran participar en nuestro procesador de texto y programas de presentación de gráficos. Algunos de nosotros, incluso, creamos aplicaciones Teleradiológicas que podían conseguir exactamente eso utilizando pequeños programas simpáticos que trabajasen con formatos tales como TIFF, PCX, BMP y GIF. Además de la información sobre el pixel, el “encabezado” en cada uno de estos tipos de archivo varía en formato y tamaño. Para que la vida sea interesante, la gente a cargo de NEMA (National Electrical Manufacturer Association) y ACR (American College of Radiology) crearon su propio formato de archivo de imágenes, conocido como formato ACR/NEMA. Ahora se lo ha renombrado en su tercera aparición como DICOM (Imágenes y Comunicaciones Digitales en Medicina) versión 3.0. En DICOM, las imágenes en escala de gris tienen 16 bits por pixel (o 2 Bytes por pixel), y las imágenes color tienen 24 bits por pixel más 8 bits por pixel de información de intensidad (o la impresionante cantidad de 4 Bytes por pixel).

La resolución espacial, o tamaño de una imagen digital, está definida como una matriz con cierto número de pixels (o puntos de información) a lo ancho y a lo largo de la imagen. Cuanto más pixels, mejor resolución. Esta matriz también tiene “profundidad”. La profundidad, generalmente es medida en bits y comúnmente es conocida como escala de gris: las imágenes de 6 bits tienen 64 niveles de gris, las imágenes de 7 bits tienen 128 niveles de gris, las imágenes de 8 bits tienen 256 niveles de gris y las imágenes de 12 bits tienen 4.096 niveles de gris.

El tamaño de archivo de una imagen particular está determinado por la multiplicación del número de pixels horizontales “por” el número de pixels verticales y luego multiplicándolo por el número de bits de profundidad de la escala de gris. Por ejemplo, una imagen puede tener una resolución de 640x480 y 256 niveles de gris, u 8 bits de profundidad en escala de gris. El número de bits en el conjunto de datos puede calcularse multiplicando  $640 \times 480 \times 8 = 2.457.600$  bits. Puesto que hay 8 bits en un byte, la imagen de 640 x 480 con 256 niveles de gris tiene 307.200 Bytes de información.

Ahora bien, no se pueden fraccionar los bytes. Si usted tiene una imagen de 12 bits y hay 8 bits en un byte, necesitará 2 bytes para expresar toda la información. Los últimos 4 bits (llamados "bits altos") están en cero. Es más, es necesario calcular el tamaño del archivo con 2 bytes por pixel al almacenar imágenes de 12 y 10 bits. (Nota: La radiografía computada utiliza, por lo general, imágenes de 10 y 12 bits).

Un poco más de matemática: lo anterior significa que una imagen de diagnóstico en película con certificación ACR tiene un mínimo de 2Kx2K, es decir, 2.000 x 2.000 pixels para un total de 4 millones de pixels. Cada pixel tiene 2 bytes (o 16 bits) de información, para un total de 8 millones de Bytes (8 Megabytes) por imagen. (El encabezado agrega unos miles de bytes, pero ¿a quién le importa con una imagen de 8 Megabytes?). 8 MB necesitan mucha RAM, un monitor de 68 kilos de peso y horas de tiempo de transmisión por línea telefónica común. Entonces ¿qué tenemos?. ¡A comprimir!

### **¡Aplastadas!**

Según lo explicado arriba, tendríamos que una imagen de tórax de 8 MB transmitida por una línea digital RDSI a 128 Kbps tardará 626 segundos (¡10,4 minutos!) en ser transmitida. Una Red de Area Local (LAN acrónimo en inglés de Local Area Network) que utiliza Ethernet (ver en el capítulo sobre redes) y que funciona a 10 Mbps, con una eficiencia, por lo general, que no supera el 35%, demoraría unos 25 segundos por imagen. Una situación que la mayoría de la gente frente a una WS no toleraría en ninguna clínica u hospital.

Puesto que estos cálculos son inaceptables, valdría la pena tener en cuenta la alternativa de comprimir las imágenes. ¿Es posible comprimir las imágenes de cualquier forma?. Claramente que no, pero generalmente las imágenes son comprimidas antes de ser enviadas.

Existen dos tipos posibles de compresión: la compresión exacta y la compresión irreversible.

Esta compresión exacta, llamada compresión sin pérdida ("*lossless*"), esta comprendida en tasas de 2:1 a 3:1 para no perder ninguna información en ellas. Y una vez que se pasa esta tasa, se producirá pérdida, independientemente de la técnica utilizada. El Colegio Americano de Radiólogos (ACR) recomienda para el diagnóstico primario algoritmos de compresión sin pérdida. Cuando las imágenes son recibidas en la Estación receptora, estas son descomprimidas y colocadas en sistemas de archivo donde pueden ser vistas con la aplicación existente en la Estación receptora, y así, proceder al diagnóstico de los estudios recibidos.

Si bien la compresión ayuda, no es suficiente: si se recalcula lo anterior, se pueden alcanzar 2,5 minutos por cada imagen a través de una línea RDSI de 128 Kbps o 2 segundos en una LAN.

En el caso de la compresión irreversible, compresión con pérdidas ("*lossy*"), las tasas de compresión son mucho más elevadas, pero las imágenes reconstruidas presentan pérdida de información o diferencias, con respecto a las imágenes originales. Sin embargo, muchos métodos de compresión irreversible se estudian en la actualidad dentro del dominio de las

imágenes médicas, en cuanto a mayor compresión destructiva pero no necesariamente detectable por el ojo humano.

Los algoritmos de compresión llevan tiempos para comprimir y descomprimir, pero por lo general, los radiólogos no se inclinan por los algoritmos que tardan más tiempo en descomprimir. Les agarraría un ataque esperando.

Hay distintos algoritmos de compresión. Los más populares son LCZ y JPEG. Los algoritmos más en boga y más nuevos están basados en Wavelets. DICOM 3.0 sólo acepta JPEG. JPEG es bastante bueno, razonablemente rápido para comprimir y descomprimir, y está ampliamente implantado. Algunas versiones mejoradas de JPEG permiten una compresión visualmente aceptable con tasas de 40:1 a 60:1. Y los cálculos obviamente mejoran...

Ciertas imágenes soportan determinada compresión sin sufrir una diferencia notable al ojo humano; en prácticamente todos los cortes de TC y RM se producen bordes negros alrededor de la imagen del paciente. La pérdida de algunos pixels no afecta la calidad percibida de la imagen, ni tampoco cambia en modo significativo la interpretación del lector.

El formato JPEG 10:1 "*convencional*" es adecuado para películas de Rayos X, TC, RM o Ultrasonido. Por lo tanto, utilizando este algoritmo se puede comprimir y la transmisión de una imagen de 2048 x 2560 a 12 bits de profundidad por una línea RDSI se puede realizar en 50 segundos, por una Red Ethernet de 10 Mbps en 1 segundo. El formato JPEG mejorado (eJPEG) permite una compresión de 30 a 70:1 sin una pérdida de calidad en términos de diagnóstico, y funciona mejor para Películas de Rayos X que para imágenes con formato de archivo pequeño. En cuanto a los formatos de archivo pequeños, los ratios de compresión visualmente aceptable varían entre 10 a 20:1; obviamente eJPEG soporta ratios superiores en películas. ¡Qué suerte!.

En la actualidad no existe un método de compresión que sea aceptado por completo por la comunidad de radiólogos, y en algunos lugares como los Estados Unidos, la legislación impide que se empleen algoritmos de compresión irreversible en imágenes médicas. Sin embargo, la proliferación de sistemas de información, y los volúmenes tan grandes de imágenes que se pretende utilizar, obligará al uso de algunas de estas técnicas aunque se trate de información complementaria.

Dentro de este esquema, el tipo de compresión irreversible sí tiene un papel importante que jugar. Una de estas técnicas son las utilizadas en compresión por Wavelet, pero tienen menos de dos décadas de antigüedad. Las Wavelets utilizan información de frecuencia para la compresión. Las técnicas varían enormemente y aún no están maduras. Las mejores probablemente todavía esperan ser descubiertas, a diferencia de las técnicas de compresión por JPEG de larga implantación y bien entendidas.

Resulta claro que la compresión por Wavelet no es compatible con el estándar DICOM 3.0. El resultado final es que en una WS vendida por un fabricante de buena reputación, que la ofrece como verdadera y totalmente compatible con DICOM 3.0, no podrá visualizar una imagen

comprimida por Wavelet. Del mismo modo, los índices de compresión por Wavelet, según han sido implantadas hasta la fecha son prácticamente iguales a los índices de compresión full-frame JPEG (mejorado). Este último tiene mejores resultados en películas con una compresión aceptable de 30 a 70:1 en imágenes de 2048 x 2560 (por supuesto, según sus características). Y son inferiores, pero similares en sus tasas de compresión en imágenes con formatos de archivos pequeños.

De hecho, en la actualidad existen algoritmos que se adaptan al tipo de imagen en cuestión y que tienen tasas de compresión variables, dependiendo del uso que se tendrá. En otros casos, se utiliza el análisis de estos distintos tipos de compresión realizando un estudio comparativo, que se denomina estudios ROC, donde se determina a través de un panel de expertos, si las imágenes comprimidas tienen diferencias perceptibles cuando se comparan con la imagen original. Los algoritmos más avanzados permiten emplear tasas altas de compresión, mientras se mantiene una calidad de imagen alta con diferencias casi imperceptibles.

Sin embargo, todo avanza en la dirección correcta. Y si las cosas salen bien, como sucede por lo general, para cuando se haya encontrado una solución para la compresión por Wavelet y se la haya integrado al estándar DICOM, nuestras WS contarán con un ancho de banda T1 (Línea de Comunicaciones Digital de Alta Velocidad de 1.5 Mbps) y no necesitaremos comprimir las imágenes.

### Terabytes. Es mucho, ¿verdad?.

En el ambiente hospitalario, la fuente más común de imágenes radiológicas son los estudios de Rx con aproximadamente el 65-70%. El resto de las imágenes que se producen se distribuyen entre la TC, RM, US, MN, DSA y otras modalidades, que ocupan entre el 30-35% restante.

Figura 3.



Figura 4.



Figura 5.

Cuando analizamos el volumen de información imagenológica que generan, la distribución es muy similar entre un servicio con poco volumen (31 600 estudios al año, Figura 3) y otro con un volumen de 195 000 estudios al año (Figura 4). Sin embargo, cuando se presentan estudios de DSA se desequilibran estos porcentajes (Figura 5), ya que generan un gran volumen de información imagenológica, que, en el caso que exponemos, llegan alcanzar más del 50% del volumen total.

La gran cantidad de imágenes producidas para diagnóstico ha hecho complicado su manejo, principalmente cuando deben imprimirse y archivarse. Una alternativa es el manejo de imágenes digitales en forma eficiente, a través de dispositivos conectados en red, que en conjunto ofrecen una serie de servicios que dan soporte a la operatividad de un área (radiología en este caso). Sin embargo, para obtener una buena aceptación en el medio clínico, se deben considerar la facilidad, rapidez, seguridad en el acceso de imágenes y la calidad en su presentación. Además se pueden aprovechar las facilidades de la tecnología actual para ofrecer funciones adicionales como: mostrar varias imágenes en una misma pantalla, procesamiento de imágenes para corregirlas o mejorarlas, grabación de voz correspondiente al diagnóstico y diagnóstico asistido por computadora, entre otras.

