

UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE MÉXICO



ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS
PROFESIONALES "ACATLAN"

**TELERRADIOLOGÍA:
RED DIGITAL DE IMÁGENES,
UNA REALIDAD PARA MÉXICO**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
LICENCIADA EN MATEMÁTICAS APLICADAS
Y COMPUTACIÓN

P R E S E N T A

ESTHER CONSUELO FARFAN PONS

ASESOR: ING. SILVIA LARRAZA HERNÁNDEZ



NAUCALPAN, ESTADO DE MÉXICO, MAYO 2002

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

I



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

**EL PRIMER PASO PARA CONSEGUIR LO QUE QUEREMOS
EN LA VIDA ES DECIDIR LO QUE QUEREMOS.**

BEN STEIN.

**A MI MADRE POR TODO EL AMOR QUE ME HA
DADO Y QUE LE DEBO TANTO EN ESTA
VIDA**

A MI FAMILIA QUE SIGNIFICA TANTO PARA MI

**A MI FORTALEZA Y FUENTE DE CRECIMIENTO
ESPIRITUAL, GRACIAS MI AMOR**

**A TODAS AQUELLAS PERSONAS QUE HAN
DEJADO HUELLA EN MI ANDAR, GRACIAS
POR SU EJEMPLO**

**A TODOS USTEDES, GRACIAS POR EL
APOYO E IMPULSO QUE ME HAN DADO A LO
LARGO DE MIS DIAS**

ÍNDICE

PROLOGO	9
INTRODUCCIÓN	10
CAPÍTULO 1	12
1. CONCEPTOS BÁSICOS	13
1.1 RAYOS X	13
1.1.1 CARACTERÍSTICAS Y PROPIEDADES DE LOS RAYOS X	14
1.1.2 CALIDAD DE IMAGEN	18
1.1.2.1 Densidad	18
1.1.2.2 Contraste	18
1.1.2.3 Definición	19
1.1.2.4 Distorsión	20
1.1.3 FACTORES QUE CONTROLAN LA CALIDAD	21
1.1.3.1 Densidad y corriente	21
1.1.3.2 Relación entre corriente y tiempo	22
1.1.4 ELEMENTOS DE LA IMAGEN	22
1.2 EQUIPOS MÉDICOS QUE GENERAN IMÁGENES	25
1.2.1 CLASIFICACIÓN DE LOS DIFERENTES EQUIPOS MÉDICOS	25
1.2.2 EQUIPOS GENERADORES DE IMÁGENES ANATÓMICAS	25
1.2.2.1 Equipos de Rayos X	25
1.2.2.2 Fluoroscopia	26
1.2.2.3 Equipos portátiles	27
1.2.2.4 Angiografía	28
1.2.2.5 Equipos de tomografía computarizada	29
1.2.2.6 Equipos de Ultrasonido	32
1.2.2.7 Equipos de Resonancia Magnética	34
1.2.3 EQUIPOS GENERADORES DE IMÁGENES FUNCIONALES	34
1.2.3.1 Equipos de Medicina Nuclear	34
1.2.4 EJEMPLOS DE IMÁGENES	35
1.2.4.1 Imágenes de Rayos X	35
1.2.4.2 Imágenes de Tomografía Computarizada (CT)	36
1.2.4.3 Imágenes de Ultrasonido (US)	37
1.2.4.4 Imágenes de Resonancia Magnética (MR)	38

1.2.4.5	Imágenes de Medicina Nuclear (MN)	39
1.3	RESUMEN	40
CAPÍTULO 2		42
2	RED DIGITAL DE IMÁGENES COMO PRINCIPIO	43
2.1	¿QUÉ ES UNA RED DIGITAL DE IMÁGENES?	43
2.1.1	HISTORIA	43
2.1.2	PUNTOS DE OPTIMIZACION	44
2.1.2.1	Almacenamiento	44
2.1.2.2	Transmisión	44
2.1.2.3	Comunicación	44
2.1.2.4	Unión	45
2.1.2.5	Mejora a procesos	45
2.1.2.6	Ahorro	45
2.1.2.7	Calidad	45
2.2	COMPONENTES DE UNA RED DIGITAL DE IMAGENES	46
2.2.1	EQUIPOS GENERADORES DE IMAGEN	47
2.2.1.1	Conexiones directas a equipos digitales.	47
2.2.1.2	Radiología Digital por Luminiscencia (DLR)	47
2.2.1.3	Radiología Digital (Digital Radiography DR)	48
2.2.1.4	Digitalizador de películas.	48
2.2.2	ESTACIONES DE TRABAJO	50
2.2.2.1	Funciones de las Estaciones de Trabajo	50
2.2.2.2	Estación de trabajo para Post-Procesamiento y diagnóstico	51
2.2.2.3	Estaciones de trabajo para despliegue y consulta	52
2.2.2.4	Estaciones de trabajo de consulta básica o de referencia	53
2.2.3	SERVIDORES DE ARCHIVO	53
2.2.3.1	Compresión de datos en servidores de archivo	56
2.2.4	MEDIOS DE COMUNICACIÓN	56
2.2.4.1	Tipos de Red	56
2.2.4.2	Protocolos de comunicación	57
2.2.5	SERVIDOR DE IMPRESIÓN, DOCUMENTACION	59
2.2.6	EQUIPO DE CONECTIVIDAD	59
2.3	ARQUITECTURA DE PACS	60

2.3.1	Arquitectura Centralizada	60
2.3.2	Arquitectura Distribuida	61
2.4	ESTANDARES DE COMUNICACIÓN E INTEGRACIÓN DE LA INFORMACIÓN	62
2.4.1	Formatos y estándares de comunicación de imágenes	62
2.4.2	Sistemas de Información Radlológica y Sistemas de Información Hospitalaria	68
2.5	PROCESO DE LA RED DIGITAL DE IMÁGENES: FLUJO DE TRABAJO	69
2.5.1	CUANTIFICACION Y RETORNO DE INVERSIÓN	74
2.6	RESUMEN	77
CAPÍTULO 3		78
3	EXPANSIÓN DE LA RED DIGITAL DE IMÁGENES: TELERRADIOLOGÍA	79
3.1	PRINCIPIOS DE OPERACIÓN	79
3.1.1	ARQUITECTURA	80
3.1.2	METODOS DE DISTRIBUCIÓN DE IMAGENES	82
3.1.2.1	Distribución bajo demanda	82
3.1.2.2	Distribución Direccionada (ROUTED)	84
3.1.2.3	Distribución Híbrida	85
3.2	APLICACIONES DE LA TELERRADIOLOGÍA	86
3.2.1	POR LLAMADA	87
3.2.2	TELEDISTRIBUCION	87
3.2.3	CONSULTA A EXPERTOS	88
3.2.4	ARCHIVO CENTRAL, TELEDIAGNOSTICO	89
3.2.5	TELEADMINISTRACION	90
3.3	MEDIOS DE COMUNICACION PARA TRANSMISIÓN DE IMAGENES	91
3.4	PROCESOS A DESARROLLAR PARA LA INSTALACIÓN DE UN SISTEMA DE TELERRADIOLOGIA	96
3.4.1	ANALIZANDO EL TRÁFICO DE LA LAN	96

3.4.2 ESTIMAR EL ANCHO DE BANDA QUE DEBERÁ SER PROPORCIONADO POR LA WAN	97
3.4.2.1 Tarifas	97
3.4.2.2 Picos en el ancho de banda	98
3.4.2.3 Tiempos de Respuesta de la Red	98
3.4.2.4 Topología de la WAN	99
3.4.2.5 Crecimiento	100
3.4.3 SELECCIONAR UNA TECNOLOGÍA WAN	100
3.4.3.1 Generales	100
3.4.3.2 Tarifas	100
3.4.3.3 Desempeño/Tecnología	101
3.4.3.4 Soporte Técnico	101
3.4.3.5 Crecimiento Futuro	101
3.5 BENEFICIOS EN EL USO DE TELERRADIOLOGÍA PARA EL HOSPITAL Y LA COMUNIDAD	102
3.5.1 HOSPITAL	102
3.5.2 COMUNIDAD	103
3.6 VENTAJAS	103
3.7 JUSTIFICACION DE LA TELERRADIOLOGIA	103
3.8 EMPRESAS EN MÉXICO QUE OFRECEN PRODUCTOS Y SOLUCIONES PARA TELERRADIOLOGÍA	104
3.9 METODOLOGÍA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE TELERRADIOLOGÍA	106
3.9.1 DESCRIPCIÓN GENERAL	106
3.9.1.1 Objetivos	106
3.9.1.2 Descripción de Entidades	106
3.9.2 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA	107
3.9.2.1 Modalidades a Conectar	107
3.9.2.2 Estaciones de Trabajo	107
3.9.2.3 Documentación	107
3.9.2.4 Almacenamiento y Archivo	107
3.9.2.5 Red de Datos	107
3.9.2.6 Distribución de imágenes	107
3.9.3 FUNCIONALIDAD DEL SISTEMA (FLUJO DE TRABAJO)	107
3.9.4 CONECTIVIDAD A SISTEMAS DE INFORMACIÓN RADIOLÓGICA	107

3.9.5 ENTRENAMIENTO Y PUESTA EN MARCHA	108
3.10 RESUMEN	109
4 CASO PRÁCTICO.	112
4.1 DESCRIPCIÓN GENERAL	112
4.1.1 OBJETIVOS	113
4.1.1.1 Objetivos Generales	113
4.1.1.2 Objetivos Particulares Hospital Central México	113
4.1.1.3 Objetivos particulares Clínicas Remotas	113
4.1.1.4 Descripción de Entidades	114
4.1.2 DESCRIPCION DEL SISTEMA	117
4.1.2.1 HOSPITAL CENTRAL MEXICO	117
4.1.2.2 CLÍNICAS REMOTAS	124
4.1.3 FUNCIONALIDAD DEL SISTEMA (FLUJO DE TRABAJO)	135
4.1.3.1 Pre-Registro de Pacientes	137
4.1.3.2 Exámenes de los Pacientes	138
4.1.3.3 Reportes de los exámenes	138
4.1.3.4 Liberación de los exámenes, Almacenamiento y Documentación	139
4.1.4 CONECTIVIDAD AL SISTEMA DE INFORMACIÓN RADIOLÓGICA	140
4.1.5 ENTRENAMIENTO Y PUESTA EN MARCHA	145
4.1.6 TELERRADIOLOGIA A TRAVÉS DE INTERNET	147
4.2 CUANTIFICACIÓN	149
4.2.1 Cantidad de Estudios y Películas	149
4.3 BENEFICIOS	152
4.4 RESUMEN	153
CONCLUSIONES	154
BIBLIOGRAFÍA	156

PROLOGO

La telerradiología es una especialidad de la telemedicina, que es la transmisión electrónica de información médica desde una localidad hasta otra. Con la explotación de los avances tecnológicos para el sector salud, la utilización de sistemas de cómputo y comunicación cada vez más veloz, se ha logrado un mejor provecho de los procesos relacionados con la radiología e imágenes médicas, ésta en países industrializados, es una práctica cotidiana desde hace varios años.

Lamentablemente para nuestro país la utilización de la telerradiología está comenzando lentamente, pero poco a poco dejará ver sus avances y será explotada al máximo en los próximos años, trayendo para médicos y pacientes múltiples beneficios.

El sector salud en México actualmente muestra ciertas carencias a nivel tecnológico por lo que es importante impulsar la utilización de nuevos sistemas automatizados para el mejor aprovechamiento de los recursos humanos y científicos que éste posee.

INTRODUCCIÓN

El por qué hablar en este trabajo de tesis acerca de la Telerradiología, tiene su fundamento en los beneficios que este tipo de aplicación podrán tener para el sector salud en México, partiendo del punto de que existen diversos equipos para la adquisición de imágenes diagnósticas médicas y que a su vez estas imágenes pueden ser procesadas, mejoradas, archivadas y transmitidas digitalmente en pro de los procesos y servicios médicos y en pro de los pacientes.

El desarrollo de la tecnología en cuestión de equipos electromédicos para la adquisición de imágenes por medio de los rayos X y otras metodologías para la detección de enfermedades o padecimientos, la evolución de los medios informáticos y la combinación de estos ámbitos, proveen al mundo médico cada vez en mayor número de herramientas necesarias para el trabajo diario, tomando en cuenta que todo este desarrollo de tecnología enfocado al servicio de las personas, ayuda para la mejor atención y servicios clínicos, que se ven reflejados en la recuperación de la salud con mayor rapidez.

En este trabajo de tesis se tocarán puntos relacionados con el tema "Telerradiología: Red Digital de Imágenes, una realidad para México", donde el primer capítulo partirá desde los principios básicos de la generación de los Rayos X, para dar un marco conceptual, dentro de ese mismo capítulo se describen los diferentes métodos de generación de imágenes médicas diagnósticas, para visualizar los diferentes tipos de imágenes que serán transmitidas por la red digital.

En el segundo capítulo, con la explicación de red digital de imágenes conocida mundialmente como PACS (Picture Archiving and Communication System), se definirá el sistema, su desarrollo y su importancia dentro y fuera del departamento de radiología. Se analizarán también los componentes que integran una red digital de imágenes, así como su importancia y su desarrollo, punto de partida de la comunicación de imágenes entre diferentes modalidades de equipos, las cuales son procesadas, archivadas y transmitidas por diferentes componentes, agregando también el proceso que se realiza dentro del departamento de radiología en relación con las imágenes. Se hablará también, acerca de

los diferentes medios de comunicación e integración de información relacionados con los estándares mundiales de comunicación de imágenes médicas, éstos como referencia de conectividad entre diferentes fabricantes.

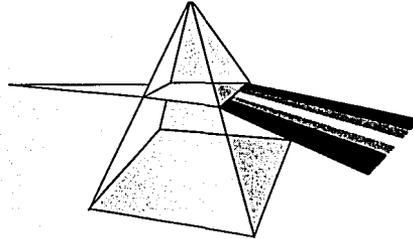
El tercer capítulo está orientado a la expansión de la red digital de imágenes: "Telerradiología", se mostrará cómo se pueden utilizar los diferentes medios de comunicación para el envío de imágenes a lugares distantes al punto en donde son generadas, finalizando con los diferentes procesos a considerar para la implementación de un sistema de Telerradiología. Se hablará de los diferentes beneficios, ventajas y justificación de la red digital de imágenes.

En el cuarto capítulo se presenta el estudio de un caso práctico en donde es factible la utilización del Sistema de Telerradiología, indicando cuáles son los puntos viables de mejora y los beneficios que traerá el sistema al proceso médico y a la comunidad.

El trabajo termina con las "Conclusiones", dando los puntos más significativos del mismo.



CONCEPTOS BASICOS



Actualmente se sabe que la forma más adecuada para producir rayos X es mediante la aceleración de electrones, los cuales al impactar en un blanco de sustancias especiales producen la radiación deseada.

Este proceso se realiza en el interior de un tubo vacío en el que se encuentran, básicamente, dos electrodos a los que se aplica un altísimo potencial electrónico para acelerar los electrones y un elemento que produce las mencionadas partículas. Todo esto es posible si el tubo tiene un sistema exterior que controla el proceso.

Cuando los electrones se impactan sobre el blanco, el cual recibe el nombre de ánodo, se producen rayos X de dos formas principales:

a) *Radiación de frenado (Bremsstrahlung)*: Esta forma de radiación se explica por el hecho de que los electrones acelerados, al chocar contra el ánodo son frenados si poseen alta energía, así la cantidad de frenado (Energía) es convertida en radiación X; esta radiación es diversa y de diferente longitud de onda debido a que la originan diversas cantidades de frenado.

b) *Radiación Característica*: Esta forma de producir energía es por medio del desalojo de electrones de sus orbitales mediante el impacto con otros electrones enviados desde el cátodo, así junto con la salida de cada electrón de su órbita, se produce una emisión de Rayos X característicos.

Para el diagnóstico médico, normalmente se usan Rayos X compuestos por un 70% de radiación de frenado y un 30% de radiación característica.

1.1.1 CARACTERÍSTICAS Y PROPIEDADES DE LOS RAYOS X

- a) Los Rayos X son electrónicamente neutros, es decir, no sufren desviación o deflexión cuando se encuentran en el interior de un campo eléctrico, magnético o combinado.
- b) Los Rayos X viajan en línea recta y a la velocidad de la luz, lo cual se utiliza para dirigirlos y enfocarlos con el propósito de irradiar una determinada región.
- c) Producen efectos biológicos y químicos, es decir, al incidir sobre un organismo producen ionización y/o alteraciones celulares que pueden ser responsables de trastornos o mutaciones posteriores.
- d) Pertenecen a una región del espectro electromagnético y no poseen solamente una frecuencia, sino varias. Cuando se eleva más el voltaje que produjo los rayos, más corta es la longitud de onda de los mismos, es decir es mayor su frecuencia.
- e) Los Rayos X no son visibles al ojo humano ni animal, por lo que su detección sólo es posible por medio de instrumentos o recursos fotográficos.
- f) Producen imágenes sobre películas fotográficas y fluorescencia sobre ciertos tipos de cristales; ambos fenómenos se utilizan en medicina para obtener placas radiográficas y visualizar imágenes sobre pantallas especiales de fluoroscopia o sobre tubos de rayos catódicos.
- g) Los Rayos X producen radiación secundaria y radiación dispersa, lo que significa que un objeto biológico que recibe Rayos X produce, a su vez, nuevos rayos de diferentes características. Estos rayos son, generalmente, inconvenientes en la

generación de imágenes y para la seguridad de las personas que trabajan con rayos X.

Después que los rayos se han producido se propagan en línea recta, si en su camino encuentran cualquier tipo de sustancia se comportarán con respecto a ella de acuerdo a las características de la misma. De esta forma se pueden producir algunos efectos ya mencionados, tales como producir fluorescencia o desencadenar radiación secundaria; por ello se clasifica didácticamente la ocurrencia de tres eventos posibles: La *absorción* de los rayos X, la *transmisión* de los mismos, o su *dispersión*.

De acuerdo a la existencia de alguno de ellos o de todos, la radiología médica saca provecho en forma de imágenes, ya sea instantáneas o duraderas que tienen valor diagnóstico.

La emisión de rayos X es obtenida sobre todo por el bombardeo con electrones de alta velocidad sobre blancos hechos con materiales de alto número atómico.

Como se ve en la siguiente figura I-2, la radiación X puede atravesar la sustancia sin ser absorbida y en ese caso tenemos *transmisión*. Si los rayos no atraviesan y son detenidos por la sustancia, tenemos *absorción*; si al atravesar la sustancia se producen tanto rayos X dispersos como secundarios, estamos en la presencia de la llamada *dispersión*. Es necesario aclarar que los rayos X secundarios dependen de su energía y longitud de onda, así como de la sustancia que los rayos X primarios encontraron en su camino. Tanto los rayos X secundarios como los dispersos presentan una notoria desviación geométrica de la dirección inicial que tenían los rayos X primarios, lo cual tiene gran importancia práctica en la obtención de imágenes médicas o radiografías.

