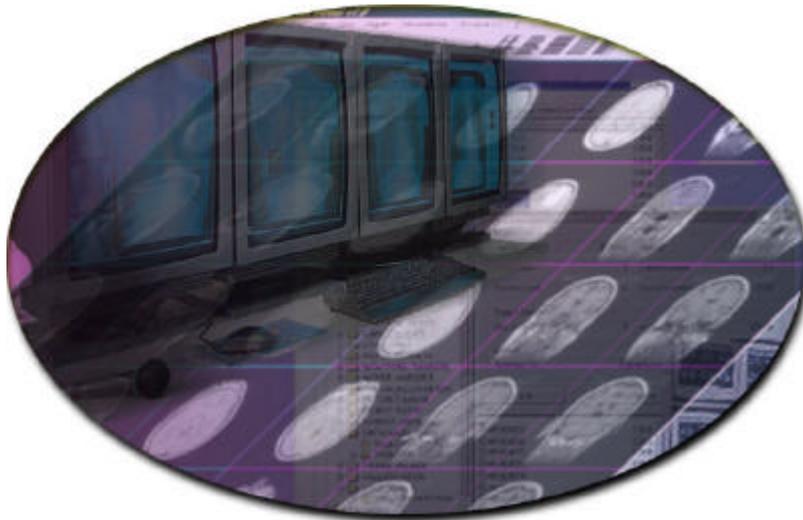

“Radiología Digital, PACS, Telerradiología y Estrategias en Radiología”.

Informática Médica Integral S.L.

Tercera Parte. Telerradiología.



PRÓLOGO	4
INTRODUCCIÓN	5
TELERRADIOLOGÍA EN TELEMEDICINA.....	7
Objetivos.....	10
Beneficios.....	11
Barreras para la implantación de la Telerradiología.....	14
ESTÁNDARES EN TELERRADIOLOGÍA	15
Componentes.....	15
Configuración de las conexiones.....	17
Usuarios.....	19
Captura de Imágenes.....	20
Estaciones Receptoras y Visualizadoras.....	22
Seguridad de los sistemas	37
Arquitecturas en Telerradiología.....	39
CONTROL DE CALIDAD EN TELERRADIOLOGÍA	41
Calificación del personal.....	43
Médico Especialista.....	43
Técnico.....	43
Físico-médico.....	44
Especialista en sistemas o redes.....	44
Temas médico-legales.....	45
SISTEMAS ESENCIALES REQUERIDOS.....	48
Telerradiología y Radiología convencional (X-Ray).....	48
Telerradiología, TC y RM.....	48
Telerradiología, MN y PET.....	49
Telerradiología y Ultrasonido (US).....	50
Telerradiología Intra-institucional.....	51
Integración de múltiples unidades radiológicas.....	51
Comunicación radiólogos-especialistas clínico-quirúrgicos.....	52
Telerradiología Inter-institucional.....	52
Interpretación Primaria.....	52
Consultas remotas con especialistas remotos.....	53
Formación y educación.....	53
Costes de implantación. ¿Será efectiva?.....	54
Sistema digital de transporte:.....	54
Captura de imágenes:.....	54
Estación de Visualización y Diagnóstico.....	55
Almacenamiento.....	56
Costo efectividad en Telerradiología.....	57

TELERRADIOLOGÍA Y PACS	61
PACS y la actualización en Telerradiología.....	61
¡Una empresa médica!.....	61
Evolución de las Estaciones de Trabajo, más allá de los negatoscopios.....	62
Internet y Telerradiología. ¿Otra forma de PACS?	65
CONCLUSIÓN	67
BIBLIOGRAFÍA	68

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 Tercera Parte escribiremos sobre la Telerradiología. Trataremos sobre los estándares permitidos, sus componentes, las diferentes arquitecturas de instalación, costes de instalación, etc.

También abordaremos temas tales como: Control de calidad en Telerradiología, sistemas esenciales requeridos, utilización de Internet y otros temas de interés en Telerradiología.

Tal como planteamos en las dos Primeras Partes: "**Radiología Digital y PACS**", 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

Los avances en la ciencia médica y la disponibilidad de nuevos tratamientos obligan a la movilización de los recursos sanitarios, lo que junto con las mejoras en la esperanza de vida, derivan en un aumento de la demanda, excediendo, en muchos casos, a las prestaciones disponibles. En consecuencia, la tarea de gestionar la escasez de recursos médicos, se está convirtiendo en uno de los problemas éticos y económicos de nuestro tiempo, que conlleva la búsqueda de nuevas fórmulas de gestión.

De esta forma vemos, como con la entrada al nuevo milenio, la comunidad sanitaria mundial se está enfrentando a nuevos retos y a oportunidades excepcionales, en un mundo que evoluciona rápidamente, y en el que la información se ha convertido en un bien que se elabora y se intercambia, como muchos otros productos. El intercambio eficiente de información entre los profesionales sanitarios puede ahorrar tiempo y dinero, además de mejorar la efectividad clínica, la continuidad y calidad de la atención en todas las especialidades; así como la gestión de servicios y, por lo tanto, la información se está convirtiendo en el componente principal de cualquier entorno profesional que quiera seguir siendo competitivo.

Las Nuevas Tecnologías de Información y Comunicación (NTIC) nos proporcionan el acceso a esa información, transformada en una las materias primas, sobre las cuales la sociedad contemporánea basa su actividad y desarrollo.

La Radiología y el Diagnóstico por la imagen no se encuentra aislado en esta revolución de las Tecnologías de la Información, sabemos:

- ⇒ Que en las últimas dos décadas, el diagnóstico por la imagen se ha revolucionado con la utilización de nuevas formas de energías para la obtención de imágenes con información anatómica y funcional;
- ⇒ Que la posibilidad de que aparezcan nuevas modalidades de obtención de imágenes en los próximos años parece bastante remota;
- ⇒ Que la comunidad del diagnóstico por la imagen se esta enfrentando a nuevos retos[1]:
 - √ **Multimodalidad en imágenes médicas:** Contiene el peso de la información cualitativa y cuantitativa del diagnóstico, y no es explotada como rutina en la práctica clínica. El desarrollo de sistemas avanzados de fusión, sintonización y visualización de imágenes médicas es un reto ya resuelto desde hace algunos años. La caracterización cuantitativa de los tejidos, la cuantificación de los parámetros hemodinámicos, y la medición otros parámetros e indicadores diagnósticos, basados en las imágenes médicas son otros de los retos resueltos con un valor clínico elevado.
 - √ **El tratamiento eficiente e inteligente de un gran volumen de información multimedia del paciente:** La información de un mismo paciente generada en diferentes departamentos u hospitales, incluso separados geográficamente, puede ser tratada y estudiada, de forma efectiva, en función de los diferentes servicios de salud

que lo requieran. El desarrollo de métodos y herramientas que permitan trabajar con dichas imágenes, y navegar en modalidades 3D, puede tener un gran impacto para el diagnóstico médico, la toma de decisiones terapéuticas, y la enseñanza médica. Las investigaciones actuales utilizando la realidad virtual, el tratamiento tridimensional, la terapia guiada por imágenes, y la navegación quirúrgica son soluciones, ya aplicadas, en determinadas áreas de la salud.

- √ **La utilización de la tecnología y las telecomunicaciones en función de la Telemática, los servicios de salud y los pacientes:** Determinados servicios o expertos de salud no existen en zonas rurales, en sitios aislados (pequeñas islas, montañas, barcos, etc.) e incluso en zonas urbanas con un adecuado nivel de salud. La efectividad y la eficiencia que han demostrado los estudios realizados con la aplicación de los servicios Telemáticos en estas zonas, permite justificar claramente la utilización de estas tecnologías a pesar de su costo inicial elevado. La **Telerradiología**, como instancia predominante de la Telemedicina, tiene particular importancia debido a la utilización de las imágenes médicas por diferentes especialidades.

Estimado lector, como siempre le invitamos a que tenga una agradable lectura. Habrá, quizás, algunos temas por profundizar, o que aún queden por revisar, pero abarcarlos todos sería realmente poco sensato, ya que tendríamos que escribir varios volúmenes. De todas formas, confío que este folleto le ayude a eliminar aquellas lagunas que pueda tener sobre este tema, y que sirva como instrumento de consulta eficaz para orientarle sobre las diferentes tendencias en el mundo de la Telerradiología.

¡Qué la fuerza los acompañe!



TELERRADIOLOGÍA EN TELEMEDICINA

La Telemedicina es el uso de las redes electrónicas de comunicación para la transmisión de información y datos relacionados con el diagnóstico y tratamiento de patología médica.

Desde el punto de vista técnico, el término Telemedicina es aplicado con dos significados diferentes [53]. Uno es el significado amplio de utilización de las telecomunicaciones en la Sanidad, relacionado con las *aplicaciones de base de datos de pacientes, utilización de redes intrahospitalarias para la transmisión de datos* (lo que se conoce como **Sistemas de Información Hospitalaria (HIS)** que facilitan el almacenamiento, recuperación y diseminación de la información entre distintos lugares, o en el mismo lugar; incluyendo la Historia Clínica Informatizada, que permite integrar toda la información y datos personales del paciente, dentro una base de datos única) y *su conexión con otras instituciones*.

El otro, es la utilización específica de las telecomunicaciones para asistir al *conocimiento médico, la educación y la consulta de datos entre lugares diferentes*. Cuando hablamos de conocimiento médico en este entorno, nos basamos en la información de referencia que tanto los profesionales sanitarios, como los pacientes utilizan para la toma de decisiones en atención sanitaria.

Debido a la gran variedad de significados y aplicaciones de la Telemedicina en la era moderna, sus aplicaciones se han agrupado de muy diversas maneras. Por ejemplo, en estas tres categorías[53]:

1. **Servicios de consultas clínicas (Teleconsulta):** Las consultas telemédicas permiten, que los profesionales sanitarios situados en un lugar distinto al del paciente, puedan participar directamente en el proceso de atención sanitaria
2. **Educación médica e información:** Parte de la telemedicina consiste en educación médica a distancia, y una función relacionada a esta, es la de proporcionar información médica en un formato electrónico a los profesionales sanitarios, a los pacientes y que pueda ayudarles en la toma de decisiones.
3. **Aplicaciones automáticas de registros:** Son sistemas informatizados que permiten almacenar, recuperar y analizar en un ordenador la información sobre la historia del paciente.

¡Que curioso! La **Telerradiología** abarca estos tres campos, ¿Dónde la ubicamos entonces?. En un mundo ideal, habría un radiólogo disponible constantemente, capaz de informar radiografías. En la vida real, esto no es posible. La solución tradicional es transportar la película de radiografía al radiólogo para su informe, o utilizar los servicios de un radiólogo "in situ". La disponibilidad de transmisión de imágenes permite realizar el informe a distancia (**TeleConsulta**), permite utilizar dichas radiografías para la consultación y discusión entre varios médicos (**TeleEducación**), y por último, para que las dos acciones anteriores sean posibles será necesario almacenar dicha información imagenológica y registros de informes y pacientes (**TeleRegistro**). Entonces, primero definamos **Telerradiología** en **Telemedicina**.



La Telerradiología, como servicio Telemático, tiene valor añadido al estar configurada sobre la base de una infraestructura de telecomunicaciones que soporta diferente información tecnológica y aplicaciones. El objetivo principal de la Telerradiología es suministrar el diagnóstico de los procedimientos imagenológicos a diferentes niveles de soporte técnico. Desde este punto de vista, y según el Comité Europeo de Recomendaciones y Estándares, en los aspectos Informáticos para el Diagnóstico por la Imagen, **“la Telerradiología es más que el simple método de comunicación para realizar el diagnóstico de las imágenes radiológicas, es el primer paso relevante para mover la información médica entre las diferentes instancias de una red amplia de comunicación”**[2]. Más que una nueva definición, este artículo considera que los avances tecnológicos implantados mediante la Telerradiología, dan paso a la utilización de varios servicios Telemáticos que requieren de los mismos soportes técnicos y de la infraestructura en telecomunicaciones. La Telerradiología es considerada, en el contexto general, como la forma de integrar la red telemática de salud regionalmente, enfatizando en el papel que juega esta interacción para la formación de otras redes telemáticas.



El sistema de información responsable de la adquisición, almacenamiento, comunicación, presentación y manipulación de las imágenes médicas, y los datos relativos a los pacientes, constituyen un importante componente de todo el sistema integrado de información hospitalaria. La Telerradiología, al extenderse en forma de departamentos virtuales de diagnóstico por la imagen, permite también extender el resto de los servicios Telemáticos a otras zonas o regiones, pudiendo ser el motor impulsor de los mecanismos de integración de toda una red virtual de servicios Telemáticos. De esta forma, se puede crear, en interés de lograr una buena relación costo-efectividad, una triple interconexión entre los sistemas HIS y RIS instalados en muchos centros de salud con todas las aplicaciones Telemáticas.

Los servicios básicos que soportan a la Red Integral de Servicios Telerradiológicos (RIST) incluyen: Telediagnóstico, teleconsulta, telemonitorización y telegestión. Otro de los servicios que provee la RIST, es el acceso a sistemas informáticos de alto rendimiento, con el objetivo de dar facilidades al análisis intensivo de imágenes y a la utilización de sistemas de base de datos asociados, que poseen material educacional de incalculable valor.

La justificación del esfuerzo en el desarrollo y el costo de la implantación de los servicios de Telerradiología en el sistema de salud está dada por:

- ✓ El **diagnóstico médico** es cada vez más dependiente de los resultados imagenológicos y de laboratorio, que de los hallazgos clínicos. Por ejemplo, aproximadamente entre el 70 y el 80% de los pacientes admitidos en los hospitales requieren del examen diagnóstico previo [3].

- ✓ Las **nuevas modalidades de diagnóstico** por la imagen requieren de personal médico especializado para guiar la adquisición y producir el informe diagnóstico primario. El progreso científico y tecnológico incrementa la complejidad y el número de parámetros a partir de los cuales se puede llegar al diagnóstico. La intercomunicación entre diferentes especialistas permite llegar de forma rápida a un diagnóstico claro y preciso, e incluso ser aplicado a modalidades terapéuticas. Por ello, la utilización de los medios de teleconferencia y teleconsulta puede convertirse en una práctica cotidiana.
- ✓ La **tecnología** se desarrolla rápidamente, reduciendo el capital y el costo operacional de los equipos de diagnóstico requeridos en los sistemas médicos. Al mismo tiempo, el costo del personal especializado se incrementa a pasos agigantados, siendo el 70% del total del desembolso en salud de la Unión Europea[4].
- ✓ El **estilo de vida moderno** requiere, de forma inmediata, el soporte médico para incrementar la calidad en áreas donde la atención de salud es pobre, debido a la escasa existencia de población, o en zonas en las que, en determinadas épocas del año, el turismo provoca un aumento de la densidad de población, en plantas de extracción de petróleo en el medio del océano, etc. La preocupación de proveer una atención sanitaria continuada a poblaciones desplazadas o en aumento, se ha convertido en una necesidad no solo a nivel regional, sino nacional e internacional[5].

Los servicios que brinda la Telerradiología están soportados por una estructura en capas. Las tres capas que componen estos servicios son: Infraestructura, Aplicaciones y Servicios.



Figura 1. Estructura de tres capas donde se soportan los servicios que brinda la Telerradiología.

La capa superior corresponde a los servicios reales que proporciona la Telerradiología, tales como el Telediagnóstico, la Telemonitorización, la Teleconsulta, la Teleadministración, y otros servicios de valor añadido. La segunda capa consta de todas las aplicaciones sobre sistemas de computo, que proporcionan las comunicaciones necesarias, y el medio para el funcionamiento cooperativo de los servicios de Telerradiología. Tales aplicaciones incluyen

sistemas de visualización multimedia (ejemplo: Teleconferencia), análisis de la imagen interactivo y visualización 2D y 3D de las imágenes, herramientas para manejo de base de datos de imágenes y pacientes, y otra variedad de aplicaciones que proporcionan información a otras ramas del ámbito médico. La capa inferior corresponde al hardware e infraestructura del software, que apoya las aplicaciones precedentes, y consiste en los equipos de imagen médica, las telecomunicaciones para conectar una red de computadoras, herramientas para el manejo de red y otros recursos. Los adelantos tecnológicos en Telerradiología están directamente relacionados con las aplicaciones y capas de la infraestructura.

Muy bien, y ¿de qué me vale todo esto?. ¿Qué objetivo se busca con tanta estructura?.

Objetivos

Según el Colegio de Radiólogos Americanos (ACR) y el Observatorio Europeo de la Telemática para la Salud (EHTO), los objetivos de la Telerradiología son:

- Proveer servicios radiológicos de consulta e interpretación, en áreas donde existe una probada necesidad.
- Disponer de los servicios de un radiólogo en aquellos centros médicos donde este especialista no esté presente
- Disponer de los informes de las imágenes radiológicas en tiempos prudenciales para casos de emergencia.
- Facilitar interpretaciones radiológicas en situaciones de guardia.
- Proporcionar el soporte radiológico necesario al subespecialista cuando este lo requiera.
- Promocionar las oportunidades de formación para los radiólogos en activo.
- Promover la eficiencia y la mejora de la calidad.
- Enviar los estudios interpretados a los proveedores de las imágenes.
- Soportar Telemedicina.
- Realizar supervisión directa en los sitios donde se realizan los estudios.
- La Telerradiología es una tecnología en desarrollo y por lo tanto aparecerán nuevos objetivos.



¡Pero eso no es posible!, Yo no podría cumplir tantos objetivos con mi portátil conectado a la red telefónica, que además va superlenta.

Tranquilos que todo llega. No hay que cumplir todos los objetivos al mismo tiempo.

Beneficios

La Telerradiología es un ejemplo de aplicación Telemédica que se entiende clara y prontamente cuando está disponible. Sin embargo, la práctica de la radiología es diferente de una comunidad a otra, incluso de un Hospital a otro aunque estos sean vecinos. Hay comunidades que tienen acceso a las instalaciones de radiología con personal de guardia las 24 horas. Por el contrario, en otros lugares, simplemente, este servicio no existe o no es posible.



¿Ya está?. La Telerradiología es una herramienta que puede traer el servicio de informes de estudios radiológicos a estos lugares. ¿Pero cómo?. Ya lo veremos más adelante, ahora continuemos.



Los beneficios de la Telerradiología han sido demostrados a través de múltiples proyectos y estudios realizados en Estados Unidos, Japón, Canadá, Península Escandinava, Alemania, Australia y Gran Bretaña. Muchos de estos estudios han sido publicados en Internet por Órganos Oficiales o en Páginas de Grupos Acreditados [24,25].

El común denominador de los estudios realizados radica en que, la Telerradiología es la aplicación telemática de mayor madurez y la que mayor aporte social y económico ofrece. Un sistema de Telerradiología estructurado según los estándares actuales (ACR, CEN y JIRA) puede, no sólo beneficiar al departamento de radiología, sino que, puede cubrir otras muchas especialidades médicas como urgencias, traumatología, estomatología, neurocirugía, etc. Además, el soporte de comunicación y almacenamiento de imágenes e informes puede servir de base para sistemas de teledermatología, teleoncología, telepsiquiatría, teleestomatología y teleotorrino-laringología, por citar algunos ejemplos.

Lo que no ofrece ninguna duda es la importancia de las aplicaciones telemáticas de la Telerradiología y sus derivados en “**Consultas clínicas entre especialistas**” para llevar los servicios especializados a otros centros médicos.



La teleconferencia, la teleconmutación y la telemedicina son subconjuntos de las nuevas tecnologías de la información y comunicación, y como tal, la Telerradiología y todas sus aplicaciones son un subconjunto de la telemedicina. En el amplio sentido del concepto de Telerradiología- “**transmisión de imágenes radiológicas de un sitio a otro para informes médicos o interconsultas**”- se engloban muchas aplicaciones de la actualidad, porque según la definición de imagen médica del CEN/TC251 WGIV [26] “**Imagen es la representación de un objeto**”.

En medicina, imagen es una matriz bidimensional, que presenta un paciente o una parte del paciente, pudiendo ser también una foto o una imagen digital de TV. El objeto puede ser el resultado del cálculo de la atenuación de los Rx en los tejidos (CT), o el resultado de cálculos de dimensiones físicas especializadas (SPECT, RM, etc.).

En definitiva, la imagen médica es la imagen utilizada en medicina, que incluye, fotografías, imágenes de TV o vídeo, o provenientes de equipamiento de diagnóstico especializado. La imagen digital es la imagen almacenada en forma matricial, donde cada pixel de esa matriz tiene un valor determinado, que puede ser representado con diferentes colores o brillantez, según el tipo de imagen y software utilizado para su representación en un monitor".

