

Revista Mexicana de Ingeniería Biomédica

Volumen 24
Volume

Número 1
Number

Marzo 2003
March

Artículo:

Sistema PACS-CNR: Una propuesta tecnológica

Derechos reservados, Copyright © 2003:
Sociedad Mexicana de Ingeniería Biomédica, AC

Otras secciones de
este sitio:

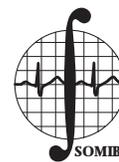
- 👉 [Índice de este número](#)
- 👉 [Más revistas](#)
- 👉 [Búsqueda](#)

*Others sections in
this web site:*

- 👉 [Contents of this number](#)
- 👉 [More journals](#)
- 👉 [Search](#)



Medigraphic.com



Sistema PACS-CNR, una propuesta tecnológica

Dra. Josefina Gutiérrez
Martínez,* M. en C. Alfonso
Martínez Martínez,* Ing. Marco
Antonio Núñez Gaona,* Dr.
Baltasar Reyes Marín,* Ing.
Ruth Evelyn Delgado
Esquerra,* Pas. Ing. José Enri-
que Muñoz de Cote Flores,*
Pas. Ing. Norberto Chávez
Avelar*

* Centro Nacional de Rehabilitación
Universidad Autónoma Metropolitana
Unidad Iztapalapa

Correspondencia:

Dra. Josefina Gutiérrez Martínez, Centro
Nacional de Rehabilitación
Av. México Xochimilco #289
Col. Arenal de Guadalupe, C. P. 14389
Tlalpan, México D. F.
Tel. 59991000 Ext. 16157
Fax. 59991000 Ext. 16160

RESUMEN

En el Centro Nacional de Rehabilitación (CNR), al igual que en otros centros de salud, el incremento en la demanda de almacenamiento y manipulación de imágenes médicas, la necesidad de transferirlas entre los equipos que las generan hasta las áreas médicas que las requieren así como la evolución de la tecnología, ha conducido a proponer que resulta más conveniente y eficiente emplear un sistema formado por una red de computadoras, con características de eficiencia, que integre estaciones de adquisición, visualización, consulta, diagnóstico, almacenamiento e impresión de imágenes médicas, conocido como PACS, como una alternativa para reducir los inconvenientes que ocasionan los procedimientos convencionales del manejo de información radiográfica.

Con base en lo anterior, se presenta el estudio realizado acerca de la conveniencia institucional, la factibilidad técnica y el beneficio económico en el diseño, desarrollo e instalación de un sistema PACS ad-hoc, distribuido a lo largo de todo el Centro Nacional de Rehabilitación, según los requerimientos del área médica, con la finalidad de disminuir la dependencia tecnológica médica, reducir los costos de autoría y mantenimiento, así como disponer de una plataforma de desarrollo que esté en constante actualización de acuerdo a los últimos avances científicos y tecnológicos⁹.

La propuesta del desarrollo del proyecto está basado por un lado, en el estándar DICOM, estandarización aceptada mundialmente en el manejo de imágenes médicas, y por el otro en los procedimientos establecidos por Ingeniería de Software. Incluirá un conjunto de librerías para las entidades de aplicación, la implantación de sistemas de compresión de imágenes de última generación, el diseño de bases de datos adaptados al manejo de imágenes médicas y las herramientas de operación específicas a las necesidades del CNR.

La validación del producto generado estará a cargo de médicos radiólogos de la División de Imagenología del CNR, de acuerdo a los criterios establecidos por la American College of Radiology¹, con relación al manejo de imágenes digitales para su adquisición, calidad presentada en la pantalla, velocidad de transmisión y medios de almacenamiento.

El empleo de este tipo de sistemas traerá como consecuencia un cambio fundamental en el funcionamiento de los departamentos de radiología e imagenología del CNR, mejorando significativamente la eficiencia de los mismos, conjuntamente con una mejora importante en la calidad de la atención médica que se brinda a los pacientes.

Palabras clave:

Imágenes médicas, Intranet, DICOM, impresión digital, tecnología médica

ABSTRACT

The Centro Nacional de Rehabilitación, in Mexico City, decided to rely on digital imaging technology, specifically PACS, to capture, transmit, record, display, store and archive all diagnostic images captured by the division of radiology.

The CNR's physical facility and films amount raised some serious logistical problems for the management of diagnostic images. This paper presents the analysis carried out about the advantages of installing a PACS in this Center.

The PACS will be installed primarily to improve patient throughput, care and productivity by making diagnostic images and related clinical information more readily available to clinicians and radiologists, to reduce storage needs, and to reduce the incidence of lost or misplaced film.

The division of radiology will improve its image and information access with a network distribution and digital archiving management, together with improved radiologist and technician efficiencies.

