

DIAGNOSTICO POR LA IMAGEN

Miguel Chávarri Díaz

*Servicio de Radiodiagnóstico de Adultos.
Hospital Universitario La Fe. Departamento de
Informática. Escuela Técnica Superior de
Ingeniería. Universidad de Valencia*

R. Maximiliano Lloret Lloréis

*Servicio de Radiodiagnóstico de Adultos.
Hospital Universitario La Fe. Departamento de
Medicina. Facultad de Medicina.
Universidad de Valencia*

INTRODUCCIÓN

Una de las primeras aplicaciones de la informática y por tanto de las nuevas tecnologías de la información y las comunicaciones en el entorno sanitario se realiza en los departamentos de radiodiagnóstico.

Las actividades asociadas a los servicios de radiología, son la realización e interpretación de las imágenes obtenidas mediante las distintas pruebas diagnósticas. La descripción y análisis de las imágenes da origen al informe clínico correspondiente que debe de pasar a formar parte de la historia clínica del paciente.

Por otra parte, ya no es posible imaginar una historia clínica electrónica que no incorpore las imágenes generadas en las exploraciones. Las imágenes médicas son parte fundamental de la Historia Clínica.

Para incorporar las imágenes al historial de los pacientes deberemos disponer de un sistema eficiente de adquisición de imágenes, que éstas puedan ser almacenadas de manera correcta y segura, que puedan recuperarse en un tiempo mínimo y que posteriormente puedan ser visualizadas con una calidad suficiente y adecuada.

La evolución hacia la historia de salud electrónica pasa por aplicar las estrategias de integración y de comunicación mediante un sistema que permita un intercambio eficiente de todos los datos clínicos del paciente, incluyendo las imágenes.

SISTEMAS DE INFORMACIÓN EN RADIODIAGNÓSTICO. RIS

Bien por la ausencia de HIS (Sistemas de Información Hospitalarios) o bien por la dificultad de gestión de los propios departamentos, los Sistemas de Información en Radiología (RIS) aparecen de forma “independiente” en los centros.

Para poder disponer de los resultados de las exploraciones radiológicas el departamento de radiodiagnóstico debe disponer de un sistema de información que sea capaz de completar la gestión administrativa del paciente en los siguientes aspectos: citación de los pacientes, seguimiento de los pacientes antes y durante su cita para la realización de las pruebas solicitadas, y emisión y distribución de los informes radiológicos cumplimentados.

Por tanto los objetivos que persigue el RIS son (1):

- Identificación unívoca de pacientes.
- Citación optimizada de exploraciones.
- Recepción de pacientes y registro de actividad.
- Transcripción y emisión de informes radiológicos.
- Estadísticas y gestión de la información.
- Integración con el sistema de información de documentación clínica (Historia Clínica).

Todo esto hace que el RIS se distribuya funcionalmente en las siguientes áreas:

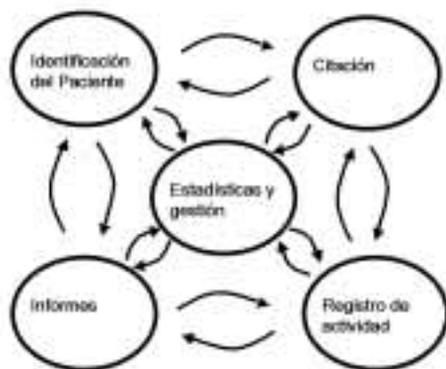


Figura 1. Áreas funcionales del RIS

Área de identificación del paciente

Los datos de identificación del paciente: número de historia clínica, nombre, apellidos y fecha de nacimiento, y el resto de datos demográficos son de suma importancia y su introducción correcta evitarán al máximo los errores en la asignación de exploraciones. Posteriormente facilitarán la asignación correcta de los informes radiológicos emitidos. Por tanto debe de existir un sistema que permita enlazar la exploración radiológica con el episodio clínico concreto que la generó, ya sea externo, interno o de urgencias.

Como veremos en el apartado de integración, la mayoría de las veces estos datos se obtendrán de sistemas externos al RIS e incluso en determinados proyectos de sistemas externos al propio hospital (2).

Área de citación

Una vez identificado correctamente el paciente pasamos al área de citación. Esta función contempla todos los procesos necesarios para cumplimentar y ejecutar las agendas. Ofrece pues la posibilidad de asignar, reprogramar y anular citas, también permite consultar la programación diaria, así como la generación de todo tipo de listados y etiquetas necesarios para el funcionamiento del servicio.

En primer lugar, el sistema informa de las exploraciones que el paciente tiene ya programadas y de las últimas que se la han efectuado, evitando así la posible duplicidad de exploraciones.

La citación se basa en agendas asociadas a los equipos, que optimizan el uso de las salas, en función de las exploraciones a realizar, de las necesidades de los pacientes y de los recursos disponibles. Es decir, en el caso de citación conjunta, el sistema ofrecerá una cita para realizar todas las exploraciones en un mismo día, en la misma sala o en el mínimo número de salas distintas.

Uno de los productos más importantes de la citación son las listas de trabajo para cada una de las salas en donde se van a realizar las exploraciones. Estas listas de trabajo son susceptibles de ser enviadas electrónicamente, como veremos en un apartado posterior, a cada uno de los aparatos en donde se realizan las exploraciones (modalidades).

Área de recepción de pacientes y registro de actividad

Permite el registro de actividad y la confirmación de las exploraciones realizadas. Es fundamental cumplimentar la hoja de trabajo, comprobar la asistencia de los pacientes y corroborar las exploraciones realizadas, añadiendo y/o anulando las exploraciones correspondientes y el consumo de material efectuado. Además permite incluir en la lista de trabajo de cualquier agenda las exploraciones solicitadas a los pacientes urgentes.

Área de transcripción y emisión de informes

Permite cumplimentar y codificar los informes. Las exploraciones realizadas deben ser examinadas por los radiólogos quienes emitirán el informe correspondiente, para ello podrán consultar los informes de exploraciones realizadas anteriormente al mismo paciente.

Estos sistemas deberán también permitir la definición de informes estándar mediante la confección de modelos y plantillas.

La declaración e identificación de determinados estudios como casos de interés permitirá con posterioridad utilizar estos estudios para docencia e investigación.

Área de estadísticas y gestión de la información

La definición de un catálogo de exploraciones extenso y exhaustivo que recoja todas las áreas de actividad permitirá la posterior explotación de toda la información generada.