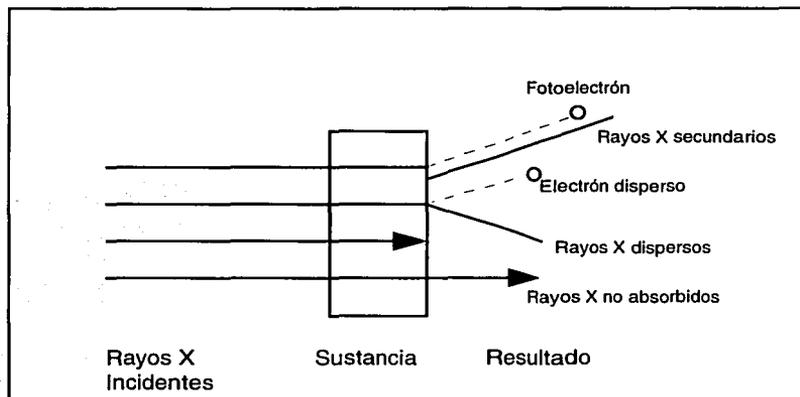


Figura I- 2 Rayos X y Sustancia

En la figura I-3 se muestra un diagrama de los componentes de un equipo de rayos X, donde se muestra el generador de alto voltaje, conectado al circuito del tubo de rayos x donde el cátodo y ánodo se demuestran dentro del tubo, los electrones se impactan en el ánodo, los rayos x emanando al paciente y éstos marcarán la imagen, que puede ser en un chasis que contiene la película radiográfica o un intensificador de imagen y electrónica específica para la conversión a una imagen en forma digital.

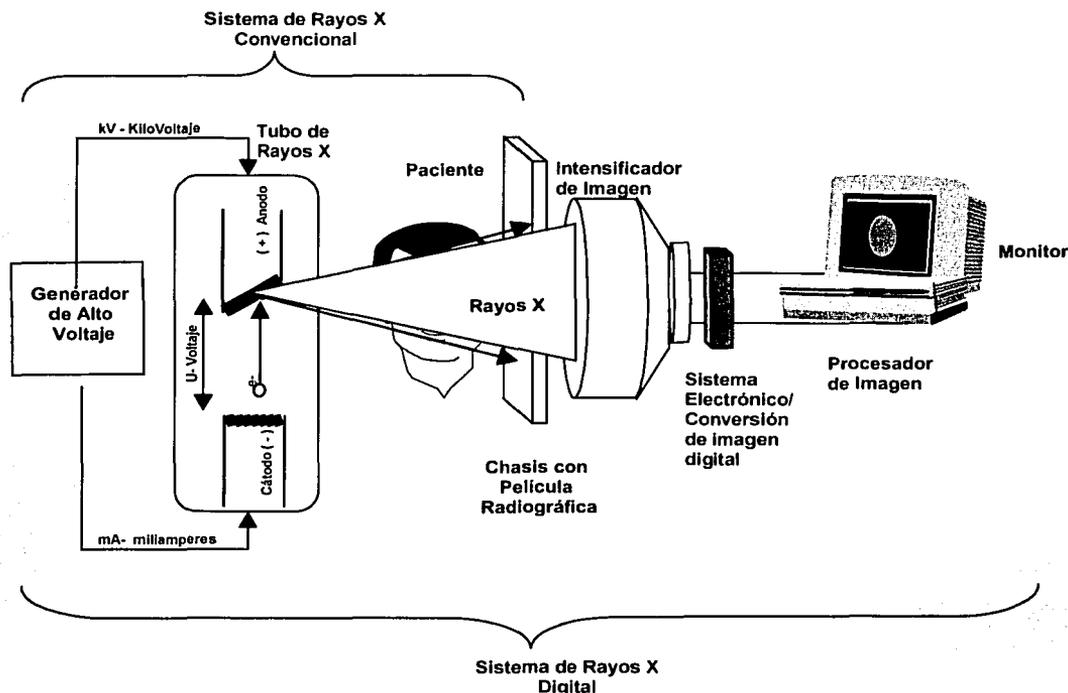


Figura I-3 Sistema de Rayos X

Debido a que el objetivo fundamental de la utilización de los rayos X en medicina es la obtención de imágenes, es preciso aplicar conceptos relativos a la penetración de las radiaciones en el tejido vivo, así tenemos que tanto las propiedades de los rayos X como las características de los diferentes tejidos producen una combinación de efectos que determinan el grado de ennegrecimiento de una película radiográfica.

En forma simple se puede enunciar el concepto: cuantos más rayos penetren más ennegrecimiento producen; por el contrario, si las radiaciones son absorbidas por el tejido y apenas llegan a la placa se tiene una imagen blanca. Obviamente, los diferentes

tonos de gris son resultado de valores intermedios de atenuación de las radiaciones en el tejido. Los factores que determinan el grado de ennegrecimiento de película son básicamente tres:

1. Propiedades fisicoquímicas del tejido atravesado. Estas propiedades condicionan el grado de absorción de las radiaciones (número atómico, densidad molecular, etc.)
2. Energía o longitud de onda de los rayos X, que de acuerdo a ello penetrarán más o menos en el tejido.
3. Radiación dispersa, que al incidir sobre la película radiográfica o imagen generada, (además de radiación principal), produce deterioro de la calidad radiográfica.

Lo explicado anteriormente se entiende mejor analizando una imagen cualquiera, como se muestra en la Figura I-4, en la que se observa cómo los huesos se muestran en color blanco, ya que poca radiación los atraviesa; los tejidos blandos se presentan en color negro, ya que mucha radiación los atraviesa y llega a la placa. De esta forma se dice que el hueso es tejido *radioopaco*; el tejido blando o las grasas son tejido *radioluciente* y los demás tejidos que proporcionan imágenes de diferentes tonalidades son definidos como *radiointermediarios*.



Figura I-4 Imagen de torax que muestra diferentes tonalidades de grises

Las radiaciones de corta longitud de onda y consiguientemente de alta energía tienen alta penetrabilidad, por lo que producen ennegrecimiento en la película si el tejido que atraviesan es de baja densidad; producen una escala de gris decreciente a medida que la densidad aumenta, hasta que el aumento de la densidad es tal que la radiación no atraviesa, dando como resultado el color blanco en la película radiográfica o imagen generada. Las radiaciones de baja longitud de onda producen, sobre el mismo patrón de

densidades crecientes, una modificación en la escala de gris que resulta más débil que en el caso anterior, apareciendo además el blanco en varias densidades altas; ésto se aprecia en la figura I-5.

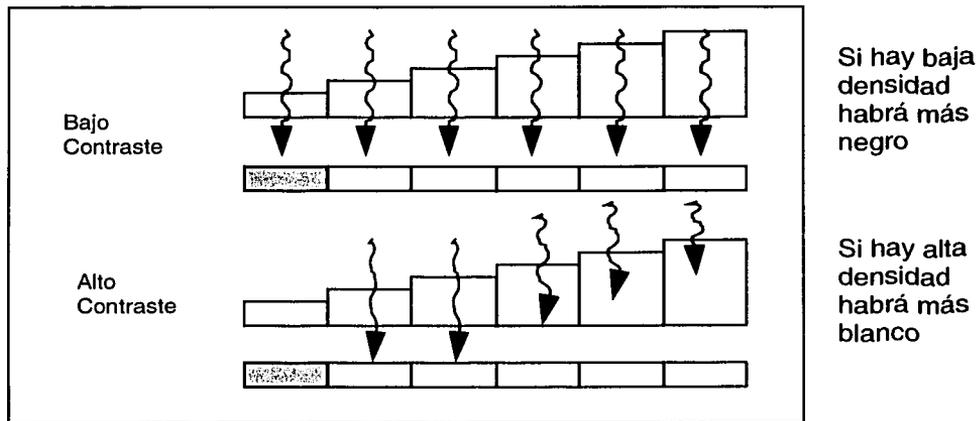


Figura I-5 Penetración y escala de grises

1.1.2 CALIDAD DE IMAGEN

Lo importante en una imagen radiográfica es que muestre exactamente lo que se requiere para un adecuado diagnóstico. Se habla de calidad de imagen al considerar los factores que determinan el buen resultado de una exposición. Por ello la calidad depende de dos propiedades fotográficas y de dos propiedades geométricas.

- a) Las propiedades fotográficas son la densidad y contraste
- b) Las propiedades geométricas son definición y la distorsión.

1.1.2.1 Densidad

Es la capacidad de ennegrecimiento de la película radiográfica o imagen generada, la cual es directamente proporcional a la radiación incidente. Una buena imagen debe tener un nivel de ennegrecimiento tal que permita diferenciar estructuras nítidamente.

1.1.2.2 Contraste

Se define a partir de la existencia de diferentes densidades, así la discriminación de dos densidades diferentes en dos estructuras contiguas se llama contraste; por ello se dice que el contraste es bajo si dos estructuras adyacentes no presentan una diferencia nítida en la escala de grises posibles. El mayor contraste se logra al tener el negro intenso junto al mayor blanco posible. El principal factor que controla el contraste es el kilovoltaje. Los Rayos X generados por altos valores de kilovoltaje atraviesan más el tejido y por ello

impresionan la película radiográfica o imagen generada, creando diversos grados de gris con lo que empeora el contraste; por el contrario, menores kilovoltajes producirán mayor absorción de rayos x de ciertas longitudes de onda, con lo que se obtiene más blanco en esa región de la película, lo que significa mejoría del contraste.

1.1.2.3 Definición

Es la calidad con que se presentan los detalles en estructuras finas, es decir la agudeza o nitidez con que aparecen en la imagen radiológica. La definición es afectada por la aparición de uno o más de los siguientes factores, alguno de los cuales radican en la calidad del equipo:

1. Deformación por movimiento: Producida por los movimientos voluntarios o involuntarios del paciente, los cuales introducen borrosidad en la imagen. La forma de evitarlo es inmovilizando al paciente y utilizando en los disparos radiográficos los tiempos más cortos posibles.
2. Deformación geométrica: Comúnmente se le conoce como *penumbra*, y debe ser evitada al máximo. Uno de los factores que propician es el foco irradiador de electrones del tubo, específicamente el tamaño del foco, que cuanto más grande más penumbra produce. Si por evitarlo se reduce el tamaño del foco, también disminuirá la corriente de éste, por lo que se debe aumentar el tiempo de exposición, y entonces se dependerá del control del movimiento del paciente para obtener la definición adecuada. En la figura 1-6 se muestra cómo se produce geoméricamente la penumbra y su relación con el tamaño del foco.

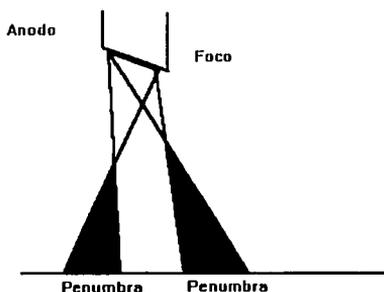


Figura 1-6 Deformación geométrica por el foco del tubo

3. Distancia foco película: éste también está vinculado con la distancia existente entre el paciente y la película: a medida que la distancia entre el foco y la película crece, se mejora la definición. Este recurso tiene un límite que es dado por la proyección de la estructura que queremos obtener impresa sobre la película; a medida que se aleja la

película se proyecta un cono de radiación mayor que supera el volumen deseado. Para evitarlo se utilizan colimadores (dispositivos que permiten restringir el paso de la radiación a una zona específica del cuerpo del paciente) que limitan el campo, reduciendo así la influencia de ese factor. Al mismo tiempo, la distancia entre el paciente y la película debe ser reducida al mínimo posible, esta distancia tiene sus límites obvios, dados por el espesor natural del cuerpo del paciente, del porta placas y del sistema que sujeta el porta placas.

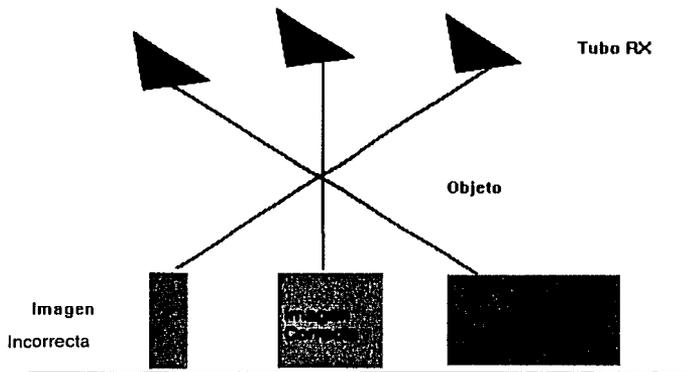
4. Material irradiado: así como los diferentes espesores del tejido biológico afectan la densidad y el contraste, también la definición es afectada por las particularidades de los tejidos. Así, una estructura delgada puede aparecer con poca definición si existe un alto grado de radiación secundaria por el uso de un elevado voltaje, lo que producirá ennegrecimiento y poca nitidez en los bordes.
5. Trazas cuánticas. Se les conoce también como ruido cuántico y aparecen sobre la imagen cuando no hay un número suficiente de fotones que expongan la placa, es decir, se produce un efecto de centelleo sobre la retina del observador. Esto se evita utilizando un valor suficiente de mAs (Mili-Amper por Segundo) para el voltaje dado. Las trazas cuánticas reducen la definición puesto que no son la cantidad requerida de fotones para dibujar completa y nítidamente la imagen.

1.1.2.4 Distorsión

Es una alteración de la imagen verdadera en la película radiográfica: cualquier alargamiento, torsión o pérdida de la forma de la figura se considera una distorsión. Una distorsión no siempre es algo perjudicial en el proceso de tomar placas o en la formación de imágenes, porque en algunas aplicaciones se trata de obtener distorsiones específicas con el objeto de lograr la atenuación en algunos detalles que interesa destacar.

La magnificación de una región, órgano o algún detalle son en sí distorsiones, pero muchas veces se les produce intencionalmente para mejorar las posibilidades diagnósticas de una imagen.

En la figura I-7 se muestra cómo la posición del tubo con relación al paciente estático produce acortamiento o elongación de la imagen sobre la imagen.



Figural-7. Alineación del tubo y distorsión generada por posición

1.1.3 FACTORES QUE CONTROLAN LA CALIDAD

Para obtener buenas imágenes es necesario controlar técnicamente la incidencia de las cuatro propiedades ya estudiadas (densidad, contraste, definición y distorsión). La calidad del equipamiento y algunas veces la habilidad técnica del usuario, determinarán la capacidad de control sobre estos factores. Se utiliza lo que se conoce como *técnica radiográfica*, con la que se controlan los valores que se seleccionan en el equipo, el posicionamiento del paciente, el tipo de material fotográfico y de revelado que se use, así como un conjunto de factores a tomar en cuenta.

1.1.3.1 Densidad y corriente

La densidad está determinada por tres importantes factores técnicos:

- a) La corriente del tubo o miliamperes (mA),
- b) tiempo de exposición (seg.),
- c) el producto de la corriente por el tiempo (miliamperes por segundo mAs).

La corriente que fluye por el tubo es resultado del calentamiento mayor o menor del elemento generador de electrones, conocido como filamento del tubo; dicha corriente está determinada de tal forma que los generadores radiológicos tienen valores de ella dispuestos en pasos discretos ya estandarizados, o sea que no se seleccionan continuamente valores arbitrarios de corriente, sino que se elige un valor grueso de corriente que se combina con un valor de tiempo para obtener un producto (mAs), el cual en definitiva es el que ennegrece más o menos la imagen. Se dice categóricamente que la densidad radiográfica es directamente proporcional al valor de los mAs, de manera que cuando alteramos los valores de mAs a la mitad o al doble se producen cambios en un 100% de la densidad, más blanco o más negro, respectivamente, esto se nota claramente en la figura 1-8 que relaciona la densidad con mAs.

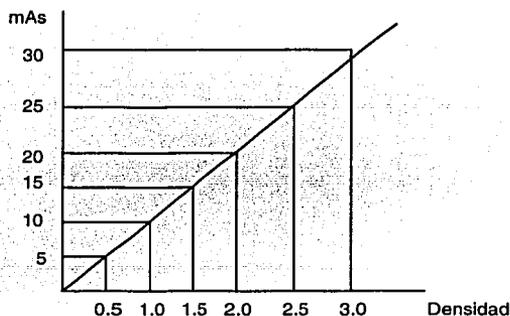


Figura I—8. Relación entre densidad y corriente

1.1.3.2 Relación entre corriente y tiempo

Existe una relación importante entre la corriente y el tiempo de exposición en una radiografía. Como el producto de ambos es el que determina un ennegrecimiento deseado, podemos elegir una combinación que nos permita en algún caso usar un tiempo largo con una corriente pequeña y otro caso usar una corriente elevada pero con un tiempo corto. Esto último puede ser muy valioso cuando se trata de tomar una placa lo más rápidamente posible, como en el caso de los pacientes que están sufriendo dolores y no pueden ser sometidos a posiciones radiográficas por mucho tiempo; también se da el caso de los niños, los cuales generalmente no cooperan. Otra situación en la que interesa tomar en cuenta el tiempo, es cuando se tienen que radiografiar órganos con movilidad natural como el corazón y los pulmones; en tales casos se corre el riesgo de que las imágenes resulten con borrosidad y falta de definición, producto del movimiento. Por lo que se recomienda usar valores altos de corriente y valores de tiempo tan cortos como sea posible para un voltaje dado.

1.1.4 ELEMENTOS DE LA IMAGEN

El elemento de la imagen es denominado PIXEL (del inglés picture element) y se define como el área más pequeña de una imagen a la que se le pueden atribuir las propiedades puntuales de ésta y que es diferenciable del resto de la información. La resolución espacial suele expresarse en términos de la cantidad de los elementos de imagen contenidos en una unidad de longitud. Un pixel es el área más pequeña de la pantalla que puede activarse independientemente.

La radiación se propaga normalmente en línea recta y produce zonas de sombras más o menos densas, dependiendo de la opacidad de las distintas partes del cuerpo que se interponen al paso del haz. La calidad de la imagen depende del tamaño de la fuente de radiación, y de las distancias de los objetos con respecto a esta fuente de radiación. En caso que el órgano de interés tenga una densidad óptica similar al medio ambiente, es

posible en algunos casos introducir "medios de contraste" o sustancias opacificadoras, como sucede en el caso de la ingestión de soluciones de bario para hacer resaltar el tracto gastrointestinal. Adicionalmente, se puede efectuar el proceso inverso para hacer que un órgano aparezca más transparente, al llenarse con gas ligero.

La radiografía emplea las propiedades fotoquímicas de los rayos X, que producen impresiones sobre las películas fotográficas. El conjunto de intensidades de radiación transmitidas (en función inversa de las absorbidas por el cuerpo) tienen una acción sobre la emulsión fotográfica y se forma una imagen latente, que se podrá visualizar después del revelado. Este procedimiento tiene la ventaja de proporcionar un documento sobre el cual se pueden establecer diagnósticos y comparaciones.