La mayoría de los estudios realizados coinciden en que la Telerradiología y todas sus aplicaciones colaterales, favorecen de manera óptima **la reutilización de los recursos hospitalarios**, principalmente en áreas rurales, donde la posibilidad de contratar un especialista es menor, y el coste más elevado.

Por otra parte, el contar con un servicio de Telerradiología de diagnóstico primario durante las 24 horas que ofrezca servicios a zonas rurales, **disminuye** considerablemente **los costes sanitarios**, puesto que los costes de ingreso en un hospital rural son menores que los costes en una institución hospitalaria de una gran ciudad.

Otro de los beneficios de la Telerradiología, es la **formación continuada** a distancia. Especialistas en Resonancia magnética, ultrasonografía, y todo tipo de estudios especializados de radiología es más frecuente encontrarlo en grandes instituciones. Por tanto, aquellos especialistas que se encuentren en contacto directo, a través de Telerradiología, con dichos centros se pueden nutrir de la experiencia de los colectivos médicos de las grandes instituciones.

En conclusión, el servicio de Telerradiología comunitario supone hoy día un **incremento de la calidad de servicio médico**. A pesar de los costes iniciales en el montaje y puesta a punto de las redes de Telerradiología, las aplicaciones derivadas de dicha implantación permite rápidamente recuperar la inversión, y lograr ahorros que en algunas situaciones llegan al 78% de los costos de los mismos servicios previos a la implantación de la Telerradiología.

Los sistemas de Telerradiología permiten:

- **Interpretación primaria**: Es la primera función de la Telerradiología. Un centro remoto de Telerradiología con especialistas las 24 horas, puede cubrir gran número de centros periféricos urbanos y grandes zonas rurales para realizar con efectividad el diagnóstico primario de imágenes radiológicas. El ejemplo típico de Telerradiología de interpretación primaria son las aplicaciones militares [27], la Telerradiología rural y la cobertura en épocas vacacionales.
- **Telerradiología Inter-institucional**: A nivel nacional, varios centros pueden centralizar los servicios de Telerradiología con otras instituciones y realizar intercambios lógicos de teleinformes primarios. Esta estrategia disminuye de forma razonable los costes de la

implantación de la Telerradiología. Además, permite una cobertura completa durante todo el año para todas las instituciones con posibilidades de conectarse a la red.

- **Consultas remotas a subespecialistas**: La Telerradiología permite obtener una segunda opinión de otros especialistas. Esta segunda opinión tiene un valor alto añadido en la valoración de los controles de calidad de sistemas de Telerradiología.
- **Formación y educación**: La Telerradiología es utilizada también para la formación continuada. La presentación de informes, la discusión de casos, la posibilidad de consultas a base de datos de imágenes seleccionadas, la utilización de la teleconferencia para cursos de radiología a distancia con efectividad y bajo coste [28].

Otras posibilidades de la Telerradiología.

- Transmisión de audio, vídeo e imágenes fijas.
- Mejoras en la calidad de la atención sanitaria en zonas rurales y comunidades limítrofes, ayudando a superar el aislamiento del médico rural al vincularlo a centros médicos urbanos.
- Atención a domicilio.
- Supervisión de pacientes en la comunidad y continuidad de sus cuidados.
- Reducción de costes de contratación de radiólogos y otros médicos.
- Disminución de los traslados de las personas de áreas rurales para acceder a cuidados especializados, con la consecuente reducción de costes.

Como vemos, la Telerradiología no se puede solo limitar a la simple colaboración entre dos entidades de radiología para obtener un diagnóstico. El valor añadido de los servicios de Telerradiología es la posibilidad que brindan sus recursos para extenderlos a otros procedimientos telemédicos con utilización de imágenes médicas. La Telerradiología, configurada con sistemas informáticos de alto rendimiento y manejo de imágenes 3D, puede favorecer de forma directa especialidades médicas como Neurocirugía, Oncología, Otorrinolaringología y Traumatología, por citar algunas. Otro de los valores añadidos de la Telerradiología es la base de información imagenológica de referencia, la utilización de atlas digitales de anatomía humana, la posibilidad de confrontar información variable referente a decisiones clínico-diagnósticas, que permiten una continuada educación del personal.

Una pequeña interrupción: Desgraciadamente, al igual que la Radiología Digital y los PACS, la implantación de sistemas de Telerradiología debe ir acompañado de un estudio previo en busca de obtener los mejores resultados. Si los sistemas de Telerradiología, son implantados al azar, sin una planificación previa, podemos eliminar todas las bellas cosas que sobre la Telerradiología hemos escrito arriba. Espero, que este aspecto, quede claro. Aunque por desgracia, la no planificación, no es el único enemigo de una correcta implantación de la Telerradiología.

Barreras para la implantación de la Telerradiología.

A pesar de todas las ventajas que ofrece el correcto funcionamiento de una red de Telerradiología y servicios colaterales, existen barreras que ofrecen resistencia para la implantación de la misma:

- Alto costo inicial de implantación de la infraestructura y hardware. Realmente, con el avance impetuoso de la informática y las telecomunicaciones, toda la infraestructura necesaria, es cada vez más económica.
- Pobre diseño de muchos sistemas. Perfil limitado. Con un correcto planteamiento de cómo y en que forma se debe realizar la implantación de los sistemas de Telerradiología, se pueden crear diseños eficaces de largo alcance.
- Costo excesivo de líneas telefónicas con gran ancho de banda. Es un problema que está por resolverse en nuestro país. Sin embargo, en otros países, las líneas telefónicas con gran ancho de banda son cada vez más baratas.

A partir de aquí, creo que las soluciones a estas barreras llegaran poco a poco, según necesidades de cada país, incluso de cada región, y con un mayor desarrollo en el campo de las Tecnologías de la Información.

- Gran preocupación de los especialistas por la confidencialidad.
- Regulaciones y normativas legales aún sin establecer.
- Leyes y licencias de obligatoriedad sin definir por el estado.
- Fidelidad de la imagen y el contexto.
- Desconfianza y miedo a las tecnologías nuevas.
- Ruptura de la rutina oficial normal.
- Preocupación por la formación de recursos humanos.
- Resistencia a la responsabilidad por aumento del número de pacientes.
- Dificultad en la evaluación del costo y la calidad de cuidado.
- Dificultad en determinar el valor añadido de la Telerradiología.
- Compartimentización de los costos, que reducen el incentivo a perfeccionar el sistema entero. Se debe utilizar políticas regionales.
- Los usos y beneficios de la Telerradiología no dependen necesariamente de una sola institución y no se deben evaluar en base individual.

Bueno estimado lector, las anotaciones que hemos realizado hasta ahora sólo nos permiten conocer a la Telerradiología en su relación con la Telemedicina y su entorno telemático. Sus objetivos y las barreras que influyen en su correcta implantación. Ahora entraremos de lleno en materia, y como siempre le deseamos que tenga una agradable lectura.

ESTÁNDARES EN TELERRADIOLOGÍA

Según algunos autores, parece ser que los primeros intentos de Telerradiología se realizaron en el año 1959 en Montreal, provincia de Québec, Canadá, con la transmisión de estudios de fluoroscopia[54]. A partir de entonces, varios proyectos de Telerradiología se llevaron adelante, pero no fue, hasta mediados de los años 80, que comenzó un verdadero crecimiento en esta área. Como resultado de ello, en el año 1994, el Colegio Americano de Radiología (ACR), publicó las primeras normativas sobre los sistemas de Telerradiología. Estas normativas que periódicamente define y publica la ACR, permiten llevar adelante la práctica radiológica, ayudan al desarrollo tecnológico de la radiología y, además, sirven para mejorar la calidad del servicio a los pacientes. La norma en cuestión publicada bajo el título "ACR Standard for teleradiology"[7] ha sido revisada en el año 1996, y a final de 1998, quedando activa esta última revisión a partir de Enero de 1999. Esta norma define las metas, la calificación de personal y pautas del equipamiento a utilizar; así como el personal autorizado, sus obligaciones, normas de comunicación y de control de calidad.



Se supone que esta normativa debe servir como modelo para todo el personal médico y técnico a cargo de los sistemas de Telerradiología. Por ello, en este folleto explicaremos los componentes de un sistema de Telerradiología basándonos en esta publicación.

Componentes.

Toda la infraestructura requerida para llevar a cabo un servicio de Telerradiología deberá estar compuesta por los equipos de imagen médica, las estaciones de trabajo, la red de telecomunicación, las herramientas para manejo de redes y otros recursos. En general, es aceptado que la infraestructura de Telerradiología incluya sistemas responsables del almacenamiento temporal y el manejo de datos multimedia.

Para empezar diremos que un sistema de Telerradiología está constituido por tres componentes principales:

- Sistemas de captura y envío de imágenes.
- Redes de transmisión.
- Sistemas de recepción e interpretación de las imágenes.

¡Así de fácil!. Bueno mirándolo desde un punto de vista simplista sí, pero cada una de estas partes puede tener gigantescas e inimaginables infraestructuras. Pero, dejémoslo ahí, empecemos por lo más fácil.

El sistema más simple de Telerradiología, es exactamente, eso mismo que está mirando (Figura 2), pero debo recordarle algo, deberá cumplir ciertas normas, si realmente desea que dicho sistema sea capaz de realizar diagnóstico primario. Estos componentes pueden estar interconectados de la siguiente forma:



Figura 2. Sistema de Telerradiología simplificado.

Primero la imagen es convertida o capturada en un formato digital, que puede ser DICOM 3.0 (Estándar Homologado por ACR, CEN 251-EHTO y JIRA) o transferida a dicho formato. Se transmite utilizando líneas regulares de teléfono, líneas digitales, ATM, T1, T3 o ADSL. Generalmente, las imágenes son comprimidas antes de ser enviadas. Esta compresión, llamada compresión “lossless” (sin pérdida), debe tener tasas de compresión no mayor de 2 ó 3:1 para no perder nada de ellas (Espero se haya leído la primera parte de este folleto “Radiología Digital”). Sabemos, que una vez pasada esta tasa de compresión, se producen pérdidas de información, independientemente de la técnica utilizada. **El ACR, establece y recomienda como norma que, el diagnóstico primario debe realizarse sobre imágenes no comprimidas o que solamente se les haya aplicado algoritmos de compresión sin pérdida.** Cuando las imágenes son recibidas en la estación receptora, estas son descomprimidas y colocadas en sistemas de archivo, desde los cuales pueden ser visualizadas con la aplicación existente en la estación receptora y así proceder al diagnóstico de los estudios recibidos.

La **Estación Emisora** deberá estar compuesta por:

- Sistema de Adquisición de imágenes.
- Dispositivo de conexión a la red de transmisión.

La **Estación Receptora** deberá estar compuesta por:

- Dispositivo de conexión a la red de transmisión.
- Sistema de almacenamiento.
- Sistema de visualización e informes.
- De forma opcional poseer un sistema de impresión.

Configuración de las conexiones.

Existen diferentes modelos de conexiones a las redes de transmisión de información (Si tiene alguna duda sobre estos temas, le sugerimos que revise la primera parte de este folleto, "Radiología Digital", el tema sobre redes). El modelo más sencillo fue el expuesto arriba.

Actualmente son tres las configuraciones más utilizadas:

1 Enlaces punto a punto.

Los enlaces punto a punto son la forma básica de un sistema de Telerradiología (figura 2). Los sistemas emisor y receptor se encuentran conectados directamente. Por lo general, se utilizan en un mismo edificio para enviar las imágenes de un lugar a otro. Este sistema, también, es utilizado en la emisión de imágenes a un centro receptor mediante llamadas directas, para realizar diagnósticos primarios

2 Red Local de conexión (Local Area Network-LAN).

Este tipo de configuración puede estar formada por varias estaciones emisoras y receptoras. Varias estaciones emisoras envían las imágenes a una estación receptora para su almacenamiento y posterior visualización e interpretación por estaciones de diagnóstico.

Un aspecto a tener en cuenta en estas dos configuraciones (Punto a punto y LAN), es que para la emisión/recepción, las estaciones deberán estar conectadas.

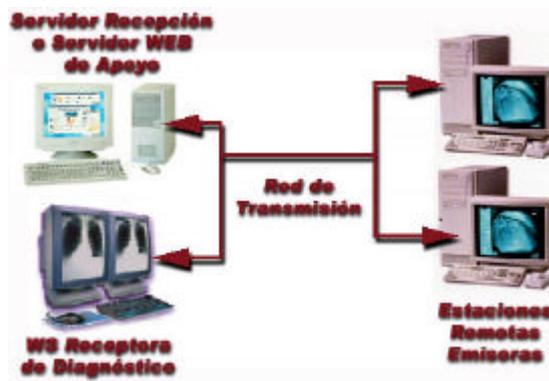


Figura 3.Red Local de conexión.

3 Red Extensa de conexión (Wide Area Network-WAN).

Una forma fácil de ver una WAN es la interconexión de varias LAN. Un ejemplo típico de WAN es la red internacional de Internet. Los diferentes tipos de líneas telefónicas y servicios de comunicación permiten crear WAN para su utilización en Telerradiología. Las ventajas que ofrece la utilización de las redes telefónicas para crear una WAN son:

- i) Estas líneas de comunicación ya existen.
- ii) Los funcionamientos internos y las complejidades de la red son transparentes para los usuarios terminales.

- iii) Permite realizar conexiones de corta y larga distancia.
- iv) Es de relativo bajo coste.

Utilizar este mecanismo de conexión potencia la creación de redes de Telerradiología. Las estaciones emisoras podrían estar en ciudades diferentes y la estación receptora en otra. Sin embargo, la única forma de lograr con éxito una conexión WAN de largo alcance, es la utilización de estándares en todas las unidades de Telerradiología. En los últimos años se ha logrado un gran avance hacia la estandarización de todos los proveedores de equipos radiológicos y los productos que giran alrededor de la radiología. Claro está que aún quedan muchos escollos por eliminar, pero el mayor avance en esta dirección, es la adopción del estándar DICOM3.0 ACR NEMA, en América, Unión Europea, Australia, China y Japón.

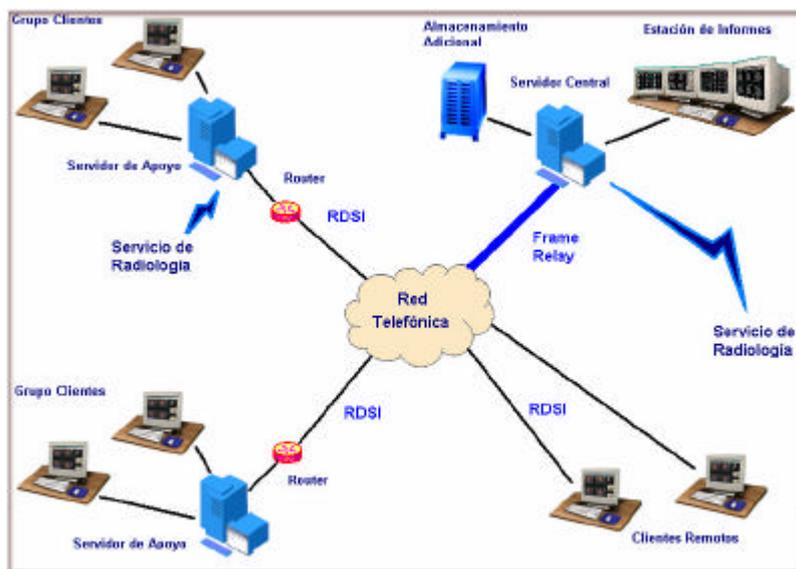


Figura 4. Ejemplo de una pequeña WAN (Red Extensa de conexión).

Usuarios.

Los usuarios potenciales de una Red de Telerradiología (RT) son:

1 Radiólogos remotos:

Las imágenes de un paciente pueden ser transmitidas desde el centro de radiología hasta el radiólogo remoto (que pudiera estar incluso en su casa) para la realización de un informe inmediato. La segunda opinión especializada de radiólogos remotos es también utilizada con frecuencia en una red centralizada de Telerradiología.

2 Médicos en el Hospital:

Las Unidades de Cuidados Intensivos (UCI) requieren de informes de imágenes radiológicas urgentes en horas en que, por lo general, no se encuentra disponible el colectivo de radiólogos. En este caso, la intercomunicación, utilizando la RT, entre el radiólogo remoto y el colectivo de la UCI proporciona los informes o las consultas necesarias de las imágenes de los pacientes.

3 Atención primaria y médicos rurales:

Son los principales beneficiarios de la RT. El primer objetivo de la Telerradiología es **“Proveer servicios de consulta e interpretación en áreas de mayor necesidad”**. La atención primaria en áreas rurales puede acceder al diagnóstico primario radiológico, al conectarse a una RT. Las imágenes realizadas en los centros de atención primaria pueden ser enviadas a radiólogos remotos y obtener de inmediato el informe médico de un especialista.

4 Otros médicos o radiólogos que requieren de una segunda opinión o de consultas especializadas de radiología:

En centros donde existen servicios de 24 horas con radiólogos especializados pueden emitirse, mediante la RT, informes secundarios de radiología o realizar interconsultas con aquellos especialistas médicos que lo requieran. En este caso, la opinión de un experto puede agilizar el diagnóstico y el tratamiento de pacientes en situaciones extremas. Según un estudio realizado por la MEMRAD Medical Group[6], el tiempo medio entre el inicio de la transmisión de imágenes radiológicas y la recepción del informe enviado por el telerradiólogo es de 18 minutos. Las UCI y los servicios de urgencias pueden verse realmente beneficiados con la utilización de la RT.

Captura de Imágenes.

En el capítulo Dispositivos de Entrada/Salida de la primera parte de este folleto, '*Radiología Digital*', presentamos las diferentes formas de captura de imágenes que son utilizadas en radiología:

- 1 Digitalización de radiografías.
- 2 Convertidor de señal de consola ("frame grabbers").
- 3 Captura directa mediante conexión DICOM

Según las normativas de estandarización, para la captura de imágenes digitales en Telerradiología, se deben cumplir los siguientes requisitos[7,8]:

1 Captura Directa:

Está recomendado la comunicación DICOM como estándar para la adquisición de imágenes destinadas al diagnóstico primario.

2 Captura Secundaria:

Imágenes de Matrices pequeñas. Las imágenes deberán ser digitalizadas en el mismo formato que las originales, con profundidad de niveles de grises de 8 bits por pixel o mayor. La digitalización mediante escáneres digitales CCD o Láser y "frame grabber" es aceptada como estándar.

Imágenes de Matrices grandes. Estas imágenes deberán ser digitalizadas con resolución de 2.5 lp/mm o mayor, y deben ser digitalizadas con una profundidad de 10 bits por pixel o mayor.

3 Requerimientos Generales:

Al mismo tiempo que se realiza la adquisición de las imágenes, el sistema deberá incluir: anotaciones del paciente, número de identificación, fecha y hora del examen, nombre de la institución donde se realiza la adquisición, tipo de examen, orientación del paciente y zona examinada, tipo de compresión utilizada y la posibilidad de grabar un resumen de la historia clínica del paciente. Toda esta información es obligatoria en el estándar DICOM 3.0, o sea la imagen final deberá contener los siguientes Objetos de Información Definidos (IOD):

Objetos de Información Definidos que deben transferirse entre unidades Emisora y Receptora.



Algunos de los parámetros utilizados para comunicación entre unidades Emisora y Receptora.

Atributos de comunicación DICOM	Etiqueta DICOM
Nombre del paciente	(0010, 0010)
Id del paciente	(0010,0020)
Número de entrada	(0008,0050)
Servicio pedido	(0032, 1033)
Secuencia de código del procedimiento pedido	(0032, 1064)
Hora del estudio	(0008,0030)
Fecha del estudio	(0008,0020)
Id del estudio	(0020,0010)
Descripción del estudio	(0008,1030)
Id del estado del estudio	(0032,000A)
Id de la prioridad del estudio	(0032,000C)
Id del estado de interpretación	(4008, 0212)
Modalidad	(0008, 0060)
Parte del cuerpo	(0018, 0015)
Secuencia de Código de Interpretación diagnóstica	(4008, 0117)

Estaciones Receptoras y Visualizadoras.