Antes de hablar de capacidad de almacenamiento, identifiquemos los volúmenes que nos podemos encontrar en cualquier servicio de radiología:

**Ejemplo de tamaño de las imágenes según modalidad**

<b>Modalidad</b>	<b>Resolución</b>	<b>Densidades</b>	<b>Tamaño (MB)</b>
<b>Radiografía Tórax</b>	4096 x 4096	12 bit	32
<b>Radiografía Computada</b>	2048 x 2560	12 bit	10
<b>Digitalizador</b>	2048 x 2560	12 bit	10
<b>Ecografía</b>	256 x 256	8 bit	0,0625
<b>Ecografía Doppler</b>	512 x 512	8 bit	0,25
<b>Ecografía Color</b>	512 x 512	8 bit	0,25
<b>TC</b>	512 x 512	12 bit	0,5
<b>RM</b>	512 x 512	8 bit	0,25
<b>Angiografía</b>	1024 x 1024	8 bit	1
<b>Densitometría</b>	512 x 512	8 bit	0,25
<b>Gammagrafía</b>	512 x 512	8 bit	0,25

Utilizando los tamaños por modalidad de imagen y las estadísticas de estudios realizados durante un año de los servicios de radiología representados en las figuras 3, 4 y 5, clasificados por modalidad, tendríamos que:

- ?? Servicio de radiología de la Figura 3 ? 31 600 estudios al año genera ? **435 GB**
- ?? Servicio de radiología de la Figura 4 ? 195 000 estudios al año genera ? **3195 GB**
- ?? Servicio de radiología de la Figura 5 ? 205 200 estudios al año genera ? **5944 GB**

**¡Casi nada! .El servicio de radiología de la Figura 5 genera 5,8 TB en un año, la fabulosa cifra de 16 GB diarios.**

Y ahora que hacemos. Tal como comentamos, en la actualidad, los discos rígidos son considerablemente más económicos y de mayor capacidad. Se puede tener en un PC un disco rígido UltraWide SCSI de 80 GB, por 1300 Euros, o sea, 0.015 Euros por MB. No está mal, pero, ¿y qué?, apenas se puede almacenar con ello 30 días de trabajo en un servicio de radiología medio. ¿Y con el resto que hacemos?. Si consideramos la compresión de imágenes puede ayudar pero no mucho más de 3:1.

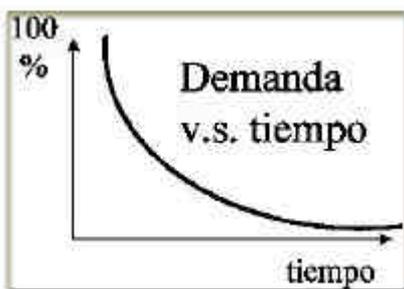
Pues a buscar soluciones a nuestro almacén de imágenes.

## RAIDS

Muy pocos temas son más aburridos que los archivos. Es como querer darle vida a una discusión sobre sistemas de archivo. Sin embargo, la gente se apasiona con sus puntos de vista. En consecuencia, por lo general, imponen su propia solución, medios y/o dispositivos como la solución total. El diseño de soluciones de archivo es una tarea difícil y enorme. Se requiere de mucho tiempo y dinero para lograr que funcione. Así que, cuando alguien haya finalizado y tenga un producto para venderle, no pueden dar marcha atrás y rehacerlo.

Esto me causa una gran desilusión: se fabrican medios y dispositivos a ritmos enloquecedores. Los precios caen y esto es magnífico para los consumidores. Pero usted no debe confundir un archivo de imágenes médicas, que cumple una función esencial y que brinda una gestión de almacenamiento jerárquico con el reproductor de DVD último modelo para su hogar. La fidelidad, fiabilidad, el tiempo promedio entre fallos, los tiempos de acceso, el prefetching (búsqueda previa de datos), la migración de datos, la redundancia y temas similares tendrá que tenerlos definidos y resueltos. Así que lea con atención...

Los servicios de radiología producen entre medio TB y 7 ó 8 TB por año según su tamaño (tal como vimos en los ejemplos anteriores), según si las películas de CR, DR (Radiología Digital) son digitales o no, y dependiendo de sí usted incluye estudios en el laboratorio de cateterismo y estudios en el laboratorio de ecocardiogramas. Y por supuesto, no incluimos el tema de la mamografía digital. No importa, aún un pequeño centro asistencial de 100 camas sin CR, DR o sala de hemodinamia producirá un par de TB durante el período legal de 5 a 7 años establecido para la conservación de películas en un departamento radiológico.



Así que piense en un promedio estándar de 1 TB por año: eso equivale a mil GB por año u 85 GB por mes. Ahora bien, antes de decidir entre cinta, MOD, DVD o CD, la mayoría de la gente querrá acceso directo ("On-Line") a las imágenes durante un período de uno a dos meses de manera bastante rápida. Si usted considera el número de veces que un estudio es recuperado de un archivo, verá

que es muy intenso durante las primeras semanas, moderadamente intenso los primeros 6 meses, y luego cae estrepitosamente. Es por eso que la mayoría de los sectores medianos a grandes, de forma intuitiva, mantienen archivos de acceso inmediato (en el lugar) durante 3 a 6

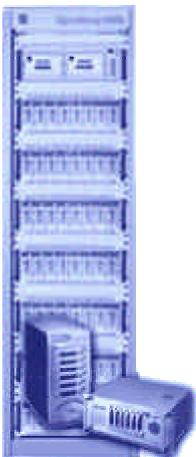
meses y, por otro lado, mantienen un archivo “activo” de los pacientes que están siendo tratados. La forma está subordinada a la función.

Por acceso inmediato, la mayoría de las personas se refiere al hecho de que, una vez localizado el archivo, queremos ver la imagen en los monitores de la WS en unos pocos segundos. Quizás este proceso lleve unos 5 a 15 segundos. Pero no es un minuto ni dos, se trata de segundos. Por lo tanto, sistemas *Jukebox* de CDs (o *Jukebox* de DVDs) quedan descartados como forma de acceso “*on-line*” inmediato, a no ser que suponga una sólida integración de prefetching (búsqueda previa de datos) con el RIS y el HIS para tener la información en un disco rígido *antes* de solicitarla.

Al respecto una observación interesante: Es como querer que exista el SEAT 600 con motores de fórmula uno - sencillamente no los fabricaron así.

Así que, la solución más aceptada y de forma escalonada es el empleo de sistemas de discos redundantes (RAID – Redundant Array of Inexpensive Disks) para “acceso inmediato”, empleo de Robots para MOD, DAT, DLT, CD o DVD, para almacenamiento “near-line”. El tamaño y tipo de almacenamiento que usted elija probablemente no sea, demasiado importante, si puede llegar a cambiar el tamaño y, fácilmente, migrar los datos en el futuro. Hoy se podrá decidir por un tipo de dispositivo, y después aparecerán otros, a los cuales querrá migrar. Por ello, es importantísimo que toda la tecnología que desee colocar sea totalmente estandarizada. Por ejemplo, dentro de un par de años aparecerán medios holográficos de almacenamiento, que podrán almacenar varios GB en un espacio más pequeño que un terrón de azúcar.

En primer lugar, preocúpese por conseguir RAIDs muy veloces y sumamente fiables. De esta manera, la demanda inmediata de imágenes podrá ser satisfecha con éxito, aún cuando sean muchas las personas que compiten por el mismo recurso. Además, el nivel del RAID debe ser lo suficientemente fiable como para permitir el “hot swap” (reemplazo de discos en funcionamiento). En este negocio, el tiempo de servicio (sin fallos), los tiempos de respuesta del hardware y el rendimiento del software lo son todo. Los medios no costosos resultan maravillosos, pero si no permiten un acceso rápido a las imágenes, no sirven.



**Con el robot.** Los DAT, MOD y DVD son veloces, magneto-ópticos y tienen precios razonables. Los medios magneto-ópticos le permiten: a) migrar los datos y b) renovar los medios (reemplazar cintas, MODs o DVD que se están gastando o son antiguos).

De todas formas todo esto es muy bonito, pero cuando vaya de compras, concéntrese en el software y en la *fiabilidad* y *velocidad* del hardware. Un buen software no sólo manipula distintas clases de medios, sino que además se ajusta desde tamaños pequeños (100 GB) hasta proporciones gigantescas (múltiples TB). Permite la migración de datos y es capaz de renovar los medios.

El paso siguiente, generalmente tiene lugar una vez que la gente comienza a utilizar las WS para la lectura o revisión. Toma demasiado tiempo y trabajo encontrar todos los estudios, montarlos en las estaciones de trabajo del TC, MR, MN o US y enviarlos después a la WS. En vez de archivar en estantes, debe comenzar a archivar en un Robot o en un RAID con software que permita la migración de los datos de manera automática al Robot de largo plazo, después de transcurrido el tiempo especificado sin que se acceda al estudio por los usuarios. Por lo tanto, antes de que usted se dé cuenta, estará en un archivo de tres niveles. Luego pueden suceder cosas más locas, pero preferimos dejarlo para otro día, puede darle un **infarto**.

Lo que sí podemos comentarle es que nada es gratis; no se puede construir un rascacielos sobre una base de madera; la última solución es siempre la menos probada y no se puede dar el lujo de fallos o tiempos de caída, cuando de archivos de imágenes de pacientes se trata.



Colocar todo esto en una balanza es una posibilidad aconsejable (si quiere tener dolores de cabeza durante un mes), la otra opción: **Pedir ayuda y realizar las Encuestas para solicitudes de propuesta (RFP) antes de realizar cualquier compra.**

## Redes. ¿Para qué sirven?

La Radiología Digital ha de disponer de una infraestructura de comunicaciones capaz de transportar la información imagenológica rápidamente a través de toda la red y de adaptarse a las necesidades de cambio. Por ello, deberán buscarse alternativas que ofrezcan alta calidad, una completa gama de servicios y optimización de costes, tanto en aspectos relativos a interconexiones como en su operabilidad y mantenimiento.

La topología de la red condiciona su rendimiento y flexibilidad. Desde el punto de vista de la arquitectura de una red de Radiología Digital habrá que incluir los siguientes aspectos:

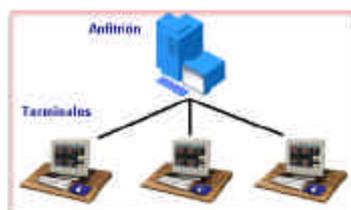
- ?? Administración de los datos.
- ?? Lógica de la aplicación.
- ?? Lógica de la presentación.

### Arquitectura Centralizada.

En el modelo de arquitectura centralizada, los usuarios situados en terminales no inteligentes, se comunican con computadoras anfitrionas (hosts). Todo el procesamiento tiene lugar en el anfitrión, y los usuarios únicamente escriben órdenes que envían a dicho anfitrión y observa su resultado en su monitor. La administración de los datos y la lógica de la aplicación, funcionan en el ordenador anfitrión y la presentación se divide entre el anfitrión (parte preponderante) y el usuario (donde simplemente se muestra).

Esta alternativa es extremadamente simple, porque generalmente no implica programación alguna. ¿Qué se obtiene con ella?: una mejor presentación, desde el punto de vista estrictamente cosmético, y ciertas capacidades mínimas para vincular las transacciones clásicas con el entorno Windows.

<b>Beneficios:</b>	<b>Inconvenientes:</b>
?? Buena integración y comunicación.	?? Atado a un único proveedor.
?? Buen control sobre los datos.	?? Largo de desarrollar.
	?? Altos costos iniciales en el desarrollo de la interfaz.
	?? Dificultad para instalación.
	?? Difícil de modificar.
	?? No es adaptable a las necesidades de otros departamentos.



