

miniPACS DICOM

John Alexander Mosso Solano M. Sc.
Antonio José Salazar Gómez, PhD, Asesor

**UNIVERSIDAD DE LOS ANDES
MAESTRÍA EN INGENIERÍA ELÉCTRICA
BOGOTÁ DC
2005**

1. INTRODUCCIÓN.....	3
2. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA.....	5
2. 1 Manejo de la imagenología en los hospitales.....	5
2. 2 Diagnóstico por imágenes.....	8
3 COMPONENTES DE LOS SISTEMAS PACS.....	10
Adquisición.....	11
Redes de Comunicación.....	12
Sistemas de almacenamiento.....	13
Estaciones de trabajo.....	14
4 EL ESTÁNDAR DICOM.....	17
4. 1 Historia.....	17
4. 2 Ámbito del estándar DICOM.....	19
4. 3 Metas del estándar DICOM.....	20
4. 4 Revisión general del estándar DICOM.....	22
4. 4. 1 Directrices generales.....	23
4. 4. 2 Declaración de Conformidad.....	29
4. 4. 3 Definiciones de Objetos de Información.....	30
4. 4. 4 Especificación de Clase de Servicio.....	31
4. 4. 5 Estructuras de datos y Codificación.....	32
4. 4. 6 Diccionario de datos.....	37
4. 4. 7 Intercambio de Mensajes.....	38
N-GET.....	39
C-STORE.....	40
4. 4. 8 Comunicación en red para intercambio de mensajes.....	42
5. DESARROLLO DEL SISTEMA miniPACS.....	45
5. 1 Revisión Conceptual.....	45
5. 2 Arquitectura SCU - SCP.....	47
5. 3 Diseño.....	48
5. 3. 1 Servidor de Almacenamiento.....	52
5. 3. 2 Estación de Diagnóstico.....	54
5. 3. 3 Servidor de Impresión DICOM.....	56
6. IMPLEMENTACION.....	57
6. 1. Servidor de Almacenamiento:.....	57
6. 2. Estación de Diagnóstico.....	60
6. 3. Servidor de Impresión.....	63
7. RESULTADOS Y RECOMENDACIONES.....	65
CONCLUSIONES.....	67
BIBLIOGRAFÍA.....	68
GLOSARIO.....	69

1. INTRODUCCIÓN

El desarrollo de las telecomunicaciones y la informática en los últimos treinta años ha sido acelerado y vale decir, desaprovechados en extremo en nuestro país, sobre todo en el campo de la medicina donde trae grandes beneficios. Cuando se combinan estas disciplinas, se obtienen aplicaciones telemáticas médicas que en general se agrupan bajo el término **telemedicina** o medicina a distancia. La telemedicina tiene muchas subdivisiones y el término envuelve incluso aplicaciones de cirugía a distancia. Sin embargo, existen enfoques de menor complejidad y no por ello menos útiles o de menor demanda.

La base de la medicina es un diagnóstico correcto que permite establecer el tratamiento adecuado. La distribución geográfica de la población en Colombia o en general un diagnóstico especializado y oportuno están limitados por la distancia al médico especialista y es en el diagnóstico precisamente donde una aplicación de telemedicina cobra gran importancia, no solamente reduciendo costos sino con mejoras contundentes de cobertura, calidad y eficiencia entre muchas otras bondades.

No hace falta analizar otras culturas o naciones para darse cuenta de la necesidad imperativa de desarrollar servicios para el sector salud paralelamente al desarrollo tecnológico. La universidad colombiana y en particular la Universidad de los Andes tiene experiencia en diferentes campos como son las telecomunicaciones, el desarrollo de software, la medicina, los sistemas de información y gestión que en este momento actúan de manera aislada e independiente. Un proyecto de telemedicina, es una propuesta coherente de integración multidisciplinaria.

La información médica utilizada suele ser de tres tipos: Texto, imágenes y señales. Se puede argumentar que una gran parte está constituida por imágenes biomédicas digitales o analógicas obtenidas en diferentes modalidades como Ultrasonido (US), Tomografía Computarizada (TC), Resonancia Magnética (RM), medicina nuclear entre otras.

En los últimos años los hospitales Colombianos vienen haciendo inversiones en actualización de equipos y el uso de las imágenes digitales para el diagnóstico es mas común. Sin embargo, la integración de esta tecnología tanto al interior de la institución como inter - institucional es aún un aspecto poco desarrollado. Adicionalmente, los sistemas de información para el soporte de la atención médica están dispersos y son pocos los esfuerzos orientados a una verdadera integración. El problema evidente es una información de acceso difícil que reduce la eficiencia de la práctica clínica. Surge la necesidad de abordar el problema de integración. Un primer paso consiste en centralizar la información de imagenología procedente de diferentes fuentes, los médicos deben estar en capacidad de consultar esta información de diagnóstico del paciente independiente de dónde fue generada. El objetivo final será lograr una integración con el sistema de información hospitalaria. La llave del éxito de esta integración funcional es el uso de estándares en el ámbito médico.

Con esta concepción, el trabajo pretende dar inicio a una solución de adquisición, almacenamiento y transmisión estándar de imágenes que sirvan como base para la construcción de un sistema de telemedicina. El desarrollo del sistema PACS (*Picture Archive and Communications System*) integra mecanismos que dan soporte a la transmisión, recepción y búsqueda de imágenes médicas digitales; navegación y visualización de la jerarquía de imágenes y un servidor de impresión básico que reemplaza una impresora DICOM utilizando una impresora estándar para economizar costos.

2. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

Típicamente existen dos formas radicalmente opuestas de manejar los archivos de imágenes en una entidad hospitalaria: La primera, es un manejo y almacenamiento centralizado donde se tiene una sola copia del expediente del paciente y donde las imágenes se guardan en un archivo central. La segunda, es un almacenamiento distribuido donde no existe un expediente único del paciente y las imágenes están bajo la custodia del paciente o del médico. Estos dos esquemas de almacenamiento tienen un manejo ineficiente de la información.

2.1 Manejo de la imagenología en los hospitales.

Los estudios de R-X son la fuente más común de imágenes en el ambiente hospitalario, no necesariamente en formato digital. Casi el 80% de las imágenes se imprime en placas y se visualiza de la manera convencional. Sin embargo, existen diversas fuentes de imagenología de radiografía computarizada (CR), tomografía computarizada (CT), resonancia Magnética (MRI), ultrasonido, medicina nuclear (NMI) y angiografía de substracción digital (DSA) que completan una amplia gama de fuentes de imágenes en el ámbito clínico. Estas modalidades de generación de imágenes tienen soporte básico distinto al de las placas radiográficas, pero por costumbre o conveniencia se pasan a ese formato antes de analizarlas. Aún cuando varios de los tipos de imágenes son digitales originalmente, se procede a imprimir las mismas sobre una placa reduciendo de la calidad de la imagen. La tabla 2. 1 muestra algunos tipos comunes de imágenes médicas y el tipo de soporte empleado comúnmente.

Imágenes	Tipos de soporte
Radiografías	placa
Óseo densitometría	digital
Fluoroscopia	video-placa
Tomo densitometría	Digital - placa
PET-SPECT	digital
Ultrasonido	video-polaroid-placa
Medicina Nuclear	Digital-papel
RMN	Digital-placa
Microscopia	Papel

Tabla 2. 1 Tipos comunes de imágenes médicas

A medida que una institución crece en pacientes y estudios, produce una gran cantidad de imágenes para diagnóstico que dificulta su manejo principalmente si se tiene en cuenta que deben imprimirse y archivar. Existen varios estudios que mencionan la cantidad de imágenes médicas generadas por año en un hospital. Se dice que un hospital típico de 600 camas se

generan entre cien mil y un millón de imágenes cada año y en el mejor de los casos se pierde el 20% de las mismas.

Algunos de los problemas detectados en el manejo de las imágenes son:

- Pérdida de archivos:

Cuando un hospital tiene la información del paciente distribuida es difícil reconstruir la historia clínica de un paciente que ha sido atendido por diferentes especialistas a lo largo del tiempo. Cuando existe un único archivo, existe un riesgo alto de perder la información completa especialmente si es el paciente quien transporta la historia de un lado a otro por ejemplo, en consultas de especialidad o traslado de hospitales. Con las imágenes, se complica el problema. Asumiendo que el hospital tenga una política de archivo de imágenes, este deberá contener todas las imágenes de todos los pacientes, sin embargo, comúnmente no se encuentran las placas debido a que están mal clasificadas, no se ha reintegrado de una revisión anterior y todo sumado con las políticas de liberación de espacio físico que recicla placas viejas para dar espacio a nuevas. En realidad, es casi imposible una verdadera gestión del almacenamiento físico a este nivel.

- Carencia de bases de datos:

Para el tratamiento de los padecimientos crónicos de pacientes es esencial poder llevar un seguimiento a largo plazo para evaluar consecuencias de los tratamientos. Enfermedades como la osteoporosis o artritis requieren el seguimiento de cambios en las imágenes radiográficas en el tiempo. Adicionalmente, a los médicos les resulta interesante poder hacer estudios comparativos de imágenes de pacientes normales y pacientes con un padecimiento en particular. Estas capacidades solo las tienen los médicos que poseen registros completos de pacientes a lo largo del tiempo; deben quedarse con las placas que resulten de su interés o deben llevar un registro del paciente y placas de su interés y confiar en que estas puedan recuperarse de archivo radiológico. Este problema es relativamente fácil de corregir si se contara con una base de datos de imágenes médicas lo cual traería entre otras ventajas:

- o Permitir el acceso rápido a la información que se solicita.
- o Establecer búsquedas por criterios.
- o Presentar imágenes tanto para hacer comparaciones de un paciente en el tiempo como de imágenes normales contra otras en estudio.

- Lentitud en la consulta de expedientes.

La velocidad de respuesta a una consulta de imágenes es manual y depende de la eficiencia del empleado. La búsqueda de otros datos relevantes asociados a las imágenes o expediente del paciente pero no integrados es bastante difícil.

- Repetición de exámenes.

La baja disponibilidad de las imágenes del paciente o la mala administración del archivo radiográfico trae como consecuencia la repetición de exámenes. Muchas veces es más fácil solicitar un nuevo examen que encontrar la imagen necesaria, en otros casos, el

mal estado de la placa obliga la repetición. La pérdida de la imagen o la mala calidad incrementan costos sin contar con la exposición adicional del paciente a radiaciones no necesarias.

- Altos costos de placas radiográficas.

Las placas son costosas. En general existe la tendencia al alza que no solamente incluye las placas mismas sino también por ejemplo, gastos en papelería asociada (sobres y carpetas), personal dedicado al manejo, técnico de la sala de visualización, el responsable del archivo, el mensajero, etc. Adicionalmente el tiempo perdido por el personal calificado mientras se busca una placa o se rehace un estudio, además del tiempo de espera por no tener acceso inmediato a la información de imágenes y reporte del radiólogo experto.

En síntesis:

- Existe un almacenamiento de la información deficiente por lo que es de difícil acceso.
- Existe un desperdicio de recursos disponibles.
- Hay una disminución en la calidad de atención al paciente.
- No se aprovechan los recursos tecnológicos e informáticos al alcance.
- Se aprovecha al mínimo la información de imagenología disponible.

Se hace necesario entonces una alternativa para el manejo eficiente de imágenes digitales aprovechando las ventajas que ofrecen las tecnologías informáticas de hoy en día particularmente, la capacidad de procesamiento, de almacenamiento y el ancho de banda. El paso a un sistema de almacenamiento digital tiene las siguientes ventajas:

Accesibilidad: La información está disponible al personal médico que lo requiera. Se reducen drásticamente los tiempos de espera por información y no se requieren procesos intermedios de solicitud.

Seguridad: Los medios electrónicos definen el acceso a la información.

Facilidad de almacenamiento: Los procesos están automatizados y se minimiza la intervención de personal administrativo.

Economía: Los costos de un sistema de almacenamiento y manejo de imágenes digitales no es muy superior al costo de manejo de radiografía convencional. Se incrementa la eficiencia y se beneficia al paciente.

Empleo de bases de datos: Aumento de calidad en atención al paciente pues se permite realizar seguimientos de forma más eficiente y con información complementaria relevante.

Visualización múltiple: La imagen puede desplegarse en distintos lugares simultáneamente, de tal manera que el especialista puede hacer su diagnóstico mientras se despliega la imagen en los consultorios, los servicios de urgencia, quirófanos etc.

2.2 Diagnóstico por imágenes

Existe una gran variedad de sistemas de información al interior en el ambiente clínico, todos y cada uno de ellos con funciones específicas y traslapados en algunos casos. Algunos ejemplos de sistemas de información son LIS (*Laboratory Information System*), CIS (*Clinical Information System*), PIS (*Pathology Information System*), PAS (*Patient Administration System*). Cuando se acota este ámbito al diagnóstico por imágenes se puede hablar de tres sistemas puntuales que se orientan a la gestión de la información del paciente y el diagnóstico basado en imágenes:

- Sistema de información para la gestión de la unidad (HIS/RIS)
- Sistema de archivo y comunicación de imágenes (PACS)

Sistema de Información HIS/RIS

El sistema HIS (*Hospital Information System*) está diseñado para gestionar la información médica y administrativa del hospital con el fin de aumentar la eficiencia y efectividad del personal en su trabajo diario. Por otra parte la labor de un sistema RIS (*Radiology Information System*) es asistir a los servicios de radiología en el almacenamiento, manipulación y recuperación de la información. Los objetivos fundamentales de estos sistemas son:

- Identificación unívoca del paciente
- Citación optimizada
- Recepción de pacientes y registro de actividad.
- Transcripción y emisión de reportes radiológicos.
- Solicitud y recepción de resultados.
- Estadísticas y gestión de la información.

Sistema de Archivo y comunicación de Imágenes (PACS)

Un sistema PACS (*Picture Archive and Communication System*) es un término que agrupa un conjunto de sistemas que facilitan el archivo, procesamiento y visualización de imágenes digitales y su información asociada. Sus objetivos fundamentales son:

- Adquisición.
- Transmisión
- Gestión.
- Archivo.
- Visualización.
- Impresión
... de imágenes médicas.

Adicionalmente se habla del concepto IHE (*Integrating the Healthcare Enterprise*) el cual es una iniciativa para mejorar la integración de los sistemas de información en el ámbito clínico. IHE no es un estándar ni una autoridad de certificación sino un esfuerzo de consenso y un marco para la integración de los diferentes sistemas de información. Esta orientado a

procesos y plantea situaciones de uso común donde define como aplicar los estándares para el funcionamiento coordinado de una empresa de salud.

Son evidentes las ventajas de la aplicación de una solución de tecnología digital en el manejo y comunicación de imágenes. La transmisión en red y la manipulación de grandes cantidades de imágenes no es exclusiva del ámbito médico. Estos enfoques se aplican en otros campos como la geología, geografía, estudios de fenómenos atmosféricos donde las imágenes obtenidas remotamente deben estar a disposición de los usuarios. En el ámbito médico, estas soluciones pueden incluir desde el diseño y construcción de un sistema simple pero funcional hasta la adquisición de un sistema PACS comercial completo.

3 COMPONENTES DE LOS SISTEMAS PACS

Para cubrir las necesidades mencionadas se requieren un conjunto de dispositivos y aplicaciones responsables de ofrecer los elementos operativos demandados por las diferentes áreas del hospital. Estas demandas incluyen: Adquisición de imágenes, Almacenamiento de información, Distribución de imágenes, Visualización de imágenes (consulta interpretación o diagnóstico), Registro de resultados, Interfaz con otros sistemas, Comunicación remota, Seguridad del sistema. Los sistemas PACS utilizan componentes software y hardware con funciones específicas para abordar estas necesidades. Algunos componentes son: Digitalizadores para placas R-X, digitalizadores de video, estaciones de trabajo con diferentes características, estaciones de consulta, medios de almacenamiento, servicios de impresión, redes de datos, servidores de imágenes, servidores de bases de datos, dispositivos generadores de imágenes médicas, etc. La figura 3. 1 muestra diferentes componentes de un sistema PACS integrados en un ambiente cliente / servidor en una red de datos.

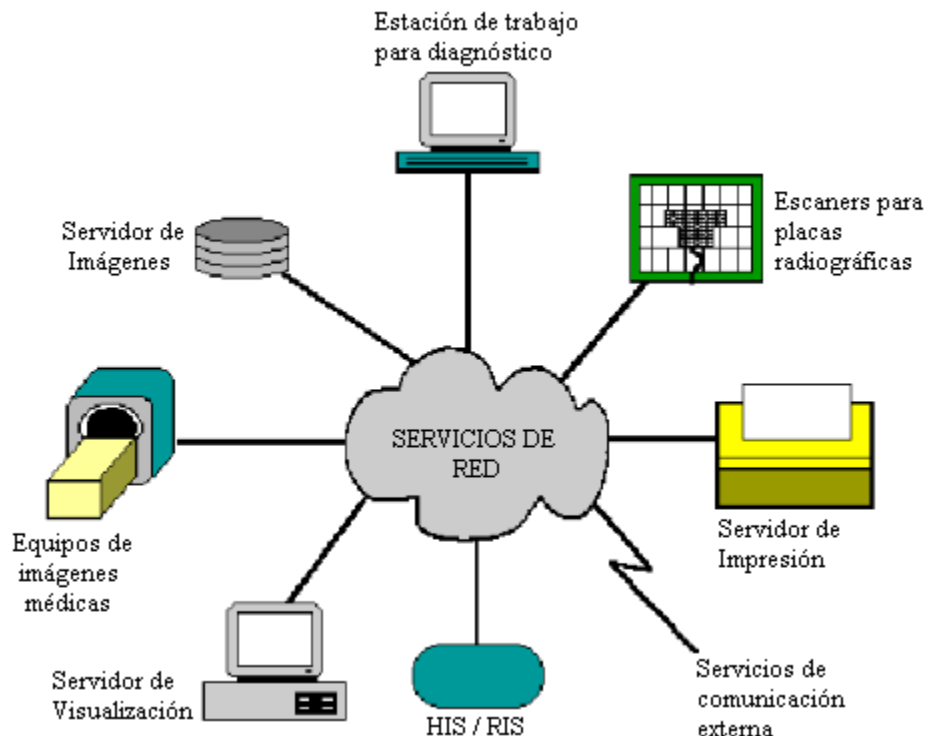


Fig 3. 1. Componentes del sistema PACS en un ambiente Cliente / Servidor

Los componentes básicos de un sistema PACS son:

- Adquisición de imágenes.
- Red de comunicación.
- Sistemas de Almacenamiento y bases de datos.
- Estaciones de Diagnóstico y Visualización.

Adquisición

Existen dos tipos principales de modalidades de imágenes para su adquisición. La primera son imágenes disponibles únicamente en placa. Estas imágenes se tendrán que digitalizar manualmente utilizando un escáner de placas. Algo similar sucede con las imágenes de video como el caso del ultrasonido. En este tipo de sistemas es necesario contar con una tarjeta digitalizadora de video o *frame grabber* para obtener las imágenes en formato digital.

En el segundo caso, las imágenes ya se encuentran en formato digital. Las imágenes de Tomografía axial computada, resonancia magnética nuclear, medicina nuclear, entre otras son digitales y se imprimen en placa por comodidad únicamente. En estos casos, el reto es encontrar la manera de obtener la información numérica directamente de la máquina y transmitirla a través de la red al archivo de imágenes. Es común encontrar que las imágenes se proporcionan bajo un formato no estándar, que depende del fabricante. En otros casos, se presentan los datos numéricos, siguiendo el estándar DICOM, en cuyo caso es posible leer los datos y almacenarlos siguiendo esta norma.

Típicamente una imagen hace parte de un tipo de estudio. El número de imágenes varía según el estudio y por ende la capacidad necesaria de almacenamiento. La tabla 3. 1 muestra algunos ejemplos del volumen de información necesario según diferentes modalidades.

Volumen de información:

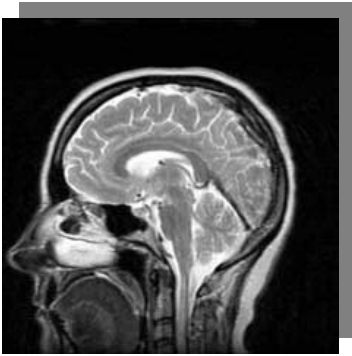
Modalidad	1 Imagen	1 Estudio
RX	10240 KB	20 MB
TAC	512 K	30 MB
RM	128 K	25 MB
Ecografía	512 K	6 MB
Mamografía	59152 K	192 MB

Tabla 3. 1 Volumen de información por modalidad.

A continuación se presentan algunos ejemplos de imágenes médicas.



Tomografía computarizada
 Imagen Digital
 Matriz: 512 x 512 x 2 Bytes
 Imágenes / estudio 40
 Tamaño de la imagen: 512 K
 Imagen reconstruida a partir de múltiples
 proyecciones de un haz de rayos X



Resonancia magnética
Imagen digital
Matriz 256 x 256 x 2 bytes
Imágenes / estudio: 100
Tamaño de la imagen 128 K
Campos magnéticos miden la densidad espacial de los protones de hidrógeno.



Rayos X
Imagen analógica sobre película
Matriz 2048 x 2580 x 2 bytes
Imágenes / estudio: 2
Tamaño de la imagen 10240 K
Proyección de un haz de rayos sobre una placa fotográfica



Ecografía
Imagen de video
Matriz: 512 x 512 x 2 bytes
Imágenes/estudio: 12
Tamaño de la imagen 512 K
Imagen obtenida por eco de ultrasonidos.

Redes de Comunicación

La red de comunicación es un elemento fundamental de los sistemas PACS. Típicamente se encuentran distintas velocidades de acceso:

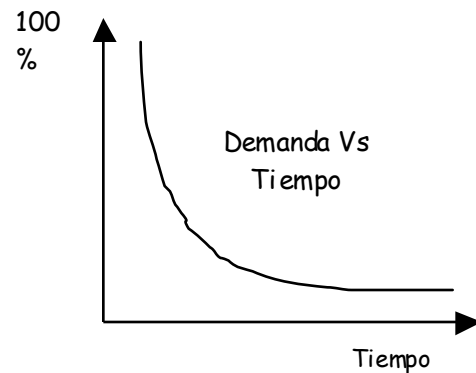
La red interna hospitalaria comúnmente *Ethernet* convencional. Aquí la demanda de imágenes no es tan grande y es común que exista interconexión al sistema de información hospitalaria donde se tiene acceso a los expedientes de los pacientes y al sistema de información radiológica.

