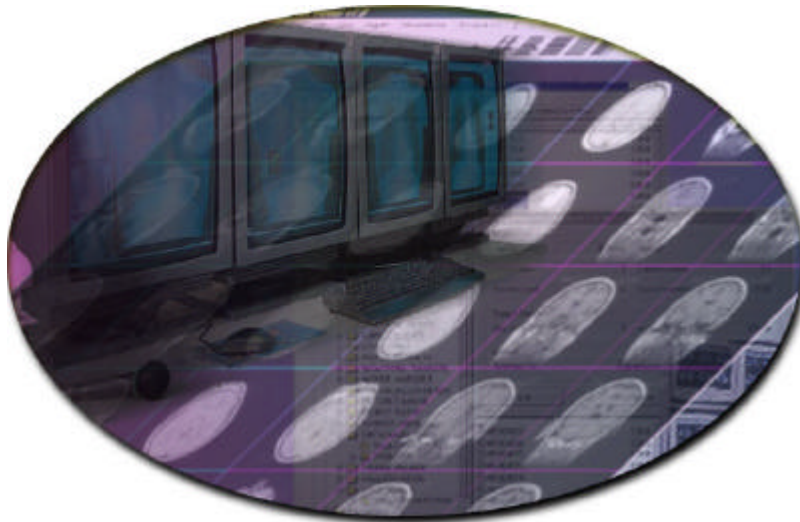

“Radiología Digital, PACS, Telerradiología y Estrategias en Radiología”.

Informática Médica Integral S.L.

Segunda Parte. PACS



| | |
|---|-----------|
| PRÓLOGO | 3 |
| INTRODUCCIÓN | 4 |
| SISTEMA | 6 |
| Planificación para PACS..... | 7 |
| Pasos de implantación de un PACS..... | 9 |
| ¿Qué hacer antes de comprar un PACS?..... | 13 |
| COMPONENTES | 18 |
| Tecnología..... | 19 |
| La Red Digital de Imágenes..... | 20 |
| Adquisición de imágenes | 20 |
| Estandarización..... | 24 |
| Transmisión de imágenes | 28 |
| Sistema de Gestión | 29 |
| Central de Archivo..... | 31 |
| Consulta de Imágenes..... | 33 |
| Impresión..... | 36 |
| Filosofía de DICOM 3.0..... | 37 |
| El Modelo de la información en DICOM 3.0. | 38 |
| Estructura de la información. | 41 |
| WWW interfaz para DICOM PACS..... | 46 |
| CONSTRUYENDO UN PACS | 50 |
| ¿Qué tecnología necesito instalar en mi PACS?. | 50 |
| ¿Qué vendedores tengo a disposición?. | 52 |
| ¿Cuánto me cuesta instalar mi PACS?. | 53 |
| FUTURO DE LOS PACS | 58 |
| De todo ello ¿qué hemos aprendido?..... | 58 |
| La próxima generación | 62 |
| BIBLIOGRAFÍA | 63 |

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 esta Segunda Parte hablaremos sobre los Sistemas de Archivo y Comunicación de Imágenes Radiológicas (PACS acrónimo en inglés de Picture Archiving and Communication System). Trataremos sobre sus componentes, como se realiza su instalación, su operabilidad y como influye sobre la estructura organizativa del servicio de radiología. Daremos consejos prácticos para llevar adelante su integración, su progresión, la planificación para su compra y las ampliaciones correspondientes.

Desarrollaremos un acápite sobre las futuras líneas de trabajo en el área de los PACS, las Tecnologías de la Información y su integración con los Sistemas de Información de Radiología (RIS acrónimo en inglés de Radiology Information System). La intercomunicación entre PACS, RIS y Sistemas de Información Hospitalaria (HIS acrónimo en inglés de Hospital Information System) y la utilización de los estándares HL-7 y DICOM.

Escribiremos sobre temas tan controvertidos como: La experiencia del profesional y especialización del equipo de instalación, la utilización de expertos propios, los gastos iniciales de instalación, el costo-efectividad y el retorno de la inversión (ROI acrónimo en inglés de Return on Investment).

Tal como planteamos en la Primera Parte: "**Radiología Digital**", 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

Lic. José Luis Martínez Cuadros
Director Comercial IMI S.L.
jose@imedi.com

INTRODUCCIÓN

Empezaremos haciendo un poco de historia. La tecnología de PACS se introdujo a mediados de los años 80, pero no fue realmente hasta el inicio de los años 90 cuando realmente tuvo su maduración. Estos vieron su primera instalación operativa en los servicios de diagnóstico por la imagen de la Universidad de California – Los Angeles (UCLA) a lo largo de la década de los años 80 [1]. En aquella época la UCLA se convirtió en el principal centro de desarrollo y experimentación en PACS. Ya el año 1992 se podían contar alrededor de 20 PACS instalados en Europa con distintos niveles de implantación, pero deberíamos citar especialmente los trabajos teóricos y de estandarización realizados en el Hospital de la Universidad Libre de Bruselas (Bélgica) [2] y en el Hospital del Danubio (Viena, Austria), diseñado para funcionar sin película [3]. En nuestro país, varios son los hospitales que hoy cuentan con instalación de PACS, pero mencionarlos podría ser embarazoso debido a que cada día surgen nuevos hospitales con estos sistemas.



En Noviembre de 1997, la Sociedad Norteamericana de Radiología (RSNA acrónimo en inglés de Radiological Society of North America) celebró su 83 reunión anual, convertida por derecho propio en el congreso mundial de Radiología. Ese año, se presentaron más de 1.700 comunicaciones científicas, 1.051 exhibiciones científicas, 264 cursos, 600 exhibiciones técnicas, una representación precisa del “estado del arte” real de la tecnología informática y la más completa representación comercial imaginable de los nuevos productos y servicios del sector. Allí se pudo ver, desde el punto de vista de las tecnologías de la información en el mundo de la imagen médica, tres grandes novedades:

- Primero. Los PACS son una realidad; que junto a la presencia del entorno de Internet, y la disponibilidad de comunicaciones de banda ancha, los fabricantes han desarrollado un variado nivel de soluciones con gran potencial futuro.
- Segundo. El estándar DICOM 3.0 contribuye de forma significativa a esta consolidación al aportar nuevos servicios que permiten integrar RIS, PACS y modalidades.
- Tercero. Los expertos allí presente, valoraron muy positivamente la adopción de entornos basados en Windows NT y tecnología Web.

También hay que destacar dos puntos interesantes y que han demostrado su apoyo al desarrollo acelerado de los PACS:

- La aceptación por parte de la FDA de la Radiología Directa (DR acrónimo en inglés de Direct Radiology); tecnología de Rayos X basada en detectores sólidos, de la cual, en la actualidad existe una amplia gama de productos disponibles, y que supuso la apertura de una nueva era para la radiología digital (más adelante regresaremos a este aspecto).

- La solidez alcanzados por la Telemedicina y la Telerradiología (temas que, evidentemente, no son una novedad), donde se definen servicios y modelos de negocios aceptablemente rentables.

Sin embargo, a pesar de la euforia general que surgió de aquella reunión, los expertos en el tema advierten de la necesaria prudencia a la hora de vender para no dañar el naciente mercado, donde queda aún huella sensible de la primera y fracasada ola de épocas anteriores.

En resumen, la evolución en estos últimos 5 años de la tecnología de la informática y de las redes de comunicación ha conducido a la multiplicación de los PACS y han sido probado con efectividad en muchos hospitales de casi todo el mundo.

Sin embargo, no se puede ver un PACS como una suma de aparatos interconectados, sino más como un medio, un concepto de intercambio de información basado en imágenes, sonido y datos entre médicos, servicios y hospitales. ***Es un concepto de integración de la información hospitalaria abierto al mundo de la comunicación mundial. Es un nuevo concepto multimedia aplicado al ambiente hospitalario.***

Los PACS no pueden verse como una isla en el medio del Pacífico. Conviven en un mar de otros muchos sistemas informáticos hospitalarios. Hoy día, la adquisición de tecnología radiológica que no pueda unirse con los HIS/RIS y con el registro médico electrónico, puede ser similar a comprarse un coche de lujo último modelo para hacer "rally" por caminos abruptos y sin asfalto. Hasta que la nueva tecnología radiológica no se una con los HIS, los sistemas financiero-administrativos de los hospitales y el registro médico electrónico; el proceso está aún sin acabar. Los gastos para ajustar la interfaz y comunicación entre PACS, RIS y HIS aún ocupan un importante papel en el gasto inicial de inversión e implantación de esta tecnología.

Las empresas de tecnologías de la información y las encargadas de desarrollar PACS avanzan en esta dirección, pero aún queda camino por recorrer. El costo económico de propiedad de tecnología radiológica debe verse en el contexto del mercado competitivo, donde Internet ha agregado una nueva variable estructural a la valoración. La interfaz electrónica, la conectividad y la transmisión a gran velocidad, han modificado el nivel aceptable mínimo de servicio y la expectativa de muchos médicos y sobre todo, ello a modificado el pensamiento de directivos que ven en la integración un sistema rentable y aerodinámico.

Estimado lector, tenga la amabilidad de sentarse cómodo, porque pasaremos un largometraje sobre PACS. Espero no se aburra antes de tiempo. ¡Suerte con la lectura!

SISTEMA

Tal como habíamos mencionado antes, los objetivos de un PACS son: la captura, gestión, transmisión, y exhibición de imágenes médicas. Sus componentes son interfaces para equipamiento de imagen, redes de comunicación, sistemas de archivo, estaciones de trabajo para la exhibición de imágenes y software de gestión de base de datos.

Ya sabemos claramente que un PACS no es una isla; habita en un mar de información con otras islas conocidas como RIS, HIS y el sistema de desarrollo de información (DIS acrónimo en inglés de Development Information System), generalmente encargado de toda la gestión económico-administrativa del hospital.

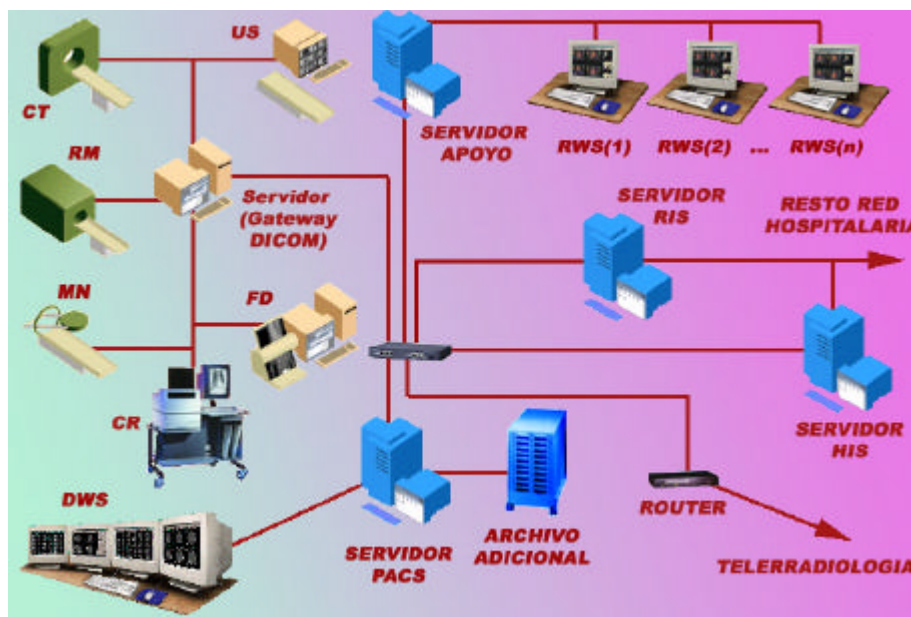


Figura 1. Relación entre PACS y los sistemas HIS/RIS.

En el RIS se almacenan los datos sobre los turnos, exámenes, lista de trabajo, datos útiles sobre los pacientes a examinar; los cuales son de vital importancia para un PACS (que puede usar ese conocimiento para hacer una búsqueda preliminar, desde un archivo de almacenaje a corto plazo en una estación de trabajo, de los estudios previos de un paciente programado).

Parte de la información utilizada en radiología proviene de diferentes escenarios de un hospital, por ejemplo, desde el laboratorio clínico. Por otra parte, el HIS comúnmente administra las operaciones del hospital y los datos demográficos del paciente. He aquí dos ejemplos, de la importancia, de que el HIS pueda comunicarse con el PACS de radiología. Es, también, la fuente de entrada, de descarga e información de traslado, útiles para búsquedas previas y movimiento de imágenes a sistemas de almacenamiento a largo plazo, una vez que el paciente fue dado de baja. El HIS es el encargado por definición de la distribución de información por el hospital, por eso debe haber una estrecha conexión con el PACS, si en él es donde se realiza el informe radiológico, el cual debe ser enviado al HIS para su distribución.

Planificación para PACS.

Todo el mundo empieza hablando de PACS por sus componentes y todos los equipos sofisticados que lo forman, pero **¿Cómo podemos saber la composición y equipos necesarios, si antes no planificamos nuestro PACS?**

Un PACS es un recurso de hospital. La aceptación del usuario es la llave del éxito del PACS. Incluso, las más sofisticadas imágenes digitales, y las redes de archivos no tendrán éxito, si no son utilizadas. (Explica del Dr. Bruce Parker, del Servicio de Radiología del Hospital de Niños de Texas). Los radiólogos y los médicos de otras especialidades tienen criterios diferentes, porque juzgan el valor de una red de imágenes en su totalidad, o por cada componente de esa red. Comprender y satisfacer las demandas de ambos grupos es esencial[4].

La arquitectura y el diseño de un PACS puede verse desde dos enfoques diferentes:

- a) Cima-Abajo (Hospital **P** Servicio Radiología).
- b) Fondo-Arriba (Necesidad/Problema **P** Solución).

El enfoque Cima-Abajo está simbolizado por todo el Hospital en conjunto hacia un departamento de radiología sin película. Tiende a ser diseñado por un amplio sistema de respuestas a cuestiones tales como:

- Altos costos en placas radiográficas.
- Requerimiento de espacio para archivar películas, o una tasa de pérdida de película muy alta.
- Inexistencia de base de datos.
- Lentitud en la consulta de expedientes.
- Repetición de exámenes.

Las **ventajas** del enfoque Cima-Abajo son: La oportunidad de ganar economía de escala; la agrupación de cambios en el entrenamiento y operacionales; la simplificación de la planificación e integración; y la capacidad de tener un punto único de contacto (el del vendedor) para entrenamiento, mantenimiento y servicio.

Las **desventajas** de este enfoque son: Los costos deben afrontarse de un golpe; si el sistema fracasa, es un gran fracaso; puede ser difícil aprovechar los adelantos tecnológicos, y esto puede ser difícil de evitar sobre y bajo especificación para algunas partes del sistema. El enfoque Cima-Abajo cobra un sentido particular cuando se planifica un nuevo edificio u hospital.

El enfoque Fondo-Arriba está simbolizado por la solución de un problema concreto: ejemplo sencillo sin placas; que pueden afrontarse utilizando miniPACS, o PACS parciales. Un miniPACS tiene todos los componentes de un PACS, pero es un sistema en pequeña escala. Un PACS parcial usa tecnología PACS, pero no incluye todos sus componentes.

El enfoque Fondo-Arriba tiende a ser usado para la solución a un problema localizado. Por ejemplo, un miniPACS o PACS parcial puede implantarse para proveer una rápida entrega de imágenes a áreas de cuidado intensivos.

Las **ventajas** de este enfoque incluyen, un costo inicial inferior y que los fracasos tienen consecuencias locales, más que globales. Puede ser más fácil aprovechar los adelantos tecnológicos, las especificaciones pueden adaptarse al problema en particular o ser resueltos y son más simples para la modelación de los sistemas. Generalmente, los resultados rápidos pueden obtenerse resolviendo problemas particulares, y el éxito en pequeños beneficio del proyecto apoya la próxima fase.

Las **desventajas** del enfoque Fondo-Arriba incluyen la pérdida de economías de escala, la necesidad de múltiple entrenamiento y tantas fases como cambios operacionales sean agregados, la adición de dificultades de integración e interfaces si hay proyectos múltiples y la necesidad de contactos múltiples para entrenamiento, mantenimiento y servicio.



Un consejo antes de seguir: Si se siente cansado o con sueño, por favor, la lectura del próximo apartado déjela para otra ocasión o simplemente tómese un café y continúe.



Pasos de implantación de un PACS.

En la mayoría de las instalaciones, la demanda de información, tanto desde fuentes internas, como de las externas, ocurre una vez implantado el PACS. Estas demandas se estudian mediante prácticas increíblemente laboriosas. Si la información necesitada tuviera que ser recobrada automáticamente, encontrar los requerimientos de información lo simplificaría mucho. A esto se suman, a veces, crecientes necesidades de Telerradiología y de servicios de radiología en tiempo real, que pueden también apoyarse usando PACS.

Por eso, **el análisis** de necesidades reales y futuras es el paso preliminar en la implantación de un PACS en un Servicio de Radiología. Buscar ayuda externa es lo más aconsejable en esta fase. Debe ser necesario buscar una empresa que realice las “*Solicitudes Escritas para Propuesta*” (RFP). Este proceso se debe realizar mediante la documentación cuidadosa de los problemas a ser resueltos o mejoras que se quieren lograr. Deberá prepararse un modelo descriptivo de las operaciones actuales, acompañado por una descripción de la manera con que se espera que opere el PACS. Cuando este paso se ha completado, se deberá determinar el grado en que el PACS será útil para corregir y mejorar las operaciones. Si se necesita un PACS, lo próximo que deberá ser establecido es el presupuesto y las limitaciones de tiempo del proyecto.

Se formará un equipo, donde se incluya personal del Hospital y Servicio de Radiología, que realizarán el estudio. Se recomienda que dicho equipo esté compuesto por:

- Un gerente, que asumirá, como está claro, la responsabilidad para el proyecto.
- Un radiólogo, que ayudará a definir necesidades.
- Un técnico en radiología, que representará a los usuarios operacionales del sistema.
- Un ingeniero, que conozca de comunicaciones y bases de datos.
- Un experto financiero, que comprenda la planificación y estructura financiera del servicio.
- Un enlace con la institución familiarizado con la información de otra tecnología que puede ser instalada.
- Un proyectista, que comprenda de ordenadores y visualización.
- Una persona, que tenga experiencia en RFP.

Claro está que algunas personas puede tener más de una función, como por ejemplo, el propio gerente puede ser el experto financiero; el radiólogo el conocedor de varios sistemas que se pueden instalar, etc., pero eso se define, por ambas partes, de mutuo acuerdo: El Hospital-Servicio de Radiología (comprador/lugar donde se realizará la instalación) y el Agente externo (vendedor/empresa de tecnologías de la información).

El modelado es el próximo paso en la implantación; consultar por ayuda puede también ser necesario en esta fase. El tiempo y el esfuerzo gastados en este paso son útiles por su contribución al éxito del proyecto. Debe crearse un modelo funcional, basado en el modelo descriptivo completado durante el análisis de necesidades. Deberá determinarse qué otros sistemas necesitarán interfaces con el PACS, que papel deben jugar los otros sistemas de información. Si existe un RIS o HIS en el Hospital, los proyectistas deberán establecer que sistema es preferente en los diversos elementos de datos; por ejemplo, el HIS puede elegirse como el propietario (contenedor) de la base de datos de información demográfica del paciente. Deberá desarrollarse una especificación para la interfaz de estos otros sistemas. Los proyectistas deberán determinar cuales son los probables fallos y qué eventualidad de las operaciones pueden ser usadas en cada ejemplo. Las necesidades del archivo deben aclararse, entendiendo que la necesidad de acceso rápido a la información disminuye a través del tiempo. Basándose en los aspectos financieros involucrados, el grupo deberá determinar si el proyecto puede instalarse en un solo paso o en varias fases. Si la instalación paso a paso es necesaria, deberá seleccionarse en que fase se terminará el proyecto.

La planificación de la adquisición es el siguiente y no menos importante paso en la implantación de PACS. Debe desarrollarse un RFP. Este es un paso sumamente importante, y el lenguaje utilizado en el RFP debe elegirse cuidadosamente. Si no hay un experto local en este proceso, buscar la asistencia de un experto es una buena elección. Es, también, un paso muy laborioso. Si se usan expertos externos, las instituciones deben asegurarse que no tengan ningún conflicto de intereses (o apariencia de tenerlo). Para los contratos grandes de PACS, la precaución de obtener declaraciones firmadas puede ayudar a impedir, luego, problemas jurídicos de vendedores desconsiderados o no elegidos.