In addition, we propose to design, develop and implement the PACS-CNR system, to reduce the dependence of the state-of-the art digital technology and operating-maintenance costs.

Key Words:

DICOM, Medical Imaging, Medical Technology, Intranet.

ANTECEDENTES

Las imágenes radiográficas se emplean constantemente en casi todos los campos de la medicina. Casi el 90% de las imágenes, generadas por las diferentes modalidades: Resonancia magnética, tomografía axial computada, rayos X, fluoroscopia, y medicina nuclear, entre otros; se imprimen en placas y se visualizan de manera convencional en negatoscopios.

Se pueden mencionar dos tendencias en el manejo de los archivos radiológicos; un esquema centralizado, donde se tiene una sola copia del expediente del paciente y donde las imágenes se guardan manualmente impresas en las placas en un archivo radiológico central. En el segundo caso se tiene un sistema de almacenamiento distribuido, donde no existe propiamente un expediente completo del paciente y donde las imágenes procedentes del departamento de imagenología están bajo la custodia ya sea del paciente o del médico tratante. Bajo los dos tipos de almacenamiento manual de la información radiológica, se tiene un manejo ineficiente de la misma³.

El manejo de esta información radiológica de manera convencional, ocasiona en el mejor de los casos una pérdida del 20% de las imágenes, además de que siempre se presenta una serie de problemas con el manejo de éstas. Especialmen-

te nos podemos referir a la pérdida de archivos, inexistencia de bases de datos que ocasiona lentitud en la consulta del expediente y una de las consecuencias más importantes, la repetición de exámenes que sobre-exponen al paciente a la radiación ionizante.

A partir de los años 80's, la problemática que presenta el manejo de las placas radiográficas, así como la proliferación de sistemas digitales ha conducido a justificar la idea de departamentos de radiología e imagenología 100% digitales. Por otro lado, hoy en día es ampliamente aceptado por la mayoría de los fabricantes de equipo generadores de imágenes médicas el estándar DICOM 3.0 (del inglés, Digital Imaging and Communication Medical), como norma para la comunicación y transferencia digital de imágenes radiológicas e información de datos demográficos entre equipos de diagnóstico, terapéuticos e impresión.

Centros como el hospital de Nueva York, el hospital Tseung Kwan de Hong Kong, el hospital General de Massachussets, entre otros, han comprobado las bondades del sistema PACS (del inglés, Picture Archiving and Communication System), al incrementar el número de estudios por día, reduciendo la incidencia de extravío y mejorando la disposición de imágenes de diagnóstico e información relacionada que le proporciona al radiólogo y personal involucrado²⁴.

La tecnología PACS existe desde hace varios años, la mayor parte de los sistemas actualmente en operación, son sistemas desarrollados y construidos como soluciones específicas a costos extraordinariamente altos y generalmente ligados a equipos o modalidades de cada fabricante. Existen algunos integradores de sistemas que ofrecen la interconexión entre diversas modalidades, empleando equipos de diferentes marcas para ofrecer una solución global. Sin embargo, no garantizan la interfase física entre los equipos y el sistema PACS.

El costo estimado de un sistema de estas características y dirigido a cubrir los requerimientos de transmisión y visualización del CNR es del orden de unas decenas de millones de dólares. Recientemente en el país, se han desarrollado sistemas de comunicación de imágenes y datos en forma básica por parte de un grupo de trabajo multidisciplinario entre el hospital ABC e investigadores del Centro de Neurobiología de la UNAM en Querétaro. Existen algunas compañías mexicanas que han logrado desarrollar e implementar sistemas PACS en gabinetes radiológicos cuyos requerimientos son limitados. Por otro lado, actualmente ya existen en algunos hospitales del sector público y privado la instalación de redes de impresión comerciales con la tendencia a la instalación de PACS. Sin embargo, esta estrategia trae como consecuencia la dependencia tecnológica no deseable al país.

INTRODUCCIÓN

Es común encontrar, en los centros de salud del país, que los equipos de imágenes no se encuentran conectados a ningún tipo de red de comunicación, lo que ocasiona que cada una de las modalidades de equipamiento de generación de imágenes médicas utilice diferentes medios de impresión como son película, papel y placas radiográficas; lo cual no permite implementar el concepto de redundancia intrínseco a redes de impresión, ni homogenizar el tipo de despliegue obstaculizando la revisión, comparación y visualización de los estudios multimodalidad.