Este catálogo debe contemplar una mínima estructura para la definición de las exploraciones que contemple la técnica aplicada (RX, TC, ECO, etc.) y la región anatómica, facilitando así la identificación de la exploración en la historia clínica. Es habitual la utilización de catálogos definidos por los Servicios de Salud o por las sociedades científicas (SERAM, sociedad española de radiología médica, ...).

En la creación del catálogo también podemos asociar a cada una de las pruebas cualquier información relacionada con las mismas como por ejemplo el tiempo de duración de la misma, si necesita o no contraste y de qué clase, el tipo y la cantidad de placas a utilizar así como cualquier otro material necesario para su realización.

Además y de acuerdo con el Real Decreto 1976/1999 de 23 de diciembre por el que se establecen los criterios de calidad en radiodiagnóstico, se conocerá la radiación media a recibir por el paciente (3).

Con toda esta información el sistema permite obtener todo tipo de indicadores de actividad y de consumos, que posteriormente podrán ser utilizados para optimizar las prestaciones del servicio (4).

Debido a la existencia de estas cinco áreas funcionales en cualquier momento podemos consultar los datos asociados a un paciente y por tanto conocer el estatus en que se encuentra cada una de sus exploraciones.

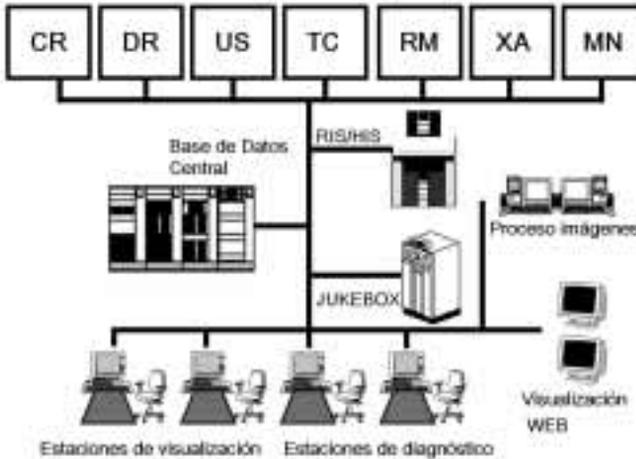
SISTEMA DE ARCHIVO Y COMUNICACIÓN DE IMÁGENES. PACS

Es el sistema encargado del mantenimiento, en su más amplio sentido, de las imágenes digitales obtenidas en el departamento de Radiología, consta de los siguientes subsistemas:

- Sistemas de adquisición de imágenes.
- Red de comunicaciones.
- Sistemas de gestión y transmisión.

- Sistemas de almacenamiento.
- Sistemas de visualización y proceso.
- Sistemas de impresión y/o distribución.

Figura 2. Componentes de un PACS: Modalidades: CR, radiología convencional computarizada. DR, radiografía directa. US, ultrasonidos. TC, tomografía computarizada. RM, resonancia magnética. XA, angiografía digital. MN, medicina nuclear. Red de comunicaciones. Gestión y transmisión. Almacenamiento. Visualización y proceso. Distribución



PACS es el acrónimo de Picture Archiving and Communications System. El PACS debe controlar la información directamente relacionada con la adquisición de estudios, las propias imágenes y los detalles de cómo han sido generadas, el envío a las estaciones de diagnóstico, las características de éstas estaciones, y su posterior impresión y distribución. Además las imágenes deben de ser almacenadas y estar disponibles en cualquier momento (5).

Sistemas de adquisición de imágenes

El principal requisito de un PACS es poder disponer de forma integrada de las imágenes digitales asociadas a un paciente procedentes de las distintas modalidades.

Llamamos modalidad a cada uno de los métodos por los que se obtienen las imágenes diagnósticas del paciente. Estos procedimientos dependen tanto del fenó-

meno físico en el que se basan (ultrasonidos, RX, resonancia magnética, emisión de fotones) como del pre-proceso utilizado (Angiografía por Sustracción Digital-ASD, Tomografía Computarizada-TC, digitalización de película. etc.).

Para poder tratar estas imágenes deben encontrarse en formato digital, para ello o bien se adquieren directamente en ese formato (modalidades digitales), o bien, si se trata de modalidades analógicas, deben de sufrir un proceso que las digitalice.

Cada vez hay más modalidades que proporcionan las imágenes directamente en formato digital como son la TC, la resonancia magnética, la angiografía por sustracción digital, e incluso la ecografía.

Figura 3: La digitalización de la radiología convencional impulsa la implantación de los PACS



La modalidad analógica por excelencia es la radiología convencional, que proporcionan las imágenes en placas radiográficas estándar.

La gran expansión y generalización de los PACS se produce cuando se digitaliza la radiología convencional. Para la obtención de imágenes digitales a partir de la radiología general de forma directa aparecen dos nuevas tecnologías: por una parte los sistemas de radiografía computarizada conocidos como CR (“Computed Radiography”), que generan la imagen a partir de unas placas especiales de fósforo. Estas placas se encuentran dentro de un chasis similar al convencional y al recibir la energía de los Rayos X pasan a un estado especial de excitación. Posteriormente serán tratadas en estaciones especiales de lectura, formadas por dispositivos electrónicos y de amplificación, en las que se construye la imagen digital. Una de las ventajas de este sistema es la no utilización de líquidos de revelado fotográfico y que las placas de fósforos son reutilizables, es decir, no son de un único uso.

El otro sistema se denomina radiografía digital o radiografía directa DR (Digital Radiography) y su tecnología consiste en la utilización de unos receptores digitales basados en semiconductores (sustancias amorfas de selenio y silicio) que transforman directamente la energía de los Rayos X en señales digitales. Estos sensores son dispositivos electrónico-digitales formados por una matriz de celdas pequeñas perfectamente alineadas en filas y columnas. Estas celdas son capaces de producir impulsos eléctricos de distinta intensidad en función de la cantidad de luz que reciben.

Existen a su vez dos tecnologías diferentes: los basados en sensores CCD (Charged Couple Device) y los detectores de panel plano FPD (Flat Panel Detector) (6).

Las características básicas de las imágenes digitales son su resolución espacial y su densidad o profundidad. La resolución espacial viene dada por el número de píxeles por pulgada o por centímetro y nos da información del tamaño de la imagen. Por su parte, la densidad o profundidad nos indica los niveles de gris que podremos representar.