El contenido de la información en una imagen se define como lo producido por el número de píxeles que la forman por la cantidad de niveles de información que cada elemento de la imagen puede tomar. Esto es, el nivel de información está definido como la cantidad de grises que puede tomar un solo píxel, este píxel determina la intensidad que se presenta en esa zona.

La radiología digital utiliza el mismo principio que la radiología convencional. La cantidad de radiación que pasa a través del paciente causa el relieve a formar en la imagen dependiendo del grosor del objeto a ser examinado y de la densidad del tejido. Una escala de grises para las imágenes es usada para representar la energía relativa de Rayos X. Los diferentes tonos de grises están asignados a números en notación binaria, un sistema numérico consistiendo de los dígitos 0 y 1, designado como bit unidad mínima de información. La escala de grises en la imagen depende de la profundidad de grises, que es definida como el número posible de combinaciones para los dígitos 0 y 1. Por ejemplo, cuando es usado el valor numérico con una profundidad de bit de 10, la escala de grises será contenida en 2^{10} es 1024 números en la escala de gris. La matriz de una imagen digital está definida como el número de píxeles contenidos en la imagen. La matriz es también un indicador de la resolución. El tamaño de la matriz de una imagen depende de la modalidad. Hay posiblemente una diferencia entre la matriz de la imagen y la matriz de despliegue dependiendo del tipo de monitor.

Cada píxel tiene un número en los tonos de gris disponibles, dependiendo de la profundidad de píxel. El número de bits a almacenar como parte de una imagen, indica el volumen de datos. El volumen depende de la matriz y la profundidad de píxel y es medida en bytes. Por ejemplo: una imagen de 2k (con matriz de 2048x2048 píxeles) con una profundidad de píxel de 8 bits requiere el siguiente espacio:

$$2^{11} \times 2^{11} \times 8 \text{ bits} = 2048 \times 2048 \times 8 \text{ bits} = 33,554,432 \text{ bits} = 4,194,304 \text{ Bytes} \\ = 4 \text{ Mega Bytes (MB)}$$

La profundidad de píxel da mejor calidad de imagen al poder tener mayor información en un solo píxel. Esto traducido a una imagen tenemos mejor contraste entre píxeles al tener un rango más amplio en la escala de grises. En la figura I-9 se muestra un ejemplo de cómo un píxel pudiera tener una escala de grises determinada con valor en bits de 01010011.

Ahora bien, tomando en cuenta que los bits se agrupan para formar bytes en conjuntos de 8 bits y si tuviéramos una profundidad mayor a ocho bits, estos deben ser agrupados en grupos de 8, por ejemplo en una imagen con matriz de 2k (2048x2048) y profundidad de pixel de 14 bits se tendría un espacio medido en bytes de:

$$2048 \times 2048 \times 2 = 8,388,608 \text{ Bytes} = 8,192 \text{ Kilobytes} = 8 \text{ Megabytes}$$

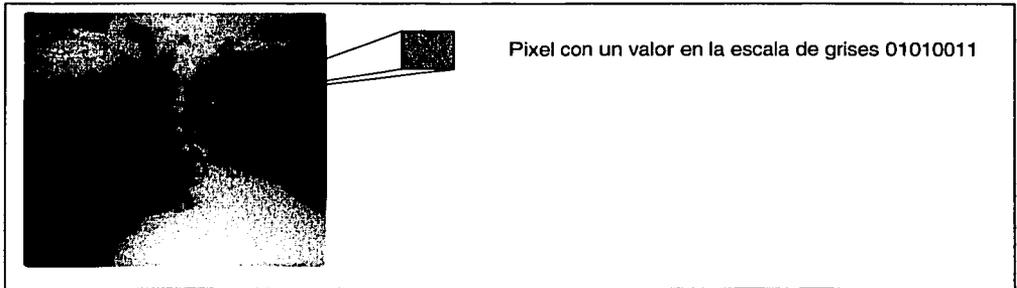


Figura I-9 Pixel con valor en la escala de grises.

En la figura I-10 se muestra en forma comparativa la información que pudiera tomar un pixel en dos diferentes profundidades.

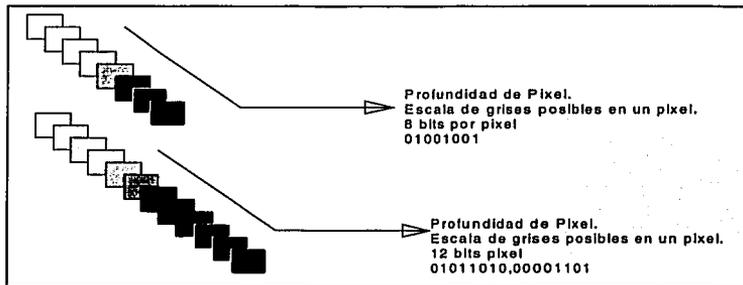


Figura I-10 Pixel con valor en la escala de grises.

En general todas las imágenes son calculadas según su matriz y su profundidad de pixel para determinar la capacidad de almacenamiento, sin embargo el número de bits almacenados es mayor a los datos de matriz y pxeles, se agregan además a la imagen textos descriptivos o encabezados para ser identificadas las imágenes a cada paciente y a tipo de estudio, siendo ésta información la menor en capacidad.

1.2 EQUIPOS MÉDICOS QUE GENERAN IMÁGENES

1.2.1 CLASIFICACIÓN DE LOS DIFERENTES EQUIPOS MÉDICOS

Desde la creación de la medicina se ha intentado resolver el problema de la salud del hombre por él mismo. La evolución en este ámbito es producto del desarrollo tanto de la ciencia médica como de la tecnología biomédica en respuesta a la demanda de atención en el cuidado de la salud. En los últimos años el diagnóstico médico apoyado en imágenes se ha incrementado en forma notable; evidentemente atendiendo a esta necesidad tecnológica en imagenología médica también se ha evolucionado, surgiendo una gran variedad de aplicaciones diferentes de esta instrumentación; dicha variedad está en función de los principios físicos en los que se basa el sistema para obtener una imagen. A pesar de esta diversidad de sistemas de generación de imágenes, la instrumentación que proporciona cualquier imagen puede ser clasificada en información estructural (Imagen Anatómica) o información funcional (Imagen Funcional) como se indica en la tabla I-1. La primera de ellas implica sencillamente mostrar, como su nombre lo indica, un corte anatómico particular. En el segundo tipo de imágenes lo que se pretende es reflejar el funcionamiento de una región anatómica determinada.

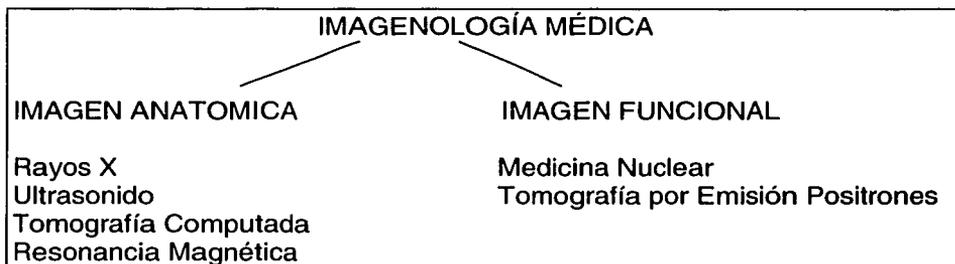


Tabla I-1. Clasificación de equipos generadores de Imágenes Médicas

1.2.2 EQUIPOS GENERADORES DE IMÁGENES ANATÓMICAS

1.2.2.1 Equipos de Rayos X

Los equipos de rayos X como se muestra en la figura I-11 son aquellos que hacen uso de éstos para la generación de imágenes médicas y son divididos en sistemas convencionales y sistemas digitales. Los sistemas de radiología convencional son completamente analógicos, utilizan películas radiográficas para la impresión de imágenes y requieren un control muy estricto de todo el proceso de

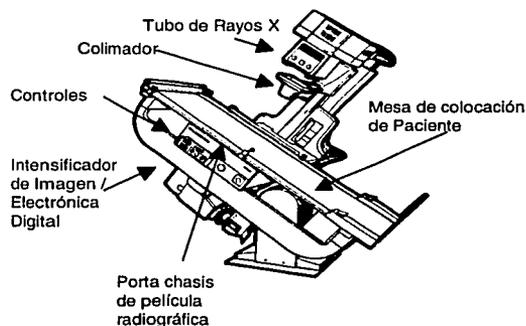


Figura I-11 Equipo de Rayos X

exposición para obtener imágenes de calidad aceptable. En los sistemas de radiología convencional en la actualidad se pueden emplear técnicas de procesamiento digital de señales para poder efectuar realces a las imágenes que pueden adquirirse a dosis más bajas que aquellas que se emplean en radiografía convencional. Los sistemas más avanzados de radiología digital emplean un haz de rayos X que junto con el receptor, hace un barrido lineal a lo largo de la zona bajo estudio. El receptor es una tira de oxisulfuro de gadolinio a la que se acopla un arreglo lineal de 1024 fotodiodos. En un sistema de radiografía digital, el tubo de rayos X y el receptor están controlados por una computadora y la imagen resultante se almacena y se procesa en una computadora digital. El despliegue se hace por medio de un monitor, que forma parte de una consola de visualización y de procesamiento de las imágenes. La imagen digital puede almacenarse en discos o cintas magnéticas y se puede emplear un sistema de impresión en placa radiográfica si se desea una copia permanente de la imagen. Del mismo modo, existen diversos tipos de equipos dedicados para diferentes especialización, entre éstos se encuentran:

1.2.2.2 Fluoroscopia

Actualmente estos equipos son de los más utilizados y deben su nombre al hecho de que están constituidos por un aditamento llamado *seriógrafo* que se ubica paralelamente a la mesa de estudio, la cual es una mesa especial que permite inclinar y modificar la posición del paciente. En dicho seriógrafo un conjunto de mecanismos y circuitos electrónicos movilizan y dividen una placa radiográfica, de manera que en ella se puede documentar una serie de radiografías del mismo órgano en la secuencia deseada por el radiólogo o durante el llenado con medio de contraste; esta serie de imágenes tiene un gran valor comparativo y se adquiere con un estudio visual previo del órgano sobre una pantalla especial o sobre un monitor; ésto se realiza utilizando radiación permanente de bajo nivel (baja corriente de tubo), diferente al valor usado en los disparos radiográficos que son de muy corta duración aunque de mayor corriente.

La radiación de bajo nivel sostenida hasta por algunos minutos, se conoce con el nombre de fluoroscopia y solo tiene el propósito de observar en tiempo real la anatomía de un órgano o su función fisiológica. Una vez ubicada una región se procede a documentar en placa radiográfica o almacenar la imagen obtenida digitalmente, por medio de un disparo con valores radiográficos mayores que los usados en fluoroscopia.

a) Fluoroscopia convencional.

Consta fundamentalmente de un tubo radiográfico, otro fluoroscópico y un seriógrafo sobre el cual se coloca un dispositivo especial llamado *intensificador de imagen*; dicho componente recibe la radiación que atraviesa al paciente y genera una gran cantidad de electrones proporcionales a la magnitud de tal radiación, todo ello produce una imagen adecuada para ser aplicada a un monitor con la ventaja de requerir mucho menos radiación que en la pantalla fluoroscópica para tener una imagen útil.

La fluoroscopia convencional es un medio muy eficaz para visualizar el organismo en tiempo real, es decir, al mismo instante es que ocurren los hechos. Los niveles de radiación son bajos y la calidad de imagen es buena.

b) Fluoroscopia a control remoto:

La fluoroscopia a control remoto ofrece como ventaja principal, el hecho de que no expone al operador y/o al médico a la radiación dispersa, debido a que se utiliza un equipo que permite manipular el sistema desde una sala vecina a través del control visual dado por un vidrio plomado. Técnicamente existen circuitos que controlan la operación en forma remota mecanizada, de manera que todos los movimientos se efectúan sin esfuerzo humano; la segunda particularidad técnica está en el hecho de que se utiliza un tubo colocado debajo de la mesa. Es importante destacar que los sistemas de mesas con un telemando constituyen en la actualidad la mejor herramienta diagnóstica en el campo de la radiología convencional, puesto que combina las posibilidades de la mesa tradicional con una mayor seguridad para el operador.

El equipo de fluoroscopia a control remoto (como se muestra en la Figura I-12) puede tener o no un sistema integrado que convierte la información obtenida a una señal digital, permitiendo la utilización de las imágenes en tiempos posteriores a la exposición. Más y más el mercado esta prefiriendo la Fluororradiología digital (DFR por sus siglas en inglés) como una alternativa a la radiología convencional. Este permite una alta calidad de imagen con la reducción de dosis, con imágenes instantáneas, una rápida secuencia de imágenes, mientras también son eliminadas las interrupciones por el cambio de chasis de película. La Fluororradiología Digital también ofrece la ventaja de almacenamiento digital de imágenes y la posibilidad de impresión en película para cualquier imagen.



Figura 1—12 Fluoroscopia a control remoto

1.2.2.3 Equipos portátiles

Equipos compactos como se muestra en la figura I-13, pueden ser transportados hacia la ubicación del paciente en circunstancias en que éste no puede desplazarse por sus propios medios o en el hecho común de tener que usar el equipo en la sala de operaciones donde no puede ubicarse en forma estacionaria un equipo. Estos se pueden clasificar en:

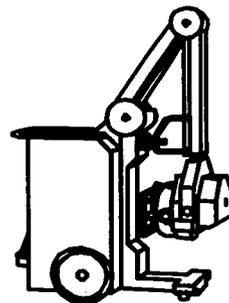


Figura I-13 Equipo Portátil

a) Equipos de uso general

Estos equipos se fabrican en potencias no muy elevadas (2.5 a 30 kW) por las limitaciones de volumen, peso y potencia. Son utilizados comúnmente en áreas de Urgencias, Terapia Intensiva y lugares en donde al paciente no se le puede transportar al área de Radiología.

b) Equipos de Cirugía

Difieren en su concepto de los equipos móviles generales, ya que poseen un sistema de imagen televisual. Se usan en radiografía y en fluoroscopia; se fabrican en forma de arco en C con el fin de rodear a la región en estudio, como se muestra en la figura I-14, teniendo el tubo en un extremo y el intensificador con la cámara en el otro, su movilidad es total ya que el arco puede desplazarse en todas direcciones, y es perpendicular en cualquier grado. El generador es de poca potencia por lo que se usa en tiempos más largos que con otros equipos, y se hace amplio uso de la fluoroscopia para las aplicaciones quirúrgicas a que se destina. Un buen equipo de este tipo cuenta con un sistema de almacenamiento digital de la imagen, que se puede mostrar fija en un monitor mientras se observa en tiempo real la operación con otro monitor, esto permite analizar la imagen antes y después de la intervención; grabar una imagen y guiar por medio de ella el procedimiento quirúrgico sin mucha irradiación al paciente y a los cirujanos.

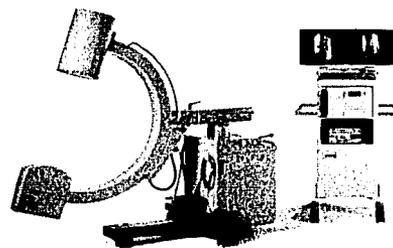


Figura I-14 Equipo móvil para cirugía

1.2.2.4 Angiografía

Son sistemas radiológicos apropiados para hacer estudios de los vasos sanguíneos por medio de la inyección de medios de contraste en el torrente circulatorio; estos equipos poseen sistemas televisuales que permiten observar el órgano a radiografiar mientras se llena de medio de contraste; poseen además sistemas digitales para almacenar el proceso fisiológico de la circulación y valorar las anomalías anatómicas o fisiológicas del mismo, a estos se les conoce comúnmente como angiógrafos digitales (DA por sus siglas en inglés), ver Figura I-15.

Las aplicaciones más comunes son los estudios de corazón y los grandes vasos, y también los estudios de circulación

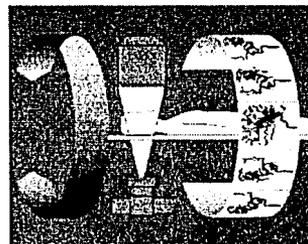


Figura I-15 Equipo de Angiografía

1.2.2.5 Equipos de tomografía computarizada

La Tomografía Computarizada o Computarizada CT (por sus siglas en inglés) como se muestra en la figura 1-16, produce imágenes transversales del cuerpo. La diferencia fundamental en comparación con la radiología convencional consiste en que los órganos y partes del cuerpo situados en el estrato deseado se reproducen sin superposición ni borrosidad. Las imágenes de CT se producen por medición de proyecciones desde diferentes ángulos. Una computadora asigna por cálculo a los puntos de la imagen un valor de absorción que a su vez es transformado en una imagen de tonos grises.

En la relación craneal así como en la del cuerpo pueden apreciarse las diferencias de absorción más sutiles en el tejido de las porciones blandas.

La Tomografía Computarizada es una técnica de reconstrucción de una imagen de un objeto, visto desde un plano axial, por medio de una computadora. Esta imagen se obtiene mediante la medición de coeficientes de absorción de energía X, detectada alrededor del objeto en cuestión.

Lo primero que debe entenderse de una imagen de Tomografía Computarizada es que se trata de una "rebanada" o de un corte transversal más que de una imagen combinada o "aplastada"; como es el caso de las imágenes que se obtienen en Medicina Nuclear o las de los Rayos X convencionales. En la siguiente figura 1-17 se muestra la posición de una "rebanada" en la cabeza de un observador viendo el cuerpo hacia abajo. Haciendo una comparación, la figura 1-18 muestra una imagen convencional de rayos X, donde el observador tiene, mediante la radiografía, una vista de frente al cuerpo; perdiendo noción de la posición tridimensional de las estructuras y observando una combinación o "aplastamiento" de las mismas.

La información generada de una imagen de CT es diferente a comparación con la información generada de una imagen de RX, siendo la imagen de RX una imagen en dos planos (X,Y) con matrices de pixeles conocidas de 1024x 1024 y profundidad de pixel de 8,10, 12 y 14 bits. En una imagen de CT existe además el plano Z, los tres planos X,Y,Z generan lo conocido como Voxel, mismo que representa la unidad mínima representada en el corte tomográfico como se muestra en la gráfica 1-17.