Además de ser obsoleto y poco eficiente el manejo de las imágenes médicas de esta manera convencional, las necesidades actuales de almacenamiento, consulta y manejo del archivo radiológico incide directamente en la calidad de la atención que se brinda al paciente especialmente por los problemas que se enumeran a continuación:

- **Repetición innecesaria de estudios**

El problema principal radica en una sobre-exposición de radiación ionizante al paciente, que puede poner en riesgo la salud de éste y del personal ocupacionalmente expuesto. Lo anterior debido especialmente, a la mala calidad en las técnicas de adquisición o la no colaboración del paciente. Las normas oficiales mexicanas NOM-146-SSA1-1996²⁰, y NOM-157-SSA1-1996²¹, hacen referencia a las medidas mínimas de dosificación, protección radiológica y periodicidad que deben ser adoptadas en los Centro Médicos cuando un paciente es sometido a Rayos X.

Como consecuencia adicional, se ocasiona desperdicio de los recursos disponibles y alto costo en el consumo de placas radiográficas y químicos para el proceso de revelado.

- **base de datos inexistente**

En el caso de una mala administración del archivo radiográfico convencional o la pérdida total o parcial de las placas, existe el riesgo de perder la información radiológica dificultando el estudio de la evolución clínica del paciente y la evaluación de las consecuencias de ciertos tratamientos a largo plazo, especialmente cuando deben ser atendidos por diversos especialistas. Actualmente los médicos que desean establecer comparaciones o hacer seguimientos se quedan con las placas que les resultan de interés, con riesgo a la pérdida de placas, y por otro lado se les dificulta llevar un registro de la información radiológica de sus pacientes.

La consulta se hace en forma manual y en muchas ocasiones dependen de la eficiencia del empleado para efectuarla. La búsqueda de otros datos relevantes o asociados al expediente, no integrados a éste, es muy difícil llevarla a cabo.

- **Área física del archivo radiográfico**

El almacenaje convencional de placas radiográficas requiere de un local de grandes dimensiones y accesible al usuario, dificulta la consulta del archivo, su manejo demanda una depuración periódica y condiciona el contar con personal idóneo. El espacio ocupado para este fin está en constante crecimiento y exige que el hospital asigne área y recursos financieros sin previa planeación.

- **Altos costos asociados con los insumos radiográficos**

En general se tienen que asignar presupuestos altos para la compra de placas radiográficas y químicos de revelado. A consecuencia de la repeti-

ción innecesaria de estudios se elevan considerablemente los gastos en este rubro.

Por otro lado, para cumplir con la normatividad, se deben contratar servicios especializados y certificados en la identificación, clasificación y eliminación de los desechos tóxicos del proceso propio al revelado de las placas radiográficas. Así la norma ecológica NOM-052-ECOL-93¹⁹, establece los estándares que se deben cumplir respecto a las instalaciones sanitarias, al manejo y eliminación de los residuos peligrosos generados en el proceso de revelado de placas radiográficas.

En el CNR se generan aproximadamente cientos de miles de placas radiográficas por año, perdiéndose alrededor del 4% por causas inherentes al paciente, 8% por la técnica empleada, 8% por los procesos de revelado y 4% por descuido. Por otro lado, se consumen anualmente cientos de litros de revelado y de fijador causando erogaciones de decenas de miles de pesos. Por otro lado, también se deben considerar los costos asociados al manejo de residuos peligrosos para dar cumplimiento a lo dispuesto a la Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente¹⁹.

Desde su puesta en marcha, el CNR ha tenido un incremento constante en la demanda de almacenamiento y manipulación de imágenes médicas, así como la necesidad de transferencia entre los equipos que las generan hasta las áreas médicas de consulta, diagnóstico e interpretación⁹. Este incremento se ha hecho más evidente, debido a que los tratamientos clínicos y quirúrgicos de ortopedia y rehabilitación que se tratan en el CNR causan una mayor dependencia de imágenes médicas en comparación con otras especialidades de la medicina, el 90% de los pacientes que son atendidos en el CNR requieren de placas radiográficas para su diagnóstico y tratamiento.

Motivados por esta necesidad médica, la infraestructura con la que cuenta el CNR, así como por la evolución de la tecnología que actualmente existe, nos ha conducido a proponer que es más conveniente y efectivo emplear una red de computadoras integradas por estaciones de adquisición, visualización, consulta, diagnóstico y almacenamiento de imágenes médicas, con el fin de reducir los problemas asociados al manejo convencional de imágenes por el uso de papel, película o placas radiográficas.

Los componentes básicos de un sistema PACS son: Equipos médicos de adquisición de imágenes, interfases de conversión analógico-digital o

video-digital, red de comunicación, bases de datos, estaciones de diagnóstico y visualización, así como los sistemas de almacenamiento a largo y corto plazo⁶.

Como sabemos, las imágenes médicas se adquieren con diferentes formatos según la modalidad y el fabricante. Así tenemos que actualmente, encontramos equipos de tomografía axial computada, resonancia magnética nuclear, medicina nuclear, que proporcionan las imágenes en formato digital. Sin embargo, cuando nos referimos a equipos de generaciones pasadas o que tienen salida en formato de video, como es el caso de las imágenes de ultrasonido, generalmente deben considerarse interfases de video o digitalizadores de placas radiográficas.