Según el tipo de imagen, es decir, según la modalidad, las necesidades de profundidad son diferentes para obtener imágenes con calidad diagnóstica. Esta densidad puede variar desde los 8 bits (256 niveles de gris) en el caso de las ecografías a un mínimo de 12 bits (4096 niveles) en la radiología general (Tórax).

Teniendo en cuenta las imágenes necesarias en cada uno de los tipos de estudio y el número de estudios que se realizan en los servicios de radiodiagnóstico podremos estimar la gran necesidad de almacenamiento que necesitarán estos sistemas, superando ampliamente los TB (1 Terabyte equivale a1024 GB).

Tabla 1. Número de imágenes por tipo de estudio. CR Radiología Computarizada, CT Tomografía Computarizada (Escáner), US Ecografía, XA Angiografía Digital, RM Resonancia Magnética

| MODALIDAD | IMÁGENES X ESTUDIO | TAMAÑO EN KB |
|-----------|--------------------|--------------|
| CR | 1,67 | 10.240 |
| CT | 60,67 | 512 |
| US | 7,54 | 300 |
| XA | 20,18 | 1.024 |
| RM | 101,61 | 256 |

Red de comunicaciones

El objetivo de un PACS es tener disponibles para su diagnóstico las exploraciones realizadas a un paciente, incluyendo las exploraciones existentes de estudios anteriores.

Es decir, tanto las nuevas imágenes recién obtenidas en la modalidad, como las imágenes anteriores del mismo paciente almacenadas en el sistema, deben de estar disponibles instantáneamente en la estación de diagnóstico para su estudio. Por ello una de las tecnologías clave para poner en servicio un PACS es la comunicación de datos.

Actualmente la comunicación de datos entre equipos se realiza mediante las Redes de Área Local (LAN). Una LAN está formada por un conjunto de equipos interconectados dentro de un mismo edificio.

El diseño de cableado de la red se denomina topología de la red y condiciona el rendimiento de la red y su maleabilidad ante posibles ampliaciones. Las topologías más comunes son la conexión en anillo, en la que cada equipo se conecta con el siguiente y el último con el primero, la conexión en línea en la que cada equipo se conecta con el siguiente quedando el último como nodo final y la conexión en estrella en la que todos los nodos se conectan a un conmutador (switch) o a un concentrador (hub).

En la actualidad la topología más difundida es la topología en estrella, con conexiones de cable tipo par trenzado (UTP) de categoría 5 o superior capaz de alcanzar los 100Mbps.

El protocolo de comunicación utilizado en las redes de PACS es el estándar TCP/IP (Transmisión Control Protocol/Internet Protocol). A medida que los PACS crecen las necesidades de ancho de banda son superiores, de tal forma que no es recomendable la instalación de un PACS si el ancho de banda de la red no es como mínimo de 100Mbps siendo además aconsejable que la conexión entre servidores sea de 1Gbps.

Sistema de gestión y transmisión

Cada vez que las imágenes necesarias no están disponibles en la estación de visualización local, estas deben de ser requeridas a la red. El tiempo de transmisión de las imágenes depende de la velocidad de las conexiones individuales a la red, de la topología de la red y del número de conexiones concurrentes en un determinado instante. Consideraremos que la lectura de una imagen durante las operaciones interactivas será eficiente si el sistema sólo tarda unos pocos segundos en mostrarla. Dado el tamaño de las imágenes y la velocidad de transmisión de las redes,

como hemos comentado en el apartado anterior, puede ocurrir que el exceso de peticiones nos aproxime a alcanzar un punto crítico. Para evitarlo necesitamos optimizar las peticiones de transferencia de imágenes por la red.

Para evitar o reducir los retrasos en el acceso a los estudios se emplean tres estrategias. En primer lugar, los estudios actuales pueden ser dirigidos automáticamente a un área de trabajo o a la estación de diagnóstico apropiada. De esta manera cada estudio se dirigirá a una localización en la que podremos conseguir un acceso óptimo. Esta estrategia se conoce con el nombre de enrutamiento automático (autorouting). Para que esta técnica funcione necesitamos conocer toda la información relacionada con el estudio, el emplazamiento del paciente, el área solicitante, el radiólogo responsable, etc., parámetros que definirán el procedimiento correspondiente.

Otra estrategia utilizada es la denominada “prebúsqueda” (prefetching). Consiste en enviar los estudios almacenados en el sistema de archivo a la estación apropiada cuando sabemos de manera anticipada que van a ser solicitados.

Durante el informado de una exploración, los radiólogos necesitan con frecuencia comparar con los estudios anteriores. El sistema puede adelantarse a esta petición enviando estos estudios a la estación correspondiente en periodos de menor ocupación de la red. Para ello el PACS debe conocer con antelación que pacientes van a explorarse y ejecutar los procedimientos apropiados que especifiquen que estudios hay que enviar.

La solicitud de imágenes sin utilizar ninguna de estas funcionalidades se denomina “a demanda” y sirve para comprobar la velocidad de respuesta del PACS.

La tercera estrategia consiste en disponer de archivos múltiples distribuidos en función de diferentes usos. Muchas veces algunos especialistas sólo necesitan acceder a un subconjunto de los datos. Para evitar cuellos de botella de múltiples accesos, estos datos pueden situarse en servidores distintos.

Sistema de almacenamiento

Como hemos visto en un apartado anterior, la cantidad de información en imágenes producida en un departamento de radiología esta en el rango de los Terabytes, por ello el sistema de almacenamiento en los PACS utiliza una arquitectura jerárquica con diferentes medios de almacenamiento en función de la duración del almacenamiento y de la frecuencia de recuperación esperada. En concreto podemos distinguir los siguientes conceptos:

Memoria Primaria (Caché Primario)

Es la memoria de trabajo donde el sistema PACS ubica los estudios que recibe o envía y a los cuales el cliente PACS puede acceder en un tiempo muy corto del orden de uno o varios segundos.

El inconveniente es su limitación de tamaño. Un estudio sólo podrá permanecer temporalmente en esta memoria. Dependiendo de la cantidad de memoria disponible y de la cantidad de estudios que genere el centro, este periodo oscilará entre unas pocas semanas o algunos meses.

La ventaja es obvia, la velocidad de acceso. Es una ubicación de acceso rápido. Esta memoria la constituyen los discos duros de los servidores y normalmente utilizan la tecnología RAID (redundant array of inexpensive disks) que nos proporcionan seguridad y rapidez.