Para explicar la configuración específica de las estaciones receptoras y visualizadoras, será necesario estudiar sus cuatro partes más importantes:

- 1 **Sistemas de comunicación a redes y transporte de imágenes.**
- 2 **Sistemas de computo (incluyendo sistemas de almacenamiento).**
- 3 **Monitores.**
- 4 **Software de visualización y tratamiento de imágenes.**

Sistemas de comunicación a redes y transporte de imágenes.

 Me gustaría extenderme en este punto, aunque ya hemos hablado de ello en la primera parte de nuestro folleto, no vendría nada mal volver a este interesante y controvertido punto sobre las comunicaciones.

¿Cuánto tiempo se tarda en enviar imágenes?. A esa pregunta respondimos en parte en el Capítulo: Mi módem. ¿Es veloz?. De la primera parte.

Pero, vayamos por pasos, primero será necesario conectar a los usuarios.

Servidores de acceso remoto

Coincidiendo con la aparición del concepto de Telemedicina, y de la necesidad de interconectar tanto redes locales, por ejemplo de diversos servicios de un mismo hospital, como puestos de trabajo autónomos o móviles con los servicios centrales o de buscar mecanismos de acceso a base de datos y otras redes de información del entorno hospitalario, surge el concepto de un nuevo dispositivo de interconexión: los servidores de comunicación, también denominados servidores de acceso remoto.

Básicamente podemos dividir las aplicaciones de un servidor de comunicaciones en cinco grupos fundamentales:

1. **Interconexión entre redes LAN:** sustituyendo por completo a las funciones de los encaminadores (enrutadores), permiten realizar la conexión entre dos redes locales remotas (ejemplo: LAN de captura y envío de imágenes y LAN de informes), y siendo en este caso su principal misión el enrutado ("routing") de los datagramas (paquetes de información), de modo que dicha conexión sea transparente a usuarios, aplicaciones y hardware existente en ambas redes. Se pueden, incluso, dedicar varias líneas para interconectar dos redes, en función del tráfico existente en cada momento entre ambas (ancho de banda a la demanda "*bandwidth on demand*").
2. **Acceso a nodos remotos:** cuando la conexión que se requiere es entre una red (servicio de radiología) y un solo usuario (radiólogo remoto), mediante un software en el equipo remoto, que sea compatible con el protocolo empleado en el servidor de comunicaciones.

3. **Acceso a Internet.** en realidad se trata de un ejemplo similar al caso 1 ó 2, antes mencionados, aunque dada su importancia en la actualidad, hemos preferido resaltarlo como un grupo aparte.
4. **Acceso a BBS:** un servidor de comunicaciones puede ser empleado para gestionar un conjunto de módems, para permitir a los usuarios de la red local a la que esta conectado el acceso a diversos servicios tipo BBS (base de datos, y otros), sin necesidad de que cada usuario tenga su propio módem.
5. **Servicios de terminales e impresoras remotas:** empleado así, terminales e impresoras, pueden ser utilizadas por parte de usuarios locales o remotos.

Como podemos deducir de los párrafos anteriores, los servidores de acceso remoto no solo incorporan funcionalidades de puentes y encaminadores, sino también de otros dispositivos, como servidores de terminales e impresoras, lo que demuestra su alto nivel de sofisticación, que sin duda se verá incrementado aún más en un futuro muy cercano.



Ya entiendo, un sistema de comunicación a redes y transporte de imágenes para Telerradiología, necesita de un **Servidor de Acceso Remoto**, que se encargue de facilitar las comunicaciones entre estaciones de trabajo y sistemas de gestión de base de datos.

Y ahora: ¿Cómo realizar esta comunicación?.

- Bueno, mediante redes de comunicación telefónicas.

¿Y ya esta?.

- No, existen muy variadas formas de redes de comunicación telefónicas que explicaremos a continuación.

La forma común, hasta hace muy poco (dos décadas atrás), fue el cable pareado de alambre de cobre, mediante los cuales, se pueden transferir datos con módems convencionales desde 28,8 kbps hasta 56 kbps. Pero eso ya lo conocemos casi todos los que nos conectamos a Internet desde casa o desde el trabajo.

Estimado Lector: Ahora nos disponemos a explicarles las diferentes líneas de comunicación que son utilizadas para conectarse a redes virtuales, si cree que el tema le será aburrido puede saltarlo, pero en mi opinión un poco de conocimiento adicional nunca está de más. Lo dejo en sus manos.

RDSI: Telefonía y Servicios Digitales

En 1984 la ITU (acrónimo en inglés de *“International Telecommunications Union”* antiguamente CCITT acrónimo en francés de *“Comité Consultatif International Téléphonique et Télégraphique”*) definía la RDSI (Red Digital de Servicios Integrados, proveniente del término sajón ISDN- *“Integrated Service Digital Network”*), como una red, en general evolucionada de una red digital integrada de telefonía, que proporciona, de un extremo a otro, conectividad digital, soportando un amplio abanico de servicios, ya sean vocales u otros, y a la que los

usuarios pueden tener acceso mediante dispositivos o interfaz multipropósito. La RDSI ha sido diseñada, como sucesor de las actuales redes telefónicas públicas, debido a los servicios y ventajas que esta red ofrece:

1. Audio de 7 KHz, frente a los 3,1 KHz de la telefonía básica, mejorando sensiblemente la calidad.
2. Comunicaciones digitales a 64 Kbps (en Estados Unidos 56 Kbps), frente a los 14,4 Kbps que teóricamente son alcanzables por las redes telefónicas convencionales.
3. Gran funcionalidad frente a las redes telefónicas convencionales, como resultado del uso de un canal de señalización normalizado.
4. Un único medio de acceso para transferencia de voz, imagen, datos y textos, por medio de conmutación de circuitos o de paquetes.
5. Rapidez en las llamadas (menos de 800 ms.) y virtualmente sin errores.

La RDSI, está basada en dos estructuras definidas:

1. Acceso básico (BRI):

Acceso simultáneo a 2 canales de 64 Kbps, denominados canales B, para voz o datos.

Un canal de 16 Kbps, o canal D, para la realización de la llamada y otros tipos de señalización entre dispositivos de la red.

En conjunto, se denomina 2B+D, o I.420, que es la recomendación ITU que define el acceso básico. El conjunto proporciona 144 Kbps.

2. Acceso primario (PRI):

Acceso simultáneo a 30 canales tipo B, de 64 Kbps, para voz y datos.

Un canal de 64 Kbps, o canal D, para la realización de la llamada y la señalización entre dispositivos de la red.

En conjunto, se referencia como 30B+D o I.421, que es la recomendación ITU que define el acceso primario. El conjunto proporciona 1.984 Kbps.

En algunos países (como Estados Unidos), sólo existen 23 canales tipo B, por lo que se denomina 23B+D. El total corresponde a 1.536 Kbps.

Por tanto, las interfaces BRI y PRI tienen la siguiente estructura:

Interfaz	Estructura	Velocidad total	Velocidad disponible
BRI	2B + D16	192 Kbps.	144 Kbps.
PRI	23B + D64	1.544 Kbps.	1.536 Kbps.
	30B + D64	2.048 Kbps.	1.984 Kbps.

Evidentemente, las comunicaciones vía RDSI, han de convivir con las actuales líneas, por lo que es perfectamente posible establecer una llamada, por ejemplo, entre un teléfono RDSI y un teléfono analógico o viceversa.

Los canales tipos B y D se pueden agrupar, a su vez, en diferentes tipos o grupos, según el siguiente esquema:

Tipo	Función	Velocidad
B	Servicios básicos	64 Kbps.
D	Señalización	16 Kbps.(BRI) 64 Kbps.(PRI)
H0	6 canales B	384 Kbps.(PRI)
H1	todos los canales H0 H11 (24B) H12 (30B)	1.536 Kbps.(PRI) 1.920 Kbps.(PRI)
H2	RDSI de banda ancha H21 H22	(propuesta actual) 32.768 Kbps. 43-45 Mbps.
H4	RDSI de banda ancha	132-138,240 Mbps.

“Transmisión de Tramas”:1er estándar internacional que funciona.

La comúnmente conocida “Frame Relay” o "transmisión de tramas", ha sido citado, en numerosos ámbitos, como la primera tecnología normalizada que realmente funciona, con enlaces activos entre ciudades norteamericanas, europeas y asiáticas.

La Frame Relay es un servicio público para interconexión de redes de alta velocidad y bajo retraso. La Frame Relay es un servicio que esta orientado a conexión ("connection oriented").

Dado que las redes locales son por sí misma "connectionless" (sin conexión), se emplean routers para su interconexión. Dichos routers suelen comunicarse mediante líneas punto a punto, bien mediante circuitos o canales físicos. La Frame Relay, al ser un servicio orientado a conexión, dichas conexiones son totalmente equivalentes y coincidentes e incluso más apropiadas, que los circuitos basados en redes de routers.

La Frame Relay se define, oficialmente, como un servicio portador RDSI de banda estrecha en modo de paquetes, y ha sido especialmente adaptado para velocidades de hasta 2 Mbps, aunque nada le impide superarlas. La Frame Relay proporciona conexiones entre usuarios a través de una red pública, del mismo modo que lo haría una red privada con circuitos punto a punto. De hecho, su gran ventaja es la de reemplazar las líneas privadas por un sólo enlace a la red. El uso de conexiones implica que los nodos de la red son conmutadores, y las tramas deben de llegar ordenadas al destinatario, ya que todas siguen el mismo camino a través de la red.

La clave para que Frame Relay sea aceptado con facilidad, al igual que con RDSI, es su gran facilidad, como tecnología, para ser incorporado a equipos ya existentes: routers, ordenadores,

conmutadores, multiplexores, etc., y que estos puedan, con Frame Relay, realizar sus funciones de un modo más eficiente.

Su ventaja, como servicio público es evidente. Sin embargo, el hecho de ser un servicio público también llegar a ser un inconveniente, desde el punto de vista de la percepción del usuario médico: la seguridad de los datos.

El futuro de la Frame Relay parece brillante, pero desgraciadamente sigue siendo una tecnología antigua, ya que no concibe nuevos protocolos, ni mejora los dispositivos de la red, sino que se limita a eliminar parte de la carga de los protocolos, logrando mejorar su velocidad. El resultado es una red más rápida, pero no una red integrada. Además, dado que la Frame Relay está orientado a conexión, todas las tramas siguen la misma ruta a través de la red, basadas en un identificador de conexión. Pero las redes orientadas a conexión son susceptibles de perder la información si el enlace entre el nodo conmutador de dos redes falla. Aún cuando la red intente recuperar la conexión, deberá de ser a través de una ruta diferente, lo que trae un retraso extremo a extremo y puede no ser lo suficientemente rápido como para ser transparente a las aplicaciones.

Las redes de modo de transferencia asíncrona.

ATM (acrónimo en inglés de "*Asynchronous Transfer Mode*", modo de transferencia asíncrona.) son, por casualidad, también las siglas de "*Automated Teller Machine*" (cajero automático), una máquina, que los clientes de los bancos utilizan para realizar transacciones sin un cajero humano. El "ATM Forum" fue creado en 1991 por las empresas que deseaban fabricar y comercializar productos ATM y es el encargado ante la ITU de la normalización.

Estas tres letras (ATM), últimamente se repiten cada vez más en los ambientes de las nuevas Tecnologías de la Información y las Telecomunicaciones. Esta tecnología es el corazón de los servicios digitales integrados que ofrecerán las nuevas redes digitales de servicios integrados de Banda Ancha. Para muchas personas ya no hay cuestionamientos; el llamado tráfico del "Cyber espacio", con su voluminoso y tumultuoso crecimiento, impone a los operadores de redes públicas y privadas, una voraz demanda de anchos de banda mayores y flexibles con soluciones robustas. La versatilidad de la conmutación de paquetes de longitud fija, denominadas celdas ATM, son, hoy día, las más calificadas para soportar la cresta de esta "Ciber-ola" donde navegan los surfistas de banda ancha.

Dado que la tecnología ATM está diseñada para que se implemente fácilmente en hardware (más que en programas software), es posible obtener mayores velocidades de procesamiento. Las tasas de transferencia pueden ser del orden de varios cientos de Mbps (desde 155 Mbps a 622 Mbps y superiores). Se espera que la velocidad de transmisión en redes ATM alcance los 10 Gbps (Giga bits por segundos = 1024 Mbps, ¡Casi nada!).

Algunos críticos establecen una analogía de la tecnología ATM con la red RDSI. Pero realmente esa comparación es falsa. No es hasta la actualidad, que realmente el mercado está

cambiando y la RDSI ha encontrado gran cantidad de aplicaciones. De toda forma, la tecnología ATM se proyecta para diferentes necesidades, a pesar de su estrecha relación con la RDSI, en términos de volúmenes de datos, flexibilidad de conmutación y facilidades para el operador.

Los conmutadores ATM aseguran que el tráfico de grandes volúmenes es flexiblemente conmutado al destino correcto. Los usuarios aprecian esa rapidez, ya que se cansan de esperar los datos que llegan a sus estaciones de trabajo, cuando de imágenes se trata, máxime en Telerradiología de Diagnóstico Primario, donde el tiempo de respuesta es de vital importancia. Estas necesidades se ajustan de maravilla para los proveedores de **servicios públicos de salud**.

***Recuerda la frase:** Uno recibe por lo que paga. Supongo que si leyó la primera parte de nuestro folleto lo recuerde. Aquí diremos lo mismo, para el operador, con la flexibilidad del ATM, una llamada telefónica con tráfico de voz, será tarifada, a una tasa diferente, a la que estaría dispuesto a pagar un cirujano asistiendo en tiempo real una operación al otro lado del mundo.*

Esto es uno de los pilares de ATM, usted paga solamente por la carga de celdas que es efectivamente transportada y conmutada para usted. Y además, está el tema de Internet: Hoy día los accesos conmutados a Internet están creando verdaderos "Cuellos de Botella" en la infraestructura telefónica. Para resolver este problema, los fabricantes han desarrollado sistemas de acceso con conmutadores ATM.

En varios aspectos, ATM es la respuesta a una pregunta que se realizaban muchos usuarios del mundo de las telecomunicaciones: ¿Cómo se puede transportar al mismo tiempo voz, vídeo y datos de manera eficiente usando una simple tecnología de conmutación?

ATM contesta esta pregunta combinando la simplicidad de la multiplexación en el tiempo con la conmutación de paquetes de red.

Problemas en ATM: Los mecanismos de pérdida y control. La capacidad de transferencia en ATM es tan alta, que si llegase un error al destino, ya se han transferido varios Mbytes y esto trae como consecuencia una exacerbación y congestión del sistema. Lo que se puede hacer es, que la constante de tiempo de realimentación en una conexión "extremo-extremo" en redes ATM, debe ser lo suficientemente grande, como para cumplir con las necesidades del usuario, sin que la dinámica de la red se vuelva impráctica. **Moraleja, no podemos correr sin aprender a caminar primero.** Resolver este problema no es tan simple, pero creo que tampoco deberíamos introducirnos en ese campo, para eso están los especialistas en telecomunicaciones y redes, que se rompan ellos la cabeza.

Pasemos a un punto más interesante y práctico, que es la utilización combinada de Redes RDSI, Frame Relay y ATM.

Interoperabilidad entre RDSI, Frame Relay y ATM.

El objetivo final de todos los servicios descritos anteriormente es permitir la transmisión óptima de los datos desde y/o hacia una estación de trabajo, sobretodo cuando de imágenes se trata.

Para alcanzar una máxima eficiencia se puede trabajar sobre servicios de interoperabilidad en la capa más baja posible mediante conversión de protocolo.

Primer escenario: Cuando el servicio de Frame Relay es dado sobre RDSI de banda ancha y los usuarios se conectan a través de una Frame Relay.

En esta solución, se necesita un equipo que sirva de interfaz, tanto para el usuario que recibe, como para el que transmite. Para proveer el servicio del primer escenario existen dos posibilidades:

Posibilidad 1: Construir una malla de conexiones ATM para enlazar los puntos de acceso Frame Relay. En este esquema, se puede explotar la orientación a conexión de la Frame Relay siguiendo un comportamiento como:

- El usuario "pregunta" por una conexión al equipo interfaz de red.
- El equipo interfaz de la red coloca las conexiones Frame Relay dentro de una conexión ATM con las direcciones de destino apropiadas.
- Por cada trama de red se pasa de la conexión de Frame Relay a la ATM y viceversa.
- La conexión ATM está desocupada cuando no se necesita.

Posibilidad 2: Utilizar un servicio Frame Relay en todos los lugares en los cuales se establezcan conexiones ATM en estrella. En este esquema, la funcionalidad de los equipos de red se simplifica debido a que solo dialoga con el servidor. La complejidad reside en el servidor que ejecuta funciones de conmutación.

Segundo escenario: La red de Frame Relay y la red RDSI de banda ancha se interconectan a través de sus respectivas interfaces de red. Esto permitiría a un proveedor de red, manejar esta heterogénea red como un todo. En las redes Frame Relay existentes se puede conseguir la interconexión de las LAN a través de circuitos virtuales permanentes. Los datagramas de las LAN son cargados dentro de las tramas Frame Relay y enrutados de acuerdo con la etiqueta contenida en la cabecera del paquete. Desde aquí son transferidos a través de la red ATM al otro extremo.

Concluyendo: Es muy posible que ATM llegue a ser la tecnología de red virtual del futuro, un término que refleja tanto la evolución del modelo de funcionamiento global y el énfasis en la conectividad lógica, donde los usuarios obtienen acceso a los recursos que necesitan y el operador de la red provee las rutas de conexión y asigna el ancho de banda necesario a fuentes de tráfico muy diferentes (voz, datos, vídeo). Digamos, que parece que la ATM, puede ser la combinación mágica a la que tantas personas aspiran: **interconectividad global - escalabilidad de tecnologías y satisfacción del cliente local**. Un último consejo: Darle tiempo al tiempo y veremos que pasa, la revolución de las tecnologías de la información y la comunicación acaba de empezar, apenas empieza a dar sus primeros pasitos.



EI ADSL

ADSL (acrónimo en inglés de “Asymmetric Digital Subscriber Line”) es otra tecnología que puede hacer posible el sueño de muchos. La tecnología ADSL fue desarrollada en 1989 por Bellcore. En la actualidad, el “ADSL Forum”, asociación que agrupa a los distintos fabricantes, se encarga de la estandarización de esta nueva tecnología ante la ITU. ADSL se basa en conectar dos módems en ambos extremos de una línea telefónica tradicional (par de hilos de cobre). Las velocidades de transmisión son distintas según el sentido: Hacia el usuario final hasta 9 Mbps y hacia el proveedor de acceso hasta 800 Kbps. Esto supone una velocidad de transmisión 140 veces mayor que la de un enlace básico RDSI, acercándose a la velocidad de una red Ethernet convencional (10 Mbps). El gran problema de la tecnología ADSL es que solamente puede ser utilizada para transmitir a pequeñas distancias. Se supone que las empresas de telefonía podrán ofrecer esta tecnología a los usuarios a finales del año 2000, aunque parece que todavía quedan muchos aspectos técnicos y económicos por resolver, para que realmente se puedan ofrecer los anchos de banda que permite esta tecnología, claro está, a precios lógicos.

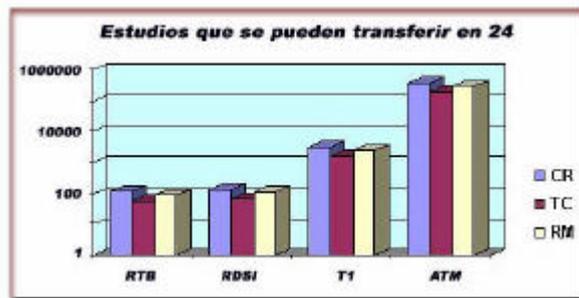
De todas formas, en Telerradiología, donde la distancia es un factor importante, las tecnologías RDSI, Frame Relay y ATM tiene las de ganar.

Como hemos visto, existen diferentes formas de enviar las imágenes a través de redes de comunicación, desde el casi olvidado módem de 28,8 kbps; hasta la revolucionaria ATM. Cada una tiene velocidades de transmisión diferentes, también costos diferentes. Lo que está claro, es que no se pierde información usando una línea lenta, solamente, se requiere más tiempo para que la información llegue. La información se puede perder por el método de compresión utilizado, pero no por la transmisión.

Utilizando la fórmula, que escribimos en el capítulo de “Mi módem ¿Es veloz?” de la primera parte, podríamos realizar un paralelismo entre diferentes modalidades de transmisión, utilizando un estudio radiológico como referencia:

Números de exámenes que se pueden enviar en 24 horas.