**Arquitectura centralizada.**

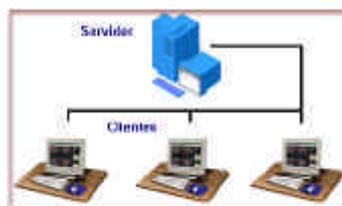
## Arquitectura Cliente Servidor.

La arquitectura cliente-servidor define una relación entre el usuario de una estación de trabajo (el cliente frontal) y un servidor posterior de archivos, impresión, comunicaciones, u otro tipo de sistema proveedor de servicios. El cliente debe ser un sistema inteligente con su propia capacidad de procesamiento para descargar en parte al sistema posterior (ésta es la base del modelo cliente-servidor). Esta relación consiste en una secuencia de llamadas seguidas de respuestas. Situar servicios de archivos (u otro tipo de servicios) en sistemas posteriores dedicados tiene muchas ventajas. Es más sencillo realizar el mantenimiento y la seguridad de servidores situados en un mismo lugar, y más simple el proceso de realización de copias de seguridad, siempre que los datos se encuentren en una única ubicación y una misma autoridad los gestione.

En una relación cliente-servidor el procesamiento se divide entre las dos partes. El sistema cliente ejecuta una aplicación que muestra una interfaz de usuario, da formato a las peticiones de los servicios de la red y muestra la información o los mensajes enviados por el servidor. El servidor realiza el procesamiento posterior, como por ejemplo una clasificación de datos o la realización de un informe. Debido a que los datos se encuentran perfectamente accesibles, el cliente realiza este proceso de forma eficiente. Después de la clasificación, realización del informe o de cualquier otra tarea solicitada por el usuario, el servidor envía los resultados al cliente. El tráfico en la red se reduce debido a que el cliente únicamente obtiene la información que solicitó, no todo el conjunto de datos, como en el ejemplo anterior. El sistema cliente servidor, además, mantiene una distribución cooperativa entre los clientes procesando y transfiriendo las peticiones entre clientes. Los Sistemas PACS y RIS están basados principalmente en una relación cliente-servidor.

Existen múltiples configuraciones posibles cliente-servidor. La configuración usual pequeña, es que varios clientes (o WS) se encuentren conectados a un mismo servidor.

Beneficios:	Inconvenientes:
?? Adaptable a los usuarios.	?? Puede existir redundancia en los datos.
?? No atado a un único proveedor.	?? Riesgo en la consistencia de los datos.
?? Costos iniciales bajos.	
?? Rápido de desarrollar.	
?? Fácil de instalar.	
?? Fácil comunicación a través de las plataformas instaladas.	



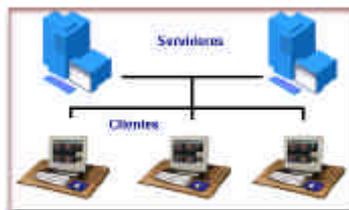
**Arquitectura Cliente-Servidor.**

### Arquitectura Distribuida.

La arquitectura distribuida podría definirse como la concatenación de varias arquitecturas cliente/servidor, donde las aplicaciones y los datos pueden estar distribuidos en más de un servidor y que a su vez permite el trabajo cooperativo de toda la red. La división de los recursos en una arquitectura distribuida reduce considerablemente el tráfico de la información por la red. Este tipo de arquitectura es muy utilizada en entornos médicos, principalmente en Telerradiología, permite recibir las imágenes de forma rápida y manipular las imágenes que se encuentran en los diferentes servidores.

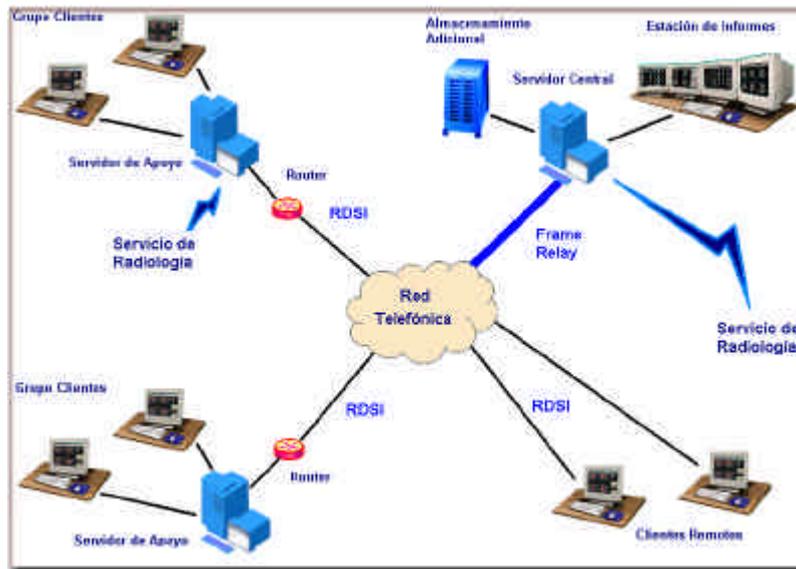
Un sistema de Telerradiología basado en arquitectura distribuida posee un desarrollo evolutivo de los sistemas cliente-servidor de computadoras en red LAN. Las aplicaciones Telemáticas en red distribuida son fundamentalmente aplicaciones cliente-servidor a gran escala. Los datos no se sitúan en un único servidor, pero sí en muchos servidores que podían encontrarse en áreas geográficamente dispersas, conectados por enlaces de redes de área extensa (WAN acrónimo en inglés Wide Area Network). Tales sistemas permiten la autonomía a grupos de trabajo, departamentos, ramas y divisiones de las organizaciones de salud.

Beneficios:	Inconvenientes:
?? Utilización de componentes estandarizados.	?? Las interfaces no estandarizadas pueden tener problemas para comunicarse con la red.
?? La redundancia de los datos disminuye al ser almacenadas en diferentes puntos de la red.	?? La administración de las bases de datos es más difícil.
?? Los mensajes dentro de la red pueden ser codificados.	
?? Bajo coste de instalación.	
?? La instalación puede ser realizada por el usuario (sistemas plug and play).	



**Arquitectura Distribuida.**

De las tres arquitecturas mencionadas arriba, las dos últimas son las más utilizadas para redes de Radiología Digital y Telerradiología (muy útiles en zonas de población dispersa y en zonas rurales). Son arquitecturas muy atractivas por su bajo coste de instalación y la posibilidad de utilizar además de las redes internas de los servicios de radiología, líneas telefónicas, e Internet, permitiendo el intercambio entre radiólogos y otros especialistas.



**Red Extensa de Radiología Digital y Telerradiología.  
Grupos de Cliente-Servidor con Red Distribuida.**

Las arquitecturas descentralizadas, permiten realizar el diagnóstico primario de calidad, rápido y con un alto grado de eficiencia. La integración de los servicios de Telerradiología dentro de la mecánica del funcionamiento clínico permite tomar decisiones rápidas y descartar estudios complementarios innecesarios. Los objetivos de las arquitecturas de red cliente-servidor descentralizadas en Radiología Digital son:

**Mayor disponibilidad de la red:** Mejora la eficiencia operativa y los tiempos de respuesta. Al mismo tiempo, se pueden atender los problemas en la red de forma rápida.

**Reducir el coste operativo de la red:** La reducción de los costes es uno de los motivos principales detrás de la gestión de red. Como la tecnología cambia tan rápidamente, con frecuencia es necesario gestionar sistemas heterogéneos y múltiples protocolos.

**Reducir atascos en la red:** La administración de la red se puede realizar desde un sitio central y así controlar centralmente las tareas de la red. En otros casos, estas actividades pueden estar distribuidas en diferentes sistemas de la red para evitar los atascos.

**Incrementar la integración y flexibilidad de operación:** Las tecnologías de redes están cambiando muy rápido para atender nuevas necesidades de los usuarios. Además de salir nuevas aplicaciones, los protocolos utilizados en las redes están siendo más eficientes. La red

deberá permitir absorber nuevas tecnologías al menor costo posible y contar con la posibilidad de agregar nuevos equipos y tecnología sin mucha dificultad. Las aplicaciones de gestión de red no deben ser muy dependientes de la plataforma para su funcionamiento.

**Mejorar la eficiencia:** En ocasiones, los objetivos de la gestión de red se traslapan. Si reducimos el costo operativo de la red y mejoramos la disponibilidad de la red, la eficiencia global aumentará. Se pueden considerar factores como: utilización, costo de operación, costo de migración y flexibilidad.

**Facilidad de uso:** La interfaz para el usuario final es crítica para el éxito de cualquier producto. El uso de aplicaciones en red no debe implicar una curva de aprendizaje mayor. Las interfaces de usuario basadas en los principios y tecnología orientada a objetos son de mucha ayuda para las aplicaciones en red.

Como podemos ver, la Red de Radiología Digital se concibe como una extensión virtual de los departamentos de radiología y los servicios que estos brindan, pudiéndose compartir los recursos humanos, los procedimientos diagnósticos y la base de conocimientos entre diferentes especialistas. Atendiendo a los escenarios donde se implante una Red Radiología Digital y de Telerradiología su localización geográfica se puede clasificar en:

**Servicio de área local** (Generalmente se implanta en el mismo centro de salud o en edificios adyacentes). El especialista revisa las imágenes que se generan en el departamento de radiología y reporta en tiempo real a otros departamentos del centro. Además, puede ofrecer asistencia remota dentro del centro a los servicios de cuidados intensivos, urgencia y sala de quirófanos. Generalmente es un servicio vinculado al sistema de Red de Radiología Digital intrahospitalario.

**Servicios de área metropolitana** (en la misma ciudad). Los especialistas de un hospital de referencia pueden ofrecer servicios de informes y consultas a otros hospitales y centros de salud dentro de la misma área metropolitana.

**Servicios de área extensa o globales** (Son servicios que cubren toda una región geográfica o incluso diferentes países). En este caso especialistas de centros de referencia realizan diagnóstico primario a centros de salud rurales y se realizan consultas entre centros para la interpretación de imágenes de diferentes zonas geográficas. Los especialistas de un hospital pueden informar imágenes para otros colegas de otros hospitales ubicados en distintas ciudades.

Hasta aquí todo es teóricamente hablando factible, pero ¿Cómo implementar una red así?. ¿Qué debemos colocar en esa red?. Dedicaremos nuestras próximas páginas a explicar que son las redes de información.

## Hubs, Bridges y Routers



Como usted sabe, un *HUB* (*concentrador*) es un dispositivo que interconecta varios PC entre sí en una LAN. En esencia, es un conmutador dinámico. Un *BRIDGE* (*puente*) conecta dos redes con el mismo protocolo de acceso; por ejemplo, Ethernet con Ethernet o Token Ring con Token Ring. Un Bridge opera en la capa de enlace del modelo OSI, y es transparente a los dispositivos y protocolos de las capas superiores. Los Bridges filtran los paquetes de acuerdo con sus direcciones de destino. La mayoría de los bridges aprenden en forma automática dónde se encuentran estas direcciones, y por eso se los denomina "learning bridges". Un Bridge es un dispositivo que toma una línea de comunicación entrante o saliente y opera de esa manera.

Es decir que si usted cuenta con una línea telefónica RDSI en su hogar u oficina, conéctela a un Bridge y luego conecte el Bridge a su PC; el PC de su hogar u oficina trabajará como si estuviera en la LAN a la cual está conectada por la línea RDSI. Usted puede hacer esto con una línea telefónica estándar o con una línea T1. La velocidad máxima dependerá del ancho de banda, pero el concepto básico es el mismo.

Los Bridges son ordenadores o dispositivos que interconectan LAN. Se utiliza un Bridge cuando los protocolos no soportan la interconexión de redes (como NetBIOS/NetBEUI). Un *ROUTER* (*enrutador*) interconecta LAN utilizando protocolos, tales como TCP/IP, IPX/SPX, según cómo se deba encaminar la información.