La tendencia es instalar sistemas PACS cada vez con mayor cantidad de memoria de este tipo, debido en parte a que el coste/MB se ha reducido mucho y la perspectiva es que los precios sigan bajando. El ideal es el almacenamiento en este tipo de memoria de las imágenes producidas en tres o más años.

Memoria Secundaria (Archivo)

A esta memoria se accede para el almacenamiento permanente de los estudios recibidos en la memoria primaria y para recuperar estudios que por su antigüedad ya no se pueden encontrar en la memoria primaria.

Es una ubicación de acceso lento (en comparación con la primaria). Está formada por cintas DLT, discos ópticos MOD, CD o DVD, instalados normalmente en un armario que dispone de un brazo robot para intercambiarlos. Los estudios recibidos por el PACS se almacenarán en esta memoria para asegurar su conservación.

El inconveniente es el tiempo de espera para la recuperación de estudios. Normalmente esta espera es bastante mayor que en los accesos a la memoria primaria. Podemos hablar de medio minuto a varios minutos desde la solicitud hasta la recepción del estudio, dependiendo del soporte usado.

Su gran ventaja es su gran capacidad, al disponer de unidades de almacenamiento intercambiables, de forma que podemos sustituir las unidades usadas por nuevas. Estos sistemas pueden almacenar los suficientes terabytes como para asegurar un almacenamiento permanente. Se conocen con el nombre de “juke box”.

Memoria Remota (Cliente PACS)

Las estaciones clientes del PACS se pueden configurar con su propia memoria de almacenamiento para que reciban copias de estudios sin tener que solicitarlos.

Su principal inconveniente es que su capacidad está muy limitada al tipo de estación además de que pueden generar un tráfico de red, muchas veces innecesario.

La ventaja es la posibilidad de disponer de forma inmediata en cualquier estación remota de estudios que por la carga del PACS o el tráfico de red podrían tardar bastante tiempo en estar disponibles.

En definitiva existen tres niveles de almacenamiento: el almacenamiento en línea (On-line), que utiliza discos no extraíbles y de alto rendimiento que no necesita ni la actuación humana ni la de ningún robot para la recuperación de la información. El almacenamiento “casi en línea” (Nearline) que utiliza dispositivos de almacenamiento extraíbles que necesitan un robot para la recuperación rápida de grandes cantidades de datos y el almacenamiento fuera de línea (Off-line) que utiliza medios de almacenamiento extraíbles que necesitan de la intervención humana para su utilización.

De nuevo aquí se establecen los algoritmos de almacenamiento apropiados para conseguir la máxima eficiencia en el sistema de archivo. Por ejemplo, el almacenamiento cronológico de las imágenes puede provocar que las imágenes de un mismo paciente estén en distintas unidades. Si posteriormente necesitamos recuperar la información de un paciente, la búsqueda será más eficiente si previamente a su almacenamiento en el archivo de largo plazo unificamos toda su información.

Si empleamos técnicas de compresión de imágenes podemos reducir las necesidades de almacenamiento masivo. Se utilizan compresión reversible sin pérdidas con factores de 2:1 o 3:1 para imágenes con almacenamiento a corto plazo. La compresión irreversible puede conseguir factores de 10:1 y mayores y puede ser utilizada en almacenamiento a largo plazo si la degradación de la imagen no es clínicamente relevante. Sin embargo cualquier tipo de compresión irreversible tiene la posibilidad de que se pierda información clínica importante, aumentando esta cuando se aumenta el factor de compresión.

En resumen el sistema de Archivo proporciona las siguientes ventajas: accesibilidad, visualización múltiple, facilidad de almacenamiento, seguridad, economía. Para ello necesita un soporte de sistemas operativos fiables como UNÍX y la utilización de bases de datos robustas.

En el entorno de redes existe un nuevo concepto de almacenamiento llamado SAN (Storage Area Network) que consiste en una red de fibra de muy alta velocidad dedicada al tráfico y a las aplicaciones relacionadas con el almacenamiento, proporcionando recursos de almacenamiento tanto RAID como Nearline a múltiples servidores.

Sistema de visualización y proceso de imágenes

Existen distintos tipos de estaciones de trabajo según consideremos las funciones a realizar.

Por una parte tenemos las estaciones de revisión, en donde los técnicos verifican la calidad de las imágenes obtenidas durante la realización de las exploraciones y en donde se decide qué imágenes van al PACS. Este papel ha sido tradicionalmente proporcionado por las consolas de las modalidades.

En segundo lugar tenemos las estaciones de trabajo para diagnóstico que son las más importantes y las que ofrecen las características más avanzadas. Estas estaciones, de manera equivalente a un panel clásico de negatoscopios, disponen de 2 ó 4 monitores de alta resolución con una profundidad de 10 bits que proporciona 1024 niveles de gris. Las resoluciones más frecuentes capaces de aportar la calidad y fidelidad de imagen necesarias son de 1, 2, 3 y 5 Megapíxeles. De esta manera además de emular los negatoscopios clásicos dotamos al sistema de más facilidad de selección, ordenación y distribución.

Como veremos en un apartado posterior, la calidad de la imagen en las pantallas es también un tema central para organismos de control de estándares y fabricantes de monitores.

El rendimiento de un monitor viene dado por la luminosidad, el contraste, la resolución, definición y uniformidad a lo largo de la pantalla.

Los monitores CRT están dejando paso a los monitores LCD de pantalla plana. Estos disminuyen la distorsión y la fatiga ocular además de tener un mejor brillo, duración, uniformidad y resolución.

A partir de la necesidad de que una imagen ha de verse igual en cualquier monitor conectado a la red, DICOM (Digital Imaging and Communication in Medicine) define en su apartado 14 una curva de contraste estándar y la función de escala de grises en pantalla estándar, con la que se deben calibrar los diferentes tipos de pantalla.

Puesto que la resolución espacial de las imágenes adquiridas es mayor que el área de la pantalla en donde son visualizadas necesitamos software de tratamiento

de imágenes apropiado. Este software de proceso de imágenes debe de ser capaz de realizar las siguientes funciones básicas: visualización médica multimodal y despliegue multimonitor, manipulación de ventanas y niveles de color (función de pseudo color), manipulación de imágenes en dos dimensiones (rotación, espejo, zoom, disminución de ruido, suavizado, resaltado de bordes, etc.), definición de regiones y volúmenes de interés, anotaciones sobre imágenes (puntos, líneas, distancias, ángulos, textos), presentación de series en el tiempo, reconstrucciones en planos espaciales distintos, navegación con multiconesores, representación 3D, etc. Todo esto supone una ayuda incomparable al radiólogo para la realización del diagnóstico correspondiente.