Hoy en día, es común encontrar que las imágenes se proporcionan bajo el formato estándar DICOM 3.0. Este es un estándar de comunicación y transferencia de imágenes médicas mundialmente aceptado y que actualmente los fabricantes de los diversos equipos de imagen lo están incorporando, en cuyo caso es posible leer los datos y almacenarlos siguiendo esta norma.

La red de comunicación es un elemento fundamental de los sistemas PACS. Esta puede ser una red con una serie de elementos a distintas velocidades de acceso, por ejemplo una Gigabit Ethernet de alta velocidad dentro del departamento de imagenología, una red de menor capacidad dentro del hospital con Ethernet convencional 10/100Base-T, y un sistema de acceso exterior que puede ser tan lento como el acceso telefónico. Es común que se tengan enlaces entre los sistemas generales de información hospitalaria, donde se encuentran los expedientes de los pacientes, y sistema de información radiológica. En algunos casos, todo el hospital está cableado con la misma tecnología (frecuentemente se trata de fibra óptica), por lo que la intercomunicación en sistemas de información se facilita.

El diseño de un sistema de bases de datos y su implantación son fundamentales para el buen funcionamiento de un sistema PACS, el cual almacenará tanto imágenes como texto. Se recomienda que el diseño de la base de datos sea orientado a objetos para que su manejo sea más intuitivo. Unido a esto, debe existir un módulo que se encargue de efectuar una recuperación inteligente de las imágenes que probablemente se solicitarán, junto con un sistema de compresión y descompresión en línea. Es conveniente que el sistema se encargue de revisar la agenda de visitas progra-

madas y de precargar las imágenes que se encuentran en almacenamiento¹⁴.

Otro de los elementos importantes en un sistema PACS son las estaciones de diagnóstico y visualización, las cuales presentan la información visual a los médicos y deben cumplir con las normas de calidad adecuadas, como por ejemplo las propuestas por la ACR. Como reproducen de alguna manera el paradigma de los negatoscopios, su aceptación depende sobre todo de la calidad visual que presentan, junto con la facilidad de uso.

Para el caso de las estaciones de diagnóstico, éstas deben tener muy alta resolución con monitores duales de 2048 x 2048 pixels mayores a 19". Para las estaciones de visualización que se encontrarán en todas partes dentro del hospital, y que recibirán las imágenes ya analizadas por los especialistas, éstas deberán tener una resolución de alrededor de 1024 x 1024 pixels y 17" de talla diagonal. En ambas situaciones es deseable incorporar funciones básicas de procesamiento de imágenes como contraste, acercamientos, mediciones cuantitativas, anotación sobre la imagen, ecualización de histogramas, análisis de texturas, despliegue en 3D, filtrado y registro, entre otras²².

Los sistemas de almacenamiento de imágenes deben seguir una estrategia para el almacenamiento de información que reduzca los costos y aumente el rendimiento dependiendo de la probabilidad de demanda de la imagen¹⁸.

A lo largo del tiempo la probabilidad de que la imagen sea consultada disminuye significativamente. Debido a esto, el almacenamiento a corto plazo (horas) debe hacerse en medios de almacenamiento locales (memoria y discos magnéticos locales) de decenas de GB y transferencia de alrededor de 50 imágenes por minuto. A mediano plazo (1-15 días), el almacenamiento debe hacerse en discos de servidores locales, mientras que el almacenamiento permanente y a largo plazo (años) puede hacerse ya sea en unidades de disco óptico o en cinta magnética con capacidad de varios Terabytes y empleo de robots o "jukeboxes" de discos ópticos⁴.

La compresión de imágenes es fundamental en la optimización del espacio de almacenamiento de imágenes y para reducir el tiempo de transferencia. Entre los criterios que se utilizan para su selección se pueden mencionar, la compresión reversible con tasas de 3:1 para imágenes de referencia o para almacenamiento a corto plazo y la compresión irreversible con tasas de 10-

20:1 para almacenamiento a largo plazo, así podemos mencionar las tecnologías RLE, Lossy, y Jpeg²⁵.

Desde el punto de vista de los costos, en la calidad de la atención médica que se brinda al paciente y de la eficiencia en el funcionamiento de los departamentos de radiología e imagenología del CNR, la instalación de un sistema PACS es una opción lógica. Con la finalidad de disminuir la dependencia tecnológica, reducir costos de autoría y contar con una plataforma propia de desarrollo; se propone como una opción más eficaz, el desarrollo de un sistema PACS-CNR. En el presente artículo presentamos los resultados de la primera fase de desarrollo.