Supongamos: eficiencia de la red es del 80% y tasa de compresión 3:1. Consideraremos un estudio radiológico cualquiera de los siguientes estudios: Examen Radiográfico CR: 2000 x 2500 x 12 bits por 2.5 imágenes; Examen TC: 1024 x 1024 x 16 bits por 24 imágenes; Examen RM: 512 x 512 x 16 bits por 60 imágenes.



Examen	56 kbps	RDSI 64 kbps	H1 1,5 Mbps	ATM 155 Mbps
CR	115	130	3 000	375 000
TC	55	65	1 500	187 000
RM	90	105	2 400	300 000

Aunque las cifras parezcan muy importantes, y las diferencias verdaderamente alarmantes, siempre hay que tener en cuenta el objeto del envío de las imágenes. Según un estudio publicado por el 'Royal College of Radiologists', el tiempo promedio para urgencias no deber exceder los 30 minutos [9]. La calidad en Telerradiología está directamente vinculada a la rapidez de transmisión de los datos, particularmente, cuando se deben recibir informes de urgencias. Por ello, el ancho de banda que se instale en las terminales de Telerradiología debe estar estrechamente vinculado con las necesidades, los algoritmos de compresión y el coste de la línea.

Veamos otro ejemplo más:

Cual es el tiempo de transmisión (en segundos) de un examen de CT con 24 imágenes de 1024x1024 a 12 bits por punto y diferentes tasas de compresión (recuerde que la aceptada por ACR es la compresión sin pérdida):

Tasa de compresión	56 kbps	RDSI (64 kbps)	H1(1,5 Mbps)	ATM(155 Mbps)
3:1	1584	1392	32,4	0,41
8:1	600	528	12,2	0,15
20:1	264	216	4,9	0,06

¿Cómo calcular el ancho de banda requerido?. Se debe conocer con anterioridad las necesidades reales, el tipo de estudios que serán transferidos y lo más importante: ¿Se informarán y recibirán urgencias desde el centro emisor?.

En la primera parte de este folleto dimos algunos datos, aquí otros, así que tenemos todos los elementos para realizar nuestros cálculos. La pregunta la podríamos formular de diferente forma:

Primero: ¿De que tipo de línea dispongo?. ¿Cuál es la mayor imagen que puedo transferir en el tiempo que dispongo?.

Si tomamos como referencia 30 minutos, tendríamos solamente 18 minutos para la transferencia, los otros 12 restantes es el tiempo que requiere el radiólogo remoto, para recibir, descomprimir, mostrar el estudio, informarlo y transferir el informe al centro emisor[9].

Despejando la formula para calcular el tiempo de transmisión tendremos:

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

Colocando nuestros datos (80% Efectividad, Tasa de compresión 3:1, Tiempo Transmisión 18 minutos) tendremos:

Velocidad Transmisión	56 Kbps	64 Kbps	128 Kbps	384 Kbps	1,5 Mbps	155 Mbps
Número de Imágenes (CR/FD) 2kx2,5k 12 bits	1,9	2,3	4,5	13,7	53,5	5528,5
Número de Imágenes (CR/FD) 4kx5k 12 bits	0,5	0,6	1,1	3,4	13,4	1382,1
Estudios (CT) 24 imágenes 1kx1k 16 bits	0,3	0,4	0,7	2,2	8,6	893,0
Estudios (RM) 60 imágenes 512x512 16 bits	0,5	0,6	1,2	3,5	13,8	1428,9

Segundo: ¿Cuánto tiempo demoraría en informar un estudio?. ¿Puedo, con la conexión que tengo, informar urgencias?.

Utilizando la misma fórmula y datos, obtendremos la siguiente tabla:

Tamaño (cm)	Resolución	Profundidad (bits/pixel)	(Mb) Sin comprimir	Tiempo			(Mb) Tasa compresión 3:1	Tiempo		
				64 Kbps	2 Mbps	155 Mbps		64 Kbps	2 Mbps	155 Mbps
35x43	2kx2,5k	12	10,0	47,8 m	1,5 m	1,2 s	3,3	15,7 m	30 s	0,4 s
24x30	1,4k1,7k	12	4,8	22,9 m	0,7 m	0,6 s	1,6	7,6 m	14 s	0,2 s
35x43	4kx5k	12	40,0	191,1 m	6,1 m	4,8 s	13,2	63,1 m	121 s	1,6 s
24x30	2,8kx3,4k	12	9,5	45,4 m	1,4 m	1,1 s	3,1	14,8 m	28 s	0,4 s

Tabla 1. Tiempo de transmisión de imágenes de matrices grandes.

Recuerde: Para transferir imágenes generalmente se utilizan sistemas de compresión. Las imágenes pueden ser comprimidas utilizando ratios de compresión 2 ó 3:1 sin perder información (“lossless compression”). Es verdad que existen otros métodos de compresión incluyendo algunos recientes, como “wavelet compression” que permiten mayores ratios de compresión. Pero, hasta el momento, para una lectura primaria de las imágenes, sólo están permitidos los algoritmos de compresión sin pérdida. No lo olvide. Si tiene alguna duda, por favor léase la primera parte de este folleto: “Radiología Digital”.

Sistemas de computo (incluyendo sistemas de almacenamiento).

De toda la configuración, quizás el sistema de computo es el que menos restricciones tiene. En el momento actual los sistemas de computo que se comercializan tienen la capacidad de procesar grandes volúmenes de información en muy poco tiempo. Sin embargo, la mayor restricción está concentrada en los sistemas de almacenamiento y recuperación de la información. Según la ACR y la CEN estos sistemas deberán cumplir las siguientes características:

- i) El sistema de Telerradiología debe estar provisto de almacenamiento, con capacidad suficiente para permitir la fácil recuperación de los estudios de pacientes, de acuerdo con las normativas de registros médicos de la región o el estado donde se instale. Las imágenes y los informes deberán ser almacenados en los dos puntos de la red, en el Centro Emisor y en el Centro Receptor. Según la CEN el tiempo de almacenamiento no deberá ser menor a 5 años en el centro donde se realizan los estudios (emisor). El tiempo de almacenamiento de las imágenes interpretadas en el Centro Receptor está aún pendiente de discusión.
- ii) Cada examen deberá recoger los datos correspondientes del paciente al que se le ha realizado la prueba: nombre del paciente, número identificación, fecha del examen, tipo de examen e información general sobre la historia clínica del paciente.

- iii) Los exámenes realizados deben ser recuperables durante un tiempo lógico, según necesidades de los centros remotos y del colectivo de médicos.
- iv) La protección sobre las imágenes almacenadas deberá cumplir las normativas sobre protección y conservación de registros médicos del lugar donde se ha instalado el centro de Telerradiología.

Con estos datos creo que es suficiente, si quiere conocer más acerca de los sistemas de almacenamiento por favor, léase los Capítulos: “Discos Rígidos. ¿Cuánto necesito?” y “Archivos de Imágenes” de la primera parte de este folleto. Espero le sea grata la lectura.

Monitores.

Según las mismas normas, las estaciones de visualización e informes para la representación de imágenes de matrices pequeñas y grandes deben cumplir las siguientes características:

- i) La **luminosidad** de los monitores no debe ser menor de 50 ft-L (equivalente a 538 lumens/m²). La brillantez y el contraste están estrechamente relacionados y suponen una gran diferencia en la percepción de la calidad de las imágenes médicas. Los monitores en Grises (blanco y negro) son generalmente más brillantes y tienen mejor contraste que los de color.
- ii) La **colocación** de los monitores deberá ser tal, que evite o elimine los reflejos de la luz ambiente sobre la pantalla del monitor. Además, la luz ambiente debe ser tan baja como sea posible.
- iii) Se recomienda utilizar monitores con **resolución** de 1280x1024 o superiores para matrices pequeñas. La resolución aceptada por ACR es 1600x1200 (landscape) o 1200x1600 (portrait). La resolución ideal que recomienda la ACR es de 2000x2500 (portrait) con 4096 niveles de gris, que es un equipo muy costoso cuando se compara con una solución PC, pero debemos recordar, que si desea realizar diagnóstico primario, deberá tener al menos monitores de este tipo. El monitor deberá tener un “dot pitch” de 0,26 o menor. Para diagnóstico primario de radiografías, es requerida la propiedad de “fine dot pitch”. La frecuencia de refresco del monitor debe ser mayor a 60 Hz.
- iv) La **distorsión** es otro de los aspectos a considerar. Para monitores grandes de alta resolución, la distorsión puede ser un problema real. Los monitores grandes, con amplia curvatura en el cristal CRT, tienen imágenes altamente distorsionadas. Por lo tanto, es recomendable utilizar monitores con pantallas lo más planas posible o monitores que rectifiquen la distorsión con el tamaño del pixel.
- v) El “**blooming**” (dispersado de regiones claras en las regiones aledañas). Deben colocarse en las estaciones de visualización monitores con ausencia de “blooming”. Esta propiedad en los PC esta estrechamente vinculada a las tarjetas

de vídeo utilizada (evitar tarjetas con "interleave") y la frecuencia de refresco (monitores que soporten frecuencias de refresco de 100 Hz).

Existen otras propiedades de los monitores, como su relación entre la luminancia (variable física) y la brillantez (variable perceptual) que no es lineal. Por otra parte, el contraste en niveles de gris y la variación de la intensidad en cada píxel, depende de la representación de la imagen[11]. Desde el punto de vista del observador, existen tres atributos importantes: la **fidelidad**, la **informatividad** y la **atractividad** de la imagen. La fidelidad de la imagen está expresada en términos de resolución espacial, resolución de niveles de gris, linealidad de los niveles de gris y el ruido de la imagen. La informatividad está expresada en términos de la visibilidad diagnóstica, los rasgos importantes y la detección de las anomalías en la imagen. La atractividad está expresada en las propiedades estéticas de la pantalla y el despliegue de las imágenes[12]. Todas las características inherentes a los monitores necesarios, para el diagnóstico primario en radiología podemos encontrarlas en la ["DICOM Part 14: Grayscale Standard Display Function"](#). Ver Segunda Parte de nuestro folleto "PACS", Capítulo: "Filosofía de DICOM 3.0".

Software de visualización y tratamiento de imágenes.

Avanzando en el documento sobre de los estándares en Telerradiología recomendados por la ACR, el software de visualización debe cumplir las siguientes normas:

- i) Capacidad de seleccionar secuencias de imágenes.
- ii) Capacidad de asociar los datos del paciente y de las imágenes del estudio.
- iii) Poder efectuar cambios de ajuste en el nivel y ancho de ventana en el sistema de colores de la imagen ("window width and level").
- iv) Trabajar con funciones de magnificación ("zoom").
- v) Posibilidad de presentar las imágenes y los datos en el monitor.
- vi) Posibilidad de rotación e inversión en espejo de imágenes, conservando la orientación del paciente respecto a la imagen.
- vii) Poder realizar mediciones sobre la imagen, obtener valores del píxel en el sistema de coordenadas de la imagen y el valor físico del píxel según la modalidad (ejemplo: Unidades Hounsfield para imágenes de TC).

Además de estas propiedades el sistema de visualización de imágenes radiológicas 2D y 3D, deberá permitir la selección de imágenes de los pacientes, de forma sencilla y utilizando el estándar DICOM. La interfaz de un sistema de visualización debe estar diseñada según las normativas del Symposium de Interfaz de Usuarios para Software de Visualización de Imágenes Médicas y sus sucesivas actualizaciones [13,14,15]:

Normativas de Visión Global: La interfaz de un sistema de visualización de imágenes médicas 2D y 3D para Telerradiología, deberá incluir procesos relacionados con la metodología habitual de presentación de las placas radiológicas, para la realización de informes médicos. Deberá incluir Grupo de Visores, que permitan la presentación y el agrupamiento de forma lógica de las diferentes series y modalidades de imágenes.

- **“Agrupación”:** Habilidad de agrupar las imágenes para su visualización simultánea. Proporciona un control flexible de la localización y la visibilidad de los grupos de imágenes en el monitor.

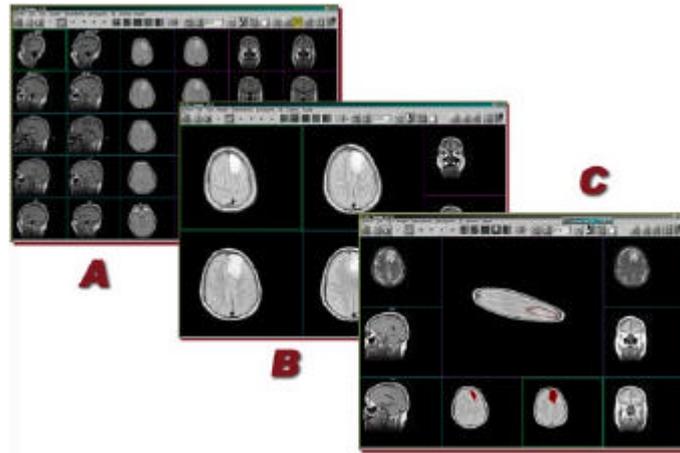


Figura 5. Presentación de algunas propiedades de los sistemas de visualización de imágenes. Cortesía IMI S.L. Rx-Viewer. A- Agrupación; B- Recuperación; C – Foco y contexto.

- **“Recuperación”:** Habilidad para colocar y recolocar grupos de imágenes y poder utilizar determinadas imágenes en el diagnóstico. Permite visualizar imágenes en el conjunto de otro grupo de imágenes con el objetivo de facilitar la comparación.
- **“Foco y Contexto”:** Habilidad de visualizar una o más imágenes, sin necesidad de tener otras imágenes del mismo grupo. Permite presentar los detalles de aquella imagen de mayor interés en el contexto de otras.
- **“La representación secuencial”** de las imágenes en grupos lógicos como medida de volumen de imágenes planas, es una información crucial a la hora de interpretar dichos estudios.



Figura 6. Presentación Multimonitor Multimodal de visualización de imágenes. Cortesía IMI S.L. Rx-Viewer.

- i) **“Ortogonalidad”** de los comandos de desplazamiento de las imágenes por el área de trabajo, es otra de las características que se exige a la interfaz del sistema de informes. El desplazamiento de las imágenes por el área de trabajo se debe realizar siguiendo su orden lógico de posicionamiento: Izquierda/Derecha y Arriba/Abajo (Ortogonalidad en la alineación y colocación de las imágenes).
- ii) **“Single Focal Bifocal Display”**: La interfaz debe tener la posibilidad de presentar diferentes formatos de imágenes en el área de trabajo. Para sistemas multimonitor esta propiedad permite conjugar diferentes modalidades de presentación visual y focal de las imágenes en cada uno de los monitores.

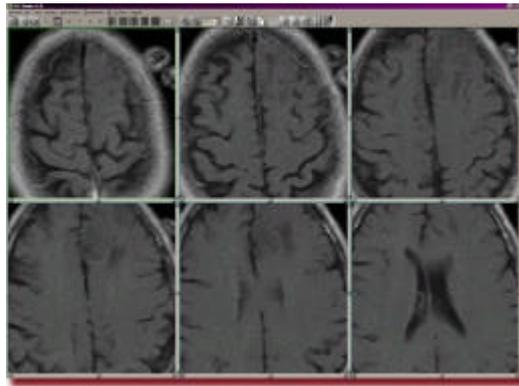


Figura 7. Posibilidad de magnificación y desplazamiento de la imagen por el área de trabajo. Area obligatorias y escala de propagación mínima. Cortesía IMI S.L. Rx-Viewer.

- iii) **“Áreas obligatorias”**: El área de trabajo debe estar provisto de otra funcionalidad, que es la posibilidad de realizar Ajustes de Zoom a las imágenes, sin que la reducción o magnificación de la imagen conlleve a distorsión de la misma. Ello permite ajustar el tamaño de la imagen al tamaño de los diferentes visores en el área de trabajo, sin cambio en la relación ancho/altura de la imagen.
- iv) **“Escala de propagación mínima”**: Si la imagen sobrepasa el tamaño del área activa del visor, debe ser posible el desplazamiento de la imagen dentro del visor.

Los sistemas de visualización de imágenes, deben tener la posibilidad de colocar anotaciones (“overlays”) sobre las imágenes de los estudios y poder realizar otros tipos de procesamientos tales como[16]:

- i) Posibilidad de cambiar el histograma de colores, transferir de un tipo de histograma a otro, invertir el histograma, principalmente en tonalidades de gris, etc. Debe ser capaz de trabajar con paletas de diferentes escalas de Gris, RGB, HLS, HSV, ARGB, CMYK e YBR.
- ii) Colocar puntos y líneas.
- iii) Seleccionar Regiones de Interés (ROI). Medir perímetros, áreas o volúmenes.
- iv) Anotaciones (Textos) sobre las imágenes

- v) En secuencias de imágenes, poder realizar reconstrucciones multiplanares según el tipo de imágenes. Tener la capacidad de realizar reconstrucciones en vistas panorámicas.
- vi) En estudios multiseriados, poder utilizar herramientas de navegación 3D.
- vii) En estudios temporales poder realizar vídeo-cine.



¡Uff!. Cuantas cosas. Me da vértigo.

Bueno amigo lector no se preocupe, es solo una forma de tener información sobre todo aquello que deberá hacer su sistema de Telerradiología. Por lo general, de estas cuestiones se encargan las empresas que instalan este tipo de servicio. Aunque nunca está de más que Ud, como futuro usuario, y lo más importante, como comprador de esta tecnología, sepa con anticipación las normativas que debe cumplir su sistema, para que después no tenga problemas. Aún nos queda una cosa más: **LA SEGURIDAD.**

Seguridad de los sistemas

Los sistemas de Telerradiología, deben tener protocolos de seguridad, tanto para las redes, como para la utilización de los sistemas (software), con la finalidad de proteger la confidencialidad de los datos de los pacientes. Por otra parte, los sistemas deben estar provistos de protocolos que resguarden la integridad de los datos y eviten la corrupción intencionada de los mismos. Tanto la ACR como la CEN/TC WGIII han publicado folletos que describen como deben ser estos protocolos de protección[17,18,19].



La seguridad y privacidad de los sistemas informáticos está claramente subclasificada en: Seguridad física de la información, control de accesos a la información, control de redes locales privadas, autenticación y encriptación de los datos en firmas electrónicas.

La seguridad física: Es la parte fundamental del programa de seguridad. Incluye dos aspectos, la seguridad física propiamente dicha y la seguridad lógica. La seguridad lógica, se refiere a los sistemas de software y controles automáticos. La seguridad física, se refiere a sistemas de puertas, llaves, sensores y cercos eléctricos, que debe tener en cuenta, no solo a los intrusos, sino extender la seguridad hacia otras causas medioambientales como fuego, agua, caída de tensión eléctrica, calor y de ser posibles desastres naturales.

Control de Accesos: Después de cubrir los aspectos de seguridad física, se debe revisar el sistema de control de acceso a la información almacenada y a los sistemas de transmisión. Se deberán tener múltiples capas de control de acceso. Un Gerente, por citar un ejemplo, podrá tener acceso a la información financiera, pero no a la información médica confidencial. Otras personas, podrán tener acceso a las cuestiones administrativas, agendas de turnos, etc., pero no podrán tener acceso a los datos de pacientes. Los diferentes niveles de acceso, deberán estar bien definidos por el centro y controlado por las autoridades locales o del país donde se implante el sistema. Los accesos pueden estar controlados por identificadores y claves de acceso, controles de retina, voz o firma digital. También, por sistemas electrónicos de control.

Encriptación: La encriptación es una forma de encubrir los datos bajos algoritmos matemáticos bien definidos. Independientemente de los identificadores y las claves de acceso, los sistemas encriptación tienen la particularidad de que requieren de un software especializado para esa función o de llaves de desencriptación, que pueden ser físicas (hardware). Dentro de una red de Telerradiología (y de Telemedicina en general), tanto el emisor, como el receptor, poseen los mismos códigos de encriptación/desencriptación, agilizando la tarea de la comunicación de los datos, imágenes, informes, etc.

Autenticación y firmas electrónicas: El esquema de autenticación es una forma de verificar si el mensaje o informe enviado no ha sido modificado durante y después de su transferencia. Sirve para verificar, que dicho mensaje o informe, pertenece a determinado especialista. La firma electrónica puede acabar con gran cantidad de falsificaciones y fraudes que ocurren dentro de las redes, principalmente cuando se utiliza Internet. Lo que no debemos confundir es la firma electrónica con la encriptación de los contenidos. En estos momentos existe una fuerte tendencia a definir la firma electrónica y los medios para que sea efectiva en sistemas telemáticos. Actualmente, es posible integrar los sistemas telemáticos con sistemas de seguridad establecidos por comités de estandarización.