Un acceso exterior: La velocidad aquí varía pues pueden existir conexiones de alta velocidad y enlaces dedicados para facilitar la interacción con otras instituciones pero también el acceso puede ser tan lento como una conexión telefónica convencional.

Red Interna del departamento de radiología: Aquí es donde se hará la mayor parte del diagnóstico radiológico y donde se generarán los informes por parte de los especialistas. Aunque puede ser una red lógicamente separada, típicamente no presenta diferencias con la red interna hospitalaria. En raras ocasiones, se encuentra una red de alta velocidad para satisfacer la demanda de un departamento de imagenología.

Sistemas de almacenamiento

Los sistemas de almacenamiento de imágenes deben seguir una estructura jerárquica que dependerá de la probabilidad de demanda de la imagen y se debe tener una estrategia para el almacenamiento de información. En las horas siguientes a la adquisición de una imagen, ésta se consulta con más frecuencia. A lo largo del tiempo la probabilidad de que esta imagen se consulte disminuye significativamente. Debido a esto, el almacenamiento a corto plazo (plazos de horas) debe hacerse en los sistemas locales (memoria y disco). A mediano plazo (días), el almacenamiento debe hacerse en servidores locales, mientras que el almacenamiento permanente y a largo plazo puede hacerse ya sea en unidades de disco óptico o en cinta magnética.



Almacenamiento de mediano plazo: En general las imágenes adquiridas recientemente se consultan con mucha frecuencia en los minutos siguientes a su adquisición y su frecuencia de consulta disminuye rápidamente con el tiempo. El almacenamiento a mediano plazo (local) tiene las siguientes características

- Decenas de GB
- Transferencia de alrededor de 50 imágenes por minuto.
- 1-15 días de almacenamiento.
- Pueden utilizarse discos con tecnología RAID y SAN

Almacenamiento a largo plazo: El fin del archivo digital es conservar la historia de imagenología sin importar la frecuencia de consulta. Esto lleva a la necesidad de almacenar grandes cantidades de información. El almacenamiento a largo plazo debe cumplir con los siguientes requisitos:

- Capacidad de varios Terabytes.
- Capacidad de almacenamiento de dos años de información. (La normativa CEN habla de hasta siete años).
- Empleo de cinta e imágenes comprimidas para almacenamiento a plazos mayores.
- Uso de discos ópticos y cintas
- Opcionalmente, empleo de robots o "jukeboxes" para acceso.
- Dando pasos más avanzados en el campo del almacenamiento, se puede pensar en un módulo que se encargue de efectuar una recuperación inteligente de las imágenes que

probablemente se solicitarán (*prefetch*), junto con un sistema de compresión y descompresión en línea. Un ejemplo de esta aplicación es el precargado de las imágenes de un determinado paciente, el día de su consulta. Así, los médicos podrán hacer un seguimiento a largo plazo de sus padecimientos y podrán solicitar cualquiera de sus imágenes, si así lo desean. El programa estaría encargado de revisar la agenda de visitas programadas y de precargar las imágenes que ordinariamente se encuentran en almacenamiento a largo plazo.

La compresión de imágenes se puede emplear para multiplicar el espacio en disco, y para reducir el tiempo de transferencia. Se pueden emplear varios criterios: Compresión reversible con tasas de 2: 1, 3: 1 para imágenes de referencia o para almacenamiento a corto plazo. Compresión irreversible con tasas de 10: 1 y 20: 1 para almacenamiento a largo plazo. En la actualidad el problema del tipo de compresión adecuado para un determinado tipo de imágenes no está resuelto y sigue siendo un tema de investigación.

Por otro lado, el costo unitario del almacenamiento básico en disco rígido disminuyó drásticamente en la última década. Esto se debe a que la tecnología en esta rama ha seguido un crecimiento exponencial donde cada 18 meses se duplica la capacidad de almacenamiento y a que los volúmenes manejados en el mercado global de la informática generan una oferta de productos con costos decrecientes en términos de dólares por megabyte. Se prevé que el costo por unidad de almacenamiento continuará disminuyendo en forma abrupta y que la capacidad de unidad continuará aumentando, de modo que es muy poco probable que incluso las colecciones de imágenes digitales más grandes y de crecimiento más rápido tengan problemas de capacidad o accesibilidad en el almacenamiento masivo. Otras formas de almacenamiento masivo, tales como los sistemas de disco óptico y de cinta magnética, están viendo mejoras en cuanto al precio y el rendimiento, pero a una velocidad inferior a la del disco magnético.

En términos generales, la fiabilidad de los sistemas de almacenamiento ha mejorado en forma constante. Actualmente casi todas las tecnologías de almacenamiento poseen algún tipo de corrección de errores incorporada. Por desgracia, no se puede confiar solamente en estas impresionantes características para la protección de datos. Ninguna tecnología es infalible y todas las instalaciones de almacenamiento se pueden destruir ante acontecimientos imprevistos tales como incendios, inundaciones y terremotos. Por este motivo, por lo general se recomienda que todos los datos que sean únicos (en especial archivos maestros de imágenes y todos los metadatos asociados) se almacenen en por lo menos dos tipos de medios diferentes en distintas ubicaciones físicas. Con frecuencia, para el almacenamiento secundario se suelen elegir medios removibles tales como discos ópticos o cintas magnéticas.

Estaciones de trabajo

Las estaciones de diagnóstico y visualización reproducen de alguna manera el paradigma del negatoscopio y su aceptación depende sobre todo de la calidad visual de presentación de las imágenes junto con la facilidad de uso.

Es deseable que el tamaño y resolución de los monitores sea adecuado para la visualización de las imágenes (mayor de 19" y 2048 x 2048 píxeles) pero en general dependerá de los límites a los costos de implantación. Deben incorporarse capacidades funcionales básicas de procesamiento de imágenes para poder cambiar contraste e intensidad, rotación, ampliación, ventanaje y nivel por ejemplo. Es deseable además incorporar otras funciones como informes orales, traducción automática de audio a reporte escrito y despliegue de otros tipos de información en tiempo real (Ayuda en línea, marcado de áreas de interés) y adicionalmente, incluir capacidades avanzadas de procesamiento para diagnóstico asistido por computador todo bajo una interfase amigable para el usuario. Las ventajas de un sistema de archivo digital PACS pueden resumirse de la siguiente manera:

- **Accesibilidad**
 - Adquisición y manejo estándar de las imágenes.
 - Estaciones de trabajo localizadas donde se necesitan.
 - Imágenes disponibles siempre.
- **Visualización múltiple**
 - Visualización de una misma imagen en distintos lugares al mismo tiempo: Urgencias
Quirófano, Imagenología.
- **Acceso a todos tipos de información adicional**
 - Conexión con el sistema de información radiológica.
 - Conexión con el sistema de información hospitalaria.
- Disminución del tiempo de espera en un factor de 10.
- **Facilidad de Almacenamiento**
 - Formatos estándar para todas las imágenes.
 - Agrupamiento de la manera más conveniente.
 - Por patología.
 - Por paciente.
 - A distintas resoluciones según la necesidad.
- **Seguridad**
 - Reducción al mínimo del riesgo de pérdida de los archivos.
 - Estrategias de almacenamiento de archivos antiguos (cinta, compresión).
 - Sistemas RAID
 - Acceso restringido si se desea asegurar la privacidad.
 - Disminución de la exposición del paciente a radiaciones.
 - Evitar estudios duplicados
 - Rescate de imágenes "malas" por medio del procesamiento digital de las mismas.
- **Economía**
 - Reducción de los costos
 - Espacio físico
 - Personal
 - Productos químicos
 - Placas y productos
 - Incremento en la velocidad de obtención de datos relevantes.
 - Aprovechamiento de la información disponible pero nunca antes empleada.

- Mejoría de la atención médica sin incrementar costos.
- **Empleo de Bases de Datos**
- Seguimiento de pacientes a largo plazo.
- Comparación entre poblaciones.
- Comparación entre procedimientos terapéuticos.
- Comparación con imágenes "típicas".
- Enlace entre sistemas de información hospitalaria.

El cambio que se debe dar para aceptar la implantación de un sistema PACS, permitirá contar con una visión integral del manejo de las imágenes y los datos clínicos, al cual todavía no se acostumbran los médicos especialistas. Para integrar un sistema de este tipo, es importante tener una idea clara de la forma de operar basada en las necesidades del hospital. Algunas consideraciones en este sentido son:

- Los diferentes mecanismos de admisión y registro de pacientes.
- Los tipos y número de pacientes que se atienden en el servicio de radiología o cualquier otro servicio de imagenología.
- La información relacionada al paciente, considerada como relevante para el hospital.
- Las diferentes modalidades de imágenes médicas que se manejan en el área.
- La existencia de otros sistemas de información en el hospital.
- El mecanismo de petición de estudios al servicio de radiología.
- La forma en que el servicio de radiología programa los estudios de pacientes.
- El mecanismo de interpretación y diagnóstico de los estudios realizados.
- Las diferentes áreas del hospital que requieren consultar imágenes.
- La ubicación física de las diferentes áreas involucradas.
- La forma de manejar la información a donde es requerida.
- La utilidad que se le da a la información, en cada servicio.
- Problemas de pérdida de información.
- Localización final de la información cuando el paciente abandona el hospital.
- La forma de organizar la información al ser almacenada.
- Consultas posteriores a la información.
- Intercambio de información con otros hospitales.

Para poder obtener una buena aceptación en el ambiente clínico, estas soluciones deben considerar la facilidad, rapidez, seguridad de acceso y calidad de presentación de las imágenes. Estas características se deben complementar con funciones adicionales como mostrar varias imágenes en la misma pantalla, procesamiento de imágenes para corregirlas o mejorarlas, diagnóstico asistido por computadora entre otras.

4 EL ESTÁNDAR DICOM

Una de las claves del éxito para la implementación de un sistema PACS es el uso de estándares. Cuando se habla de imágenes médicas, es natural la introducción del estándar DICOM para procesos como captura, almacenamiento, transporte y visualización. En este capítulo presenta una descripción general del estándar DICOM haciendo un énfasis en la sección de transporte e intercambio de información como parte importante en el marco del trabajo.

4.1 Historia

Con el desarrollo de las primeras máquinas de imágenes digitales en los años 1970s y la continua evolución de los computadores que facilitó el procesamiento de estas imágenes posterior a su adquisición, surgió la necesidad de creación de un estándar para la transmisión de las imágenes médicas y su información asociada. Fue así como el Colegio Estadounidense de Radiología y la Asociación Nacional de Fabricantes Eléctricos (ACR y NEMA respectivamente por sus siglas en inglés) formaron un comité en 1983 para desarrollar un estándar teniendo como objetivos:

- Promover la comunicación de imágenes digitales sin importar el proveedor.
- Facilitar el desarrollo y expansión de sistemas de almacenamiento y comunicación de imágenes (PACS) que también pueden conectarse con otros sistemas de información hospitalaria.
- Permitir la creación de bases de datos de información diagnóstica que pueda consultarse por una amplia variedad de dispositivos distribuidos geográficamente.

En 1985 se publicó el primer estándar ACR-NEMA No. 300-1985 teniendo como base ideas obtenidas de formatos ya existentes; por ejemplo, la definición de elementos de datos de longitud variable identificados con etiquetas (formato de etiquetas), fue adoptada de un estándar para grabar imágenes en cinta magnética, desarrollado por la Asociación Americana de Físicos en Medicina (AAPM). Anteriormente, la mayoría de los dispositivos almacenaban las imágenes en formatos propietarios y usaban medios propietarios de transferencia de archivos sobre una red o medios de almacenamiento removibles con el fin de comunicar y compartir sus imágenes. Sin embargo, como todas las primeras versiones, se detectaron varios errores y el comité encargado (ACR/NEMA) autorizó a los grupos de trabajo involucrados, la realización de dos revisiones en Octubre de 1986 y en Enero de 1988, que produjeron una segunda versión, ACR-NEMA Versión 2.0, en 1988. En esta nueva versión se conservaron prácticamente las mismas especificaciones de interfaz con hardware definidas en la versión 1.0, pero se agregaron nuevos elementos de datos y se corrigieron varios errores e inconsistencias. En esta versión se especificó la comunicación punto a punto entre dispositivos, un grupo de comandos por software y varios formatos de datos correspondientes a los nuevos elementos.

En el tiempo que se dió a conocer la segunda versión, surgió la demanda de interfaz entre dispositivos involucrados en la generación y manejo de imágenes y redes de cómputo, sin

embargo, el estándar no ofrecía ningún soporte de comunicación en red. La respuesta a estas demandas implicaba grandes cambios a lo ya establecido y fue un gran reto para los grupos de trabajo considerar como restricción principal el mantener la compatibilidad con las versiones anteriores. De esta forma, a partir de 1988 se comenzó a trabajar en una tercera versión, en donde el proceso de diseño sufrió un cambio radical adoptando modelos para simular el mundo real, modelos de capas o pila para comunicación entre sistemas heterogéneos utilizando protocolos de comunicación en red y el modelo de cómputo Cliente/Servidor para establecer asociaciones entre dispositivos compatibles, a través de envío de mensajes.

Después de tres años de esfuerzo, se dió a conocer la versión ACR/NEMA DICOM (Digital Imaging and Communications in Medicine) llamada también DICOM 3.0, en la que participaron también varias instituciones de la comunidad internacional como JIRA (Japanese Industry Radiology Apparatus) y CEN (Comité Europeo de Normalisation). Esta versión es considerada como un estándar completo, compatible con las versiones anteriores. No fue hasta esta versión que se consolidó como promesa de un método estándar para comunicación de información de imágenes digitales.

Año	Evento
1983	Colegio Estadounidense de Radiología (ACR) y la Asociación Nacional de Fabricantes Eléctricos (NEMA) desarrollan estándar.
1985	Se publica el estándar ACR-NEMA versión 1.0
1988	Se publica el estándar ACR-NEMA versión 2.0
1991	Se desarrolla el estándar DICOM creando una plataforma abierta (independiente del fabricante) para comunicación de imágenes médicas.
1993	Se publica el estándar DICOM versión 3.0

Esta versión exhibió por primera vez el nombre DICOM y numerosas mejoras con respecto a las versiones anteriores del estándar ACR-NEMA:

- Soporte distribuido. El estándar ACR-NEMA se definía para ambientes punto-punto solamente y se requería una unidad de interfaz de red (NIU) para operación en red. DICOM soporta la operación en ambiente distribuido usando el protocolo de red estándar TCP/IP.
- Es aplicable en un ambiente *off-line*. ACR-NEMA no especificaba un formato de archivo, una selección de medio físico ó un sistema lógico de archivos. Un archivo DICOM es auto contenido y puede utilizarse de forma independiente.
- Especifica cómo los dispositivos estándar deben reaccionar a comandos e intercambiar datos. ACR-NEMA estaba confinado a la transferencia de datos pero DICOM, usando el concepto de Clases de Servicio, especifica la semántica de los comandos y los datos asociados.
- Especifica niveles de compatibilidad. ACR-NEMA especifica un nivel mínimo de compatibilidad pero DICOM explícitamente describe como una implementación debe

estructurar una declaración de conformidad para seleccionar opciones específicas que expone la aplicación.

- DICOM esta estructurado en documentos múltiples para facilitar la evolución rápida del estándar en un ambiente cambiante simplificando la adición de características nuevas.
- DICOM introduce explícitamente Objetos de Información no solamente para imágenes sino también para pacientes, estudios, formas de onda, reportes, impresión etc.
- DICOM especifica y establece técnicas para identificar de manera única los Objetos de Información evitando ambigüedad cuando interactúan en la red.

Con las mejoras sobre DICOM versión 3.0, el estándar estuvo listo para llenar la promesa de interoperabilidad, independencia de proveedor e interacción con otros sistemas de información médica existentes y futuros.

4.2 **Ámbito del estándar DICOM**

El estándar DICOM facilita la interoperabilidad de equipos de imágenes médicas especificando:

- Para comunicaciones en red, un conjunto de protocolos que deben seguir los dispositivos compatibles con el estándar.
- Sintaxis y semántica de los comandos e información intercambiada usando estos protocolos.
- La información que debe proveer una implementación compatible con el estándar.

El estándar DICOM no especifica:

- Los detalles de implementación de cualquier característica del estándar en un dispositivo compatible.
- El conjunto total de características y funciones que se esperan de un sistema implementado integrando un grupo de dispositivos compatibles.
- Procedimientos de prueba / validación de la compatibilidad de un dispositivo.

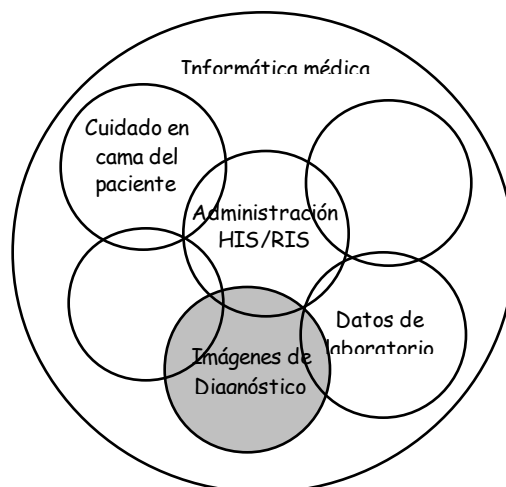


Fig. 4.1 **Ámbito del estándar DICOM en la Informática Médica** [71]

El estándar DICOM pertenece al campo de la informática médica. Dentro de este campo, aborda el intercambio de información digital entre equipos de imágenes médicas y otros sistemas. Ya que dichos equipos necesitan interoperar con otros dispositivos médicos, DICOM se traslapa con otras áreas de la informática médica sin abarcar la totalidad de la misma. La figura 4.1 muestra el ámbito DICOM. Un sistema integrado puede usar DICOM como protocolo estándar para el almacenamiento y transferencia de imagenología clínica mas no como solución de administración de pacientes o tópicos similares.

DICOM no define una arquitectura para el sistema integral o especifica requerimientos funcionales mas allá del comportamiento definido para servicios específicos. Por ejemplo, el almacenamiento de objetos de imagen se define en términos de qué información debe transmitirse y almacenarse y no cómo las imágenes se despliegan o almacenan. DICOM puede considerarse como un estándar de comunicación entre aplicaciones, dispositivos y sistemas heterogéneos.

DICOM no es una herramienta de propósito general para gestión de objetos distribuidos. Los servicios y objetos definidos por DICOM están diseñados para abordar aplicaciones específicas del mundo real (tales como la petición de un estudio de imagenología sobre un dispositivo de adquisición). Típicamente, la información se transfiere en masa de acuerdo al paradigma de documento.

4.3 Metas del estándar DICOM

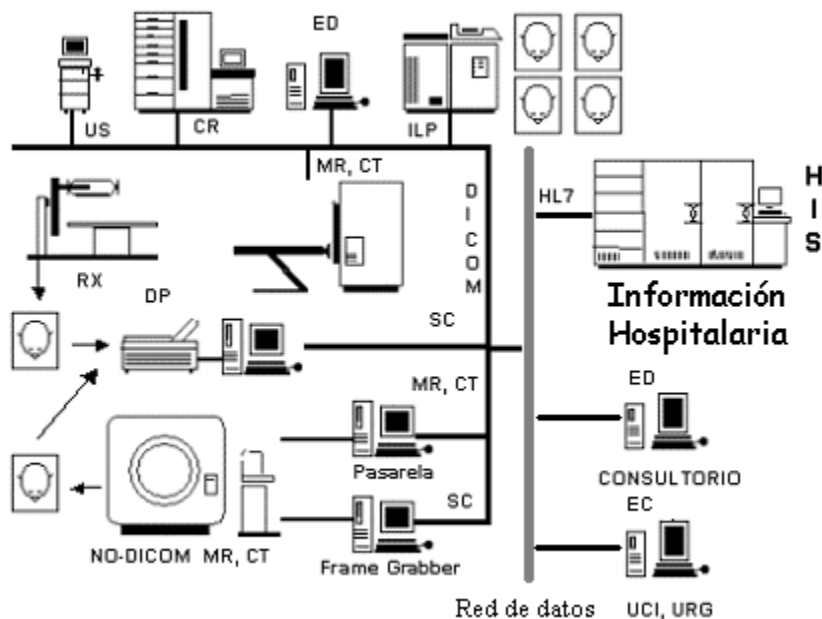
El comité de estándares DICOM existe para crear y mantener estándares internacionales para comunicación de diagnóstico biomédico e información terapéutica en disciplinas que usan imágenes digitales y datos asociados. DICOM pretende alcanzar la interoperabilidad e incrementar la eficiencia del flujo de trabajo e información entre sistemas de imagenología y otros sistemas de información en el ambiente médico a nivel mundial. DICOM es un estándar cooperativo; se interopera debido a que los diferentes proveedores realizan pruebas públicas y privadas.

DICOM permite que las máquinas de adquisición, los archivos de imágenes, los dispositivos físicos y las estaciones de imagenología de diferentes proveedores se conecten en una infraestructura de información común e integrada con otros sistemas de información médica (eg. Sistemas de información hospitalaria HIS y sistemas de información de radiología RIS). El estándar DICOM facilita el intercambio y procesamiento de imágenes médicas digitales provenientes de diferentes fabricantes. En particular:

- Aborda la semántica de los comandos y datos. Especifica no solamente la información que se mueve entre los dispositivos sino cómo se espera que los dispositivos respondan a comandos y datos.
- Facilita la operación en un ambiente distribuido.

- Su estructura permite introducir nuevos servicios facilitando el soporte para aplicaciones futuras de imágenes médicas.

DICOM no es un estándar ANSI. Está reconocido y aceptado como un auténtico estándar internacional. Es un estándar orientado a objetos y su fin es promover la comunicación de imágenes digitales independientemente del fabricante que las produce dando flexibilidad a los sistemas de almacenamiento y gestión de imágenes. DICOM es un protocolo cliente/ servidor que facilita la creación y consulta a sistemas de diagnóstico por diferentes dispositivos y en diversos lugares locales o remotos. Este protocolo es una negociación que tiene a grandes rasgos dos partes: Primero se negocia bidireccionalmente en qué consiste el intercambio de información (qué se va a enviar, si está comprimido, cómo está codificado) y posteriormente se envía la información. La figura 4. 2 muestra diferentes dispositivos del ambiente clínico interconectados gracias al estándar.



Fia 4. 2 Interconexión de dispositivos DICOM.