OBJETIVOS Y METAS

El sistema PACS-CNR, se deberá plantear, tal que, cumpla con las características que se enumeran a continuación:

1. Cambiar el procedimiento de revisión manual de placas radiográficas, como actualmente se realiza en el CNR, por el de accesibilidad automatizada, mediante bases de datos que permitan recuperación y distribución eficiente, facilidad de almacenamiento y reducción en lo concerniente a la pérdida de información.
2. Niveles de seguridad en el acceso a la información, predefinido por las autoridades del CNR.
3. Adquisición, transferencia y comunicación de las imágenes médicas a través de la intranet de alta velocidad del CNR.
4. Archivo digital de imágenes médicas estandarizado al estándar DICOM 3.0.
5. Integración con el sistema de información hospitalaria del CNR.
6. Cambiar los servicios de impresión de placas radiográficas con procesadoras húmedas hacia impresión digital en seco.
7. Adquisición de las diferentes modalidades de imágenes médicas con que dispone el CNR.

El sistema PACS-CNR deberá cumplir con los estándares del manejo de imágenes digitales propuestos por la American College of Radiology, respecto a la adquisición, registro, identificación de información, transmisión de imágenes a medios adecuados de almacenamiento y disponibilidad para la interpretación, revisión y consulta¹.

METODOLOGÍA

La División de Imagenología y Radiología del CNR cuenta con equipamiento para la adquisición de imágenes en las modalidades de resonancia magnética nuclear (1 equipo marca GE de 1.5T), tomografía computada (1 tomógrafo marca SIEMENS), medicina nuclear (1 gammacámara marca ADAC), ultrasonido (1 equipo marca SIEMENS), rayos X convencional (2 equipos fijos marca SHIMADZU, 4 portátiles diversas marcas) y con fluoroscopia (5 equipos fijos SHIMADZU y SIEMENS, 6 portátiles diversas marcas).

En el Cuadro 1 se muestra la relación del tipo de formato de imagen que actualmente entrega cada equipo, ya sea porque tienen el formato de salida DICOM 3.0, cuentan con la interfase apropiada o se ha digitalizado la placa radiográfica al formato digital.

La instalación del PACS-CNR para la transferencia y comunicación de imágenes médicas se apoya en la infraestructura del CNR, red Ethernet de 1GB, backbone de fibra óptica de 24 hilos, topología de estrella, interruptores Routers Lucent Technologies P550, P333 con patch-cords UTP 5E mejorado.

Otros puntos a considerar son: el número de estaciones de visualización, calidad, diagnóstico y consulta, para determinar los requerimientos de hardware y software, especialmente en lo referente a la resolución y tamaño de los monitores. Las velocidades y el ancho de banda que deberán soportar cada uno de los nodos involucrados en el sistema con el fin de desplegar las imágenes en 1.5 s. Dos aspectos importantes son el almacenamiento en línea y la impresión redundante para lo cual se deberá considerar la demanda solicitada por el área usuaria.

Una vez planteado el análisis de los requerimientos del proyecto y debido a la complejidad que involucra el desarrollo e implementación del sistema PACS, como se ha mencionado arriba, es de suma importancia considerar metodologías relacionadas al diseño de sistemas de software para generar productos de calidad que sean fácilmente transportables, completos y de fácil mantenimiento, realizados en un tiempo predefinido y con recursos adecuadamente establecidos. En ese sentido, proponemos tomar como marco de referencia la propuesta del TSP (del inglés, Team Software Process), que se basa en los siguientes pasos; establecer objetivos, plantear una estrategia, definir un plan, establecer requerimientos, realizar un diseño de acuerdo a los requerimientos, realizar la implantación, definir y realizar un esquema de pruebas y ajustar el producto^{10,11}.

El plan de actividades para el desarrollo del proyecto se describe considerando las necesidades específicas en el CNR, la infraestructura actual de equipos médicos, la Intranet del CNR, las interfaces DICOM según requerimiento de cada equipo y el análisis de tecnologías existentes en el mercado en cuanto a hardware. Una vez analizados los requerimientos se define una arquitectura apropiada para el sistema PACS-CNR, las especificaciones DICOM, los servidores de imágenes, las estaciones de visualización y diagnóstico, así como los servicios que se incluirán en el sistema.

Se consideran seis áreas del Centro donde se instalará la red PACS-CNR, éstas son: Resonancia magnética, tomografía, medicina nuclear, rayos X, quirófanos, urgencias y consulta externa, para cada una de ellas se deben plantear los requerimientos para cada producto de software que se generará. Las aplicaciones de software consideradas son: Almacenamiento, impresión, estaciones

Cuadro 1. Relación del formato de salida del equipo de imagen.