¿Porqué escribir los RFP para PACS? El RFP para PACS, incluye y describe concretamente, todos los requerimientos necesarios para las estaciones de trabajo de diagnóstico primario, revisión y remota, archivos, sistemas de almacenamiento, base de datos, adquisición de imágenes, digitalizadores de películas, sistema de radiografía computada, estandarización y comunicación con sistemas HIS/RIS, impresoras de películas y acceso a Internet. El modelo funcional debe transformarse en una especificación funcional. La especificación

funcional, a su vez, puede usarse para desarrollar los requerimientos de composición del sistema. El exceso de especificaciones debe evitarse, pues el grupo no es responsable de diseñarle el sistema al vendedor, pero sí debe especificarle como debería desempeñarse el sistema[6].

Las normas y especificaciones existentes deberán usarse, donde sea posible, con Imágenes Digitales y Comunicaciones en la Medicina (DICOM) especificado como una interfaz para el PACS en sí mismo. Especificar simplemente DICOM, puede no ser suficiente. Puede necesitarse especificar la clase del par DICOM que necesitan ser asistidas para comprender

las funciones del dispositivo del DICOM. Si se mantiene la conformidad de DICOM, se deberá requerir a los vendedores que sometan sus declaraciones de conformidad DICOM. El Nivel de Salud 7 (HL7) debería especificarse como una interfaz con el RIS o HIS.

Cualquier requerimiento particularmente importante debe ser anotado y señalado que, de no cumplimentarse con una declaración, podrá considerarse una razón válida para descalificar un vendedor. Algunos argumentarán que no es necesario afirmar esto; si un requerimiento está en el RFP, la institución debe proponerse que esto sea cumplido.

El **RFP debe revisarse** por requerimientos conflictivos o ambiguos. Las especificaciones no deben permitir un "desarrollo indigno o adulador" (una tendencia a hacer requerimientos más estrictos que los necesarios), y debe evitarse la tendencia a agregar aspectos que no figuraban en el plano original: **ambos agregan costos**. Es aconsejable, incluir en el RFP, una notificación a los vendedores para que visiten ese sitio, y las normas que serán empleadas para seleccionar a los finalistas. Los vendedores deberán, también, ser informados de los cheques de aceptación, que permitirán que la institución decline (o retenga el pago) del sistema, hasta que opere como desea. Sin embargo, el RFP no debe ser demasiado estricto al respecto, o los vendedores pueden no responder.

El **RFP debe circular entre vendedores potenciales**, quizás precedido por un pedido de información, para ayudar a identificar a vendedores potenciales. Se deberá proveer a los vendedores de un contacto en la institución para responder sus preguntas. Esta persona debería estar familiarizada con el RFP, a fin de asegurarse que no es impreciso al contestar las preguntas del vendedor. A los vendedores se les debería dar el tiempo suficiente para contestar al RFP; en general, mientras más extenso es el proyecto, más largo el tiempo permitido para la respuesta. Como guía, se concede aproximadamente la cantidad de tiempo que fue necesario para desarrollar el RFP. Sin embargo, el generoso tiempo principal deberá ser acompañado por estrictos plazos de cierre. Las extensiones no deben otorgarse, a menos, que la mayoría de los vendedores lo hayan pedido. En ese caso, el tiempo principal era probablemente insuficiente.

Luego, deben **evaluarse las respuestas al RFP**, idealmente por el grupo de planificación del PACS. Si se utilizó ayuda externa para desarrollar el RFP; la misma fuente de asistencia puede resultar muy útil en la evaluación de respuestas, pero el conflicto de interés debe ser escrupulosamente evitado, especialmente durante este paso.

Es muy útil preparar una hoja que incluya los factores a ser evaluados con una escala de valores. La puntuación debe ser independiente en cada ronda. La evaluación final debe considerarse una vez estudiadas las respuestas técnicas al RFP. Esto elimina las respuestas que no reúnan los requerimientos técnicos necesarios, o que estos sean demasiado simples. La segunda ronda puede entonces ser evaluada basándose en las salidas financieras del vendedor, y la potencialidad de la alianza a largo plazo.

Lo mejor para **seleccionar** entre los tres o cuatro **vendedores finalistas**, es hacerlos dar una demostración en la que el comprador es libre para tratar el equipo. Es razonable pedir una demostración del equipo crítico en un proyecto, y una simulación de un sistema completo bajo tareas reales. Nuevamente, deben establecerse los criterios con anterioridad a la demostración o ensayo. Basándose en esos criterios, el vendedor puede entonces ser seleccionado.

Durante la **fase de instalación**, la prueba de aceptación puede ser la llave al éxito. El pago final o todo el pago, están atados a la aceptación del sistema. Para sistemas grandes, es justo que el vendedor establezca criterios de aceptación y pago para los subsistemas. Los pagos progresivos, o algún mecanismo similar, pueden usarse para fomentar resolución de problemas.

En la prueba de **aceptación**, debe mantenerse en la mente que la fiabilidad es el criterio más importante para el éxito de un sistema. Una base para evaluar los períodos de fallos es estableciendo jornadas de 24 ó 16 horas. Un requerimiento típico es uno de 98-99% de operación sin tiempo de avería, lo cual significa que el sistema estaría averiado 1 ó 2 horas cada 4 días.



Aburrido, ¿verdad?. Lo siento, pero es inevitable. Recuerde que esta comprometiéndose con una inversión que puede oscilar, desde los **60 000 – 70 000 Euros**, hasta algo más de **4 millones de Euros**, dependiendo, claro está, del tipo y tamaño de su PACS.

¿Qué hacer antes de comprar un PACS?

Comenzaremos utilizando las palabras del Sr. M.J.Cannavo, Presidente de *Image Management Consultants, Healthcare Imaging Specialists Inc, Winter Springs, Fla*, publicadas en *Imaging Economics*. Proyectos Especiales.

El PACS y los sistemas de Telerradiología determinarán para muchas instituciones la diferencia entre ser competitivo y "estar al día" y entre la economía y la pérdida. Elegir el vendedor correcto no es una decisión fácil, pero es una de las más importantes que usted hará[5].

El Sr.Cannavo y todo su grupo asesor recomiendan, a la hora de comprar e implantar un PACS o sistema de Telerradiología, tener en cuenta varios de los siguientes puntos, que aunque no llegan a ser una guía completa sobre el tema, proveen la estructura necesaria para evaluar a un vendedor. Si desea más información con profundidad, pensamos desarrollar un folleto sobre estos temas. También puede consultarnos y con mucho gusto atenderemos sus inquietudes.

Bueno, comenzamos:

Normas de adherencia. Estas normas están relacionadas con el estándar DICOM. En el pasado hubo más conversaciones acerca de las normas de DICOM, que sobre cualquier otro tema. Afortunadamente, parece ser que la mayoría de los principales fabricantes ha adoptado DICOM 3.0, ya que, como habíamos mencionado en la Primera Parte, 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.

Virtualmente, todos los vendedores se encuentran conformes la clase DICOM SCP (ver *Primera Parte* o "Estandarización" en esta parte), que les permite aceptar datos desde una modalidad DICOM en sus PACS, y solicitar el soporte de DICOM. Lo que es igualmente importante, dependiendo de sus necesidades, es la adhesión a las otras secciones de la norma. Esto incluye: "pedido/recuperación" (*query/retrieve*), que permite que otros sistemas requieran y recobren imágenes almacenadas en el sistema del formato de archivo del DICOM; impresión básica y avanzada, que permite imprimir imágenes monocromáticas y de color; HIS/RIS, que permite eliminar la entrada de datos repetidos, y deja al usuario capturar imágenes e informes de un archivo y distribuirlas en una estación de trabajo o servidor; y los archivos de seguridad, que permiten archivar imágenes en un formato estandarizado.

Es necesario saber que pares de servicios complementarios soporta cada subconjunto de la norma DICOM, como también que artículos específicos, como los niveles de apoyo para "pedido/recuperación" (paciente, estudio, serie, o imagen) o tipos de manejo que soporta la interfase del HIS/RIS (paciente, estudio y/o resultados).



Anótese esto en su agenda, por favor. Las normas de adhesión son críticas si una institución busca expandir su PACS más allá de las aplicaciones iniciales, sin limitarse a un único vendedor. Aún cuando el vendedor esté adherido a DICOM y provea una declaración de cumplimiento, el uso de la compresión propietaria de datos en la transmisión de imagen y/o almacenaje puede encerrarle para siempre en la solución de ese vendedor. Asegúrese de obtener declaraciones de conformidad detalladas, y revíselas sobre la base de los contenidos referentes a sus metas a largo y corto plazo. **Si no domina esta habilidad, un consejo, solicite ayuda de una fuente externa cuando le sea posible.**

Capacidad de Expansión. Generalmente, está ligado con el soporte DICOM. El sistema necesita ser capaz de crecer para preservar la inversión hecha no sólo en hardware y software, sino también en productividad global de los radiólogos, médicos, técnicos de radiología y personal de enfermería. **La expansión del sistema existente es considerablemente más eficaz en función de costos, que readiestrar a todos en un nuevo sistema.**

Tiempo de respuesta del servicio. Virtualmente cada vendedor ofrece un tiempo de respuesta de dos horas o menos de ayuda telefónica. Lo importante es definir el tiempo de respuesta **"en el sitio de instalación"**. Los vendedores que no tienen servicio local pueden tomarse 72 horas o más para proveer piezas de recambio después de un fallo de cualquier componente. Para un componente importante, como puede ser el servidor de archivos, la estación de diagnóstico primario, el digitalizador de películas o el sistema de radiología computada, esto puede ser catastrófico. El tiempo típico de respuesta **"in sito"** debería ser de cuatro horas o menos, con el préstamo de los componentes disponibles si las reparaciones no pueden hacerse dentro de un período predefinido (comúnmente de 48 horas). Hay también una diferencia importante entre el tiempo de respuesta y la optimización. Las garantías de 98% de optimización parecen grandiosas hasta que uno se da cuenta que el 2% de tiempo de indisponibilidad equivale a más de 175 horas en un año, ¡una semana completa al año!. Existen muchos trucos comerciales entre vendedores, pero el más difundido es la utilización de períodos acumulativos de indisponibilidad. En un escenario acumulativo de períodos de indisponibilidad, si el sistema no tiene averías antes de los tres meses, por ejemplo, el vendedor computa esos meses de períodos de indisponibilidad repartidos en su garantía de optimización, proveyendo el vendedor un total de 45 horas de períodos de indisponibilidad antes de que falle técnicamente.

Lo importante es: *Que exista un representante del servicio en la zona es genial hasta que llega el momento en que él o ella no se encuentra disponible y el representante del servicio más cercano está a 1000 Km de distancia. Siempre hay que pedir un mínimo de dos representantes, uno que se pueda desplazar como promedio en menos de una hora (en un radio de 45 Km) y otro que pueda desplazarse antes de 4 horas (en un área de 250 Km de nuestra ubicación).*



Utilidad del Sistema. Una de las necesidades a evaluar es si las opciones de software ofrecidas por los vendedores le resultarán herramientas clínicas valiosas, o simplemente, son adornos inútiles. El sistema necesita ser tan fácil de usar como leer una placa sobre un negatoscopio. Las interfaces gráficas del usuario intuitivamente diseñadas son la clave. Busque opciones de software que ayuden, más que las que le impidan la operación, e interfaces que puedan adaptarse individualmente, para que cada radiólogo o clínico pueda tener una interfaz gráfica configurada cuando él o ella ingrese en el sistema.

Diseño del sistema. Busque sistemas diseñados de manera tal que sus componentes provean el suficiente poder como para tener el trabajo hecho de manera exacta, y permitan la expansión y recambio a largo plazo. En redes punto-a-punto, como algunas aplicaciones simples de Telerradiología, el diseño del sistema no es un factor determinante hasta que se desea la expansión de la red. En el PACS a gran escala, es un componente importante. El uso inteligente de los componentes basados en Windows, Windows NT y/o Unix deberían incluirse en el diseño del sistema para permitir un balance de eficacia y desempeño de los costos.

Funcionamiento. Este se determina en su mayor parte por la aplicación. Las necesidades de los radiólogos difieren drásticamente de las de los clínicos, y afectan el funcionamiento y costo del sistema. Es importante considerar cuan buenas son las imágenes en comparación con la película. Aunque esta sea una decisión puramente subjetiva, es importante para conseguir el apoyo de los radiólogos, pues su subsistencia está determinada en su mayor parte por este factor. Las diferencias entre los diversos sistemas no solo se refieren a los costos, aunque estos impongan las condiciones de diseño y funcionamiento del sistema en muchas aplicaciones (si tiene dudas, léase el capítulo "Radiología Digital" de la Primera Parte o el capítulo "Estándares en Telerradiología" de la Tercera Parte). Estas diferencias incluyen velocidad y resolución de la exhibición, requerimientos del postprocesamiento y otros.

Reputación del Vendedor/Referencias. Lo que importa es la reputación de los vendedores en cuanto a la línea de productos de PACS o Telerradiología, y no qué tipo de reputación tienen en relación con TC, RM, etc. Pregunte acerca de aquellos usuarios que tengan aplicaciones similares a la suya, y no sobre aquellos referentes ideales, elegidos por el vendedor. Las necesidades de la institución que use PACS y que usted visite, deberán reflejar las suyas propias.

Capacitación. El entrenamiento adecuado debería incluirse en el precio de compra del PACS.

La mayoría de los vendedores eligen el enfoque de "entrenar al entrenador", por medio del cual, varios representantes del hospital entrenarán al personal de enfermería y clínico. Mientras esto funcione, es positivo tener al vendedor especialista en aplicaciones como conductor del entrenamiento de los radiólogos y técnicos de radiología por una semana completa, asegurándose así que todos los turnos de trabajo estén cubiertos.

Asociación. Los PACS son una realidad para muchas compañías que tienen productos en el mercado desde hace varios años. Mientras, los usuarios finales pueden proveerse información sobre el diseño del sistema, los días de diseñar productos para encontrar las necesidades específicas de una institución ya han pasado a la historia. **Las pautas de la asociación es la de trabajar con un vendedor, que esté dispuesto, no sólo a escuchar las necesidades que usted diga, sino también a proveer información sobre las áreas de diseño del sistema que tal vez usted no consideró.** Debería sentirse cómodo planteándole sus metas al vendedor, mientras que el vendedor debería sentirse cómodo discutiendo las futuras evoluciones del producto con usted. Después de todo, la mayoría de las implantaciones del PACS toman entre cinco y siete (e incluso 10) años para desarrollarse. **Moraleja:** Deberá elegir un socio con el cual se sienta cómodo durante un largo tiempo.

Costo. Contrariamente a la creencia popular, **el costo es uno de los puntos menos importantes a ser considerados en la compra de un PACS.** Al final, cuando se realiza la presentación por parte de los vendedores del presupuesto final, los precios no difieren sensiblemente. **Lo primordial es observar el valor.** Esto significa concentrarse no solo en el precio, sino evaluar todos los factores enumerados antes y relacionarlos con el precio. El precio debe ser lo más bajo posible, como para resultar competitivo y ofrecer una oferta lo suficientemente buena, pero también lo suficientemente alto como para permitirle al vendedor tener un margen razonable.

Intuición. Esta intangibilidad es la más importante en la compra de un PACS. Uno puede verificar las referencias durante todo el día, pero en el fondo la decisión frecuentemente pasa por un sentido interno. Use su intuición para contestar algunas preguntas importantes: ¿El vendedor aparenta ser sincero o parece ocultar algo? ¿Sus precios son competitivos? ¿Su servicio es fiable? ¿Podrá seguir el día de mañana en este mercado? Si no, ¿resistirá con sus productos? No hay respuesta fácil a estas preguntas, pero son tan importantes como todas las otras, sino más.



No pretendemos que sea un experto en estos temas, pero por aquí es por donde hay que empezar a plantearse el tema al que nos dedicamos: "**Comprar e implantar un PACS**".

De todas formas, como hemos mencionado en varias ocasiones, estamos a su disposición para todo tipo de consejos y realizar el tan "aconsejado" **RFP**.

Para finalizar le daremos unos últimos consejos:

| Lo que puede hacer con un PACS: | Lo que no puede hacer con un PACS: |
|--|---|
| <ol style="list-style-type: none"> 1. Incrementa la productividad de los radiólogos y técnicos en radiología; permitiendo aumentar la eficacia. 2. Sirve como un catalizador para una evaluación técnica del proceso en sentido amplio, no sólo se identifican las áreas dónde se colocará el PACS sino todo el proceso de cambio que sufrirán otras áreas que utilizaran el soporte de la imagen digital. 3. Aumenta el nivel de satisfacción del médico de atención primaria, ya que se nivela con los servicios del hospital, pudiendo acceder desde cualquier área, cuando quiera, a las imágenes y diagnóstico. 4. Virtualmente elimina la utilización de las placas, exceptuando la mamografía y las áreas donde se realice un pedido explícito. 5. Elimina los problemas medioambientales relacionados con los productos químicos de las placas radiográficas y la recuperación de plata. 6. Reduce el tiempo de recuperación de imágenes anteriores de pacientes. 7. Reduce la exposición, relacionada con segundas tomas por errores y posicionamiento. 8. Reduce los requisitos del almacenamiento en períodos mayores de 10 años. 9. Reduce el porcentaje de "tiempo de ocupación equivalente (TOE)" en el presupuesto del hospital. 10. Disminuye el coste por admisión, cuyo impacto se observa en el tiempo de estancia de los enfermos en admisión. | <ol style="list-style-type: none"> 1. Tener un impacto dramático en el TOE. Los ahorros de la reducción del TOE, y la disminución de puestos de trabajo innecesarios son, en parte, compensados por el aumento en el coste de administración del sistema. 2. El impacto en el presupuesto de placas radiográficas que típicamente se obtiene, se deberá poner en función del mantenimiento y renovación del PACS. 3. Aunque el espacio para almacenar radiografías disminuye considerablemente, esta reutilización del espacio se realiza escalonadamente debido a que las radiografías existentes no pueden ser eliminadas, a menos que se digitalicen (las de los últimos 5 años), trayendo consigo un coste adicional. 4. No disminuye la estancia hospitalaria. 5. Disminuir los costes de transcripción informes. 6. Aumentar el rédito, a costa del aumento de las facilidades económicas en tiempo que ofrece un sistema PACS. 7. Intentar resolver problemas por otras vías, cuando la mejor sea la vía tecnológica. |

COMPONENTES

Ahora ya estamos en condiciones de escribir sobre los componentes que forman un PACS.

Mucho se ha escrito sobre PACS en los últimos 5 años, ya que lo que hasta hace poco era un sueño de unos pocos, se ha convertido en una realidad que toca a nuestra puerta. Se ha demostrado que son sistemas de gran capacidad, veloces, que permiten un mejor diagnóstico y una utilización más efectiva de la información hospitalaria.



Un sistema PACS tiene muchas y variadas ventajas, que han sido probadas y estudiadas en los últimos 20 años, pero también es cierto que no es una solución “mágica” en la que solo hay que conectar para que funcione y ya está.

En un horizonte próximo puede preverse que los PACS se constituyan una pieza fundamental dentro del rompecabezas que componen los diversos sistemas de información presentes en una institución de salud moderna. Entre los motivos existentes para efectuar dicho pronóstico podemos identificar:

- Las organizaciones de salud actuales forman redes complejas de instituciones afiliadas que brindan un servicio integrado. El intercambio eficiente de información, entre los distintos sectores y áreas relacionadas con el paciente, necesita de un sistema de comunicación robusto que incluya todos los datos clínicos del mismo, conformando lo que se conoce como Registro Médico Computarizado. Las imágenes de diagnóstico son un ingrediente fundamental del mismo.
- La necesidad de competir bajando costos pero manteniendo o aumentando la eficiencia de los servicios, e innovando en beneficio de la calidad de atención de los pacientes, seguros de salud y médicos afiliados, conlleva a las organizaciones sanitarias a buscar en el uso de las tecnologías informáticas, la generación de nuevas ideas y soluciones. Como consecuencia de esta situación, la disponibilidad de un PACS es considerada como una ventaja competitiva y una inversión estratégica para mejorar la productividad y la imagen de la organización en el medio.
- La disminución de los costos y la maduración de las tecnologías asociadas a los distintos componentes de un PACS.
- El desarrollo y aceptación del estándar DICOM 3.0, que permite que los sistemas PACS sean más fácilmente integrables dentro del marco de un sistema informático hospitalario, y que además facilita el crecimiento escalonado y modular hacia una implantación de PACS que abarque toda la organización.

Por ello, hay que hacer una detallada descripción sobre los componentes de un PACS, para que Ud., como futuro comprador o vendedor de dicho sistema, sepa hacia donde quiere ir y en que tiempo quiere llegar.