Todos los grandes proveedores de imagenología en diagnóstico médico en el mundo han incorporado el estándar en el diseño de sus productos y la mayoría están participando activamente en su mejoramiento. DICOM se usa o se usará en virtualmente toda profesión médica que utiliza imágenes en el campo de la salud. Estas incluyen cardiología, odontología, endoscopia, mamografía, oftalmología, ortopedia, patología, pediatría, terapia de radiación, radiología, cirugía, etc [1]. DICOM se usa incluso en aplicaciones de imágenes en veterinaria. DICOM aborda también la integración de la información producida por estas especialidades al Registro Electrónico de Salud (EHR) del paciente.

4.4 Revisión general del estándar DICOM

El estándar DICOM se desarrolló con énfasis en imágenes de diagnóstico médico en ramas como radiología, cardiología y disciplinas relacionadas; sin embargo se aplica también al intercambio de una amplia gama de información, bien sea de imágenes o no, en otros ambientes médicos. Aunque el estándar tiene el potencial de facilitar la implementación de soluciones PACS, el uso del estándar por si solo no garantiza que se cumplan las metas de un PACS. El estándar facilita la interoperabilidad de sistemas en un ambiente multi proveedor pero no garantiza interoperabilidad por si mismo. La figura 4.3 muestra el concepto de comunicación en red. Se muestran 3 pilas de protocolo OSI, DICOM sobre TCP/IP y DICOM punto-punto. La capa superior del protocolo permite se especifica para protocolos de propósito general y no de forma específica para DICOM.

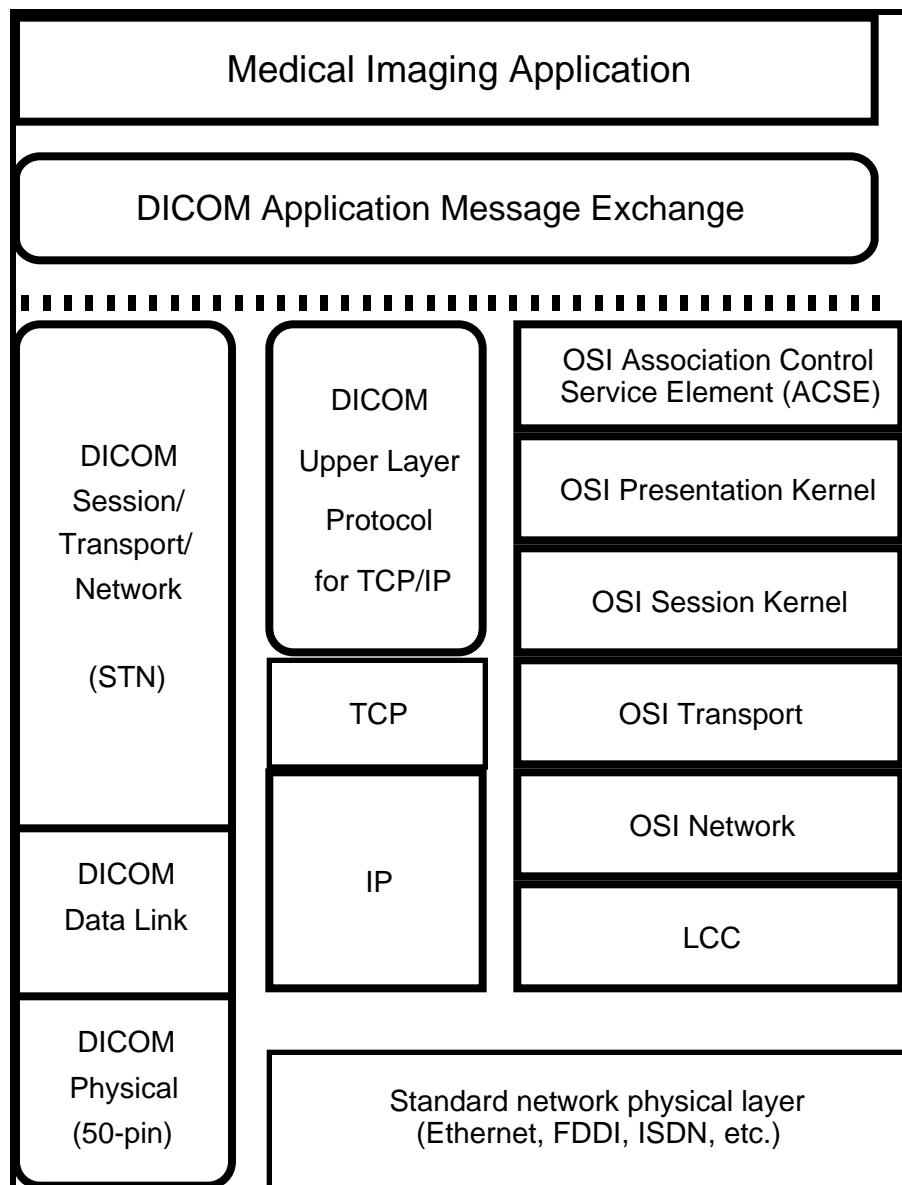


Fig 4.3 Arquitectura de protocolo de DICOM. [7]

El estándar DICOM aborda múltiples niveles del modelo OSI y provee soporte para el intercambio de información. DICOM define una capa superior de protocolo (ULP) soportado sobre TCP/IP, mensajes, servicios, objetos de información y mecanismos de negociación. Estas definiciones aseguran que dos implementaciones cualquiera de servicios y objetos de información puedan comunicarse efectivamente. En la capa de aplicación, los servicios y los objetos de información abordan 5 áreas primarias de funcionalidad:

- Transmisión y persistencia de objetos (tales como imágenes, formas de onda y documentos)
- Búsqueda y recuperación de tales objetos.
- Ejecución de acciones específicas (tales como impresión de imágenes)
- Gestión de flujo de trabajo (soporte de listas de trabajo e información de estados)
- Calidad y consistencia de la imagen (tanto para despliegue como para impresión)

4. 4. 1 Directrices generales

Modelamiento de la información en DICOM

De forma simple, DICOM es un protocolo para comunicación de imágenes médicas y su información asociada. Las versiones 1. 0 y 2. 0 del estándar ACR-NEMA se basaron en un modelo de información implícito utilizado en los departamentos de radiología. Los elementos de datos se agruparon basándose en la experiencia de los diseñadores y aunque el mapeo era imperfecto, la estructura de mensajes permitía que se transmitiera la información necesaria. En contraste, DICOM se base en modelos explícitos y detallados de cómo las "cosas" (pacientes, imágenes, reportes, etc) involucradas en los departamentos de radiología se describen y relacionan. Estos modelos son denominados "Modelos Entidad - Relación" y garantizan que los fabricantes y usuarios entiendan las bases para desarrollar las estructuras de datos usadas en DICOM. La figura 4. 4 muestra un ejemplo de diagrama entidad - relación en DICOM.

La ventaja de estos modelos es que en el escenario presentado muestran claramente los datos requeridos y como estos datos interactúan y se relacionan. Es importante aclarar que estos modelos no son diagramas de flujo describiendo pasos de movimiento de información sino que muestran las relaciones y jerarquías de los elementos de información. Las flechas muestran la dirección de la relación para evitar mal interpretación. Estos diagramas se usan ampliamente en el estándar DICOM y muestran claramente las suposiciones planteadas en el desarrollo de los componentes del estándar.

El enfoque de desarrollar estructuras de datos basadas en modelamiento y análisis de versiones abstractas de entidades del mundo real es el denominado *diseño orientado a objetos*. Los objetos son las entidades (o conjunto de entidades) definidas por el modelo. Los atributos describen las características de cada una de las entidades. Por ejemplo, en la figura 4. 4 la entidad "paciente" tiene como atributos el "nombre del paciente" y el "identificador del paciente" (para simplificar la gráfica de las entidades, no se muestran estos atributos, pero el estándar incluye tablas que los definen).

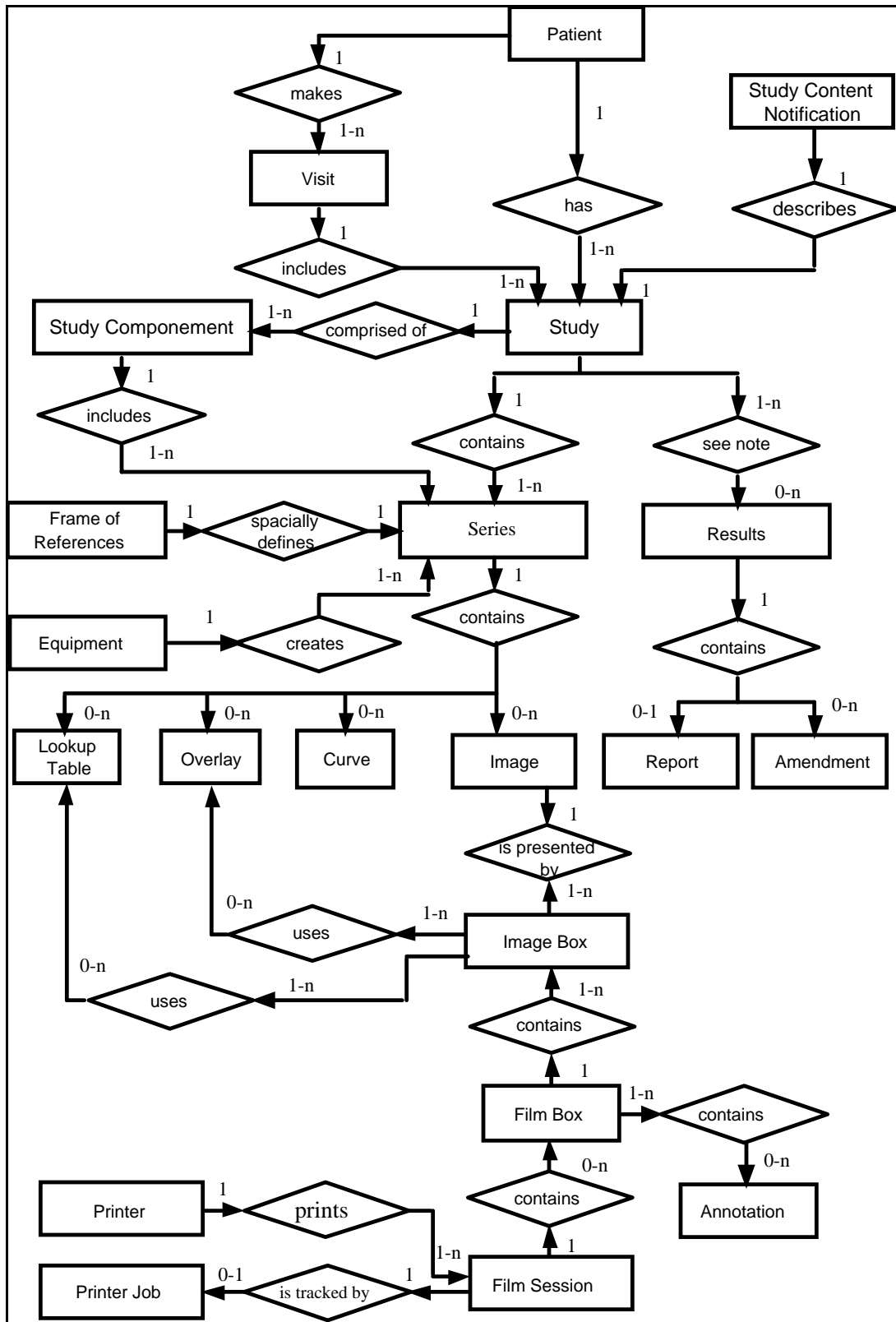


Fig 4. 4 Modelo de información [7]

En DICOM, los objetos basados en estos modelos se denominan "**Objetos de Información**" y los modelos y tablas de atributos que los definen se denominan "**Definiciones de Objetos de Información**" (IOD's). Las entidades que se muestran en el modelo son abstracciones. Si los atributos se sustituyen por valores reales, la entidad se denomina una "**Instancia**".

El diseño orientado a objetos tiene una forma de describir no solamente la información sino también qué hacer con ella o como accederla. En el diseño orientado a objetos los métodos cumplen esta labor. DICOM usa este concepto definiendo servicios como "*Storage Image*" o "*Get Patient Information*". Estos servicios se implementan en DICOM usando conceptos conocidos como "**Operaciones**" y "**Notificaciones**". DICOM define un conjunto genérico de Operaciones y Notificaciones y los llama "*DICOM Message Service Elements*" (DIMSE). La combinación de un Objeto de Información y tales servicios se llaman "**Service - Object Pair**" o SOP. Un objeto de información puede usarse con un conjunto de servicios y el resultado es una "*SOP Class*". A continuación se muestra una analogía entre la construcción de una oración y el correspondiente ítem DICOM.

VERBO: Almacenar	->	Servicio (DIMSE)
NOMBRE: Imagen CT	->	Definición de objeto de Información (IOD)
SENTENCIA GENÉRICA: Almacene una imagen CT	->	Clase SOP
SENTENCIA ESPECÍFICA: Almacene <i>esta</i> imagen CT	->	Instancia SOP

El verbo "Almacenar" define una acción a llevarse a cabo equivalente al servicio DICOM transportado en el DIMSE. El nombre "Imagen CT" define un sujeto sobre el cual se llevará a cabo la acción el cual corresponde al IOD DICOM. La oración construida "Almacene una imagen CT" corresponde a una clase SOP y si se hace referencia a una imagen específica se corresponde a una instancia SOP.

La clase SOP representa la unidad elemental de funcionalidad definida por DICOM. Especificando una clase SOP a la cual una implementación debe ajustarse y el rol que debe soportar un dispositivo compatible, es posible definir de forma in ambigua un subconjunto puntual de funcionalidades DICOM incluyendo los tipos de mensajes a intercambiarse, los datos transferidos en estos mensajes y el contexto semántico para entender esos datos.

Existen dos roles en los cuales puede desempeñarse un dispositivo para una clase SOP en particular: El rol SCP (Service Class Provider) en el cual el dispositivo provee el servicio de la clase SOP o el rol SCU (Service Class User) el cual usa este servicio. Adicionalmente, para cada combinación de rol y clase SOP, el estándar define un conjunto básico de comportamientos por defecto gobernando la comunicación.

La figura 4. 5 presenta el modelo general de comunicación del estándar DICOM. Se muestran los modelos de comunicación en red *on-line* y de intercambio de medio de almacenamiento *off-line*. Las aplicaciones se pueden soportar sobre cualquiera de las siguientes dos fronteras:

- El servicio de capa superior, el cual provee independencia del soporte de red físico específico para la comunicación y de protocolos tales como TCP/IP.
- El servicio Básico de archivo DICOM, el cual provee acceso al medio de almacenamiento, independiente de formatos de almacenamiento específicos y estructuras de archivos.

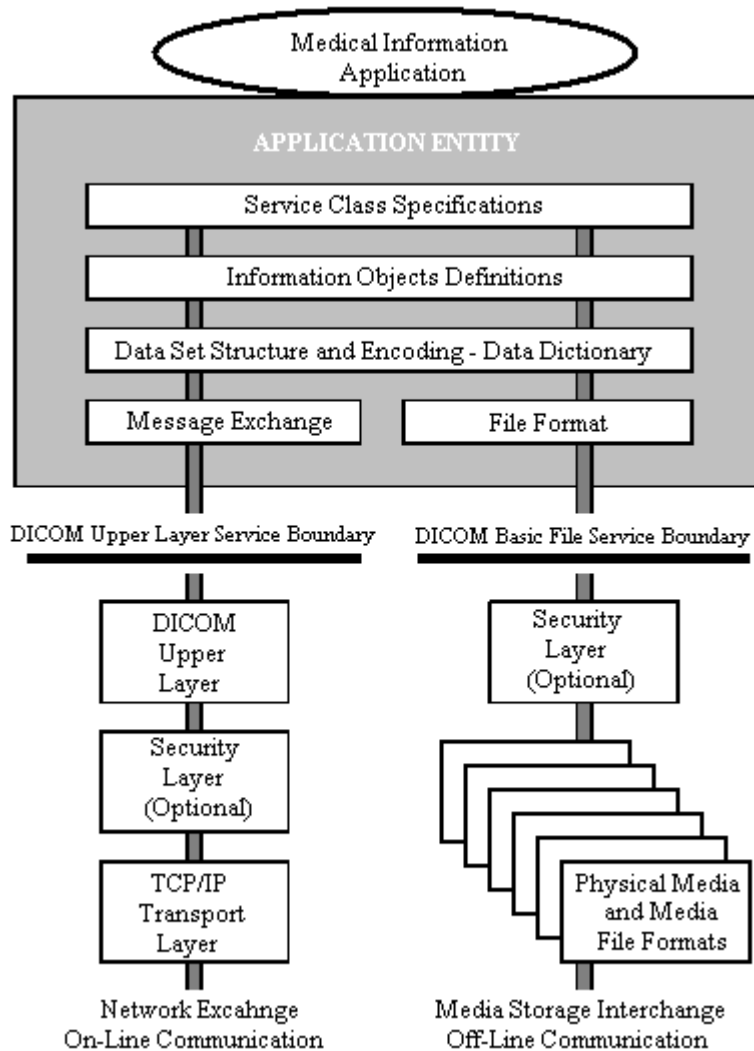


Fig 4. 5 Modelo general de comunicación [7]

A continuación se presenta una revisión general de las partes del estándar DICOM. Esta descripción está basada principalmente en los documentos del estándar DICOM publicados por NEMA[7].

- PS 3. 1: Introducción y revisión del estándar completo.
- PS 3. 2: Conformidad: Define principios que deben seguir las implementaciones que afirman compatibilidad con el estándar.
- PS 3. 3: Definición de Objetos de Información: Proveen una definición abstracta entidades del mundo real aplicables al ámbito DICOM.
- PS 3. 4: Especificación de Clases de Servicio: Expone requerimientos para los elementos de comando y como los comandos resultantes se aplican a los objetos de información.
- PS 3. 5: Estructuras de datos y Codificación: Especifica cómo las aplicaciones DICOM construyen y codifican el conjunto de datos de información.
- PS 3. 6: Diccionario de Datos: Es el registro centralizado que define la recopilación de todos los elementos de datos de DICOM.
- PS 3. 7: Intercambio de mensajes: Especifica servicios y protocolos usado para el Intercambio de Mensajes sobre los servicios para soporte de comunicación definidos en PS 3. 8.
- PS 3. 8: Soporte de comunicación en red para intercambio de mensajes: Especifica los servicios de comunicación y los protocolos de capa superior necesarios para soportar la comunicación entre aplicaciones DICOM.
- PS 3. 9: Soporte de comunicación punto-punto para el intercambio de mensajes (Retirado).
- PS 3. 10: Medio de almacenamiento y formato de archivo para intercambio de datos: Especifica un modelo general para almacenamiento de imágenes médicas en medios removibles.
- PS 3. 11: Perfiles de aplicación para medios de almacenamiento: Especifica un subconjunto puntual del estándar DICOM al cual una aplicación DICOM debe tener compatibilidad.
- PS 3. 12 Formatos y medios físicos para intercambio de datos: Facilita el intercambio de información en ambientes médicos.
- PS 3. 13: Soporte de comunicación punto-punto para gestión de impresión (Retirado).

- PS 2. 14: Estándar para la función de representación en escala de grises: Especifica un función de despliegue estandarizada para despliegue consistente de imágenes en escala de grises.
- PS 3. 15: Perfiles de seguridad: Especifica perfiles de seguridad a los cuales una aplicación debe tener compatibilidad.
- PS 3. 16: Recursos de mapeo de contenido (DCMR): Define las plantillas y grupos contextuales usados en todas las partes del estándar.

Estas partes del estándar son documentos independientes pero están relacionadas. La figura 4. 6 muestra estas relaciones entre las partes 1-16 del estándar DICOM.

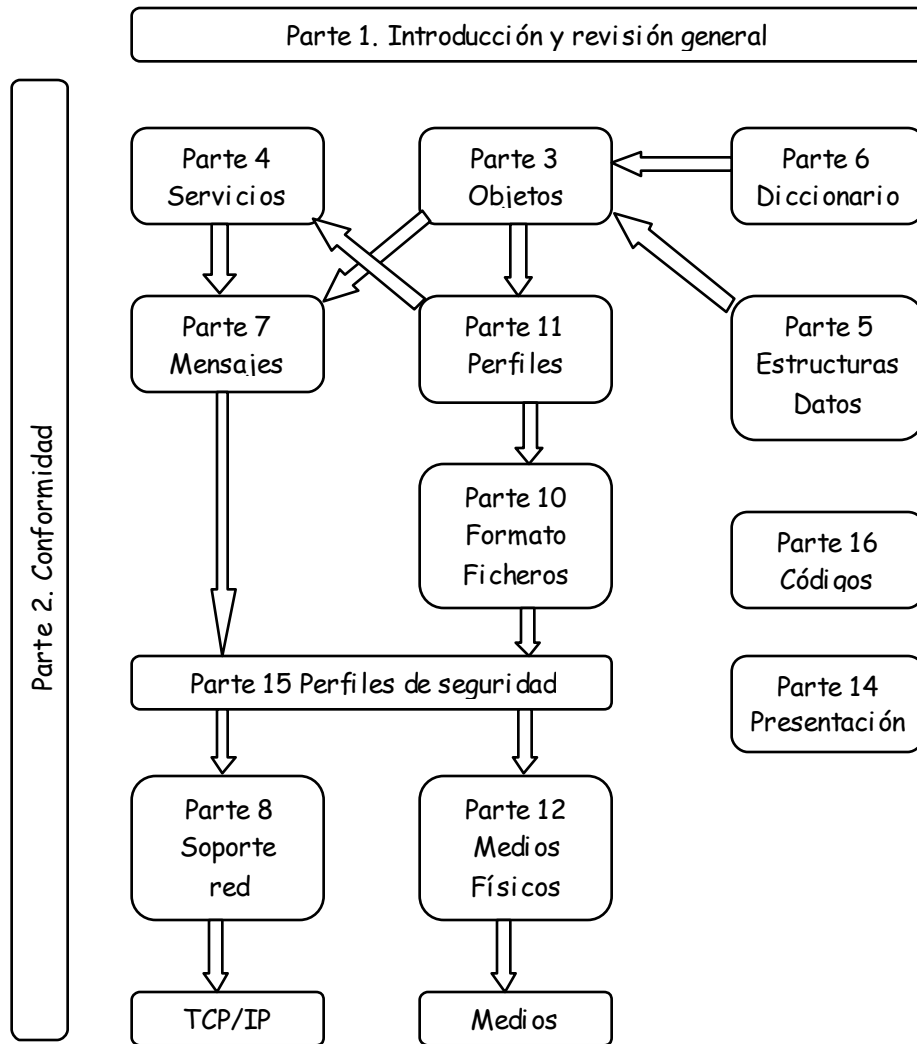


Fig 4. 6 Relaciones entre las partes 1-16 del estándar

Adicionalmente, DICOM enfoca su atención a la evolución de los estándares ligados a INTERNET. La estrategia de DICOM es integrar recomendaciones de INTERNET tan pronto como alcanzan la estabilidad y se diseminan ampliamente en los consumidores finales con productos comerciales. En esta evolución, se tiene especial cuidado en asegurar la consistencia del estándar para mantener la compatibilidad con la gran base instalada. DICOM ya usa por ejemplo, el intercambio de objetos vía correo electrónico (empleando el estándar MIME) y el acceso WEB a objetos (WADO). Es claro que crecerá el uso de objetos y servicios DICOM en aplicaciones tecnológicas comunes dado el interés mundial del sector salud en crear el Registro Electrónico de Salud.