Bueno, ¿Hasta aquí todo claro?. ¡Sí!, que bien, aún quedan muchas más cosas por definir en Telerradiología, así que le recomendamos un descanso y que continúe después.

Arquitecturas en Telerradiología

Estimado lector, supongo que le ha quedado claro, que la Telerradiología ha de disponer de una infraestructura de comunicaciones capaz de transportar la información rápidamente a través de toda la red y de adaptarse a las necesidades de cambio. Por ello, deberán buscarse alternativas basadas en redes privadas o en redes privadas virtuales (RPV), que ofrezcan alta calidad, una completa gama de servicios y optimización de costes, tanto en aspectos relativos a interconexiones, como en su operatividad y mantenimiento.

La idea básica de tener una red de Telerradiología basada en RPV, es la de ofrecer a los diferentes puntos de la red, los beneficios de una red privada, pero sin necesidad de que se encarguen de su mantenimiento, proporcionándoles conexiones de voz, videoconferencia y datos, para aplicaciones con requerimientos de alto ancho de banda (RDSI de n canales x 64 Kbps). Para transmitir datos a velocidades aún mayores, las redes Frame Relay, ATM o incluso combinación de ambas será la mejor opción.

Es evidente que la forma de implantación del servicio, así como la rapidez y coste del despliegue del mismo, será diferente para cada Institución, principalmente en lo referente a la disposición de estructuras de telecomunicación y costes de acceso a la red. Algunas Instituciones deben analizar cuál es la estrategia más favorable a sus intereses: líneas alquiladas al operador telefónico establecido o instalaciones basadas íntegramente en recursos propios.

La esencia de utilizar las telecomunicaciones para la implantación de la Telerradiología es la compresión del tiempo y el espacio, metafóricamente hablando; se elimina virtualmente distancia y recorrido de la información. Con la comunicación por satélites, por ejemplo, ya no importa si dos o más nodos en la tierra están cercanos o muy alejados; la transmisión a 100 kilómetros es igual que la transmisión a 1000 kilómetros. El acceso de un nodo al sistema, es independiente de su ubicación geográfica. Además, el movimiento de eslabones analógicos a digitales, en contraste con el movimiento de eslabones analógicos a analógicos, permite la integración de todas las formas de comunicación de la información dentro de la red de Telerradiología, incluyendo voz, vídeo y datos.

Una sólida estrategia en telecomunicaciones y redes es un elemento clave para la construcción con éxito de redes de Telerradiología, la utilidad de un sistema de Telerradiología se puede mejorar según el alcance y la fuerza de su red de telecomunicaciones.

Desde el punto de vista de la arquitectura de una red de Telerradiología habrá que incluir los siguientes aspectos:

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

En Telerradiología se utilizan las tres arquitecturas de redes, explicadas en la Primera Parte de este folleto, Capítulo: *'Redes ¿Para que sirven?'*. Aquí sólo mencionaremos sus objetivos y clasificación:

1. Arquitectura Centralizada.
2. Arquitectura Cliente Servidor.
3. Arquitectura Distribuida.

De las tres arquitecturas las dos últimas son las más utilizadas para redes de Telerradiología en zonas de población dispersa y en zonas rurales. Son arquitecturas muy atractivas por su bajo coste de instalación y la posibilidad de utilización de líneas telefónicas (incluso la utilización de Internet), permitiendo el intercambio entre radiólogos y otros especialistas.

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

- Mayor disponibilidad de la red.
- Reducir el coste operativo de la red.
- Reducir atascos en la red.
- Incrementar la integración y flexibilidad de operación.
- Mejorar la eficiencia.
- Facilidad de uso.

Como podemos ver, la Red de Telerradiología se concibe como una extensión virtual de los departamentos de radiología y los servicios que estos brindan, pudiéndose compartir los recursos humanos, los procedimientos diagnósticos y la base de conocimientos entre diferentes centros de salud. Atendiendo a los escenarios donde se implante una Red de Telerradiología y su localización geográfica, se puede clasificar en (Ver Capítulo: Redes de la Primera Parte):

- Servicio de área local.
- Servicios de área metropolitana.
- Servicios de área extensa o globales.

CONTROL DE CALIDAD EN TELERRADIOLOGÍA

La política y los procedimientos relacionados con el control de calidad en Telerradiología, han sido desarrollados en primer lugar por la ACR y ampliados por la CEN/TC 251 [20,21].

Los sistemas de Telerradiología deben tener toda la documentación de los procedimientos de control de calidad realizados a cada una de las partes que componen el sistema (los monitores[22,23], los sistemas de adquisición[20], digitalización, compresión, transmisión y archivos). El programa de control de calidad está designado para maximizar la calidad y el acceso a la información diagnóstica.



Figura 11. Donde ejercer el Control de Calidad.

El control de calidad en Telerradiología está directamente relacionado con el ideal de la Telerradiología:

- Alta resolución,
- No-compresión de imágenes,
- Altos niveles de transmisión con el adecuado ancho de banda.

En la práctica esto no es así, el ideal de la Telerradiología es en muchos casos inalcanzable. Para poder optimizar la transmisión, se requiere disminuir la resolución de las imágenes, mayores matrices significa mayor tiempo de transmisión (ver tabla 1 de este folleto). Por otra parte, la compresión de imágenes con tasas mayores de 3:1 provoca pérdidas en las imágenes. Imágenes con poca resolución espacial no permite visualizar pequeños detalles o anomalías. Consecuentemente, si la imagen radiológica no tiene la suficiente calidad, incluso especialistas experimentados pueden no realizar un diagnóstico correcto, empeorando la calidad de la Telerradiología.

El aspecto económico, también influye en la calidad de los sistemas de Telerradiología. Los sistemas que cumplen con los estándares ACR y que se acercan a la Telerradiología ideal, son

por lo general sistemas con un nivel de costo alto. Líneas digitales de gran ancho de banda y monitores de alta resolución, son dos de los aspectos que encarecen dichos sistemas.

Asegurar la calidad y la realización de dichos controles debería ser un proceso rutinario. La información almacenada debe estar disponible para casos de emergencia. La calidad del servicio debe estar avalada por un diagnóstico correcto y rápido de las imágenes radiológicas. Esto adquiere su máxima importancia, en pacientes de áreas remotas, donde la Telerradiología es el único soporte de interpretación de las imágenes. También, es importante que mediante la red de Telerradiología, el hospital reciba un aviso inmediato sobre el posible tratamiento, incluso antes de que el paciente llegue al centro asistencial.

La utilización de la Telerradiología no reduce las responsabilidades por el manejo y la vigilancia médica en radiología. Siguiendo algunos resultados de la exactitud diagnóstica de la Telerradiología, se ha demostrado que haciendo un control de calidad correcto se logra más de un 95% de coincidencia diagnóstica entre imágenes radiológicas "in situ" y las mismas imágenes digitalizadas y enviadas a distancia. De Corato y colaboradores lograron en 816 estudios realizados durante 6 meses este nivel de coincidencia diagnóstica[29]. Por su parte, Coons en discusiones de casos diagnósticos con el Hospital General de Massachusetts, obtuvo solamente un 3% de discrepancia en el diagnóstico, debidas más a impresiones del observador, que a problemas técnicos del sistema[30].

En conclusión, el control de calidad, es buscar, cual es la forma viable de diagnóstico, según las normativas establecidas por la ACR y la CEN, para que se cumplan los requisitos legales, éticos y económicos de su implantación, partiendo de que **la calidad de la imagen y el diagnóstico es lo primero.**



Y yo que pensé que hacer Telerradiología consistía en poner dos PC en comunicación por vía telefónica, y ¡ya está, a informar!. Realmente, esta idea está muy lejos de lo que es Telerradiología. El objetivo de nuestra empresa es que Ud. comprenda que es un sistema de Telerradiología, como debe ser implantado, como debe funcionar, cuales son los controles de calidad que se deben establecer para que todo funcione de forma correcta y se cumpla su objetivo: El diagnóstico radiológico a distancia.

Calificación del personal.

Médico Especialista.



El médico especialista debe estar familiarizado con la tecnología básica de Telerradiología, sus ventajas y desventajas (incluida las limitaciones), y debe conocer la utilización del equipo de Telerradiología.

El examen radiológico, desde el centro emisor, debe ser ejecutado por personal calificado y entrenado en los exámenes que realice. En la mayoría de los casos, esto significa, que ha de ser un médico, debidamente autorizado, y/o un técnico del departamento de radiología, debidamente acreditado para tal función. Este técnico debe encontrarse bajo la supervisión oficial de un médico. La interpretación oficial de las imágenes debe realizarla un médico que cumpla los siguientes requisitos:

1. Poseer documentación sobre formación en diagnóstico radiológico y comprensión de la tecnología de Telerradiología, el equipamiento necesario para obtener imágenes diagnósticas y sobre el proceso de obtención de la imagen digital. El médico que realiza la interpretación, debe conocer los principios de protección radiológica, los riesgos de exposición a la radiación, tanto del paciente, como del personal de radiología y los requisitos de supervisión de pacientes y personal.
2. Tener conocimiento de la utilidad de las técnicas de diagnóstico por imagen tales como ultrasonografía, tomografía computerizada, medicina nuclear, resonancia magnética, angiografía y otros procedimientos especializados, para cumplir con el rol del consultante e interpretar las imágenes de Telerradiología.
3. Ha de tener calificación apropiada demostrada antes de recibir una modalidad de imágenes diagnósticas por Telerradiología.
4. Ha de tener un entrenamiento y formación adecuada según las normativas del país o región en cuestión. Puede ser según las normativas de la ACR.

La Certificación en Diagnóstico Radiológico de la American Board of Radiology, el Osteopathic Board of Radiology, la Royal College of Physicians and Surgeons of Canada, o cualquier Órgano Nacional equivalente que certifique esta disciplina y sea reconocida por la American Board of Medical Specialties, que es considerada como prueba de calificación de médico adecuada.

Técnico.

El técnico debe:

1. Disponer de un certificado por el registro nacional apropiado y/o posee licenciatura sin restricción estatal.
2. Estar especializado para operar y dirigir adecuadamente el sistema de Telerradiología.

3. Tener posibilidad de estar en contacto con los físicos médicos, los ingenieros y los especialistas de sistema de comunicación, o especialistas de los sistemas de tratamiento de la imagen.

Físico-médico.

Un Físico Médico Cualificado es un individuo competente para trabajar en una o más ramas de la física médica. La ACR recomienda que los individuos estén acreditados por la rama apropiada de la American Board of Radiology u Organismos Nacionales similares. Las ramas de la física médica son Física de la Radiología Terapéutica, Física del Diagnóstico Radiológico, Física de las Técnicas de Medicina Nuclear y Física Radiológica. Un físico médico certificado, debe haber recibido, según las normativas de la ACR, una formación continuada en estas ramas.

Especialista en sistemas o redes.

Para el mantenimiento de toda la red de Telerradiología, es necesario la presencia de un especialista en sistemas y/o redes, que esté familiarizado con el manejo de imágenes médicas. Este individuo deberá estar calificado para manejar y evaluar los sistemas de Telerradiología.

¡Mientras más leo más difícil lo ponen!

Realmente, no es así, existen empresas, entidades y organismos que se pueden encargar de controlar su sistema de Telerradiología, simplemente Ud. deberá en su plan de acción e implantación de su red de Telerradiología, tener en cuenta esta circunstancia. Por ejemplo; nuestra empresa esta a su disposición para llevar adelante estos temas sin ningún problema.

Temas médico-legales.

En las aplicaciones telemáticas se plantean problemas tales como:

- Intimidad y confidencialidad.
- Responsabilidad profesional.
- Estándares éticos.
- Cuotas de pago.
- Temas legales.

Actualmente no existe un marco legal para el desarrollo de la Telerradiología y los PACS, aunque eso no es cierto del todo. Los organismos internacionales y estatales trabajan arduamente para llegar a obtener un marco legal que se ajuste a la realidad. Por ejemplo la EHTO ya tiene un grupo de trabajo exclusivo destinado a estos menesteres, pero la velocidad del desarrollo tecnológico y de la implantación de sistemas de Telerradiología va mucho más allá del alcance legislativo. Sin embargo, debe considerarse, que puede pasar cuando un informe "provisional" se envía adjuntado a la imagen y resulta ser incorrecto. O que ocurre cuando la información que se recupera es vulnerable a corrupción o contaminación por virus. Es importante que exista la máxima seguridad con respecto a este tipo de información.

Para evitar estos problemas y muchos otros, se desarrollan protocolos y estándares que protegen la confidencialidad de cualquier información médica privada. Se están creando organismos "autorizadores", que desarrollan la legislación relacionada con este tema, pero todavía existen muchos puntos sin aclarar y las guías que se desarrollan deben ser revisadas y actualizadas periódicamente.

Seguridad de los datos informáticos

Esta área se refiere a los datos soportados por el ordenador de un hospital. Y se puede convertir en un área de preocupación, cuando estos datos se transmiten entre hospitales o entre naciones. Es una ofensa criminal acceder a modificar material informático sin autorización. ¿Pero, cómo protegerse de accesos no autorizados?. En Inglaterra, por ejemplo, ningún sistema de registro electrónico hospitalario debe estar en uso, si no cumple con el Manual 16 del "NHS IM&T", complementado con el anexo A de la circular de 1998 del sistema nacional de salud del Reino Unido: "utilización de datos electrónicos de pacientes en un hospital".

Telerradiología en Internet

La utilización de información telerradiológica no debería necesitar de legislación adicional, pero si deberían seguirse ciertas directrices. En la práctica, un sistema de correo o un sistema de almacenamiento de radiografías puede ser penetrado con más facilidad que un ordenador. Es más seguro, transmitir los datos vía Internet, siempre y cuando se garantice, que los datos de identificación del paciente y datos demográficos han sido eliminados y que se ha desarrollado

un método alternativo de identificar los datos por imagen. Antes de utilizar ningún sistema, hay que verificar que este sistema es seguro.

Telerradiología desde el extranjero

Si se reciben imágenes radiológicas desde el extranjero y se precisa de un informe, es vital asegurarse una adecuada protección por ambas partes. El radiólogo debe asegurarse de que su defensa está cubierta por la organización para la que trabaja y que ésta acepta la responsabilidad de la gestión médica.

La información Telerradiológica entre estados americanos exige que los radiólogos estén autorizados, tanto en su propio estado, como por el estado que envía las imágenes.

Retención de historias

Los informes de radiología no digitales están siendo destruidos progresivamente según los informes electrónicos van tomando terreno. En el futuro las radiografías solicitadas se iniciaran de forma electrónica. Mientras tanto, es importante considerar si el papel solicitado debería guardarse o digitalizarse en sistemas PACS, RIS o HIS. El sistema de salud nacional del Reino Unido aconseja, que cuando el papel solicitado deba ser destruido, esta destrucción se justifique adecuadamente (ejemplo: Por necesidad de espacio). En el caso de tener que guardar los datos por un periodo largo de tiempo, la cuestión de la lectura de historias o datos previos deberá considerarse si el sistema tiene que ser actualizado.

Consideraciones prácticas

Debe tenerse en cuenta lo siguiente:

1. No existe ningún sistema económico o de seguridad para almacenaje indefinido de historias electrónicas que esté aceptado universalmente.
2. La legislación que implantará la directiva de la Unión Europea sobre protección de datos está preparándose y precisará de la revisión de las directrices ya existentes sobre el manejo de datos electrónicos.
3. Es necesario crear acuerdos legislativos para establecer el estatus legal de las firmas digitales electrónicas

Acuerdos a nivel de servicios

Cuando un departamento u hospital entra en un acuerdo, para proporcionar servicios de Telerradiología, es necesario generar guías estrictas, como por ejemplo, protocolos escritos para la seguridad de su práctica y cubrir los siguientes temas:

- Disponibilidad de radiólogo en la estación receptora, velocidad de entrega del informe y a quien hay que enviarlo.
- Precisión de los datos recibidos, incluyendo el grado de comprensión y/o resolución de datos comparándolos con el original.

- Velocidad de comunicación entre las estaciones emisora y receptora.
- Responsabilidad por la retención y el archivo de historias e informes, así como por la duración de la retención de historias.
- Consistencia y frecuencia del control de calidad. Auditoria del servicio de Telerradiología.
- Seguridad de la información de rastreo, conformidad con la legislación sobre seguridad y confidencialidad
- Presencia de un contrato de mantenimiento.
- Cambio de los planes de trabajo del radiólogo y de sus recursos, que refleje los niveles extras de actividad secundarios a la Telerradiología.

Aceptación de los sistemas de Telerradiología en la práctica

Deben estar relacionados con la forma en la que el sistema opera, utilizando controles de calidad de forma frecuente, para garantizar la seguridad en la práctica.

Autorizaciones, credenciales y obligatoriedad.

La ACR y la CEN/TC 251 definen, que el especialista que realiza de forma oficial el informe médico debe tener licencia y autorización apropiada para dicha función. Definen, que una interpretación o informe oficial de las imágenes teletransmitidas, es un reporte escrito o hablado, que se adjunta a la historia clínica del paciente o a los registros de paciente, en caso de que la historia clínica no exista en el lugar del informe.

El especialista que realiza el informe, es el máximo responsable de la calidad de las imágenes por él recibidas para la interpretación. De no ser así, deberá pedir nuevas imágenes o realizar una consulta secundaria a otro médico autorizado del colectivo de médicos. Sólo se comenzará con la realización de informes a distancia, una vez comprobado que todo el sistema cumple los estándares de control de calidad expuestos por la ACR y la CEN/TC 251[20,21], según la ISO 9001.

Las imágenes y el informe realizado por el especialista, no pueden ser borrados ni alterados de sistema de almacenamiento. Estas imágenes y dicho informe y todas sus posteriores recomendaciones, no deben ser borradas del sistema durante el tiempo establecido entre la unidad receptora y la unidad remota emisora, o según normativas establecidas por las autoridades regionales, municipales o nacionales, según cada caso.

Los especialistas que forman parte del colectivo que realizan los informes en Telerradiología, deberán ajustarse a los estatutos, reglas y regulaciones para la atención del paciente del centro remoto.

Imagino les quedó claro. De no ser así, si es Ud. Radiólogo, que se dispone a realizar informes a distancia, sugiero se lea dichas recomendaciones de los textos indicados.

SISTEMAS ESENCIALES REQUERIDOS

Antes de realizar un análisis de los sistemas esenciales requeridos debemos analizar las modalidades de imágenes médicas para determinar los requerimientos en “hardware” y “software”

Telerradiología y Radiología convencional (X-Ray).



La radiología convencional quizás sea el método de imágenes más utilizado. El diagnóstico de fracturas, neumonías, cálculos renales, obstrucciones intestinales, desplazamiento de catéteres son algunas de las muchas indicaciones de los estudios radiológicos.

Hardware requerido: Como ya se mencionó, a partir de una radiografía convencional, se puede emitir un diagnóstico preliminar. Las imágenes de X-Ray, son generalmente imágenes de matrices grandes, cuya resolución es de 2048x2560 pixels con 10 ó 12 bits por punto (hasta 4096 niveles de gris) y para imágenes donde es necesario un gran detalle, pueden llegar hasta los 5120x6144 pixels, lo que indican que tienen mayor tiempo de transmisión (Ver Tabla 1 en este folleto). Para capturar

las imágenes de radiología convencional, es necesario poseer un sistema de captura de digital (**Sistemas CR, Flat Panel o Digitalizadores ya sean Láser o CCD**, ver primera parte Radiología Digital). Si de urgencias se tratase, **la línea de comunicación**, deberá tener el ancho de banda que corresponda con las necesidades de ambas entidades: emisora y receptora (ver capítulo “Estándares en Telerradiología”).

Software requerido: Las limitaciones que generalmente encontramos en las radiografías son: demasiado brillo (pocopenetradas), con muy poco brillo (sobrepentradas) y mal posicionado del paciente. Dejando aparte estos problemas, el sistema de tratamiento de imágenes, deberá ser capaz de poder ver toda la imagen, desplazarla por el monitor y tener todas las funciones de ventana, brillo y contraste, marcar regiones de interés, zoom, resaltado de bordes, rotaciones, mediciones, etc (ver Capítulo “Estándares en Telerradiología”).