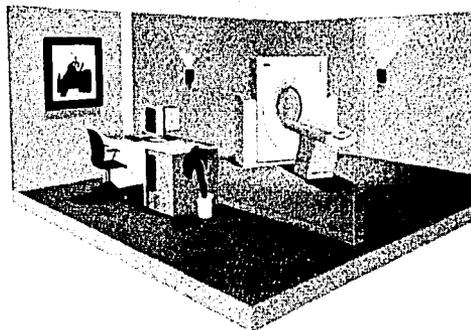


Figura 1—16 Equipo de Tomografía Computarizada

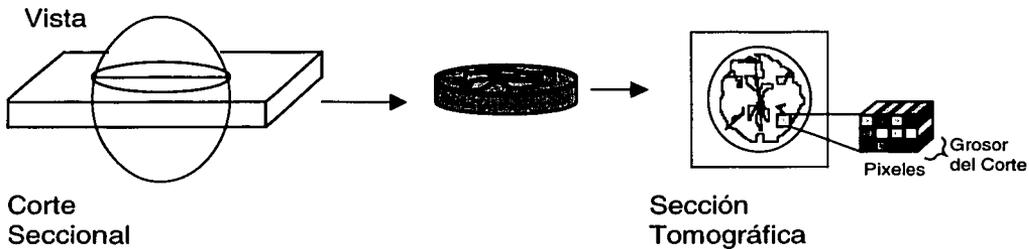


Figura I-17 Forma de Visualizar una imagen de Tomografía

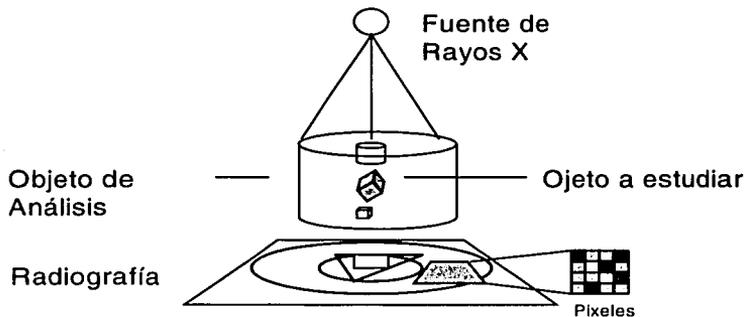


Figura I-18 Combinación o aplastamiento de una imagen de Rayos X

En la figura I-19 se muestran los módulos fundamentales que conforman un sistema de Tomografía Computarizada. Por encima de la complejidad mecánica del sistema de rastreo, puede considerarse la complejidad electrónica. La velocidad con que se recogen datos durante un rastreo obliga a pensar en sistemas analógicos y digitales capaces de transmitir y procesar información a velocidades del orden de 10 millones de operaciones por segundo.

Un sistema típico de rastreo genera información a razón de 1.5 millones de datos por segundo en forma de palabras digitales de 16 bits. A la unidad de procesamiento de la imagen, le corresponde recoger los datos y utilizarlos para generar mediante un algoritmo de reconstrucción una imagen dos o tres segundos después de terminarse el rastreo.

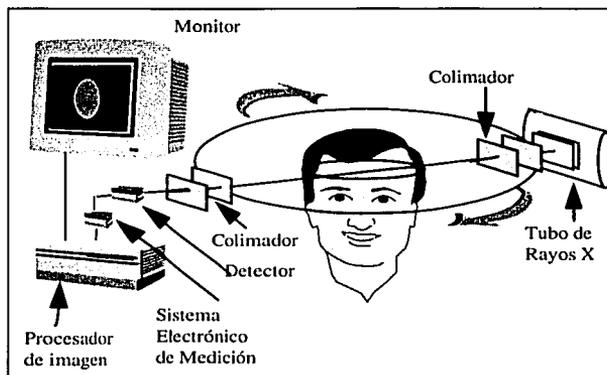
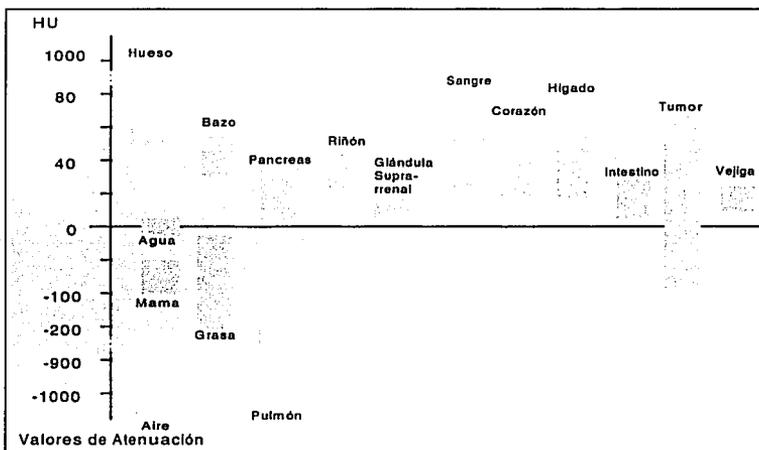


Figura I-19. Módulo de un sistema de Tomografía Computarizada

Además de la complejidad de la unidad de procesamiento de imagen, existe la complejidad de la unidad generadora de rayos X, donde se combina electrónica de control hasta electrónica de potencia, blindaje y alto voltaje.

Dentro del manejo de las imágenes de Tomografía Computarizada, existe un método para medir las diferentes densidades. Existe una escala para medir estas densidades, la cual representa las unidades para diferentes tejidos del cuerpo humano. (Escala diseñada por Godfred Hounsfield) Gráfica I-1.



Gráfica I-1. Escala de Unidades Hounsfield (UH)

Debe ser claro que la información que nos proporciona cualquier imagen radiológica está necesariamente comprendida en los posibles 16 niveles de grises que el ojo humano puede distinguir. Así, la pregunta que surge es cómo establecer compatibilidad entre el

rango dinámico de las unidades Hounsfield y esta escala de grises. Una posible solución es asignar +1000 UH al blanco y -1000 al negro. Sin embargo, establecer un rango de 2000 unidades comprimido en 16 niveles, genera una pérdida de resolución de información que produce alteraciones morfológicas en la imagen, así como los cambios de densidades no se notarían. La solución para aumentar la resolución y distinguir posibles tumores es manejar una ventana con dos variables. Primero es el tamaño de la ventana y segundo es la posición de la misma respecto a la escala de las unidades Hounsfield. De esta forma, manejando la posición y el tamaño de la ventana se logra observar en una misma imagen digital tomográfica, diferentes estructuras anatómicas, con diferentes resoluciones y diferentes contrastes.

Los beneficios de Tomografía Computarizada son los siguientes:

- a) Capacidad de observar rebanadas de tejido en vez de bloques con estructuras superpuestas.
- b) Capacidad de observar estructuras anatómicas (páncreas, hígado, cerebro, etc.) de todo el cuerpo con un detalle (cercano a un milímetro de resolución espacial) que no es posible observarlas con técnicas convencionales.
- c) Reduce el número de exposiciones a los rayos X, debido a la gran información que contiene una rebanada de la imagen de Tomografía Computarizada. Digitalmente es posible variar la densidad y el contraste para observar en una misma imagen estructuras que van desde el tejido blando hasta los huesos.
- d) Hoy en día, es una herramienta indispensable en patología, para la localización de regiones donde practicar biopsias o en Radioterapia para la planeación de tratamientos por radiación.

1.2.2.6 Equipos de Ultrasonido

El sonido es una forma de energía que consiste en ondas producidas mecánicamente, las cuales se propagan a través de un medio elástico y dan lugar a variaciones en la presión, densidad, posición, temperatura y velocidad de las partículas que lo componen. El sonido está clasificado de diferente forma, debido al rango de frecuencia que generan las ondas, como se muestra en la tabla I-2. La unidad para medir la frecuencia es el Hertz (Hz), la cual indica el número de ondas que pasan por un punto dado cada segundo.

Clasificación	Rango de Frecuencia
Infrasonido	Menos de 20 Hz
Sonido Audible	20 - 20 kHz (k=1,000)
Ultrasonido	mayor de 20 kHz
Ultrasonido diagnóstico	1 -50 MHz (M=1,000,000)

Tabla I-2 Frecuencias de Sonido

El ultrasonido es un procedimiento para generación de imágenes que ha sido utilizado para el diagnóstico médico desde mediados de los 50's y se basa en la reflexión de las ondas sonoras. La imagen de ultrasonido se construye de los ecos que se reflejan de

varias capas de tejidos del cuerpo humano. La velocidad de propagación de las ondas sonoras depende del material. Cuando se mide el tiempo de viaje de una señal sonora, es posible asignar una reflexión a la localización donde ésta se origina. Una velocidad promedio del sonido a 1540 m/s (metros por segundo), es asumida por varios tipos de tejido encontrados en el cuerpo humano. La Tabla I-3 muestra la velocidad de propagación de algunos tejidos y materiales.

Algunos Tejidos	m/s	Otros Materiales	m/s
Grasa	1450	Aire	331
Tejidos Blandos	1540	Agua destilada	1498
Sangre	1570	Agua de mar	1510
Cerebro	1541	Polietileno	1950
Hígado	1549	Nylon	2626
Riñón	1561	Vidrio	5640
Bazo	1566	Aluminio	6420
Músculo	1585	Acero	5850
Hueso craneal	4080	Aceite	1500

Tabla I-3 Velocidad de Propagación

El transductor del equipo de ultrasonido es un transmisor y receptor de ondas ultrasonoras. Un pulso eléctrico excita un elemento sonoro, el resultado será una oscilación mecánica que es propagada en el tejido, la oscilación mecánica será reflectada por un objeto. La onda sonora, en su retorno genera una señal eléctrica en el elemento sonoro. El tiempo transcurrido entre la transmisión y recepción es la medida de la distancia entre el elemento sonoro y el objeto reflector. La profundidad de penetración es la distancia entre el transmisor del sonido y la zona de reflexión.

Las imágenes de ultrasonido poseen dos propiedades únicas, que las distinguen de las imágenes médicas obtenidas mediante otras técnicas. En primer lugar, es posible visualizar estructuras en tejidos blandos, lo cual permite la identificación de los diferentes órganos, así como el diagnóstico de estados patológicos. En segundo lugar, ha demostrado producir efectos muy pequeños o nulos en el paciente, lo cual lo hace ideal para estudios del feto intrauterino, así como en otros exámenes gineco-obstétricos. Se trata de una tecnología prácticamente no invasiva. En la figura I-20 se muestra un equipo de ultrasonido reciente.



Figura I—20
Equipo de
Ultrasonido

1.2.2.7 Equipos de Resonancia Magnética

A diferencia de los equipos que están basados en el principio de los rayos X, como la Tomografía Computarizada, la Resonancia Magnética es una técnica no invasiva que no requiere de la utilización de radiación ionizante. Además, el único parámetro específico que puede ser discriminado por los rayos X es la densidad electrónica, la cual no varía de manera importante entre diferentes tejidos blandos y comúnmente se requiere de la introducción de un medio de contraste para poder diferenciarlos. En la figura I-19 se muestra equipo de Resonancia.

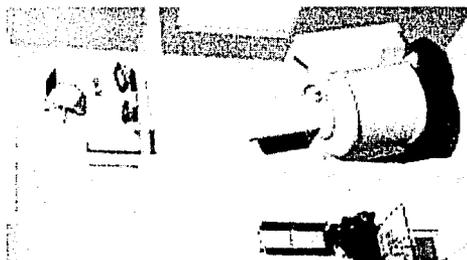


Figura I-21 Equipo de Resonancia Magnética

El principio fundamental de la Resonancia Magnética está basado en las propiedades magnéticas de los núcleos atómicos y en la posibilidad de manipularlos y afectarlos mediante la inyección de pulsos de radio-frecuencia. En Resonancia Magnética, existen gran variedad de parámetros de los tejidos, los cuales pueden ser manipulados por el operador y de ésta manera afectar la imagen.

El tejido biológico, es relativamente transparente a los rayos X y opaco a radiaciones con otras longitudes de onda.

Los equipos de resonancia magnética detectan con mayor resolución las estructuras blandas que existen en el cuerpo humano.

1.2.3 EQUIPOS GENERADORES DE IMÁGENES FUNCIONALES

1.2.3.1 Equipos de Medicina Nuclear

El equipo de medicina nuclear (Figura I-22) es conocido como cámara de centelleo o cámara gamma y es un sistema de detección de rayos gama y rayos X que genera una imagen bidimensional de la distribución de la radiactividad en el objeto que es estudiado.

La gamma cámara es usada para producir imágenes de la radiación generada por un radiofármaco que se introduce al paciente para examinar la anatomía y funcionalidad de determinado órgano y para visualizar anomalías óseas. La amplia gama de radiofármacos y técnicas usadas permite la evaluación de casi todo órgano. Se pueden realizar análisis de los diferentes órganos a

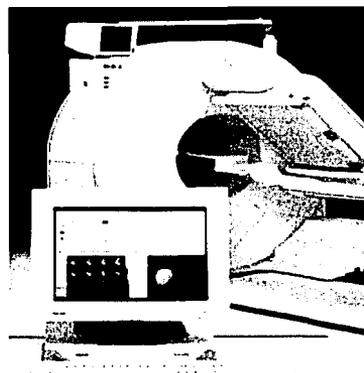


Figura I-22 Equipo de Medicina Nuclear

través de imágenes planares (imagen en dos dimensiones de una distribución en tres dimensiones del radiofármaco en el cuerpo del paciente), se obtienen también imágenes de cuerpo entero e imágenes tomográficas (cortes transversales del cuerpo adquirido desde varios ángulos alrededor del paciente e imágenes reconstruidas por computadora).

El sistema consiste de un detector de cristal de yoduro de sodio activado con talio, al cual llegan las radiaciones provenientes del objeto. Entre la fuente de radiación y el cristal se encuentra un colimador de plomo. La señal generada en el cristal del detector es localizada de acuerdo con coordenadas x-y, por medio de tubos fotomultiplicadores. Esta información es procesada en el sistema electrónico y proyectada en tubo de rayos catódicos, acumulada en un sistema procesador de datos para su análisis posterior.

1.2.4 EJEMPLOS DE IMÁGENES

A continuación se dan ejemplos de las imágenes generadas por cada una de las modalidades analizadas anteriormente y que son el tipo de imágenes que serán transmitidas en la red digital que se describirá en el siguiente capítulo.

1.2.4.1 Imágenes de Rayos X



Figura I—23 Imagen de Radiología

En la Figura I-23 se muestra una imagen fluororadiografía digital, que se puede observar la arteria renal y los riñones, los cuales se les introduce un medio de contraste para resaltar y detectar mejor las estructuras de la zona.



Figura I-24 Imagen de Radiología Digital

En la figura I-24 de radiología digital se puede observar en el lado izquierdo de la imagen parte de estructura vertebral, del lado derecho un segmento del intestino grueso y vesícula biliar.

En la figura I-25 de se puede observar un tórax completo y esta imagen pertenece a los equipos de radiología convencional o sistemas digitales.

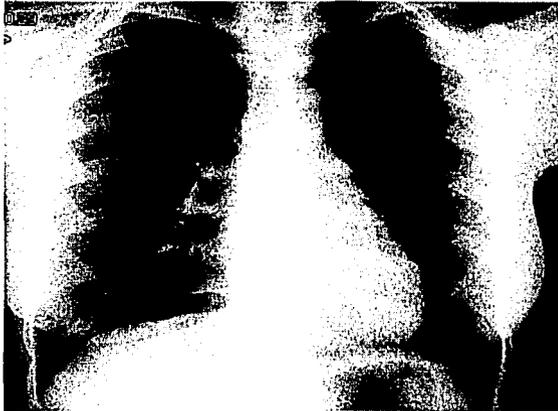


Figura I-25 imagen de tórax de equipo de radiología digital

1.2.4.2 Imágenes de Tomografía Computarizada (CT)

La figura I-26 muestra una imagen de tomografía computarizada (CT), Se pueden observar cortes axiales de una columna con una imagen de referencia en donde fueron realizados dichos cortes.

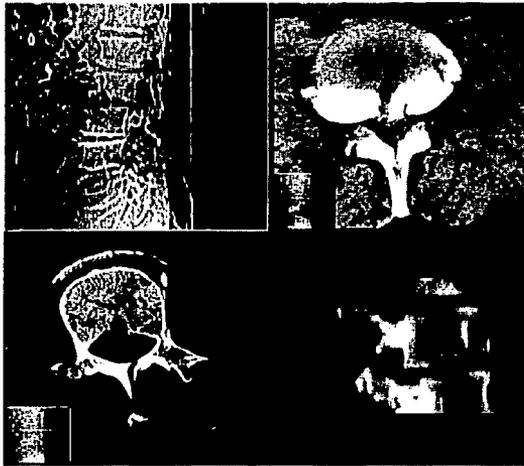


Figura I-26 imagen de Tomografía computarizada

En la Figura I-27 se muestra una imagen de Tomografía Computarizada (CT), en donde se puede observar el doble contraste donde en la primera fila se resaltan los huesos y en segunda fila se resaltan las estructuras blandas, logrado con la utilización de las unidades Hounsfield.

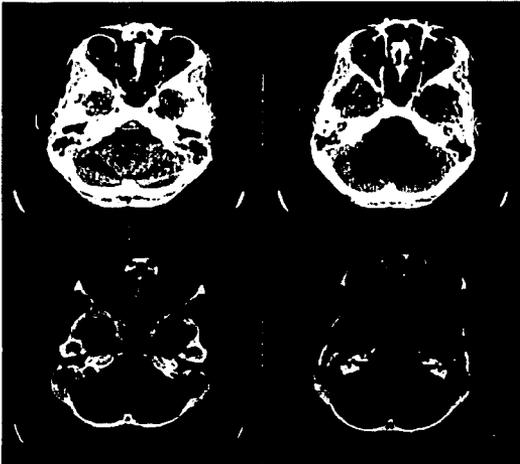
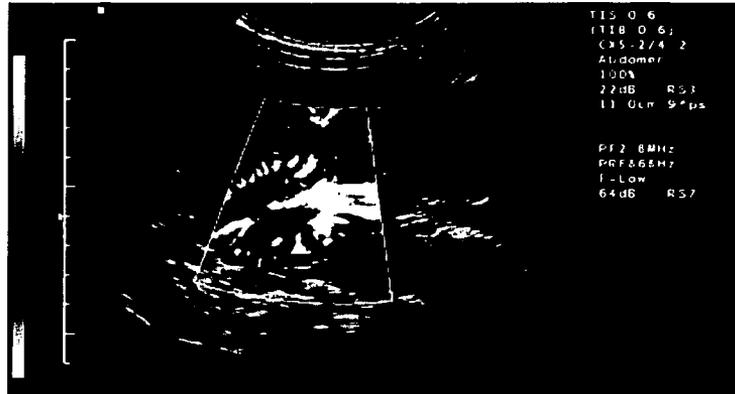


Figura I-27 Imagen de CT con doble contraste

1.2.4.3 *Imágenes de Ultrasonido (US)*

En la figura I-28 se muestra una Imagen de Ultrasonido (US), donde se puede apreciar la un riñón con color amarillo donde el color representa el flujo sanguíneo del mismo.

Figura I-28 Ultrasonido de abdomen donde se da color a un riñón



En la figura I-29 se muestra una imagen de Ultrasonido US, donde se puede apreciar la cara de un feto.



Figura I-29 Imagen de Ultrasonido.

1.2.4.4 *Imágenes de Resonancia Magnética (MR)*

En la figura I-30 se muestra una imagen de Resonancia Magnética donde es claramente apreciable una rodilla en diferentes posiciones.