Tecnología

Casi todos están de acuerdo en lo mismo, que un PACS se considera un sistema de alta tecnología y que se implanta con la tecnología más reciente. ¿Pero cómo, no me habían dicho que tuviera cuidado con los últimos inventos?. En realidad, sí, pero no para todos los componentes de un PACS.

Un PACS está compuesto por “seis + uno” partes esenciales:

| Componentes | Primera aproximación |
|--|---|
| Adquisición de Imágenes Multimodalidad | El punto fuerte de los PACS son las imágenes de los pacientes y la integración de varias modalidades |
| Red de comunicaciones | Si no existe red, no hay soporte físico para transmitir imágenes, por lo que pierde sentido incluso las siglas PACS |
| Gestión y transmisión de imágenes e información. | Una parte importante del PACS es la posibilidad de gestionar y transmitir las imágenes, junto con la información del paciente y de estudio en cuestión. La localización de imágenes y datos administrativos es vital. |
| Archivo de imágenes e información. | Es, quizás, el pilar de desarrollo de los PACS. Sin un sistema coherente de archivo rápido y eficiente, el PACS perdería su atractivo. |
| Visualización y procesamiento de imágenes e información. | Aquí el mérito es de los “software” de visión y los creadores de monitores de alta resolución. Con la imagen digital, nace la necesidad de estaciones de trabajo para visualizar imágenes simulando negatoscopios. |
| Impresión de imágenes e información. | Siempre existe necesidad de imprimir radiografías o informes, por lo que es importante que desde punto de la red de comunicación se pueda imprimir en los diferentes sistemas. |
| +UNO | |
| Servidores WEB de apoyo y Telerradiología | Los servidores WEB de apoyo y la Telerradiología se han implicado tanto con el desarrollo de los PACS, que podemos decir que han realizado una simbiosis con los PACS |

Pero aquí no terminan los componentes de un PACS, quedan tres temas, que aunque no puedan considerarse como parte tecnológica de un PACS, son vitales en la actualidad para su funcionamiento:

| | |
|--|--|
| Estandarización: | Representada por el mundo DICOM y sus especificaciones para comunicación en red. El Nivel de Salud 7 (HL7) se utiliza como interfase con el RIS o HIS. |
| Codificación y compresión de imágenes: | Dado por las técnicas de compresión de imágenes, las normas para la compresión y la aceptación clínica. |
| Interoperatividad y el trabajo cooperativo: | Basado en la teleconsulta y la visualización de imágenes a través de visores WEB. |

La Red Digital de Imágenes

La finalidad primordial de los PACS es integrar las distintas exploraciones de un paciente en un sistema que las haga disponibles. Los estudios de todas las técnicas, o como mínimo, los que generan mayor actividad asistencial, deberían estar conectados al PACS para rentabilizar el sistema asistencialmente. Sin embargo, ello puede llevarnos a paradojas de orden organizativo y tecnológico[7].

Cada método, por el cual se obtiene una imagen diagnóstica del paciente, se denomina modalidad. Así pues, son modalidades el ultrasonido, la radiografía computada, la tomografía computada, la resonancia magnética, el digitalizador de película, la angiografía digital, la fluoroscopia digital, etc. Y claro está, cada modalidad presenta imágenes con características propias.

Así vemos, como una imagen de tórax, con calidad equivalente a una placa radiográfica, posee una matriz de 4096 x 5120 píxeles con 12 bit en la escala de gris, equivalente a 40 Megabytes de información, mientras que una imagen de ecografía con matriz de 256 x 256 píxeles y 8 bit en la escala de colores, tiene solamente 64 Kilobytes, o sea 640 veces más pequeña que la imagen digital de tórax. *¿Nos falta algo?*. Si, la mamografía digital, recientemente aprobada por la FDA (el "Senographe 2000D" de General Electric), que puede llegar a tener 48 Megabytes. ¡Casi nada!.



Adquisición de imágenes

La adquisición de las imágenes tiene dos modalidades principales. La *primera* modalidad es la **directa**, son imágenes que se obtienen directamente en formato digital. Estas imágenes pueden provenir de sistemas como DR, TC, RM, US digitales, MN, DSA, etc. La *segunda* forma es a través de **capturas secundarias**, mediante digitalización o conversión análogo-digital.

Me gustaría hacer un pequeño paréntesis antes de explicar ambas modalidades. A pesar del avance imparable de la radiología digital directa, esta modalidad no está ampliamente difundida en nuestro medio. ¿Qué significa?; pues, que la radiología convencional y/o los sistemas de radiología computada (CR, que utilizan placas de fósforo), ocupan entre el 65 y el 70%, e incluso, llegando en algunos servicios de radiología a alcanzar el 85%, del volumen total de exploraciones radiográficas. A pesar de ello, el número total de imágenes producidas en estos estudios radiográficos es muy inferior a las obtenidas en los estudios digitales[8].

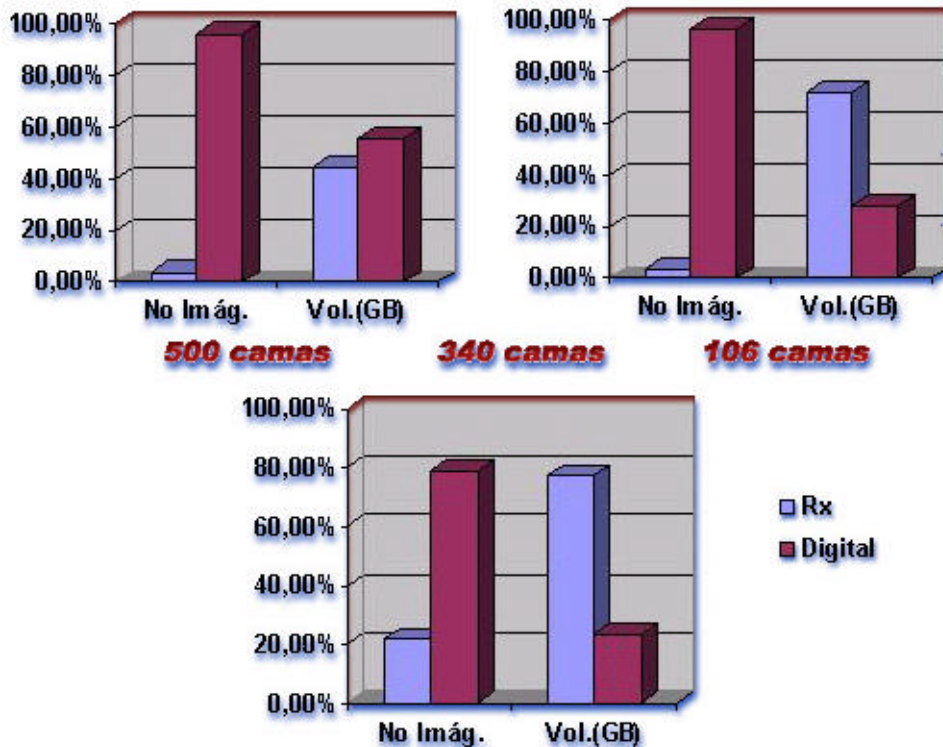
Veamos tres ejemplos prácticos:

En la tabla siguiente, presentamos la distribución de los estudios radiológicos en tres hospitales, con 500, 340, y 106 camas respectivamente, antes de la implantación de PACS (más adelante en este mismo folleto comentaremos, como se realizó la instalación de los PACS en estos hospitales).

| No Camas | Hospital | | | | | | | | |
|------------|----------|------------|----------|----------|-----------|----------|----------|----------|----------|
| | 500 | | | 340 | | | 106 | | |
| Modalidad | Estudios | No Imág. | Vol.(GB) | Estudios | No Imág. | Vol.(GB) | Estudios | No Imág. | Vol.(GB) |
| Rx Tórax | 69 500 | 101 500 | 743 | 3 600 | 9 000 | 281 | 10 200 | 15 400 | 111 |
| Rx (Otras) | 46 350 | 338 500 | 1 565 | 75 320 | 241 000 | 1 573 | 8 520 | 31 950 | 203 |
| CT | 19 000 | 1 425 000 | 71 | 18 480 | 425 000 | 167 | 3 450 | 225 000 | 110 |
| MR | 7 000 | 1 677 200 | 13 | 2 640 | 225 000 | 88 | 0 | 0 | 0 |
| US | 23 200 | 835 200 | 49 | 8 600 | 150 000 | 39 | 6 300 | 216 000 | 13 |
| DSA | 6 875 | 5 630 000 | 2 749 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| NM | 15 500 | 1 395 000 | 4 | 1 370 | 110 000 | 7 | 0 | 0 | 0 |
| Total | 187 425 | 11 402 400 | 5 194 | 110 010 | 1 160 000 | 2 155 | 28 470 | 488 350 | 437 |

| Modalidad | Hospital | | | | | |
|-----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| | 500 | | 340 | | 106 | |
| | No Imág. | Vol.(GB) | No Imág. | Vol.(GB) | No Imág. | Vol.(GB) |
| Rx | 3,86% | 44,44% | 21,55% | 76,75% | 3,55% | 71,85% |
| Otras | 96,14% | 55,56% | 78,45% | 23,25% | 96,45% | 28,15% |

Comparación entre Número de Imágenes (Rx y resto de Imágenes Digitales) y el Volumen (en GB) que estas generan



Como podemos ver en estos tres hospitales, que por sus características son totalmente diferentes, se observa claramente que las imágenes de Radiología Convencional digitalizadas ocupan un porcentaje importante del volumen producido. No curriendo así con las imágenes digitales de TC, RM, MN, US y otras.

Y aquí es donde hay que pensar seriamente en ambas modalidades de adquisición de imágenes.

La modalidad directa:

Muchos aparatos modernos proporcionan imágenes en formato DICOM y pertenecen a la clase DICOM SCP, en cuyo caso es posible leer las imágenes con sus datos y almacenarlos siguiendo la misma norma DICOM.

Sin embargo, en otro grupo de equipos, el reto es encontrar la manera de obtener la información. En estos equipos, es común, que las imágenes se proporcionen bajo un formato no estándar, que depende del fabricante. Tal como mencionamos en la Primera Parte (ver "*Dispositivos de entrada/salida*"), habrá que buscar la forma de que los fabricantes y/o proveedores de dichos equipos coloquen "cajas negras" para la conversión de las imágenes y la comunicación DICOM. De no ser posible, las imágenes que proporcionen estos equipos formarán parte del grupo de capturas secundarias.

Las otras formas de modalidad directa son la utilización de los sistemas CR (acrónimo en inglés de Computed Radiography) y DR (acrónimo en inglés de Digital Radiography) o DDR (acrónimo en inglés de Direct Digital Radiography). El sistema CR consiste en uno o varios lectores de placas de fósforo, borradores de placa, incorporados o no, una estación de adquisición y programas para su manejo (Ver Primera Parte de este folleto, "*Dispositivos Entre/Salida*"). Estos sistemas permiten crear, editar, asignar y enviar archivos de imágenes a estaciones de visualización DICOM dentro de una red. Por lo general, las imágenes son adquiridas en menos de un minuto. La tecnología DDR, utiliza un proceso de conversión directo, es simple e incluso elegante. La simplicidad del procedimiento de captura directa consiste en la conversión de la energía de rayos X en señales digitales. No hay materiales que emitan luz, pasos intermedios o procesos adicionales. Los fotones de rayos X salen de la anatomía son capturados directamente como señales digitales a través de pequeños detectores. En segundos, las señales digitales aparecen como una imagen en un monitor e alta resolución y está disponible para su transmisión a una estación de trabajo o a una impresora para su visualización. La mayoría de los sistemas "*flat panel*" (DR) utilizan un proceso indirecto, normalmente es un material brillante (una especie de yoduro de cesio) que es utilizado para la captura de energía rayos X y convertirlo en luz. La energía de la luz, entonces, es convertida a señales electrónicas a través de pequeños diodos (TFD), y capturada para su lectura utilizando transistores de placas (TFT).

La modalidad de captura secundaria

Hay varias formas típicas de obtener la imagen digital, pero según las normativas de estandarización de la ACR y la CEN, sólo dos métodos son aceptados[9,10] (este tema será ampliado en la Tercera Parte del folleto “Telerradiología”):

- **Digitalizador de placas.**

Existen tres tecnologías básicas de digitalización de placas:

- 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 es bajo. En la actualidad, este tipo de procedimiento no es considerado útil para realizar el diagnóstico primario, pero puede ser empleado como sistema de adquisición de imágenes con destino didáctico.
- 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 en la 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 sistemas láser son más costosos que los CCD, pero 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 (Ver Primera Parte del folleto “Radiología Digital”).

- **Convertidor de señal de consola (“frame grabbers”).**

Son sistemas para captura y entrega de imágenes médicas desde una consola. Incorporan un avanzado sistema de alta definición y alta velocidad, que permiten obtener imágenes de hasta 1280x1024 a 8 bits por pixel a 60 Hz (Ver Primera Parte “Radiología Digital”).



Observación: En la Primera Parte de este folleto dedicamos varias páginas al estándar DICOM, debido a lo confuso que puede tornarse el tema y las veces que hemos tropezado con personas que confunden DICOM con sistemas de Base de Datos o lenguaje de programación, o incluso su comunicación con HIS/RIS, creo que es indispensable volver a tocar dicho tema en acápites siguientes: **Estandarización y Filosofía de DICOM 3.0.**

Estandarización

No hay que ser un experto en Tecnología PACS o RIS para evaluar cómo tales tecnologías de la información pueden mejorar los diferentes procesos informativos en los servicios de diagnóstico por la imagen. La tecnología es, hoy día, similar entre diferentes vendedores y se encuentra muy estandarizada en lo referente a los sistemas operativos que utilizan, procesadores, monitores, estaciones del trabajo, y conexiones de red de área local, que es la base tecnológica de los PACS[20].

La estandarización de la Tecnología PACS significa que los días en que se realizaban implantaciones personalizadas para cada tipo de sistema de imagen digital, como los que se implantaron en la Universidad de California-Los Angeles (UCLA)[21], el Hospital Hammersmith del Reino Unido[22], o en el Hospital Universitario de Hokkaido, Japón[23], han pasado a ser historia. Excepto por razones académicas o de investigación, la mayoría de los hospitales implantan sistemas estándares, cuyo mayor beneficio es disminuir al máximo el costo de implantación de un PACS. Podemos decir, sin temor a equivocarnos, que el estándar DICOM puede ser considerado como una evolución de los PACS en su camino hacia la estandarización

La disponibilidad de estándares de comunicaciones tiene un doble efecto. Por un lado, disminuir los costos asociados con la integración de sistemas evitando la necesidad de desarrollar costosas interfaces "hechas a medida", y por otra parte, permitir que el usuario seleccione los productos más adecuados a sus preferencias y necesidades entre diferentes proveedores, y aún así, que los mismos trabajen integralmente intercambiando información.

Un poco más sobre DICOM.

La implantación y difusión de los PACS, se vio durante mucho tiempo afectada por la carencia de una norma internacionalmente aceptada que contemplara las diversas funciones y tipos de datos que pueden encontrarse en la práctica clínica diaria, en el área de radiología. Los fabricantes históricamente desarrollaron e integraron en su equipamiento soluciones propietarias que permiten la integración entre productos de la misma marca, pero que impiden el intercambio de datos en un ambiente de sistemas heterogéneos.

Debemos señalar, que el primer paso que se dio después de la primera conferencia internacional sobre PACS, en enero de 1982, en Newport Beach, California, donde el American College of Radiology (ACR) y la National Electrical Manufacturers Association (NEMA) deciden conformar un comité conjunto para desarrollar un estándar que promoviera la comunicación de imágenes digitales, sin importar a que marca pertenecía el equipo, y que facilitara el desarrollo y expansión de sistemas PACS.

Como resultado se publicaron un par de versiones del estándar denominado ACR/NEMA V1 (ACR/NEMA Standards Publication 300-1985) y V2 (ACR/NEMA Standards Publication 300-1988). Sin embargo, las limitaciones intrínsecas de ambas especificaciones, la escasa adecuación a las necesidades concretas de los usuarios y al rápido desarrollo tecnológico de

las redes de ordenadores, sumado a la aparición de soluciones propietarias, son algunos de los factores que explican la poca difusión y aceptación que tuvieron estas primeras dos versiones del estándar.

El primer traspie de la estandarización DICOM, y que por desgracia convive aún entre muchas personas que se mueven en el ambiente PACS.

Pero la vida enseña y, consecuentemente, se inició un proceso de rediseño general del estándar, que entre otras cosas permite:

- ✓ su utilización a través de redes de ordenadores, utilizando el conocido protocolo TCP/IP;
- ✓ abarca la mayoría de las modalidades de diagnóstico en que intervienen imágenes;
- ✓ es lo suficientemente flexible como para permitir su evolución y adaptación en el tiempo;
- ✓ contempla el intercambio de información con otros sistemas de información hospitalarios;
- ✓ define explícitamente los requerimientos de conformidad que deben cumplir todas aquellas aplicaciones que sostengan ser compatibles con DICOM.

Sin lugar a dudas, estas mejoras han sido determinantes para que DICOM se convirtiese en el estándar predominante a escala mundial, y el más ampliamente difundido entre los fabricantes de equipamiento médico por imágenes, relegando a un segundo plano las soluciones propietarias y también a aquellas, que siendo abiertas representaban soluciones parciales o restringidas a dominios particulares.

En la actualidad, se observa una tendencia negativa por parte de algunos vendedores y usuarios, quienes se refieren a DICOM como si constituyese una alternativa mágica que soluciona los problemas de integridad de los datos e interoperabilidad de las aplicaciones con la sola mención de su nombre. El estándar, sin embargo, en su mismo texto aclara que si bien DICOM tiene el potencial de facilitar la implantación de soluciones PACS, la utilización por sí sola del estándar no garantiza la interoperabilidad entre sistemas en un ambiente heterogéneo y tampoco asegura que todos los objetivos de funcionalidad de un PACS sean alcanzados.

¡Que quede claro!. No tenemos una varita mágica, sino un estándar como lo puede ser el Nivel de Salud 7 (HL7) utilizado en los HIS, o como el estándar SQL (acrónimo en inglés de “*Structure Query Language*”) utilizado en los motores de Base de Datos.

Si bien es sabido, que el estándar DICOM contempla una amplia variedad de servicios (almacenamiento, impresión, consulta, recuperación, etc.), objetos de información (imágenes de distintas modalidades, datos relacionados con el paciente, estudio, etc.), u otros parámetros y opciones relacionados; su universo de elementos representa un nivel de funcionalidad tal que cualquier implantación práctica del estándar deberá seleccionar necesariamente los servicios que ofrezca de un subconjunto del mismo.

El estándar establece que todas las implantaciones deben estar acompañadas por una declaración de conformidad (“*Conformance Statement*”) adecuadamente estructurado. Ésta es

una compilación formal de las funciones, servicios y opciones DICOM que están incluidas en una implantación particular. Dicha declaración debe indicar cómo la aplicación se adhiere a los requerimientos de conformidad descritos en las distintas secciones o partes del estándar.

Problemas, problemas, problemas...., ¿y qué?.

Tal como indicamos arriba (en "normas de adherencia"), el usuario deberá solicitarle al fabricante o implantador de una aplicación DICOM, que le provea la declaración de conformidad correspondiente. De esta forma, podrá comparar todos los documentos de conformidad de los distintos sistemas instalados y determinar si es posible la interoperabilidad, aunque esta declaración de conformidad constituye una condición necesaria pero no suficiente para asegurar la interoperabilidad entre aplicaciones DICOM. No se asuste, ello tiene solución.

Me gusta ser crítico, porque soy un defensor del DICOM (bueno en este caso porque es el estándar mejor y mayormente difundido con relación a la imagen médica). Existen otros problemas con DICOM y que se originan en diferencias de interpretaciones del contenido del estándar por parte de distintos proveedores. Esto significa que aún cuando se haya verificado que dos declaraciones de conformidad son compatibles, en la práctica puede suceder que luego de conectar físicamente y configurar debidamente ambas aplicaciones, el intercambio de imágenes e información asociada no se concrete o se vea afectado en su funcionalidad y resultados por inconsistencias en la interpretación de las especificaciones. En tal sentido se han reportado numerosos casos en la literatura que describen inconvenientes de este tipo y que afectan tanto el normal funcionamiento de un PACS, así como, los tiempos establecidos para las diferentes etapas de proyectos de instalación de este tipo de sistemas.

DICOM es un estándar voluntario, esto significa que no existe un organismo que actúe como policía o árbitro que determine si un producto que afirme ser compatible con dicha norma, realmente lo es o no. En consecuencia, los únicos mecanismos disponibles para asegurar la interoperabilidad residen en la prueba sistemática de las aplicaciones contra implantaciones, que pueda considerarse de referencia, o a partir de la experiencia que vayan acumulando los fabricantes de las instalaciones que realicen.