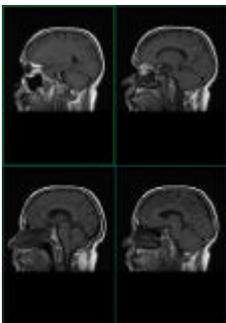


Telerradiología, TC y RM.

El escenario típico, que nos podemos encontrar, es el de un paciente que llega al hospital inconsciente producto de un accidente automovilístico a las 2 de la madrugada. En la sala de urgencia el médico indica la realización de un TAC de cráneo, para determinar la posible causa del traumatismo craneoencefálico.

Hardware requerido: Adquisición del estudio. El estudio realizado puede constar de 25 a 40 imágenes de CT en matrices de 512x512 a 10 ó 12 bits por punto (2048 ó 4096 niveles de gris). Existen dos posibilidades, que las imágenes sean capturadas directamente del equipo radiológico, o que sean digitalizadas. En la primera, solamente será necesario la **comunicación compatible DICOM IP**, en la segunda, un **sistema digitalizador** de radiografías. Después de capturadas las imágenes, deberán ser enviadas al radiólogo para su interpretación. Dicho radiólogo, podría estar, en su casa de guardia localizable, o en presencia física en un centro hospitalario. En el lugar donde se encuentre dicho especialista, deberá existir un **sistema para procesamiento de las imágenes y realización del informe** diagnóstico. Además, de existir una **vía de comunicación** entre la entidad emisora y la receptora.

Software requerido: En situaciones de emergencia, la mayoría de los especialistas manipulan

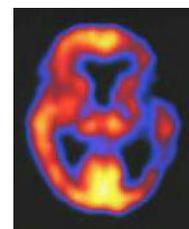


poco las imágenes médicas transmitidas, debido a la rapidez con la que se debe realizar el informe. El sistema de software debe estar diseñado para utilizar las funciones mínimas indispensables en dicho momento, "zoom", niveles de ventana, reconstrucciones multiplanares, rotaciones, etc. Estas funciones, son las que normalmente poseen los sistemas de procesamiento de imágenes radiológicas. Además, el sistema, debe poseer la capacidad de salvar, borrar, enviar y recibir información necesaria de otros sistemas con datos relativos al paciente.

Telerradiología, MN y PET.

La Medicina Nuclear es una rama del diagnóstico por imagen, en el que se utilizan pequeñas cantidades de isótopos radiactivos, alguno de ellos vinculados a radiofármacos. La imagen obtenida, es producto de la detección espacial de la cantidad de estas sustancias acumuladas en el tejido estudiado. Un estudio típico realizado en medicina nuclear, es examinar a un paciente, que como resultado de estar encamado, de repente posee una respiración anormal. En este caso, se pretende identificar la posibilidad de un tromboembolismo pulmonar, él cual si no es detectado, tiene una tasa de mortalidad muy alta.

Hardware requerido: La mayoría de las imágenes de NM son de matrices de 128x128 y en algunos estudios de 256x256. En estudios dinámicos se realiza la adquisición de imágenes cada 2 segundos con matrices de 64x64. En la mayoría de los casos se utilizan hasta 256 niveles de color o pseudocolor. Una de las formas de adquisición de la información, es con utilización de **"frame grabbers"**, otra la **captura directa** de los dispositivos de salida y una tercera la **digitalización** de las imágenes del estudio. En todos los casos los requerimientos gráficos para las imágenes de NM, son bastante modestos a diferencia de los estudios de CT y CR/FD.



Software requerido: Una de las exigencias que se imponen a los sistemas para procesamiento de imágenes de NM es la posibilidad de comparar diferentes regiones de interés en las imágenes o en toda la serie temporal, realizar mediciones absolutas, relativas y la posibilidad de realizar curvas de actividad en el tiempo, la medición de parámetros fisiológicos, etc. También se exige, que en el procesamiento de las imágenes exista posibilidad de “zoom”, contraste, brillantez, rotaciones, análisis de convolución y fourier de curvas e imágenes, etc.

Telerradiología y Ultrasonido (US).

Las imágenes de ultrasonido son producidas por la emisión-recepción de las ondas ultrasónicas. Como la forma de adquisición depende en gran medida del especialista, la colocación del transductor, la amplitud de la señal, el tipo de estudio, etc. lo utilizado generalmente son sistemas **“frame grabber”**. Si el equipo de US es DICOM Compatible y se



encuentra conectado a una red DICOM IP, la captura se realiza de forma directa por **conexión IP**. Las imágenes producidas pueden llegar a ser de 640x480 pixel con 8 bits por punto (256 niveles de gris). También, las hay que son generadas con 24 bits por punto. En ambos casos el sistema hardware y software requerido no difiere del necesario para imágenes de CT y MR.



Hasta aquí hemos visto la relación que existe entre las diferentes modalidades de imágenes radiológicas y las necesidades mínimas para un servicio de Telerradiología. Debemos recordar siempre, que apartarse de la norma puede ser muy peligroso, tanto desde el punto de vista legal como funcional. Si Ud. ahora decide informar US a distancia, pero prevé que en un futuro inmediato podrá informar además estudios de TC para urgencias y/o radiografías digitalizadas, no escatime en recursos, porque no podrá convertir un simple sistema de Telerradiología para US es un sofisticado sistema para radiografías digitalizadas, sin embargo siempre podrá realizar la conversión inversa.

Telerradiología Intra-institucional.

Integración de múltiples unidades radiológicas.

El proceso de concentración de las especialidades médicas de avanzada dentro de los grandes hospitales de cuidado terciario, produce preocupaciones relacionadas con la logística. El crecimiento del tamaño de los hospitales, ha dado como resultado, la diseminación de los medios médicos por toda el área de extensión no sólo de un campus, sino también a escala metropolitana. La cuestión es: ¿Cómo controlar el flujo de información diagnóstica entre varias pertenencias de radiología de la misma institución?. Este control del flujo de información tiene crucial importancia en el manejo del cuidado del paciente, puesto que permite un diagnóstico rápido, y por tanto, reducir el tiempo requerido para la toma de decisiones clínicas y limitar la estancia de los pacientes en el hospital[31-33].

En este contexto general, las necesidades peculiares de información, que se intercambian entre varias unidades fragmentadas, se encuentran los servicios de radiología. Frecuentemente, los servicios de radiología de un hospital constan de varias secciones o unidades separadas (especialmente o geográficamente), donde cada unidad enfoca un grupo de aplicaciones clínicas (ejemplo: cuidado intensivo, neuroradiología, radiología pediátrica, etc.) o tecnología específica (ejemplo: Unidad de CT-MR, unidad de Angiografía, US, etc.)[34]. Además, otras secciones radiológicas son, a menudo, colocadas como unidades satélites del hospital, localizadas a distancia[35-39]. Para mantener la unidad lógica de los datos imagenológicos obtenidos de un paciente en varias pertenencias, es de crucial importancia, asegurar las comunicaciones entre cada una de las unidades que componen el servicio de radiología de un hospital.

Además de los beneficios clínicos esperados por esta integración, se debe pensar en el ahorro del costo general de todas las secciones de radiología, aunque al evaluar el costo-efectividad de esta integración se debe pensar en términos prolongados en el tiempo, para evitar considerar el costo inicial tecnológico adicional con respecto al manejo convencional de radiología (ver más adelante "costo-efectividad en Telerradiología"). En algunos estudios realizados [40,41], se ha demostrado que sólo se puede hablar de beneficios por integración posterior a los 1000 estudios de CR realizados, a 840 de CT y 760 de MR. Por otra parte, no solo se debe tomar la relación de costos y beneficios propios del servicio de radiología, hay que tener en la mira el resto de las especialidades clínico-quirúrgicas que se benefician de dicha integración. También, se debe tener en cuenta, que de esta posibilidad de compartir imágenes y diagnóstico radiológico, con la posibilidad de tener los datos de un paciente, por parte de varias especialidades médicas, beneficia a toda la institución en general[42,43].

Estos beneficios, a menudo son denominados "**beneficios ocultos**", que deben ser evaluados cuidadosamente con la finalidad de ayudar a los sistemas de Telerradiología intra-institucionales y no solamente justificar dicha integración sólo en términos de costo-efectividad en base a beneficios de los servicios de radiología[44].

Comunicación radiólogos-especialistas clínico-quirúrgicos.

El objetivo principal del radiólogo es el de proporcionar la información diagnóstica exacta demandada, lo más rápido y eficaz que sea posible. El objetivo de la Telerradiología, en este caso, es la de mejorar la comunicación entre el radiólogo y el resto de las especialidades médicas, para proveer de forma rápida y oportuna la información imagenológica y diagnóstica, y establecer un vínculo de "retroalimentación" entre especialistas y radiólogos, con la finalidad de lograr toma de decisiones diagnósticas y la interacción efectiva en el momento de discutir, enfocar y decidir las pruebas diagnósticas diferenciales y seleccionar los exámenes imagenológicos adicionales[45].

De todas las aplicaciones de la Telerradiología intra-institucional, la más importante, es la de evitar las negligencias por falta de comunicación entre radiólogos y médicos[46]. Se han señalado múltiples y conmovedoras opiniones judiciales, donde las negligencias cometidas están directamente relacionadas con los informes radiológicos de pacientes que habían demorado varios días en llegar a su destino y, en múltiples ocasiones, había sido imposible recuperar la información después de perdida. Las comunicaciones digitales y los procesos de almacenamiento de información de las estructuras Telerradiológicas evitan que estos problemas ocurran con frecuencia[35,46,47].

Telerradiología Inter-institucional.

Interpretación Primaria.

El objetivo de la **Telerradiología, como diagnóstico primario**, es proporcionar la interpretación remota de exámenes imagenológicos, que no se pueden interpretar en el lugar, donde son generados, debido a la falta de personal o de especialistas específicos. Las imágenes, junto con algunos datos clínicos del paciente, son transmitidas a un radiólogo remoto, que tiene la responsabilidad legal de realizar el informe diagnóstico. Por el tipo de actividad que se realiza en el diagnóstico primario, se requieren unos mínimos calidad estandarizados por la ACR y la CEN[2,7,15,16,20](Ver "Estándares en Telerradiología").

La Escuela Americana de Radiología dentro de sus sugerencias concluye, que la responsabilidad en la interpretación y el diagnóstico, después de la aceptabilidad del estudio transmitido, es por parte del radiólogo. También concluye, que solo se puede tomar esta responsabilidad, si se ha recibido el entrenamiento adecuado en el uso del equipamiento de Telerradiología y, por consiguiente, una comprensión de la tecnología básica de Telerradiología[7].

Los ejemplos típicos de aplicación de la Telerradiología son: la interpretación en aplicaciones militares, en zonas rurales y como cobertura vacacional. En particular, las áreas rurales, que poseen problemas para proveer ofertas de diagnóstico radiológico, son las que más se favorecen de la Telerradiología[48]. La limitación inherente a la implantación de la Telerradiología en estas zonas está fundamentada entre la necesidad de brindar un servicio

radiológico estable y la inversión necesaria para ello. La cuestión real de muchos hospitales rurales no es elegir entre sistemas de Telerradiología de bajo-costos y alto-costos, sino entre tener o no la consulta del radiólogo remoto[49].

Consultas remotas con especialistas remotos.

El especialista o experto remoto, permite el acceso profesional al conocimiento especializado a distancia entre diferentes centros de radiología, cuando la interpretación de algunos casos específicos puede ser particularmente difícil. En estos casos, el radiólogo informante utiliza una segunda opinión de un colega o de otro especialista para decidir un diagnóstico. El último dará responsabilidad por el consejo dado, aunque la responsabilidad no pasa del primero[50]. Para brindar consultas remotas, el especialista requiere de una estación remota receptora, con un sistema de software que permita trabajar con las imágenes al igual para el diagnóstico primario. En algunos países como Estados Unidos, Canadá, Australia, Finlandia, Japón, etc. determinados centros académicos con base nacional ofrecen estos servicios a bajo costo. Este tipo de consultas remotas permite agilizar la interpretación de las imágenes, mejorando la calidad del servicio brindado.

Formación y educación.

La Telerradiología se ha utilizado también con fines educativos, permitiendo realizar el seguimiento de personal en formación a distancia, aprovechando la experiencia de colectivos de expertos, disponibles en centros e instituciones grandes. Generalmente se realizan presentaciones y discusiones de casos, teleconferencias y consultas de imágenes de forma remota, utilizando banco de datos, con el objetivo de elevar el nivel de conocimiento radiológico y mejorar la emisión de un diagnóstico. Tales aplicaciones de la Telerradiología han demostrado ser técnicamente factibles y costo-eficaces [50].

La investigación realizada por esta vía, puede beneficiar a la Telerradiología, ya que proporciona un diagnóstico homogéneo de los casos informados, aunque procedan de lugares diferentes. Otra peculiar orientación de las aplicaciones de la Telerradiología, es el tratamiento remoto de las imágenes diagnósticas. Este servicio proporciona al radiólogo disponer de recursos virtuales que le permitan realizar procesos avanzados de imagen, sin la necesidad de adquirir costosos sistemas informáticos. Las imágenes son procesadas en el radiólogo remoto y, el resultado de dicho procesamiento, enviado a la unidad emisora para su diagnóstico o utilización posterior[35,51].



Hasta aquí, todo muy bonito, ¡que maravilla, la Telerradiología es fabulosa!. Pero antes de seguir tan contento y sacando pecho, es preciso leer el capítulo siguiente sobre, cuanto nos va a costar un sistema de Telerradiología, totalmente homologado, fiable y listo para funcionar.

Costes de implantación. ¿Será efectiva?

Antes de entrar en un tema tan conflictivo como este, debemos hacer una pequeña reflexión sobre los componentes de un sistema de Telerradiología:

Sistema digital de transporte:

El costo de transmitir imágenes variará de acuerdo al tipo de transmisión utilizado, su ubicación y tal vez la línea utilizada. Se deberá seleccionar en función de la velocidad que se requiere, considerando la capacidad de la línea y el número y tipo de imágenes a transmitir.

Tecnología	Velocidad nominal	Tiempo (transmitir 10 Mbytes)	Precio tarifa plana (*) (Euros/mes)
RTS 56 kbps módem	< 56 kbps	24,0 m	50 - 80
RDSI	128 kbps	10,0 m	250 - 400
Satélite (GSM)	400 kbps	3,3 m	600 - 1 800
Cable módem	>500 kbps	2,7 m	180 - 250
ADSL	>784 kbps	1,7 m	45 - 150
T1 (H1)	1,5 Mbps	54 s	1 800 - 4 500
ATM	34 Mbps	2,4 s	18 000 - 35 000

(*) Este precio es una aproximación, puede ser que cuando lea este documento; incluso, los precios hayan dismuido al 20%, es impredecible, pero sabemos que disminuyen constantemente. También cambian los precios de una empresa telefónica a otra.

Captura de imágenes:

El costo en cuanto a la captura de imágenes es uno de los que mayor peso específico tiene. Existen varios sistemas de captura de imágenes (ver en el capítulo Estándares en Telerradiología. "Captura de imágenes"). Teniendo en cuenta los sistemas y equipos instalados, se pueden utilizar diferentes sistemas de captura. Un servicio de radiología no actualizado que trabaja con modalidades de Rx-convencional, y TC no DICOM, la variante más económica podría ser la modalidad de digitalización mediante escáner. Si por el contrario se trata de un servicio con equipos de TC, RM y US no conectados a red DICOM, la modalidad más económica sería un sistema múltiple "frame grabber". Para modalidades DICOM la variante más económica es la conexión IP a un red DICOM mediante Gateway de todos los equipos (ver primera parte de este folleto: "Radiología Digital").

Descripción	Tecnología	Precio aproximado (Euros)
Digitalización mediante escáner	CCD	8 500 - 24 000
	Láser	15 000 - 36 000
Frame Grabber	Estático	1 500 - 4 500
	Dinámico	2 300 - 7 000
	Múltiple (4 canales)	4 500 - 15 000
Cajas Negras	Conversión DICOM de equipos no DICOM	20 000 - 50 000
Gateway DICOM	Query/Retreive DICOM (SCU-SCP)	1 500 - 8 000
Radiología Computada	CR con placas de fósforo	60 000 - 150 000

Estación de Visualización y Diagnóstico.

El precio de las estaciones de visualización y diagnóstico varia de acuerdo al tipo de ordenador que se utiliza, la calidad del monitor y el sistema informático instalado. Los sistemas sobre PC son los menos costosos. Los monitores comerciales de 21" 1600x1200 (landscape) dan una buena calidad de imagen si cumplen con las características antes mencionadas (ver Estándares de Telerradiología. "Monitores" y primera parte de este folleto). Estos monitores pueden oscilar entre los 700 y los 3 500 Euros y pueden llegar a tener resolución de 2048 x 1860. Sin embargo, los monitores en blanco y negro son más costosos. Los monitores 1200 x 1600 (21" portrait) pueden llegar a costar 10 000 Euros y los de 2000 x 2500 pueden llegar a los 23 000 Euros. Los PC más potentes, que se comercializan en la actualidad, pueden llegar a costar alrededor de 10 000 Euros, teniendo una configuración ideal para una estación de diagnóstico bajo las normas ACR (si tiene dudas, revise la primera parte de este folleto el capítulo "Las Estaciones de Trabajo").

Descripción	Configuración	Precio aproximado (Euros)
PC	Dual P-III 700 MHz 512 Mbytes RAM HD UW SCSI 80 Gbytes	3 500 – 9 400
Monitores Monocromos (CRT) 4096 niveles de gris por pixel	Portrait 1200 x 1600 (19"-21")	2 500 – 6 000
	Portrait 2048 x 2560 (21" – 25")	7 000 – 18 000
	Portrait 2560 x 3072 (21" – 25")	9 600 – 23 000
Monitores Color (CRT) 32 bits por pixel	Landscape 19" 1600x1280	560 – 1 100
	Landscape 21" 1800x1440	900 – 1 700
	Landscape 21" 2048x1860	1 200 – 2 500
	Landscape 24" 2048x1860	2 400 – 4 000
Monitores Color (TFT) 32 bits por pixel	Landscape 15" 1280x1024	900 – 1 900
	Landscape 17" 1280x1024	1 800 – 3 000
	Landscape 19" 1600x1200	3 000 – 7 600
Monitores Monocromos (TFT) Pseudogris	Portrait 21" 2048x1536	14 000 – 18 000
	Landscape 20" 1440x1920	11 000 – 16 000
Tarjetas controladoras	Simple 2 Megapixel	1200 – 2 300
	Simple 5 Megapixel	6 000 – 9 400
	Simple 8 Megapixel	8 000 – 11 600
	Dual 2 Megapixel	1 600 – 3 100
	Dual 5 Megapixel	9 000 – 13 700
	Dual 8 Megapixel	12 000 – 17 000
	Cuadruple 1280x1024 color	800 – 1 400
	Cuadruple 1600x1280 color	970 – 4 000
Cuadruple 2048x1860 color	1 400 – 7 700	

Concluyendo, una estación de trabajo puede costar desde la pequeña cifra de 4 000 Euros, hasta la asombrosa cifra de 148 000 Euros. Es Ud. quien decide.

Almacenamiento.

El sistema de almacenamiento esta estrechamente vinculado al volumen de imágenes que circulan por la red. Las normativas de la ACR y la CEN exigen el almacenamiento de las imágenes en las estaciones emisoras y receptoras por períodos no menores de 5 años, para lo cual, se requieren sistemas de almacenamiento históricos de estudios de pacientes. Sobre el volumen de imágenes que generan los servicios de radiología y dispositivos de almacenamiento, escribimos en las dos primeras partes de este folleto, capítulos “Archivos de Imágenes” (Primera parte) y “La red digital de imágenes” (Segunda parte).

Aquí pondremos otros ejemplos:

Tamaño representativo de las imágenes médicas en radiología.