Esto solía ser así de sencillo pero en la actualidad los productos se superponen. Están los Brouters (mezcla de Bridges y Routers), Routers multiprotocolo, y Gateways. Los Brouters son



dispositivos únicos que combinan la función de los Bridges y de los Routers, y que se han vuelto bastante populares. Los Routers pueden ser Routers multiprotocolo, los cuales soportan diferentes combinaciones de protocolos de capa de red. Por último están los Gateways. Los Gateways son dispositivos que realizan el trabajo bruto de traducir de un protocolo de red a otro.

A pesar de su popularidad, estos dispositivos no son más que apósitos. Cuando el uso extendido de multimedia comience a congestionar las redes en nuestros entornos, estos dispositivos se tornarán cada vez más costosos. Los Routers se volverán mucho menos capaces de manejar las demoras en el flujo de las transmisiones; éstas son inaceptables en el caso de datos interactivos en tiempo real como por ejemplo, voz y vídeo.

## Red de Área Local

Las telecomunicaciones y las comunicaciones en red son la espina dorsal de la Radiología Digital, los PACS y la Telerradiología. Sin ellas, nada entra en la WS o sale de ella. Hemos hablado un poco sobre la interacción entre el tamaño del archivo y el flujo de información en la red, pero es hora de sufrir un poquito más.

Primero, usted necesita comprender el concepto de **ancho de banda**. Este es un término muy en boga y una vez que lo entiende, lo coloca por encima del resto de los mortales. El ancho de banda es la cantidad de información que puede transmitirse por un canal, medida en bits por segundo. Por ejemplo, Ethernet tiene un ancho de banda de 10 Mbps (esto significa Megabits por segundo) y la Interface de Datos Distribuidos por Fibra (FDDI acrónimo en inglés de Fiber Distributed Data Interface) tiene un ancho de banda de 155 Mbps.

**Advertencia:** En la práctica, la velocidad máxima real de la red difiere del ancho de banda teórico que se indica aquí y es generalmente de un 40 a un 60 por ciento menor. No se olvide de ello.

Una LAN es un grupo de computadoras, cada una equipada con una tarjeta adaptadora de red y software apropiados, que comparten las aplicaciones, la información y los periféricos. Como todas las conexiones se realizan mediante cable o por medios inalámbricos, una LAN no utiliza el servicio telefónico. Si sus computadoras se hallan conectadas “por medio de cables”, y es generalmente más rápido que una línea de teléfono u otro tipo de comunicación en línea. Una LAN típicamente cubre un único edificio o área geográfica reducida y generalmente está conectada a través de un “Hub” (concentrador) para que cualquier WS pueda conectarse con cualquier otra WS o dispositivo ubicado en la red.



Hay distintas formas de interconectar (“cablear”) una LAN. La más común es la que utiliza una topología en estrella, en la que cada punto de la red se une con un tramo de cable conectado al Hub”. En una red con topología en estrella, los nodos están conectados a un dispositivo o punto central en forma de rayos. **Problema:** Si falla el Hub es capaz de poner en compromiso todo el funcionamiento de la red.

Otro de los métodos es el “Token Ring”, que es una red de 4 Mbps o 16 Mbps que utiliza una topología lógica en anillo pero una topología física en estrella. Utiliza la circulación de un mensaje (*token*) para habilitar la transmisión en la red. Cada anillo puede incluir hasta 256 estaciones.

Además de la topología, existen los “medios”, los “protocolos” y los “sistemas operativos de red”. Los medios son los cables. El cableado por lo general es a través de cables de cobre del tipo par trenzado sin blindaje (UTP acrónimo en inglés de Unshielded Twisted Pair). Existen distintos tipos de cables según sus medidas y características eléctricas. Se clasifican en 5

categorías: UTP 1, 2, 3, 4, y 5. Por lo general, cuanto más grueso es el cable, mejor es la calidad y mayor el precio.

Los cables UTP-Categoría 3 son utilizados en tecnologías Ethernet hasta 10 Mbps de velocidad. El cable UTP-Categoría 4 es el mínimo requisito para la instalación de redes Token Ring de 16 Mbps. Por último, el cable UTP-Categoría 5 acepta hasta 100 Mbps de velocidad, aunque se puede alcanzar una velocidad de 155 Mbps con la implementación de ATM en un entorno LAN.

Como se puede ver, el cable UTP-Categoría 5 es el más rápido y el elegido para las instalaciones más nuevas. También es el más caro de todos. Si usted no cuenta al menos con un cableado UTP-Categoría 5, definitivamente está en la “*Edad de Piedra*” en cuanto a informática de sistemas se refiere.

Otros medios incluyen el cable coaxial (como el de su TV) y la fibra óptica. Esto es verdaderamente costoso pero si desea máxima velocidad, la fibra óptica seguramente será parte de su futuro.

La FDDI constituye un estándar de red que transmite a velocidades de hasta 100 Mbps a través de un doble anillo de fibra óptica. Una red FDDI puede incluir hasta 500 estaciones a lo largo de aproximadamente 1,6 kilómetros de fibra. FDDI-I es sólo para la transmisión de datos. FDDI-II permite la transmisión tanto de la voz como de datos. FDDI, originariamente especificada para construirse sobre cable de fibra, puede también operar a través de cables de par trenzado con y sin blindaje, aunque las distancias se acortan considerablemente.

Ahora bien, ¿a dónde va todo este cableado? Por lo general, termina en un conector que se asemeja al enchufe telefónico (comúnmente llamado “*jack*”). En efecto, es un enchufe de teléfono, pero es más grande y se denomina “RJ-45” de 8 cables que puede utilizarse con Ethernet o un PBX (“*Private Branch Exchange*” utilizados para conectar redes telefónicas). Si lo utiliza para un teléfono, el cable será plano. Si es para ser utilizado en red, será redondo y trenzado. Si utiliza el cable plano para la conexión en red, reducirá el rendimiento de su red de manera sustancial. ¡Por favor, no lo haga!

Un último apunte, debe recordar que la LAN es más rápida comparada con otras formas de telecomunicaciones (por ejemplo las Redes de Area Extendida, WAN acrónimo en inglés de “*Wide Area Network*”). Un punto fácil de referencia es que una red LAN que utiliza la norma Ethernet debería tener una velocidad de señal de 10 Megabits por segundo. Aún con una eficiencia del 35%, esto representa 3.5 Mbps. Un canal T1 posee una velocidad de señal de 1.5 Mbps, sólo 1/3 de esa velocidad.

## Redes de Área Extendida.

El Servicio Telefónico Liso y Llano (POTS acrónimo en inglés de Plain Old Telephone Service) es la red telefónica analógica tradicional que permite un flujo máximo de 56 000 bits (no Bytes) por segundo. Usted quizá se tope con cifras mayores, pero por lo general incluyen una multiplicación por una supuesta compresión de datos por parte del módem o una situación especial donde los módems en los extremos son idénticos y la línea POTS soporta un índice mayor (no muy común). En la mayoría de los casos, salvo circunstancias inusuales, POTS no acepta una velocidad máxima mucho mayor que 19.200 ó 22.600. Estas líneas son sumamente lentas para la mayoría de los sistemas de Radiología Digital, PACS y aplicaciones de Telerradiología no comprimidas. Sin embargo, han resultado eficaces para aplicaciones de telerradiología “*on-call*” comprimida, en modalidades digitales como TC, US, RM y MN.

La RDSI es un servicio presente en toda Europa y se ha difundido mucho en los Estados Unidos a partir del momento en que las empresas de telecomunicaciones comenzaron a actualizar sus equipos de conmutación. Las RDSI son líneas telefónicas digitales que alcanzan 128 kbits por segundo en una línea telefónica. Se presentan en dos formas: la Interfase de Régimen Básico (BRI) es un servicio RDSI que ofrece dos canales B (“*bearer*”) de 64 Kbps que pueden usarse para transferir voz, datos y vídeo, y además un canal D (“*data link*”) de 16 Kbps para información de control y señalización.

Sobre las líneas de datos que ofrecen mayores velocidades, dedicaremos un capítulo en este folleto. Así que por favor un poco de paciencia, sigamos con más de información técnica sobre redes y prometo no profundizar mucho en el tema.

Una Red está estratificada en siete capas (“*layers*”) o niveles, a menudo llamadas Modelo para la Interconexión de Sistemas Abiertos (OSI acrónimo en inglés de Open System Interconnection). Las siete capas son las siguientes:

1. Física (por ejemplo, Ethernet 10BaseT o Token Ring).
2. Enlace de datos (un controlador específico para tarjeta de redes).
3. Red (por ejemplo, IP – Protocolo de Internet).
4. Transporte (TCP o Protocolo de Control de Transmisión).
5. Sesión (por ejemplo, Telnet, FTP, SNMP o SMTP).
6. Presentación (por ejemplo, Sistema de Archivo Remoto).
7. Aplicación (por ejemplo, NFS -Sistema de Archivo en Red).

Desafortunadamente, una explicación detallada de estas siete capas sería (a) confusa, (b) inútil, y (c) imposible porque ni yo mismo lo entiendo. En realidad, esta estructura en capas de la red es una abstracción a la cual se adapta la variable real. Es más sencillo comenzar con lo que funciona y lo que existe para luego llegar a entender la estructura en capas. Además, conocer unas pocas siglas le permitirá comprender cómo funciona todo este entramado sin

necesidad de saber demasiado sobre la estructura de capas propiamente dicha. Al menos esta filosofía me ha dado resultado durante años.

Existen varios protocolos para intercambio de datos y acceso a redes:

- ?? NetBIOS desarrollado por IBM y NetBEUI (que se pronuncia net-bui) es la versión desarrollada por Microsoft. NetBEUI significa Interfase de Usuario Extendida de NetBIOS. Estos protocolos no cuentan con algunas capas, en especial la capa de red y no pueden ser encaminados en una red.
- ?? IPX/SPX. IPX (Intercambio de Paquetes entre Redes) es un protocolo de comunicaciones para las capas inferiores de la red implementado por Novell, complementado ampliamente por SPX. SPX significa Intercambio Secuencial de Paquetes; se trata de un protocolo de transporte para el intercambio de datos en red que utiliza el protocolo de capas de red IPX.
- ?? TCP/IP. Protocolo de Control de Transmisiones / Protocolo Internet es un protocolo muy utilizado en Internet. Es el protocolo para la capa de transporte. Su uso se ha difundido de manera considerable en la intercomunicación de redes en el ámbito de empresas debido a su diseño superior para las WAN. TCP regula la secuenciación de los paquetes IP para su transmisión. IP dentro de TCP/IP es la capa de red inferior. A menudo se emplea con el término "TCP/IP" para referirse genéricamente al conjunto de protocolos relacionados. ¡Por fin!. Afortunadamente, DICOM 3.0 utiliza TCP/IP como su protocolo de comunicación.

DICOM es una norma que constituye un referente para la comunicación de imágenes médicas. Se basa en el Modelo para la Interconexión de Sistemas Abiertos (OSI), que define un protocolo de siete capas. Se trata de una norma para la capa de aplicación, lo que significa que se encuentra dentro de la capa siete (la capa superior). DICOM ofrece formatos de imágenes estandarizados, un modelo de información común, definiciones de servicios de aplicación y protocolos de comunicación.