Dentro del primer caso, podemos identificar el enfoque adoptado por la RSNA para la demostración DICOM que se realiza en el marco de su encuentro anual. En dicho evento, todos los vendedores que quieren probar la funcionalidad DICOM de sus productos lo hacen respecto a una implantación de dominio público desarrollada por el Electronic Radiology Laboratory del Mallinkrodt Institute of Radiology denominada CTN (Central Test Node). Esta misma política también se lleva a cabo en los Congresos de la SERAM desde el año 1996, donde se presenta un demostrador DICOM.

A día de hoy, muchos de los fabricantes que se reclaman poseedores de la validación del estándar DICOM lo eran, y lo son, sólo de una parte de la totalidad de las "Clases de Servicios" lo cual, en principio, no es poco, ya que la todo aquello que oferten deberá cumplir, como mínimo lo siguiente:

- Ser aplicable a un entorno de red utilizando protocolos normalizados tales como OSI (Interconexión de Sistemas Abiertos) o el muy conocido TCP/IP.
- Deben "reaccionar" (léase interactuar) los dispositivos que declaran en su conformidad a comandos y datos intercambiables.
- Debe identificar, en su caso, inequívocamente cualquier "Objeto de Información ". Atención a éste detalle, ya que no es lo mismo "Objeto de Información" que "Objeto Imagen". El estándar DICOM 3.0 especifica varias definiciones de "objetos de Información" que proporcionan un modelo de datos aplicable a las comunicaciones, tanto de las imágenes sanitarias como de los datos relativos al mundo real, al paciente, a la hora del estudio e incluso al equipo concreto con el que se consigue la imagen (Ver abajo).

Sin lugar a dudas, DICOM representa un esfuerzo de estandarización formidable cuyo alcance y aplicación ha desbordado los límites de la radiología para convertirse en el estándar favorecido para otras disciplinas médicas que también generan y manipulan imágenes tales como endoscopía, odontología y anatomía patológica. Su relevancia, en el ámbito de la imagenología médica, está fuera de toda discusión. También, su contribución altamente positiva a la difusión y aceptación de los sistemas PACS. Sin embargo, como usuarios debemos conocer y utilizar las herramientas que el estándar contempla para facilitar la interoperabilidad entre sistemas, solicitando a los vendedores que nos provean de las declaraciones de conformidad de sus productos. Y por supuesto, debemos estar al tanto de las limitaciones y dificultades que pueden presentarse al momento de proceder con la integración de los mismos para arbitrar los medios que sean necesarios antes de tomar la decisión final.



*Hacemos un pequeño descanso. Si desean seguir ahondando en el tema de DICOM, léase el capítulo **'Filosofía de DICOM 3.0'**. Es un poco denso, pero no por ello menos interesante. Como hemos comentado no pretendemos que sea un experto en estos temas, pero **si tiene que trabajar con abejas, debe saber que su picadura es dolorosa.***

Transmisión de imágenes

¡De nuevo!. Pues sí, este subtítulo lo veremos repetirse una y otra vez en casi todas nuestras partes. Si se pone a pensar un poco, si no transmitimos imágenes, de que sirven los PACS, las estaciones de trabajo y todo lo demás. Es como la publicidad de la paella, lleva muchos ingredientes, pero el más barato es el arroz, pero sin arroz, ya no hay paella.

Ya sabemos que el tiempo de transmisión de las imágenes es directamente proporcional al tamaño del archivo de la imagen digital (ver Primera Parte de este folleto). Cuanto mayor es la cantidad de información digital en una imagen (es decir, cuanto más grande es la matriz y mayor el número de bits por pixel), más tiempo es requerido para transmitir la imagen de un lugar a otro.

En los capítulos que nos preceden, hemos mencionado que los PACS, los servidores WEB de apoyo y la Telerradiología están realmente vinculados entre sí. Considerando la estructura del PACS en ésta, en su forma más amplia, podemos decir que la transmisión de imágenes por medio de las redes de comunicación, es un elemento fundamental (yo diría vital) de estos sistemas; es "*su sistema circulatorio*". Esta red de comunicación puede ser simple, del tipo Ethernet (ver Primera Parte, capítulo de Redes). Sin embargo, la red cuenta con varios elementos, con distintas velocidades de acceso, que dependen de las necesidades de velocidad de transferencia de información.

Lo común es contar con una red de alta velocidad dentro del departamento de imagenología, que debería ser FDI o Gbit Ethernet, una red de menor capacidad dentro del Hospital, como Ethernet convencional 10/100 Mbit, y un sistema de acceso exterior, utilizando la red de servicios integrados o canales de mayor velocidad (ver en la Tercera Parte: "*Estaciones Receptoras y Visualizadoras*"). Este esquema se basa en el hecho de que, la mayor parte del tráfico de información, se encontrará dentro de la misma unidad de imagenología, donde se hará la mayor parte del diagnóstico radiológico y se generarán los informes por parte de los especialistas. Esta demanda justifica la instalación de una red de alta velocidad.

Por otra parte, a medida que la red digital de imágenes crece (junto con el PACS), crece a su vez el tráfico de datos que circula por la misma, llegando incluso a colapsar la red, si esta no se ha planificado correctamente. En un hospital medio (que produce alrededor de 0.5 Tbytes al año), puede circular por la red de radiología entre 6 y 12 Gbytes diarios, por el resto del hospital entre 1 y 6 Gbytes y en la red externa entre 200 y 500 Mbytes. Esto hace un promedio de 13-25 Gbytes que debe soportar la red durante el día.

La topología de la red condiciona su rendimiento o flexibilidad. Las redes, con arquitectura distribuida, permiten el flujo de datos multidireccional, contando con varios servidores de apoyo y la fácil instalación de nuevos equipos. A su vez, pueden conectarse distintas subredes, permitiendo la escalabilidad de la misma, a medida que se incrementa la demanda de imágenes.

El protocolo de transmisión más utilizado en estas redes de transmisión de imágenes es el TCP/IP, que además, es soportado por DCOM. De todas formas, existen múltiples soluciones

ensayadas, como dividir el sistema en varias subredes a fin de repartir el tráfico entre ellas, aplicar redes más rápidas, o hacer circular las exploraciones e información comprimidas por la red.

Para la planificación una red correcta red, deberá conocer, en profundidad, cuáles son sus demandas reales hoy y cuales serán, una vez instalada la red digital en todo el entorno hospitalario, teniendo en cuenta que un estudio para diagnóstico primario, deberá estar en la estación de trabajo diagnóstica en 2 segundos, en una estación de revisión intra-hospitalaria en al menos 6-20 segundos, y en una estación remota en un tiempo no mayor a 10-15 minutos.

Sistema de Gestión

El entorno de un servicio de radiología, como cualquier otro servicio asistencial directo de un hospital, es crítico, y su correcto funcionamiento tiene que estar garantizado. Es por ello que las herramientas que se utilicen en los sistemas de gestión y el software gestor de la base de datos deben ser estable en su funcionamiento.

Si ya vimos que la red de transmisión es importante, no menos interesante es el sistema de gestión que sostiene al PACS, cuya funcionalidad reside, específicamente, en las posibilidades de su sistema de gestor. En ausencia de un RIS o HIS, toda la información de datos del paciente, datos administrativos, informes, localización de imágenes, etc., es mantenida a través del sistema gestor de base de datos del PACS. Seguridad, integridad de los datos y velocidad de acceso, son atributos claves para el buen funcionamiento del PACS y que dependen, en gran medida, del sistema gestor y de la arquitectura aplicada: Centralizada o Distribuida (ver primera parte "Redes").

Ejemplos típicos de tareas del sistema gestor de un PACS son la transcripción y la consulta de informes asociados a las imágenes. Este es un requisito que deberá cumplirse forzosamente para poder implantar con éxito un PACS en entornos clínicos reales. La conexión con el RIS y el HIS son otras tareas del sistema gestor.

Como el sistema gestor de un PACS es un sistema configurado para trabajar en red, deberá cubrir todas las necesidades de un servicio de radiología en un hospital:

- Catalogación del equipamiento y estructuración de turnos por áreas y salas de atención. Programación de turnos para estudios de pacientes.
- Mecanismo de petición de estudios al servicio de radiología.
- Admisión y registro de pacientes que se atenderán en el servicio de radiología.
- Información relacionada con el paciente, considerada como relevante.
- Definición de las modalidades de imágenes médicas que se manejan en cada área.
- Mecanismo de interpretación y diagnóstico de estudios realizados.

- Ubicación física de las áreas del hospital que requieran de los estudios, la interpretación y el diagnóstico.
- Manejo y archivo de la información requerida.
- Localización final de la información para ser utilizada. Organización de la información al ser almacenada. Consultas posteriores a la información.
- Intercambio de información con otros centros de salud.

Y, obligatoriamente, para cubrir todas estas necesidades, se requiere de un conjunto de dispositivos, cuyas responsabilidades son el ofrecer todos los elementos operativos demandados por el área de radiología y áreas dependientes, dentro de un hospital. Estas demandas incluyen: **Adquisición de Imágenes, Almacenamiento de Información, Distribución de Imágenes, Visualización de Imágenes** (consulta, interpretación o diagnóstico), **Registro de Resultados, Interfaz con Otros Sistemas, Comunicación Remota, Seguridad del Sistema.**

En algunos hospitales, la información demográfica y programación de pacientes en el RIS quedan a disposición del PACS, y es usada por éste durante la adquisición de imágenes. Los informes, nuevos datos, o modificaciones se añaden a medida que se generan. La información se puede estructurar para que su consulta sea muy flexible, permitiendo consultar todas las exploraciones de un paciente. El sistema de gestión debe incluir algoritmos inteligentes que permitan adjudicar destinos a los exámenes, para que estos viajen automáticamente a través de la red hacia aquellas estaciones de trabajo donde se encuentre el Radiólogo, que se encarga de informar la modalidad practicada. Utilizando este mismo mecanismo, es posible desarchivar exploraciones previas, cuando los pacientes acuden de nuevo al centro.

El método mejor utilizado en la implantación efectiva de PACS en grandes departamentos, con multimodalidad y subespecialidades, es la creación de listas de trabajo que permiten encaminar las exploraciones al puesto de trabajo del radiólogo asignado al área o sección del departamento. La información que define cada lista de trabajo, estará formada por un código que permite identificar las imágenes que cada radiólogo solicita y que, a su vez, aparecerán en su estación de trabajo, permitiendo realizar el informe con facilidad.

Más adelante, volveremos a escribir sobre este tema, en el capítulo "*Futuro de los PACS*".

Central de Archivo

Tal como comentamos en la primera parte de este folleto, los sistemas de almacenamiento de imágenes deben seguir una estructura jerárquica, que dependerá de la probabilidad de demanda de la imagen. En general, las imágenes más recientes se consultan con mucha frecuencia posterior a su adquisición, y su frecuencia de consulta, disminuye rápidamente con el tiempo.

Una estructura jerárquica, que divide el almacenamiento de imágenes, en almacenamiento a corto plazo y a largo plazo, es la forma más conveniente de utilización que permite un alto rendimiento y velocidad de acceso a la información requerida.

Esta estructura jerárquica, a su vez se divide en tres niveles: Imágenes de acceso directo, imágenes de acceso indirecto (todas almacenadas en archivo a corto plazo) e imágenes de acceso más lento ("off-line"), almacenadas en sistemas a largo plazo, por lo general, en dispositivos magneto-ópticos.

Nivel acceso inmediato: Exploraciones sometidas a visualización, informe diagnóstico o procesamiento. Requieren de alta velocidad de transferencia y, por lo general, tiene baja seguridad y elevado coste.

Nivel acceso indirecto: Exploraciones activas de los últimos días (7-15 días), como archivo inmediato y, por lo general, se revisan en estaciones de trabajos del hospital (Estaciones de trabajo de revisión y comparación). Es un archivo de acceso en varios segundos (6-20 segundos), alta velocidad de transferencia y seguridad media.

Nivel acceso a largo plazo: Es un archivo pasivo, de lento acceso, puede ser de varios minutos, con alto volumen de almacenamiento y elevada seguridad, bajo coste y larga duración.

El almacenamiento a corto plazo ("on-line") tiene las siguientes características:

- Varias decenas de Gbytes. El espacio suficiente para acceder a las imágenes en un período no menor a 15 días.
- Capacidad de transferencia de más 30 estudios por minuto. Recuerde que un estudio pueden ser dos radiografías digitales de tórax, un examen de TC con 25 imágenes o un examen de RM con 60 imágenes (alrededor de 30-40 Mbytes).

El almacenamiento a largo plazo ("off-line") debe cumplir:

- Capacidad de varios Tbytes, incluso decenas de Tbytes. El volumen suficiente para que se puedan almacenar las imágenes el tiempo requerido por las normativas ACR y CEN para las imágenes almacenadas (5 – 7 años).
- Posibilidad del empleo de robots o "jukeboxes", si el volumen de información almacenado así lo requiere. No es lo mismo un hospital que produzca alrededor de 200 Gbytes/año, u otro hospital que produzca un volumen de varios Tbytes/año.

La compresión de imágenes se puede emplear para multiplicar el espacio en el disco, y para reducir el tiempo de transferencia. Se pueden emplear los siguientes criterios (ver primera parte de este folleto):

- Compresión reversible, sin pérdida, con tasas de 2 ó 3:1, para imágenes de referencia o de almacenamiento a corto plazo.
- Poder utilizar, compresión irreversible con tasas mayores para almacenamiento a largo plazo. De todas formas, si no es necesaria la compresión irreversible, no es recomendable utilizarla.

Con esta estructura podrá tener las siguientes ventajas:

Accesibilidad

- Adquisición y manejo estándar de las imágenes.
- Estaciones de trabajo localizadas donde se necesitan.
- Imágenes disponibles siempre.

Visualización múltiple

- Visualización de una misma imagen en distintos lugares al mismo tiempo (Radiología, Urgencias, Quirófano, UCI).
- Visualización en una misma estación de trabajo de más de un estudio de diferentes modalidades.
- Acceso a información adicional (Conexión con el RIS y HIS).
- Disponibilidad con diferentes resoluciones según la necesidad.
- Disminución del tiempo de espera (generalmente en un factor de 10).

Facilidad de Almacenamiento

- Formatos estándar para todas las imágenes.
- Agrupamiento de la manera más conveniente (Por patología, por órganos, por paciente, etc.).

Seguridad

- Reducción al mínimo del riesgo de pérdida de los archivos.
- Acceso restringido a la información, si se desea asegurar la privacidad de los datos.
- Disminución de la exposición del paciente a radiaciones ionizantes (Evita estudios duplicados, Rescate de imágenes "malas" por medio del procesamiento digital de las mismas).

Economía

- Reducción de los costos (Espacio físico, Personal, Productos químicos, placas, etc.).
- Incremento en la velocidad de obtención de datos relevantes.
- Aprovechamiento de la información disponible, pero nunca antes empleada.
- Mejoría de la atención médica sin incrementar costos.

Empleo de Bases de Datos

- Seguimiento de pacientes a largo plazo.
- Comparación entre poblaciones.
- Comparación entre procedimientos terapéuticos.
- Comparación con imágenes "típicas".
- Enlace entre diferentes sistemas de información hospitalaria.

Consulta de Imágenes

Las estaciones de diagnóstico y visualización también son elementos importantes en un sistema PACS (son sus ojos, sus oídos y su piel). Mediante estos elementos, la información llega a los radiólogos para su informe diagnóstico, y después a todos aquellos especialistas que requieren de dichos informes e imágenes. Y por supuesto, deben cumplir con las normas establecidas (ver primera parte de este folleto "Las Estaciones de Trabajo", también la tercera parte "Estándares en Telerradiología"). Estas estaciones de trabajo, reproducen, de alguna manera, el paradigma de los negatoscopios, y su aceptación depende sobre todo de la calidad visual que presentan, junto con la facilidad de uso.

En una red de un PACS, deberán existir diferentes tipos de estaciones de trabajo, cada una de las cuales, tiene sus funciones:

Estación Diagnóstica (DWS): La más importante y, por supuesto, la más cara de todas es la estación de diagnóstico. Por lo general, son estaciones de trabajo que se encuentran dentro del servicio de radiología, aunque pueden existir estaciones diagnósticas remotas, cuando se tienen servicios ubicados física y geográficamente separados. Por ejemplo, una estación diagnóstica podrá estar ubicada en Urgencias o en la UCI, incluso en otra



institución conectada por vía telefónica al PACS (Telerradiología). La característica principal de estas estaciones de trabajo es la calidad de los monitores y el número de monitores utilizados. Como norma, están diseñadas con 2 o 4 monitores de alta resolución, pudiendo tener monitores de 25", monocromos, con resolución de 2560 x 3172 y 4096 niveles de gris.



Sin embargo, dentro de las estaciones de diagnóstico, podremos encontrar pequeñas diferencias. Existen algunas estaciones de trabajo en las que solamente serán informados los estudios de matrices pequeñas, como estudios de TC, US, MN, etc., las cuales, sus monitores pueden ser de pantalla plana de 21" y con resolución de hasta 2048 x 1860 pixels a 32 bits de color. De todas formas, en ambas situaciones, se deben incorporar todas las funciones básicas de procesamiento de imágenes establecidas por los estándares ACR, para poder realizar correctamente el informe diagnóstico (ver en la tercera parte "Telerradiología", el capítulo "Estaciones Receptoras y Visualizadoras"). Es deseable, además, que dichas estaciones incorporen la posibilidad de informes orales, traducción automática de audio, reporte escrito y despliegue de otros tipos de información en tiempo real, todo bajo una interfase amable para el usuario.

Estaciones de Revisión (RWS): Son estaciones de trabajo que están disponibles en los servicios de radiología, generalmente en aquellos que poseen sistemas de Radiología Computada o Digitalización de Radiografías (CR, DR, FD). La función principal de este tipo de



estación de trabajo es la captura de las imágenes digitales, su procesamiento primario, marcado y envío a los sistemas de archivo para que puedan ser informadas. Por lo general, son de menor costo que las de Diagnóstico, y pueden tener uno o dos monitores monocromos de alta resolución desde 1200 x 1600 (19" y 4096 niveles de gris), hasta 2048 x 2500 (21" y 4096 niveles de gris). Estas estaciones de trabajo, pueden servir en determinadas circunstancias como estaciones diagnósticas, por lo que deben poseer las mismas características que las anteriores. Un ejemplo típico es una estación de captura de un sistema CR con placas de fósforo.

Las funciones básicas deben estar disponibles en ambos tipos de estaciones, mientras que las funciones más avanzadas de procesamiento imagenológico, deben incluirse en las estaciones de diagnóstico. La diferencia en la disponibilidad de estas funciones obedece al hecho de que, las estaciones de revisión no alteran las características fundamentales de las imágenes y sirven para mejorar el despliegue (presentación) de las mismas, mientras que las otras, las estaciones de diagnóstico, serán manejadas por expertos, que podrán generar nuevas imágenes con realce que, a su vez, estarán disponibles en los archivos radiológicos y que servirán para complementar la información previamente existente.

Estaciones de Transcripción de Informes (TWS): Son pequeñas estaciones de trabajo, cuya finalidad principal es la transcripción de los informes hablados por los radiólogos. En dicha estación de trabajo se tendrá acceso al sistema de gestión que rige al PACS, y a su vez, se intercomunica con el sistema RIS para el envío de informes a dicho sistema.



Estaciones de Consulta Remota (WWS): Son estaciones de visualización de imágenes e informes radiológicos. Estas se encuentran, por lo general, ubicadas fuera de los servicios de radiología. Son



estaciones de trabajo para ser utilizadas en servicios del hospital que requieran del despliegue de imágenes médicas (UCI, Quirófanos, Traumatología, Radioterapia, Odontología, etc.). Tiene las características de ser estaciones de trabajo que, por lo general, utilizan monitores a color de alta resolución (uno o dos), y que pueden visualizar más de un estudio al mismo tiempo. También, sus sistemas de tratamiento de imágenes suelen tener herramientas especializadas, según el tipo de usuario y el lugar de ubicación. Un ejemplo típico puede ser una estación de consulta ubicada en quirófanos para la planificación neuroquirúrgica. Estas estaciones de trabajo pueden estar ubicadas remotamente, y conectadas al sistema PACS por medio de la red telefónica.