A continuación se presenta una descripción general de las 8 primeras partes del estándar DICOM relevantes para la presentación del desarrollo del trabajo.

4. 4. 2 Declaración de Conformidad

En esta parte del estándar se especifican las reglas generales que aseguran la interoperabilidad entre equipos diferentes. En lugar de proveer una lista exhaustiva de funcionalidades que cada tipo de implementación debe seguir para ser compatible, DICOM ofrece un número de bloques constructivos (e. g Clases SOP) y exige a sus fabricantes que describa de forma in ambigua como sus productos cumplen con el estándar DICOM. Este requerimiento es una "**declaración de conformidad**" que el fabricante provee a sus usuarios. Un fabricante pondrá a disposición del usuario documentación exacta de la forma cómo sus productos cumplen con el estándar ya que dos implementaciones que claman conformidad con el estándar pueden ser tan diferentes que incluso no puedan establecer comunicación. Una declaración de conformidad permite a un usuario conocer qué componentes opcionales del estándar soporta una implementación en particular y qué extensiones adicionales. Al comparar dos declaraciones de conformidad diferentes un usuario puede determinar cual de las dos implementaciones soporta sus necesidades.

En esta sección del estándar DICOM se definen los principios que deben seguir las aplicaciones que reclamen compatibilidad con el estándar. Se definen:

- Requerimientos generales mínimos de conformidad que debe cumplir cualquier implementación que reclame compatibilidad con el estándar DICOM. Una aplicación que quiera se conforme con el estándar DICOM debe serlo como mínimo en cuanto a protocolo DICOM de red (Parte 8) y/o al de medio de almacenamiento (Parte 9); soportar una sintaxis de transferencia por defecto y tener un identificador único UID legítimo.
- Provee plantillas para especificar una declaración de conformidad.

El estándar DICOM no especifica:

- Procedimientos de prueba o calificación para evaluar el cumplimiento del estándar por parte de una aplicación.

- Procedimientos de prueba o calificación para evaluar si una aplicación cumple con su declaración de conformidad.
- Que características opcionales, Clases de servicio u objetos de información debe soportar para un tipo de dispositivo.

Una implementación DICOM no necesita emplear todos los componentes opcionales del estándar. Después de cumplir los requerimientos mínimos generales, puede utilizar cualquier elemento adicional necesario para cumplir su tarea. El número de posibles elecciones de Objetos de Información, Clases de Servicio, Roles y codificación de datos en DICOM significaría un problema complejo de compatibilidad que impediría la comunicación si no existiera una forma de describir de manera exacta las opciones que implementan las soluciones y que requerimientos básicos deben cumplir todas las aplicaciones que reclamen conformidad con el estándar. Esto guía al usuario en la selección de productos que deben trabajar juntos y es la base para realizar un requerimiento de conformidad para un proceso de compra por ejemplo. En efecto, se espera que una aplicación soporte solamente las clases SOP relacionadas con sus actividades en el mundo real. La selección de qué componentes del estándar DICOM se soportan por una implementación, depende casi en su totalidad de las intenciones de dicha implementación y están mas allá del alcance del estándar.

4. 4. 3 Definiciones de Objetos de Información

Esta parte del estándar DICOM especifica la *Definición de Objetos de Información* (IODs) usados en DICOM. Los IODs proveen una definición abstracta de los objetos del mundo real aplicables a la comunicación de imágenes digitales médicas y su información asociada. Cada definición de Objetos de información consiste de una descripción de su propósito y de sus atributos. Una clase de objeto de información no incluye el valor de los dichos atributos. Mientras se desarrollaban las definiciones de los Objetos de Información se encontró que muchos tenían grupos de atributos similares. Estos grupos se juntaron como una serie de módulos comunes e independientes que se podían usar en mas de un OID lo cual permite simplificar su descripción. Se definen entonces dos tipos de objetos de información: Normalizados y Compuestos.

Los objetos de información Normalizados incluyen solamente aquellos atributos inherentes en la **entidad** de mundo real representada. Por ejemplo, un objeto de información "estudio", el cual se define normalizado, contiene los atributos de fecha y hora del estudio porque son inherentes al mismo. Sin embargo, el nombre del paciente no es un atributo del objeto de información porque es inherente al paciente sobre el cual se desarrolló el estudio y no al estudio en sí.

Los objetos de información compuestos pueden incluir atributos adicionales que están relacionados pero que no son inherentes a la **entidad** del mundo real representada. Por ejemplo, un objeto de información de tomografía computarizada, definido como compuesto, contiene los atributos inherentes a la imagen (e. g la fecha de la imagen) y atributos relacionados pero no inherentes a la imagen (e. g nombre del paciente).

Ha existido un debate sobre los objetos compuestos ya que en realidad se definieron para mantener la compatibilidad con las versiones anteriores del estándar pero no se adhieren estrictamente a los lineamientos del diseño orientado a objetos. Sin embargo, visto desde el punto de vista del concepto de herencia en lenguajes de programación, un objeto compuesto presenta ventajas ya que los atributos inherentes y relacionados pueden obtenerse con menor costo computacional. Los anexos A y B de este documento del estándar describen en detalle los Objetos de Información Compuestos y Normalizados respectivamente. La tabla 4. 1 presenta una lista no exhaustiva de IODs definidos por DICOM.

IODs Compuestos	IODs Normalizados
Computed Radiography Image	Patient
Computed Tomography Image	Visit
Magnetic Resonance Image	Study
Nuclear Medicine Image	Study Component
Ultrasound Image	Basic Film Session
Ultrasound Multi frame Image	Basic Film Box
Secondary Capture Image	Print Job

Tabla 4. 1 Objetos de Información DICOM

4. 4. 4 Especificación de Clase de Servicio

Esta parte del estándar DICOM especifica un conjunto de definiciones de Clases de Servicios los cuales proveen una definición abstracta de las **actividades del mundo real** aplicables a DICOM. Estos servicios pueden verse como las operaciones realizadas sobre los objetos de Información. Una Clase de Servicio asocia uno o mas objetos de información con uno o mas comandos aplicados sobre estos objetos. Esta parte del estándar también define los roles SCU y SCP y se especifica el comportamiento esperado para cada rol en cada Clase de Servicio. Esto permite a los desarrolladores y a los usuarios entender que se espera de un dispositivo que soporte una Clase de Servicio en particular.

DICOM PS 3. 4 especifica en anexos 15 tipos de Clases de Servicio. La tabla 4. 2 lista algunos ejemplos de Clases de Servicio definidos en DICOM

Anexo del Servicio	Nombre Clase de Servicio
Anexo A	Verification
Anexo B	Storage
Anexo C	Query/Retrieve
Anexo D	Study Content Notification
Anexo E	Patient Management
Anexo F	Study Management
Anexo G	Results Management
Anexo H	Print Management

Tabla 4. 2 Clases de Servicios DICOM

Verification (Verificación): El propósito del Servicio de Verificación es revisar y advertir de problemas en la implementación de los protocolos de servicio.

Storage (Almacenamiento): Provee el soporte básico para transferir y almacenar imágenes entre aplicaciones DICOM.

Query/Retrieve (Búsqueda y recuperación): Para traer imágenes desde aplicaciones DICOM, el servicio Query/Retrieve soporta operaciones básicas para acceder y mover imágenes basado en criterios de búsqueda simples (e. g. obtener todas las imágenes de un paciente en particular).

Study Content Notification (Notificación de contenido de estudio): Permite a una aplicación DICOM notificar a otra acerca de la existencia, contenidos y localización de las imágenes de un estudio (el estudio tiene una definición específica en DICOM, pero en general es un conjunto de imágenes e información asociada).

Patient Management (Gestión de Paciente): Maneja la admisión, descarga y transferencia de información del paciente junto con otra información demográfica y de visita.

Study Management (Gestión de Estudios): Soporta la creación, programación, desarrollo y seguimiento de estudios.

Results Management (Gestión de Informes): Tiene un rol similar para el resultado de los estudios.

Print Management (Gestión de Impresión): Soporta la comunicación con dispositivos de impresión en la red.

Las clases de servicio Patient, Study and Results Management se diseñaron para soportar la comunicación entre un sistema PACS y un sistema separado de información Hospitalario o de Radiología (HIS o RIS). A diferencia de los servicios de Storage y Query/Retrieve que también usan la información del paciente, estas clases de servicio no son orientadas a las imágenes. La clase de servicio

Una vez una aplicación DICOM reúne un conjunto de datos (un conjunto de información reunida a partir de un conjunto de Objetos de Información y Clases de Servicio), deben codificarse para ponerse en forma de mensaje para permitir la comunicación. Este proceso de codificación se especifica en la parte 5 del estándar.

4. 4. 5 Estructuras de datos y Codificación

La función principal de esta parte del estándar puede verse como la definición del "lenguaje" que dos dispositivos usarán para "hablar" el uno con el otro. La mecánica de la "conversación" se define en el protocolo de intercambio de mensajes (parte 7), el tema y qué se va a hacer lo definen los Objetos de Información y las Clases de Servicio (partes 3 y 4).

Esta parte del estándar define también cosas como qué conjunto de caracteres (para texto) se usan, cómo se codifican las imágenes comprimidas, cómo se estructuran los elementos de datos y qué sintaxis de transferencia se usa. La sintaxis de transferencia es un conjunto de reglas de codificación que se negocian por dos aplicaciones para que se puedan

entender sin ambigüedades. Para asegurar la mayor interoperabilidad entre dispositivos DICOM o la comunicación con dispositivos de capacidad limitada, DICOM especifica una sintaxis de transferencia por defecto y todas las aplicaciones que clamen compatibilidad con el estándar deben soportar al menos esta sintaxis.

En el nivel más básico, todos los objetos de información están compuestos de elementos de datos. Estos elementos codifican los valores de los atributos descritos anteriormente (e. g nombre del paciente, número de bits por píxel), esto vuelve un Objeto de Información abstracto en una *instancia*, que representa algo y tiene significado en el mundo real. Un Conjunto de Datos es una porción de un mensaje DICOM que contiene información sobre este objeto del mundo real. Las figura 4. 7 y 4. 8 muestran la estructura de un elemento de datos.

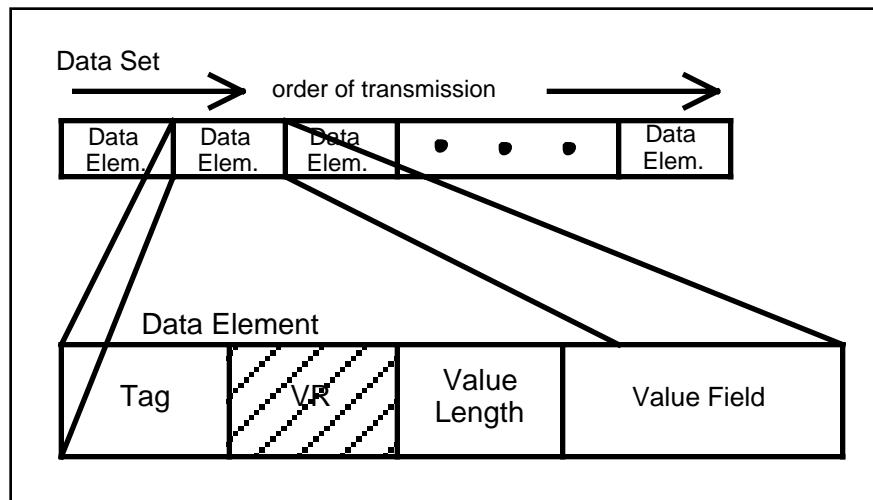


Fig 4. 7 Estructura de los elementos de datos [7]

Cada elemento de datos consta de:

- Tag: Marca de identificación. Par ordenado de enteros sin signo de 16 bits representando el Número de Grupo seguido por el Número de Elemento.
- VR: Cadena de caracteres de 2 bytes conteniendo el Valor de Representación del Elemento de Datos.
- Value Length: Puede ser:
Entero sin signo de 16 o 32 bits (dependiendo si VR es implícito o explícito) que contiene la longitud del Value Field.
Campo de 32 bits de longitud fijado a Longitud Indefinida (FFFFFFFFH).
- Value Field: Número par de bytes conteniendo el Valor del Elemento de Datos.

La interpretación del valor del campo *Value Field* depende del valor de representación (VR). El valor de representación de un elemento de dato es opcional y describe el tipo de dato y el formato de ese valor. La tabla 4. 3 presenta ejemplos de Valores de representación.

VR Name	Definition	Character Repertoire	Length of Value
AE Application Entity	A string of characters with leading and trailing spaces (20H) being non-significant.	Default Character Repertoire excluding control characters LF, FF, and CR.	16 bytes max.
AT Attribut Tag	Ordered pair of 16-bit unsigned integers that is the value of a Data Element Tag. Exp: 001800FFH: (0018, 00FF).	not applicable	4 bytes fixed
CS Code String	A string of characters with leading and trailing spaces (20H) being non-significant.	Uppercase characters, "0"-"9", SPACE character, and underscore "_".	16 bytes max.
DA Date	A string character of the format yyyymmdd.	"0"-"9" of the Default Character Repertoire.	8 bytes fixed
DS Decimal String	A string of characters representing either a fixed point number or a floating point number.	"0"-"9", "+", "-", ".", "E", "e" of the Default Character Repertoire.	16 bytes max.
LT Long Text	A character string that may contain one or more paragraphs. It may contain graphic or control characters, CR, LF, and FF.	Default Character Repertoire as defined by (0008, 0005)	10240 bytes max.
PN Person Name	A character string encoded using a 5 component convention: family name, given name, middle name, name prefix, name suffix. The component delimiter shall be the character "^".	Default Character Repertoire as defined by (0008, 0005) excluding control characters LF, FF, and CR.	64 chars max.
SL Signed Long	Signed binary integer 32 bits long in: $[-(2^{31} - 1), (2^{31} - 1)]$.	not applicable	4 bytes fixed
UI Unique Identifier (UID)	A character string containing a UID that is used to uniquely identify a wide variety of Items. The UID is a series of numeric components separated by the period ".".	"0"-"9", "." of the Default Character Repertoire.	64 bytes max.

Tabla 4. 3 Ejemplos de valores de representación

En la vista hexadecimal de la figura 4. 8 puede observarse en detalle el elemento de dato codificado como parte de un archivo de imagen DICOM. Se observa que el valor de representación es "CS" correspondiente a una cadena de caracteres "MR". Esta es la forma como una aplicación lee por ejemplo un archivo DICOM el cual tiene contenida no solamente la información sino también las directivas para leerla e interpretarla. Si se entra en suficiente detalle, pueden identificarse los objetos de información que componen dicho archivo.

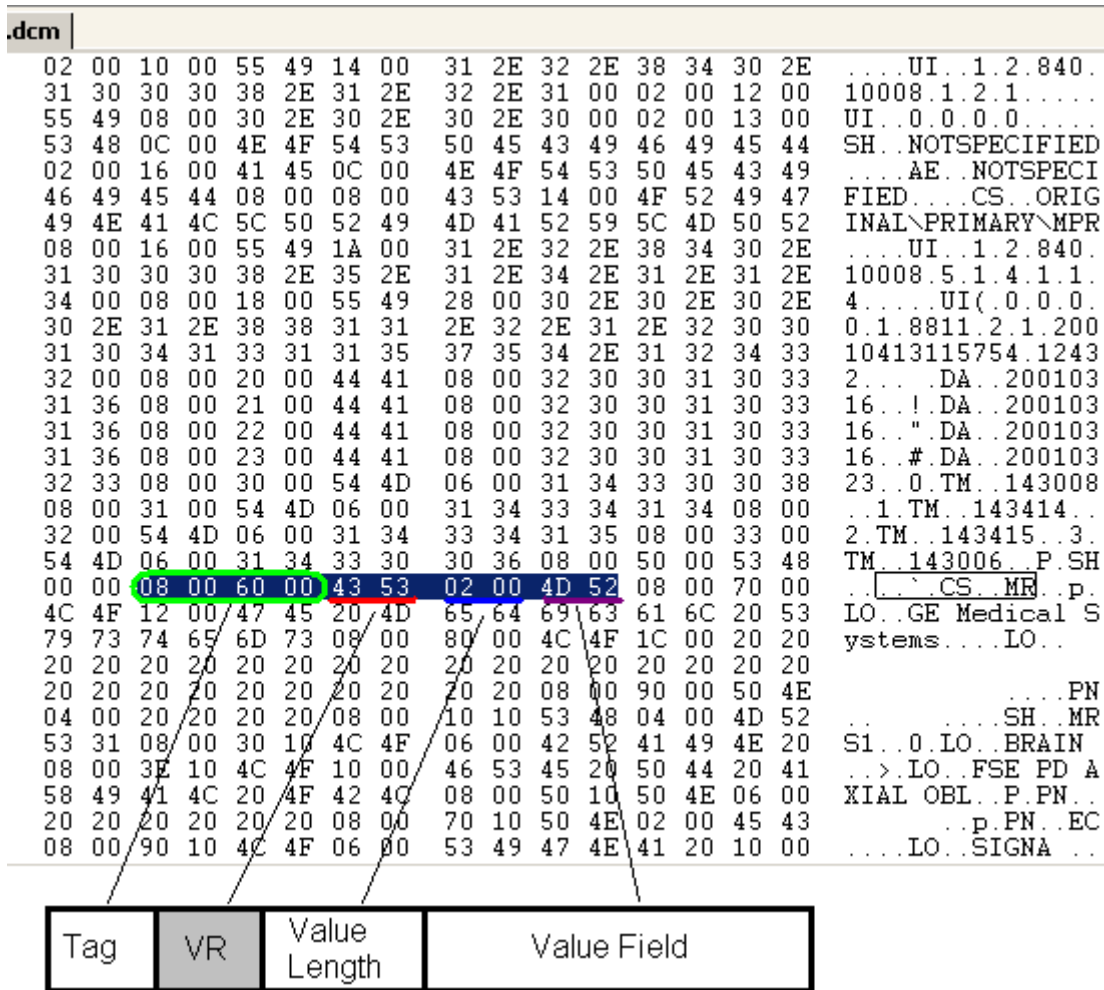


Fig 4. 8 Elementos de datos en un archivo

Sintaxis de Transferencia:

La sintaxis de transferencia garantiza la comunicación sin ambigüedades entre dos equipos. DICOM exige que inclusive el equipo más básico que reclame conformidad, implemente la sintaxis de transferencia por defecto para permitir la interoperabilidad.

Un componente importante para la formación de la corriente de datos es el Orden de Byte (*Byte Ordering*) para el cual existen dos esquemas:

1. Little Endian: "El pequeño viene primero". En datos binarios, el byte menos significativo va primero seguido del resto de bytes en orden ascendente de significación. En cadenas de caracteres, estos van en orden de ocurrencia (de izquierda a derecha).
2. Big Endian: "El grande viene primero". En datos binarios, el byte más significativo va primero seguido del resto de bytes en orden descendente de significación. En cadenas de caracteres, estos van en orden de ocurrencia (de izquierda a derecha).

Consi dérese el número de 4 bytes

Byte3 Byte2 Byte1 Byte0

Puesto en un arreglo de memoria usando los métodos mencionados.

Base	Address+0	Byte0	Base	Address+0	Byte3
Base	Address+1	Byte1	Base	Address+1	Byte2
Base	Address+2	Byte2	Base	Address+2	Byte1
Base	Address+3	Byte3	Base	Address+3	Byte0
	Little Endian			Big Endian	

Identificadores Únicos

Los UUIDs (Unique Identifiers) garantizan que se identifiquen de manera única una variedad de items y no existan coincidencias entre vendedores de equipos en diferentes países, instituciones, etc. Cada UUID se compone de una raíz única correspondiente a la organización y de un sufijo también único para cada UUID creado por esa organización. El UUID se compone de números separados por puntos y no lleva ninguna semántica asociada.

Ejemplo de UUID:

1. 2. 840. xxxxx. 3. 152. 235. 2. 12. 187636473

1 Identifica ISO

2 Identifica el miembro de ISO (ANSI en este caso)

840 Código del país (E. U según ANSI)

xxxxx Especifica la organización registrada por la autoridad internacional registradora de códigos (ANSI en este caso)

3 Producto (Tipo de dispositivo definido por el fabricante o usuario)

152 Identificador del sistema (Número de serie definido por el fabricante o usuario)

235 Número de estudio

2 Número de serie

12 Número de imagen

187636473 Fecha y tiempo de adquisición de la imagen codificado.

4. 4. 6 Diccionario de datos

Esta parte del estándar contiene el registro de todos los Elementos de Datos y todos los identificadores Únicos que se definen en el estándar DICOM. Las tablas 4. 4 y 4. 5 presentan ejemplos del diccionario de datos DICOM el cual especifica mas de 1500 diferentes entradas.

Tag	Name	VR	VM	Permitted Values
(PATIENT)				
(0010, 0000)	Group Length	UL	1	
(0010, 0010)	Patient's Name	PN	1	
(0010, 0020)	Patient ID	LO	1	
(0010, 0030)	Patient's Birth Date	DA	1	
(0010, 0040)	Patient's Sex	CS	1	M, F, O
(IMAGE)				
(0028, 0000)	Group Length	UL	1	
(0028, 0002)	Samples per pixel	US	1	0001, 0003, 0004
(0028, 0004)	Photometric Interpretation	CS	1	MONOCHROME1, MONOCHROME2, PALETTE COLOR, RGB, HSV, RGBA,CMYK
(0028, 0006)	Planar Configuration	US	1	0000, 0001
(0028, 0010)	Rows	US	1	
(0028, 0011)	Columns	US	1	
(0028, 0030)	Pixel Spacing	DS	2	

Tabla 4. 4 Ejemplos de elementos en el diccionario de datos

Para cada elemento de dato se define:

- Tag: Etiqueta única que consiste en un número de grupo y elemento. Se representa como (gggg,eeee) donde gggg es el número de grupo y eeee es el número de elemento dentro de ese grupo. Las etiquetas de los elementos de datos se representan en notación hexadecimal. El número de grupo permite reunir atributos con características comunes.
- Nombre: Nombre de texto para identificar el elemento de dato.
- Valor de representación (VR): e. g cadena de caracteres, entero, número de punto flotante etc.
- Multiplicidad (VM): Especifica cuántos valores con el VR pueden ponerse en el *Value Field*. Si es mayor que 1 los valores se separan por un delimitador
- Valores permitidos: Para aquellos elementos de datos que pueden tomar solamente ciertos valores.