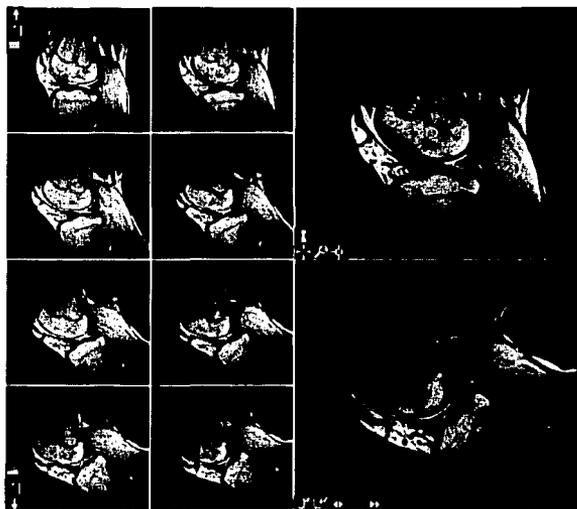


Figura I-30 Imagen de MR rodilla

1.2.4.5 Imágenes de Medicina Nuclear (MN)

En la Figura I-31 se puede observar una imagen de Medicina Nuclear (NM) donde se aprecia claramente un rastreo de cuerpo entero.

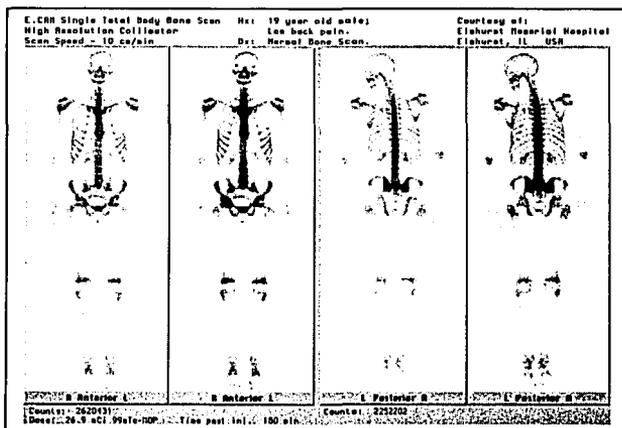


Figura I-31 imagen de Medicina Nuclear, rastreo óseo

1.3 RESUMEN

La forma básica de producir rayos X es la generación de electrones dentro de un tubo, mismos que se aceleran a gran velocidad hasta que se estrellan con fuerza sobre un blanco, que al recibir el impacto genera como resultado una emisión de Rayos X.

Para que lo anterior sea prácticamente posible, es preciso que exista alguna forma de generación de alto voltaje que es el factor determinante en la aceleración de los electrones, y por otro lado se requiere que ese voltaje se establezca durante el tiempo requerido para lograr los mAs (miliamperes segundo) deseados.

Por lo que se puede concluir que para tener un equipo radiológico, se requiere contar con al menos los siguientes elementos constituyentes:

- a) Un tubo de Rayos X
- b) Un transformador que genere el alto voltaje.
- c) Un circuito eléctrico que controle el tiempo.
- d) Un sistema de alimentación eléctrica de todo el conjunto.

Un sistema básico de radiología es tecnológicamente simple, sin embargo en la práctica radiológica contemporánea se requiere de equipos capaces de efectuar todo tipo de estudio. Las posibilidades de diagnóstico con los rayos X son de tal importancia que sus aplicaciones son muy diversas y en gran escala; muchas dolencias, enfermedades y malformaciones son estudiadas con eficacia gracias a los rayos X. Debido a estas necesidades no puede pensarse que un solo tipo de equipo puede ser aplicado a cualquier estudio, así existen diferentes sistemas radiológicos que aunque tienen como elemento común al tubo y al generador que lo gobierna, requieren aditamentos, componentes y partes que los convierten en sistemas especializados.

Los equipos descritos en este capítulo muestran a manera general los tipos de modalidades que existen para generar imágenes del cuerpo humano que ayudan a realizar diagnósticos médicos para la atención de las múltiples enfermedades que acosan a la humanidad. Estos equipos están divididos en aquellos para generar imágenes morfológicas y aquellos para generar imágenes funcionales. Para las imágenes morfológicas están los equipos de Rayos X, Tomografía Computarizada

Resonancia Magnética, Ultrasonido entre otros. Para las imágenes funcionales están los equipos de Medicina Nuclear.

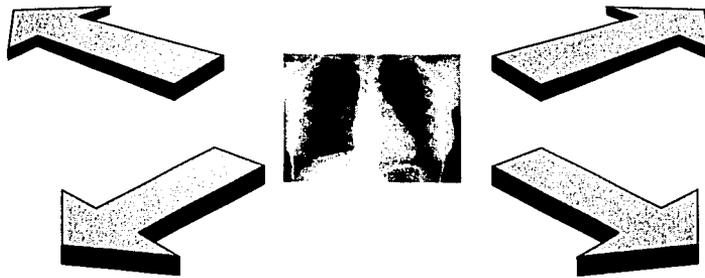
Al existir gran diversidad de equipos para la generación de imágenes, da como consecuencia gran número de especialidades médicas para la utilización de éstas.

Para dar mejor contexto a la transmisión de imágenes en forma digital, serán enmarcados en una sola rama de imagen. Los equipos son normalmente utilizados en una área en común, generalmente llamada área de radiología o departamento de imagen y que éste departamento es el encargado a realizar todos los procesos necesarios para el control, manejo, distribución y almacenamiento de imágenes y dar servicio a todos los demás departamentos o servicios existentes dentro de un hospital o fuera de él.

Al poder utilizar las imágenes generadas en las modalidades en forma digital, nos da mayor posibilidad de mejorar los procesos realizados en el área de imagen, dando gran beneficio no sólo para ésta, si no para todo el hospital y los pacientes atendidos en él.

CAPÍTULO 2

RED DIGITAL DE IMÁGENES COMO PRINCIPIO



2 RED DIGITAL DE IMÁGENES COMO PRINCIPIO

2.1 ¿QUÉ ES UNA RED DIGITAL DE IMÁGENES?

Una red digital de imágenes es conocida convencionalmente con el nombre de PACS, que significa Sistema de Comunicación y Almacenamiento de Imágenes por sus siglas en Inglés (Picture Archiving and Communication System), el cual refiere a un sistema de computo que es usado para capturar, almacenar, distribuir y desplegar imágenes médicas (Eliot L. Siegel, Filmess Radiology, 1999). PACS tiene como principal objetivo optimizar los procesos de almacenamiento y comunicación de las imágenes, la reducción de los tiempos para realizar diagnósticos y el ahorro en el uso de películas radiográficas. PACS combina la última tecnología en imágenes basadas en computadoras, bases de datos, almacenamiento y tecnología de redes de comunicación para proveer una alternativa más eficiente y costo-efectiva al tradicional método de manejo de imágenes basada en películas radiográficas en un hospital.

2.1.1 HISTORIA

En 1979, Lemke (Lemke, Stiehl, Scharnweber et. Al. 1979) presentó lo que probablemente fue el primer PACS descrito en literatura, un diseño para realizar procesamientos de imágenes de cráneo de Tomografía Computarizada CT, donde incluía estaciones de trabajo para evaluación y procesamiento, una red de datos para la comunicación y un sistema de almacenamiento de imágenes. En 1981 se comienza el primer desarrollo de PACS como un proyecto piloto en el Victoria General Hospital, Victoria BC Canadá (Medical Imaging, Santa Clara California, 1990). A finales de los años 80's el proyecto en varias universidades de Estados Unidos y Europa, con la colaboración de diferentes compañías fabricantes de equipos médicos como Tomografía Computarizada (CT) y Resonancia Magnética (MR) primeros equipos en utilizar información en forma digital; el sistema consistía principalmente en un CT y una MR conectadas entre sí a una red y a una computadora que fuera capaz de almacenar cierta cantidad de información durante un tiempo determinado.

El PACS durante sus primeros años fué utilizado como herramienta de investigación, pero con los avances tecnológicos en el área de informática se fué convirtiendo en algo confiable y capaz de ser comercializado en todo el mundo.

Las necesidades de los servicios del departamento de radiología e imagen fueron aumentando, así como la utilización de mejores y más rápidos sistemas de comunicación, los cuales dieron lugar nuevos desarrollos para el mejor aprovechamiento de la información y optimización de recursos tanto humanos como monetarios.

2.1.2 PUNTOS DE OPTIMIZACION

Los diversos aspectos de optimización que puede proveer un PACS son de suma importancia, ya que gracias a ellos se logra un mejor proceso hospitalario:

2.1.2.1 Almacenamiento

El Almacenamiento es la forma de conservación de la información por un periodo de tiempo determinado, estando disponible en el momento que sea necesario. Los diferentes métodos de almacenamiento que están considerados dentro de una red digital de imágenes pueden ir cambiando según cambie la tecnología diseñada para este fin.

El almacenamiento de la información generada por las diferentes modalidades, dependerá de las necesidades que se tengan, por ejemplo: en algunos países se obliga por ley almacenar por 10 años los estudios y diagnósticos realizados a los pacientes en las instituciones de salud. Esta duración se establece para poder dar seguimiento a patologías de amplia duración y de largo tratamiento. Gracias a los diferentes métodos que se tienen de almacenamiento, ya sea en papel, película o almacenamiento digital, es como se logra cumplir con los reglamentos de salud en este punto.

Cada hospital o servicio para la generación de imágenes médicas debe establecer cómo, cuándo y por cuánto tiempo deberán ser almacenados los estudios.

Por medio de los diferentes métodos de acceso a la información almacenada, se puede lograr una utilización en distintos puntos de la misma información.

2.1.2.2 Transmisión

La transmisión se basa en la posibilidad de obtener la información necesaria desde un punto diferente a donde fueron generadas las imágenes. Esta transmisión puede ser llevada a cabo por medio de redes locales o redes de área amplia, con la utilización de los diferentes medios de comunicación.

En las instituciones de salud el método de transmisión más común por el momento, es la transmisión manual de estudios, que lleva consigo un proceso lento e inseguro de transmisión, ya que se depende de una o varias personas para hacer llegar a diferentes puntos los estudios que sean requeridos y con la posibilidad de demoras considerables y pérdidas de estudios en el recorrido. Si consideramos la transmisión digital de los estudios, podemos reducir el tiempo de transmisión a segundos y con la amplia seguridad que los datos llegarán a su destino final.

2.1.2.3 Comunicación

Se denomina comunicación al momento en que se puede estar utilizando el mismo estudio en dos diferentes servicios, como por ejemplo, el área de imagen que manda a quirófanos un estudio con diagnóstico que fue realizado unos minutos antes y que en ese momento el paciente tiene que ser intervenido de cierta lesión o patología localizada en el estudio realizado en el área de imagen. Este tipo de conjunción de diferentes departamentos dentro de un hospital, es de mucha utilidad, ya que se puede dar rápida y mejor atención a los pacientes.

2.1.2.4 Unión

El poder utilizar información en forma digital, nos da la gran ventaja de realizar todo tipo de manejo que deseemos con ésta, como lo es almacenar, transmitir, desplegar, borrar, etc. Al mismo tiempo se pueden realizar comparaciones de estudios realizados desde diferentes modalidades, para dar un diagnóstico más certero. Por ejemplo, comparar en la misma computadora y con el mismo paciente dos estudios realizados, uno de Tomografía Computada y otro de Resonancia Magnética, esto da como consecuencia la unión de diferentes modalidades bajo la misma computadora.

2.1.2.5 Mejora a procesos

Tener un sistema digital de imágenes puede contribuir al incremento de productividad de ciertos procesos dentro de una institución de salud. Poder tener una mejor comunicación y una adecuada transmisión se puede reflejar en una mayor y mejor atención al paciente. Poder recibir información inmediata de un estudio en el momento mismo de su adquisición o después de un periodo de tiempo puede resultar de gran ayuda a médicos que requieren asegurar una evolución en el tratamiento de un paciente.

2.1.2.6 Ahorro

Poder realizar impresiones en película radiográfica de sólo los casos más significativos o de no utilización de película, ya que los diagnósticos se puedan dar directamente desde un monitor que despliegue los estudios, se traduce en un ahorro sustancial en el consumo de material como películas radiográficas, químicos para revelado de éstas, etc. Tener la posibilidad de disminuir los extravíos de estudios, reduce la necesidad de duplicar la adquisición de los mismos. El tener acceso a estudios anteriores y realizar comparaciones con los nuevos estudios sin depender de un archivo de películas extenso o depender de que el paciente conserve sus propios estudios. Así mismo la repetición innecesaria de estudios, donde un estudio en forma digital puede ser consultado múltiples veces y en diferentes sitios permite ahorros sustanciales en el uso de insumos. En forma tradicional los estudios son entregados en películas dando sólo una oportunidad de impresión, si existen fallas en la técnica de adquisición, las imágenes no pueden ser mejoradas, en cambio si existen en forma digital puede realizarse mejoras a las imágenes.

2.1.2.7 Calidad

Consiste en mejorar una imagen obtenida que tiene deficiencias de adquisición, por ejemplo que se encuentre muy blanca o muy negra; por medio del aumento de brillo y/o contraste para resaltar los aspectos que se desean, con la utilización de software para la manipulación de imágenes, se logrará trabajar con una mayor calidad en el proceso que se requiere para la generación de diagnósticos.

2.2 COMPONENTES DE UNA RED DIGITAL DE IMÁGENES

En la figura II-1 se muestra un esquema general de los diferentes componentes de la red digital de imágenes los cuales serán analizados en este punto:

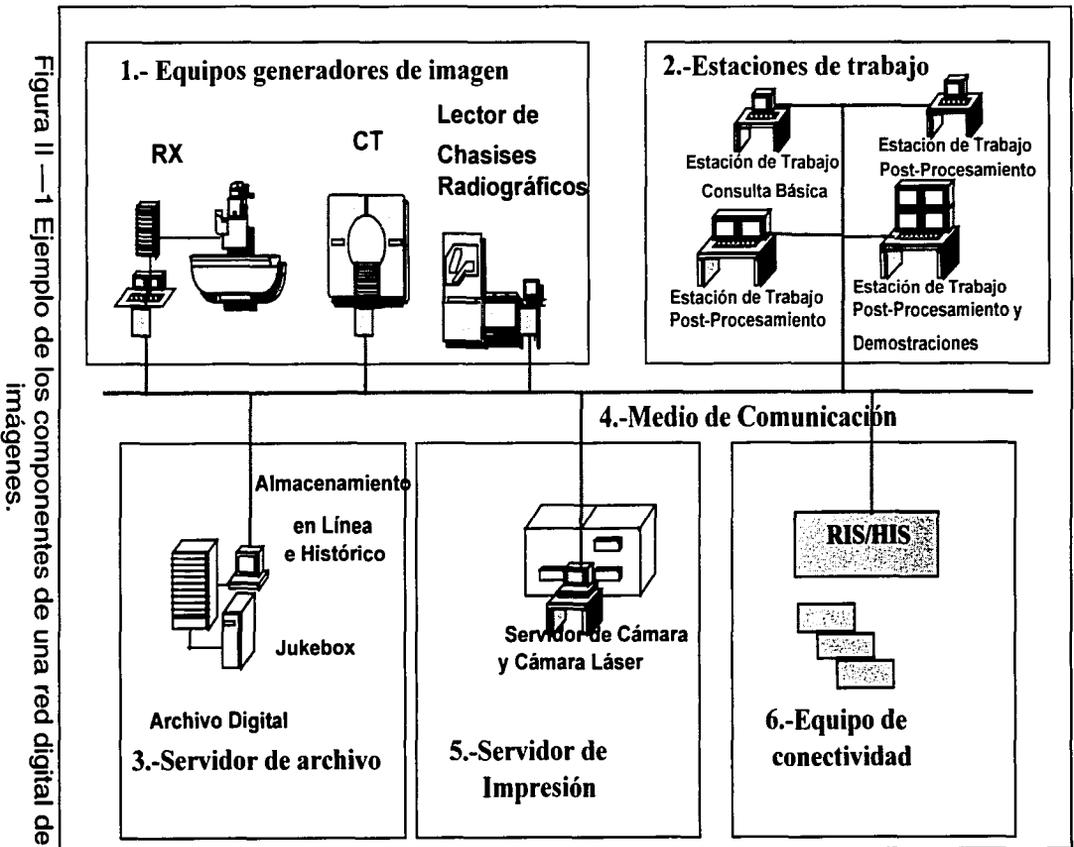


Figura II —1 Ejemplo de los componentes de una red digital de imágenes.

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

2.2.1 EQUIPOS GENERADORES DE IMAGEN

Los equipos generadores de imagen son todos aquellos que se trataron en el capítulo uno, en este punto se tomarán éstos en forma general, así como métodos de generación de imágenes digitales utilizados como parte de la red de imagen. Es también importante considerar los tipos y cantidad de información que contiene cada imagen a ser utilizada en red.

La adquisición de imágenes puede llevarse a cabo de diferentes formas:

2.2.1.1 Conexiones directas a equipos digitales.

Esta se logra por medio de la conexión directa en red de un equipo digital, como lo son los equipos de Tomografía Computarizada CT, Resonancia Magnética MR, Ultrasonido US, Equipos de Rayos X, Medicina Nuclear NM y todos aquellos que permitan esta conectividad por sus características tecnológicas.

2.2.1.2 Radiología Digital por Luminiscencia (DLR)

Un sistema DLR, también conocido como Radiología Computarizada CR, consiste de una plantilla de material de fósforo foto-estimulable que esta contenida usualmente en un cassette o chasis y que es utilizada de manera similar a los chasis tradicionales de películas radiográficas.

El chasis con la plantilla de fósforo es colocado en un equipo de radiología convencional en la posición correspondiente al sitio que se quiere estudiar del paciente, la plantilla absorbe los rayos X que han sido emitidos por el equipo y han atravesado al paciente, se produce una imagen latente a la respuesta del tiempo de exposición a los Rayos X.

El chasis es retirado del equipo de Radiología convencional y es introducido al sistema CR que retira en forma automática la plantilla de fósforo del chasis y la estimula a una emisión de luz roja o láser infrarrojo, en este proceso se estimula el fósforo para liberar la energía almacenada y se presenta en forma de luz verde, azul o ultravioleta (al fenómeno se le conoce como Luminiscencia foto-estimulable). Esta energía de luz liberada es linealmente proporcional a la cantidad de Rayos X absorbidos por el fósforo y puede ser capturada y convertida a una señal electrónica, ésta a su vez amplificada para producir pixeles discretos y enviados a un convertidor analógico-digital (ADC) para cuantificar el valor de cada pixel (en valores de 0 a 1023 o de 0 a 4095). Con este proceso la información obtenida en forma de imagen se encuentra disponible para su transmisión y/o almacenamiento a dispositivos de despliegue y almacenamiento. El chasis con la plantilla de fósforo puede ser utilizada múltiples veces después de su estimulación y lectura. En la figura II-2 se muestran ejemplos de equipos CR.