De todas formas, en las tres estaciones de trabajo (**DWS, RWS y WWS**), sus sistemas de tratamiento de imágenes médicas, deben poseer las siguientes herramientas mínimas de trabajo:

- Acceso a la información imagenológica del paciente.
- Acceso a la información del paciente, considerada relevante para el informe médico y la consulta de imágenes (vía conexión con el RIS o el HIS del hospital, o algún otro sistema de base de datos que contenga dicha información).
- Manejo de diferentes modalidades de imágenes médicas.
- Posibilidad de mecanismos de interpretación y diagnóstico de los estudios realizados. En el caso de las estaciones de consultas, solamente podrán agregar anotaciones al informe radiológico.
- Acceso a la organización de la información almacenada a corto y largo plazo.
- Intercambio de información entre dos estaciones de trabajo de la misma red.
- El software de visualización deberá permitir:
 1. Visualización médica multimodal y despliegue multimonitor (simulación de negatoscopios).
 2. Manipulación de ventanas y niveles de color.
 3. Manipulación 2D de las imágenes, rotación, espejo, etc. Operadores de Zoom. Operadores de filtrado (disminución de ruido, suavizado, resaltado de bordes, etc).
 4. Estadísticas sobre las imágenes local y global en niveles de colores o paletas para definir Regiones o Volúmenes de Interés (ROI, VOI).
 5. Anotaciones sobre las imágenes (Puntos, Líneas, Distancias, Ángulos, Textos).
 6. Presentación de series en el tiempo (si es requerido).
 7. Procesamiento avanzado de imágenes: Reconstrucciones multiplanares, navegación con multicursores, representación tridimensional y planos múltiples con o sin renderización de superficies.

Más adelante volveremos a escribir sobre las estaciones de trabajo, pero además, puede consultar el capítulo “Estándares en Telerradiología” de la tercera parte.



Lo más importante que debe tener en cuenta es, que todas las estaciones de trabajo deberán cumplir estos requisitos mínimos, pero además, deberá siempre recordar que, en un sistema PACS, no todos los grupos de usuarios tienen los mismos requerimientos funcionales, y ello permite limitar el coste de cada estación de trabajo. Por supuesto, no impide que cada usuario pueda utilizar las herramientas indispensables para el trabajo con las imágenes médicas.

Impresión.

En el ideal de un sistema PACS bien planificado e implantado con toda su red de apoyo de distribución de imágenes digitales, no requiere impresión de radiografías. En la vida real se ha demostrado que, incluso, en las mejores implantaciones de PACS, es necesario imprimir aproximadamente el 15% de los



estudios de radiología. Es por ello, que las estaciones de trabajo deben poder ordenar la impresión de copias sobre película cuando ello sea necesario. Alguna de las causas son bien conocidas: traslado del paciente a otro centro, utilización en sesiones científicas (cada vez menos, con la aparición de los Vídeo Proyectores Digitales de alta definición) y, por último, los médicos que siempre desean disponer de copias en placa. Otras causas pueden ser tan variables como el clima durante todo un año. Para la obtención de copias sobre soporte sensible (placas radiográficas) o papel, será necesarios disponer, al menos, de una terminal de impresión. Esta terminal de impresión, permitirá realizar copias de radiografías y copias en

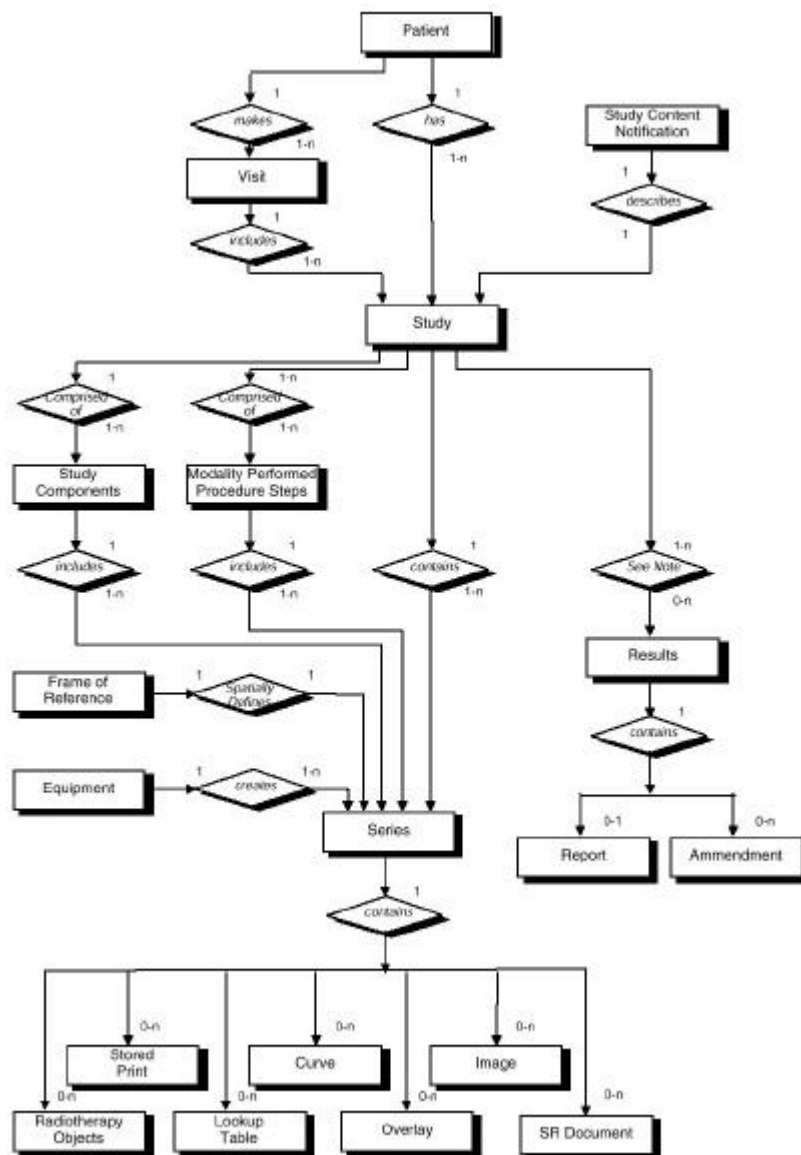


papel (ver primera parte “Impresoras”). Lo normal, es tener impresoras estándares para copia de informes en papel, y las impresoras especializadas (pueden ser Impresoras Secas “DryPrinter” o impresoras térmicas).

Estos equipos permiten la presentación en multiformato de imágenes procedentes de distintas fuentes digitales (TC, RM, DIVAS, MN), y la presentación en formato real de gran tamaño (35x43 cm.). La resolución espacial de las copias obtenidas es muy elevada (hasta 4000x5000 puntos), con 4096 niveles de gris. En la conexión con los equipos PACS, se puede optar por ceder las tareas de formateo de las imágenes a la impresora o, por el contrario, enviar las imágenes ya compuestas en la estación de trabajo del PACS. Esta última opción puede abaratar el coste de las impresoras, y es factible con los equipos informáticos actuales. Las impresoras pueden conectarse a través de una estación de trabajo o del servidor, pero también, pueden estar conectadas directamente a la red. Esta última solución permite imprimir rápidamente desde cualquier estación del PACS.

Filosofía de DICOM 3.0

A modo de introducción, le comentamos que Ud. puede leerse sólo lo que sigue a continuación o, por el contrario, si desea profundizar un poco más en el mundo DICOM, puede leer los acápites que aparecerán después. Como ya todos sabemos, DICOM 3.0 como estándar de comunicación de imágenes médicas, predominantemente en radiología, utiliza un conjunto de normas encaminadas a establecer intercambio de información; la cual, se realiza a partir de un modelo de objetos que describen el mundo real (pacientes, imagen, etc.) que forma el dato radiológico y la forma en que están interconectados. Por ello se plantea que DICOM es un estándar "orientado a objetos". Una entidad del mundo real como, un paciente, una visita, una imagen, etc. es modelada como un objeto. Cada objeto tiene su serie de atributos, por ejemplo, el objeto paciente contendrá los atributos de sus datos demográficos, fecha de hospitalización, etc.



Modelo del mundo real de DICOM 3.0

Partiendo del modelo del mundo real de una imagen médica y todo su entorno, se crea un modelo entidad-relación del mismo, que sirve para estructurar la información. La unidad elemental de DICOM está compuesta por el “Objeto de Información” (IOD acrónimo en Inglés de “*Information Object Definition*”) y la “Clase de Servicio”, que son sus dos componentes fundamentales. El conocimiento de estos dos componentes permite comprender, por lo menos a un nivel funcional, lo que DICOM hace y porqué es útil. Los IOD de la información definen el contenido de las imágenes médicas del centro, y las Clases de Servicio que definen lo que hay que hacer con ese contenido.

Las Clases de Servicio se combinan con los IOD para formar las unidades funcionales de DICOM. Esta combinación es denominada Par Servicio-Objeto (SOP acrónimo en inglés de “*Service-Object Pair*”). Como DICOM es un estándar orientado a objetos, la combinación Servicio-Objeto se denomina Clase Par Servicio-Objeto (“*SOP Class*”). La Clase SOP es la unidad elemental de DICOM; todo lo que DICOM hace se basa en la utilización estas clases.

La acción de combinar un servicio y un objeto de información es sencillo. Por ejemplo, DICOM define una serie de almacenamiento en Clase SOP (por ejemplo: Imágenes de TC en Clase SOP de almacenamiento). El objeto de información definido TC y la clase de servicio de almacenamiento, se combinan para formar la “CT image storage SOP class”.

Definidos los objetos de interés y todas sus características, DICOM define cuales son las operaciones que pueden ser ejecutadas y sobre qué objetos. Tales operaciones son llamadas DIMSE (acrónimo en inglés de “*DICOM Message Service*”). El proceso de comunicación en DICOM contempla el intercambio de instancias de SOP con la utilización de mensajes DICOM. Los mensajes DICOM es la forma de comunicación de las clases SOP; los cuales contienen las órdenes que se utilizan o que proporcionan un servicio específico y los datos del objeto de información.

Como vemos, a través de las clases SOP se efectúa el intercambio de información. La base de este intercambio es la utilización de protocolos Cliente-Servidor (ver Primera Parte de este folleto), o sea, cada vez que dos aplicaciones o equipos deciden conectarse para intercambiar información, una de las dos tiene que desarrollar el papel de proveedor del servicio (SCP acrónimo en inglés de “*Service Class Provider*”) mientras la otra tiene el papel de usuario (SCU: acrónimo en inglés de “*Service Class User*”). Obviamente, para cada combinación de una clase SOP, el estándar define un conjunto de reglas de negociación, mediante el cual, se establece la comunicación entre las dos aplicaciones o equipos, ***si esta es posible***.

El Modelo de la información en DICOM 3.0.

Las especificaciones de DICOM son subdivididas en partes; y en cada reunión de los grupos de trabajo, que se encargan del desarrollo del estándar DICOM, se ponen al día cada parte o capítulo sin necesidad de reeditar el resto. En estos momentos se cuentan oficialmente con 14 partes, y dos más que están en desarrollo (Partes 15 y 16). En la página oficial del estándar

DICOM en Internet (<http://medical.nema.org/DICOM.html>), se está anunciando la última versión borrador de la parte 14.

Enumeramos brevemente las partes:

- [DICOM Part 1: Introduction and Overview](#) La primera parte contiene una panorámica del estándar es sí mismo, con descripción de los principios básicos; alguno de estos principios los hemos presentado arriba en “*Filosofía de DICOM 3.0*” donde hemos introducido los conceptos de objetos de información (IOD) y Clases SOP.
- [DICOM Part 2: Conformance](#) En la segunda parte se describe la definición de conformidad para DICOM, es decir, se le solicita a los desarrolladores y vendedores de equipos y sistemas, describir claramente como es su adhesión al estándar DICOM. Las anteriores versiones 1.0 y 2.0 de ACR NEMA no tuvieron estas características.
- [DICOM Part 3: Information Object Definitions](#) Especifica la estructura y atributos de los objetos que se operan por Clases de Servicio (Explicadas en la Parte 4). Estos objetos pueden ser Paciente, Estudio, Serie, Imagen, etc.. Cada definición de IOD está agrupada en módulos. Algunos IOD pueden tener grupos de atributos idénticos, que se definen en módulos comunes. Estos objetos compuestos son, por ejemplo, la imagen de TC, RM, NM, US, etc., que contienen atributos inherentes a la misma entidad del mundo real y otros no inherentes.
- [DICOM Part 4: Service Class Specifications](#) Define las funciones que operan sobre los Objetos de Información (Definidos en la Parte 3) para proporcionar un servicio específico. La especificación de las Clases de Servicios (SOP Class) son basadas las operaciones que deben actuar sobre los IOD. Tales SOP Class son: certificación, memorización, petición/consulta de imágenes e informaciones, contenido del estudio, gestión del paciente, gestión del examen, gestión del parte médico, gestión de la documentación. Cuando una aplicación DICOM engendra una serie de datos, ésta tiene que ser descodificada para poder ser insertada en los mensajes de comunicación.
- [DICOM Part 5: Data Structure and Semantics](#) Especifica la codificación de los datos en los mensajes que se intercambian para lograr el funcionamiento de las Clases de Servicio (Explicadas en la Parte 4). La principal función de esta parte es definir el lenguaje que dos aparatos tienen que utilizar dicha comunicación.
- [DICOM Part 6: Data Dictionary](#) Define los atributos de información individuales que representan los datos de todos los IOD definidos en la Parte 3. También se especifican los valores de algunos de estos atributos.
- [DICOM Part 7: Message Exchange](#) Especifica el funcionamiento de los mensajes a intercambiar. Estos mensajes se utilizan para poder usar los servicios definidos por las Clases de Servicio (Parte 4).

- [DICOM Part 8: Network Communication Support for Message Exchange](#) Define los servicios y protocolos de intercambio de mensajes (Definidos en la Parte 7) directamente en ISO y redes de TCP/IP. En el entorno DICOM, el protocolo de comunicación utilizado es el TCP/IP, que representa un estándar muy difundido y que permite el traslado de imágenes y datos, a través del medio físico de transmisión utilizado, de un modo eficiente y coordinado. La elección de este estándar representa una solución ideal para el manejo de las imágenes de diagnóstico, ya sea a nivel local (LAN), o sobre red extensa (WAN).
- **DICOM Part 9: Point-to-Point Communication Support for Message Exchange (obsoleto).** Define los servicios y protocolos que intercambiaban los mensajes (definidos en la Parte 7) directamente con conectores 50-pines. Comunicación punto a punto.
- [DICOM Part 10: Media Storage and File Format for Media Interchange](#) Define los formatos lógicos para guardar la información de DICOM sobre varios medios de comunicación.
- [DICOM Part 11: Media Storage Application Profiles](#) Define los medios para usuarios y vendedores, especificando la selección de medios de comunicación entre los sistemas definidos en la parte 12, y los Objetos de Información definidos por DICOM en la Parte 3.
- [DICOM Part 12: Media Formats and Physical Media for Media Interchange](#) Las especificaciones de la industria referentes a los Medios Físicos de Almacenamiento y Medios de comunicación que estructuran los sistemas del archivo. Incluye varios tipos de Medios de Almacenamiento: CD-ROM de 650 Mbytes, MOD de 5.25" de 650 Mbytes, MOD de 5.25" de 1.3 Gbytes, MOD de 3.25" 128 Mbytes, y disco flexible de 3.5". En el suplemento se publica información sobre el DVD.
- [DICOM Part 13: Print Management Point-to-Point Communication Support](#) Esta parte especifica los servicios y protocolos necesarios para apoyar la comunicación de Impresión DICOM entre Entidades de Aplicación, más allá del manejo punto a punto, entre usuarios de impresión y proveedores de equipos de impresión. Como resultado, se especifica la posibilidad de que la impresión, entre Entidades de Aplicación, se pueda realizar dentro de la red que los une.
- [DICOM Part 14: Grayscale Standard Display Function](#) Esta parte especifica la estandarización de las características de los monitores para la representación en la escala de gris de las imágenes. Proporciona ejemplos de métodos para medir las características de la curvatura particular del monitor con el propósito de emparejar la escala de gris a un estándar, o para medir el rendimiento del sistema de monitores y la escala de gris a representar. En esta parte no se definen los valores de luminancia que deberán ser proporcional los monitores, ni los diferentes elementos que se deben representar en los monitores de diagnóstico, ni las funciones específicas para la representación de imágenes a color.
- **DICOM Part 15: Security Profiles (en desarrollo).**

- **DICOM Part 16: Templates and Context Groups (en desarrollo).**

Información sobre todas estas partes comentadas arriba se puede encontrar en la página oficial de DICOM : <http://medical.nema.org/Dicom.html>.

Tal como comentamos arriba, la información sobre los objetos del mundo real se plasman en un modelo entidad-relación del mismo, que sirve para estructurar la información.

Estructura de la información.

Como hemos visto, la información sobre los objetos del mundo real se especifican utilizando los Objetos de Información. Pero, un IOD no representa una instancia específica de un objeto del mundo real, sino una clase de objetos del mundo real. Hay dos tipos de IODs:

IOD normalizado: IOD que se emplea para representar una única clase de objetos del mundo real.

IOD compuesto: IOD que incluye información sobre varios objetos del mundo real relacionados. Son uniones de varios objetos normalizados. Los IOD compuestos más complejos son los IOD que representan una imagen y toda la información asociada a ella. Cada una de estas entidades que forman el modelo se denominan **Entidad de Información (IE)**.



Tal como hemos mencionado en otras ocasiones, la norma **DICOM** es un estándar, al igual que muchos otros estándares que existen, como por ejemplo: el estándar **SQL** para las bases de datos, el **HL-7** para los HIS, etc. Esto no quiere decir, que Ud. como usuario aventajado de este estándar, se vea obligado a acatar cada una de sus normativas; pero si utiliza sus objetos de información, tal como están definidos en la norma DICOM, Ud. tendrá una ganancia: sus archivos de imagen, sus transmisiones de imágenes e informes, sus estaciones de trabajo, y la de todas aquellas personas con las que desee intercambiar información, trabajarán en un único formato de archivos, para transferir y almacenar dicha información. O sea, Ud. será compatible con muchas otras instituciones y podrá discutir sus estudios radiográficos con cualquier otro radiólogo en el otro extremo del mundo. No importa que Ud. sea de Hungría, Japón, Australia, o viva en Alaska o en la Tierra del Fuego, si Ud. tiene un servidor o transmite imágenes en formato DICOM (como IOD Compuesto), cualquier persona podrá leerla. Ya sea, con un visualizador WEB en JAVA, o con un programa multimedia, o con un programa hecho a medida, o incluso con el Photoshop; todas esas personas podrán visualizar y discutir con Ud. imágenes médicas y viceversa. Ellos podrán transferirle a Ud., de la misma forma, imágenes en formato DICOM.

Antes de entrar a explicar completamente la estructura DICOM de una imagen, quisiera explicarle algunas cuestiones interesantes de esta norma. Recuerde que DICOM es una norma orientada a objetos. Si Usted está familiarizado con la programación, o quizás haya escuchado algo sobre programación orientada a objetos, sabrá que las propiedades de los objetos se denominan atributos, y que para que dos objetos se comuniquen, requieren de mensajes entre ellos, y que dichos mensajes están estrechamente vinculado a un objeto. Pues, en DICOM, ocurre exactamente lo mismo.

Servicios que brinda DICOM: En DICOM se definen los servicios que se pueden realizar sobre los objetos. Los servicios denominados DIMSE (DICOM Message Service Element) permiten que una entidad de aplicación DICOM invoque una operación o una notificación a

través de una red. Estos servicios se definen en la Parte 7 de la norma. Así por ejemplo, vemos que los Servicios de almacenamiento, denominados "Media Storage Services", permiten a una entidad de aplicación DICOM, como la Imagen, hacer llamadas a operaciones de almacenamiento. Estos servicios se describen en la Parte 10. La unión de servicios e IOD forman las clases Par Servicio – Objeto (SOP). Realmente sirven para establecer un conjunto de capacidades para soportar su interacción.

En DICOM, estas clases se dividen en **Clase de servicio de usuario** (SCU - Service Class User) y **Clase de servicio del proveedor** (SCP – Service Class Provider). La **Clase de almacenamiento SCU (Class Storage SCU)** es una entidad que demanda a otra entidad **Clase de almacenamiento SCP (Class Storage SCP)** que guarde una imagen. La **Clase de Consulta SCU (Query Class SCU)**, que es un puesto de trabajo, interroga a la **Clase de Consulta SCP (Query Class SCP)**, que es un banco de datos, sobre las imágenes que están almacenadas. La **Clase de movimiento SCU (Move Class SCU)** es una entidad encargada de realizar demandas a la **Clase de Movimiento SCP (Move Class SCP)**, para mover juegos de imágenes de una ubicación a otra. El **proveedor Consulta/Recuperación (Query/Retrieve Provider)**, es un dispositivo DICOM que consulta otros dispositivos DICOM de Consulta/Recuperación en la red, para buscar estudios e imágenes y, si se desea, recuperarlos. Además, brinda los resultados de la consulta originada en otro dispositivo de Consulta/Recuperación y, entrega los archivos de imágenes, a través de la red.