Y lo último:

- ?? SLIP, o Protocolo Internet en Serie, es utilizado para ejecutar TCP/IP (Protocolo Internet) en líneas serie, como por ejemplo las líneas telefónicas. Por lo tanto, se puede obtener una cuenta "SLIP" de su servidor de Internet local, o si prefiere contratar una cuenta a un ISP (Internet Service Provider) que le darán una conexión SLIP a través de su proveedor.
- ?? PPP, o Protocolo Punto a Punto, permite conexiones de router a router y del host (computadora central) a la red de modo sincrónico y asincrónico. Se lo considera una versión avanzada del protocolo SLIP. Los servidores de Internet ofrecen la opción de conexión PPP en vez de una SLIP ya que es más estable y menos proclive a interrupciones y desconexiones. Las máquinas de fax utilizan en la actualidad protocolos PPP incorporados. ¡Y es posible que en el futuro hasta las tostadoras los tendrán!

¿Aún le quedan fuerzas?. Pues, una última anotación.

¿Cuál es la mejor de todas las configuraciones de red?. Esta es una cuestión muy complicada. Podemos tomar comparativas publicadas por cada uno de los fabricantes, o hacer las nuestras específicas, pero su importancia siempre es relativa. La respuesta, además, depende del momento en que se la formula: para aplicaciones pequeñas y medias, todas han probado ser muy buenas, las diferencias se darán cuando se necesiten altísimos regímenes transaccionales, y dependerán de como cada uno vaya incorporando nuevas características. Cada nueva versión puede modificar las anteriores y los principales fabricantes están trabajando a un ritmo de vértigo.

En general, la tecnología ha evolucionado mucho en los últimos años y todos los fabricantes trabajan con tecnología sensiblemente equivalente. Parece mucho más importante para la elección, tener en cuenta elementos que están fuera de la tecnología: la confianza que nos despierte el fabricante, su compromiso con el producto, su tendencia a mantenerse siempre actualizado, su situación económico/financiera, las garantías que nos brinde el soporte local y, en menor medida, el precio.

***Recuerde: la última solución es siempre la menos probada y no se puede dar el lujo de fallos o tiempos de caída cuando de archivos de imágenes de pacientes se trata.***

## Dispositivos de entrada/salida

Y ahora, algo casi práctico: una descripción de los dispositivos que usted está acostumbrado a ver, comprar y vender a diario en un Departamento de Radiología: Cámaras Láser, Frame Grabbers, etc. Cuando las cámaras multiformato constituían la alta tecnología, era suficiente fotografiar una copia de lo visualizado en el monitor CRT en una película. Tenía distintas opciones: 4 en 1, 6 en 1 o 12 en 1. Ahora nadie compra un dispositivo a no ser que pueda hacer maravillas con él. Y con buenas razones.

### Spoolers

KODAK Distributed Medical Image Spooler



Con las nuevas tendencias en informática y las arquitecturas distribuidas, hoy se puede comprar un Spooler (*Spooler significa Operaciones Periféricas Simultáneas en Línea*) que acepta múltiples entradas (por lo general múltiplo de 4) por tarjeta de "Frame Grabber" y acepta tantas imágenes de tantos casos como usted le envíe. La función del Spooler es agrupar las imágenes en casos (es decir, carpetas) para la impresión en película o su almacenamiento

posterior. Si prefiere, puede editar las imágenes o incluso agregar comentarios acerca de éstas en un caso antes de imprimirlas.

Con el advenimiento de los protocolos de red TCP/IP como DICOM 3.0, se "interconectan por red" a través de la LAN los dispositivos de captura y la impresora láser. Así que, para cualquier TC, RM, US, dispositivo de Angio e inclusive una sala de Fluoroscopia Digital DICOM, se podrán conectar directamente por red a una impresora o un Spooler de impresión, un sistema archivo y las estaciones de revisión, todos al mismo tiempo.

Video Spooler



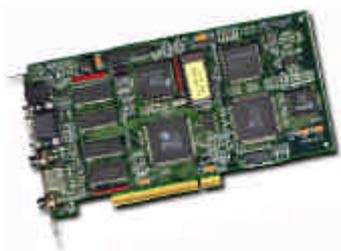
De igual forma se puede acceder a estos dispositivo a través de la WAN e imprimir desde un sitio remoto. Sólo que en lugar de un Hub, será necesario un Router (encaminador: dispositivo de red) y la velocidad estará sujeta al ancho de banda de la red telefónica que posea.

Pero, ¿qué pasa en la vida real?. Muchos dispositivos no son, ni lo serán jamás, compatibles con las Clases de Servicios DICOM 3.0 requeridos, tales como DICOM Print, por ejemplo. Para obtener imágenes digitales con estos dispositivos o para transferirlas a una red compatible con DICOM, será necesario uno de varios dispositivos de entrada secundarios o las llamadas "cajas negras" de los propietarios de los equipos de radiología.

### Frame grabbers.

Las imágenes *No Digitales* o la señal de vídeo pueden ser capturadas por sistemas "frame grabber", que básicamente consiste en digitalizar un cuadro congelado de una fuente de vídeo. Puesto que lo visualizado está diseñado para ser percibido por la vista, y básicamente el ojo humano puede distinguir 256 niveles de gris, "frame grabbing" (conversión se señal de consola)

es un proceso de 8 bits, a diferencia de una imagen DICOM que tiene 16 bits por pixel. Todos los dispositivos de US y algunos de MN tienen una salida de "vídeo estándar", o la misma señal sincronizada que proviene de detrás de su televisor (y/o monitor) hacia la grabadora de vídeo. Se la llama RS-170 (o PAL en Europa).



Todos los demás, TC, RM, Angio, Fluoro, etc, tienen una salida de señal de vídeo no estándar, propietaria del fabricante. El número de líneas de barrido y la frecuencia varían enormemente por lo que sus tarjetas de "frame grabber" estándar de PC sólo funcionarán en unos pocos dispositivos médicos. Estas especificaciones no estándar requieren tarjetas

que puedan ser ajustadas o adaptadas a la señal de vídeo en particular desde la que usted desea capturar. Dado que el mercado es pequeño, la escala de gris es importante, las imágenes son amplias en términos de pixels y los consumidores son exigentes, el precio es difícil. Según la señal, una buena tarjeta costará alrededor de 2 500 Euros. Estas tarjetas son utilizadas en una variedad de lugares, desde sistemas de Telerradiología a Spoolers Láser o Impresoras de película láser. La captura y entrega de las imágenes médicas desde la consola se realiza con un avanzado sistema de alta definición y alta velocidad, que permiten obtener imágenes de hasta 1280x1024 a 8 bits por pixel a 60 Hz.

### Digitalizadores: Láser y CCD.

Existen tres tipos de técnicas básicas de digitalización de radiografías:

1. Cámara en un soporte. Se envía una luz a través de la placa radiográfica, similar a un proyector de transparencias y es capturado por una cámara. La calidad y el coste de este procedimiento son bajos y prácticamente no se utiliza debido a que no son aceptados por las normativas internacionales para efectuar el diagnóstico primario.
2. Sistema CCD (acrónimo en inglés de Charged Coupled Device). Se utiliza una luz fluorescente especial para iluminar la placa y el sistema CCD va recogiendo la información con detectores. Estos sistemas tienen un inconveniente que es el "bleeding" por superposición de luz diseminada. Sin embargo, los sistemas CCD tienen una longitud de onda dinámica por lo que las regiones oscuras quedan mejor iluminadas.
3. Tecnología Láser. Utiliza luz láser para iluminar la placa y se recoge la información con fotomultiplicadores. No tienen "bleeding" pero a diferencia de los sistemas CCD no tiene rango dinámico de sensibilidad.

Los escáneres de Placas Radiográficas son utilizados para digitalizar películas, por ejemplo, convertir información analógica almacenada en la placa radiográfica en un conjunto de datos digitales. Estos envían la información digital al PC a través de uno de los puertos de entrada/salida de datos de la PC o con la utilización de tarjetas SCSI montadas sobre la placa base de la unidad central.

La fuente de luz utilizada en los Escáneres de Películas Láser es un rayo infrarrojo cuidadosamente focalizado, coherente y monocromático o un láser rojo visible. El rayo láser debe estar posicionado con precisión y barrer toda la película bajo el control del PC, mientras que la luz transmitida a través de la película es detectada de manera eficiente por dispositivos de alta ganancia y muy bajo ruido, los cuales poseen amplificadores electrónicos de conversión análogo-digital para su entrada al PC. Esto hace que el dispositivo sea sumamente preciso, costoso y que requiera ciertos componentes que de alguna manera lo hacen más pesado que un Escáner del tipo CCD. Es necesario saber que hay consideraciones muy técnicas e importantes que hacen que la densidad óptica del Escáner de Películas Láser sea más lineal y restringida; el control de la luz láser sobre el área barrida brinda una resolución espacial precisa independiente de la densidad de la película y, de este modo, digitaliza la información sobre la placa radiográfica sin distorsión. En consecuencia, un Escáner Láser es más adecuado para aplicaciones de imágenes médicas primarias, que los CCDs.



Los mejores Escáneres Láser ofrecen una densitometría de barrido donde la información digitalizada derivada del Escáner representa con total precisión la verdadera información sobre la densidad de la película en todos y cada uno de sus puntos. Este es un logro característico de una fuente de luz puntual y de las técnicas especiales de procesamiento de la luz en un Escáner Láser que traspasa la película, a diferencia de un Escáner CCD cuya fuente de luz es una línea de luz blanca derivada de un tubo fluorescente.

Los Escáneres CCD son físicamente bastante similares a los Escáner de documentos que se pueden conseguir en el mercado. Un CCD es un dispositivo (un conjunto de detectores de estado sólido) similar al que se encuentra en una cámara de vídeo común o filmadora; es utilizado para capturar y digitalizar imágenes. Los datos digitales, por ejemplo, pueden ser enviados al PC a través de un cable y una tarjeta SCSI. Sin embargo, a diferencia de los Escáner para el hogar, las películas por lo general son más grandes que el papel (hasta 35 x 43 cm, algo mayor que un folio A3), son transparentes, presentan una escala de gris, y los usuarios, los médicos, son muy exigentes en su reproductibilidad.



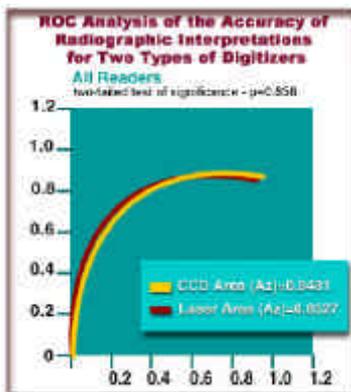
Los Escáneres CCD, fabricados bajo restricciones de costo, no alcanzan los estándares de un Escáner Láser debido al ruido eléctrico y térmico inherente y a la no-linealidad asociadas a los

semiconductores. Sin embargo, los CCDs tienen precios razonables hoy en día y rondan los 10.000 – 15.000 Euros. Los Escáneres CCD actuales pueden brindar 12 bits de datos en escala de gris en un rango dinámico limitado (los últimos 4 bits de los 16 bits son por lo general 0) y barren con resolución de hasta 4096 x 5120 pixels.



Aunque los sistemas Láser son más costosos que los CCD, en la actualidad ambas tecnologías son comparables en cuanto a resolución. Los dos sistemas Láser y CCD son aceptados por la ACR y la CEN como sistemas de digitalización de radiografías para diagnóstico primario.

El hecho de que la salida de archivos de estos dispositivos sea compatible con DICOM depende del software empleado, no del fabricante del Escáner. Todo lo que el Escáner hace es transiluminar la película y brindar un flujo de datos digitales de Unos y Ceros. Una vez que los datos llegan a la PC, la adaptación de la imagen adquirida al formato DICOM depende del fabricante del software. Algunos lo hacen, otros no.