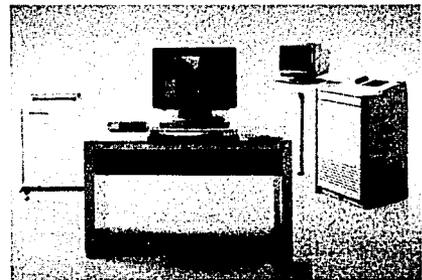


Figura II-2 equipo CR

2.2.1.3 Radiología Digital (Digital Radiography DR)

La radiología digital refiere a los dispositivos de adquisición en forma digital de la proyección radiológica, en donde la digitalización de las señales de los Rayos X tienen lugar en un detector proveyendo una imagen de completa fidelidad desplegada directamente en un monitor de despliegue. Existen dos tipos de dispositivos DR:

- Dispositivo de conversión indirecta: conocido como detector de panel delgado (flat panel detector), en el cual la luz es primeramente generada usando centilleo o fósforo y después son detectadas por un dispositivo de doble carga o por un arreglo de transistores de película delgada (Thin-film-Transistor TFT) en conjunto con fotodiodos.
- Dispositivos de conversión directa: el cual ofrece la conversión directa de energía de Rayos X sin el paso de la conversión de la luz intermedia

En la figura II-3 se muestra un dispositivo para realizar DR.

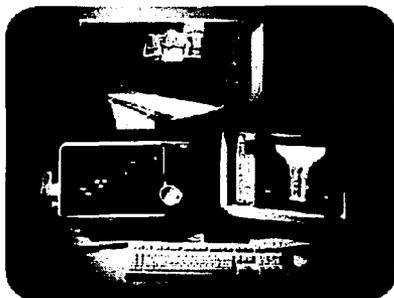


Figura II —3 Dispositivo DR.

2.2.1.4 Digitalizador de películas.

Este equipo es un dispositivo que realiza una exploración en una imagen impresa en película radiográfica y de ésta exploración o lectura se emite una imagen en forma digital. La resolución de la imagen entregada está medida en matrices 1024 por 1024, 2048 por 2048 y de 4096 por 4096 pixeles con información de cada pixel (profundidad de píxel) de 8, 10 o 12 bits.

En la figura II-4 se muestra un ejemplo del digitalizador de películas.

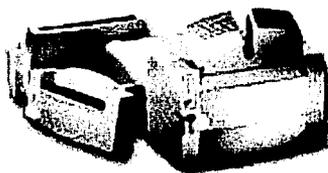


Figura II —4 Digitalizador de Películas.

Las imágenes generadas desde los diferentes equipos a utilizar dentro de la red digital son clasificadas e identificadas por la red, así mismo los equipos de imagen utilizan abreviaciones para ser identificados por otros equipos en red como se muestra en la Tabla II-1.

Modalidad	Abreviación
Angiografía Digital	DA
Tomografía Computada	CT
Resonancia Magnética	MR
Fluororradiología digital	DFR
Radiología Digital por Luminiscencia	DLR o DR
Radiografía Computada	CR
Ultrasonido	US
Mastografía	OT (MASTO)
Medicina Nuclear	NM
Digitalizadores de películas	CR

Tabla 1 Abreviaciones de los equipos generadores de imágenes

En forma gráfica en la Figura II-5 se muestran los equipos de adquisición a conectar en la red.

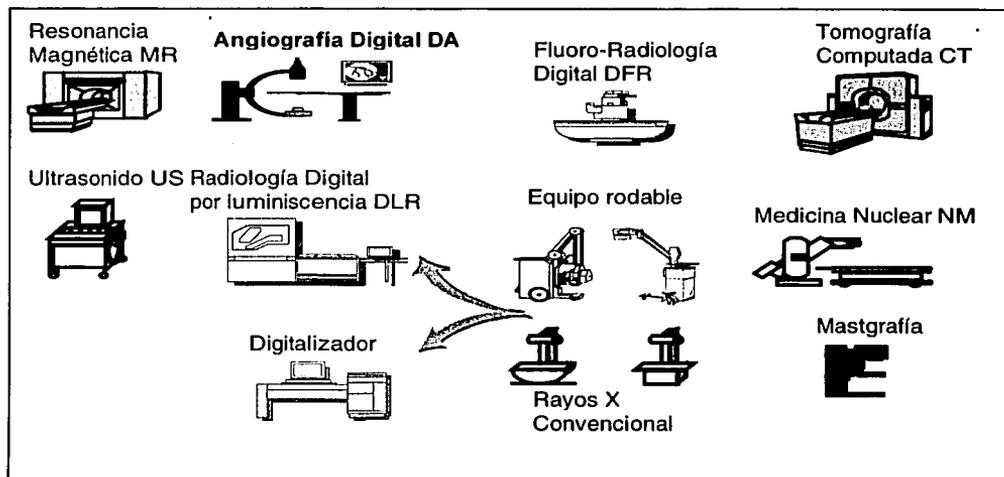


Tabla II-5 Ejemplo de Equipos de Adquisición

2.2.2 ESTACIONES DE TRABAJO

Las estaciones de trabajo son aquellas computadoras están a cargo del procesamiento, despliegue, consulta y ayudan a la interacción con las imágenes adquiridas desde las diferentes modalidades (equipos generadores de imágenes).

Las estaciones de trabajo pueden estar destinadas a satisfacer determinadas necesidades operativas, lo que hace que se utilicen programas de diferentes niveles tanto de responsabilidad como de procesamiento, debido a ésto también pudieran tener diferentes tipos de plataforma y arquitectura. La clasificación de estas estaciones se describe a continuación.

2.2.2.1 Funciones de las Estaciones de Trabajo

- **Selección de Imágenes:** Las estaciones de trabajo permiten el uso de variedad de criterios para selección de datos específicos como información de paciente, estudios determinados e imágenes específicas, mismos que serán desplegados en la estación de trabajo. Por ejemplo, un radiólogo puede requerir la selección únicamente de los estudios creados en un cierto periodo de tiempo, mientras que otro radiólogo solo desea seleccionar los estudios de CT en un periodo de tiempo específico. La estación de trabajo debe ser capaz de dar al usuario libertad de usar una "selección de imágenes" adecuada para las necesidades específicas.

Típicamente las estaciones de trabajo proveen una lista que incluye todos los estudios que cumplieron con el criterio seleccionado. Esta lista puede ser ordenada de acuerdo a las características como nombre de paciente, fecha de estudio, número de acceso, tipo de estudio, etc. El usuario puede seleccionar de esta lista el estudio o estudios que desea desplegar.

- **Presentación de Imágenes:** Las imágenes seleccionadas son desplegadas directamente en el monitor de la estación de trabajo, donde los usuarios pueden revisar, manipular la imagen e inclusive agregar o quitar anotaciones o comentarios específicos. En algunos casos las estaciones de trabajo agregan diversos tipos de despliegues para ayudar al usuario a realizar comparaciones de múltiples imágenes. La estación de trabajo debe ser capaz de utilizar la calidad necesaria y métodos apropiados con los cuales las imágenes serán desplegadas y con secuencia lógica para ayudar al radiólogo a su objetivo primordial: llegar a un diagnóstico médico.

- **Manipulación de Imágenes:** Una vez que un estudio con sus imágenes esté desplegado en la pantalla del monitor, la estación de trabajo debe ser capaz de realizar determinadas técnicas de manipulación, las cuales pueden ser por ejemplo: magnificación de la imagen completa o solo una sección de ésta, rotarla, invertirla, realizar mediciones, escribir o hacer gráficos en la imagen; realizar ángulos y estadísticas. En algunas ocasiones la estación de trabajo puede ser capaz de realizar técnicas similares a las consolas específicas de Tomografía o Resonancia Magnética como lo es la reconstrucción en tercera dimensión. Todos estas técnicas de manipulación ayudarán al usuario a realizar un diagnóstico.

- Impresión y Documentación: Un estudio que ha sido revisado y realizado un diagnóstico de las imágenes que contienen, es necesario en la mayoría de los casos la impresión de todas las imágenes o al menos las más representativas. Donde estas imágenes pueden ser impresas en película radiológica o en papel, dependiendo de las necesidades y exigencias del proceso. Las estaciones de trabajo deben ser capaces de enviar y controlar los trabajos a impresión, así como utilizar formatos o moldes específicos para imprimir una o varias imágenes en una sola hoja de película o de papel.

2.2.2.2 Estación de trabajo para Post-Procesamiento y diagnóstico

En estas estaciones de trabajo se trata de igualar los mismos procesos que se realizan dentro de las consolas de las modalidades y son usadas principalmente por radiólogos para desplegar imágenes y realizar diagnósticos médicos.

El post-procesamiento está considerado como la transformación que se puede realizar en las imágenes vírgenes o de reciente adquisición para que puedan ser utilizadas para realizar un diagnóstico médico. En estos casos pueden ser solamente procesos de ordenamiento específico de las imágenes hasta grandes modificaciones o creación de nuevas imágenes a partir de conjuntos de imágenes, por ejemplo realizar reconstrucciones en tercera dimensión con los datos vírgenes que se obtuvieron desde la modalidad, la realización de diferentes cortes en múltiples planos, la reconstrucción de superficie en tercera dimensión y otros post-procesos, así como la posibilidad de aumentar brillo y contraste, realizar mediciones y anotaciones dentro de cada imagen, resaltar zonas de interés, entre otras aplicaciones.

Las computadoras necesitan ser de alto desempeño, ya que tienen que realizar grandes operaciones y cálculos para el manejo de grandes cantidades de datos, además deben manejar una alta calidad de imagen, ya que son utilizadas preferentemente para realizar diagnósticos clínicos y cualquier omisión pudiera perjudicar el resultado final tanto para el diagnóstico certero como para tratamientos subsecuentes a los pacientes.

Pueden encontrarse estaciones de trabajo con monitores de alta resolución (2048 píxeles por 2048 píxeles), alto contraste (en la escala de grises) y con grandes dimensiones (21 pulgadas), en combinación de uno o hasta cuatro monitores.

Las estaciones de trabajo de post-procesamiento pueden ser consideradas para el área de radiología, ya que pueden manejar información con la suficiente calidad y gran desempeño. Estas también son consideradas como de "despliegue primario", en donde es de mucha importancia la calidad y desempeño para el proceso de trabajo realizado en el área de imagen. Las diferentes computadoras o estaciones de trabajo están diseñadas para que los médicos relacionados con las imágenes obtenidas puedan realizar los análisis necesarios para emitir un diagnóstico que puede ser grabado en algún medio digital y es relacionado directamente a las imágenes. Este es conocido como Reporte.

En la figura II-6 se muestran ejemplos de las estaciones de trabajo en configuraciones con uno o más monitores.

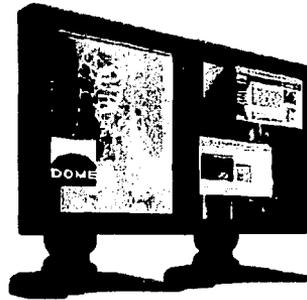


Figura II-6 Ejemplo de estaciones de trabajo de post-procesamiento

En la figura II-7 se muestran ejemplos de tipos de imágenes post-procesadas en tercera dimensión en la estación de trabajo para diagnósticos.

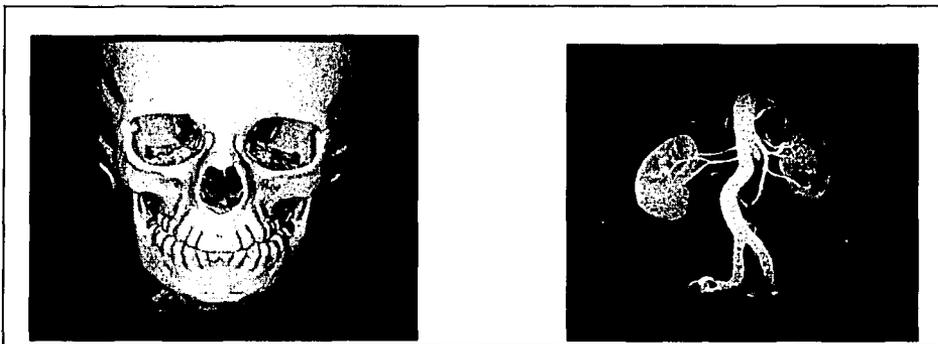


Figura II-7 Ejemplo de imágenes generadas desde una estación de trabajo de postprocesamientos, donde ambas imágenes son reconstrucciones en tercera dimensión (3D) a partir de imágenes de tomografía. En la imagen del lado izquierdo es una reconstrucción de la cabeza y la imagen del lado derecho una reconstrucción de riñones y arterias renales.

2.2.2.3 Estaciones de trabajo para despliegue y consulta

Estas estaciones de trabajo están destinadas para desplegar las imágenes en aquella computadora con posibilidades específicas de procesamiento, donde se puede cambiar brillo y contraste, realizar mediciones y anotaciones, aumentar y disminuir el tamaño, resaltar zonas de interés y también pueden ser utilizadas para realizar diagnósticos, pueden ser de alto desempeño y robustas y pueden controlar el proceso de trabajo que

se requiere en el área de interpretación o pueden ser destinadas en lugares como quirófanos, terapia intensiva y urgencias de un hospital, donde son requeridas imágenes pero no es necesario contar con programas de post-procesamiento o de reconstrucción. Estas estaciones son consideradas como de "despliegue secundario". En la figura II-8 se muestran ejemplos de equipos de despliegue secundario



Figura II--8 Ejemplo de estaciones de trabajo despliegue secundario y de tipo de imagen a consultar

2.2.2.4 Estaciones de trabajo de consulta básica o de referencia

Los equipos para esta consulta pueden ser computadoras que pudieran encontrarse en oficinas y consultorios de médicos, donde se pueda cambiar el brillo y contraste, realizar mediciones y anotaciones, aumentar y disminuir el tamaño, resaltar zonas de interés, entre otros. Generalmente son de computadoras personales con mayor capacidad de memoria y tarjetas de video rápidas para un óptimo desempeño para el manejo de imágenes. Estas estaciones son consideradas como de "despliegue terciario".

En la figura II-9 se muestra una estación de trabajo de consulta con doble monitor en una computadora personal convencional.

Figura II--9 Ejemplo de
consulta



estaciones de trabajo de

2.2.3 SERVIDORES DE ARCHIVO

El servidor de archivo es el equipo que funciona como el cerebro en la administración del almacenamiento de la información generada y tiene la función de resguardar y preservar una base de datos que contendrá los estudios generados a cada paciente.

Para hablar de almacenamiento se debe primero analizar qué es lo que se almacena y es importante considerar la cantidad de información que se genera en un día de labores

para establecer la capacidad de almacenamiento que debe tener el servidor de archivo.

En la tabla II-2 se muestran las diferentes capacidades de información generalmente utilizadas en la red digital de imagen.

Modalidad - Abreviación	Matriz de Resolución	Tamaño de Archivo^c
Angiografía Digital DA	(1024x1024) ^a x(10) ^b	2 MB
Tomografía Computada CT	(512x512)x(10)	0.5 MB
Resonancia Magnética MR	(512x512)x(10)	0.5 MB
Fluororadiología Digital DFR	(1024x1024)x(10)	2 MB
Radiología por Luminiscencia Digital DLR	(2048x2048)x(12)	8 MB
Ultrasonido US	(1024x1024)x(10)	2 MB
Radiología Computada CR	(2048x2048)x(12)	8 MB
Medicina Nuclear NM	(128x128)x(10)	0.03 MB
Digitalizador DR	(2048x2048)x(12)	8 MB
Radiología Digital DR	(1024x1024)x(12)	8 MB

^a Matriz de Resolución: tamaño de la imagen, número de píxeles que posee ésta

^b Profundidad de pixel: determina la cantidad de bits que posee un pixel para definirse dentro de la escala de grises.

^c En formato DICOM (Digital Imaging and Communications in Medicine)

Tabla II-2 Ejemplo de tamaños de archivo para tipos de imágenes.

Existen diferentes tipos de almacenamiento:

- a) Almacenamiento en Línea: Es aquel almacenamiento que permite a la información estar disponible inmediatamente y dentro del sistema. Se puede considerar que está activo dentro del sistema sin hacer uso de unidades externas de almacenamiento; regularmente es hecho en arreglo de discos duros que son conectados en la computadora central como un servidor de archivos. Regularmente los discos duros son conectados en forma de arreglos redundantes (RAID Redundant Array Independent Disks).
- b) Almacenamiento Secundario: Es aquél almacenamiento que permite tener la información dentro del sistema, pero con un tiempo de retardo. Regularmente se utilizan las rocolas de discos (jukebox), ya sea magnético ópticos (MOD) o discos compactos grabables(CD-R), discos digitales versátiles (DVD), cintas magnéticas u otros dispositivos de resguardo, en donde se tiene un

almacenamiento muy amplio de información y que a su vez permite el acceso a ésta cuando es requerida con un corto tiempo de espera. Este es conocido como almacenamiento de largo alcance (long-term storage)

- c) Almacenamiento Histórico: Es aquel almacenamiento en donde no está involucrado el sistema directamente, solo se mantienen en gavetas los discos magnéticos, discos ópticos, cintas u otros, controlados con numeración o identificación específica dada por el sistema. Estos medios pueden ser conservados durante el tiempo que sea necesario.
- d) Archivo Profundo (Deep Archive): Es aquel que está conectado directamente al sistema y tiene grandes capacidades de almacenamiento, regularmente son discos magnéticos o cintas colocadas en gabinetes especiales en donde un brazo mecánico las introduce al sistema sin necesidad de intervención manual de alguna persona. Este es conocido como parte del archivo de largo alcance pero con mayor capacidad.

El almacenamiento dependerá siempre de la cantidad de imágenes a respaldar y la duración de éstas dentro y fuera del sistema: Se tiene que analizar con detenimiento lo siguiente:

- a) Cuáles son las modalidades que estarán dentro del sistema (CT,MR, US, etc.)
- b) Cuántos estudios son generados al día por cada modalidad
- c) Cuántas imágenes son generadas por estudio
- d) Por cuánto tiempo se desea almacenar las imágenes dentro del sistema
- e) Cuántos días de trabajo se desean mantener en almacenamiento en línea
- f) Cuántos días de trabajo se desean mantener en almacenamiento secundario
- g) Cuánto tiempo se desea almacenar toda la información generada
- h) Qué método de sistema de almacenamiento conviene más (Discos compactos CD-R, DVD, Discos magnéticos ópticos MOD, cintas magnéticas)

En la figura II-12 se esquematiza el servidor de archivo con almacenamiento



Figura II—12 Ejemplo de Servidor de Archivo

2.2.3.1 Compresión de datos en servidores de archivo

La transmisión y almacenamiento de archivos grandes de imágenes está ampliamente relacionado con el desempeño del sistema (típicamente en velocidad de operación) y el costo que pueden tener los componentes en servidores de archivo. Para mejorar la velocidad de transmisión y reducir el tamaño del archivo, así como para ayudar a reducir los costos de equipos de almacenamiento y archivo, el servidor de archivo puede utilizar algún tipo de reducción del tamaño de archivo conocido como Compresión de Datos. Sin embargo algunas formas de compresión de datos pueden resultar en la pérdida de información de una imagen cuando ésta es subsecuentemente descomprimida para su visualización. Los tipos de compresión de datos utilizados en una red digital de imágenes comúnmente son: Libre de Pérdida (Lossless) y Con Porcentaje de Pérdida (Lossy).