Atributos y Módulos de los IOD: Los **atributos** son elementos de un IOD, los cuales, describen todas las propiedades de una instancia de un objeto del mundo real. La agrupación de varios atributos se denomina módulo. Todos estos módulos y atributos, están explicados en el Anexo C de la Parte 3 de la norma. En los textos del estándar, cada atributo es identificado por una etiqueta (TAG), la cual está formada por dos números, el grupo y el elemento, respectivamente. El contenido y la semántica de cada atributo se especifica en la definición de los IOD. El tipo de dato y su formato viene dado por la Representación de Valor (VR – "Value Representation"). En la Parte 6 están explicado todos los tipos y formas de codificar los atributos. En fin, todos los atributos se codifican como elementos de datos que poseen: Etiqueta, Tipo (VR), Tamaño (VL – **Value Length**) y Valor (VF – **Value Field**).

Veamos algunas propiedades de elementos:

| Nombre (Name) | Etiqueta(Tag) | Tipo (VR) |
|--|----------------------|------------------|
| Nombre del paciente | (0010, 0010) | PN |
| Id del paciente | (0010,0020) | LO |
| Número de entrada | (0008,0050) | SH |
| Servicio pedido | (0032, 1033) | LO |
| Secuencia de código del procedimiento pedido | (0032, 1064) | SQ |
| Hora del estudio | (0008,0030) | TM |
| Fecha del estudio | (0008,0020) | DA |
| Id del estudio | (0020,0010) | SH |
| Descripción del estudio | (0008,1030) | LO |
| Id del estado del estudio | (0032,000A) | CS |
| Id de la prioridad del estudio | (0032,000C) | CS |
| Id del estado de interpretación | (4008, 0212) | CS |
| Modalidad | (0008, 0060) | CS |
| Parte del cuerpo | (0018, 0015) | CS |
| Secuencia de Código de Interpretación diagnóstica | (4008, 0117) | SQ |

Los tipos que se utilizan en los atributos están descritos en la Parte 5 con todas sus estructuras.

Una de las cuestiones más importantes es el **ordenamiento de los bytes** que ha de ser negociado entre las entidades. Existen dos tipos **Big Endian** y **Little Endian**. El ordenamiento en Little Endian indica que en un número binario formado por múltiples bytes, el byte menos significativo se codificará primer y el resto de los bytes en orden creciente de significación. El ordenamiento Big Endian es al contrario. En ambos ordenamientos, las cadenas de caracteres formadas por múltiples códigos de 8 bits, los caracteres se codificarán en el orden de aparición en la cadena (de izquierda a derecha). DICOM utiliza, por defecto, la codificación Little Endian.

Los módulos, a su vez, son de tres tipos: **Mandatory**; aquellos módulos que deben ser soportados por las definiciones y que aparecen en el estándar, son módulos obligatorios. **Conditional**; son módulos obligatorios bajo ciertas condiciones. Si las condiciones no se dan, los módulos no son soportados, no se enviará ninguna información de dicho módulo. **User Option**; pueden no ser soportados.

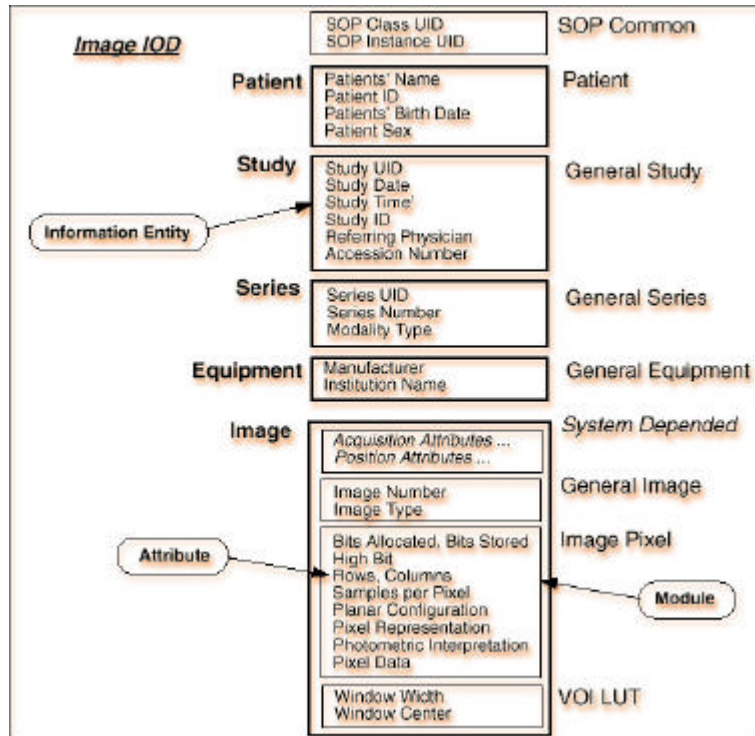
Nosotros mostraremos y describiremos los módulos más comunes, que pensamos son de mayor importancia para entender la relación de la norma DICOM con los sistemas PACS. Estudiemos el Objeto de Información Compuesto: Imagen, en su sentido amplio.



Objetos de Información Definidos de la Imagen

Observando la relación entre la imagen y el mundo real, tendremos que el IOD Compuesto Imagen está formado por:

| IOD Normalizado (IE) | Módulos que lo forman | Descripción |
|-----------------------------|------------------------------|--|
| Paciente | General del Paciente | Define las características del paciente que es objeto de uno o más estudios médicos que producen las imágenes médicas. Estos módulos no dependen de la modalidad imagenológica. |
| | Identificación del Especimen | |
| Estudio | General del Estudio | Definen las características de un estudio médico realizado a un paciente. Un estudio médico es un conjunto de una o más imágenes médicas, anotaciones, curvas y reporte estructurado, que guarda una, relación lógica con el fin de realizar un diagnóstico. Cada estudio esta asociado a un paciente. Un estudio puede incluir imágenes de una única modalidad o de diversas modalidades, incluso de diferentes equipos. |
| | del Paciente del Estudio | |
| Serie | General de la Serie | Definen los atributos empleados para agrupar imágenes, anotaciones y/o curvas en conjuntos lógicos diferentes. Cada serie está asociada exactamente a un estudio. Las anotaciones y curvas pueden asociarse a las series, incluso sin imágenes. El marco de referencia indica el sistema de coordenadas que conlleva la información espacial y/o temporal de la imagen en una serie. Un marco de referencia puede a su vez estar relacionado con una o más series, de modo que podamos relacionar espacial y temporalmente series múltiples. El módulo del equipamiento describe al equipo concreto que ha producido la serie de imágenes. El módulo del Reporte Estructurado (SR) indica el tipo de reporte que se realiza a la serie. |
| | del Marco de Referencia | |
| | General del Equipamiento | |
| | SR Documento de la Serie | |
| Imagen | General de la Imagen | Definen los atributos de la imagen que describen los datos de píxeles de una imagen. Estos datos pueden provenir directamente de alguna modalidad (Imagen Original), o derivados de otros datos de una o más imágenes (Imagen Derivada). La imagen se define por su plano y la características de los datos que forman sus píxeles, las características del mapa de niveles de gris y/o color, los planos de anotación y las características de la modalidad. Una imagen se relaciona con una serie dentro de un único estudio. Los datos que conforman los píxeles de una imagen se pueden representar en un solo conjunto o en múltiples conjuntos, denominados frames. Los frames pueden corresponder a animaciones, por ejemplo rodajas en rotaciones 3D, incremento del desplazamiento angular, tiempo, etc. Todos los atributos de una IE imagen se refieren al primer frame de una imagen de multiframe. Las anotaciones son planos independientes que pueden estar o no relacionados con una imagen. Pueden ser gráficos, textos, dibujos en base líneas, flechas, etc. Los LUT de modalidad describen la transformación de valores de intensidad dependientes del fabricante en valores de píxeles que son independientes del mismo (Unidades Hounsfield en CT). Las LUT de Volumen (VOI LUT) definen los atributos que describen la transformación de los valores de píxel de cada modalidad en valores que sean adecuados para imprimir, mostrar en pantalla, etc. Puede estar contenida en la imagen o referenciada a la imagen. |
| | del Plano de la Imagen | |
| | de Bolus y Contraste | |
| | de Píxel de la Imagen | |
| | de la Imagen | |
| | del Plano de Anotación | |
| | del LUT de VOI | |
| SOP Común | | |
| Reporte Estructurado (SR) | SR Documento General | Definen los atributos del reporte estructurado. En la norma DICOM de 1993 se implementó el reporte como un IE. Sin embargo no estaba ampliamente estructurado y sus textos eran ambiguos. El reporte estructurado, aprobado en la reunión de abril de 2000, viene a terminar con los problemas de ambigüedad. También resuelve el problema de las referencias idénticas, los reportes serán documentos idénticos, sus modificaciones igualmente y además se podrán integrar con los sistemas de Gestión Hospitalaria y tendrán una única base de referencia según país, región o incluso hospital. |
| | SR Contenido del Documento | |
| | SOP Común | |



Ejemplo de un IOD Compuesto de la Imagen.

Entrar en una descripción detallada de cada uno de los atributos que conforman los módulos de la imagen, sería realmente engorroso. Lo que debemos saber es, que el estándar DICOM modela y encapsula la información del mundo real. A partir de aquí, uno puede realizar un implantación acorde a sus necesidades y posibilidades. Para ello, Ud. deberá tener un sistema que sea capaz de visualizar dicha información, dentro de la cual se encuentra el cuerpo de la imagen.

En la Parte 10, se define el formato con el que debe almacenarse la información en un medio de almacenamiento, que pueden ser discos rígidos u otros sistemas magneto-ópticos. En muchos casos los Gateway DICOM de almacenamiento/recuperación se ocupan de este problema, pero, en el caso de que Ud. desee tener su propio almacén de imágenes, puede utilizar la estructura de directorios de DICOM:

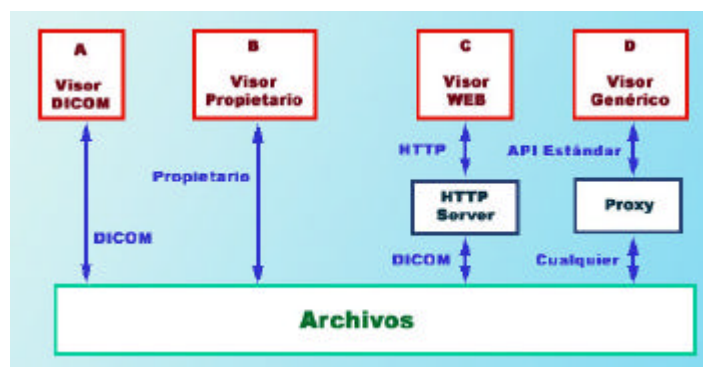


De la misma forma se tratan las anotaciones, curvas, reportes, etc.

Concluyendo: Ud. podrá utilizar la norma DICOM, podrá utilizar aquellos atributos que sirvan a sus necesidades, pero lo más importante es respetar la estructura de los IOD, así podrá ampliar su campo de acción en el mundo de la radiología digital. A continuación presentaremos una forma de utilizar DICOM a través de servidores WEB.

WWW interfaz para DICOM PACS.

Ya hemos comentado, que uno de los componentes estándares de los PACS, son los visores de imágenes. También sabemos, que existen dos formas de integrar los visores a los PACS; una de ellas es a través de comunicación DICOM (utilizando protocolos DICOM), y la otra es utilizando una forma directa de acceso a la información almacenada, evitando el protocolo interno de comunicación DICOM[24]. La primera forma de acceso es muy flexible, a la hora de seleccionar vendedores e implantar sistemas conforme DICOM 100%. En este caso, el mismo vendedor es el proveedor de los sistemas de visualización. Sin embargo, en la segunda forma, la variabilidad y forma de los visores, así como su funcionamiento, se desvincula de las arquitecturas centralizadas para los sistemas DICOM propietarios. Podemos señalar cuatro formas de realizar un acceso a los datos e imágenes DICOM:



Formas de establecer relación archivos – visores de imágenes

Para cada una de estas arquitecturas, se diseña el visor según el método de acceso a los datos. En los casos A (Protocolo DICOM) y B (Protocolo DICOM Propietario) se utilizan los métodos de captura centralizados. Sin embargo, en la opción C (a través de un servidor HTTP), el enlace DICOM se realiza entre el servidor y la central de archivos, y el visualizador solamente interactúa a través del servidor HTTP. En la opción D, se define un dominio específico de relación entre la central de archivo y un servidor proxy, permitiendo establecer una relación entre el servidor proxy y sistemas de visualización, utilizando herramientas API de programación. De esta forma se puede acceder a la información a través de ODBC, Active X, Visual Basic Script, JavaDBC, o cualquiera de las otras aplicaciones remotas distribuidas que existen. Una de las ventajas de esta modalidad es que no depende de la plataforma de implantación y, a su vez, es de gran portabilidad. La utilización de lenguaje Java para dichas aplicaciones, es quizás, una ventaja añadida al ser el lenguaje Java un soporte de programación aceptado por la mayoría de los vendedores de la industria de Internet.

Al igual que existen las API de Java como JTAPI (Java Telephon API), JMX (Java Management), JMF (Java Multimedia Framework), etc., se puede concebir JDAPI (Java DICOM API)[24,25].

Se ha demostrado, que los navegadores WEB propician un ambiente excelente para la consulta de imágenes médicas y el desarrollo de visores de propósitos diferentes. Por otra parte, es una opción barata y eficaz cuando se reutilizan los sistemas de redes LAN y WAN, y las estaciones de trabajo de los hospitales. Con estas aplicaciones, para navegadores WEB,

se puede vincular toda el área de influencia de un hospital y, el servicio de radiología, puede concebir la disponibilidad de informes e imágenes a los médicos de cabecera, incluso, la disponibilidad del diagnóstico “on-line”[26].

Podemos señalar múltiples formas de crear un vínculo WEB con las imágenes DICOM, pero señalaremos dos ejemplos muy interesantes desarrollados en Estados Unidos e Israel y otros dos ejemplos desarrollados en nuestro país. El primero desarrollado en el Hospital Universitario de Pennsylvania, Filadelfia [27], el segundo sistema ha sido desarrollado por la IBM Haifa Research Laboratories de Israel [28].

La arquitectura de la Red Web para imágenes médicas del Hospital Universitario de Pennsylvania, la podemos ver en este esquema:



El flujo de información lo realizan utilizando el siguiente esquema jerárquico:

1. Petición de archivo.
2. Referencia a la petición de archivo.
3. Interroga la BD de paciente.
4. Reporta la lista de estudios.
5. Interroga la BD por los reportes e informes.
6. Captura los reportes e informes.
7. Muestra los reportes e informes del estudio.
8. Reporta las series del estudio.
9. Captura las series del estudio.
10. Reporta las imágenes.
11. Captura las imágenes.

12. Visualiza imágenes del estudio.
13. Reporta anotaciones de las imágenes.
14. Muestra anotaciones.

Como vemos, lo primero que se muestra en este nivel jerárquico son los reportes e informes del estudio pedido y si se requiere, por parte del médico, la visualización de las imágenes, entonces estas son mostradas en el visor. De esta forma existe un verdadero ahorro de tiempo. El médico puede tener el informe casi "on-line", una vez que está disponible en el servidor del RIS o del PACS del sistema.

El sistema Israelita no difiere mucho del anterior, pero lo han diseñado bajo otra filosofía de trabajo. Envían a la estación de visualización la imagen según el formato del visor que tienen activo en ese momento. Las operaciones de Zoom, y otras son indicadas al servidor Web y, desde este se envía el "trozo" de imagen pedido, no toda la imagen, ello evita la transferencia innecesaria de información a través de la red. Por otra parte, el diseño de la arquitectura esta dividido en 4 fases, que se diferencian claramente en la forma de interrogación de las bases de datos de archivos de paciente, informes e imágenes.

En ambos sistemas se puede realizar todas las operaciones necesarias que requiere un sistema de visualización para imágenes médicas.



Ejemplo del visor DICOM Java Israelita

Una de las características que hace interesante a estos dos modelos de visores DICOM Java, es que utilizan las especificaciones de la norma DICOM Parte 14: Grayscale Standard Display

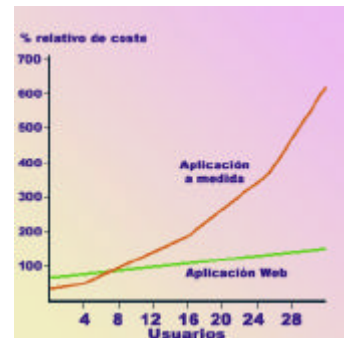
Function, para la conversión de los niveles de gris de más de 8 bits a 256 niveles de gris y poder, así, utilizar los monitores PC estándar.

En nuestro país, al menos hasta donde tengo información, hay dos sistemas que trabajan en WEB sobre plataformas para PC. Uno de estos sistemas, es el desarrollado por la UDIAT de Sabadell, bajo la dirección del Dr. Donoso, RAIM (“**R**adiological **A**rchive and **I**mage **M**anagement”)[29]. El otro sistema es el desarrollado por nuestra empresa dentro de proyecto SPIR (**S**istema de **P**rocesamiento de **I**mágenes **R**adiológicas)[30].



Una de las ventajas que hemos mencionado arriba, de la Red DICOM, sobre servidores de apoyo Web, es la disminución del costo global de la inversión en la infraestructura fuera de la red básica del PACS de radiología, y en la red de Telerradiología vinculada al PACS.

Si tomásemos, como 100%, el costo de la inversión necesaria para tener conectados 12 usuarios a un servidor de apoyo DICOM Web, veríamos que con 24 usuarios el costo representa el 109%, mientras que para aplicaciones realizadas a medida, el costo de la inversión ascendería al 350%. Esta es una medida de la ventaja que representa la utilización de los servidores de apoyo DICOM Web en los sistemas PACS. A su vez, permite vincular a una única red de servicios la Telerradiología y los sistemas PACS.



Hasta aquí, amigo lector, creo que podrá tener una idea global de las aplicaciones PACS, sus ventajas y desventajas, como actuar ante cada decisión y situación que se le presente, o ante la demanda de imágenes digitales creciente que encontrará en su entorno de salud, una vez haya decidido colocar una red de imágenes digitales en su centro de diagnóstico.

CONSTRUYENDO UN PACS

Hay dos temas más, que me gustaría tratar en este folleto. El primero es como construir un PACS, no importa que lo adquiera a un vendedor de PACS o, que simplemente, se dé Ud. a la tarea de construirlo con sus propios medios. Aunque ya hemos analizado que a veces es más económico comprar el PACS, hay instituciones que, por sus características, pueden verse en la obligación de desarrollar su propio sistema PACS. El segundo tema, y que veremos más adelante, es el Futuro de los PACS. Un tema realmente controvertido, pero no por ello, menos interesante.

¿Qué tecnología necesito instalar en mi PACS?.

La instalación de toda la tecnología necesaria para la implantación correcta de un PACS, y las aplicaciones que lo acompañan, así como, para hacer frente a los cambios tecnológicos se puede dividir en seis objetivos básicos a cumplir[31]:

- Primero. La adquisición de la imagen digital que requiere el PACS y la unión de todas las modalidades de imagen digital (CT, RM, CR, DR, DF, US, etc.). Las modalidades de imagen digital requieren estar en red DICOM 3.0 o convertidas a DICOM 3.0. DICOM es una norma aceptada, y que está en constante cambio, ampliando su adaptación al mundo real las nuevas formas y definiciones que aparecen en el mundo de la imagen digital.
- Segundo. La red del PACS requiere las dos infraestructuras: Red LAN y WAN. La LAN puede ser utilizada para transmitir la información, las imágenes entre nodos locales y satisfacer, de esta forma, los requerimientos de intra-conectividad. La WAN se utiliza para realizar la inter-conexión entre instancias hospitalarias, estaciones remotas, otros centros a distancias, etc. Para la conexión LAN, se recomienda cableado de par trenzado (UTP-5, ver primera parte del folleto, "Redes"), con una velocidad de transmisión cercana a 1 Gbps. La interconexión en WAN puede ser con cualquiera de las modalidades de servicios integrales, conocidas en rangos desde 128 Kbps o superiores, según necesidades (ver tercera parte de este folleto, "Estándares en Telerradiología"). La tecnología siempre cambiante de las LAN, ha proporcionado la utilización eficiente de servidores Web de apoyo, bajo plataformas cliente/servidor. Las redes de los PACS (LAN y WAN) cambian constantemente con mejoras en su infraestructura, produciéndose además, una disminución constante de los costos de instalación. Sin embargo, la disminución de estos costos se ve compensada por el incremento en el costo de renovación (cada 8 ó 12 meses), de la tecnología (hardware), con la finalidad de poder utilizar las últimas versiones de los programas y sistemas (software).
- Tercero. Las estaciones de trabajo para diagnóstico primario son nodos conectados a la red a lo largo del PACS. La fidelidad de la imagen en los monitores y la aplicación para tratamiento de la imagen deberán cumplir con las exigencias y las normativas para la realización del diagnóstico primario (ver "Consulta de Imágenes", también en la

primera parte “Estaciones de Trabajo, y en la tercera parte de este folleto, “Estándares en Telerradiología”).