La empresa VIDAR otro de los fabricantes de Digitalizadores para placas de radiografía, presenta en su página WEB ([http://www.filmdigitizer.com/html/ccd\\_laser\\_101399.html](http://www.filmdigitizer.com/html/ccd_laser_101399.html)) un estudio comparativo realizado el Hospital Johns Hopkins. Realizaron un estudio ROC con 8 especialistas en Radiología. Los radiólogos no sabían de cual equipo procedía la imagen digitalizada que ellos debían diagnosticar. Para dicho estudio utilizaron 120 exámenes tomados de los archivos de placas radiográficas, de ellos 38 de tórax, 20 abdominales, 33 de extremidades y 29 de otros procedimientos. Todos los estudios se digitalizaron con sistemas CCD y Láser. No encontraron diferencias en las interpretaciones realizadas.

## Radiografía computada.

La Radiografía Computada (o CR) ha existido por alrededor de 20 años. La tecnología básicamente consiste en sustituir una placa de fósforo de almacenamiento por una placa fosforescente emisora de luz dentro del chasis radiográfico ("Cassette"). La placa de fósforo captura la energía de los rayos x que atraviesan al paciente y al ser expuesta a luz proveniente de un rayo láser que excita la energía atrapa y es emitida esta energía a su vez en forma de luz visible. La tecnología está diseñada para obtener una imagen latente. Esta imagen latente es luego "leída" por una serie de dispositivos electrónicos y de amplificación, con lo que se crea la imagen digital final.

Este dispositivo es el "lector". Una vez que existe la imagen digital, ésta puede ser procesada, filtrada y retocada matemáticamente para ser mejorada. Luego puede ser visualizada en un monitor, ser impresa en una buena película o simplemente almacenada.



Originariamente, los beneficios de la Radiografía Computada (cuyo producto era en un principio sólo impresor en película, patentada y comercializada por Fuji), eran principalmente la reducción en las tasas de repetición y descarte para placas radiográficas portables, esto brindaba densidades de película más consistentes y deseables, y la posibilidad de someter a las imágenes a "unsharp masking" (el no resaltado de bordes con máscara) y a otros algoritmos antes de imprimirlas en película.

Otras empresas que han llegado al mercado de los sistemas CR son Agfa, Kodak, Konica y Philips.

En un inicio los efectos económicos de reducir la tasa de repetición/descarte, que en algunos departamentos oscila entre el 3 al 7%, no era importante, por supuesto, comparándolo con el precio de la tecnología. Sin embargo, con la



adopción del estándar DICOM y las mejoras sustanciales introducidas a esta tecnología, se ha tornado más viable la posibilidad de no imprimir las imágenes y de moverlas de un sitio a otro dentro del centro médico (incluso a larga distancia) para su utilización simultánea.

Obviamente, el beneficio económico de un dispositivo de CR, que va desde los 60.000 hasta los 250.000 Euros según sus características, y que permanece conectado a una impresora de película y a un procesador es dudoso si sólo se logra una reducción máxima del 7% de la tasa de repetición/descarte.

Pero, con la posibilidad de no imprimir las imágenes, finalmente puede tener un beneficio económico a través de la conectividad con DICOM a pesar de casi 20 años de una lenta penetración en el mercado. Si realmente se abandona la impresión en favor de la distribución e

interpretación de imágenes en pantalla (no impresas) puede tener un gran interés la implantación de sistemas CR incluso para pequeños hospitales y clínicas.

La Empresa DR Systems en un estudio que realizaron en 20 instalaciones de sistemas de Radiografía Computada exponen:

Que la implantación de los sistemas CR es una solución costo-efectiva, pero además, tiene otras muchas ventajas.

Plantean que el análisis del costo-efectividad de la implantación de un sistema CR se base en la siguiente metodología:

Imagine que **T** es el precio total que le costará la implantación de un sistema CR (o sea un sistema sin placas) y **N** es el número de pacientes atendidos en un año. El coste promedio por estudios radiológicos convencionales con placas es de aproximadamente **C**. En un sistema CR solamente se puede llegar a salvar 80% libre de placas, porque además de los temas relacionados con la impresión de placas o el revelado de las mismas, hay gastos adicionales en papel, archivo, etc. Entonces:

Coste de los estudios sin placas, que se puede salvar, en un año	$(N \times C \times 0.8)$
Coste anual de depreciación del equipamiento de CR (5 años)	$(T \times 0.2)$
Coste anual por servicios de mantenimiento en un año	$(T \times 0.08)$
Coste estimado por renovaciones en el sistema informático por año	$(T \times 0.07)$
Costes adicionales	$(T \times 0.037)$

Si despejamos todas las incógnitas tendríamos:

$$(N \times C) (0.8) = (T \times 0.2) + (T \times 0.08) + (T \times 0.07) + (T \times 0.037)$$

Cualquier desequilibrio de esta ecuación puede obrar a su favor o en su contra.

Si  $T > N \times C \times 2.067$ . La implantación de un sistema CR no es costo efectivo. Habrá que valorar si el sobrecosto se puede asumir en función de otras necesidades y mejoras del servicio dado por el Hospital o por servicios derivados del sistema CR.

Si  $T < N \times C \times 2.067$ . Es costo efectivo. Además de ventajas adicionales que le ofrece esta posibilidad.

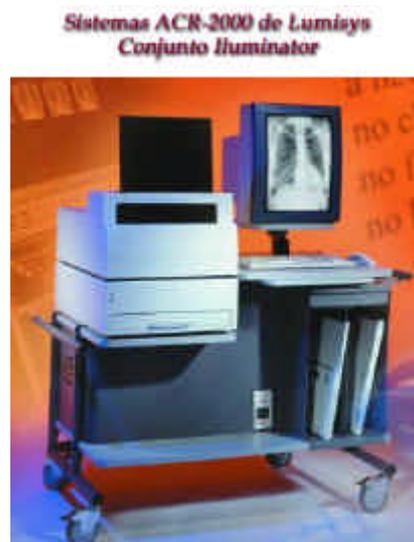


Las ventajas adicionales son ahorro en almacenamiento y personal para el cuidado, movimientos, búsqueda y traslado a los sitios que se necesitan. Disminución de los traslados innecesarios de pacientes de un hospital a otro con el ahorro de pruebas duplicadas para el centro receptor de estos pacientes.

Esta ecuación financiera se puede ver afectada por la metodología y forma de implantación del sistema CR libre de

placas ("filmless"). En estudios presentados por algunos Hospitales podremos ver que la curva de implantación de un servicio libre de placas puede llevar más de dos años.

Finalmente con la entrada de la empresa Lumisys al mercado de equipos CR, se favorece de manera ostensible esta ecuación financiera. Creemos seriamente que esta Empresa, será un gran impulsor en la utilización de sistemas CR con imágenes no impresas, en lugar de la película, en un entorno DICOM, ya que vende dispositivos de CR de bajo costo, muy importante para pequeños servicios de radiología de hospitales y clínicas de bajo volumen y/o que se encuentran en lugares remotos. Son el furor las imágenes digitales compatibles con DICOM en todas partes. Todavía está por verse si esta estrategia es mejor que la película. El tiempo como siempre dirá su última palabra.



Hasta fecha relativamente reciente uno de los impedimentos que no han permitido la utilización de la radiología digitalizada ha sido la lentitud en la visualización de la imagen y su resolución. Actualmente con las potentes herramientas en que se han convertido los PC para leer las imágenes y los monitores monocromos de alta resolución este ha pasado a ser un problema menor. Otros aspectos como la transmisión de las imágenes, el lenguaje de comunicación, llamamiento de las imágenes, los estándares de almacenamiento "on-line" y "off-line", los estándares de comunicación, de visualización y seguridad. Por lo que existe una referencia en cuanto a los estándares a seguir para cualquier implantación de sistemas CR.

Esto no significa que la construcción no tenga que ser llevada de forma coherente para que los equipos cumplan los requisitos necesarios en cuanto a la viabilidad de estos estándares, y el cubrimiento de las demandas hechas al configurar el sistema.

De todas formas, después de la implantación de los sistemas CR, para lograr su máximo aprovechamiento, que sean costo-efectivos, y llegar al objetivo final, sin impresión de placas, quedan pendientes dos pasos muy importantes. El primero el **Archivo** y el segundo la **Red de Imágenes Digitales** (DIN acrónimo de *Digital Image NetWork*).

Antes de pasar a analizar estos dos pasos, debemos recordar, que parece, que todo el mundo se está apurando para compatibilizar los archivos de imágenes de CR con el formato DICOM, principalmente con la finalidad de archivo y consulta/recuperación. De todas formas más adelante volveremos sobre el tema de los sistemas CR.

Y por fin, ¡**El Mundo DICOM!**

## El nuevo mundo DICOM.

En las unidades de radiología de los hospitales, es muy común encontrarse con equipos de varios fabricantes, para las diferentes modalidades de imágenes que se generan; el tratar de integrar todos ellos en un sistema que los manipule era prácticamente imposible. Sobre la base de esto surgió la necesidad de estandarizar el manejo y transmisión de imágenes médicas digitales.

En 1983, con la integración de un comité formado por el Colegio Americano de Radiología (ACR acrónimo en inglés de “*American College of Radiology*”), representando a la comunidad de radiólogos y la Asociación del Fabricante Eléctrico Nacional (NEMA acrónimo en inglés de “*National Electrical Manufacturer Association*”), representando a la industria en el área de radiología, de acuerdo a los procedimientos establecidos por NEMA. Los objetivos iniciales fueron trabajar con los diferentes problemas de compatibilidad, con el fin de compatibilizar los ambientes propietarios de las diferentes modalidades de imágenes.

Específicamente:

- ?? Promover la comunicación entre imágenes digitales independientemente del fabricante que las produjo.
- ?? Ofrecer mayor flexibilidad a los sistemas de almacenamiento y comunicación de imágenes.
- ?? Facilitar la creación y consulta a sistemas de diagnóstico por diferentes dispositivos y en diversos lugares locales o remotos.

Los primeros resultados en los trabajos de estandarización fueron publicados en 1985, ACR-NEMA Versión 1.0, teniendo como base ideas obtenidas de formatos ya existentes. Por ejemplo, la definición de elementos de datos de longitud variable identificados con etiquetas (formato de etiquetas), fue adoptada de un estándar para grabar imágenes en cinta magnética, desarrollado por la Asociación Americana de Físicos en Medicina (AAPM). Sin embargo, como todas las primeras versiones, se detectaron varios errores y el comité encargado (ACR/NEMA) autorizó a los grupos de trabajo involucrados, la realización de dos revisiones en Octubre de 1986 y en Enero de 1988, que produjeron una segunda versión, ACR-NEMA Versión 2.0, en 1988.

En esta nueva versión se conservaron prácticamente las mismas especificaciones de interfaz con hardware definidas en la versión 1.0, pero se agregaron nuevos elementos de datos y se corrigieron varios errores e inconsistencias. En esta versión se especificó la comunicación punto a punto entre dispositivos, un grupo de comandos por software y varios formatos de datos correspondientes a los nuevos elementos.

En el tiempo que se dio a conocer la segunda versión, surgió la demanda de interfaz entre dispositivos involucrados en la generación, manejo de imágenes y redes de cómputo, sin embargo, el estándar no ofrecía ningún soporte de comunicación en red. La respuesta a estas demandas implicaba grandes cambios a lo ya establecido, considerando como restricción

principal el mantener la compatibilidad con las versiones anteriores, lo cual fue un gran reto para los grupos de trabajo. De esta forma, a partir de 1988 se comenzó a trabajar en una tercera versión, en donde el proceso de diseño sufrió un cambio radical adoptando modelos para simular el mundo real, modelos de capas o pila para comunicación entre sistemas heterogéneos utilizando protocolos de comunicación en red y el modelo de cómputo Cliente/Servidor para establecer asociaciones entre dispositivos compatibles, a través de envío de mensajes.