Para mantener la compatibilidad con las versiones anteriores del estándar, no se redefinieron elementos a menos que estuvieran errados. A los elementos que ya no se usan se les dio el estado "retirado" indicando a los usuarios y fabricantes que pueden incluir ese elemento en su conjunto de datos, pero será ignorado a menos que la aplicación particular con la cual se está comunicando aún use ese elemento.

UID Value	UID Name	UID TYPE	Part
1. 2. 840. 10008. 1. 1	Verification SOP Clases	SOP Class	PS 3. 4
1. 2. 840. 10008. 1. 2	Implicit VR little Endian: Default transfer syntax for DICOM	Transfer syntax	PS 3. 5
1. 2. 840. 10008. 1. 2. 1	Explicit VR little Endian	Transfer syntax	PS 3. 5

Tabla 4. 5 Ejemplos de valores UID

4. 4. 7 Intercambio de Mensajes

Esta sección del estándar define los protocolos y los elementos de servicio de mensajes DICOM (DIMSE: *DICOM Message Service Element*) dentro del contexto de una entidad aplicación DICOM. DICOM se apega al modelo de referencia OSI para la implementación del protocolo y especifica una capa superior de servicio para separar el intercambio de mensajes DICOM a nivel de aplicación de las capas inferiores que brindan soporte a la comunicación. La figura 4. 9 muestra la arquitectura de protocolo usada en DICOM. La frontera de servicio permite establecer asociaciones, transferir mensajes y terminar asociaciones. Para esta frontera, DICOM adopta el estándar OSI (Servicio de presentación argumentado por un elemento de asociación) aislando la capa de aplicación DICOM de los protocolos específicos usados para soportar la comunicación.

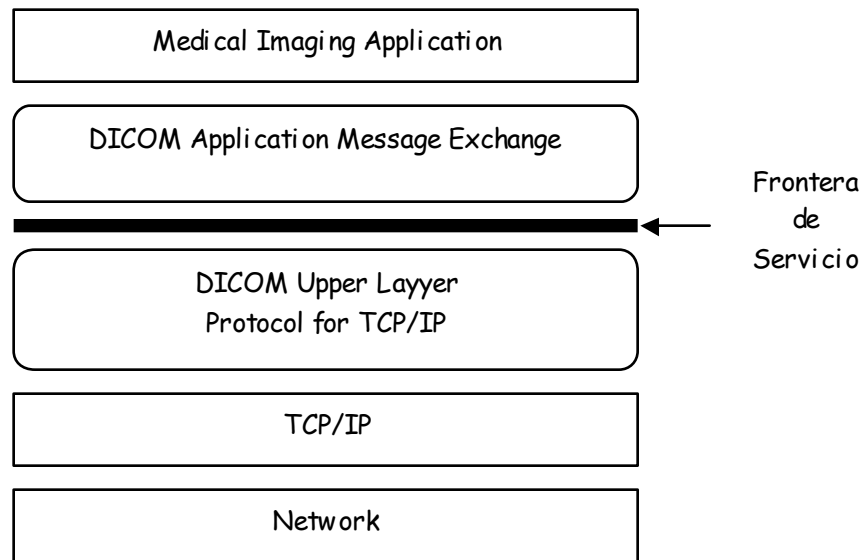


Fig 4. 9 Arquitectura de protocolo de red DICOM

El corazón de toda aplicación DICOM contiene las siguientes partes del estándar:

- ✓ PS 3. 3, IOD's: Los cuales definen modelos de datos y atributos usados como base para definir las instancias SOP las cuales son afectadas por los servicios definidos en esta parte. Las instancias SOP se usan para representar objetos del mundo real como imágenes, estudios, pacientes, etc.
- ✓ PS 3. 4, Especificación de Clases de Servicio: Las cuales definen un conjunto de funciones que pueden operar sobre las instancias SOP. Tales operaciones pueden incluir almacenamiento, recuperación, impresión etc.
- ✓ PS 3. 5, Estructura de datos y Codificación: La cual aborda la codificación de los conjuntos de datos intercambiados para cumplir los servicios anteriores.
- ✓ PS 3. 6, Diccionario de Datos: El cual contiene el registro de los elementos de datos usados para representar atributos de las clases SOP.

La figura 4. 10 presenta la estructura de la capa de aplicación DICOM con los componentes mencionados anteriormente. La figura 4. 10 es la expansión de las dos primeras capas de la figura 4. 9 justo hasta la frontera de servicio.

Una aplicación DICOM usa los servicios prestados por los elementos de servicio de mensajes DICOM (DIMSE). DICOM especifica dos tipos de DIMSE:

DIMSE-N: Soportan operaciones asociadas con clases SOP normalizadas y proveen un conjunto extendido de operaciones y notificaciones

N-GET	Requerimiento de información
N-SET	Requerimiento de modificación de información
N-ACTION	Requerimiento para desarrollar una acción
N-CREATE	Requerimiento de creación de una instancia de una clase SOP
N-DELETE	Requerimiento de destrucción de una instancia SOP

DIMSE-C: Soportan operaciones asociadas con clases SOP compuestas y provee compatibilidad con las versiones anteriores del estándar.

- C-STORE** Requerimiento para guardar una instancia de información compuesta SOP
- C-FIND** Envío de atributos para recibir como respuesta una lista de atributos y sus valores
- C-GET** Requerimiento para obtener una o mas instancias de Información compuesta SOP
- C-MOVE** Se invoca para mover una o mas instancias entre otras dos entidades
- C-ECHO** Se invoca para verificar la conexión.

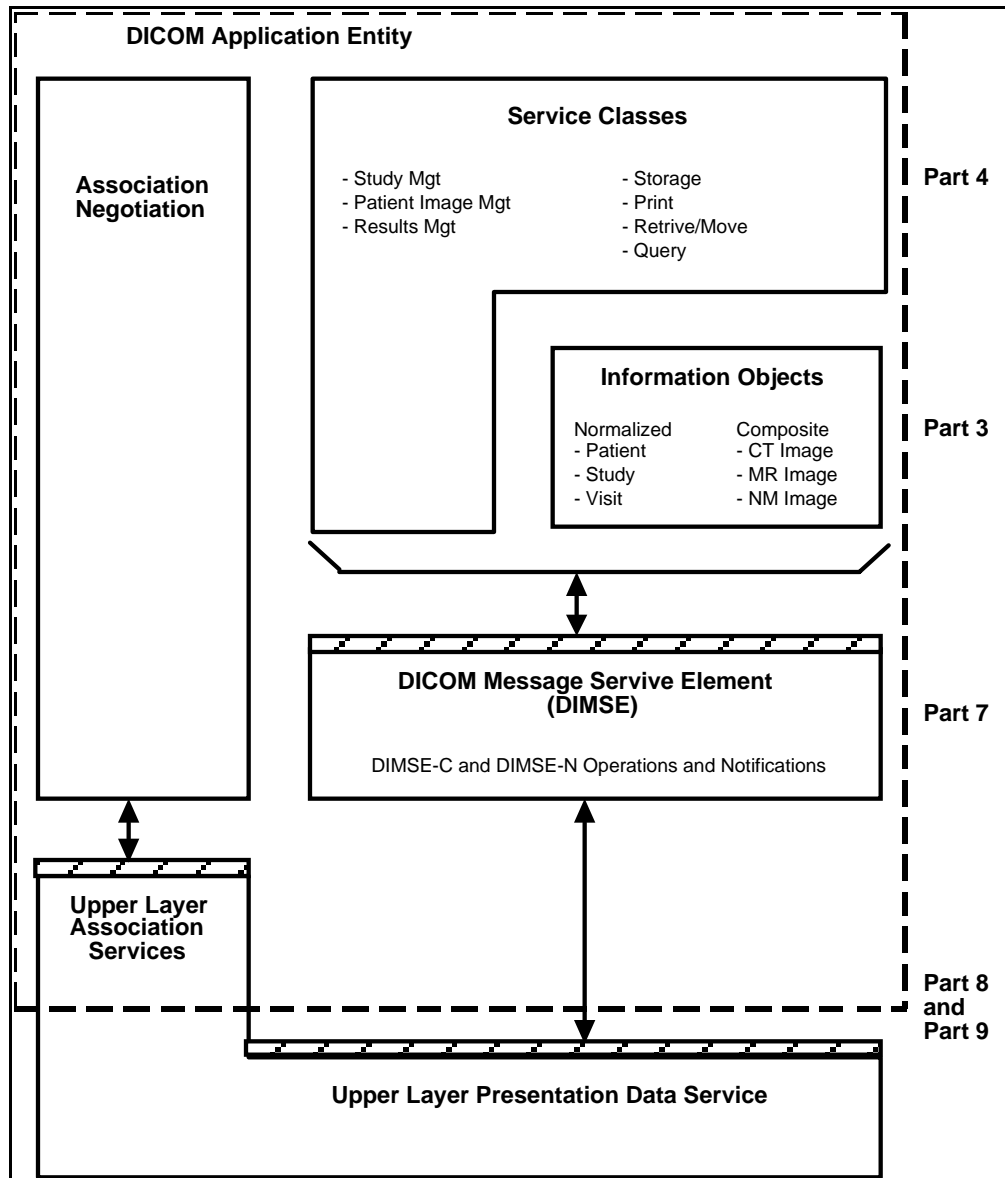


Fig 4. 10 Estructura de la capa de aplicación DICOM [7]

La información viaja a través de la red en un mensaje DICOM. Un mensaje DICOM se compone de un conjunto de comandos seguido de un conjunto condicional de datos.

El conjunto de comandos está formado por Elementos de Comando y se usa para indicar las **notificaciones** y **operaciones** que se van a ejecutar sobre o con el conjunto de datos. La figura 4. 11 muestra la estructura de un mensaje DICOM.

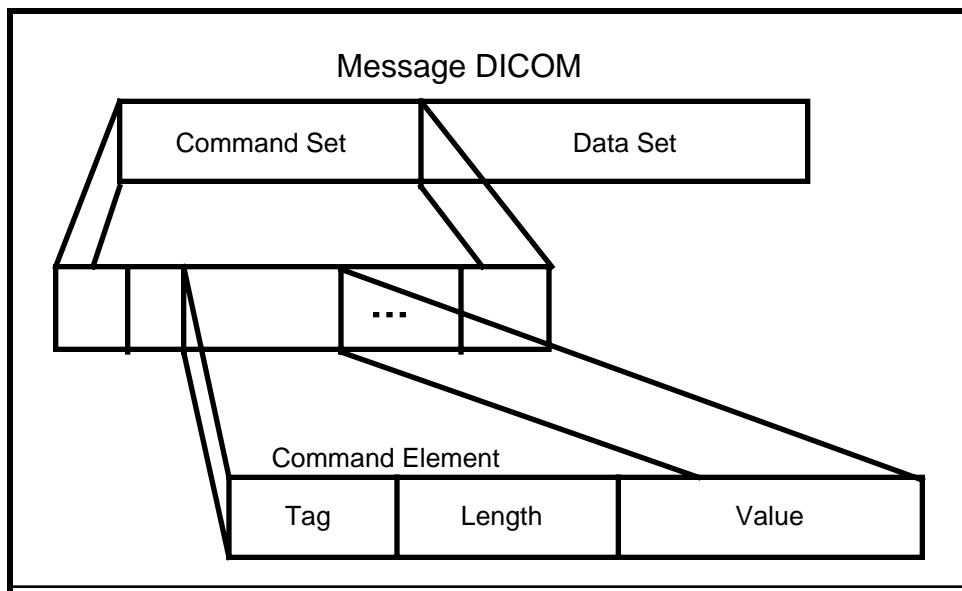


Fig 4. 11 Estructura de un mensaje DICOM [7]

Los servicios DIMSE soportan la comunicación entre dos aplicaciones usuarias de estos servicios. Cada aplicación puede actuar en uno de los siguientes roles:

- a. Invocar un servicio DIMSE
- b. Prestar un servicio DIMSE

DIMSE provee dos tipos de servicios de transferencia de información usados por las aplicaciones DICOM.

- a. **Notificaciones:** Se usan para que una entidad notifique a otra la ocurrencia de un evento o un cambio de estado. La definición de la notificación y el comportamiento de la aplicación depende de las clases de servicio y los objetos de información.
- b. **Operaciones:** Se usan cuando una aplicación explícitamente pide a otra que realice una operación sobre una instancia SOP.

El comportamiento de las aplicaciones es típica del paradigma cliente-servidor. Inicialmente se establece una conexión (Asociación) entre las dos aplicaciones (entidades). Una vez se tiene éxito en el establecimiento (negociación de sintaxis y semántica de los mensajes), una aplicación pide desarrollar una operación o procesar una notificación (Cliente) y la otra parte

intenta cumplir la petición reportando el resultado del intento (Servidor). La figura 4. 12 muestra estos dos roles.

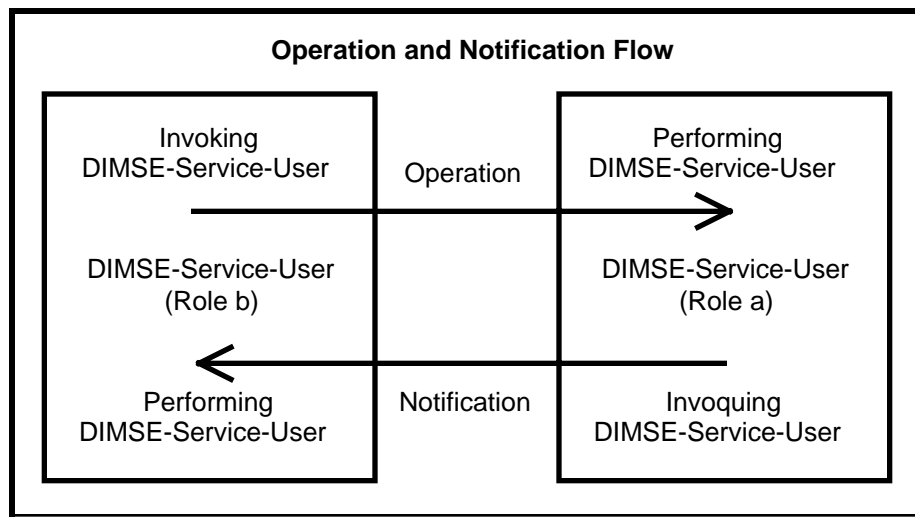


Fig 4. 12 Flujo de operaciones y notificaciones [7]

Las operaciones y notificaciones pueden trabajar de modo síncrono o asíncrono. En el modo síncrono, el cliente espera respuesta de su operación o notificación y puede o no invocar otra petición. En el modo asíncrono se pueden tramitar múltiples peticiones sin esperar respuesta. La selección de este modo se realiza durante el establecimiento de la asociación. El modo síncrono es el modo por defecto y deben soportarlo todos los usuarios de un servicio DIMSE. El modo asíncrono es opcional y se negocia el máximo número de operaciones durante el establecimiento de la asociación.

4. 4. 8 Comunicación en red para intercambio de mensajes

La arquitectura del protocolo DICOM se define en capas, siendo la base la capa física o cableado de red, intermedias las correspondientes a los protocolos TCP/IP u OSI y la capa de aplicación mas alta común para ambos. Esto permite la migración entre protocolos OSI sin afectar la aplicación DICOM. Esta sección del estándar especifica la Capa de Servicio Superior DICOM (*Upper Layer Service*) que permite separar la capa de aplicación de las capas para soporte de transporte de información independizando DICOM del protocolo específico para comunicación.

Esta capa permite a una aplicación establecer una asociación, transferir datos y terminar la asociación. Esta capa superior de servicio es un subconjunto fiel de los servicios ofrecidos por ACSE (Association Control Service Element) y la capa de presentación del modelo OSI.

La tabla 4. 6 muestra los servicios ofrecidos por esta capa superior. Esta sección del estándar define puntualmente los parámetros usados por cada elemento de esta capa dentro de una aplicación DICOM.

SERVICE	TYPE
A-ASSOCIATE	Confirmed
A-RELEASE	Confirmed
A-ABORT	Non-confirmed
A-P-ABORT	Provider-initiated
P-DATA	Non-confirmed

Tabla 4. 6 Servicios soportados para la comunicación

Asociados a estos servicios, se puede hablar de 7 PDU (*Protocol Data Unit*) ó Unidades de datos del protocolo codificados en Big Endian Order.

1. **A-ASSOCIATE-RQ** Petición de asociación
2. **A-ASSOCIATE-AC** Aceptación de asociación
3. **A-ASSOCIATE-RJ** Rechazo de asociación
4. **P-DATA-TF** Transferencia de datos
5. **A-RELEASE-RQ** Petición de terminación de asociación
6. **A-RELEASE-RP** Respuesta a dicha petición.
- 7 **A-ABORT** Abortar asociación

Estructura de los PDU's para A-ASOCIATE-RQ/AC

Tipo de PDU 1 -> Vacío 1 -> **Longitud del PDU** 4 -> **Versión del Protocolo** 2 -> Vacío 2 -> **Título del AE llamado** 16 -> **Título del AE llamante** 16 -> Vacío 32 -> Campo de longitud variable que contiene los **Item de:** Contexto de Aplicación (Tipo de Item 1 -> Vacío 1 -> Longitud 2 -> Item **Application Context** =< 64) -> Contexto de Presentación (Tipo de Item 1 -> Vacío 1 -> Longitud 2 -> **Pesentation Context ID** 1 -> Vacío 1 **Resultado/Razón**** usado por AC 1 -> Vacío 1 -> Campo de longitud Variable con **Items de Sintaxis): Sintaxis Abstracta** (Tipo de Item 1 -> Vacío 1 -> Longitud 2 -> **Abstract Syntax**) **Sintaxis de Transferencia** (Tipo de Item 1 -> Vacío 1 -> Longitud 2 -> **Transfer Syntax**) -> **Item de Información de Usuario** (Tipo de Item 1 -> Vacío 1 -> Longitud 2 -> Campo de longitud variable que contiene uno o más Item)

Estructura de los PDU A-ASSOCIATE-RJ / A-RELEASE-RP / A-ABORT

Tipo de PDU 1 -> Vacío 1 -> **Longitud del PDU** 4 -> Vacío 1 -> **Resultado** 1 -> **Origen (Source)** 1 -> **Razón** 1

Estructura del PDU P-DATA-TF

Tipo de PDU 1 -> Vacío 1 -> **Longitud del PDU** 4 bytes -> Campo de longitud variable conteniendo uno o más Item de Datos de Valor de Presentación (**Presentation Data Value PDV**) -> Item (Longitud del Item 4 -> **Presentation Context ID** 1 -> PDV DICOM mensaje , órden o conjunto de datos de información)

El número indica la longitud en Bytes.

Resultado/Razón: 0-Aceptada, 1-Rechazada por Usuario, 2-Rechazada por Proveedor sin razón, 3-Rechazada por Proveedor por no soportar el Abstract Syntax, 4-Rechazada por Proveedor por no soportar el Transfer Syntax.

El **PDV** Consta de un encabezamiento que dice si se trata de un fragmento de datos o de un comando (bit 0 con valor 0 ó 1 respectivamente) y si este fragmento es el último ó no (bit 1 con valor 1 ó 0 respectivamente).

Cuando dos aplicaciones establecen una asociación acuerdan un contexto de aplicación (**Application Context**) el cual explícitamente define un conjunto de elementos de servicios de la aplicación , opciones relacionadas y cualquier otra información necesaria para el intercambio de información a través de la red.

La Sintaxis Abstracta (**Abstract Syntax**) se refiere a que dos aplicaciones negocien y se pongan de acuerdo en usar un conjunto de Elementos de Datos por ejemplo de una versión específica de un Diccionario de Datos y/o de los IODs

La Sintaxis de Transferencia (**Transfer Syntax**) contempla la negociación de las reglas para codificar los datos sin ambigüedades, como son el orden de bytes (**Little o Big Endian**) , la compresión (sin compresión o **JPEG**) etc. .

La parte 9 del estándar define la conexión punto a punto a través de un puerto paralelo de alta velocidad (conexión de 50 contactos). Su desarrollo está abandonado actualmente.

5. DESARROLLO DEL SISTEMA miniPACS

5.1 Revisión Conceptual

El concepto de sistema PACS se desarrollo en la década de 1980. En 1982 los sistemas PACS eran básicamente sistemas punto - punto, por ejemplo, de un escáner CT a una estación de trabajo. Este alcance permaneció por varios años debido en gran medida a las restricciones tecnológicas de la época. El desarrollo de los sistemas PACS ha estado fuertemente ligado con el desarrollo de la tecnología de computadores y emergió en los últimos años gracias a las ventajas brindadas por la misma. Con el advenimiento de Internet, la banda ancha, el incremento de la velocidad de los procesadores, la reducción drástica de costos de almacenamiento, las soluciones PACS se hacen mas atractivas tanto en costo como en funcionalidades. En los últimos cinco años los sistemas PACS resurgieron y sin duda alguna la integración WEB es su camino de evolución: las mejoras tanto en seguridad como en tecnologías de transmisión de datos y ancho de banda tendrán un impacto significativo en estos sistemas.

Las siguientes figuras presentan un conceptualmente la evolución del sistema PACS y el alcance de la versión inicial del trabajo. En un principio, se pude ver un sistema punto a punto fijo entre la modalidad (máquina de adquisición de imágenes /video) y la estación de trabajo (5. 1. a). Con el desarrollo del estándar DICOM, el primer enfoque consistió en aprovechar la capacidad de comunicación con la modalidad para almacenamiento y supervisión (5. 1. b) y construir un entorno donde el estándar permite crear una red de acceso pero la estaciones de trabajo siguen siendo específicas a la modalidad (5. 1. c) o mas bien dependientes del sistema PACS.