Equipo	DICOM Directo	Interfase DICOM	Formato
Resonancia magnética	Si	No requiere	Digital-DICOM
Gammacámara	Si	No requiere	Digital-DICOM
Rayos X telemando con fluoroscopia (Sala 1)	No	Lector chasis de fósforos	Análogica
Arco en C fijo con fluoroscopia (Sala 2)	Si	No requiere	Digital-DICOM
Rayos X telemando con fluoroscopia (Salas 3-5)	No	Lector chasis de Fósforos	Análogica
Tomógrafo	No	Interfase Video-DICOM	Video
Ultrasonido	No	Interfase Video-DICOM	Video
Rayos X convencional (urgencias)	No	Lector chasis de fósforos	Análogica
Rayos X convencional móvil	No	Lector chasis de fósforos	Análogica
Arco en C móvil	No	Lector chasis de fósforos	Análogica

de visualización y estaciones de consulta. Cada una de estas aplicaciones será instalada en el área correspondiente según las necesidades planteadas por el usuario.

Los requerimientos de las entidades de aplicación de adquisición, despliegue y base de datos de imágenes médicas se definen según las necesidades del CNR. La implantación de una biblioteca DICOM parte de los productos desarrollados en el área de investigación de procesamiento digital de señales de imágenes biomédicas de la UAM-Iztapalapa, conformada con el protocolo de comunicación cliente servidor DUL (DICOM Upper Layer) y que tiene como base los protocolos de internet TCP/IP¹⁵, el manejo de mensajes DIMSE (DICOM Message Service Element)¹³, el modelo de información especificado en las partes 3 (Definición de los objetos de información) y 4 (Especificación de clases de servicio) del estándar DICOM⁷ y la codificación de las estructuras y diccionario de datos del estándar DICOM 3.0⁵.

Se diseñará un perfil de pruebas para garantizar que los requerimientos establecidos se cumplan de acuerdo a productos de calidad. Las actividades consideradas son, 1) Construir el producto en desarrollo con sus partes ya probadas, 2) Integrar las pruebas con el objetivo de verificar que esté bien construido y 3) Identificar módulos o componentes de baja calidad para ser revisados.

Médicos especialistas en radiología del CNR, tendrán la responsabilidad del levantamiento de los requerimientos físicos para el área médica, así como de realizar la validación clínica de las aplicaciones médicas de acuerdo a los criterios de la ACR.

RESULTADOS

El análisis del estado de compatibilidad y especificaciones DICOM de los equipos médicos del área de imagenología del CNR, así como los requerimientos del área clínica, nos llevaron a proponer el esquema que se muestra en la Figura 1 para conformar el PACS-CNR en su primera etapa.

El sistema PACS-CNR constará de, 1) Lectores de chasis de fósforo con salida digital DICOM, para los equipos de rayos X convencionales y con fluoroscopia, 2) Interfases de video a digital DICOM, para el tomógrafo y el ultrasonido, 3) Impresoras en seco digitales con entrada en formato DICOM, para las áreas de radiología, resonancia magnética, quirófanos y urgencias, 4) Estaciones de visualización calidad diagnóstico, para la interpretación

en las áreas de imagenología, 5) estaciones de visualización calidad consulta para imagenología, quirófanos y urgencias, 6) monitores de consulta de baja resolución para consulta externa y oficinas.

Los servidores de imágenes e impresión deben contar con características que ofrezcan un óptimo funcionamiento de almacenamiento y distribución de las imágenes. Respecto al almacenamiento, es indispensable considerar la capacidad y velocidad de transferencia mediante un esquema de almacenamiento para el archivo radiológico digital que incluya dos niveles.

Primer nivel. Discos de alto desempeño que permiten acceso rápido, RAID (del inglés Redundant Disk array of independent), los cuales se utilizan por su eficiencia en la administración de la información²³. En los sistemas RAID se almacenarán las imágenes que son accedidas con mayor frecuencia.

Segundo nivel. Como los sistemas RAID son finitos (desde 400GB hasta 5TB) y costosos (desde 5000 hasta 25000 dólares), no es posible mantener la información en línea todo el tiempo, por lo tanto el siguiente nivel de almacenamiento será un sistema juke-box automatizado de DVD o DTL (del inglés Disk Versatile Digital o Data Tape Library) para archivar las imágenes a largo plazo.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Hasta el momento, se han integrado a la red PACS-CNR, los equipos de resonancia magnética GE de 1.5T, el arco en C con fluoroscopia SIEMENS, la gammacámara ADAC FORTE a través de la Red-CNR, definiéndose los parámetros de transmisión que se indican en el Cuadro 2.

Como se mostró en el Cuadro 1, ya se han revisado las interfases y equipamiento necesario para la compatibilidad del estándar DICOM 3.0 y configuración de los equipos de adquisición de imágenes en el CNR. También, se han definido las áreas de interés de visualización y la infraestructura del sistema en base al levantamiento de los requerimientos del PACS-CNR.

