

## **PACS**

Los sistemas de archivo y comunicación de imagen (SACI, PACS en la bibliografía inglesa) se han desarrollado como respuesta tecnológica al difícil manejo de la creciente cantidad de información que proviene de los distintos métodos de diagnóstico por la imagen. Un sistema de esta naturaleza está compuesto por módulos de adquisición para todas las modalidades de imagen (Radiografía Computada (RC), Ecografía, Tomografía Computada (TC), Fluoroscopia Digital (FD) y Resonancia Magnética (RM)), un ordenador central, un archivo automático de discos ópticos, y una red de estaciones de visualización y diagnóstico las imágenes. Los resultados obtenidos a nivel mundial, demuestran que los SACI (o PACS) aportan una serie de ventajas funcionales, especialmente a nivel de archivo y recuperación de imágenes. A pesar de ello, el elevado coste actual de adquisición y mantenimiento, junto con algunos problemas técnicos debidos a su complejidad, harán que su implantación como sistema de uso generalizado para todas las modalidades de imagen no pueda ser una realidad a corto plazo en la mayoría de centros.

El volumen de información que se utiliza en un hospital aumenta día a día. De este volumen de datos una gran parte son las imágenes que se utilizan para el diagnóstico. La utilización de película como soporte de estas imágenes genera unos costes de archivo y manipulación elevados, hace que la información llegue a su destinatario con dificultad, o con pérdidas y retrasos. La informática y las comunicaciones actuales ofrecen medios potenciales para almacenar y distribuir imágenes en formato digital, contribuyendo a mejorar la eficacia de los Servicios de Diagnóstico por la Imagen y por extensión del resto del Hospital. Por ejemplo, un programa de digitalización Radiológica, usualmente tiene los siguientes objetivos:

- Implantación práctica de un sistema de radiografía digital en la mayor parte de las exploraciones radiológicas del Servicio, reduciendo la utilización de película y de espacio de archivo.
- La evaluación de la calidad diagnóstica de la radiología digital.
- La evaluación del impacto de la radiología digital en la organización del Servicio, y su grado de aceptación dentro y fuera del Servicio.
- Valorar las implicaciones económicas del sistema.
- Distribución de las imágenes radiológicas por otros Servicios del Hospital, a fin de mejorar su acceso.
- Integración del sistema de archivo digital con el sistema informático de Radiología (SIR) y del Hospital (SIH o HIS).
- Explorar la implantación de un sistema de consultas por tele radiología desde otros hospitales.

### **¿ Que es un PACS?**

Un PACS (Picture Archiving Communicating System), es un sistema de archivo y comunicación de imagen, (CommView, AT& T-Philips) configurado por un conjunto de ordenadores funcionando con sistema operativo como UNIX V.r.3 ó WinNT, conectados por una red de estrella de fibra óptica por ejemplo, que se despliega desde un nodo central . El nodo central, constituido por el sistema de gestión de base de datos (DMS), que permite almacenar unos 7 días de actividad en pacientes ingresados. El sistema puede estar conectado a una rocola automática de discos ópticos (jukebox), que permite almacenar aproximadamente un año de actividad (91.2 Gbytes). Una impresora láser de película como por ejemplo Kodak Ektascan Laser Printer, para la impresión opcional de copias pudiese estar conectada al nodo central.

Entre las imágenes de mayor volumen informático encontramos: La Radiografía Computada (RC), y la Digitalizadora Láser (DL) de película convencional. El sistema de RC ya ha sido descrito y evaluado extensamente con anterioridad. Un sistema de RC es por ejemplo un Philips PCR Graphic II basado en el Fuji FCR-901, que usa soportes de imagen de fósforo estimulable por láser del tipo Fuji IP ST-III y HR, con una resolución aproximada de 2000x2000 pixels. La unidad de proceso de imagen seria luego conectada a una impresora láser de alta resolución (4000x4000 pixels) que produce copias en película (IRC, Philips), y a una

estación de visualización y reproceso de imágenes con memoria local en disco magnético de capacidad para 90 imágenes (DMS-20 Philips) y dos monitores de alta resolución (1Kx1K), y que a su vez podría disponer de una unidad de archivo en disco óptico de escritura irreversible. El equipo de digitalización láser (DL) (Lumisys Digitizer) permite introducir en el PACS, mediante su digitalización por barrido de láser con una resolución de hasta 2000x2500 pixels y 4096 niveles por pixel, las radiografías convencionales antiguas, las practicadas en otro centro o cuando la Radiografía Computarizada está fuera de servicio por avería o revisión, y las imágenes de multiformato de Resonancia Magnética, Ecografías portátiles y algunas Tomografías Computadas de urgencia.