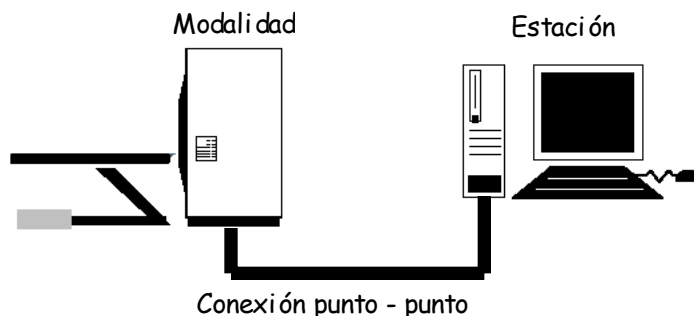


Fig 5. 1. a Conexión punto a punto

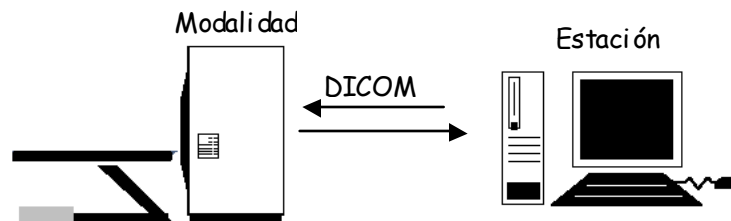


Fig 5. 1. b Capacidad de comunicación DICOM

El enfoque posterior y abordado en el trabajo para construcción del sistema miniPACS toma a DICOM como la frontera tanto para comunicación con la modalidad como para el acceso de las estaciones de trabajo. Se usa un almacenamiento central donde la modalidad almacena las imágenes y a donde las estaciones acceden usando el protocolo (5. 1. d).

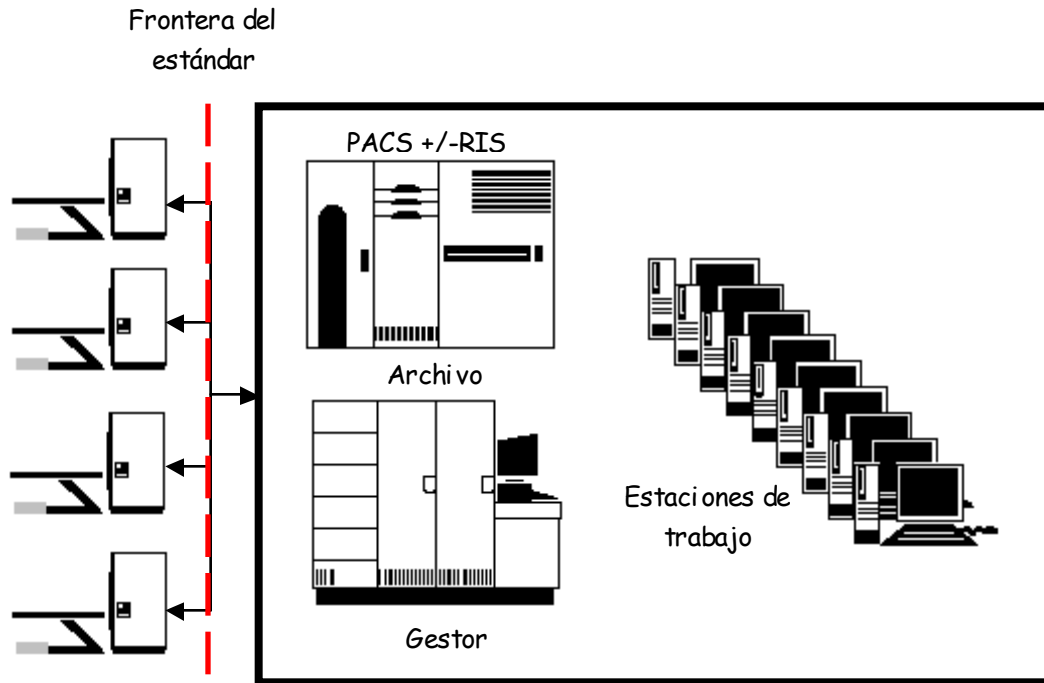


Fig 5. 1. c Estación de trabajo no DICOM

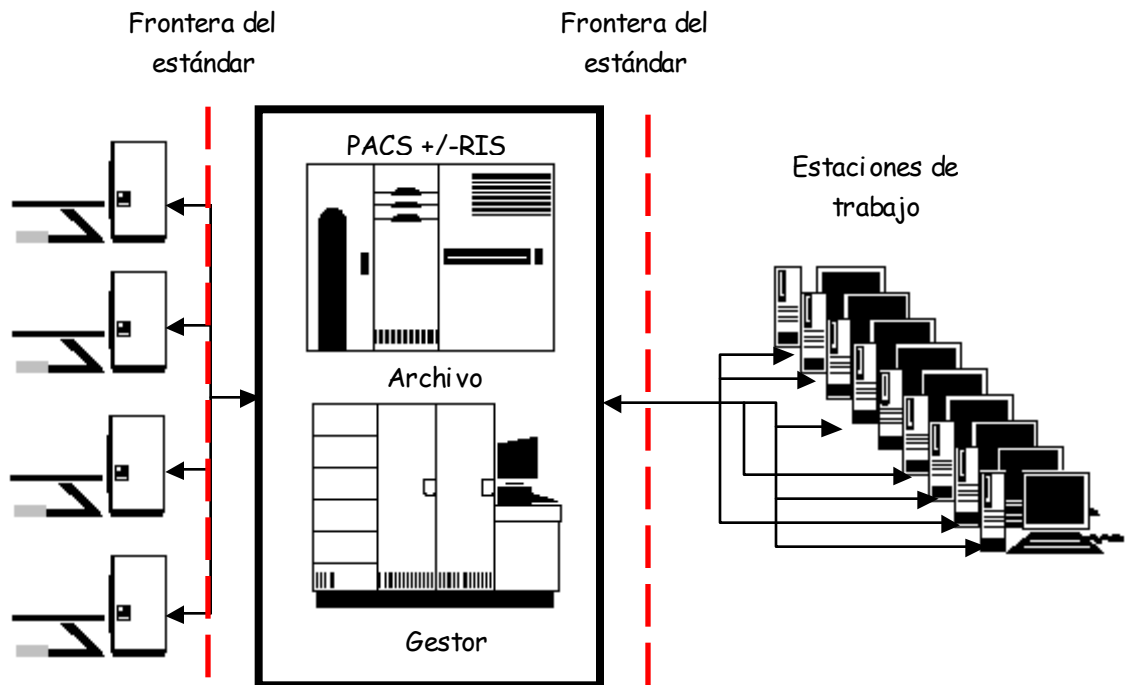


Fig 5. 1. c Estación de trabajo DICOM

Cabe anotar que el último enfoque considera que una estación de trabajo va más allá del ámbito de la imagenología y le da atributos de gestor razón por la cual no solamente involucra el uso del estándar DICOM para comunicación sino también el soporte de estándares como HL7 para la comunicación con un sistema de información hospitalaria por ejemplo.

DICOM es sin lugar a duda el único estándar consistente para la comunicación modalidad-PACS y la evolución de este estándar fue la llave para la evolución de los sistemas PACS.

5.2 Arquitectura SCU – SCP

DICOM define el modo de interacción que dos procesos deben respetar en el establecimiento e intercambio de datos en una comunicación. El estándar define Roles en la comunicación particularmente la Clase de Servicio Usaria (SCU) y la Clase de Servicio Proveedorora (SCP). La figura 5. 2 muestra el modelo distribuido SCU-SCP del estándar DICOM. Aunque DICOM no lo define así explícitamente, este modelo es semejante a la arquitectura Cliente - Servidor de una comunicación de datos. Las aplicaciones Servidor de Almacenamiento y Servidor de Impresión, implementan servicios que satisfacen las necesidades del cliente bien sea la estación de diagnóstico o cualquier aplicación DICOM que soporte búsqueda y petición o que desee un servicio de impresión.

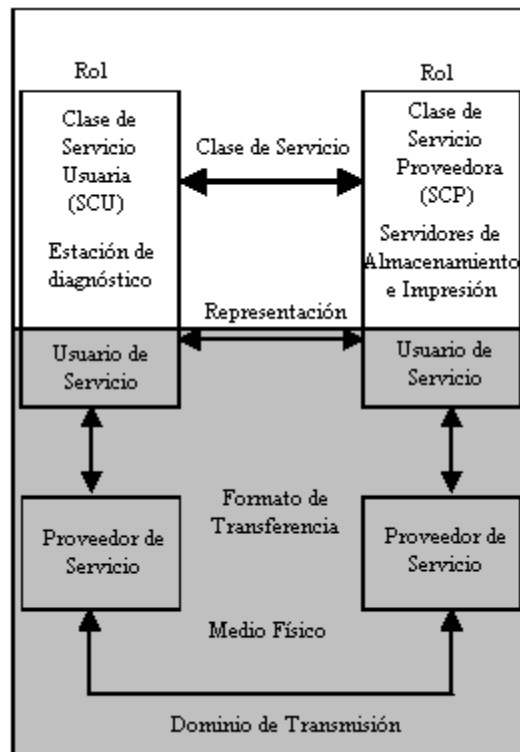


Fig 5. 2. Modelo distribuido del estándar

5.3 Diseño

Tanto el Servidor de Almacenamiento como el Servidor de Impresión implementan Clases de Servicio particulares a su tarea específica sin embargo, la arquitectura de prestación de servicio se conserva. Adicionalmente la Estación de diagnóstico cumple las funciones SCU y SCP para poder realizar la petición de imágenes. A continuación se especifica mas en profundidad las clases de servicio empleadas en el stack del protocolo para las tareas principales de Navegación y Almacenamiento.

Tómense por ejemplo las Clases de Servicio *Verification, Storage y Query/Retrieve* mencionadas en la sección 4. 4.

Clase de servicio **VERIFICATION:**

Permite verificar la conexión DICOM con otra aplicación. Esta clase de Servicio la implementan el servidor de Almacenamiento y el servidor de Impresión.

Servicio: DIMSE-C **C-ECHO.**

IOD: No se define IOD's asociados sobre los cuales actúa.

Clase SOP: Verification SOP Class

SOP Class UID: "1. 2. 840. 10008. 1. 1"

Clase de servicio **STORAGE**

Provee el soporte básico para transferir y almacenar imágenes entre aplicaciones DICOM. Este servicio lo implementa tanto el servidor de almacenamiento como la Estación de diagnóstico, esta última para soportar la sub operación STORAGE producto de la recuperación de imágenes.

Servicio: DIMSE-C **C-STORAGE**

IOD: IOD's compuestos asociados

Clase SOP: Diferentes UID's según necesidad, ejm:

SOP Class Name	SOP Class UID
Computed Radiography Image Storage	1. 2. 840. 10008. 5. 1. 4. 1. 1. 1
CT Image Storage	1. 2. 840. 10008. 5. 1. 4. 1. 1. 2
Hardcopy Color Image Storage	1. 2. 840. 10008. 5. 1. 1. 30
Hardcopy grayscale Image Storage	1. 2. 840. 10008. 5. 1. 1. 29
MR Image Storage	1. 2. 840. 10008. 5. 1. 4. 1. 1. 4
Enhanced MR Image Storage	1. 2. 840. 10008. 5. 1. 4. 1. 1. 4. 1
MR Spectroscopy Image Storage	1. 2. 840. 10008. 5. 1. 4. 1. 1. 4. 2
Raw Data Storage	1. 2. 840. 10008. 5. 1. 4. 1. 1. 66
Nuclear Medicine Image Storage	1. 2. 840. 10008. 5. 1. 4. 1. 1. 20

Clase de servicio **QUERY/RETRIEVE**

Soporta operaciones básicas para acceder y mover imágenes basado en criterios de búsqueda simples. Este servicio lo implementa la Estación de diagnóstico para navegar la jerarquía de imágenes soportada por el servidor.

Servicio: Usa los servicios *C-FIND*, *C-MOVE*, *C-GET*

En el comportamiento de las operaciones *C-MOVE* y *C-GET* se habla de sub operaciones desarrolladas por cada rol como respuesta a la petición. La figura 5. 3 muestra un ejemplo de la sub operación.

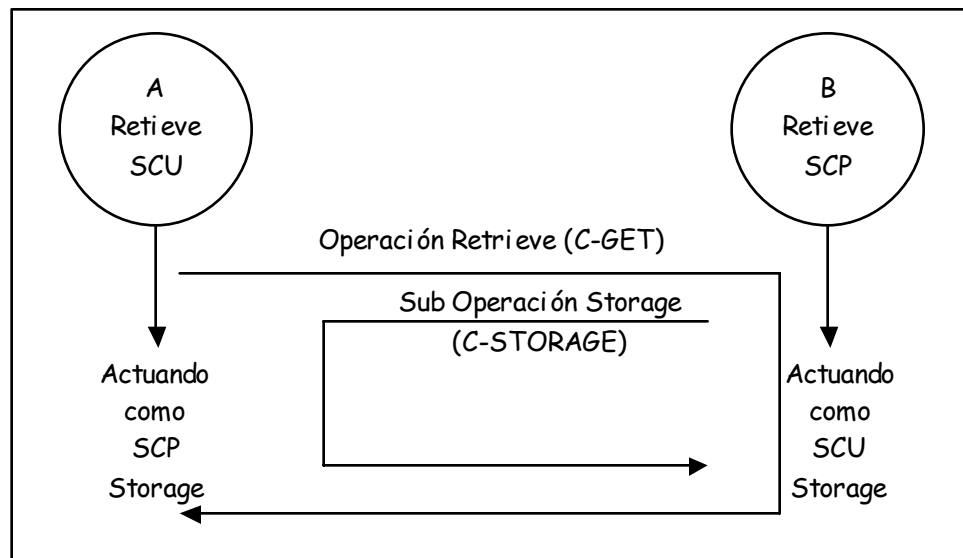


Fig 5. 3 Ejemplo de sub operación en los roles SCp/SCU

Existen tres modelos de información estándar para utilizar esta clase de servicio

Modelo "Patient Root": Es un modelo de 4 niveles de jerarquía

- Paciente
- Estudio
- Series
- Instancia de IOD compuesto (e. g Imágenes)

Modelo "Study Root": El nivel superior de la jerarquía es el estudio. Los atributos del paciente se consideran atributos del estudio.

Modelo "Patient/Study Only": Los niveles de series e Instancias de IOD's compuestos no se soportan.

El modelo implementado por el stack de libre distribución CTN es la jerarquía "*patient root*". El modelo de información para soportar el servicio **QUERY/RETRIEVE** se presenta en la figura 5. 4. La entidad **Paciente** define las características del paciente sujeto a una o mas pruebas que producen imágenes médicas. La entidad **Estudio** las características del estudio médico realizado al paciente, siendo la colección de una o mas Series de imágenes médicas,

sobreimpresiones y /o curvas que están lógicamente relacionadas con el propósito de diagnosticar al paciente. La entidad **Serie** define los atributos usados para agrupar imágenes, pero no describe los atributos referentes a los datos de adquisición o creación de la imagen que son descritos por la entidad **Imagen**. La entidad **Imagen** define los atributos que describen los datos de los píxel (picture elements) de la imagen. Pueden ser derivadas de una prueba directa del paciente, Imagen Original, o ser fruto de un post procesamiento de una o mas imágenes, Imagen Derivada. Los datos de los pixeles pueden corresponder a un solo plano (frame) o múltiples planos (cine), secuencialmente ordenados que comparten múltiples atributos comunes.

Como Instancia IOD compuesta, al mismo nivel que la entidad imagen se encuentra por ejemplo la entidad Curva que representa datos gráficos especificados como una serie de puntos conectados, pudiendo ser una curva o grupo de curvas independientes de la imagen o sobrepuesta sobre una imagen, cada una con su módulo de identificación.

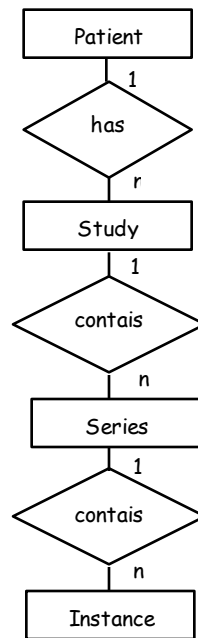


Fig 5. 4 Modelo "patient root" para servicio QUERY/RETRIEVE

En cada petición de búsqueda, DICOM especifica un elemento de dato con la etiqueta (0008, 0052) con un valor específico de nivel de búsqueda:

Query / Retrieve Level	Value in (0008, 0052)
Patient Information	"PATIENT"
Study Information	"STUDY"
Series Information	"SERIES"
Composite object	"IMAGE"
Instance Information	

DICOM especifica atributos obligatorios, opcionales o llaves únicas en el modelo de información:

U: Unique Keys (Llaves únicas)

En cada nivel un atributo debe definirse como llave única. Dos entidades al mismo nivel no pueden tener el mismo valor de llave única.

R: Required Keys (Llaves requeridas)

Implica que un SCP del servicio C-FIND deberá soportar la búsqueda basada en un valor contenido en una llave requerida.

O: Optional Keys (Llaves Opcionales)

En cada nivel del modelo se definen atributos opcionales.

Nivel de Paciente:

Description	Tag	Type
Patient's Name	(0010, 0010)	R
Patient ID	(0010, 0020)	U
Referenced Patient Sequence	(0008, 1120)	O
Referenced SOP Class UID	(0008, 1150)	O
Referenced SOP Instance UID	(0008, 1155)	O
Patient's Birth Date	(0010, 0030)	O
Patient's Sex	(0010, 0040)	O
Patient's Birth Time	(0010, 0032)	O
Other Patient's Names	(0010, 1001)	O
All other attributes at patient level		O

Nivel de Estudio:

Description	Tag	Type
Study Date	(0008, 0020)	R
Study Time	(0008, 0030)	R
Accession Number	(0008, 0050)	R
Study ID	(0020, 0010)	R
Study Instance UID	(0020, 000D)	U
Modalities in Study	(0008, 0061)	O
All other attributes at patient level		O

Nivel de Serie:

Description	Tag	Type
Modality	(0008, 0060)	R
Series Number	(0020, 0011)	R
Series Instance UID	(0020, 000E)	U
Number of series related instance	(0020, 1209)	O
All other attributes at patient level		O

Nivel de Imagen

Description	Tag	Type
Instance Number	(0020, 0013)	R
SOP Instance UID	(0008, 0018)	U
SOP Class UID	(0008, 0016)	O
All other attributes at patient level		O

Adicionalmente las clases SOP para las peticiones son:

SOP Class Name	SOP Class UID
Patient Root Query/Retrieve Information Model FIND	1. 2. 840. 10008. 5. 1. 4. 1. 2. 1. 1
Patient Root Query/Retrieve Information Model MOVE	1. 2. 840. 10008. 5. 1. 4. 1. 2. 1. 2
Patient Root Query/Retrieve Information Model GET	1. 2. 840. 10008. 5. 1. 4. 1. 2. 1. 3

A continuación se detalla las características principales y la arquitectura general de cada una de las aplicaciones desarrolladas.

5. 3. 1 Servidor de Almacenamiento

Básicamente el servidor se encuentra a la espera de asociaciones DICOM de cualquier otra entidad. Cuando se recibe una asociación, el primer paso es verificar si la entidad que realiza la petición tiene los permisos de acceso adecuados sobre la base de datos de CONTROL. Si existe un error se rechaza la asociación y se manda una explicación al cliente. Si

la asociación es correcta, se verifica que se soporte la Clase de Servicio solicitada y en caso positivo se procede a la ejecución del servicio. Cuando se solicita el Servicio de Almacenamiento, el servidor se encarga de recibir y almacenar las imágenes transferidas en directorios definidos para ello. El servidor tiene la capacidad de definir destinos de almacenamiento separados para cada entidad que realice la petición. La base de datos de IMÁGENES se emplea para registrar los campos válidos para búsquedas y la localización física del archivo de imagen. Básicamente se almacena una cabecera significativa de las imágenes que agiliza la búsqueda de las mismas. La figura 5. 5 muestra un diagrama funcional del servidor de almacenamiento.

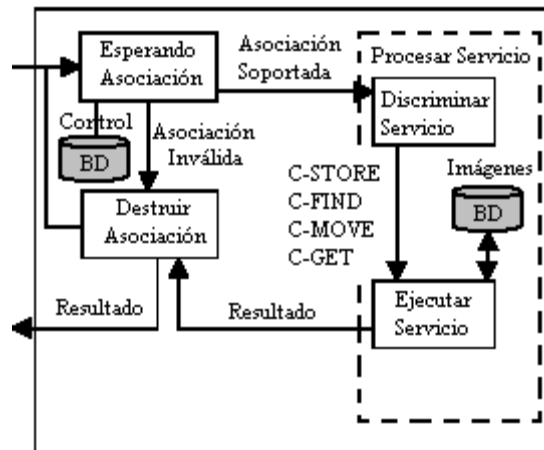


Fig 5. 5. Servidor de almacenamiento

La base de datos de IMÁGENES soporta la información para los Servicios de Búsqueda sobre el servidor. Cabe anotar que la transmisión se hace en masa y el resultado es un archivo de imagen DICOM localizado físicamente en el servidor. Esta base de datos está formada básicamente por 4 tablas: pacientes, estudios, series e imágenes.

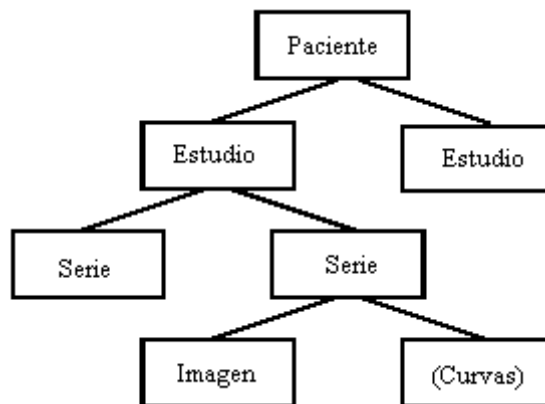


Fig 5. 6. Modelo de información.

La figura 5. 6 presenta el modelo de información de la base de datos de IMÁGENES. Este modelo conserva estrecha relación con la definición del modelo de información "Patient

"Root" expuesto para soportar el servicio QUERY / RETRIEVE. En este esquema, un paciente esta asociado a uno o mas estudios, a su vez un estudio podría estar formado por una o varias series y cada serie puede contener una o mas imágenes. Es una jerarquía que puede integrarse a los sistemas de información hospitalaria y adicionalmente es conveniente para construir reportes y comparar procedimientos. La función principal del servidor de almacenamiento es permitir que los equipos DICOM centralicen la información de imagenología.