Actualmente se trabaja en la definición de los requerimientos de las entidades de aplicación de adquisición, despliegue y base de datos de imágenes médicas adaptadas al CNR, así como parte de la implantación de la biblioteca DICOM. Además, se están evaluando tecnologías de software (middleware-CORBA, DCOM, EJB, JAVA RMI) para el manejo de sistemas distribuidos.

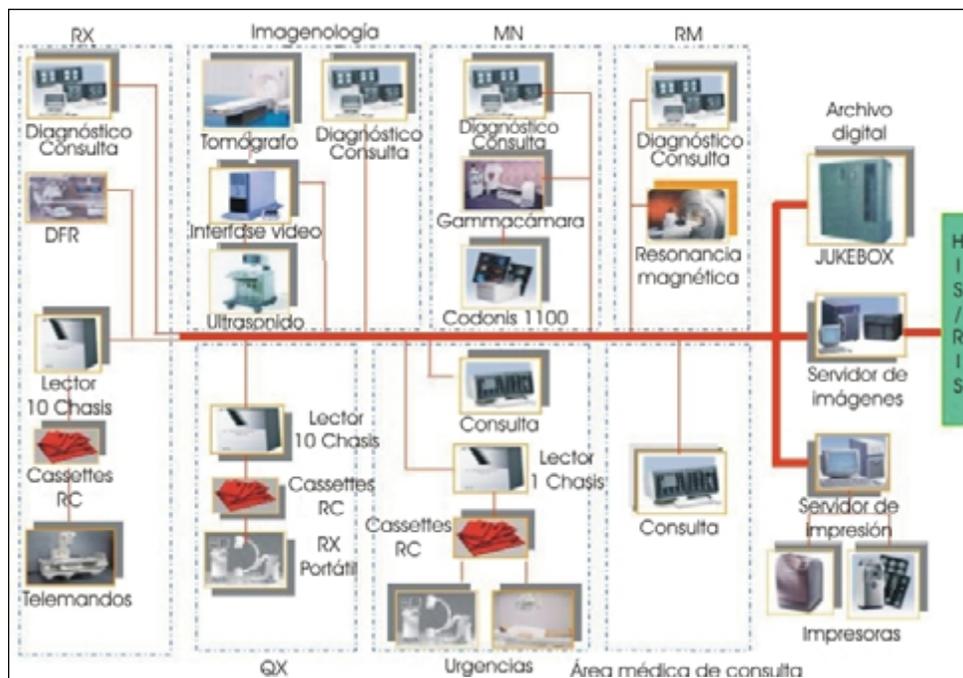


Figura 1. Perspectiva del proyecto PACS-CNR.

Cuadro 2. Parámetros de transmisión.

Equipo	Descripción	Servicio DICOM	AE Servidor
Servidor Resonancia magnética	PACS Resonancia	STORE_SCP	PACSCNR
Gammacámara	Pegasys	STORE_SCU	IX-Mr
Arco en C	Fluorospot	ADAC	
	STORE_SCU	Fluorospot	

Por otro lado, los procesos de diseño y desarrollo se han planteado según los lineamientos de ingeniería de software para lo cual se han asignado los roles de gestores de desarrollo, calidad y planeación de los productos, y cuyas actividades principales son: 1) Analizar las arquitecturas de almacenamiento, transmisión, impresión y visualización de imágenes médicas existentes en el mercado, 2) Analizar la infraestructura de red en el CNR, 3) Codificar prototipos para el despliegue de las imágenes DICOM, y 4) Analizar las partes 10 a la 16 del estándar DICOM.

Como conclusión final, podemos decir que este trabajo presenta la planeación del desarrollo de un sistema PACS para capturar, almacenar distribuir y visualizar la imágenes médicas de pacientes, diseñado para los requerimientos específicos del Centro Nacional de Rehabilitación de la Secretaría de Salud.

El sistema ofrece cambiar el proceso de manejo de imágenes médicas en la División de Imagenología del CNR, teniendo como principales impactos:

- 1) Mejorar la atención al paciente, disminuyendo la sobre-exposición a la radiación ionizante del paciente y del personal ocupacionalmente expuesto hasta en un 90%, y reduciendo los tiempos de espera en la entrega de los estudios de 20 a 5 minutos.
- 2) Aumentar el aprovechamiento de los recursos materiales, desperdiciando sólo el 8% máximo de placa y eliminando los gastos asociados al revelado de placa radiográfica y a los desechos de líquidos peligrosos.
- 3) Disponer de la información radiológica en línea, eliminando el procedimiento manual de solicitud, autorización de revisión y consulta

de la información en el archivo radiológico del CNR.