Las imágenes de Fluoroscopia Digital, pudieran ser adquiridas por el PACS mediante la digitalización de la imagen de video (frame-grabber), o mediante una conexión digital directa. Un digitalizador de vídeo promedio, captura imágenes con 256 niveles de gris (8 bits) y resolución ajustable hasta 1024 líneas. De la misma manera, las imágenes de ecografía son adquiridas mediante la digitalización de vídeo, con una resolución aproximada de 800 líneas y 256 grises (8 bits). La TC usualmente se conecta al PACS por un sistema de captura similar. Los equipos de Imagen por Resonancia Magnética están conectados al PACS de forma digital directa durante. La adquisición de las imágenes de Ecografía, TC y Fluoroscopia digital (DSI) se realiza con ayuda de un terminal de adquisición, donde se identifica al paciente y estudio y se seleccionan las imágenes para transferir al PACS.

Para la visualización de las imágenes se instalan estaciones de diagnóstico principales, predestinadas para tal fin. Equipadas con monitores de alta resolución (1280x1024 líneas) y con una gran capacidad de almacenamiento en disco magnético. En cada estación pueden visualizarse simultáneamente distintas exploraciones de un mismo paciente, comprendiendo cualquiera de las modalidades conectadas, y exploraciones previas de cualquier tipo. La recuperación –desarchivado– de las exploraciones previas se lleva a cabo por el sistema al solicitarlas. Se pueden visualizar incluso imágenes de distintos pacientes simultáneamente.

En caso que se requiera acceso a redes externas, un ordenador dedicado (Gateway) da salida a las exploraciones desde el DMS a una red Ethernet que conecta con estaciones de visualización, centros de impresión, o centros de almacenamiento a largo plazo. Anteriormente se requería incluir dentro de los sistemas PACS, computadores personales dedicados exclusivamente a la conversión de formatos de imágenes. No obstante con el advenimiento de los estándares DICOM, la historia tiene otro final.

La Radiografía Computerizada constituye la fuente de datos con mayor volumen diario. Su conexión se realiza a través de un ordenador dedicado, que captura y reformatea las imágenes, y de un módulo de adquisición (AM) que las envía al sistema de manejo de datos (DMS). Los datos demográficos del paciente han sido previamente transferidos de forma automática desde el Sistema Informático de Radiología (RIS), a la terminal de recepción de la Radiografía Computerizada. Junto con ellos se incluye información que permite dirigir las imágenes a una, o varias, estaciones de diagnóstico o visualización determinadas (Sala informes, UCI, etc), y asignar la exploración a una lista de trabajo en la que los pacientes están ordenados por la sala de donde proceden, de forma que en las estaciones de diagnóstico se puede proceder a informar las exploraciones de pacientes de una sala concreta.

### **¿Que se puede esperar de un PACS?**

En muchos centros clínicos y hospitalarios del mundo, todas las imágenes que se producen son archivadas en forma digital. Las realizadas en Radiografía Computerizada, que opera las 24 horas al día durante los 365 días del año, son almacenadas directamente en el sistema de archivo, de forma que están disponibles en la estación de visualización. Las imágenes de radiografía computerizada de pacientes ingresados se almacenan además en el archivo por discos ópticos del PACS, uniéndose al resto de exploraciones del paciente, por lo que se pueden desarchivar automáticamente en cualquier momento sin necesidad de solicitarlo al personal administrativo, y pueden ser vistas junto con el resto de exploraciones en cualquier estación de trabajo. Las imágenes del resto

de exploraciones se adquieren, ya sea directamente (Digitalizador de Vídeo), o bien, mediante la digitalización de la película convencional. La calidad de las imágenes obtenidas con este método es muy buena, en el caso de la Ecografía, es excelente, permitiendo el diagnóstico primario o la revisión sin utilizar la copia en película. Sin embargo, en la TC se pierde parte de la información al adquirir la señal de vídeo quedando los datos limitados a la anchura y nivel de la ventana usados durante la adquisición. Así pues, en la TC de tórax se deben adquirir las imágenes 2 veces (ventanas de mediastino y pulmón). Las imágenes que se obtienen mediante la digitalización de la señal de vídeo de la fluoroscopia digital son de menor calidad debido a problemas técnicos en sincronización de las frecuencias de las señales de vídeo de alta resolución.