Después de tres años de esfuerzo, se dio a conocer la versión ACR/NEMA DICOM (acrónimo en inglés de Digital Imaging and Communications in Medicine) llamada también DICOM 3.0, en la que participaron también varias instituciones de la comunidad internacional como JIRA (acrónimo en inglés de Japanese Industry Radiology Apparatus) y CEN (acrónimo en francés de Comité Européen de Normalisation / European Committee for Standardization). Esta versión es considerada como un estándar completo, compatible con las versiones anteriores.

Las principales características de DICOM son:

- ?? Intercambio de objetos en redes de comunicación y en medios de almacenamiento a través de protocolos y servicios, manteniendo sin embargo, independencia de la red y del almacenamiento físico. Todo esto a través de comandos definidos por una sintaxis y una semántica, a los que se les asocian datos. Las versiones anteriores sólo ofrecían comunicación punto a punto.
- ?? Especificación de diferentes niveles de compatibilidad. Explícitamente se describe como definir un determinado nivel de compatibilidad, para escoger sólo opciones específicas de DICOM. En las versiones anteriores se especifica un nivel mínimo únicamente.
- ?? Información explícita de Objetos a través de estructuras de datos, que facilitan su manipulación como entidades autocontenidas. Los Objetos no son únicamente imágenes digitales y gráficas, sino también estudios, reportes, etc.
- ?? Identidad de objetos en forma única, como instancias con operaciones permitidas definidas a través de clases.
- ?? Flexibilidad al definir nuevos servicios.
- ?? Opera entre servicios y aplicaciones a través de una configuración definida por el estándar, manteniendo una comunicación eficiente entre el usuario de servicios y el proveedor de los mismos.
- ?? Representación de aspectos del mundo real, utilizando objetos compuestos que describen un contexto completo, y objetos normalizados como entidades del mundo real.
- ?? Sigue las directivas de ISO en la estructura de su documentación multi-partes. De esta forma facilita su evolución, simplificando la adición de nuevas partes.

Los beneficios obtenidos de estos servicios son el poder interrelacionar los diferentes sistemas de información en un hospital, como los Sistemas PACS, Sistemas de información de radiología RIS (acrónimo en inglés de Radiology Information Systems) y sistemas de información hospitalaria HIS (acrónimo en inglés de Hospital Information Systems). En los sistemas PACS es donde su aplicación tiene mayor relevancia, dado que los servicios ofrecidos por DICOM pueden ser utilizados por los diferentes ambientes que generan y utilizan imágenes médicas de diagnóstico, manteniendo la operatividad entre ellos.

Para cumplir eficientemente con los requerimientos operativos, cada uno de los componentes del sistema debe especificarse utilizando el estándar DICOM. Para DICOM cada componente de un sistema PACS, debe definir una o más entidades de aplicación (AE acrónimo en inglés de Application Entity), que deben mantener cierto nivel de compatibilidad, de acuerdo a responsabilidades específicas. El objetivo es: evitar problemas de comunicación originados por errores de interpretación en la información.

DICOM agrega la posibilidad de conexión en red utilizando como base los protocolos TCP/IP y los propuestos por ISO/OSI (acrónimo en inglés de International Standards Organization/Open Systems Interconnection). De esta forma se aprovechan los protocolos definidos en las capas inferiores tanto de TCP/IP como de ISO/OSI y define los protocolos necesarios en las capas superiores para soportar la comunicación entre aplicaciones en forma eficiente.

Tal como habíamos comentado arriba, como el estándar DICOM 3.0 soporta el protocolo de comunicación TCP/IP, por el que se implementan los soportes de comunicación a través de medios e infraestructura de redes variadas y relativamente comunes (por ej. Ethernet, ATM, fibra, cableado UTP5), los fabricantes parecen estar más interesados en él. Los sistemas PACS, que probablemente hayan representado la mayor oportunidad de crecimiento en los departamentos de radiología en estos últimos cinco años, se venden a un sector del cuidado de la salud que hoy en día cuenta con buenos recursos (sistemas de información). Los PACS, en efecto, requieren este tipo de conectividad. Sin ella, usted tendría que comprar todo el hardware a un sólo proveedor, una situación que a) es improbable y b) ignora la variedad en la base instalada existente.

En consecuencia, la mayoría de los principales fabricantes han adoptado DICOM 3.0. Considere este mensaje: en 1997, la compra de un dispositivo sin las capacidades de DICOM 3.0 o sin la entrega garantizada del mismo como servicio post-venta probablemente sería considerada mala praxis gerencial.

### **Ser el mejor de la clase DICOM.**

Un dispositivo DICOM puede ser cualquier cosa, desde una estación lectora, hasta una estación de revisión preliminar (por ejemplo, en la Unidad de Terapia Intensiva), o un Tomógrafo Computado o Resonador Magnético, o un lector láser de Radiografía Computada, un archivo en disco o un Gateway DICOM. Pero el rótulo DICOM por sí sólo no le dice qué tipos de servicios el dispositivo soporta. Para poder entender la interconectividad de los

dispositivos DICOM para los usos que usted requiere, necesitará familiarizarse con algunos puntos salientes del estándar DICOM de siete volúmenes. Esto contribuirá a que usted se sienta seguro de que satisface sus necesidades al comprar los dispositivos DICOM.

Un dispositivo DICOM "Proveedor de Almacenamiento" (SCP acrónimo en inglés de "Service Class Provider"), puede brindar imágenes en formato de archivo DICOM, a través de una red que utiliza protocolos DICOM estandarizados (TCP/IP). Es decir, "empuja" a las imágenes a equipos tales como una impresora láser compatibilizada con DICOM, la cual es un "usuario de almacenamiento" (SCU acrónimo en inglés de "Service Class User"), un Spooler DICOM SCU, una WS DICOM SCU o archivo DICOM SCU.

Esto no significa que usted puede consultar el dispositivo de almacenamiento, sólo significa que el dispositivo puede "empujar" imágenes DICOM hacia él y que las aceptará. Un típico dispositivo proveedor podría ser un Tomógrafo o una WS.

Un proveedor DICOM de Consulta/Recuperación (Query & Retrieve) es cualquier dispositivo DICOM que puede consultar otros dispositivos DICOM de Consulta/Recuperación en la red para encontrar casos e imágenes y, si se desea, recuperarlos: a su vez, puede brindar los resultados de una consulta DICOM originada en otro dispositivo DICOM de Consulta/Recuperación y, si es requerido por ese dispositivo, entregar los archivos de imágenes DICOM a través de la red.

Ahora bien, usted puede imaginar que ser un dispositivo DICOM únicamente proveedor de almacenamiento es tonto. Es como alguien que sólo conoce el lenguaje de señas y es ciego. Esta persona le puede hablar a usted, pero usted no le puede hablar a ella. Puede empujar imágenes a otros dispositivos, pero en realidad no puede comunicarse con ellos (es decir, hacer preguntas). Ciertamente, esto no es lo que usted elegirá hoy para un Tomógrafo Computado, pero si usted tiene un TC más antiguo (no DICOM), esto es casi todo lo que podrá hacer insertando una "caja negra" entre el TC y la red y así compatibilizar su Tomógrafo con el estándar DICOM.

Un dispositivo de almacenamiento sin capacidades de Consulta/Recuperación es como un agujero negro. Usted puede insertar imágenes DICOM pero no las puede recuperar. Para ser justos, debemos decir que algunos fabricantes crearon dispositivos de almacenamiento DICOM como un servicio adicional a sus anteriores dispositivos de almacenamiento propietarios y/o dispositivos ACR/NEMA 2.0. La ingeniería en Consulta/Recuperación no es algo trivial. El producto fue introducido para brindar un servicio de almacenamiento para que usted pudiera conectar los nuevos dispositivos de adquisición DICOM; además, será posible la Consulta/Recuperación para que una vez que usted agregue WS DICOM, pueda recuperar imágenes DICOM cuando lo desee.

Las WS DICOM, por supuesto, necesitan:

- a) Mostrar imágenes recibidas a través de dispositivos de adquisición ("proveedor").
- b) Almacenar imágenes recibidas para luego mostrarlas ("almacenamiento").

- c) Ser capaces de encontrar y recuperar en la red imágenes de los dispositivos de almacenamiento y adquisición ("Consulta/Recuperación"). Si bien durante algún tiempo usted puede arreglárselas sin la Consulta/Recuperación, la necesitará una vez que comience a buscar una cantidad sustancial de imágenes en la WS.

### Eso sí. ¡Todos con DICOM!

Al tiempo que usted cablea su imperio de imágenes, mirará con tristeza su viejo Tomógrafo o Resonador y lamentará no poder reemplazarlo, pero seguramente deseará poder conectarlo a la red para, desde él, poder imprimir, archivar y consultar en su WS. Considere una pequeña caja negra denominada DICOM Gateway (Conversor de Protocolos, es decir No-DICOM a DICOM). Hay algunos fabricantes de estos dispositivos, los cuales no son baratos. (Pero qué espera usted. El mercado es pequeño y limitado). Si necesita una, cómprela y no se queje. Pero tenga en cuenta que estará tratando de recorrer unos cuantos cientos de miles de kilómetros extras en un SEAT 600. No conseguirá la Consulta/Recuperación ni tampoco se conseguirán ciertas partes del encabezado de imagen DICOM, principalmente información sobre órganos. Pero podrá imprimir, archivar y consultar desde su WS en una red (esa era la intención original, ¿no?)



Siempre existen maneras de beneficiarse y las cajas negras no son la excepción. Cada caja tendrá sus ventajas y desventajas. Además, otras soluciones pueden brindarle el mismo resultado y funcionalidad adicional. Por ejemplo, puede usar una PC con un Frame Grabber para poner imágenes en el formato DICOM (a pesar de ser de 8 bits) y,

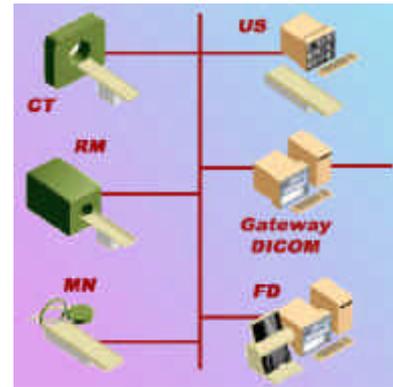
al mismo tiempo, usar la PC como Spooler Láser para su sector y/o una estación de Telerradiología de captura y envío durante la madrugada.

Otros dispositivos disminuirán la brecha entre su equipo existente y el nuevo mundo DICOM. Estos son dolores de cabeza que van en aumento; y hacer que archivos, aplicaciones, ordenadores y dispositivos médicos de distinto tipo se comuniquen es bastante difícil y costoso. Empresas que tienen como propósito el desarrollo de PACS y Mini-PACS y también grandes fabricantes están ofreciendo Gateways DICOM. Si bien ahora pueden parecer costosos, finalmente parecerán métodos no costosos que permitirán la conexión en red de antiguos dispositivos, no compatibles con los estándares, sin tener que reemplazarlos.

Básicamente, esto es lo que todos queremos: DICOM-IN/DICOM-OUT (DI/DO). En el proceso de obtener DI/DO, probablemente usted quiera intercomunicar sus dispositivos de captura secundarios (por ejemplo, equipo remoto de Telerradiología) y sus antiguos Escáner con una red DICOM. Para lograrlo, será necesario traducir una variedad de antiguos formatos de archivo ACR/NEMA propietarios en formato DICOM 3.0 y luego enviarlos a otros dispositivos DICOM (por ejemplo WS) después de solicitar Consulta/Recuperación DICOM. Estos dispositivos son llamados Gateways.