La investigación y desarrollo respecto a los modelos y procesos que serán adaptados y aplicados para el proyecto PACS-CNR con el propósito de obtener software de calidad según lo marca el PSP (del inglés, Personal Software Process) y el TSP, permitirá disminuir la dependencia tecnológica sin necesidad de pagar el costo intelectual del producto generado y que representa erogaciones constantes a la institución.

BIBLIOGRAFÍA

1. ACR Standard for Digital Image Data Management. 2002
2. Anrijs H, DeSmet G. ADC User Forum, 2001. ISSUE No. 9.
3. Azpiroz J, Martínez, A. Instalación y operación de sistemas PACS (almacenamiento y comunicación de imágenes): Características fundamentales; Rev Mex Ing Biomed Vol. XIX, 1998; 3: 21-30.
4. Chen D, Ho B, Chao W, Taira R. Image flow Management in a PACS network SPIE Medical Imaging 1994; 2165: 233-244.
5. Chávez AN. Codificación de las estructuras y diccionario de datos del estándar DICOM 3.0. Reporte de proyecto terminal UAM-Iztapalapa, 2000.
6. D'Alessandro M. Computers in radiology, the totally digital radiology department of the future SIGBIO Newsletter, 1988, Vol. 10, No. 4.
7. González A. Desarrollo del modelo de información DICOM y su comportamiento, utilizando el proceso unificado. Tesis de Maestría en Ciencias de la Computación UAM-Atzacapozalco, 2002.
8. González A, Martínez A. Library Development for a DICOM Information Model. Abstract of 2nd Conference IEEE Engineering in Medicine and Biology Society, 2002.
9. Gutiérrez J, Martínez A, Núñez MA. Diseño de un Sistema PACS LOCAL para el Centro Nacional de Rehabilitación. Memorias del 1er Congreso Mexicano e-Salud, 2002.
10. Humphrey W. Team Software Process. SE I Series in Software Engineering. Addison Wesley, 2000.
11. Humphrey W. Personal Software Process. Addison Wesley, 2000.
12. Jiménez JR. Protocolo de Servicio de Intercambio de Mensajes DIMSE (DICOM MESSAGE). Tesis de Maestría en Ingeniería Biomédica UAM-Iztapalapa, 2000.
13. Jiménez JR, Medina V, Martínez A. Intercambio de Mensajes DICOM. Memorias del II Congreso Latinoamericano de Ingeniería Biomédica, 2001.
14. Leotta DF, Kim Y. Requirements for picture archiving and communications. Proc. of the IEEE Engineering in medicine and biology, 12(1): 62-69.
15. Martínez A. Desarrollo del protocolo de capa superior del estándar DICOM utilizando metodología orientada a objetos. Tesis de Maestría en Ciencias de la Computación IIMAS-UNAM, 1999.
16. Martínez A, Colin L, Medina V. Patrones de diseño para los formatos de datos del protocolo de capa superior DICOM, Primer encuentro de computación, Taller de Ingeniería de Software, Querétaro, 1997: 38-44.
17. Martínez A, Medina V, Colin L. Aplicación de un proceso de desarrollo orientado a objetos en un protocolo de comunicación para transferencia de imágenes médicas, Taller Internacional de Tecnología de Software, CIC-IPN, 1999: 55-66.
18. Mun SK, Freedman M, Kapur R. Image management and communications for radiology. Proc. of the IEEE Engineering in medicine and biology, 12(1):70-80.
19. Norma Oficial Mexicana de Protección Ambiental. Características, Procedimiento de identificación, clasificación y listado de los residuos peligrosos, NOM-052-ECOL-1993. Diario Oficial de la Federación 2 Jul. 1993.
20. Norma Oficial Mexicana de Salud Ambiental. Responsabilidades sanitarias en establecimientos de diagnóstico médico con Rayos X, NOM-146-SSA1-1996. Diario Oficial de la Federación 7 Oct. 1996.
21. Norma Oficial Mexicana de Salud Ambiental. Protección y seguridad radiológica en el diagnóstico médico con Rayos X, NOM-157-SSA1-1996. Diario Oficial de la Federación 29 Nov. 1996.
22. Orozco-Barbosa L, Karnouch A, Georganas NE. A multimedia interhospital communications system for medical consultations. Proc. of the IEEE Jour. Selected areas in Comm. 1992: 10(7).
23. Robinson G. Computer, Toward the Age of Smarter Storage. IEEE Computer Society, EMC Corp. 2002: 35-41.
24. Scalzi G, Sostman D, Seshadri S, Matherly G. The New York Hospital's Institution-Wide PACS. Kodak digital science, 1997.
25. Yang S, Mitra S. Efficient storage and management of radiographic images using a novel wavelet based multiscale vector quantizer. SPIE Medical Imaging 2002; 3(23): 96-107.