La definición de imagen que se obtiene con el digitalizador de película es muy buena, y permite incluso mejorar la información en originales subexpuestos o sobreexpuestos al permitir variar la escala de grises. El tiempo de digitalización de cada imagen es de aproximadamente un minuto. Usualmente el proceso de digitalización de imágenes previas se llevan a cabo en caso de reingreso. El volumen de digitalización en un hospital promedio se mantiene sobre unas 10–12 horas al día, porque, se debe cubrir las interrupciones de los subsistemas de adquisición digitales, en los que se utiliza película convencional.

Para el trabajo diario es muy útil el sistema de direccionamiento previo de las imágenes, a una o varias estaciones de visualización simultáneamente, junto con la asignación de las mismas a una lista de trabajo concreta. El sistema de listas de trabajo permite disponer de las imágenes no informadas ordenadas por modalidades y por salas de procedencia (como en el caso de la radiografía computerizada), y dentro de cada lista por el orden de adquisición. Las exploraciones se visualizan secuencialmente con una única pulsación de una tecla y en cada caso pueden revisarse las exploraciones previas. Los informes son transcritos al PACS por una secretaria, incorporándose esta información a la cabecera de las imágenes, de forma que aparecen conjuntamente en revisiones posteriores. Una vez se dictado el informe, la exploración desaparece de la lista de trabajo y pasa a ser borrada automáticamente de la estación de visualización al cabo de un tiempo definido (de 2 a 5 días). El direccionamiento previo permite visualizar las imágenes en un corto período de tiempo (15 segundos) ya que son almacenadas en el propio disco magnético local de cada estación seleccionada. Los tiempos de espera se alargan cuando las imágenes no están el disco local, sino que están en el disco central del sistema de manejo de datos (DMS) (aproximadamente 60 segundos), o bien almacenadas en la librería automática de discos ópticos (120 segundos). Sin embargo, aunque el tiempo de respuesta parece largo, resulta muy favorable la comparación con el de un sistema convencional de archivo en sobres, que en el caso de pacientes ingresados es de un promedio de 3 minutos, y para exploraciones previas está en una media de 30 minutos.

Recientemente han surgido unos protocolos de archivo automático de las exploraciones en los discos ópticos, con borrado de las mismas de los discos magnéticos locales, para evitar su saturación. Se ha conseguido un ahorro del tiempo empleado en transportar, revelar y cargar los chasis de multiformato, que puede valorarse en 3 minutos por exploración. La calidad de la imagen en los monitores es subjetivamente superior comparada con la película de multiformato, evitándose los problemas de ajuste de la cámara, temperatura de revelado, estado de los líquidos, etc. La impresión de las imágenes en película a través de la impresora láser del PACS se utiliza para las exploraciones que deben fotografiarse, o para algunas sesiones fuera del Servicio. El tiempo necesario para el dictado de informes se ha reducido sustancialmente debido a la posibilidad de visualización secuencial de las exploraciones no informadas con el sistema de listas de trabajo.

Los períodos de falta de operatividad del sistema de archivo o de distribución de imágenes, especialmente del gestor de base de datos y comunicaciones son un problema que puede limitar una implantación con éxito de un PACS. El tiempo offline promedio de un PACS promedio es de casi 10 días/año (2% del tiempo). Las causas son usualmente averías de componentes, instalación de nuevos elementos o tareas de mantenimiento. Algunas modalidades de adquisición de imágenes, suelen tener períodos de falta de operatividad de mayor duración (RC 45 días, DSI 18 días, Digitalizador 25 días, TC 10 días).

Aún siendo un sistema complejo y el número de usuarios elevado, con diferentes grados de implicación en el

sistema, el grado de aceptación del sistema ha sido bueno, tanto dentro como fuera de los Servicios de Radiología e Imaginología a nivel mundial. El sistema presenta mayor grado de aceptación en su uso en las modalidades de Ecografía, Fluoroscopia Digital y TC, especialmente por el aumento de calidad de imagen, por el ahorro de tiempo en la manipulación de los multiformatos, la facilidad de consulta de exploraciones previas, y la agilidad del dictado de informes.