Sistemas de impresión y/o distribución de imágenes

Si el objetivo de un PACS es disponer de un servicio de radiología sin película ni papel la impresión de imágenes no tiene sentido en una situación ideal.

Sin embargo en la realidad y en tanto permanezcan en convivencia ambos sistemas radiológicos las estaciones de trabajo deben de disponer de la posibilidad de imprimir copias sobre película o sobre papel.

Los documentos e informes se imprimirán en impresoras estándar, mientras que las radiografías se imprimen en impresoras especializadas. Estas impresoras pueden ser las clásicas que provienen de una evolución de las cámaras multiformato que utilizan un sistema fotográfico y las impresoras secas basadas en tecnología láser.

Con esta tecnología se consigue la presentación de imágenes en multiformato con una gama de grises de 4096 niveles y una resolución espacial de 4000x5000 puntos.

Las estaciones de trabajo deben de realizar las tareas de formateo y composición de las imágenes antes de su envío a impresión o por el contrario pueden ceder estas tareas a las impresoras en cuyo caso éstas deberán de disponer del software correspondiente para realizar esta función.

Visor Web

Como vemos en otros capítulos de este informe, el ideal es que tanto las imágenes radiológicas como los informes correspondientes estén a disposición de los clínicos integrados como un apartado más dentro de la historia clínica electrónica. Mientras esta situación se produce los proveedores de PACS ponen a disposición del hospital un visor web en el que se pueden consultar e incluso procesar las imágenes radiológicas.

Los visores Web se encargan de distribuir las imágenes no diagnósticas al resto de especialistas del hospital. Normalmente se considera parte del PACS, ya que es la herramienta que permite la visualización de las imágenes en cualquier PC del hospital que disponga de un navegador. A su vez el visor Web puede distribuir el informe asociado al estudio, reduciendo el tiempo de recepción para el destinatario y la supresión del papel.

Aunque el funcionamiento del visor está muy ligado al PACS, este puede funcionar de forma independiente recibiendo imágenes directamente de las modalidades y distribuyéndolas de igual manera. Los inconvenientes en este caso son el desaprovechamiento de la calidad DICOM original y la imposibilidad de recibir el informe asociado, al no existir la integración con el Sistema de Información Radiológico (SIR).

El visor web recibe la imagen en formato DICOM y la puede convertir a un formato diferente de menor tamaño, usando para ello una comprensión con pérdida, esto implica una reducción de la calidad por debajo de la considerada como diagnóstica.

Dispone también de herramientas de tratamiento de la imagen, aunque no todas las que utilizan los clientes específicos del PACS, y pueden proporcionar tanto la imagen con calidad diagnóstica o elegir imágenes comprimidas. Naturalmente en caso de utilizar las imágenes originales DICOM el tiempo de acceso es mayor.

Por otra parte los clientes exclusivos del PACS suelen disponer de monitores con mayor resolución que aprovechan la mayor calidad de imagen.

CONECTIVIDAD Y ESTANDARIZACIÓN

El objetivo prioritario de la estandarización es el intercambio de imágenes y servicios entre las diferentes modalidades, estaciones de trabajo, archivos de almacenamiento masivo y sistemas de impresión y distribución, de diferentes fabricantes

Todos los intercambios de información deben de regirse por estándares aceptados como son HL7 (Health Level Seven) y DICOM (Digital Imaging and Communication in Medicine), aunque algunas comunidades autónomas han desarrollado con éxito y mantienen en funcionamiento protocolos propios como IDEAS (Intercambio de datos entre aplicaciones sanitarias), desarrollado por la Conselleria de Sanitat de la Generalitat Valenciana.

HL7

HL7 se fundó en 1987 para desarrollar estándares para el intercambio electrónico de datos clínicos, financieros y administrativos entre sistemas de información independientes en el entorno de la salud, como por ejemplo sistemas de información hospitalarios, sistemas de información de laboratorios clínicos, farmacia, etc.

Health Level Seven (HL7) es un protocolo para el intercambio electrónico de datos en el ámbito de los sistemas de información sanitarios. El protocolo HL7 es un conjunto de formatos estándar que especifican la implementación de interfaces entre las aplicaciones informáticas de diferentes proveedores. Este protocolo de comunicación permite a las instituciones sanitarias intercambiar conjuntos importantes de datos entre diferentes aplicaciones. Además, los protocolos de HL7 no son rígidos. Este protocolo se construye con la flexibilidad necesaria para permitir la compatibilidad entre los datos con necesidades específicas de los sistemas de información heterogéneos.

HL7 es la abreviatura de Health Level Seven, una organización certificada por el American National Standards Institute (ANSI). Corresponde al nombre del estándar para el intercambio de datos electrónicos en el entorno sanitario. HL7 hace referencia al más alto nivel de los 7 niveles del modelo OSI (Open Systems Interconnect), los 6 niveles anteriores hacen referencia a la conexión física y lógica entre máquinas, sistemas y aplicaciones.

Un interface electrónico es una manera efectiva y barata de transferir información de un sistema a otro. La utilización de este tipo de estándares aporta las siguientes ventajas (8):

- Entrada única de datos que reduce la posibilidad de errores en la transcripción, bases de datos sincronizadas y actualización automática de datos.
- Abierto: es un estándar independiente de la plataforma y la tecnología.
- Está ampliamente implementado, por lo que es posible conseguir productos compatibles con HL7.
- Simplifica la integración de sistemas ofreciendo un marco de implementación común.
- En el desarrollo e implementación de nuevas funcionalidades reduce el tiempo de análisis, permitiendo orientar los recursos a los nuevos requerimientos específicos del sistema. Permite la reutilización de componentes.

- Reduce los costos de mantenimiento –una vez que se ha desarrollado la interfase, el estándar es constante, las entidades bien definidas no cambian, y las nuevas versiones tienen compatibilidad hacia atrás.
- Permite el desarrollo y mantenimiento de una interfase única, común a todas las implementaciones, por tanto no es necesaria la definición de mensajería específica para cada nuevo sistema que se desee interconectar.
- Se simplifica el proceso de identificar cuáles entidades del modelo de datos son necesarias para los propósitos de la mensajería.
- Simplifica la planificación del proyecto, ya que están predefinidos los eventos comunes, por lo que la interacción entre sistemas puede ser fácilmente documentada en base a dichos eventos.