5. 3. 2 Estación de Diagnóstico

La estación de diagnóstico permite navegar la jerarquía de imágenes del servidor de almacenamiento o cualquier otra aplicación DICOM que soporte búsqueda y petición. Posee capacidades básicas de manipulación y envío de imágenes a servidores de almacenamiento o impresión DICOM. Adicionalmente permite conexión directa a la base de datos de IMÁGENES para navegar la jerarquía usando ODBC.

La figura 5. 7 muestra el diagrama funcional de la estación de diagnóstico. El almacenamiento local es necesario cuando se realiza la petición de transferencia de imágenes al servidor. Cuando la navegación se hace directamente sobre la base de datos de IMÁGENES se accede a la ruta de almacenamiento especificada, es decir que la imagen se busca directamente en la localización física en el servidor. La navegación DICOM y la Navegación ODBC son implementaciones de una interfaz única que entiende la visualización. Esto permite adicionar de forma fácil módulos adicionales para acceder a imágenes bien sea de forma estándar (una URL por ejemplo) o un sistema de información e imágenes propietario pre existente.

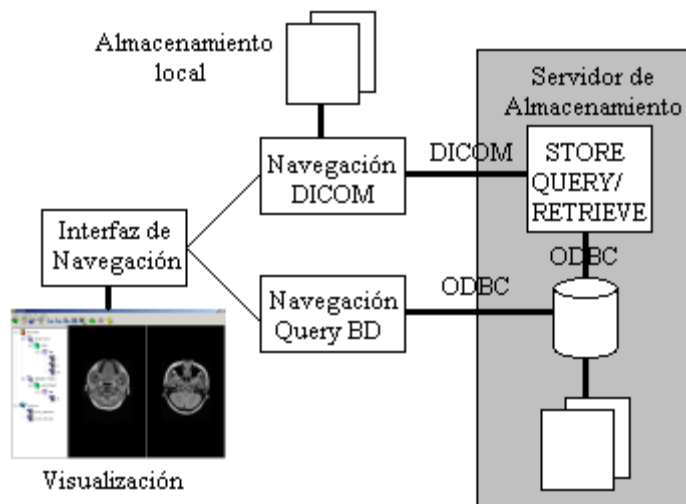


Fig 5. 7. Diagrama funcional de la Estación de Diagnóstico.

La interfaz de navegación DICOM realiza búsqueda de información de pacientes y realiza petición de imágenes las cuales se transportan usando el estándar. A diferencia de las

búsquedas, donde la información de retorno forma parte de la sesión de búsqueda, la petición de imágenes en particular consta de dos partes diferentes. Una vez la Estación de Diagnóstico tiene la información unívoca de qué imagen desea pedir, invoca un comando C-MOVE sobre el servidor pidiendo que una o varias imágenes se envíen a otra entidad. El servidor confirma la orden, realiza la búsqueda e inicia una petición C-STORAGE sobre la entidad del requerimiento inicial que no es otra diferente a la misma Estación de Diagnóstico. La Estación de Diagnóstico es también entonces un proveedor de Clase de Servicio para el Servidor de Almacenamiento. La imagen se transporta, se almacena localmente y se visualiza. La figura 5. 8 muestra el diagrama general de intercambio.

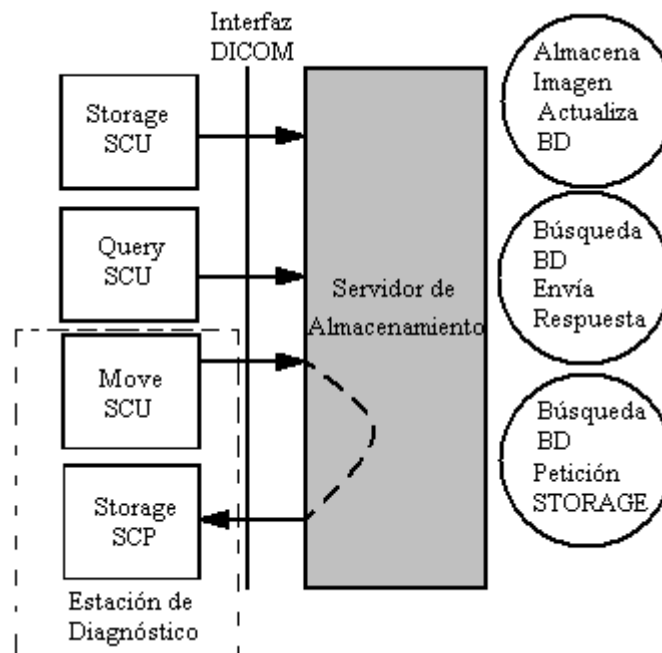


Fig 5. 8. Estación de diagnóstico como SCP

Inicialmente la Estación de diagnóstico no se asocia a un sistema de información por lo cual no tiene memoria de las imágenes transferidas. Como Proveedor de Clase de Servicio, la Estación de Diagnóstico conserva una arquitectura similar a la mencionada para el servidor de almacenamiento; básicamente un servicio a la espera de peticiones que se validan y ejecutan.

El fin principal de la estación de diagnóstico es permitir al médico visualizar las imágenes DICOM almacenadas en el servidor asociadas de forma visual al paciente. Permite realizar una manipulación básica de las imágenes al realizar ampliación y reducción y cambiar los valores de *window* y *level* para diferenciar tipos de tejidos en algunas modalidades de imágenes. Permite también abrir y visualizar una imagen DICOM estándar cualquiera y posee capacidad de configuración de diferentes servidores tanto para la navegación como para impresión DICOM. Adicionalmente la Navegación ODBC permite crear, adicionar y eliminar pacientes, estudios, series e imágenes directamente sobre la base de datos de IMÁGENES.

5. 3. 3 Servidor de Impresión DICOM

Típicamente una impresora DICOM es un dispositivo independiente que soporta las peticiones de impresión desde las máquinas de captura de imágenes e imprime sobre placas el resultado. Esta impresión esta acompañada por una valoración del especialista del campo que observa y analiza las imágenes. Las placas impresas pueden usarse en menor o mayor grado por el médico que diagnostica el tratamiento. Con el avance tecnológico, hoy en día se dispone de muchos tipos de impresoras de muy alta resolución que pueden emplearse para imprimir imágenes médicas especialmente para su posterior diagnóstico. La importancia del desarrollo radica en aprovechar estas ventajas tecnológicas. Las imágenes pueden imprimirse ahora no solamente en la placas sino también en papel común, lo cual reduce costos significativamente.

El objetivo de esta aplicación es recibir vía DICOM las sesiones de impresión provenientes de las máquinas de captura o cualquier otra entidad DICOM que solicite el servicio y usar la impresora por defecto del PC para lograr la Impresión. La figura 5. 9 muestra el diagrama funcional del Servidor de Impresión. Cuando se recibe una petición, se crea una nueva sesión en el controlador y se pone en una cola de espera para su atención, esto permite soportar peticiones concurrentes. El Servidor de Impresión almacena localmente las imágenes DICOM que se desean imprimir.

Una vez el cliente termina la transferencia de imágenes, realiza una petición de impresión de la sesión. En este momento el Servidor de Impresión realiza una conversión del formato DICOM a BMP con el fin de facilitar su manipulación y las ubica según el formato de filas y columnas (se soporta solamente STANDARD/ROW#COL#) requerida por el cliente. Posteriormente se utiliza la arquitectura de impresión de WINDOWS para usar la impresora configurada por defecto.

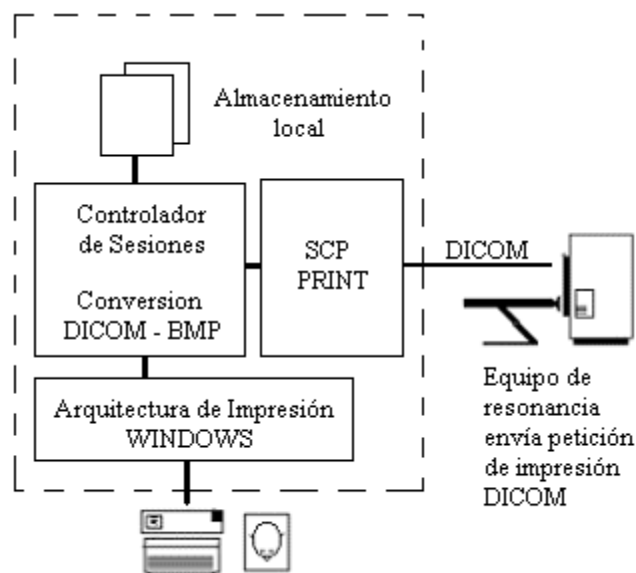


Fig. 5. 9. Diagrama funcional del Servidor de Impresión.

6. IMPLEMENTACION

El estándar DICOM, como la mayoría de los protocolos, consta de diferentes capas y niveles de servicio que hacen de su construcción una tarea compleja. El desarrollo completo de la *stack* es una tarea que sale del ámbito del trabajo, en su lugar, se opta por un papel de análisis e integración de librerías que soporten dicho *stack*. Con esto en mente, se emplearon las librerías de libre distribución CTN (*Central Test Node*) y *Conquest DICOM software*. Adicionalmente se realizaron pruebas de compatibilidad con la librería DCMTK.

De la misma forma que el estándar DICOM, la visualización y tratamiento de imágenes son tareas complejas de programación que afortunadamente se abordan y resuelven por librerías de visualización y procesamiento. En particular, la estación de diagnóstico usa las librerías VTK y GDCM para la visualización y capacidades mínimas de manejo de las imágenes en formato DICOM.

Las tres aplicaciones se construyeron usando el lenguaje de programación C++ sobre el entorno de desarrollo .NET. Las aplicaciones aprovechan las bondades del MFC (*Microsoft Foundation Class*) tanto para la interfaz gráfica de ventanas como para los detalles de implementación. Se usó un modelo de desarrollo de software incremental soportado en prototipos. Las bases de datos de CONTROL e IMÁGENES se soportan sobre el motor de base de datos MySQL Server.

A continuación se muestran el diagrama general de clases y se resumen las capacidades que soporta cada una de las aplicaciones.

6. 1. Servidor de Almacenamiento:

Esta es una aplicación basada en diálogo que contiene 3 diferentes *PropertyPage* los cuales controlan las diferentes funcionalidades. La figura 6. 1 muestra el diagrama de clases de los principales componentes del servidor de almacenamiento.

CDlgArchiveServerDlg: Es el objeto principal de la aplicación. Tiene un objeto *CArchiveServer* el cual es el enlace principal con las funcionalidades de servidor provistas por el CTN. Esta clase se encuentra en la librería *ArchiveServerLib* la cual encapsula las funcionalidades del CTN para prestar los servicios de almacenamiento y búsqueda necesarios para soportar las funcionalidades DICOM. Recibe los mensajes de información de la librería y los imprime en un control de edición.

CDlgArchivePermisos: Realiza conexión con la base de datos de control para actualizar el nombre, dirección IP y puerto DICOM que se asignan a la aplicación servidor y presenta la interfaz de visualización de espacio en discos duros.

CDlgPermisos: Realiza conexión con la base de datos de control para actualizar todas las tablas necesarias con el fin de adicionar, eliminar o modificar las entidades.

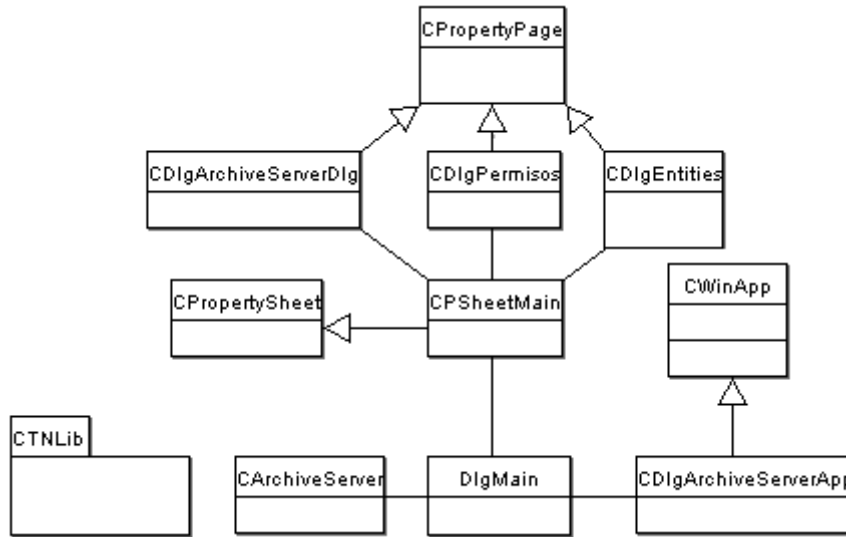


Fig. 6. 1 Diagrama de Clases del servidor de Almacenamiento.

El fin principal del servidor de almacenamiento es permitir centralizar la información de imagenología. Otras entidades DICOM pueden enviar un requerimiento de *STORE* sobre el servidor de almacenamiento y este se encargará de guardar las imágenes en directorios especificados para este fin. La figura 6. 2 muestra la interacción básica entre las clases de implementación para cumplir este objetivo.

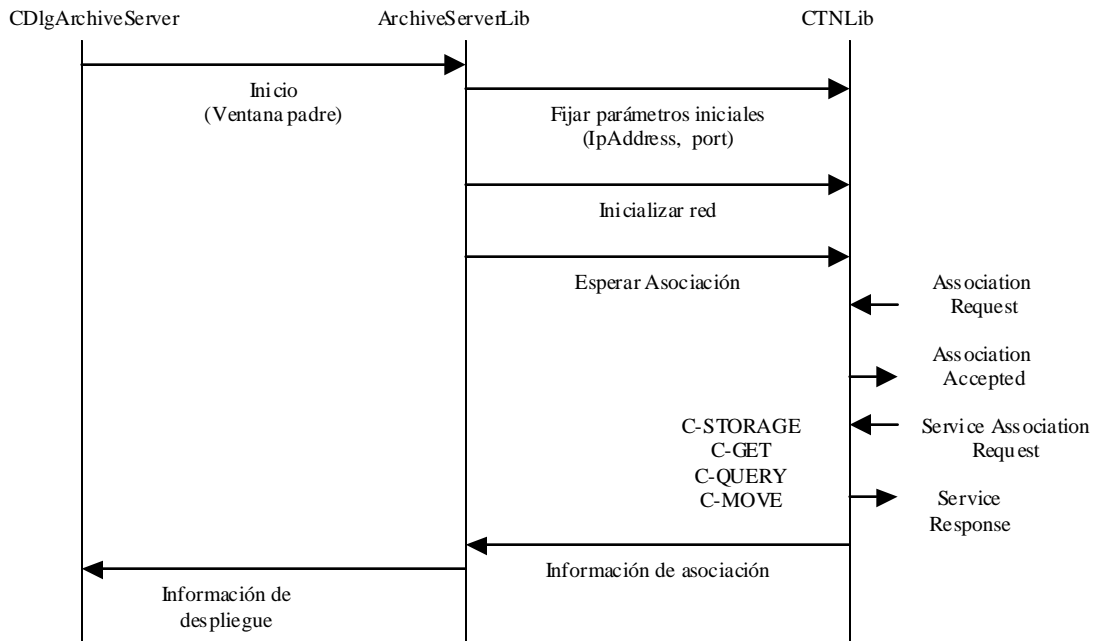


Fig. 6. 2 Interacción de clases principales en el servidor de almacenamiento

La interfaz presenta tres vistas básicas de propiedades, permisos y mensajes. La figura 6. 3 presenta la vista de propiedades del servidor de almacenamiento. La vista de propiedades permite editar el nombre público DICOM del servidor de almacenamiento y configurar el puerto para escuchar peticiones. Adicionalmente presenta una lista con las unidades lógicas de disco duro detectadas en el equipo y que sirven como información básica de administración de espacio físico en la máquina.

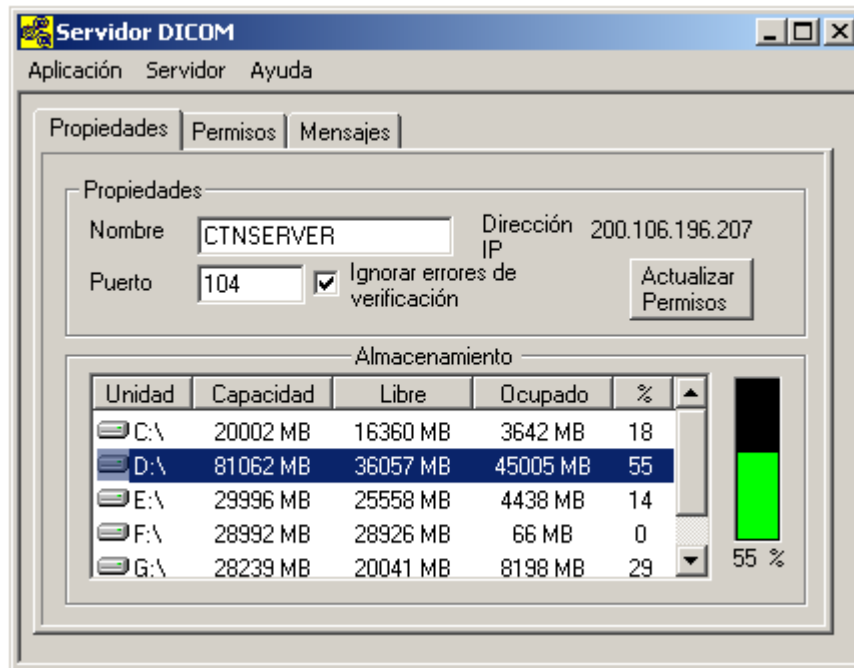


Fig. 6. 3 Vista de propiedades del servidor de almacenamiento

La vista de permisos, permite configurar los derechos de acceso de las entidades DICOM que pretenden usar el servidor de almacenamiento. Es posible asignar un directorio diferente a cada entidad que pretende emplear la directiva *STORAGE*. Las acciones sobre esta vista modifican directamente la base de datos de *CONTROL* usada por la configuración de la librería del CTN. La figura 6. 4 presenta la vista de permisos del servidor de almacenamiento.

Adicionalmente existe la vista de mensajes cuyo fin es proveer información de depuración del servidor producto de redireccionar la información a la salida estándar de las librerías empleadas. Es útil para detectar falta de permisos y errores en las asociaciones.

Capacidades del Servidor de Almacenamiento:

- Soporta Búsquedas y peticiones de cualquier entidad compatible DICOM.
- Centraliza la información de imagenología para que se acceda desde la Estación de Diagnóstico o cualquier otra entidad DICOM.
- Capacidad para configurar permisos y destinos de almacenamiento de las entidades que se desean conectar.

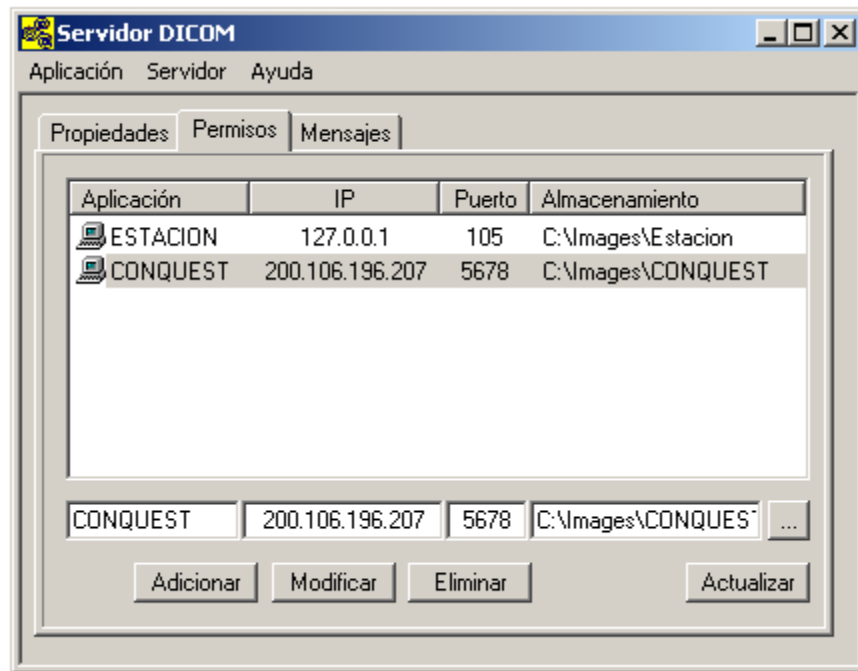


Fig. 6. 4 Vista de permisos del servidor de almacenamiento

6. 2. Estación de Diagnóstico

La aplicación Estación de diagnóstico es una aplicación de múltiple documento la cual tiene dos componentes principales. Un diálogo que contiene las ventanas que manejan la visualización a través de los objetos VTK y una ventana acoplable donde se despliega el control de árbol que visualiza la jerarquía DICOM y permite controlar las búsquedas y visualización. La figura 6. 5 muestra el diagrama de las clases principales de la estación de diagnóstico.

CDlgMultiContainer: Clase que tiene el arreglo de ventanas de visualización. El número de divisiones depende de las peticiones del usuario.

CWndContainer: Ventana que visualiza cada imagen DICOM deseada. Posee un objeto CVTKObject que permite utilizar la librería VTK para despliegue. Contiene además un objeto de la clase CCTNSendImage y otro CPrintClient que permiten respectivamente enviar e imprimir la imagen visualizada.

CNavegadorDlg: Esta clase contiene el control de árbol que permite visualizar y navegar la jerarquía de pacientes y controlar la visualización. Utiliza dos objetos: CQueryCTN el cual permite navegar la jerarquía utilizando el protocolo DICOM usando la librería CTNLib y CIDICOMDBImpl el cual navega usando comandos SQL directamente sobre la base de datos de imágenes. Ambas clases heredan de una interfaz única UA_INTERFAZ_DICOM que presenta las funciones de navegación.

CSimpleStorageLib: Clase que implementa un servidor para soportar la sub operación C-STORAGE producto de la petición C-MOVE para recuperar las imágenes DICOM.