- Cuarto. El sistema de archivo depende de la correcta selección de la arquitectura adecuada y los medios de almacenamiento. Los medios de almacenamiento deben cumplir las especificaciones descritas en la Parte 10 del estándar DICOM (También léase los capítulos “Archivo de imágenes” de la primera parte y, “Almacenamiento” de la tercera parte de este folleto). La arquitectura utilizada para el almacenamiento de imágenes locales, puede ser centralizada, distribuida, o basada en servidores Web. La mayoría de las arquitecturas que existen en los sistemas PACS, RIS y HIS es aún centralizada, basadas en sistemas de gestión de base de datos SQL. Los sistemas de archivos deben considerar entre sus funciones: salvaguardas de información, seguridad de los datos, evitar la corrupción de los datos, etc.
- Quinto. La interacción entre HIS/RIS y el PACS es crítica, y el éxito para el manejo de imágenes e informes diagnósticos depende, en gran medida, de dicha interacción. HL-7 es el estándar utilizado para el manejo de la información clínica y administrativa de los hospitales, y es la norma en la cual se apoyan la mayoría de los HIS instalados en hospitales. La comunicación HIS – PACS deberá en gran medida depender de esta norma.
- Sexto. Los requisitos de seguridad para PACS, están evolucionando ahora. Sin embargo, existe una norma de seguridad para el registro médico del paciente, donde aún no queda resuelto el tema sobre la imagen médica. La última actualización de esta norma de seguridad, evaluada en 1999, consiste de 5 partes (ver también en la tercera parte de este folleto “Seguridad de los sistemas”):
- a. Procedimientos administrativos para resguardar la integridad de los datos, confidencialidad y disponibilidad.
 - b. Protección e integridad física para la integridad, confidencialidad y disponibilidad de los datos.
 - c. Seguridad técnica para la integridad, confidencialidad y disponibilidad de los datos.
 - d. Mecanismos de seguridad técnicos para el control de accesos (autorizaciones) y para datos que se transmiten a través de las redes de comunicación.
 - e. Las firmas electrónicas.

La cantidad y el costo del equipamiento, necesario para la implantación de un PACS, dependerán en gran medida de las intenciones y sus aplicaciones. Es mejor llevar a cabo, planes bien definidos por segmentos (ejemplo urgencias, implantación de un sistema CR, etc.), teniendo en cuenta que estos sistemas se interconectaran en una red formando un PACS de mayor tamaño.

¿Qué vendedores tengo a disposición?

En los primeros capítulos describimos la forma de buscar a nuestro vendedor ideal. Pero, queda aún una pregunta por resolver: ¿Qué vendedores tengo a disposición?. Realmente, son muchos los vendedores de soluciones PACS que tiene a su disposición. En Estados Unidos, por ejemplo, hay más de 200 vendedores de PACS. En Europa otros tantos. Lo importante es establecer un criterio de selección, ya que un PACS puede ser comprado a más de un vendedor.

Ya lo comentamos en las primeras páginas, instalar un PACS puede llevarle varios años, por lo que deberá buscarse un vendedor que le brinde soluciones y con el que Ud. se sienta cómodo trabajando.

Una metodología sencilla para buscar un vendedor es utilizar los servicios de otra empresa que se encargue de: (1) investigar las ventajas o desventajas de los diferentes PACS, atendiendo a sus necesidades; (2) buscar aquellos vendedores que puedan cumplir las exigencias por Ud. establecidas mediante RFP; (3) realizar una primera selección de todos aquellos posibles vendedores que cumplan con las exigencias de su RFP (recuerde el primer capítulo de esta parte); (4) enviar el RFP a dichos vendedores, y dirigir las entrevistas pertinentes, puntualizar visitas e investigar con profundidad sus propuestas; (5) evaluar el criterio de desarrollo y filosofía de integración de los vendedores seleccionados.

Lo ideal es contar con un mínimo de 5 ó 6 vendedores de PACS, a partir de los cuales podrá Ud. realizar las entrevistas y recabar la información que necesite.

Estas preguntas pueden ser: ¿Bajo qué sistema operativo está diseñado el PACS?. Puede ser Windows NT. ¿El software que me proporcionarán, es compatible con mi sistema HIS?. ¿Utiliza los estándares de comunicación DICOM 3.0, HL-7, SQL y TCP/IP?. ¿Las soluciones incluyen archivos de imágenes en estructura de tres capas?. ¿Es posible conectar estaciones de Telerradiología?. ¿Los médicos remotos podrán utilizar acceso a los informes e imágenes a través de servidores Web?. ¿Permite el software y la tecnología, migrar con los adelantos técnicos?. ¿El software es modular y escalable?. ¿Cuál es la especialidad de la empresa?. ¿Cuántos sistemas tiene instalados?. ¿Con qué otras empresas trabajan conjuntamente?. ¿Cuánto tiempo tiene la empresa?. ¿Tiene ejemplos de instalaciones anteriores y similares?. ¿Tiene personal disponible en la región?. ¿Cuánto me costará la inversión?. ¿Es posible realizar la implantación escalonadamente?. Etc...

Como puede ver, estimado lector, aquello que más simple pueda parecer, en un momento, puede convertirse en una bomba de relojería. Unos requisitos mínimos para un buen vendedor deberán ser:

- 1) Plataforma de trabajo PC – Windows NT. Es el sistema más difundido en nuestro medio.
- 2) Compatibilidad: DICOM 3.0; HL-7; SQL; TCP/IP.

- 3) Estrategia de asociación de empresa. Permite la posibilidad de trabajar, conjuntamente, con otras empresas del sector si es requerido por el comprador.
- 4) Sistemas de archivos para almacenamiento.
- 5) Sistemas de Telerradiología: Software para médico remoto; Capacidades a través de Internet; Programa de archivos remoto; Visualización en tiempo real.
- 6) Empresa accesible. Que esté presente en la región.
- 7) Utilización de estaciones de trabajo de diagnóstico; revisión y remotas con monitores monocromos y color.
- 8) Capacidad de adaptación a las nuevas tecnologías.
- 9) Sistema de gestión basado en SQL Cliente/Servidor.
- 10) Que la especialidad de la empresa sea el desarrollo de sistemas PACS.

Con esta pequeña guía, Ud., como futuro comprador de tecnología PACS, puede hacerse una idea, más o menos general, del tipo de empresa con la que va a trabajar en los próximos años.

¿Cuánto me cuesta instalar mi PACS?.

En el capítulo, "Costes de implantación" de la tercera parte, y la primera parte de este folleto, realizamos algunos cálculos aproximados de cuanto puede costar la instalación de un PACS. Pero en ocasiones, lo más sensato es pensar: ¿Cuánto me puedo ahorrar si instalo un correcto sistema PACS?. El período de implantación, y por lógica, de compra de un sistema PACS (claro está, atendiendo a la complejidad del mismo) puede estar entre los dos y diez años. Sin embargo, puede ocurrir que los períodos de pago puedan ser de 5 años o más, lo cual hace que sea más complejo el análisis del costo real de la implantación del PACS.

El coste total determinante de la propiedad se mide por la duración y el ciclo de vida de la tecnología. El coste económico, que salva la radiología digital, bien concebida e implantada, es mayor que los gastos necesarios para adquirirla e instalarla[32].

La tecnología de la radiología digital (y por consecuencia de los PACS), que ofrecen muchos vendedores, están basadas en plataformas que son constantemente actualizadas. Estas actualizaciones, se añaden a la efectividad del ciclo de vida del producto PACS. Sin embargo, lo importante es separar o diferenciar entre costo técnico de ingeniería y vida económica del sistema. La duración de la vida tecnológica se mide en plazos de actualizaciones de la tecnología que, a los ritmos actuales es de 18 meses, para hardware, y de 8 a 12 meses para software. La vida económica se mide en plazos durante el cual el producto PACS, como producto médico, generará ingresos o será costo-efectiva para la entidad de cuidados de salud (diferente para cada entidad de salud). Analizar el costo de instalación de un PACS es un proceso bastante complicado que estudiaremos en la quinta parte de nuestro folleto.

Solamente mencionaremos los aspectos que se deben tener en cuenta para analizar el costo de la instalación de un PACS:

- 1) Costo físico del producto.
- 2) Ciclo de vida del producto.
- 3) Limitaciones del equipo profesional.
- 4) Limitaciones del acceso a los datos electrónicos.
- 5) Iniciativas y capacidades de mercado.

En conclusión, el coste económico, de la implantación de un PACS, debe ser visto en el contexto de competitividad de mercado de la Institución. Las conexiones electrónicas, la conectividad clínica y la transmisión de alta velocidad han sido modificadas a un nivel aceptable de servicio, desde la perspectiva de muchos médicos. Esta dirección de asistencia se está incrementando, convirtiéndose en la opción seleccionada por los hospitales con dificultades de personal y especialistas. En un estudio realizado con 576 hospitales[33], se encontró que en el 28% de los hospitales los sistemas de archivo, comunicación y radiología digital eran reconocidos como condiciones necesarias para la "supervivencia" económica en el mercado. Además, se encontró que el estado de financiación de los hospitales estaba muy asociado con el nivel en el cual todos los mecanismos médicos eran conectados a una red de alta velocidad de transmisión, conteniendo un nivel elevado de transferencia en las peticiones de imágenes digitales.

Como vemos, podemos repetir la frase del Sr. Cannavo: El PACS y los sistemas de Telerradiología determinarán para muchas instituciones, la diferencia entre ser competitivo y "estar al día", y entre la economía y la pérdida.

De los muchos ejemplos de proyectos de implantación de PACS, he seleccionado tres que, pienso, son demostrativos de todo lo que hemos descrito con anterioridad acerca de la forma correcta de la implantación de los PACS. El primer ejemplo es un hospital pequeño, el segundo uno medio, y el tercero, un hospital con gran volumen de estudios radiológicos. El común denominador de estos tres ejemplos es:

- ✓ Ha sido estudiadas las necesidades con anterioridad a su implantación (realización de un correcto RFP).
- ✓ Han participado más de un vendedor.
- ✓ Se han implantado por etapas (de 2 a 4 años).
- ✓ Utilización de los estándares DICOM, HL-7 y SQL.
- ✓ Han sido costo efectivo.

Primer ejemplo[34]: PACS implantado en el Hospital de Ann Arbor, cuyo servicio de Radiología trabaja vinculado a la Universidad de Michigan. Este hospital instaló todo su sistema PACS en dos años y medio. Es un hospital con 147 camas, que además provee servicios

ambulatorios y terciarios en el sudeste del estado de Michigan. Este hospital tenía en 1996 un gasto en el servicio de radiología de 125 000 dólares, sólo en radiografías y química de revelado. Realizaban un promedio de 60 000 estudios año, con un 15 –25% de pérdida de estudios, que justificaban debido a la labor de enseñanza que se realizaba vinculadas a la Universidad de Michigan. Los estudios informados se entregaban en un tiempo promedio de 2 a 6 horas, posteriores a la realización del estudio.

El objetivo de implantar un PACS estaba fundamentado en la reducción de los gastos por radiografías y revelado, y para disminuir al máximo las pérdidas de los estudios. También existían otros objetivos colaterales, como mejoras en el flujo de la información, mayor productividad, mejor atención al paciente, etc., que ya todos conocemos.

A mediados de 1996 decidieron crear una comisión donde se incluyeran además del servicio de radiología y gerencia, otros servicios demandantes de imágenes (UCI, Urgencias, Quirófano, Traumatología, etc.) los cuales presentaron sus necesidades.

Del conjunto de posibles vendedores, seleccionaron dos casas: Cemax y Kodak. En enero de 1997, comenzaron por la primera fase, implantar un sistema CR, donde se incluyeran los estudios portátiles realizados en la UCI. Además, colocaron una estación diagnóstica en radiología y una remota en UCI para consulta con un pequeño sistema de archivo de 0,5 Tbytes. En mayo, segunda fase, integraron a la red digital los equipos de US y RF. Ese mismo año colocaron un sistema de archivo de 17,5 Tbyte, con DLT para almacenamiento a largo plazo, hacia el cual se digitalizaron y trasladaron parte de los estudios almacenados (últimos 18 meses), correspondientes a 1 Tbyte de información. En junio de 1998, en la tercera fase, se integraron, a la red digital, los equipos de TC y RM. En octubre de mismo año, se conectaron las unidades de angiografía, tórax y radiología convencional. En la quinta y última fase (1999), se termino de completar la red digital colocando estaciones de trabajo en todos aquellos lugares donde eran necesarias para la visualización de informes e imágenes, se crearon los puesto de trabajo remotos para Telerradiología, se colocaron servidores Web de apoyo, y se comenzó a aplicar la metodología de las listas de trabajo para todos los procedimiento radiológicos (exceptuado angiografía). La posibilidad de trabajar con metodología de listas de trabajo se debió en gran medida a la interconexión bi-direccional con los sistemas RIS/HIS. Los sistemas de revelado fueron sustituidos por impresoras láser.

Los datos económicos que presentan son los siguientes:

| Costes (\$) | 1996 | 1997 | 1998 | 1999 |
|----------------------------|------------|------------|------------|-----------|
| Radiografías | 111,531.46 | 96,694.08 | 115,447.59 | 20,419.75 |
| Química de revelado | 13,614.23 | 13,978.29 | 11,824.20 | 0.00 |
| Total | 125,145.69 | 110,672.37 | 127,271.79 | 20,419.75 |

Juzgue usted mismo, la diferencia entre 1999 y 1998 es de 106,852 dólares, más o menos el equivalente a (175 pesetas/dólar) 18,7 millones de pesetas por año, para una institución que solamente realiza un promedio de 60 000 estudios al año.

En los siguientes ejemplos estas cifras son aún mayores, es verdad que la inversión también es mayor, pero las cifras serán muy elocuentes.

Segundo Ejemplo[35,36]: En el hospital Beth Israel, adjunto a la Escuela Médica de Harvard, se implantó un sistema PACS completo, donde se incluyó, junto al servicio de radiología, la división de Medicina Nuclear. La peculiaridad de esta institución es que durante los 10 primeros años, entre 1986 y 1996, implantaron diferentes PACS, con lo cual obtuvieron una gran experiencia. Sus primeros intentos fueron con los servicios de medicina nuclear y las modalidades de TC y RM. A partir de 1996, decidieron implantar un sistema PACS completo, para llegar a la radiología sin placas con una red digital de imágenes en todo el hospital. El número de estudios examinados en 1996 fue de 153 823, pero esta cantidad aumentaba cada año, debido a que implantaron sistemas de telerradiología en diferentes hospitales comunitarios o afiliados al mismo grupo de salud. Utilizaron los servicios de General Electric, AGFA, y la empresa SSI desarrolladora de PACS. El costo de instalación del PACS fue de 530,000 dólares anuales, durante un período de 5 años.

| Definición | Costo (\$) |
|---|----------------|
| 12 estaciones de diagnóstico primario (depreciación anual a 5 años) | 200,000 |
| 4 mini-PACS con servidor de almacenamiento cada uno (depreciación anual a 5 años) | 60,000 |
| Red de alta velocidad (depreciación anual a 5 años) | 30,000 |
| Servicios contratados | 130,000 |
| Suplementos y equipos del sistema | 10,000 |
| Mantenimiento | 30,000 |
| Sistema de gestión | 70,000 |
| Total | 530,000 |

Al dejar de imprimir radiografías, no utilizar sistema de revelado, no utilizar cuartos de almacenamiento para radiografías, no utilizar personal auxiliar para traslado de radiografías intra e Inter-departamental y demás actividades relacionadas con un servicio de radiología no digital, el volumen de dinero que se ahorró cada año, por estas actividades y materiales, fue de 759,990 dólares.

| Categorías | Costo habitual (\$) | Costo anulado (\$) |
|---|---------------------|--------------------|
| Películas | 410,988 | 410,988 |
| Mantenimiento sistemas revelado y otros | 42,006 | 42,006 |
| Revelado de películas y otros | 11,964 | 11,964 |
| Almacén | 32,669 | 16,335 |
| Personal de almacén y otras actividades | 286,233 | 143,116 |
| Espacio de archivos | | |
| ✓ Personal | 101,227 | 50,613 |
| ✓ Depreciación | 29,936 | 14,968 |
| Equipamiento | | |
| ✓ Procesadores de película | 20,000 | 20,000 |
| ✓ Impresoras láser | 50,000 | 50,000 |
| Total | 985,023 | 759,990 |



Como podemos ver, solamente analizando, cuanto costó la instalación de la red digital de radiología y cuanto dejaron de consumir, más otros gastos asociados, la inversión es costo-efectiva. Aquí, no se ha tenido en cuenta ninguna de las otras muchas ventajas que ofrecen estas redes digitales. O sea, el costo-beneficio escondido. En los 5 años que duró este proceso, el hospital a pesar de invertir 530,000 dólares cada año, como promedio, en la tecnología y servicios necesarios, se ahorro 1,149,950 dólares. ¡Casi nada!

Tercer Ejemplo [37]: El estudio presentado es la implantación del PACS en el Hospital General de Massachussets. Realmente, dicho artículo, está formado de 7 partes, pero analizaremos solamente la segunda parte. Los autores presentaron un proyecto de implantación de PACS a 5 años. El análisis se realizó utilizando la metodología de las ganancias de la inversión (ROI – Return on Investment) y el modelo de flujo efectivo de dinero (Cash-flow model[38,39]), para justificar el costo del PACS.

| Año | 1997 | 1998 | 1999 | 2000 (esperado) | 2001 (esperado) | 2002 (esperado) | Total |
|-------------------------------|-----------|-------------|-----------|--------------------|--------------------|--------------------|-------------|
| Gasto Recuperado | - | 616,698 | 1,217,639 | 1,344,744 | 1,344,744 | 1,344,744 | 5,868,569 |
| Inversión Equipamiento (PACS) | (939,724) | (977,005) | (384,399) | - | - | - | (2,301,128) |
| Servicios (PACS) | - | (40,283) | (179,508) | (357,926) | (388,488) | (388,488) | (1,354,693) |
| Flujo efectivo de dinero | (939,724) | (400,590) | 653,732 | 986,818 | 956,256 | 956,256 | 2,212,747 |
| Flujo acumulado | (939,724) | (1,340,314) | (686,582) | 300,236 | 1,256,491 | 2,212,747 | |

El flujo efectivo de dinero es positivo a partir del tercer año. Realmente, este estudio del costo de implantación de un PACS es muy interesante, pero desafortunadamente, se sale del objetivo de esta parte de nuestro manual. En la quinta parte de nuestro folleto ampliaremos este tema de costo-efectividad de los PACS, para todos los niveles de actuación.

Otros muchos ejemplos, con mayor o menor descripción, de cómo se implanto el PACS, los podemos ver en artículos publicados de revistas especializadas [40,41,42], aparte de los mencionados arriba.

Estimado lector, tal como hemos podido constatar con estos tres ejemplos, los cuales han sido repasados someramente, la complejidad, para responder a nuestra pregunta: ¿Cuánto me cuesta instalar mi PACS?, es obvia. Dejaremos abierto el tema para futuras discusiones y pasemos a otro tema no menos controvertido: ¿Cuál es el futuro de los PACS?.

FUTURO DE LOS PACS

Los PACS instalados tempranamente (en la segunda mitad de los años 80) consistían en prototipos limitados por la tecnología informática, el elevado precio, los conceptos rudimentarios de flujo de información, y los sistemas de interfaz limitado. La mayoría de ellos consistían en una captura de vídeo de gran potencia, con simples sistemas de almacenamiento. Uno de los primeros sistemas fue desarrollado e implantado por AT&T y Philips[43].

A partir de entonces, se aprendió sobre los errores de implantación e instalación de PACS, a medida que, también, evolucionaba la tecnología de la informática y redes. Ya desde 1991, comenzaron a desarrollarse los primeros PACS de segunda generación, que además, contaban con normas de comunicación, particularmente el ACR-NEMA (versión 2), y más tarde con el estándar DICOM 3.0.

Desde aquel entonces, se ha instalado un número indeterminado de sistemas PACS de varios fabricantes. Estos sistemas se caracterizan por la utilización de las normas, algunos, ACR-NEMA V2 y, otros, normas DICOM para la adquisición de imágenes de diferentes modalidades; integración limitada con los sistemas de información hospitalario (HIS) y radiológico (RIS); redes limitadas y comunicaciones propietarias. Muchas empresas conocidas ofrecieron sus sistemas PACS, que hoy día se encuentran en uso.