Existen tecnologías que facilitan el intercambio de mensajes, como los motores de interfases, y las herramientas de análisis sintáctico/semántico HL7

HL7 publica guías de implementación que facilitan la identificación de los puntos clave del proceso de implementación y sobre los datos que deben ser intercambiados entre aplicaciones, qué datos deben utilizarse y cuáles son los vocabularios que deben aplicarse para facilitar la interoperabilidad entre sistemas (9).

También debemos citar los siguientes inconvenientes.

- No es “plug-and-play” aunque ofrece una sólida base en común entre sistemas.
- A pesar de la amplia difusión, el estándar HL7 actual requiere adaptación en cada sitio de implementación. Uno de los mayores desafíos en esa área es alinear los vocabularios y los modelos de datos. Los diferentes modelos y formatos de datos de cada aplicación, aún aquellas diseñadas para ser compatibles con HL7 en el futuro, deben enfrentar el desafío de la interoperabilidad. Esto agrega un costo sustancial a la implementación de cada interfase.
- Una vez identificados los mensajes necesarios, su desarrollo y puesta en funcionamiento no es evidente necesitándose personal debidamente formado y entrenado.
- Una vez implementado el motor de transacciones de mensajes HL7, la velocidad se convierte en una cuestión crítica para la operatividad del sistema de información desarrollado.

EL ESTÁNDAR DICOM

El estándar de comunicación más aceptado y especializado en entornos de imágenes médicas es el DICOM 3.0. (Digital Imaging and Communication in Medicine) (10).

Los antecedentes de DICOM 3.0 aparecen en 1985 con un producto llamado ACR-NEMA 1.0 ya que fue desarrollado por el American College of Radiology en colaboración con la National Electrical Manufacturers Association.

La evolución de este producto dio lugar a ACR-NEMA 2.0 en 1988. Posteriormente en 1993 aparece ya con el nombre de DICOM 3.0. En su desarrollo participan el CEN (Comité Europeo de Normalización) y el JIRA (Japanese Industry Radiology Apparatus).

DICOM 3.0 como estándar de comunicación de imágenes médicas utiliza un conjunto de normas encaminadas a realizar el intercambio de información. Esta información está definida utilizando dos modelos: el modelo de objetos que describen el mundo real y que forma el dato radiológico y el modelo de objetos de datos. Es decir, DICOM está definido como un estándar orientado a objetos.

Una entidad del mundo real como es un paciente, una exploración, una visita, una imagen, etc. es presentada como un objeto y cada objeto tiene sus atributos entre los que se han definido las relaciones correspondientes. De esta manera la información se estructura siguiendo el modelo entidad-relación.

DICOM define dos tipos de objetos denominados IOD (Information Object Definition): Los objetos compuestos que se corresponden a varias entidades del mundo real y los objetos simples o normalizados que corresponden a una única entidad.

Cada uno de los IOD Compuestos está formado por varios IOD Normalizados, por ejemplo el IOD correspondiente a un estudio de TC de un paciente dado, está definido por los cuatro IOD normalizados siguientes: paciente, estudio, serie e imagen.

DICOM maneja también dos tipos de servicios: los servicios compuestos y los servicios normalizados. Los servicios son las acciones que podemos aplicar a los objetos. Copiar, almacenar, seleccionar, escribir, son ejemplos de acciones posibles.

Los tipos de servicio se combinan con los objetos IOD y definen las unidades funcionales de DICOM. Estas combinaciones servicio-objeto se denominan clases SOP (SOP class, Service-Object Pair). De esta manera DICOM define cuales son las operaciones que pueden ser ejecutadas y sobre que objetos.

Por ejemplo el almacenamiento de una imagen de TC es la combinación del objeto “imagen TC” con el servicio “almacenar”.

A través de las clases SOP se efectúa el intercambio de información. La base de estos intercambios es la utilización de protocolos cliente/servidor. Cada vez que dos aplicaciones o equipos deciden conectarse para intercambiar información, uno de los dos desarrolla el papel de proveedor del servicio, servidor, (Service Class Provider SCP) mientras que el otro toma el papel de usuario o cliente (Service Class User SCU). Para cada clase de servicio SOP class el estándar define el conjunto de reglas correspondiente.

La certificación de cumplir el estándar se denomina DICOM Conformance Statement y debe ser descrita para cada modalidad y dispositivo y para cada versión del producto, indicando además para cada servicio el tipo correspondiente (cliente, servidor o ambos).

Las principales clases de servicio DICOM son las siguientes:

- Clase de almacenamiento (Class Storage)
- Clase de consulta y recuperación (Class Query & Retrieve)
- Impresión (Class Print)
- Gestión de listas de trabajo (Basic Worklist Management)
- Estudio realizado (Modality Performed Procedure Step)

Otros clases de servicio DICOM son: la consistencia en la visualización de imágenes, (Image Display Consistency), que asegura la consistencia de las imágenes impresas y visualizadas con las adquiridas, y la confirmación de estudio recibido y almacenado (Storage commitment), que consiste en enviar un mensaje cuando se han recibido las imágenes y están han sido almacenadas correctamente.

El modelo de información DICOM está desarrollado por segmentos denominados partes. El número de partes va en aumento ya que cada una de ellas intenta resolver un requisito determinado. La definición de las partes es tal que para desarrollar una nueva, originada por nuevos requerimientos, no es necesario modificar ninguna de las anteriores.

Las partes DICOM van desde la definición de su filosofía hasta la definición de perfiles de seguridad.

El estándar DICOM define tanto los objetos de información como las clases de servicios, la estructura de datos y su semántica, los diccionarios de datos neces-

rios, los medios físicos de almacenamiento de información, la estructura lógica de almacenamiento de estudios, el soporte de redes de comunicación y para los dispositivos de visualización de imágenes la estandarización de los niveles de grises que deben soportar los monitores.

Por ejemplo, en el apartado 10 DICOM, se define el formato de almacenamiento de la información según el modelo de estructura de directorios en árbol. Paciente, estudio, serie e imagen.