Un Gateway puede ser una única computadora o se puede brindar un servicio de Gateway (enlace) desde una computadora dentro del sistema DICOM como un "servicio" adicional.

Dado que los archivos de imágenes son grandes y las conversiones de los formatos de archivos son intensivas, los requisitos de hardware para un Gateway o un servicio de Gateway resultan sustanciales. Al nivel de la PC es necesario un servidor multiprocesador o al menos una computadora Pentium con configuración de hardware a nivel de servidor. En lo que respecta al "servicio en una caja DICOM", un Sparc 10 o algo similar bastará. Sin embargo, deberá darse cuenta de que, a medida que aumenta el tráfico DICOM en la red, el servicio de Gateway se tornará cada vez más importante, inclusive crítico.



La utilización del Gateway como un servicio en una WS o como dispositivo de archivo DICOM empleado para otros fines puede hacer que el Gateway:

- a) Sea demasiado lento.
- b) Deteriore los otros servicios brindados en la WS o Archivo.
- c) Provoque una falla intolerable si dos servicios se caen al mismo tiempo.

Por lo general, un "servicio" de Gateway podría ser una forma a precio razonable para comenzar con un Gateway DICOM de pequeño volumen, pero debe saber que probablemente quede atrapado con un único proveedor si necesita introducir mejoras hasta alcanzar un Gateway único.

## Impresoras

Las impresoras son una parte importante en todo el sistema de Entrada/Salida de la red de imagen digital. Es el lugar donde finalmente se realiza una copia en placa o papel del resultado de todo el proceso de digitalización, si ello es necesario. Es por eso que hemos dejado este punto para el final.

Un poco de historia. Cuando en 1981 IBM presentó; el ordenador personal (PC acrónimo en inglés de "*Personal Computer*"), la palabra personal era un adjetivo adecuado. Estaba dirigido a las personas que deseaban disponer de su propio ordenador, sobre la que ejecutarían sus propias aplicaciones, y sobre la que administrarían sus archivos personales en lugar de utilizar las minicomputadoras y grandes sistemas que estaban bajo el estricto control de los departamentos de informática. Los usuarios de los ordenadores personales comenzaron pronto a conectar sus sistemas formando redes, de una forma que podrían compartir los recursos principalmente las impresoras. Ocurriendo entonces algo divertido. Alrededor de 1985 las redes se hicieron tan grandes y complejas que el control volvió a los departamentos de informática.

La más simple de las redes conecta dos ordenadores, permitiéndoles compartir archivos e impresión. Como podemos ver, la impresión es común a todas las redes, empezando por la más simple.

En un Hospital donde su departamento de radiología funciona sin placas, algunas veces se hace necesario la impresión de placas. Tal como hemos mencionado arriba el funcionar sin placas no quiere decir necesariamente que no se impriman. A veces ocurre que un paciente debe ser trasladado a otro centro asistencial con el cual no existe conectividad para envío directo de radiografías, o simplemente se desean obtener placas radiográficas para secciones científicas. Entonces, desde una WS debe ser posible ordenar la impresión de copias sobre película cuando se precise o la obtención de copias permanentes sobre soporte sensible o papel, se dispone de dos tipos de terminal básico.

En la actualidad en el mercado de radiología digital existen varios tipos de impresoras.

- a) Las impresoras habituales que todos conocemos que utilizan sistemas muy sofisticados para imprimir placas utilizando tanques adicionales donde se colocan los reactivos para el revelado de placas.



- b) El sistema de impresión térmica muy utilizado en redes digitales de Medicina Nuclear o Ecografías.
- c) El sistema de barrido por rayo láser de alta resolución denominados "Dry Printers" (impresoras en seco).



Existen varias casas comerciales que venden este tipo de tecnología. Las impresoras en seco han venido a revolucionar las redes de radiología digital, ya que evitan la utilización de reactivos para la obtención de radiografías.

En este tipo de tecnología se realiza un barrido por rayo láser sobre la superficie a registrar. Estos equipos permiten la presentación en multiformato de imágenes procedentes de distintas fuentes digitales (TAC, RMN, DIVAS, M. Nuclear), y la presentación en formato real de gran tamaño (35 x 43 cm). La resolución espacial de las copias así obtenidas es muy elevada, hasta 4000x5000 puntos, con una gama de densidades o grises de 4096 niveles. La calidad de impresión de imagen parece adecuada en los estudios practicados. En la conexión con las redes de imagen digital se puede optar por ceder las tareas de configuración de las imágenes a la impresora o enviar a la impresora imágenes ya compuestas por la WS. Esta última opción puede abaratar el coste de las impresoras y es factible con los equipos actuales. La impresora puede estar conectada a una estación concreta, al servidor de base de datos, o bien tener un acceso directo a la red de datos. Esta última solución permite imprimir rápidamente desde cualquier WS.

## Archivos

Tocaremos el tema de archivos una vez más. Sabemos perfectamente que los dispositivos de archivo varían sustancialmente en precio, tamaño y capacidad para integrar y ajustar a escala según las necesidades de cada servicio de radiología. No pretendo involucrarme en una discusión directa sobre la elección de dispositivos pero quisiera antes de acabar con este capítulo, ofrecer algunos consejos, eso sí, siempre deberá tener en cuenta que uno recibe de acuerdo a lo que paga.

En primer lugar, determine hacia dónde se dirige (es decir, cómo se verá su imperio electrónico una vez que termine) para dar el primer paso sin tropezar. La mayoría de nosotros tenemos un destino diferente y una discusión en general no tendrá ningún resultado. Si usted es un Centro de Diagnóstico por Imágenes o un Hospital Rural con 100 camas y no espera nunca tener que integrar un archivo electrónico con otra empresa más grande, probablemente pueda sentirse seguro al elegir algo simple como el CD-ROM o el DVD en los próximos años. Si cree que puede llegar a tener que integrarse a un archivo médico electrónico (EMR acrónimo en inglés de Electronic Medical Record), a un Hospital más grande, a una red de transmisión integrada, entonces el planeamiento y la flexibilización resultan fundamentales. Esta decisión no se trata de comprar otra sala de Fluoroscopia o Tomógrafo: no se engañe.

Mi consejo es el siguiente:

- a) Si necesita ayuda, consígase un buen consultor (nosotros podemos realizar este tipo de trabajo con mucho gusto o derivarlo a quien Ud. decida).
- b) Asegúrese de que la compra incluya hardware de última generación, aplicable a la resolución de problemas, que sea de un fabricante de buena reputación (puede comprarlo a través de un Integrador de Sistemas, como nuestra Empresa, pero asegúrese de que conoce de dónde proviene el hardware).
- c) Cómprele el archivo a alguien que conoce de archivos, no de salas de Fluoroscopia. Esto no implica necesariamente que se trate de la empresa más grande o de mayor renombre.

Significa que debería comprar una solución de archivo confiable de una empresa que cuenta con la gente capacitada para responder ante cualquier problema.

Usted está comprando una solución, no un simple dispositivo. Ya sea de General Electric, Siemens, Agfa, o su proveedor regional de Teleradiología y PACS, cualquiera que le venda un archivo DICOM le estará vendiendo un software que en parte es provisto por terceros (por ej. Informix, Oracle, Lumisys, etc.), hardware provisto por terceros (por ej. StorageTek, Disc, etc.) y servicios de integración, capacitación, soporte y mantenimiento. Esta es una solución. Funciona como cualquier cadena de imágenes: el eslabón más débil de la cadena determina su fuerza en general. No importa cuán grande es la empresa si el servicio local y soporte son deficientes. Sería como si le echara candado a su sala de archivo y perdiera la llave. No podrá hacer negocios mientras su archivo esté inaccesible.

Hasta aquí nuestro consejo, con ello quería finalizar esta primera parte. Ahora podrá leer todo lo referente a sistemas PACS y Telerradiología conociendo sobre su arquitectura y el equipamiento requerido para su implantación.

## BIBLIOGRAFÍA

- 1.- Diagnóstico por imagen. Organización por órganos/sistemas. Lluís Donoso Bach, Melcior Sentís Crivillé, Josep María Mata Duaso. Sumario. Número 165, Abril 2000.
- 2.- Instalación y operación de sistemas PACS: Características Fundamentales. Joaquín Azpiroz Leehan, Alfonso Martínez Mtnez. <http://itzamna.uam.mx/joaquin/pacs/pacs2.html>.
- 3.- Sistemas de archivo y comunicación de imagen en radiología. Joaquim Piqueras Pardellans, Joan-Carles Carreño Pedemonte, Javier Lucaya Layret. Radiologia 1994, vol 36(2) pp. 67-76.
- 4.- Internal IT support crucial to success in filmless department. Yao-Yang Shieh, PH.D., and Glenn H. Roberson, M.D. Diagnostic Imaging. April 2000 pág 55-62.
- 5.- ACR Standards. ACR Standard for teleradiology. Revised 1998 Res. 35. Effective 1/1/99.
- 6.- DICOM. ACR-NEMA Supplement 28: Grayscale standard display function. 28 Jan 1998. Annex A. Punto A.1.
- 7.- Kundel H.L. Visual perceptiorn and display terminals. Radiol Clin of N. America 24(1):69-78, 1986.
- 8.- Cynthia E. Keen. CR provides a bridge for small hospitals plannig shift to PACS. Diagnostic Imaging. Supplement. September 1999. Pag 18-27. <http://www.dimag.com>.
- 9.- John C. Hayes. Roundtable: Integration, scalability fuel PACS market growth. Diagnostic Imaging. February 2000. Pag 21-23. <http://www.dimag.com>.
- 10.- David Dimond, David Wasilewski. Purchasing Strategies: Go beyond financials in making case for PACS. Diganostic Imagin February 200. Pag. 25-28. <http://www.dimag.com>.
- 11.- Yao-Yang Shieh, Glenn Roberson. Internal IT support crucial to success in filmless department. Diagnostig Imaging. April 2000. Pag. 55-62. <http://www.dimag.com>.
- 12.- Evolution of digital imaging. <http://www.directradiography.com>. Direct Radiography Corp. July 5, 2000.
- 13.- Martínez M.A. Jiménez A.J.R. Los sistemas PACS. Laboratorio de investigación en Computación y Procesamiento Digital de Señales e Imágenes. <http://itzamna.uam.mx/alfonso/pacs.html>.
- 14.- Nina Lundberg. How network technology changes the work process at radiology department. An empirical study. IRIS 19 Publications. June 30, 2000. <http://www.internet.adb.gu.se/publications/3/pub.html>.
- 15.- Cody W.F. et al (1995), Can hospitals afford digital storage for imagery. SPIE Proceedings, Vol.2165, pp. 613-628.

- 16.- Lyche D.K. et al (1995). MDIS Early Experience and Efficacy of Wide Area Intercontinental Teleradiology. SPIE Proceedings, Vol.2165, pp. 271-282.
- 17.- Meredith K. Et al (1992). Modeling and Simulation of a High Performance PACS based on s Shared File System Architecture. SPIE proceedings on Medical Imaging, Vol. 1654, pp. 169-179.
- 18.- DR Systems, Inc. Buyer's Guide. <http://www.dominator.com>.
- 19.- Michael J. Cannavo. Understanding the RFP Process for PACS. <http://olcsoft.com/PACS.htm>.
- 20.- John H. Perry. A PACS RFO Toolkit. Version 5. 1997.