- La compresión libre de pérdida (lossless), conocida también como compresión no destructiva, ofrece una clara ventaja, al ser utilizada resulta en la no degradación de la imagen, la desventaja de esta es que la proporción a comprimir es muy baja, con un máximo de 3:1, dando como resultado la limitación de la reducción del tamaño de un archivo para su almacenamiento o transmisión.
- La compresión con porcentaje de pérdida (lossy), a comparación de la lossless puede utilizar proporciones de compresión mucho mayores, con proporciones de compresión de hasta 200:1. Esto significa que cuando se tiene un archivo con compresión Lossy es mucho más pequeño que uno con compresión Lossless, tomando así mucho menor espacio para su almacenamiento y mucha mayor rapidez para su transmisión. Desafortunadamente, mientras más alta la proporción de compresión, mayor pérdida de información en la imagen. Por esta razón es llamada compresión destructiva. Las proporciones de compresión comúnmente utilizadas en el área médica son de 5:1 y 10:1, y son utilizadas más para la transmisión que para el almacenamiento.

El método de compresión de imagen a utilizar en el servidor de archivo comúnmente es JPEG (Joint Photographic Experts Group). Este método soporta las compresiones Lossless y Lossy.

2.2.4 MEDIOS DE COMUNICACIÓN

El medio de comunicación es el utilizado para realizar la transmisión de imágenes e información de un punto a otro y ésta transmisión dependerá de: a)El medio de comunicación físico entre estos (Tipos de Red). y b)Compatibilidad entre los datos obtenidos desde las modalidades y las estaciones de trabajo o computadoras que recibirán la información (Protocolos de Comunicación).

2.2.4.1 Tipos de Red

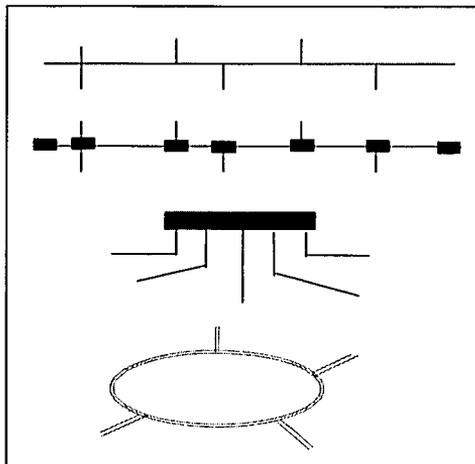
Los componentes de la red digital de imágenes deberán comunicarse a través de redes de área local (LAN's) o redes de área amplia (WAN's) para la transmisión de imágenes y los datos relacionados a éstas. Estas redes pueden ser descritas y categorizadas por las diferentes topologías (estructuras), medios usados para la transmisión (tipo de cableado)

y el tipo de acceso (protocolos)

- a) Los cuatro tipos básicos de topologías usados son BUS, ARBOL, ANILLO y ESTRELLA.
- b) Los medios físicos de transmisión consisten básicamente de cableado coaxial (delgado y ancho), par trenzado o fibra óptica.
- c) La conexión de red dependerá de los tipos de accesos definidos, los más comunes son: Ethernet, Fast-Ethernet, Gigabit-Ethernet, ISDN (Integrated Services Digital Networking), Frame Relay y ATM (Asynchronous Transfer Mode).

La velocidad de transmisión está basada en parte en la topología, el cableado o medio de transmisión y el tipo de conexión de red; y por otra parte en el tráfico de la red.

En la figura II-13 se muestra esquema de algunos tipos de red comunmente utilizados en PACS.



1 Ethernet Coaxial Delgado 10Mbps
185m

2 Ethernet Coaxial Ancho 10Mbps 500m

3 Par Trenzado 10Mbps

4 Fibra Óptica FDDI 100Mbps

Figura II — 13 Ejemplo de Tipos de Red

2.2.4.2 Protocolos de comunicación

Los protocolos de comunicación a utilizar en una red digital de imágenes pueden ser los conocidos en el área informática: TCP/IP, DecNet, Appletalk, entre otros. Estos son los que determinan las reglas para la comunicación de datos. Estos protocolos siguen el modelo ISO/OSI (International Standards Organization / Open System Interconnection) que consiste de 7 capas. A cada capa se le asigna una tarea específica. El modelo provee la estructura de trabajo para los diferentes protocolos y el proceso de comunicación entre cada capa.

En la tabla II-3 se muestra una comparación del modelo OSI en conjunto con el modelo para PACS.

MODELO OSI		MODELO PACS	
7	Aplicación	ACR-NEMA SPI DICOM	
6	Presentación		
5	Sesión	Interfaz Capa de transporte	
4	Transporte	DecNet o TCP/IP	TCP/IP
3	Red		
2	Enlace de Datos		
1	Físico	Ethernet	FDDI

Tabla II—3 Modelo OSI, Modelo PACS

FDDI (Fiber Distributed Data Interface): Referente a las capas 1 y 2 del modelo OSI. FDDI, define la topología de la red, que puede ser un anillo donde los datos circulan en una conexión punto a punto, hasta que los paquetes de datos llegan al destino indicado. Además, FDDI define cómo son enviadas las señales en paquetes, qué velocidad, cuáles son las señales de inicio, las secuencias finales, el medio de acceso, etc.

Ethernet: Referente a la capa 1 y 2 en el modelo OSI. Ethernet por ejemplo, define una red de topología tipo BUS, la cual transmite datos en paquetes en un cable. Ethernet, también define la velocidad, las señales de inicio, las secuencias finales, el medio de acceso, etc.

DECnet y TCP/IP (Transport Control Protocol/ Internet Protocol): Referentes a la capa 3 y 4 del modelo OSI. Por ejemplo, estas definen las señales de prueba, asegurando que éstas sean recibidas correctamente.

Interface capa de transporte: establece y controla conexiones, coordina las comunicaciones en general.

ACR-NEMA / SPI Standard (American College of Radiology- National Manufactures Association/ Standard Product Interconnect) y DICOM (Digital Imaging and Communications in Medicine): Estándares de comunicación que definen cómo los datos de imágenes deben ser enviados y recibidos entre dos diferentes equipos de imágenes digitales radiológicas o componentes de la red digital.

2.2.5 SERVIDOR DE IMPRESIÓN, DOCUMENTACION

La documentación es la generación de un documento (Oficial o no) de un estudio realizado a un paciente. El servidor de impresión es el equipo que se encarga de mejorar el proceso de la documentación y generalmente se utilizan las películas radiográficas para esta documentación, misma que es generada por diferentes equipos como cámaras láser (impresoras de películas radiológicas con técnica láser) que en su mayoría son digitales que reciben información directamente digital; cámaras multiformatos, que requieren de revelador especial de películas; Impresoras láser para impresión en papel . La documentación puede ser de diversas formas:

- a) Documentación local: Ya sea la impresión en el mismo lugar en donde son generadas las imágenes, por medio de una cámara (digital o no) conectada directamente al equipo.
- b) Documentación en red: La impresión se realiza en una cámara central (regularmente digital) que puede recibir imágenes de diversas modalidades y está colocada en un lugar en donde sea accesible para los servicios de imagenología. En este punto entra un componente más de la red digital de imágenes el servidor de cámara o servidor de impresión, el cual tiene la función de controlar los trabajos de impresión dentro de la red, mismos que fueron enviados desde un equipo de adquisición o estación de post-procesamiento o despliegue. Es posible que este servidor se encuentre integrado en la impresora digital o como equipo separado.

Si bien, uno de los objetivos de una red digital de imágenes es la disminución o eliminación por completo de películas, en donde las computadoras sean parte del proceso general de análisis y diagnóstico de los estudios de pacientes, aún no se puede prescindir de este tipo de documentación ya que puede ser el único medio de comunicación entre el paciente, el médico tratante y el médico que genera un diagnóstico en radiología.

2.2.6 EQUIPO DE CONECTIVIDAD

Existen en el medio dos sistemas generales que son llamados Sistema de Información Radiológica (RIS Radiologic Information System) y Sistema de Información Hospitalaria (HIS Hospital Information System) los cuales guardan información referente a la administración y control de los pacientes, medicamentos, servicios, cuotas, etc. Estos sistemas pueden estar ligados a la Red digital de Imágenes y compartir la información que cada uno pueda contener, el equipo de conectividad se encarga de realizar el intercambio entre los sistemas RIS, HIS y PACS. RIS y HIS pueden estar conjuntamente trabajando en la red ya que están relacionados con la información del paciente.

El equipo de conectividad es aquel con el cual se logre realizar la comunicación entre las bases de datos de los sistemas PACS a RIS o PACS a HIS para intercambio de información específica de paciente como lo son datos demográficos (nombre, dirección, teléfono, etc), datos específicos de la o las enfermedades, tratamientos, datos de laboratorio e información relacionada con el paciente.

2.3 ARQUITECTURA DE PACS

La arquitectura de la red digital de imágenes describe cómo los componentes están conectados en relación uno con otro. Tradicionalmente, PACS usa una o dos arquitecturas: Centralizada y Distribuida.

2.3.1 Arquitectura Centralizada

En este tipo de PACS se denominan por tener un archivo central y base de datos central al cual todos los componentes, modalidades y estaciones de trabajo están conectados directamente. Este tipo de arquitectura permite un rápido tiempo de acceso a las imágenes e información del paciente desde cualquier localidad en el sistema. La primera limitación es cuando existe un fallo en el archivo central convierte a todo el sistema inoperable hasta su recuperación. En la figura II-14 se muestra un esquema de operación con arquitectura centralizada.

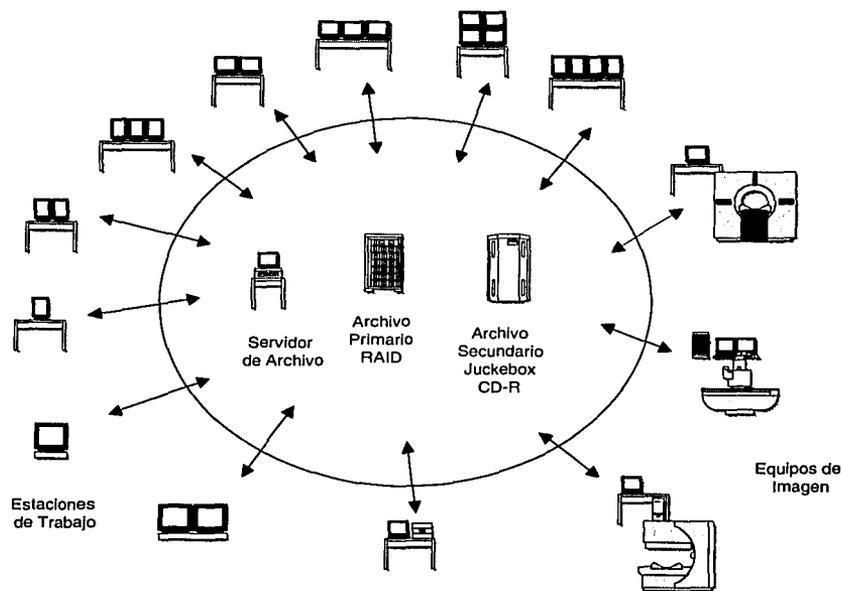


Figura II-14 Arquitectura centralizada

2.3.2 Arquitectura Distribuida

En este tipo de arquitectura, la configuración se realiza en grupos pequeños de todos los componentes que están conectados a la misma red. Cada grupo comúnmente esta constituido por grupo de equipos, uno o dos equipo de imagen, una o más estaciones de trabajo y un almacenamiento pequeño para los equipos conectados en el grupo, por lo general se utilizan discos duros internos en las estaciones de trabajo que funcionan como almacenamiento de corto plazo, para dar la posibilidad de trabajo rápido y solo para satisfacer las necesidades de almacenamiento del grupo. Debido a que los grupos de trabajo pueden trabajar independientemente, el sistema completo, conjunto de grupos de trabajo; es menos susceptible a paros por fallas ya sea del archivo general o de algún grupo, los demás grupos pueden seguir con la operación rutinaria diaria. Todos los grupos están por lo general conectados a un archivo central de largo plazo y a una base de datos central para tener acceso a imágenes con cierta antigüedad más allá de la capacidad de almacenamiento local del grupo. La velocidad de operación en cada grupo de trabajo es mucho mayor a comparación de un esquema centralizado, sin embargo puede existir duplicidad de funciones en el conjunto de grupos y el costo de las estaciones de trabajo puede ser más elevado al tener que mantener funciones de almacenamiento, manejo de bases de datos y servicios de distribución propias de un servidor. En la figura II-15 se muestra un diagrama con la arquitectura distribuida.

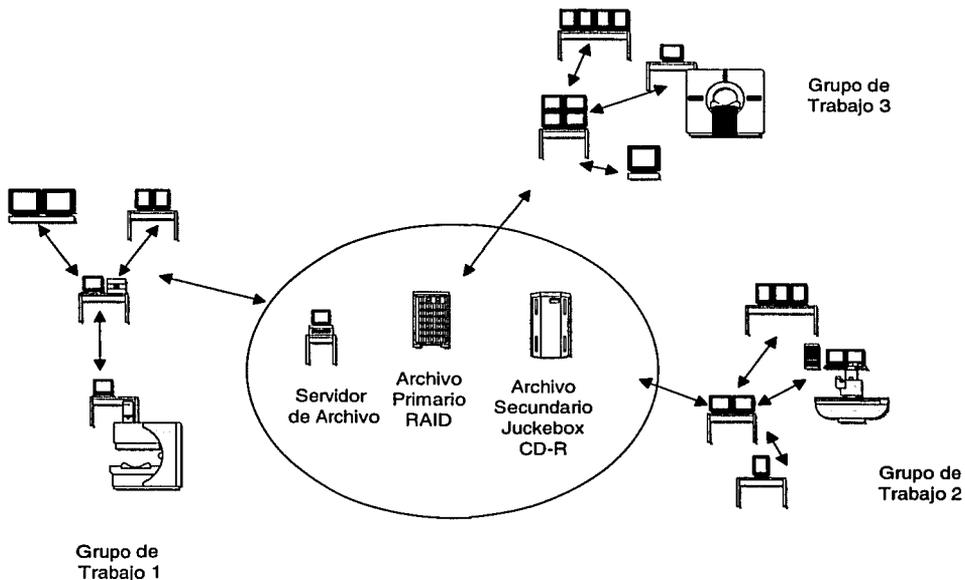


Figura II-15 Arquitectura distribuida

2.4 ESTANDARES DE COMUNICACIÓN E INTEGRACIÓN DE LA INFORMACIÓN

Los estándares de Comunicación e Integración de la Información son de gran importancia porque permitirán que la red sea establecida de tal manera que todos los componentes que la integran sean compatibles y pueda existir entre éstos la transferencia de información que requerimos: las imágenes. Uno de los principales aspectos que se deben considerar en la transmisión de imágenes es contar con un estándar de comunicación que pueda ser entendido por los componentes de la red digital que requieran hacer uso de transmisión y/o recepción, almacenamiento, manipulación y otros requerimientos en la operación diaria con imágenes médicas.

2.4.1 Formatos y estándares de comunicación de imágenes

Los diferentes estándares de comunicación utilizados para la transmisión de imágenes entre dos sistemas digitales de imágenes, tienen sus principios en los inicios de los años 80's, donde el Colegio Americano de Radiología (ACR American College of Radiology) y la Asociación Nacional de Manufactores Eléctricos ACR-NEMA (NEMA National Electrical Manufacturers Association) formaron un comité para desarrollar un estándar para la interconexión de sistemas de imágenes digitales. La primera versión del estándar fue publicada en 1985 donde se especificaban los estatutos de una conectividad punto a punto para la transmisión de información, un diccionario de datos que son una serie de reglas para codificar información y un juego de comandos para iniciar la transmisión. La versión 2.0 publicada en 1988, fue también una especificación de direcciones punto a punto para transmisión de imágenes y proveía de reglas semánticas de organización para cada mensaje, donde cada mensaje es un conjunto de bits representando información en tránsito desde un dispositivo a otro sistema. La versión 3.0, también referida como DICOM 3.0 (Digital Imaging and Communications in Medicine) fue publicada en 1994 y provee un estándar de interconexión abierto de equipos de imagen sobre el estándar de redes y mantiene la compatibilidad con las anteriores versiones 1.0 y 2.0.

El estándar DICOM mantiene una ligada referencia al modelo para comunicación de redes de la Organización Internacional de Estándares (ISO International Standards Organization), declara diferentes estatutos de dirección e incorpora el diseño orientado a objetos. La versión DICOM 3.0 incorpora el modelo de datos orientados a objetos y los protocolos de red incluyendo los basados en el modelo OSI – ISO (Open System Interconnection).

En la tabla II-4 se describe el modelo OSI.

Capas de manejo de información		
Capa 7	Aplicación	Contiene la aplicación de usuario y las rutinas de entrada y salida del software de comunicación genérico.
Capa 6	Presentación	Traduce unidades de información desde la sintaxis de la capa de aplicación a la sintaxis de transferencia negociado con una capa igual de presentación a través de la red. El tamaño de la información transferida no es forzada por los detalles internos de la función de la red.
Capas de manejo de datos		
Capa 5	Sesión	Establece y controla conexiones. Transforma segmentos de unidades de información (de tamaño arbitrario) proveído por la capa de Presentación en unidades de datos de diálogo manejables, el tamaño al cual es reducido solamente a las capacidades del servicio de Transporte. Coordina las comunicaciones en general.
Capa 4	Transporte	Provee transferencia fin-a-fin fiable de unidades de diálogo de la capa de Sesión sin importar el tipo de red empleada. Se asegura la velocidad, precisión y fiable encuentro de capas especificadas por la capa de Sesión. Provee el control entre extremos.
Capa 3	Red	Rutea y transmite las unidades de datos. Asigna canales virtuales. Encapsula datos en paquetes y adiciona direcciones y secuencia de números a cada uno. Negocia entre puntos intermedios para soportar la capa de Transporte.
Capa 2	Enlace de datos	Encapsula cada paquete (frame) entre una palabra de control y una palabra de control para el encapsulado. Facilita la corrección de errores. Envía frames al hardware de la capa Física sólo al recibir la indicación de estado adecuado. Transmite los datos de manera confiable entre los nodos adyacentes.
Capa 1	Físico	Transmite frames creados por la capa de Enlace de Datos por medio de la generación de impulsos eléctricos, ópticos u otras señales de acuerdo al tiempo, duración y amplitud de los protocolos demandados por el tipo de red empleada. Conecta

		los nodos física y eléctricamente. Transfiere bits al medio de conexión.
--	--	--

Tabla II- 4 Modelo de comunicación OSI desarrollado por ISO

Los programas para el manejo de imágenes operan en la capa 7 del modelo OSI "aplicación" y utilizan en gran medida todas las capas restantes para el intercambio de información entre computadoras.