Figura 4. Estructura de almacenamiento de los objetos DICOM



El estándar DICOM está en permanente evolución, en este momento está en desarrollo un nuevo suplemento que contempla las normas de definición de informes estructurados.

OTROS SISTEMAS DE DIAGNÓSTICO POR IMAGEN

Debido a la utilización de estándares y en particular de DICOM, nada nos impide que el PACS sea el depositario de toda la información de imágenes generada en el hospital.

Algunos de estos servicios podrían ser además del de medicina nuclear, dermatología, anatomía patológica, endoscopias, etc.

Para ello una solución consiste en disponer dispositivos electrónicos para convertir las imágenes correspondientes al estándar DICOM. Una vez la imagen está en formato DICOM el sistema genera todas las referencias necesarias tanto en el sistema de información departamental como en el HIS, para que la información sea coherente.

Figura 5. Integración de imágenes no radiológicas



A partir de este momento la referencia a la información de los estudios de un paciente sigue la estructura DICOM con independencia que los estudios e imágenes correspondan o no a imágenes radiológicas.

De esta manera podemos decir que los PACS dejan de estar asociados a los servicios de radiodiagnóstico y los podemos considerar como sistemas incorporados y ligados a todo el hospital. El PACS del hospital gestionará y almacenará todas las imágenes generadas en cualquier servicio del hospital, sean radiológicas o no.

Un repositorio de datos clínicos puede ser la solución que proporcione un mecanismo para acceder a toda la información del paciente desde una única estación de trabajo. Usando estándares como HL7 y DICOM se puede definir y desarrollar sistemas que contengan datos demográficos, de radiología, de cardiología, anatomía

patológica, informes clínicos y resultados de laboratorio y de microbiología. Este tipo de sistemas permite el acceso a toda la información necesaria desde cualquier puesto de trabajo, permitiendo a los departamentos que elijan su sistema de información con autonomía.

INTEGRACIÓN DE SISTEMAS

Los sistemas de información “autónomos” necesitan la introducción repetida de muchos datos de cada paciente y el uso de diferentes interfaces de usuario. Esto provoca el almacenamiento de muchos datos redundantes.

En nuestro caso los sistemas a considerar son el HIS, el RIS, el PACS y los sistemas de adquisición de imágenes o modalidades.

La información se estructura para conseguir que las consultas sean flexibles y obtener toda la información correspondiente a un paciente. Para ello es imprescindible disponer de un gestor de bases de datos robusto y estable y de las herramientas necesarias para comunicarse de forma eficiente con el RIS y el HIS.

En particular el PACS junto con el RIS cubren las necesidades de admisión de pacientes y registro de sus datos, mecanismos de petición de estudios al servicio de radiología, catalogación de equipamiento y estructuración de turnos por salas de atención, definición de modalidades, ubicación física de las áreas del hospital que requieran los estudios, manejo y archivo de la información requerida, siendo de especial importancia la creación de listas de trabajo que nos permiten encaminar las exploraciones al puesto de trabajo donde van a ser requeridas.

Integración HIS-RIS

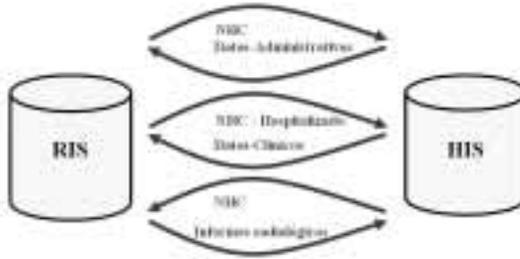
Los datos del paciente los proporciona el HIS y la clave del éxito de la integración de sistemas es encontrar un mecanismo que nos permita introducir los datos al sistema de forma transparente, una única vez.

La apuesta actual de evolución es conseguir que, con la utilización de los estándares adecuados, los sistemas de información funcionen empleando el “dato único” con el objeto de evitar duplicidades de registros y la captura repetida de información ya disponible.

La comunicación HIS-RIS permitirá, al menos, que dado un número de historia podemos obtener los datos administrativos y de identificación del paciente e incluso su ubicación en el hospital en el caso de que el paciente esté ingresado.

En sentido inverso, desde el HIS, deberemos de poder conocer los estudios radiológicos realizados a cada paciente y el informe asociado a dichas exploraciones.

Figura 6. Esquema de Integración RIS-HIS



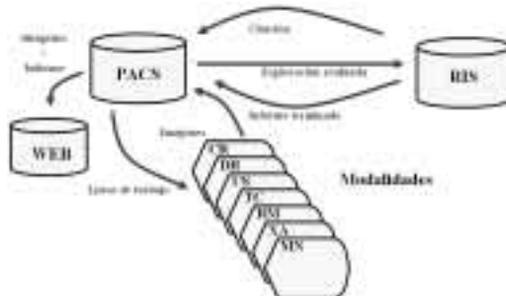
Integración RIS-PACS

Como ya hemos visto el RIS es el programa que gestiona las tareas administrativas del departamento de radiología: citaciones, gestión de salas, registro de actividad e informes.

El PACS no es un ente aislado que recibe y distribuye imagen. La interacción con el RIS es fundamental para el mejor aprovechamiento de las capacidades del PACS.

El RIS proporcionará al PACS toda la información sobre las citaciones existentes, esto implica que cualquier estudio que queramos almacenar en el PACS ha de tener una cita previa en el RIS. A su vez el PACS notificará al RIS que el estudio ha sido realizado y completado para posteriormente proporcionar al radiólogo las imágenes de la exploración realizada de forma que éste pueda elaborar el informe correspondiente en el RIS. Una vez finalizado éste, el RIS envía una copia al PACS y la notificación de que el informe ha sido realizado.

Figura 7. Esquema de Integración RIS-PACS-Modalidades



Todo este intercambio de información se puede realizar gracias a la utilización de los protocolos estándares HL7 y DICOM.

Integración total RIS-PACS

Esta opción supone en un nivel más de integración. Ya no sólo estamos hablando de un intercambio de información entre sistemas, sino que el RIS-PACS funcionan de forma conjunta de tal forma que en las estaciones clientes del PACS podemos acceder tanto a las imágenes como a toda la información referida a los estudios, una vez seleccionada la exploración correspondiente.

Esta integración es la más demandada por los radiólogos, y supone que en una única estación (un solo ratón y un solo teclado) se puede seleccionar un estudio en el monitor del RIS para su informado y en el o los monitores del PACS aparecen las imágenes correspondientes a ese estudio; y viceversa, elegido en el PACS las imágenes de un estudio, en la pantalla del RIS aparece la información del paciente correspondiente.