La industria está entrando en la creación de los PACS de tercera generación. La tercera generación de soluciones PACS, se caracteriza por la confianza en los sistemas de comunicación desarrollados, y la utilización de las normas DICOM y HL-7. En los primeros PACS de tercera generación implantados, quedan aún vestigios de la segunda generación de PACS, principalmente en su arquitectura y procesos de actuación global.

De todo ello ¿qué hemos aprendido?.

Durante estos 20 años de despliegue de sistemas PACS de primera y segunda generación, hemos aprendido lo siguiente:

Casi todos los sistemas implantados de primera y segunda generación se han caracterizado por sistemas de almacenamiento centralizado, opuesto a los sistemas de almacenamiento distribuidos. Los sistemas de almacenamiento centrales tienen a su favor las ventajas del costo reducido de hardware y el fácil mantenimiento. Si embargo, tales sistemas son deficientes en cuanto a escalabilidad y, a su vez, un único punto de fallo, la central de archivos. Por otra parte, la actuación de los sistemas de archivo centralizados, requiere que todas las imágenes adquiridas se muevan primero al dispositivo de almacenamiento, antes de ser distribuidas a las estaciones de diagnóstico. Esta deficiencia, puede ser limitativa, debido a que se requieren redes de transmisión de grandes anchos de banda, que a su vez encarecen el producto final. Esta es una de las causas fundamentales por la que se está corroyendo la ventaja del bajo

costo de una central de almacenamiento. Por otra parte, el costo de los componentes de almacenamiento está bajando (a razón de duplicidad de capacidad de almacenamiento cada 12-18 meses, sin que por ello aumente el precio; Ver primera parte de este folleto), por lo que hay menos razones para utilizar sistemas centralizados de almacenamiento. En estos momentos, se está pasando de los diseños centralizados en una única sección de radiología, a diseños en ambientes distribuidos. El desplazamiento de grandes volúmenes de imágenes de la central de archivo a las estaciones de trabajo y viceversa, puede provocar el aumento de las probabilidades de fracasos en los discos rígidos, y un aumento significativo en costos de comunicación.

Los sistemas de archivo a largo plazo con arquitectura distribuida, pueden favorecer la disminución de las necesidades de grandes anchos de banda, disminuyendo a su vez la probabilidad de daño en discos rígidos, y que esto tenga un impacto sobre el funcionamiento de la red. Haciendo factible la actualización hacia nuevas tecnologías de almacenamiento menos costosas.

Como cualquier persona que haya vivido el desarrollo de los PACS, Ud. comprenderá que un archivo de imágenes que hoy es prácticamente funcional para su servicio, será dentro de poco obsoleto técnicamente y, además, crecerá con el tiempo. Es por ello, que un sistema de almacenamiento de su PACS debe permitir la fácil migración a futuras tecnologías de almacenamiento, porque de no ser así, Ud. se verá comprando otro sistema antes del tiempo previsto. Está es una razón de peso para pensar en la ventaja que ofrecen los sistemas de almacenamiento distribuidos y, además, de las ventajas que ofrece tener separada la información de trabajo (bancos de datos), de la indicación de la dirección física donde realmente se encuentra la imagen.

Hoy día, cuando un vendedor intenta venderle un sistema de archivo DICOM, este solo dispositivo se diseña para incluir almacenamiento a corto plazo, almacenamiento a largo plazo, y el banco de datos para manejar estas imágenes. En una arquitectura de almacenamiento verdaderamente distribuida, estos componentes se desacoplan y se convierten en componentes individuales: el sistema de gestión de imágenes, el almacenamiento a corto plazo, y el almacenamiento a largo plazo. En este archivo a largo plazo, además, se contempla la posibilidad de migración cuidadosa a la actualización tecnológica, cuestión esta, que no se incluía en los diseños PACS de primera y segunda generación.

La dificultad de migración a nuevas tecnologías de almacenamiento, especialmente para el almacenamiento a largo plazo, no es una tarea fácil, sobre todo teniendo en cuenta que la mayoría de los sistemas instalados están directamente vinculados, al medio físico de almacenamiento. Es imposible predecir como será la tecnología de almacenamiento del futuro, por lo que, lo aconsejable es separar el medio físico del sistema de control y gestión. En la arquitectura distribuida se utilizan sistemas de gestión de almacenamiento jerárquico (HSM –acrónico en inglés de "*Hierarchical storage management*"). HSM se refiere al software, el cual manipula los datos y sabe dónde se encuentra cada cosa. No se trata de un trabajo menor

cuando se tienen montones de estudios separados en el tiempo y, a menudo, en el espacio (incluso en varias instituciones). Un buen software no sólo manipula distintas clases de medios físicos, sino que además ajusta desde pequeños tamaño (100 Gbytes) hasta proporciones gigantescas (múltiples Tbytes). Además, permite la migración de datos y es capaz de renovar los medios. Un sistema HMS es capaz de manipular su sistema de archivos de tres niveles.



Para este tipo de archivo, resulta crítico contar con una base de datos a escala industrial o empresarial. El viejito Microsoft SQL funciona bastante bien en la mayoría de los casos, pero sencillamente no lo hará una vez que usted exceda los 100 Gbytes o algo así. Así que, estamos hablando de gestores de base de datos como Informix, Oracle y Sybase.

La diferencia fundamental, es que el archivo PACS a largo plazo sea de conocimiento de la aplicación y no del archivo en sí. Un archivo PACS será un objeto neutro, donde el sistema de gestión de archivos sea consciente de su localización, para de esta forma realizar de forma fácil la migración a nuevas tecnologías. Un archivo DICOM de largo plazo solo tendrá el conocimiento de la aplicación específica que lo produjo. Estos tipos de archivos permitirán convivir como objetos neutros dentro de los sistemas de información hospitalarios (HIS) y radiológicos (RIS).

Se ha reconocido, que un PACS sin un RIS tiene sólo sentido menor. No pueden reconocerse los beneficios del PACS y la mejora del flujo de trabajo, sin la plena integración del PACS con el RIS. En este caso, se lograrán beneficios en el sentido amplio de empresa médica. En la primera generación de PACS, la integración era rara, fue más común en la segunda generación, y es deseable que sea completa en la tercera generación. Hoy, los PACS de segunda generación instalados se comunican con los RIS utilizando bancos de datos múltiples y flujo de información del RIS al PACS, pero no al revés. En el nivel básico el PACS y el RIS comparten la misma información, reproduciéndola. Estos bancos de datos, aunque no son ninguna preocupación, son muy indeseables, sobretodo para sincronizarlos correctamente. Por consiguiente, el ideal es tener en el PACS la dirección del banco de datos de pacientes del RIS, y en el RIS tender la dirección del banco de datos del PACS. Es importante no ver el PACS y el RIS como sistemas independientes.

En algunos PACS de segunda generación, también, se ha sumado la Telerradiología, con lo cual, se ha comenzado a utilizar tecnología Web. Estos sistemas basados en tecnología Web, han demostrado ser muy útiles allí donde se han implantado. Erróneamente, la tecnología Web se percibe asociada a Internet y a aplicaciones de bajo costo. Sin embargo, esta no es una definición útil. En realidad, debemos concebirla, como una tecnología de software que permite la distribución extendida de la información, y regulariza la interacción entre los sistemas de información. La tecnología Web, no implica la utilización de Internet y no significa por ello que el costo sea inferior. Puede utilizarse tecnología Web en redes LAN o WAN, con infraestructuras de comunicación TCP/IP, sin que se utilice Internet.

Sin embargo, la utilización de Internet para Telerradiología si ha sido una idea excelente para disminución de costos y la utilización del radiólogo remoto "en casa" (definido también como radiólogo "on-call", ver tercera parte Telerradiología).

La conexión remota a los sistemas HIS/RIS, para la captura de información del paciente y el envío de informes radiológicos, va ganando aceptación entre las instituciones que lo aplican. La información que se transporta (datos de pacientes, informes, etc.) es muy inferior a la información imagenológica, por lo que Internet puede satisfacer la demanda requerida.

Internet y la tecnología Web pura, encontrarán su utilización intensiva en la tercera generación de PACS.

La interfaz con la modalidad es otro de los temas estudiados. Las primeras interfaces se basaban en adquisiciones de vídeo (frame grabbers). En la segunda generación, se utilizó el modelo ACR-NEVA V2 y tempranas versiones del DICOM 3.0. El principal problema era la introducción duplicada de la información hacia el PACS y hacia el RIS. Algunas versiones de segunda generación que utilizan la norma DICOM, utilizan la modalidad de listas de trabajo, para enviar información del RIS hacia el equipamiento. La adquisición de diferentes modalidades de imágenes, se ha resuelto gracias a la utilización extendida de la norma DICOM y la disponibilidad de los conversores de imagen para modalidades pre-DICOM. La tercera generación de PACS se enfrenta a este problema, y debe resolver y mejorar la filosofía de listas de trabajo.

La próxima generación tendrá que resolver los problemas protocolares, y racionalizar la información entre las modalidades de adquisición y el RIS. Las interfaces de tercera generación deberán estar encaminadas a las listas de trabajo para el operador, archivos asociados a listas de trabajo, y transmisión de imágenes digitales e informes según la modalidad del estado del estudio en la lista de trabajo. El radiólogo recibirá en su estación de diagnóstico, de forma inteligente, aquellas imágenes correspondientes a su lista de trabajo, que será diseñada acorde a su desempeño dentro del servicio. Un radiólogo especializado en neuroimagen, recibirá de forma automática las imágenes de TC, RM y Angio correspondientes, pero no tendrá que recibir, en su lista de trabajo, estudios de tórax, a no ser que lo pida de forma directa e intencionada.

Otro tanto, ocurre con las estaciones de visualización (en la tercera parte, hemos desarrollado un acápite explicando la evolución de las estaciones de visualización). La primera generación de estaciones de visualización, se desarrolló sin tener en cuenta la multimodalidad de imágenes. Estaban diseñadas para ver imágenes de modalidades de secciones transversales del paciente. Con el advenimiento de la segunda generación, se pensó en ver imágenes de varias modalidades y buscar la forma óptima de desplegar las imágenes en los monitores.

Una de las discusiones, que primero surgieron, fue: ¿cuántos monitores eran necesarios?. Este debate ha sido largo, pero la mayoría de los clientes y vendedores coinciden en que, para el diagnóstico primario, se requiere un sistema dual, con alto rango de luminosidad y monitores

de alta resolución 2kx2,5k (5 megapixels, ver primera parte, *Estaciones de trabajo*). Los sistemas con 4 monitores, que fueron empleados en PACS de primera y segunda generación, se piensa que no necesarios (incluso no son costo efectivo) para la mayoría de los clientes. Incluso, algunos investigadores sostienen que estaciones de trabajo de más bajo costo son más que suficiente para realizar el diagnóstico primario, aunque esto todavía esta por verse.

En fin, las estaciones de trabajo se pueden clasificar en tres tipos (ver tercera parte Telerradiología):

- Estaciones para diagnóstico primario.
- Estaciones para revisión clínica secundaria.
- Estaciones terciarias de bajo coste, principalmente para Telerradiología.

Las nuevas estaciones de trabajo, deben caracterizarse por un claro contraste blanco-negro con pocos mandos visibles, y la información no imagenológica necesaria en el monitor. Los controles deben estar basados en iconos, disminuyendo la cantidad de niveles de despliegue al máximo. Este tipo de control, acorde con el tipo de modalidad de imagen permitirá al usuario utilizar más tiempo concentrado en la imagen, que dedicado a buscar los controles necesarios.

La próxima generación

La próxima generación de PACS, diferirá dramáticamente de las dos primeras generaciones. Los nuevos sistemas harán uso de modalidades de interfaz más sofisticadas, no especialmente encaminadas a problemas de adquisición de imágenes, sino dirigidas a resolver problemas de introducción de datos del paciente y mejoras de las metodologías de los flujos de trabajo en los servicios de radiología. En el futuro, los PACS, estarán mejor integrados al HIS. Estos sistemas se ofrecerán conjuntamente con el RIS y a precios mucho más razonables que los de segunda generación.

Hemos de saber, que cualquier producto tecnológico sofisticado, puede considerarse no optimizado hasta que se hayan implantado y utilizado 3 ó 4 generaciones de dicho producto. Es por ello, que esta oleada de tercera generación de PACS traerá consigo una mejora significativa en el flujo de trabajo, y mejorará de forma significativa la visualización de los estudios e imágenes, así como, su interacción e integración más firme con los RIS/HIS. La nueva generación se caracterizará, por un mejor funcionamiento a menor precio, menor coste de mantenimiento, y menor coste de actualización tecnológica y migración a nuevos sistemas y modalidades de archivo. Los PACS serán una opción extendida, para la integración de la radiología, a la empresa médica en su sentido amplio, a los hospitales, y a la comunidad médica en general.

Estimado Lector, espero haya comprendido la esencia de los PACS. Desgraciadamente no todos los aspectos han podido ser ampliados al máximo, pero aún le queda otro tramo por andar: **La Telerradiología**, la cual estudiaremos en la tercera parte de este folleto, y que está estrechamente vinculada a los PACS.

BIBLIOGRAFÍA

1. Noz ME, Erdman WA, Maguire GQ, et al. Modus operandi for a Picture Archiving and Communication System. *Radiology* 1984; 152:221-223.
2. Matheus R. PACS and PACS-related research in Belgium. CAR'90, Computed Assisted Radiology Proceedings, Berlin 1990.
3. Hruby W, Mosser H, Urban M, Rüger W. The Vienna SMZO-PACS project: The Totally digital Hospital. ISPRAD VI Proceedings. Bergen 1992: 207-216.
4. Parker Bruce. Estudio de un Caso de Implantación de PACS. <http://www.vcgimagen.com.ar>.
5. M.J. Cannavo. Preparing an Effective RFP Document Understanding the RFP Process. *Imaging Economics*. Proyectos Especiales. Julio/Agosto, 1999. <http://www.imagingeconomics.com>.
6. Eliot L. Siegel, Radiology into the 21st Century: the Digital Department. PACS Planning. *Imaging Economics*. March/April, 2000. <http://www.imagingeconomics.com>.
7. Piqueras J.P., Carreño J.P, y Lucaya J.L. Sistemas de Archivo y Comunicación de Imagen en Radiología. *Radiologia* 1994 vol. 36(2) pp.67-76.
8. Page Douglas. Computed radiography offers easy entry to the world of PACS. *Diagnostic Imaging* August 1999. <http://www.dimag.com>.
9. ACR Standards. ACR Standard for teleradiology. Revised 1998 Res. 35. Effective 1/1/99.
10. CEN/TC 251. Health Informatics Secretariat: SIS-HSS. N98-34. Quality of Service. Requirements for Healthcare Information Interchange.
11. Duerinckx, A., Ed. Picture Archiving and Communication Systems (PACS) for Medical Applications. First International Conference and Workshop, Proceedings of SPIE – International Society for Optical Engineering, Vol. 318, 1982.
12. NEMA Standards Publication No. 300, Digital Imaging and Communications, National Electrical Manufacturers Association, 2101 L Street, N. W., Washington DC, (1989).
13. NEMA Standards Publication PS 3, Digital Imaging and Communications in Medicine (DICOM), National Electrical Manufacturers Association, 2101 L Street, N. W., Washington DC, (1993).
14. Oosterwijk, H. "DICOM: Your guarantee to interoperability?", SPIE Medical Imaging Proceedings, Vol. 3035:165-169, 1997.
15. Wong A, Huang HK, Arenson R. "Adaptation of DICOM to an operational PACS", SPIE Medical Imaging Proceedings, Vol. 3035:153-158, 1997.

16. Levine BA, Cleary KR, Norton GS, Cramer TJ, Mun SK. "Challenges encountered while implementing a multivendor teleradiology network using DICOM 3.0", SPIE Medical Imaging Proceedings, Vol. 3035:237-246, 1997.
17. Wong A, Huang HK. "Integration of multi-vendor imaging equipment with DICOM into PACS", SPIE Medical Imaging Proceedings, Vol. 3339:294-302, 1998.
18. Duerinckx AJ, Harmon C, Crook M, Grant EG. "Integrating DICOM conformant imaging equipment with a PACS", SPIE Medical Imaging Proceedings, Vol. 3339:540-555, 1998.
19. Junck KL, McEachern, Grandhi S, Lewey G. "Automated routing of DICOM CT, MR and CR images: solving the pitfalls of vendor-specific DICOM implementations", J Digit Imaging, 11(3 Suppl 1):131-133, 1998.
20. Intelligence Report 6. The economics of Information Technology. The Standardization of PACS. Agfa Medical. <http://www.agfa-medical.com/intell6.htm>.
21. Huang HK, Andriole K, Bazzill T, Wong AWK, Arenson RL. Design and implementation of a picture archive communication system: the second time. J Digital Imaging. 1996;9(2):47-59.
22. Bryan S, Keen J, Buxton M, et al. Evaluation of a hospital-wide PACS: costs and benefits of the Hammersmith PACS installation. Proc SPIE. 1992;1654:573-576.
23. Irie G, Miyasaka K, Miyamoto K, et al. PACS experience at the University of Hokkaido Medical School. Proc SPIE. 1990;1234:26-30.
24. Shani U.: JDAPI: A PACS archive/viewer inter-operability based on Java and DICOM. SPIE Medical Imaging. Febrero 12-18, 2000.
25. Shani U.; Kozakov L.; Salant E.: Real-time teleconsulting solution for teleradiology based on PACS. SPIE Medical Imaging. Febrero 12-18, 2000.
26. Gidron Y.; Shani U.; Shifrind M.: Phased development of a web-based PACS viewer. SPIE Medical Imaging. Febrero 12-18, 2000.
27. Grevera G.J.; Feingold E.; Horri S.C.: A WWW to DICOM interface. Medical Informatics Group (MIG). Department of Radiology. Hospital of the University of Pennsylvania. <http://oasis.rad.upenn.edu>.
28. Salant E.; Shani U.: PACS Viewer inter-operability for teleconsultation based on DICOM. IBM Haifa Research Lab, MATAM, Haifa, Israel. <http://www.haifa.il.ibm.com>.
29. UDIAT. Centre Diagnóstico. Radiological Archive and Image Management. <http://www.cspt.es/webcspt/LabImg/djvindex.htm>.
30. IMI S.L. SPIR. Visualizador Web DICOM Java para imágenes médicas. <http://www.imedi.com/proyectos/spir/webdicom.htm>.
31. Dwyer III, S.J.: Are you ready for PACS?. Applied Radiology. PACS/Teleradiology. Nov. 1999. <http://www.appliedradiology.com>.

32. Prince T.R.: Ddr Technology The Future is now. Determining total cost of ownership. ImagingEconomics. Special Projects. Nov/Dec, 1999. <http://www.imagingeconomics.com>.
33. Prince T.R.; Martin C.M., Sullivan J.A.: What is your institutional IT quotient? Decisions in Imaging Economics. 1999;12(4):44-50. <http://www.imagingeconomics.com>.
34. Beird, L.: Bringing all modalities online: A PACS success story. Applied Radiology. Socioeconomics of imaging. Dec. 1999. <http://www.appliedradiology.com>.
35. Kolodny, G.M.; Stephen, M.; Parker J.A.; et.al.: Cost savings in a digital radiology department. <http://www.nucmed.bidmc.harvard.edu>.
36. Paret J.A.: Implementing PACS: Web-Based Nuclear Medicine. June 6. 2000. <http://www.med.harverd.edu>.
37. Couris, J.; Jordan, P.; Palumbo, D.; et.al.: Putting PACS in perspective. Creating the Digital Department. Imaging Economics. Special Proyects. Jul/Ago, 2000. <http://www.imagingeconomics.com>.
38. Stockburger WT. Radiology Administration: A Business Guide. Philadelphia, Pa: JB Lippincott Co; 1989.
39. Agfa Intelligence Report 6: The Economics of information Technology. Cost justification for PACS networks. The Cash flow model. <http://www.agfa-medical.com>
40. Parker, B.: Estudio de un caso de implantación de PACS. <http://www.vcgimagen.com.ar>.
41. Parker B.: Enterprise-Wide PACS Solution. The digital department. May/Jun 2000. <http://www.imagingeconomics.com>.
42. Maattanen, H.; Touminen, E.: Finnish PACS project provides learning model. Diagnostic Imaging Europe. Jan/Feb 2000. <http://www.di-europe.com>.
43. DeJarnette W.T.: PACS & Teleradiology Update: The next generation. Applied Radiology. Sep. 1999. <http://www.appliedradiology.com>.