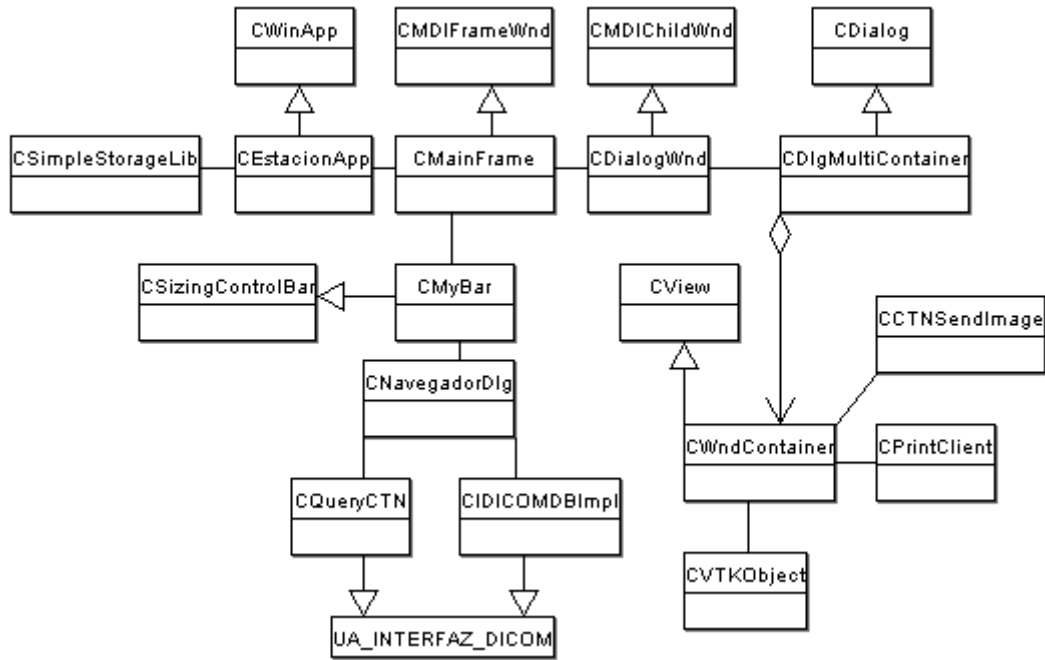


Fig. 6. 5 Diagrama de clases de la estación de diagnóstico

La figura 6. 6 muestra un diagrama de interacción básico para una operación de navegación y búsqueda.

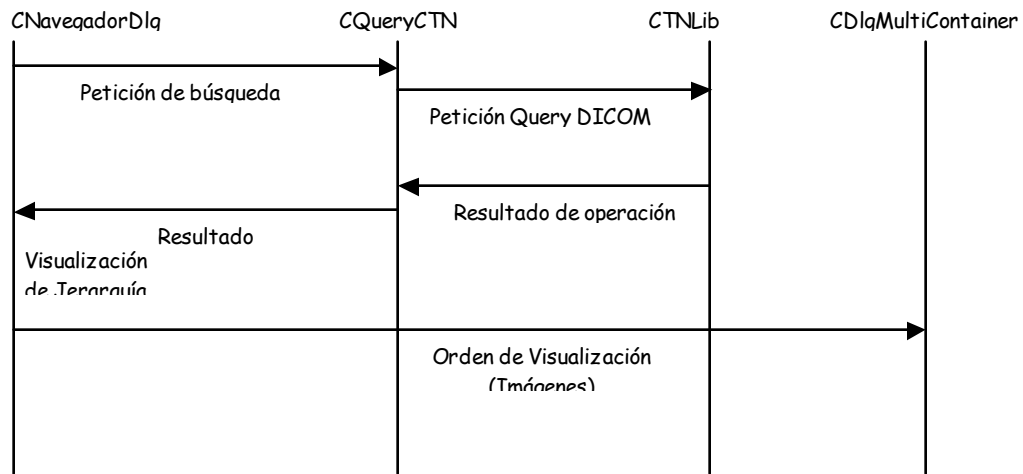


Fig. 6. 6 Diagrama de una operación de navegación y búsqueda

Las capacidades de la Estación de diagnóstico se resumen en:

- Navegación de la jerarquía de imágenes DICOM desde el Servidor de almacenamiento o cualquier servidor DICOM que soporte búsqueda y petición.

- Visualización y manipulación básica de imágenes.
- Capacidad de configurar múltiples servidores de destino DICOM tanto para la navegación como para la impresión.
- Capacidad de envío e impresión DICOM de las imágenes.
- Visualización de imágenes en diferentes tipos de arreglos.
- Navegación directa sobre la base de datos de imágenes.
- Manipulación de la base de datos para crear, borrar o modificar pacientes, estudios, series e imágenes.

La figura 6. 7 muestra la interfaz principal de la estación de visualización.

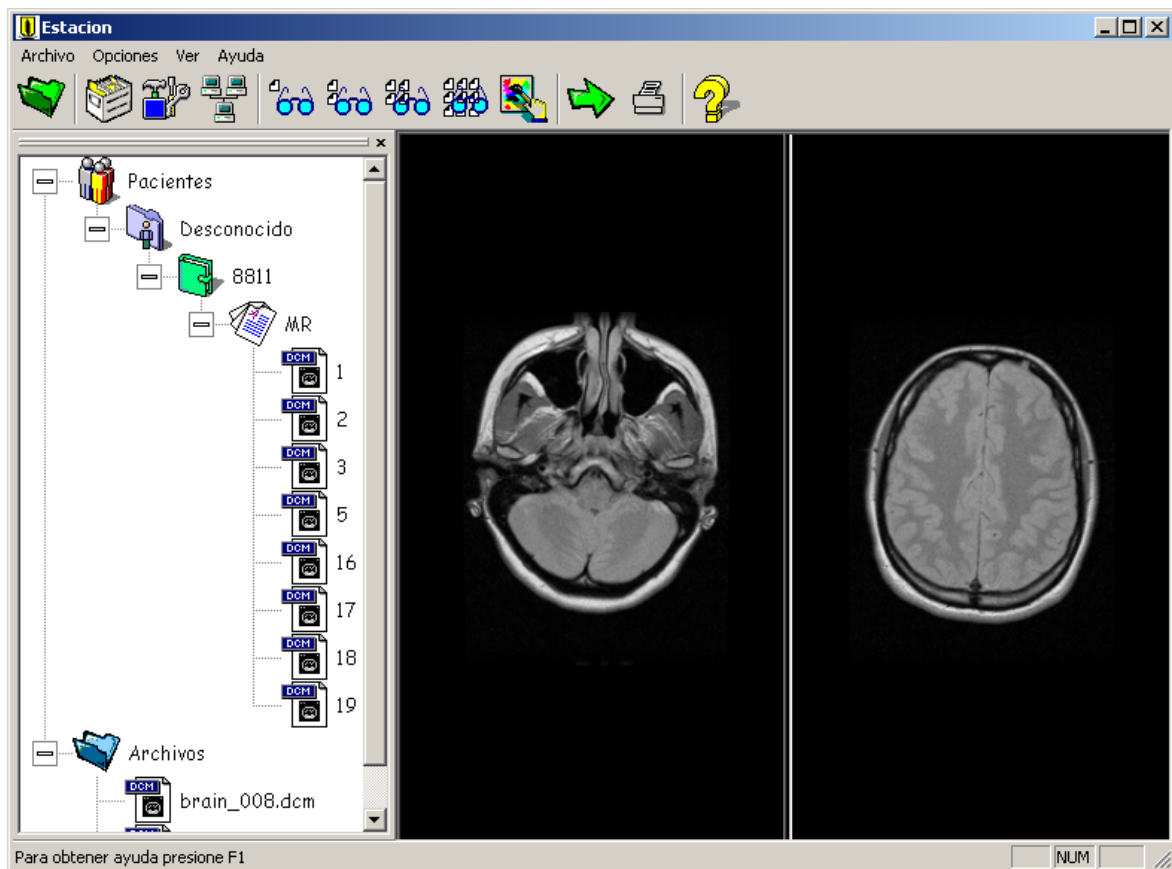


Fig. 6. 7 Estación de visualización

6. 3. Servidor de Impresión

El servidor de impresión es una aplicación de vista única. Su funcionamiento básico consiste en recibir mensajes provenientes de la clase que gestiona los comandos DICOM de impresión, encolarlos y luego imprimirlos usando la arquitectura MFC de documento - vista.

La figura 6. 8 muestra la interfaz del servidor de impresión. Las Capacidades son:

Recibir peticiones de impresión DICOM

Cola de impresión para peticiones concurrentes

Uso de impresora configurada por defecto.

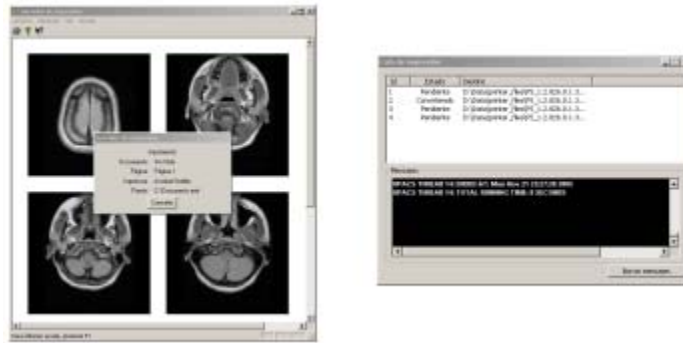
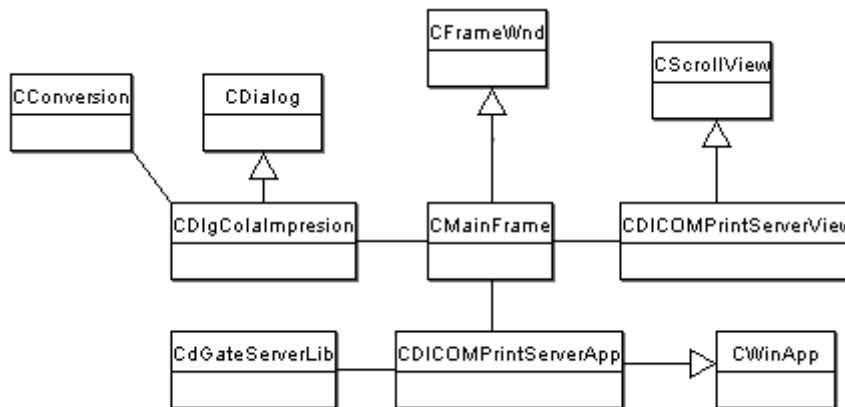


Fig 6. 8. Interfaz gráfica del Servidor de Impresión

La figura 6. 9 muestra el diagrama de clases principales de la aplicación.



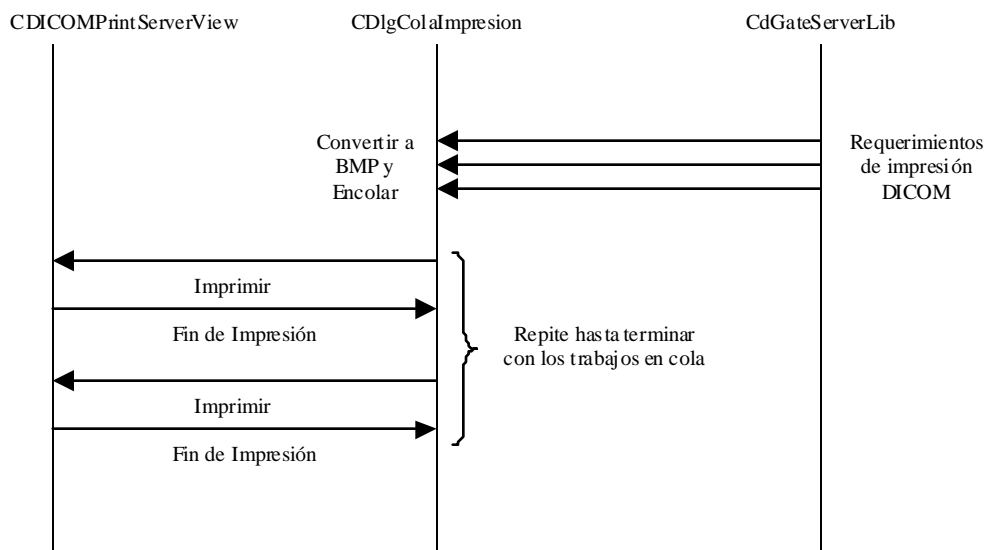
6. 9 Vista de clases de la estación de diagnóstico.

CdGateServerLib: Esta clase gestiona la comunicación con la librería dGate149Lib la cual se usa para implementar el servicio de impresión DICOM estableciendo la asociación y recibiendo las imágenes. Esta clase envía mensajes a través de CmainFrame al objeto CDlgColaImpresión el cual se encarga de realizar la impresión.

CDlgColaImpresion: Esta clase se encarga de encolar las peticiones de impresión. Para cada sesión de impresión convierte las imágenes DICOM a imágenes BMP y envía un evento a la clase CDICOMPrintServerView la cual se encarga de realizar el despliegue.

CDICOMPrintServerView: Recibe el mensaje petición de impresión de la clase CMainFrame y procede a realizar la visualización de las imágenes en el formato de filas y columnas pedido. Una vez visualizadas, invoca el *framework* MFC de impresión.

El funcionamiento básico del servidor de impresión consiste en un objeto a la espera de las peticiones de impresión DICOM. Una vez llegan, las despacha para que sean encoladas para visualización e impresión posterior. La figura 6. 10 muestra el diagrama básico de procesamiento de las peticiones de impresión.



6. 10 Diagrama de procesamiento básico de petición de impresión.

7. RESULTADOS Y RECOMENDACIONES

Las tres soluciones mostraron compatibilidad con el estándar al probarse no solamente entre ellas sino con máquinas y software de otros proveedores. Particularmente el Servidor de Almacenamiento realizó pruebas satisfactorias de comunicación y almacenamiento de imágenes provenientes de la IRM de la Fundación Cardio-Infantil dentro de la red interna del servicio de radiología. La Estación de Diagnóstico realizó la navegación DICOM no solamente con el servidor construido sino con el servidor de almacenamiento de libre distribución *DgateServer*. El servidor de impresión manejó correctamente las peticiones de impresión concurrentes tanto de la Estación de Diagnóstico como del software Xscan32.

El mini PACS desarrollado está listo para crecer en funcionalidad y robustez. La visión del sistema PACS debe orientarse a una solución integral con el sistema de información hospitalaria y no evolucionar aisladamente los mismos; debe pensarse en una integración gradual para lograr maximizar los resultados tanto para la institución, los médicos y los pacientes.

El ambiente médico es especialmente sensible a la disponibilidad de la información y se reconoce que el trabajo no aborda este problema. Es importante planear su solución pues de esto depende en gran medida su robustez. El Servidor de almacenamiento deberá someterse a pruebas masivas no solamente para verificar su desempeño sino para estimar también la capacidad de almacenamiento típica requerida en su implantación. Adicionalmente desarrollar estudios de compresión de imágenes para reducir espacio de almacenamiento y tiempos de transmisión. El problema de almacenamiento debe resolverse incrementalmente pues este puede ser tan complejo y costoso como se desee.

El Servidor de Impresión deberá contar en el futuro con capacidades de tratamiento de imágenes para fortalecer la calidad de la impresión en papel normal. El tratamiento de la imagen dependerá entre otros factores de la modalidad del estudio. Adicionalmente, se desearía poder configurar diferentes destinos de impresión bien sea por requerimientos de modalidad, tamaño o calidad de la impresión.

La Estación de diagnóstico está lista para soportar funcionalidades adicionales de captura secundaria y tratamiento de imágenes específicas a la modalidad. Adicionalmente se puede incluir funciones de conversión entre formatos. Como capacidades finales, se debe estudiar la integración de las señales al estándar DICOM y se recomienda estudiar los servicios de acceso WEB provistos para una integración futura.

Distribución WEB y DICOM

Con el auge de Internet y el incremento gradual en la penetración y el ancho de banda de las redes, las tendencias hacia las aplicaciones WEB y el hecho de que cada vez es más sencillo embeber un servidor web con altas capacidades de gestión en la maquinaria, hacen pensar en una evolución o quizá un reemplazo del estándar DICOM por esta tecnología. Sin embargo, en la actualidad los proveedores de estaciones de trabajo WEB ligadas a un sistema PACS tienen soluciones completamente propietarias. Como obstáculo inicial, se observa que los navegadores WEB no incluyen de forma nativa algunas capacidades esenciales en el ámbito del PACS:

- Soporte para imágenes DICOM
- Soporte diferente a 8 bits por canal RGB
- Soporte de ventanaje
- Soporte de visualización 3D o MPR
- Soporte para anotación sobre las imágenes, medidas, etc.

Esto hace que los navegadores requieran de elementos software adicionales como plug-in, ActiveX, Applet ó aplicaciones locales distribuidas disparadas por el navegador. Ahora bien, asumiendo que se instala alguna de estas opciones, aún está el problema de transporte de las imágenes DICOM para visualizar. Entre las posibilidades se incluyen:

- Transferencia DICOM (C-MOVE ó C-GET/C-STORE)
- Otro tipo de transferencia DICOM (WADO/HTTP)
- Otro protocolo estándar (JPEG/ HTTP)
- Protocolo propietario

Cualquiera que sea el protocolo seleccionado (con excepción de DICOM o WADO), esta será una solución propietaria y el cliente estará fuertemente ligado al servidor (proveedor).

Las ventajas observadas son heredadas de las aplicaciones WEB convencionales son:

Vendedor tiene un control total del cliente y del servidor: Se espera que cualquier capacidad que se presente trabajará bien y estará bien probada.

Control centralizado de distribución al cliente: La actualización del software por parte de cliente se simplifica.

Potencialmente menor costo de implantación.

Optimización de transferencia de imágenes mejorando desempeño.

Gran aceptación por el personal en general (Navegador convencional)

Las desventajas principales que se encuentran en una solución basada en WEB son:

Dependencia del vendedor para adicionar alguna característica especial: despliegue, navegación, workflow, etc.

Protocolo de transferencia de imágenes no estándar: No será posible cambiar la parte cliente (aplet, plug in) por otro.

Navegación no estándar: Aún si se emplea DICOM, el despliegue es enteramente pasivo.

El ambiente del navegador puede limitar las capacidades y el despliegue o apariencia.

En el peor de los sentidos, una solución WEB para PACS puede verse tan propietaria y atada al proveedor como el primer enfoque monolítico del sistema PACS.

CONCLUSIONES

Se consiguió desarrollar un sistema miniPACS DICOM de bajo costo basado en componentes de distribución **gratuita**. Se alcanzó la **interoperabilidad** usando el protocolo DICOM. Las tres aplicaciones desarrolladas pueden funcionar de manera independiente y con aplicaciones de **otros proveedores**. El sistema de impresión DICOM sobre **impresoras láser** convencionales representa un gran ahorro para los usuarios. Permitirá adicionar imágenes de **captura secundaria** provenientes de archivos de imágenes bitmap o de digitalizadores con protocolo *twain* (escáner, cámara digital, captura de video).

Una vez alcanzado el objetivo de construir una base de transmisión y visualización estándar de imágenes, el proyecto pretende adicionar capacidades de tratamiento especializado de imágenes según su modalidad para detectar anomalías y apoyar el diagnóstico médico. Estas imágenes podrán ser estáticas o de video capturadas con *frame grabber*. Como objetivo a futuro pero quizá mas importante aún, es lograr una solución integrada con el sistema de información hospitalaria basada en estándares como HL7. El objetivo último es mejorar la disponibilidad de la información médica para la toma de decisiones en la atención al paciente mejorando la eficiencia y eficacia en la práctica clínica.

En cuanto a la evolución del estándar, aunque existe discusión sobre la permanencia o no del concepto de DICOM como tal en el avance del manejo de las imágenes médicas, lo cierto es que el concepto de PACS permanecerá y cada vez se integrará más a los sistemas de información en el ámbito médico. La desaparición de DICOM como protocolo en el ámbito médico quizá esté supeditada a un concepto de acceso a la información sin fronteras, grandes anchos de banda y un problema de cooperación e interoperabilidad a resolver; esto no es imposible, pero si parece utópico en el momento.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] KOPEC Alberto, SALAZAR José Antonio. Aplicaciones de telecomunicaciones en salud en la subregión andina.
- [2] [http://www.minproteccionsocial.gov.co/MseContent/Telemedicina/Telemedicina-Aplicaciones de telecomunicaciones en salud en.pdf](http://www.minproteccionsocial.gov.co/MseContent/Telemedicina/Telemedicina-Aplicaciones%20de%20telecomunicaciones%20en%20salud.pdf)
- [3] APARICIO Lilia Edith, Fundamentos para desarrollo de telemedicina en Colombia.
- [4] [http://gemini.udistrital.edu.co/comunidad/grupos/gitem/PDF_gitem/estrategias telemedicina.pdf](http://gemini.udistrital.edu.co/comunidad/grupos/gitem/PDF_gitem/estrategias%20telemedicina.pdf)
- [5] ZAPATA Uriel, MONTOYA Edwin, GARCIA Alvin, ROLDAN Samuel. Red para transmisión y manejo de imágenes radiológicas
- [6] <http://www.minproteccionsocial.gov.co/MseContent/Telemedicina/Eafit.pdf>
- [7] "Digital Imaging and Communications in Medicine (DICOM)". National Electrical Manufacturers Association, 2004.
- [8] <http://wuerlim.wustl.edu/DICOM/ctn.html>
- [9] <http://www.xs4all.nl/~ingenium/dicom.html>
- [10] <http://www.icrcompany.com/products.html>
- [11] Jennifer Sisk. "The future of PACS 2004 and Beyond". Radiology today 2001.
- [12] Deborah Hobe Reed, Donald G. Herzog, Gary Reed "A system approach to PACS: The key to realizing strategic benefits". Diagnostic Imaging 200.
- [13] <http://medical.nema.org/>
- [14] Kruglinsky David, Sheperd George, Wingo Scot "Programación avanzada con Microsoft Visual C++ V 6.0" Mc Graw Hill 1999

GLOSARIO

ACR	American College of Radiology
ASCII	American Standard Code for Information Interchange
AE	Application Entity
ANSI	American National Standards Institute
CR	Computer Radiology
CT	Computer Tomography
DICOM	Digital Imaging and Communications in Medicine
DIMSE	DICOM Message Service Element
DIMSE-C	DICOM Message Service Element - Composite
DIMSE-N	DICOM Message Service Element - Normalized
HL7	Health Level 7
HIS	Hospital Information System
IE	Information Entity
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers
IOD	Information Object Definition
IP	Internet Protocol
ISO	International Standards Organization
LAN	Local Area Network
MR	Magnetic Resonance
NEMA	National Electrical Manufacturers Association
OSI	Open Systems Interconnection
PACS	Picture Archive and Communication System
PDU	Protocol Data Unit
PDV	Presentation Data Values
RIS	Radiology Information System
SCP	Service Class Provider
SCU	Service Class User
SOP	Service Object Pair
TCP/IP	Transmission Control Protocol/Internet Protocol
UDP	User Datagram Protocol
UID	Unique Identifier
ULS	DICOM Upper Layer Service