Modalidad	Tamaño de la matriz	Profundidad en bits	Tamaño típico
Mamografía	4000 x 6000	12	50 Mbytes
Radiografía Computada	2000 x 2500	10 ó 12	10 Mbytes
Fluoroscopia Digital	1000 x 1000	8 ó 10	1 ó 2 Mbytes
Cine Digital	1000 x 500	8 ó 10	1 Mbyte
TC	512 x 512	16	512 Kbytes
US	512 x 512	8	256 Kbytes
MR	256 x 256	16	128 Kbytes
MN	128 x 128	16	32 Kbytes

Volumen generado en un servicio de radiología hipotético de un hospital medio (75 000 estudios al año):

Tipo de examen	Estudios por año	Volumen promedio generado por examen (Mbytes)	Volumen generado por año (GBytes)
Radiografía	37 500	20	750,0
Radiografía Ambulatoria	20 000	10	200,0
TC	5 000	20	100,0
Fluoroscopías	2 500	50	175,0
US	2 500	7	17,5
RM	2 500	15	37,5
MN	2 500	4	10,0
Mamografía	1 500	200	300,0
Otras	1 000	75	75,0
Total			1665,0



Para almacenar dicha información será necesario un RAID de 3,3 Terabytes y Jukebox de 7 Terabytes, la nada menospreciable cifra de 380 000 Euros. Ahora bien, los sistemas de almacenamiento pueden ser tan simples como se desee, siempre que cumplan con las normas exigidas por la ACR y CEN, pero tal como comentamos anteriormente, a veces se pierde más en búsquedas innecesarias, que lo que puede costar tener un correcto sistema de almacenamiento en tres capas: Imágenes “on-line” de acceso rápido y directo, imágenes “on-line” de acceso indirecto y por último imágenes “off-line”, guardadas en dispositivos magnético-ópticos.

Costo efectividad en Telerradiología.

Evaluar el costo-efectividad de la Telerradiología es una tarea difícil, sin embargo, se puede utilizar una metodología muy sencilla[57]: Utilizar el análisis del costo comparativo entre los estudios diagnosticados por Telerradiología y los diagnosticados por métodos habituales.

El objetivo de esta metodología, es demostrar a partir de que momento es costo-efectiva la Telerradiología y si es realmente factible dicha efectividad. Debemos recordar, que en Telerradiología tenemos gastos por equipamiento, almacenamiento, radiólogo remoto, telecomunicaciones, mientras que en los procedimientos habituales, existen gastos en radiólogo "in situ", transporte de radiografías o desplazamiento de pacientes de un escenario a otro, cuando no es posible realizar el diagnóstico "in situ".

El costo es un aspecto vinculado a cada examen realizado. Existen diferentes puntos de vistas, para valorar el costo de un examen, que pueden intervenir en el análisis. No existe una sola medición de costo que se pueda utilizar para todos los propósitos. El análisis del costo debe adaptarse a los argumentos de cada situación.

La Perspectiva del análisis es el primer concepto básico a tomar para el estudio. Se puede utilizar la **perspectiva del proveedor**, pero si se toma esta perspectiva, habrá que utilizar todos los recursos que son responsabilidad del proveedor. Alternativamente, se puede utilizar la **perspectiva enfocada hacia el paciente y su entorno**. En este caso, el costo se determina a partir de la utilización de las aplicaciones de Telerradiología por el paciente y su entorno, incluido médicos de atención. La perspectiva más amplia es la **perspectiva social**, que abarca el interés de todos los miembros de la sociedad - los proveedores, los pacientes y su entorno y médicos de atención. Esta perspectiva, es utilizada a menudo, cuando se realizan estudios económicos, como forma de obtener el cuadro global de mayor implicaciones de recursos.

¿Cuál es el costo? Buena pregunta. Antes de responderla veamos quienes y en que forma intervienen en el costo.

El costo de un examen es la sumatoria del valor de todo los servicios que intervienen y los recursos que se utilizan. Los recursos incluyen, la labor realizada para obtener el estudio, el equipamiento, los suministros, los servicios de telecomunicaciones y otros gastos (ejemplo electricidad). El valor de los servicios puede determinarse por lo que paga el usuario por los recursos. En algunos casos, el usuario de recursos puede utilizarlos sin necesidad de pago, en ese caso queda un "costo" en el sentido de que el usuario del recurso deja "algo" utilizando estos recursos. Para evaluar los recursos pagados e impagados con un mismo parámetro, el costo de los impagados, se puede referenciar, al costo que tendría si no utilizase dicho recurso.

Debemos tener en cuenta, además, varias distinciones cuando se quiere realizar un análisis de costo:

- Distinción entre costo de los recursos y pagos transferidos. El pago por traslado, proporcionados por seguro de desempleo, los pagos por invalidez o sociales no son

considerados costes, desde de un punto de vista social. A escala social, los pagos transferidos se cancelan (pagos = recibos), y no es considerado costo. Pero si la perspectiva es de proveedor o paciente, los pagos transferidos son considerados costes.

- Distinción entre costo directo e indirecto. Es costo directo es el que se realiza cuando se paga el servicio recibido. El costo indirecto se produce con el aumento del tiempo de ocio o cuando hay una reducción en la productividad que influye en las ganancias. La Telerradiología reduce ambos costos.
- Distinción entre costo operacional y capital. El costo capital es el costo asociado a la depreciación del equipamiento.

Veamos ahora todo este enjambre de conceptos en un caso práctico de Telerradiología.

Realicemos un análisis de costo, con perspectiva social, por cada estudio realizado. El escenario al que miraremos será el siguiente. Centro hospitalario aislado, donde no existen algunos servicios y deben enviar pacientes a otro centro de referencia. También, digamos que este centro realiza 3,000 estudios al año con o sin servicio adicional de Telerradiología, con un promedio de 4,500 radiografías (1.5 radiografía por paciente). Sin Telerradiología, el paciente se realiza un estudio de Radiología Convencional y, si se presentan las complicaciones que se esperan, hay que enviarlo a un centro de referencia. Puede ser trasladado en una ambulancia, pero si se trata de una urgencia, habrá que enviarlo por vía aérea, con todos los servicios médicos necesarios para dichos casos. Bajo el sistema convencional se trasladan un promedio de 450 pacientes año por ambulancia y 24 pacientes año en helicóptero. Con la utilización de la Telerradiología, el envío de pacientes al centro de referencia, se redujo considerablemente, pero no se pudo eliminar. Se enviaron 215 pacientes año, como promedio, en ambulancia y 8 pacientes año en helicóptero. Como el costo por paciente en traslado se considera significativo, el análisis del costo por estudio radiológico se realiza desde la perspectiva social. En este caso, se comparará el costo del estudio por Telerradiología con el costo del estudio por vía convencional. El resultado final se expresa en términos de promedios de costes por paciente, de esta forma, los costos directos e indirectos se evalúan a partir de las frecuencias ocurridas y pueden compararse. Del mismo modo, se evalúa el costo del equipamiento Telerradiológico, el médico de referencia, los otros profesionales de salud, etc.

	Tele	RC	Suposición
Gastos Fijos por paciente			
Equipamiento de Telerradiología	16,67	-	Costo del equipamiento de Telerradiología valorado en 200,000 Euros, más un 5% de interés anual. Depreciación anual de 40,000 Euros en 5 años más 10,000 Euros por intereses. Costo anual por paciente 50,000/3,000
Mantenimiento del Equipamiento	6,67	-	El costo anual de mantenimiento es equivalente al 10% del precio del equipamiento 20,000 Euros, por paciente es igual a 20,000/3,000
Profesional de salud en Radiología	3,33	0,67	Técnico de Telerradiología 0.5 TOE a 20,000 Euros Técnico de Radiología "in situ" 0.1 TOE a 20,000 Euros
Total de gastos fijos	26,67	0,67	
Gastos Variables por paciente			
Honorarios del Radiólogo	8,28	8,28	5,52 por radiografía (honorario provincial) x 1,5 radiografías por paciente
Traslado del paciente ambulancia costo directo	12,90	27,00	Telerradiología: 0.30 /km x 600 km x 215 /3,000 Radiología Convencional: 0.30 /km x 600 km x 450 /3,000
Traslado del paciente por aire costo directo	12,80	38,40	Telerradiología: 8/km x 600 km x 8 / 3,000 Radiología Convencional: 8/km x 600 x 24/3,000
Comunicaciones	3,5	-	5 minutos de transmisión x 0.70 por minuto (384 kbps)
Costo del diagnóstico después del traslado	7,43	15,80	Telerradiología – médico de referencia 100 x 223 / 3,000 Radiología Convencional – médico de referencia 100 x 474 / 3,000
Costo indirecto del paciente por transportación	11,15	23,70	Telerradiología – costo del viaje 15/hora x 10 horas x 223 / 3,000 Radiología Convencional – 15/hora x 10 horas x 474 / 3,000
Total de costo variable	56,06	113,18	
Costo total	82,73	113,85	

Hasta aquí se observa claramente, para este ejemplo, en el que como promedio se realizan 3000 estudios al año, la Telerradiología es costo-efectiva. Claro, es un estudio realizado "a posteriori". Pero, ¿cómo podemos saber, si para nuestro entorno lo es?. En este caso se deberá realizar un estudio comparativo desde la perspectiva del proveedor y el paciente. Tendríamos por un lado el costo fijo de la inversión y por el otro el costo variable, que dependerá del número de pacientes que se realicen estudios de radiología.

Para este tipo de análisis utilicemos un centro hospitalario, que no dispone de los servicios de un Radiólogo. Para realizar los informes, requieren alquilar los servicios de un Radiólogo de otro centro, que tendrá que venir, tres horas cada vez, para realizar los informes de los estudios.

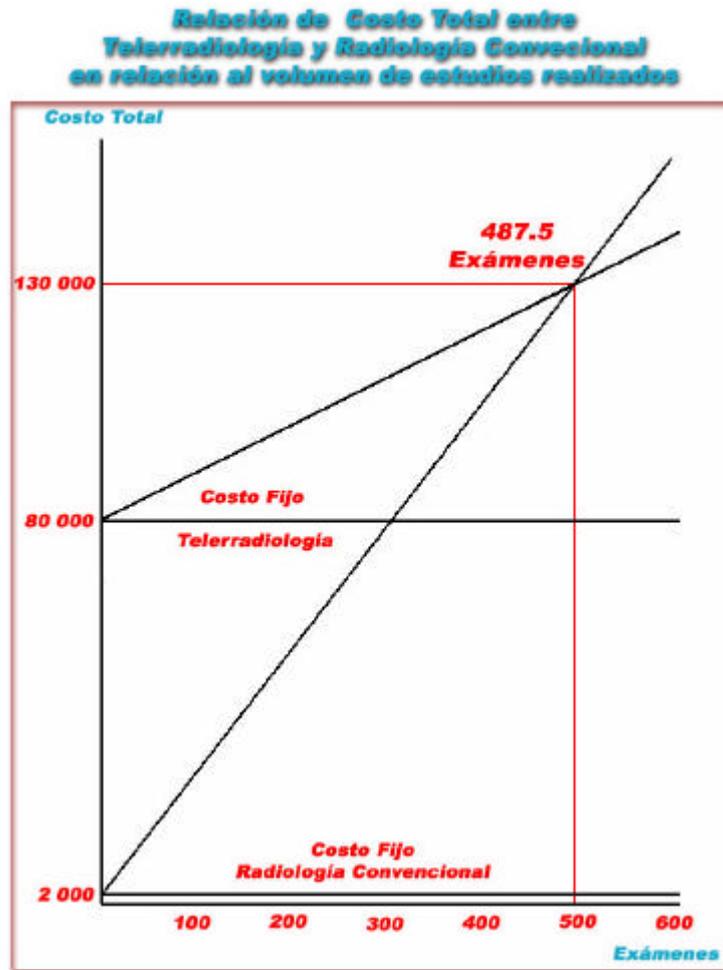
	Telerradiología	Radiología Convencional
Costo Fijo	Equipamiento 200,000 5 años de depreciación más intereses 50,000 Mantenimiento 20,000 Técnico Radiología 20,000 x 0.5 TOE Total 80,000	Técnico Radiología 20,000 x 0,1 TOE Total 2,000
Costo Variable	Diagnóstico 80 por hora Comunicación 20 por hora Costo indirecto del paciente 20 por hora Costo total Médico Remoto 100 por consulta	Diagnóstico y honorarios radiólogo 240 por tres horas Gastos viajes del radiólogo 20 por cada Costo indirecto del paciente 20 por hora Costo total por diagnóstico 260 por consulta
Costo total	80,000 + 100 por consulta	2,000 + 260 por consulta

Al final tendremos:

Cantidad de pacientes necesarios para rentabilizar la inversión

$$N = (CF \text{ Tel.} - CF \text{ RC}) / (CV \text{ RC} - CV \text{ Tel.}) = 487,5 \text{ pacientes.}$$

Si en dicho hospital se realizan más de 487,5 exámenes de radiología por año, entonces la implantación de un sistema de Telerradiología es costo efectivo.



Estimado lector, espero haya podido entender estos ejemplos y, le sirvan para el futuro, si desea instalar un sistema de Telerradiología. Y siempre recuerde, en estas cifras no está reflejada la ganancia social oculta que posee dicha tecnología. Veamos por ejemplo el impacto de la aplicación de la Telerradiología referente a factores monetarios y no monetarios:

Área de Impacto	Efectos sobre el consumidor/familia		Efectos sobre el Radiólogo		Efectos sobre el médico y el proveedor de servicios locales		Efectos sobre el pago (gobierno provincial)	
	Monetaria	No-monetaria	Monetaria	No-monetaria	Monetaria	No-monetaria	Monetaria	No-monetaria
Diagnóstico Tratamiento Resultado	Disminución del tiempo entre el diagnóstico y las decisiones terapéuticas	Retorno potencial más rápido a las actividades. Tratamiento doméstico o más íntimo del cuidado puntual.	Opcional. Potencialmente puede aumentar el número de servicios.	El servicio es más rápido y eficaz.	Efectos sobre el número de servicios y consultas locales	Educación potencial en el papel de la tecnología. Certeza y disponibilidad de apoyo para una decisión local.	Potencialmente disminuye el costo de los servicios e incrementa el número de consultas.	Efectos sobre el estatus de salud de la población
Traslados	Evita utilizar el centro de referencia especializado como única forma de emergencia	Disminuye la ruptura en los estilos de vida normales.		Mejor aprovechamiento del tiempo profesional	Aumenta el número de pacientes que pueden ser tratados localmente	Mejor continuidad en el tratamiento del paciente.	Evita costos por traslado del radiólogo y disminución por traslados de emergencia.	

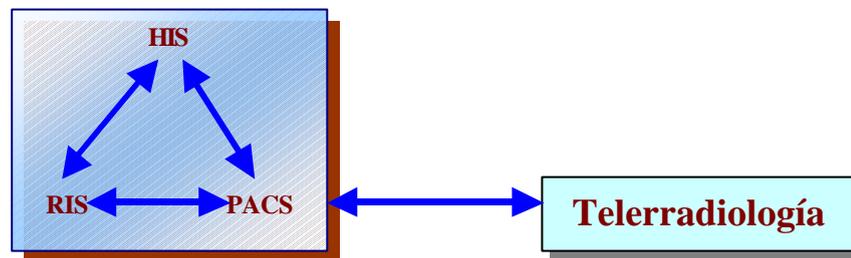
TELERRADIOLOGÍA Y PACS

PACS y la actualización en Telerradiología.

¡Una empresa médica!

El término "Empresa Médica", se está utilizando para identificar los sistemas de información de salud, el cual está ganando en popularidad. Sin embargo, esta terminología se presta a confusión al mezclarse términos tales como: HIS, Sistemas de Información de Oficinas y Administrativos, Sistemas de Información Clínica, RIS y PACS[55].

Tal como hemos explicado en este folleto (ver segunda parte), existe una interrelación muy estrecha entre tres de estas entidades:



Las entidades HIS y RIS son sistemas de información Hospitalario y Radiológico respectivamente, donde el HIS, entre sus eslabones, contempla el sistema de administración del hospital y el sistema de información clínica. Por otra parte, el RIS apoya a la información radiológica en la interpretación, generación y archivado informes de los estudios realizados, la preparación de sistemas de agendas para turnos y las listas de trabajo, sin embargo, el HIS se encarga de la facturación de los estudios realizados. En el tercer extremo, el PACS se encarga de capturar, transmitir, visualizar y archivar toda la información imagenológica generada, además de atender a la seguridad de la intranet de distribución.

Viéndolo desde este punto de vista, tiene que existir un flujo de trabajo coherente entre estas tres entidades, dentro de la cual, entra la Telerradiología, como una extensión de los sistemas PACS y RIS.

El trio RIS, PACS y Telerradiología, utiliza el estándar DICOM como agente que proporciona la interconectividad entre sus diferentes componentes y como sistema abierto para aceptar cualquier tipo de imagen digital generada. El concepto de empresa entra a jugar su papel, cuando es necesaria la transmisión de imágenes entre diferentes entidades médicas (llamadas a su vez diferentes empresas médicas).

El HIS, utiliza la norma HL7 (Nivel de Salud 7), el cual es un protocolo de comunicación estándar para datos electrónicos y el intercambio de información entre diferentes sistemas de

salud. Al igual que DICOM, el HL7, se utiliza para transferir información entre dos entidades médicas y, de la misma forma, el concepto empresa médica tiende a jugar su papel. Mientras que los componentes de la norma HL7 definen quien es el paciente, sus historio clínica, sus datos demográficos y administrativos, etc., los componentes DICOM definen cuales son las imágenes digitales que están disponibles en el sistema para ese paciente.

La integración de la "Empresa Médica", es una iniciativa el HIMSS (acrónimo en inglés de "Healthcare Information and Management Systems Society") y la RSNA. Esta iniciativa ha sido discutida en la reunión de la RSNA de Chicago de 1999 y en la Conferencia Anual del HIMSS en febrero del 2000.

Esta integración de la "Empresa Médica", favorece, de forma fehaciente, la integración futura de RIS/PACS/Telerradiología en una única dependencia. La aceptación de la tecnología Web y los lenguajes como Java y la arquitectura de objetos utilizada en CORBA (acrónimo en inglés de "Common Object Request Broker Architecture") permite a los objetos pedir demandas y recibir contestaciones de otros objetos localizados local o remotamente (recuerde en el capítulo de "Filosofía DICOM 3.0" de la segunda parte los Objetos de Información Definidos). En este caso el usuario no interactúa en los procesos y mecanismos de comunicación, activación y almacenamiento, el simplemente actúa sobre los objetos: Paciente, Estudio, Imagen, Reporte, etc.

¡Interoperatividad en el sentido amplio de la palabra!. ¿Será ideal?

Evolución de las Estaciones de Trabajo, más allá de los negatoscopios.

No quisiera extenderme mucho en estos aspectos que cambia casi a diario, pero citaré algo que mencioné en la primera parte de este folleto: "Por suerte todo este desarrollo tecnológico se dirige en la dirección correcta."

La Telerradiología y los PACS, han evolucionado a velocidad de vértigo en los últimos 5 años, fruto de muchas coincidencias tecnológicas: Los PC son cada vez más rápidos, las tecnologías de redes han demostrado ser efectivas, las telecomunicaciones han avanzado mucho en el campo de la transmisión digital, el estándar DICOM parece que es aceptados por todos y por último el imparable avance de Internet. Todos estos factores han llevado a dos ramas diferentes con un mismo objetivo a converger y hoy es casi imposible separar un sistema PACS de un sistema de Telerradiología.

Esta evolución se ha visto, también, en las estaciones de trabajo. Hoy día podemos decir que tenemos tres tipos de estaciones de trabajo[56]:

1. Las estaciones de trabajo para diagnóstico primario.
2. Las estaciones de trabajo para revisión secundaria.
3. Las estaciones de trabajo terciarias de bajo costo.

En ambas modalidades del tratamiento de imágenes radiológicas, estas estaciones de trabajo están presentes.

Los efectos de esta evolución se extienden más allá de la sección de radiología. Los médicos de las UCI ya no tienen que desplazarse a los servicios de radiología, para revisar “in situ” las radiografías recién reveladas, las pueden recibir en la estación de trabajo de la UCI, incluso, antes que el paciente regrese del equipo de TC o RM. Los especialistas en urgencias, pueden acceder a los informes de radiología al cabo de varios minutos y no esperar hasta una hora para que lleguen las radiografías a su consulta. Un paciente, estudiado a distancia, puede ser transferido a un servicio quirúrgico de urgencia, de una ciudad a otra, con todas las indicaciones previas realizadas. La actual generación de estaciones de trabajo de los sistemas PACS y Telerradiología refuerzan la productividad, no solo de los radiólogos, sino de la “Empresa Médica” en su conjunto y la productividad del personal clínico, el médico puede dedicar más tiempo al cuidado del paciente y evitar perderlo en rastrear y repasar los estudios basados en películas.