Durante las sesiones clínicas diarias parte de las exploraciones son presentadas y revisadas directamente en la estación de diagnóstico. La actividad de docencia, centrada en los numerosos residentes que rotan por el servicio, está simplificada por la facilidad que tienen en desarchivar, por ellos mismos y sin extravíos, los casos de interés clínico-docente.

Los primeros resultados de evaluación muestran que un sistema de archivo y comunicación de imagen (PACS) comercial es completamente funcional para un Servicio de radiología del volumen de trabajo y las dimensiones promedio (35000 exploraciones/año). En los SACI experimentales se están ensayando nuevas tecnologías de red, archivo y visualización que permiten obtener rendimientos mayores. El SACI es clínicamente útil de distintas formas: La capacidad de visualización remota de las imágenes permite ahorrar tiempo y desplazamientos dentro del hospital. El manejo automático de las exploraciones permite asegurar que las imágenes han sido archivadas correctamente. El tiempo de recuperación de las imágenes disminuye de forma importante. No existe riesgo de pérdida de imágenes y permite que las exploraciones sean consultadas por varios departamentos simultáneamente. Pueden obtenerse múltiples copias electrónicas o sobre película de cada imagen.

El gran éxito experimentado en las secciones de ecografía lo atribuimos fundamentalmente que las imágenes son de tamaño moderado (800 Kbytes/imagen). La misma realidad la ven usualmente otras unidades de baja resolución espacial (TC, IRM, Fluoroscopia digital, o medicina nuclear). La aplicación del SACI en las imágenes radiográficas o digitalizadas ha tenido un éxito menos completo. Ello es debido a la mayor demanda que generan tanto en número de exploraciones como en el tamaño de cada imagen individual (4–8 MBytes). En la TC es más que deseable el uso de los datos digitales directos (densito métricos) en imágenes originalmente de 12 bits por pixel (4000 unidades Hounsfield), ya que con la digitalización a 8 bits (256 niveles) de la imagen de vídeo se pierde información, aún adquiriendo cada imagen con distintos ajustes de ventana. En la resonancia magnética, en la que se cuenta con imágenes digitalizadas hasta 11 bits (2048 grises), pueden bastar 8 bits por pixel, ya que la intensidad de la señal obtenida depende básicamente de la secuencia de estimulación utilizada.

La forma de trabajar de los radiólogos se ve afectada por el sistema. Acostumbrarse a trabajar, informar, consultar y revisar en diferentes estaciones electrónicas requiere un período de aprendizaje, que depende de la experiencia previa como usuario de informática, y una cierta motivación. El entorno de trabajo tiene que ser adecuado en cuanto a iluminación, ruido, temperatura y espacio físico.

El sistema tiene una utilización compleja, especialmente en las tareas no rutinarias, y requiere la presencia de operadores bien entrenados y motivados para las tareas de administrativas de mantenimiento de bases de datos y de distribución de imágenes. Diariamente hay que proceder a la verificación sistemática, por personal administrativo debidamente entrenado, de todo el SACI para detectar problemas antes de que causen trastornos al trabajo asistencial.

La evaluación económica de esta tecnología es compleja, ya que si por una lado tenemos un incremento de costes en equipos y su mantenimiento, de otro lado hay unos beneficios de compleja cuantificación, tales como la disminución de la duplicidad innecesaria de exploraciones, disponibilidad de las exploraciones en cualquier punto del hospital conectado al PACS, reducción del tiempo de acceso a exploraciones críticas, eliminación completa del extravío de imágenes o informes, el aumento de la eficiencia y seguridad diagnósticas por mayor accesibilidad a todas las exploraciones del paciente, y la disminución muy importante del espacio y el personal destinados al archivo.

Es importante la disponibilidad de un servicio de mantenimiento rápido y eficaz, que solucione los problemas y las averías en el menor tiempo posible, para evitar que el sistema deje de ser operativo por los períodos en que algunos o todos sus componentes están fuera de servicio. La duplicidad de la base de datos y del archivo de imágenes permitiría asegurar su operatividad. Así mismo es conveniente disponer de un sistema de alimentación ininterrumpida que permita que el sistema se mantenga en servicio durante caídas temporales del suministro eléctrico. La fiabilidad de un sistema de archivo se ve gravemente comprometida si su disponibilidad no alcanza el 95% del tiempo.