El puesto de trabajo del radiólogo se mejora con la incorporación de un sistema de reconocimiento de voz completamente integrado al RIS.

Figura 8. El puesto de trabajo del radiólogo. Integración total RIS-PACS



LA INICIATIVA IHE

La iniciativa IHE (Integrating the Healthcare Enterprise), Integración de la Organización (Empresa) de Salud, intenta dar respuesta a las dificultades que tienen los diferentes sistemas de información clínico asistenciales para comunicarse entre sí (11).

En la actualidad en un sistema de salud existen docenas de sistemas de información que realizan funciones específicas (gestión de pacientes, sistemas departamentales, facturación y financiación, historia clínica, etc.). Estos sistemas necesi-

tan comunicarse de tal forma que los usuarios finales tengan la información que necesitan para la toma de decisiones cuando y donde lo necesiten.

La iniciativa IHE pretende que en un futuro todos los sistemas de información que intervienen en el proceso sanitario compartan información de forma eficaz y transparente. Para ello proyecta aunar los esfuerzos de los usuarios, los desarrolladores de sistemas de información y los fabricantes de modalidades para avanzar en la integración de datos.

IHE no es un estándar ni una autoridad certificadora. IHE define el modelo de información que especifica los datos que deben ser creados, gestionados, manipulados e intercambiados para conseguir que las tareas que se desarrollan en los servicios de radiodiagnóstico se realicen con éxito.

Este modelo de información se basa en los estándares del mercado, en especial en HL7 y DICOM.

La herramienta práctica que ofrece IHE es la definición de Perfiles de Integración (12). Los perfiles de integración se definen como la agrupación de actores, transacciones y vocabulario común para realizar una tarea típica de flujo de trabajo en un servicio de radiología.

En la actualidad nos encontramos con varios perfiles de integración ya definidos como: el flujo de programación, la reconciliación de la información del paciente, presentación de imágenes coherentes, presentación de procedimientos agrupados, acceso a la información radiológica, notas sobre imagen clave, informe numérico e imagen simple, flujo postproceso, etc.

La iniciativa IHE que empezó aplicándose a los servicios de radiología se ha expandido a otras áreas como cardiología y laboratorio, y además se han puesto en marcha los grupos de trabajo iniciales en anatomía patológica.

RESUMEN Y CONCLUSIONES

Los sistemas de información de radiodiagnóstico y en general de los departamentos de diagnóstico por la imagen aportan la información necesaria para poder incorporar las imágenes a la historia clínica de los pacientes.

El principal soporte para ello son los sistemas de información en radiodiagnóstico, conocidos como RIS, que se encargan de toda la información referida a citas de exploraciones, recepción de pacientes y registro de actividad, realización de informes radiológicos y la estadística y gestión de la información.

Los sistemas de archivo y comunicación de imágenes, conocidos con el nombre de PACS, son los encargados de controlar la información relacionada con las imágenes y se ocupan del seguimiento de la misma, tanto desde la adquisición de imágenes como de su almacenamiento para su posterior envío a las estaciones que lo soliciten. Son los responsables de conseguir que las imágenes médicas estén disponibles en cualquier momento y en aquel lugar en que se necesiten. Los avances en la tecnología determinarán la rapidez de esta disponibilidad.

El gran auge con el que estos sistemas han aparecido en el mundo sanitario se debe a la adopción de los estándares en intercambio de información, en particular, la mensajería HL7 para intercomunicar sistemas y el estándar DICOM para el registro de imágenes. Tanto es así que cualquier innovación de sistemas será bienvenida siempre y cuando podamos asegurar la utilización de estos dos estándares. De esta manera, la incorporación de imágenes no radiológicas es inmediata y el PACS pasa a considerarse no un sistema departamental sino un sistema de todo el hospital.

La iniciativa IHE define un modelo de información específica para dar respuesta a las dificultades que tienen los diferentes sistemas de información clínica para comunicarse entre sí. Este modelo, que hace hincapié en los flujos de trabajo, se basa en los estándares HL7 y DICOM.

BIBLIOGRAFÍA

1. Andrés Beltrán, F.J., Muñoz Viñas, J.E., Tirado Francisco, P., Chavarría Díaz, M. "SIR: Un Sistema de Información para Radiodiagnóstico". I+S, Informática y Salud. Nº 15. Marzo-abril, 1998.
2. Carlos Royo Sánchez, José María Sevilla. "Sistemas de Información radiológico: DULCINGEST, el RIS del SESCAM". I+S, Informática y Salud. Nº 45. Marzo 2004, Monográfico Radiología Digital.
3. REAL DECRETO 1976/1999 de 23/12/99 por el que se establecen los criterios de calidad en radiodiagnóstico. BOE Nº 311 de 29/12/99.
4. Ginés Madrid. "Programas de Calidad Total para Servicios de Radiodiagnóstico". Todo Hospital Nº 165. Abril 2000.
5. Piqueras J., Carreño J. C., Lucaya J., "Sistemas de Archivo y Comunicación de Imagen en Radiología". Radiología 1994 Vol. 36(2) pp. 67-76.
6. Mugarra C. F., Chavarría M. "La Radiología Digital: Adquisición de imágenes". I+S, Informática y Salud. Nº 45. Marzo 2004. Monográfico Radiología Digital.

7. Bordils F., Chavarría M., “Almacenamiento y transmisión de imágenes. PACS”. *I+S, Informática y Salud*. N° 45. Marzo 2004. Monográfico Radiología Digital.
8. García-Linares A., Reche D., Ficharte J. M., “Ventajas e inconvenientes del estándar de mensajería HL7”, VII CONGRESO NACIONAL DE INFORMÁTICA DE LA SALUD. INFORSALUD 2004.
9. HL7. <http://www.hl7.org>
10. El estándar DICOM. <http://www.medical.nema.org/Dicom.html>
11. David S. Channin, M. D.; Integrating the Healthcare Enterprise: A Primer1 Part 2. Seven Brides for Seven Brothers: The IHE Integration Profiles; Radiographics. 2001;21:1343-1350.
12. Alejo J. P. “IHE, el comienzo de la integración de la empresa de salud desde el servicio de radiología”. *I+S, Informática y Salud*. N° 45. Marzo 2004, Monográfico Radiología Digital.