La estación para diagnóstico primario, es un “alternador” virtual del PACS, cuando se encuentra en lugar remoto, es una extensión de dicho PACS. Estas estaciones pueden leer y recibir imágenes del sistema PACS instalado y a su vez pueden enviar informes a estos. La ventaja es que estas estaciones de trabajo remotas, pueden tener en cuenta, el flujo de trabajo típico o característico de dicho radiólogo y, como resultado, el flujo de información es más homogéneo, ágil y permite la instalación de soluciones flexibles para que la lectura/escritura sea más rápida. En el otro extremo, las estaciones de trabajo locales de los PACS pueden realizar consultas “on-line” con las estaciones remotas de Telerradiología y predeterminedar los protocolos y configuraciones para cada radiólogo, con la posibilidad de visualizar múltiples estudios simultáneamente de diferentes modalidades y la manipulación de los mismos a nivel individual. La generación actual de radiólogos, que ha usado estas herramientas, indica un aumento en la exactitud del diagnóstico, combinado con la economía de tiempo.

La estación de revisión secundaria, que fue concebida como puesto de trabajo remoto para otros especialistas como por ejemplo: UCI, Ortopedia y Traumatología, Quirófano, etc., se ha conectado de forma inseparable a los PACS. Si hasta hace poco, se consideraba una estación remota como parte de un sistema de Telerradiología, hoy día es parte integrante de los PACS. Muchas herramientas avanzadas, que típicamente era reservadas para los radiólogos, hoy día se encuentran en estas estaciones de trabajo, permitiendo a los médicos navegar a través de los estudios e incluso procesar imágenes durante el acto quirúrgico. Estos puestos de trabajo son rápidos, fáciles de utilizar y proporcionan un acceso fiable a los estudios radiológicos e informes. En áreas críticas, estos puestos de trabajo, pueden reducir el tráfico de personal dentro de la sección de radiología y a lo largo del hospital, abreviando el “viaje” improductivo de médicos. Como vemos, aún no podemos decir quien se ha fundido a quien, si los PACS a la

Telerradiología o viceversa. Mi opinión particular es, que han confluído en un mismo canal, conjuntamente con la evolución de la tecnología.

La estación de trabajo de bajo costo (terciaria), es quizás, como dirían los antropólogos, el eslabón perdido dentro de la mayoría de las instalaciones de PACS y sistemas de Telerradiología. Estos puestos de trabajo proporcionan la distribución económica de imágenes digitales e informes a cualquier médico, dentro de la red hospitalaria o telefónica, si este tiene acceso a dicha red. Internet facilita la distribución de estos datos, mientras que proporciona una infraestructura existente, que reduce la inversión inicial requerida. Para la mayoría de los médicos es más importante, el acceso rápido al informe, que visualizar la imagen en detalle. Los médicos en las estaciones de trabajo primarias y secundarias, pueden hacer referencias y anotaciones en las imágenes, que pueden ser recogidas, por estos puestos de trabajo económicos, en tiempo real. Casi cualquier PC moderno puede condicionarse para funcionar como un puesto de trabajo terciario. La resolución, que los monitores de PC ofrece, es aceptable, a no ser que el médico desee repasar regularmente imágenes digitalizadas.

Internet y Telerradiología. ¿Otra forma de PACS?.

Ya sabemos que la Telerradiología es de las modalidades de la Telemedicina la más extendida. Por ejemplo, en Octubre de 1998 [58] en la revista "Telemedicina Today", se publicó, que en Estados Unidos se realizaban 270,000 interpretaciones diagnósticas por año, en Japón unas 54,000 y en Noruega 6,000, donde el 90% eran interpretaciones para diagnóstico primario. Sin embargo, ya en 1999, esas cifras se duplicaron[59].

Con tanto volumen de transferencia de imágenes entre entidades y el avance de las posibilidades que brinda Internet, se fue integrando, por un lado, el PACS a los protocolos TCP/IP para transmisión de imágenes a través de Internet y, por otra parte, las estaciones remotas de Telerradiología se fueron sumando a esta red TCP/IP. Como resultado de estos cambios profundos, han terminado fundiéndose, las estaciones de Telerradiología al entorno del PACS y la utilización de la red Internet para transmisión de imágenes.

Repitiendo, es casi imposible separar una estación Remota de Telerradiología de un sistema PACS, más bien son extensiones del propio PACS. Una experiencia muy rica ofrecen algunos sistemas de PACS/Telerradiología desarrollados por Israel, donde en la sección "Tele" utilizan herramientas de Internet combinadas con visores Java[60,61].

Ya sabemos que no existe ninguna solución simple y que además sea universal. Cada médico, administrador u organización, tendrán que pensar sus propias soluciones. Pero la verdad es que existe una salida. Debe organizarse y automatizarse el trabajo. Sobre todo organización. La modernización hospitalaria necesaria, para llevar adelante el conjunto PACS-Telerradiología, debe asumir un reto: debe modificarse la organización de las actividades desde un esquema estructurado en torno a los servicios médicos de especialidades, hacia un modelo que, apoyándose en lo más tradicional (el conocimiento especializado médico), supiera combinar estos conocimientos diversos en una forma interdisciplinar e interprofesional, configurando unidades organizativas nuevas basadas en los procesos asistenciales[62].

Por lo general para que un sistema PACS/Telerradiología apoyado en tecnología Internet, el flujo de trabajo sea eficiente, el mismo debe parecerse al guión de un sistema de Telerradiología Perfecto[59]:

1. Técnico realiza en examen "in situ", digitaliza y/o adquiere la imagen y la envía.
2. En pantalla las imágenes digitalizadas se etiquetan y son enviadas al servidor.
3. Cuando se determine, las imágenes son encriptadas, comprimidas y enviadas al especialista remoto. Esto se realiza con el simple clic del ratón en la estación de revisión del sistema PACS.
4. Los datos clínicos del paciente necesarios acompañan a la imagen en formato digital.
5. La transmisión real de imágenes, que no requieren reportes en "tiempo real", se realiza de forma automática, generalmente en horas de menor congestión de las líneas telefónicas.

6. En el otro extremo (unidad receptora), las imágenes se congregan automáticamente en carpetas por pacientes, que podrían incluir otros estudios anteriores.
7. En el programa de la estación de diagnóstico los estudios se colocan en tablas de forma automática, según preferencias del radiólogo: por el casos, fecha y tiempo, diagnóstico, etc.
8. Entonces y sólo entonces, el radiólogo es avisado mediante mensajes en pantalla o por medio sonoro, que las imágenes han llegado y que están listas para la interpretación.
9. En dicha estación de diagnóstico, pueden estudiarse las imágenes al igual que se realiza en el PACS.
10. Al terminar, el radiólogo dicta la interpretación, quizás a un sistema del reconocimiento de voz.
11. El informe dictado puede ser revisado o inspeccionado para valorar su exactitud, y entonces puede enviarse automáticamente por la misma vía al médico u hospital emisor del estudio.
12. Para completar el ciclo, los estudios se almacena en un sistema de almacenamiento de corto plazo, para que después, puedan ser enviados a sistemas de almacenamiento de largo plazo según los períodos de tiempo especificado.
13. Con suerte, todo este proceso se puede realizar en formato DICOM 3.0, así el radiólogo podrá remitir una imagen, a cualquier otro lugar del planeta para su discusión diagnóstica o recibir indicaciones y anotaciones.

De estos 13 pasos, sólo los dos primeros son los únicos que se cumplen inequívocamente por ahora. El resto de los pasos están en fases de desarrollo en los diferentes sistemas PACS y PACS/Telerradiología de primera y segunda generación. Se espera, que los sistemas RIS/PACS/Telerradiología de tercera generación, integren todos estos pasos en un ciclo que fluya y que además aproveche las ventajas económicas que ello representa.

CONCLUSIÓN

Hasta aquí, amigo lector, habrá leído sobre Radiología Digital, PACS y Telerradiología, posiblemente más de 150 páginas, sin embargo, puede ser que no haya encontrado todo lo que deseaba, a pesar de que hemos intentado realizar un resumen, lo más amplio posible, para que logre tener una imagen general y actualizada de todo lo relacionado con la Radiología Digital. Aun nos quedan otros temas para tratar con Ud., pero es posible, que de aquí en adelante, las siguientes partes no sean de su interés personal, o simplemente, no entren en su competencia.

La moraleja de esta historia es la siguiente:

En los próximos años usted tendrá la fascinante oportunidad de involucrarse con las imágenes electrónicas y los PACS en radiología. Este es un momento fabuloso, pero difiere en muchos sentidos de la compra de un Tomógrafo o un equipo de Fluoroscopia Digital. Es más, la compra de todo ello cambiará como consecuencia de los PACS, como hemos visto en las partes anteriores. En realidad, usted mirará, no sólo ese equipo de radiología que desea para su servicio, sino que además, mirará que componentes necesitará para que se comunique con su red de imágenes y poder satisfacer demandas ya existentes, demandas que surgirán en bóvido, una vez que disponga de imágenes digitales, demandas, que por desgracia, ninguno de nosotros puede predecir hoy.

En corto plazo, usted se verá envuelto por proveedores de PACS y Teleradiología, integradores de sistemas y fabricantes de dispositivos. Un consejo, trate de aprender de ellos, y mantenga una visión de lo que usted está haciendo y de lo que desea conseguir. Si puede, trate de adelantarse dos o tres pasos a los demás. Es poco probable, que algún proveedor haya diseñado, desarrollado y, en consecuencia, esté en condiciones de ofrecerle todo lo que usted necesita. Trate de aprovechar las principales aptitudes de cada proveedor y exíjales interoperabilidad y el cumplimiento de las normas DICOM, HL-7, SQL y otras que vayan surgiendo e integrándose en este maravilloso mundo digital.

Pero, estimado lector, conéctese, construya su red digital. Sus pacientes y clientes necesitarán que esté conectado.

La Empresa Informática Médica Integral S.L., está a su disposición para aclarar cualquier duda que se le presente, estamos para ofrecerle nuestro asesoramiento para la realización de los RFP, RFI, ROI e implantación de sus futuras redes digitales de imágenes. Los comentarios y las preguntas serán bienvenidos.

M.D. Luis Miguel Torres Pérez.
Director Técnico IMI S.L.
Avda Diagonal 477, 10 A. 08036. Barcelona, España.
Tel: (34) – 93 4107117
Fax: (34) – 93 4194860
Móvil: 654 511 734
E-mail: miguel@imedi.com

BIBLIOGRAFÍA

- 1 Orphanoudakis S.C., Kaldoudi E., Tsiknakis M. Technological Advances in Teleradiology. Eur. J. Radiology, vol. 22, 205-217, 1996.
- 2 European Committee for Recommendation – Standards on Computer Aspects of Diagnostic Imaging. Glossary: terminology on computer aspects and of diagnostic imaging. In: Leek HU, Inamura K, Jaffe CC, et.al. Proceeding of CAR'95, Berlin: Springer 1995: 1431 – 1435.
- 3 Mun S.K. Freedman M, Kapur R. Image management and communications for radiology. IEEE Eng. Med. Biol. 1993, 12: 70-80.
- 4 Rossign N. EC Research: telematics for health care and standartization. IEEE Eng. Med. Biol. 1993, 12: 70-74.
- 5 Orphanoudakis S.C., Kaldoudi E, Tsiknakis M. Technological Advances in Teleradiology. Eur. J. Radiology, vol 22. 205-217, 1996.
- 6 MEMRAD Medical Group. Remote primary diagnosis of radiologic images. <http://www.cmecourses.com/Gateway.htm>. The Online Source for Continuing Medical Education.
- 7 ACR Standards. ACR Standard for teleradiology. Revised 1998 Res. 35. Effective 1/1/99. www.acr.org.
- 8 CEN/TC 251. Helath Informatics Secretariat: SIS-HSS. N98-34. Quality of Service. Requerements for Healthcare Information Interchange.
- 9 RCR. Guide to information technology in radiology: Teleradiology and PACS. Febrero 1999.
- 10 Ruggiero C. Journal of Telemedicine and Telecare. Teleradiology: A Review. Vol 4, No 1, 1998.
- 11 DICOM. ACR-NEMA Supplement 28: Grayscale standard display function. 28 Jan 1998. Annex A. Punto A.1.
- 12 Kundel H.L. Visual perceptiorn and display terminals. Radiol Clin of N. America 24(1):69-78, 1986.
- 13 ACM Press, UIST'95. Effective presentation of visual information. Proceedings of the ACM Symposium on User Interface, Bancouver. 1995.
- 14 J.E. van der Heyden et.al. Visual presentation of radiological images. IEEE Computer Graphics and Applications. September. 1998.
- 15 ETHO. CEN/TC 251. GW IV. Document GW99_001.
- 16 CEN/TC 251 WGIV – Document WGIV/N99-15b PT34 FWD 1999-05-20-11. First Working Document of Health Informatics. Interoperability of Healthcare Multimedia Report Systems.

- 17 CEN/TC 251 WGIII – Document WGIII-N99-047. 1999-05-28. ENV 13608-2. Security for healthcare communication.
- 18 CEN/TC 251 WGIII – Document WGIII-N99-047. 1999-05-28. ENV 13608-3. Security for healthcare communication. Secure data channels.
- 19 CEN/TC 251 Secretariat SIS-HSS Document N98-034. Quality of Service Requirements for HCII. Confidence Level Assessment.
- 20 ACR. A Guide to Continuous Quality Improvement in Medical Imaging. Chapter 8.
- 21 CEN/TC 251 – Document WGIV – N99-001. 1999-02-02. Quality of service requirements for HCII. Quality Control.
- 22 SMPT test pattern RP 133-191. Gray JF, et.al. Test pattern for video display and hard copy cameras. Radiology 1985; 154:519-527.
- 23 DICOM. ACR-NEMA. Supplement 28: Grayscale standard display function. 28 Jan 1998.
- 24 Hays Medical Center. Related Areas. Telecardiology. Emergency Services. Teleoncology. Primary Care. Telepsychiatry. Teleradiology. Home Telemedicine. Continuing Medical Education. <http://www.haysmed.com/telemed/related.html#top>.
- 25 Brenda Tilke. Teleradiology services grapple with costs. Telehealth Magazine. 01/08/97. <http://www.telehealthmag.com/arch.htm>.
- 26 CEN/TC 251 WGIV – Document WGIV/N99-15 PT34 FWD 1999-05-28. Interoperability of Healthcare Multimedia Report Systems. Anexo I. Pág 91-104.
- 27 American College of Radiology. Standar of Teleradiology. Reston. Virginia. 1994.
- 28 Gold RH, Kangaroo H, Yaghamai I, et.al. Teleconferencing for cost-effective sharing of radiology education resources: potential and technical development. AJR 1998; 160:1309-1311.
- 29 De Corato D, Kagetsu N and Ablow R. Off hours interpretation of radiologic images of patients admitted to the emergency department: Efficacy of teleradiology, American Journal of Roentgenology, Nov. 1995, pp 1293-1296.
- 30 Coons T. Teleradiology: The practice of radiology enters cyberspace, Radiologic technology, vol. 67, No 2, 1995, pp 125-140.
- 31 Batnitzky S, Rosenthal SJ, Siegel EL, Wetzel LH, Murphey MD, Cox GG, McMillan JH, Templeton AW, Dwyer SJ III. Teleradiology: an assessment. Radiology 1990;177:11-17.
- 32 Stewart BK, Dwyer SJ III, Kangaroo H. Design of a high-speed, high-resolution teleradiology network. J Digit Imaging 1992;5:144-155.
- 33 Barnes GT, Morin RL, Staab EV. Inforad: computers for clinical practice and education in Radiology. Teleradiology: fundamental considerations and clinical applications. RadioGraphics 1993;13:673-682.

- 34 Osteaux M, Van den Broek R, Temmerman Y, Wein B. Medical requirements for clinical integration. In: Osteaux M ed. A second generation PACS concept. Berlin: Springer Verlag 1992: 23-43
- 35 Caramella D, Lencioni R, Mazzeo S, Bartolozzi C: Transmission of radiological images using broadband communications. Eur Radiol 1994;4:377-381.
- 36 Huang HK, Arenson RL, Dillon WP, Lou SL, Bazzill T, Wong AWK. Asynchronous transfer mode technology for radiologic image communication. AJR 1995;164:1533-1536.
- 37 De Simone DN, Kundel HL, Arenson RL, Seshadri SB, Brikman IS, Khalsa SS, Davey MJ, Brisbon NE. Effect of a digital imaging network on physician behavior in an intensive care unit. Radiology 1988;169:41-44.
- 38 Ravin CE. Initial experience with automatic image transmission to an intensive care unit using picture archiving and communications system technology. J Digit Imag 1990;3:195-199.
- 39 Huang HK, Tecotzky RH, Bazzil T. A fiber-optic broadband CT/MR video communication system. J Digit Imaging 1992;5:20-25.
- 40 Aquí colocar el artículo de cuentas entre psiquitria y radiología.
- 41 Caramella, D. Teleradiology: State of the art in Clinical Environment. Eur J. Rad. Vol 22, 1996, 197-204.
- 42 Schilling RB. Inforad: computers for clinical practice and education in Radiology. Teleradiology, information transfer, and PACS: implications for diagnostic imaging in the 1990s. RadioGraphics 1993;13:683-686
- 43 The Royal College of Radiologists (1999). Guide to information technology in radiology: Teleradiology and PACS. February 1999.
- 44 Don S, Albertina MJ, Ammann DL, Evens RG, Siegel MJ. Soft-copy computer radiography in neonatal and pediatric intensive care units: cost-savings analysis. Radiology 1995;197:501-505.
- 45 Bellon E, van Cleynenbreugel J, Suetens P, Marchal G, van Steenberghe W, Plets C, Oosterlinck A, Baert AL. Multimedia E-mail systems for computer assisted radiological communication. Med Inf 1994;19:139-148.
- 46 Kline TJ, Kline TS. Radiologists, communication, and Resolution 5: a medico-legal issue. Radiology 1992;184,131-134.
- 47 Phillips vs. Good Samaritan Hospital, 65 Ohio App 2d 112, 416 NE 2d 646, 1979
- 48 Cawthon MA, Goeringer F, Telepak RJ, Burton BS, Pupa SH, Willis CE, Hansen MF. Preliminary assessment of computed tomography and satellite teleradiology from operation Desert Storm. Invest Radiol 1991;10:854-857.

- 49 Franken EA, Berbaum KS, Smith WL, Chang PJ, Owen DA, Bergus GR. Teleradiology for rural hospitals: analysis of a field study. J Telemedicine and Telecare 1995;1:202-208.
- 50 Gold RH, Kangaroo H, Yaghami I, Grant EG, Stewart BK, Mankovich NJ, Sayre JW, Dwyer SJ III. Teleconferencing for cost-effective sharing of radiology educational resources: potential and technical development. AJR 1993;160:1309-1311.
- 51 Caramella D, Del Sarto M, Bartolozzi C, Beltrame F, Sobel I. Diagnostic image management and transmission systems: the experience of the University of Pisa. Radiol Med 1995;89:136-142.
- 52 Approved by the Board of the Faculty of Clinical Radiology: 6 November 1998 Approved by Council: 20 November 1998 BFCR(99).
- 53 Chang I.F., Suarez H.H.; "Nationwide Implementation of Telemedicine and CPR Systems in Taiwan". (www.telemedicine.com/articlearchive/articles/telemedicine_articles.htm). Telemedicine Today Magazine. 1997.
- 54 Jutra A: Teleröntgen diagnosis by means of videotape recording. Am J Roentgenology 82:1099-1102, 1959.
- 55 Dwyer S. J.; PACS & Teleradiology Update: A medical enterprise. Applied Radiology. April 1999.
- 56 Long M. and Totah D.K.; PACS & Teleradiology Update: The evolution of the PACS workstation: New generation offers more than 'digital lightbox' . Applied Radiology. June 1999.
- 57 Hailey D. and Jacobs P.; Assessment of telehealth applications. Alberta Heritage foundation for Medical Research. Canada. Octubre 1999.
- 58 A. Allen, "Internet Teleradiology: the Other PACS.", Telemedicine Today Magazine, June 1998. www.telemtoday.com.
- 59 Boland G. Internet Image Distribution. Jan-Feb 2000. Imaging Economics. www.imagingeconomics.com.
- 60 Shari U.; Kozakov L.; Salant E.: Real-time teleconsulting solution for teleradiology based on PACS. SPIE Medical Imaging. Febrero 12-18, 2000.
- 61 Shani U.:JDAPI: A PACS archive/viewer inter-operability based on Java and DICOM. SPIE Medical Imaging. Febrero 12-18, 2000.
- 62 Donoso B.L.; Sentís, C.M.; Mata D.J.M.: Diagnóstico por imagen. Organización por órganos/sistemas. Sumario. Número 165. Abril 2000.