El desarrollo del documento estándar DICOM está compuesto de nueve partes originales y han sido agregados nuevos módulos para soportar el almacenamiento en diferentes medios. Las diferentes características que incluye DICOM son:

- La transferencia de imágenes generadas desde diferentes modalidades como son DA, CR, CT, MR, NM, US, DFR, etc, así como imágenes digitalizadas, se utilizan ciertas tablas de control para identificar los tipos de imágenes en el formato DICOM.
- Consultas a estudios de pacientes y el envío de imágenes seleccionadas por el usuario (Query&Retrieve)
- El manejo de dispositivos para documentación basados en película conectados en red y rastreo remoto de trabajos de impresión.
- La comunicación de información y calendarización del paciente, manejo de imágenes y el intercambio de reportes, esto facilita la integración con otros sistemas propios del Hospital o del departamento.
- Una estructura efectiva para la conformación de la comunicación entre diferentes fabricantes, donde cada uno especifica los estatutos seguidos para la implementación del DICOM.
- Estandarizar el intercambio electrónico entre los diferentes medios de almacenamiento como lo son los discos compactos escribibles (CD's) o discos magnéticos ópticos (MOD's) entre otros.
- La conectividad directa entre las modalidades utilizando estándares como TCP/IP sin la utilización de una interfaz específica para tal fin. Esto da oportunidad de elegir soluciones de red flexibles según sea el caso (Ethernet, ISDN¹, ATM², FDDI, Fast-Ethernet, etc.).
- La capacidad de conformar implementaciones compatibles es facilitado por la introducción de dos conceptos: Clases de Servicios y Objetos de Información. Las Clases de Servicio definen operaciones específicas (por ejemplo: almacenar, mover, notificar) a través de la red en modo cliente/servidor³. Los Objetos de Información estandarizan el contenido de un rango amplio de tipos de imagen (CT, MR, NM, US, CR, etc.) así como los datos relacionados (Reportes, resultados, etc.)

En la tabla II-5 se muestra la agrupación de datos, de acuerdo a la función, que son utilizadas en la definición del estándar DICOM.

NOMBRE DE GRUPO		ELEMENTOS DE DATOS TÍPICOS
0000H	Comando	Tipo de comando, Identificador de Mensaje, tipo de juego de datos,...
0008H	Identificación	Fecha y hora del estudio, Nombre del radiólogo, ...
0010H	Paciente	Nombre del Paciente, Número de Identificación, fecha de Nacimiento, ...
0018H	Adquisición	Cantidad de imágenes, espesor de cortes, tipo de isótopo utilizado, ...
0020H	Relaciones	Localización de cortes, número de estudio, número de series, número de imágenes, ...
0028H	Presentación de imagen	Renglones, columnas, tamaño de pixel, escala de grises, ...
4000H	Texto	Texto libre en formato ASCII
6000H	Otros	Región de Interés, formato de desborde, ...
7FE0H	Dato de pixel	Imagen actual, pixel por pixel, ...

Tabla II-5 Agrupación de datos en formato DICOM

1	ISDN(Integrated Services Digital Network) red digital de servicios integrados, estándar internacional de telecomunicaciones para la transmisión de voz, vídeo y datos con velocidades de hasta 1.54Mega bits por segundo.
2	ATM (Asynchronous Transfer Mode) modo de transferencia asíncrona. Red estándar para transmitir a alta velocidad por medio de fibras ópticas.
3	Cliente/Servidor En una red de comunicaciones, el cliente es la máquina solicitante y el servidor es la máquina proveedora.

Cada agrupación está constituida por uno o más elementos que conforman un grupo relacionado de información, en la tabla II-6 se describen los elementos pertenecientes al grupo 0010H de la información de paciente.

No.	Nombre del elemento
0010,0000	Longitud de Grupo
0010,0010	Nombre del paciente
0010,0020	Número de identificación
0010,0030	Fecha de Nacimiento
0010,0040	Sexo
0010,1000	Otro número de identificación
0010,1001	Otros nombres
0010,1005	Estado civil
0010,1010	Edad
0010,1020	Estatura
0010,1030	Peso
0010,1040	Dirección
0010,1050	Número de afiliación
0010,1060	Comentarios
0010,4000	Comentarios

Tabla II-5 Elementos del grupo 0010H / Información del paciente.

El formato Dicom es indispensable para la comunicación entre equipos, ya sea del mismo fabricante o de múltiples fabricantes, permitiendo la interacción de la información entre uno y otro. Para garantizar la correcta comunicación entre equipos de imagen de la misma marca o de diferentes marcas, es de suma importancia realizar una revisión detallada de cuales son los servicios o partes del formato Dicom desarrollados en cada sistema, esto con la finalidad de encontrar compatibilidades o diferencia entre estos. En la figura II-18 se describen las partes que integra el formato estándar Dicom.

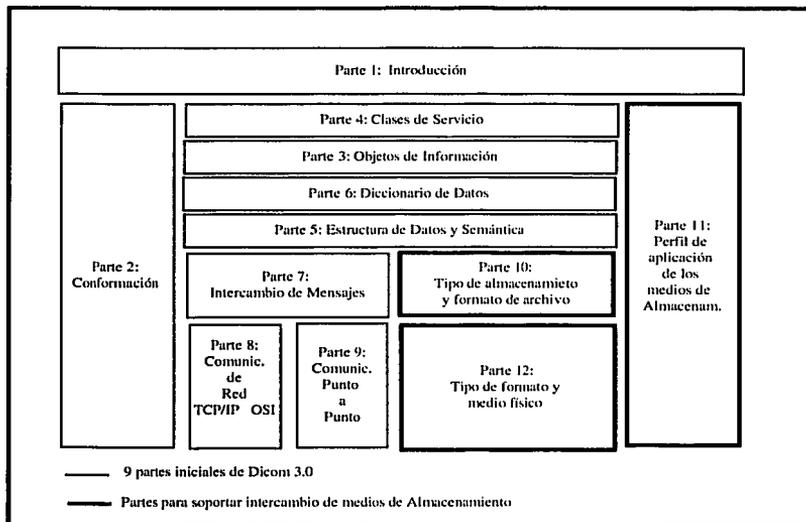


Figura II-18 Partes del formato Dicom 3.0

Las partes del formato Dicom 3.0 se describen como sigue:

- Parte 1 Introducción y visión general. Introducción, historia y direcciones futuras; metas, razones y descripción técnica de las partes desarrolladas del estándar.
- Parte 2 Conformación ("Conformance"). Requerimientos para el manejo funcional, codificación, mensajes y red, estructura de derechos sobre estatutos.
- Parte 3 Objetos de Información. Juego de objetos de información referenciados en las especificaciones de clase de servicio, lista de atributos y definiciones semánticas.
- Parte 4 Clases de Servicios. La semántica de un comando como aplica a un conjunto de datos en un contexto dado, definiciones de un conjunto asociado de atributos de objeto.
- Parte 5 Formatos de intercambio de datos. Detalles de la estructura de datos y semántica, sintaxis, usos, compuesto de un conjunto de datos y funciones básicas y avanzadas.
- Parte 6 Diccionario de Datos. Atributos de los objetos de información clasificados por grupo y número de elemento, nombre y parámetros; descripción de valores permitidos.
- Parte 7 Protocolo de Intercambio de Mensajes. Ejemplos de comandos de intercambio en contextos punto a punto e ISO, protocolo para codificar comandos e

indicación de status.

- Parte 8 Especificaciones de la interfaz de Red. Definición de una capa genérica de servicio común para ambientes OSI y TCP/IP, soportando redes de datos estándares.
- Parte 9 Especificaciones de Interfaz Punto a Punto. Definición de interfaces, protocolo físico, liga de datos de la trama del protocolo, canales virtuales y servicios de la capa de Sesión.
- Parte 10 Tipo de Almacenamiento y formato de archivo. Para intercambio de datos en medios de almacenamiento
- Parte 11 Perfil de Aplicación de almacenamiento. Para intercambio de datos en medios de almacenamiento.
- Parte 12 Tipo de formato y medio físico. Para intercambio de datos en medios de almacenamiento

Dentro del estándar DICOM los niveles de conformación, que no fueron tomados en cuenta en versiones anteriores de ACR-NEMA; y la interpretación ambigua de las primeras versiones hacen que exista incompatibilidad entre diferentes usuarios, particularmente en las área de números de identificación únicos, coordenadas de orientación de imágenes transversales/seccionales y exámenes jerárquicos (estudio, adquisición, series, imágenes). El estándar DICOM especifica niveles de conformación y explícitamente define la estructura de la Conformación de cada desarrollo por parte de cualquier fabricante. La conformación debe ser expresada en términos de definición de clases de servicios, las unidades funcionales de cuales son las descripciones y cuales son los términos pre-definidos. Las empresas son libres de implementar cualquier función en el software y además deben de especificar cuales son los servicios que son soportados y cuales no.

Los servicios DICOM son de gran importancia para establecer las funciones que pueden ser realizadas dentro de cada elemento de la red digital de datos. Los servicios más comúnmente utilizados son los siguientes:

- Send/Receive Enviar y Recibir: Servicios para poder enviar y recibir información en formato DICOM
- Query/Retrieve Consultas y Contestaciones: Servicios para poder consultar a otro elemento de la red y que éste pueda contestar y viceversa.
- Print Impresión: Servicio para poder enviar a impresión imágenes a una impresora que soporte DICOM Print.
- Study Management Manejo de Estudios: Servicio para administración de estudios (el cual puede estar compuesto de nombre de paciente, imágenes, tipo de estudios, etc)
- Result Management Manejo de Resultados: Servicio para administración de resultados (como repostes, etc.)

- Storage Almacenamiento. Servicio que permite almacenar estudios

Existen además del DICOM ver. 3.0, otros protocolos de comunicación para la transmisión de información médica. Diversas organizaciones han trabajado detalladamente en modelos de información para diversos aspectos del proceso de datos médicos no solo de imágenes. La comunicación automática de los resultados de laboratorios, ha sido posible con el uso de especificaciones desarrolladas por la Asociación para Pruebas de Materiales ASTM (Association for Testing Materials). El Instituto de Ingenieros en Electricidad y Electrónica IEEE (Institute of Electrical and Electronic Engineers) ha desarrollado el P1073 Medical Information Bus y el Medical Data Interchange (MEDIX), los cuales son especificaciones para interconectar aplicaciones médicas corriendo en computadoras de diferentes tipos. HL7 (Health Level 7) es otro estándar muy usado a nivel mundial para dar las especificaciones para en intercambio de ciertos datos entre computadoras del ambiente médico y las computadoras de diferentes sistemas de información.

2.4.2 *Sistemas de Información Radiológica y Sistemas de información Hospitalaria*

Los Sistemas de Información Radiológica RIS (Radiological Information System) son aquellos que están relacionados con los datos generados en un departamento de imagen, pero no expresamente manejan imágenes. Estos pueden ser los controles que se pueden llevar con los pacientes así como:

- La calendarización de los tipos de estudios a realizar a un determinado grupo de pacientes.
- La plantilla de médicos y los tipos de estudios que tienen que revisar cada uno
- La cantidad de insumos necesarios en el departamento de imagen
- La posibilidad de escribir un reporte o interpretación de un estudio de imágenes.
- La posibilidad de llevar el registro electrónico del paciente (historial).

Los sistemas de Información Hospitalaria HIS (Hospital Information System) son aquellos que controlan el desarrollo administrativo propio del Hospital, por ejemplo: tienen el control de la población que atienden y del personal que labora (nomina, lista de pacientes o beneficiarios), el control de los diferentes servicios (Quirófanos, Terapia Intensiva, Consultorios, etc.), control de medicamentos, insumos de laboratorio y limpieza, etc.

Estos tipos de sistemas pueden estar relacionados, como se muestra en la figura II-19,

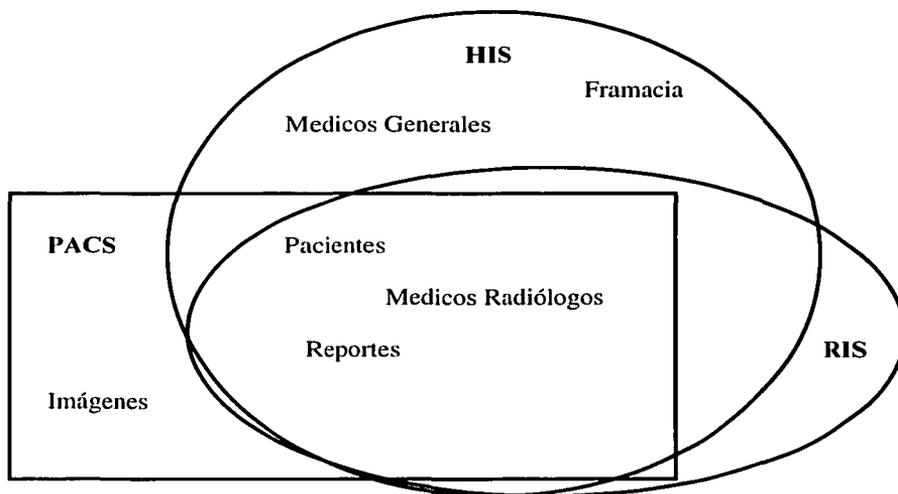


Figura II-19 esquematización de la unión de los sistemas PACS, RIS y HIS.

ya que comparten información en común son útiles para la automatización de los procesos dentro de un Hospital. La comunicación entre ellos dependerá de los estándares de comunicación que existan como el DICOM y HL7, o de las ligas que se puedan realizar para unirlos.

2.5 PROCESO DE LA RED DIGITAL DE IMÁGENES: FLUJO DE TRABAJO

El proceso de la red digital de imágenes PACS es conocido como flujo de trabajo, dentro del cual existen procesos que deben realizarse en cada uno de los componentes y lograr de mejor manera que se optimicen los tiempos utilizados en el área de radiología y sea mejor controlada la información relacionada en cada punto de la red.

En la figura II-16 se esquematiza el flujo de trabajo tradicional sin la utilización de PACS en el área de radiología para la realización de un estudio en Tomografía Computarizada.

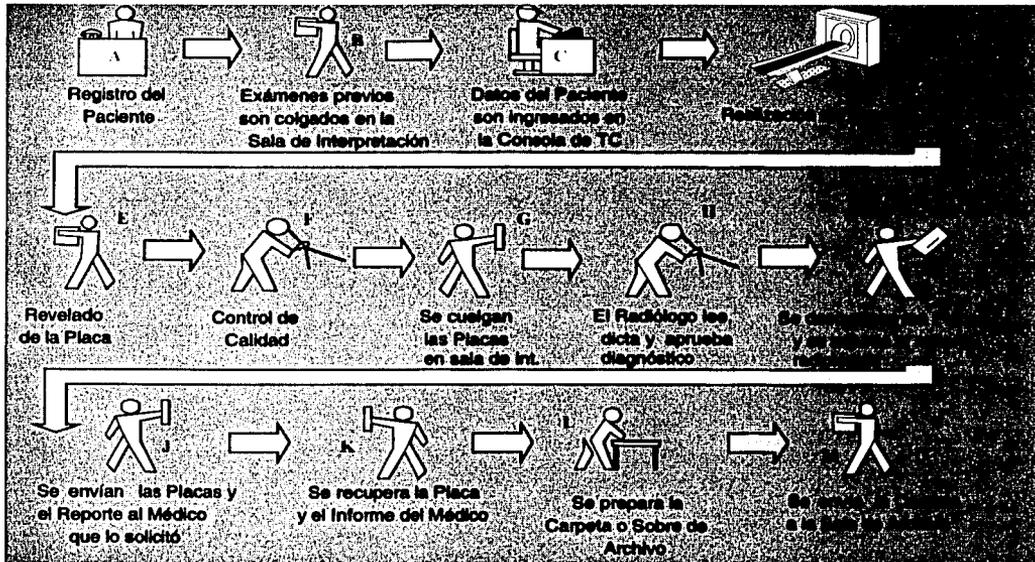


Figura II—16 Flujo de trabajo tradicional para un estudio de Tomografía Computarizada

- A. Registro del Paciente: se da un registro al paciente y se da una cita para que el paciente se presente a la sala de Tomografía Computarizada CT y sea realizado el estudio específico. Se registran datos como nombre del paciente, tipo de estudio a realizar, fecha de realización, médico que realizará el estudio, médico que solicita el estudio.
- B. En caso de existir y en caso de ser necesario, los estudios anteriores de ese paciente son solicitados al archivo y entregados en el área de interpretación para poder hacer comparaciones con el estudio nuevo y el médico que diagnostica el estudio nuevo tenga mayor información para generar un reporte radiológico.
- C. El paciente se presenta en el día de la cita, sus datos son introducidos a la consola del CT y es preparado el paciente para realizar el estudio.
- D. El paciente es colocado en el equipo y es realizado el estudio indicado en la solicitud. Se adquiere cierta cantidad de imágenes dependiendo del tipo de estudio.
- E. Las imágenes son transferidas a películas radiográficas y éstas son llevadas a cuartos especiales para su revelado.
- F. Se realiza una revisión de las imágenes o control de calidad para verificar si el estudio fue adquirido correctamente y las imágenes impresas son útiles para realizar un diagnóstico.

- G. Las placas o películas radiográficas son colocadas en el área de interpretación en cajas de luz o negatoscopios, donde son analizadas por el médico radiólogo responsable.
- H. El radiólogo realiza una interpretación de las imágenes y genera un reporte radiológico, este puede ser dictado a una secretaria o escribirlo el mismo.
- I. Las placas se descuelgan de los negatoscopios y son introducidas junto con el reporte en sobres.
- J. El sobre es enviado al médico solicitante, en algunos casos el paciente es el que lleva el sobre directamente.
- K. Después de que el paciente ve al médico que solicitó el estudio, en algunos casos los sobres con placas y reporte son enviadas al archivo.
- L. Los sobres con placas son enviados a donde se concentran expedientes completos de pacientes en conjunto con otros estudios.
- M. El archivo recibe y controla los sobres nuevos y anteriores de todos los pacientes a los que se les realizan estudios. En caso de que sean solicitados los estudios nuevamente por otros médicos es en ésta área donde pueden encontrarlos.

Analizando el flujo de trabajo tradicional existen muchos puntos que pueden ser optimizados y que con la utilización de un PACS – RIS – HIS se tiene un mejor control de la información, mejor control de los procesos y mayor aprovechamiento de los recursos humanos y de equipos.

En la figura II-17 se muestra el flujo de trabajo con la utilización de PACS – RIS en el área de radiología para la realización de un estudio en Tomografía Computarizada

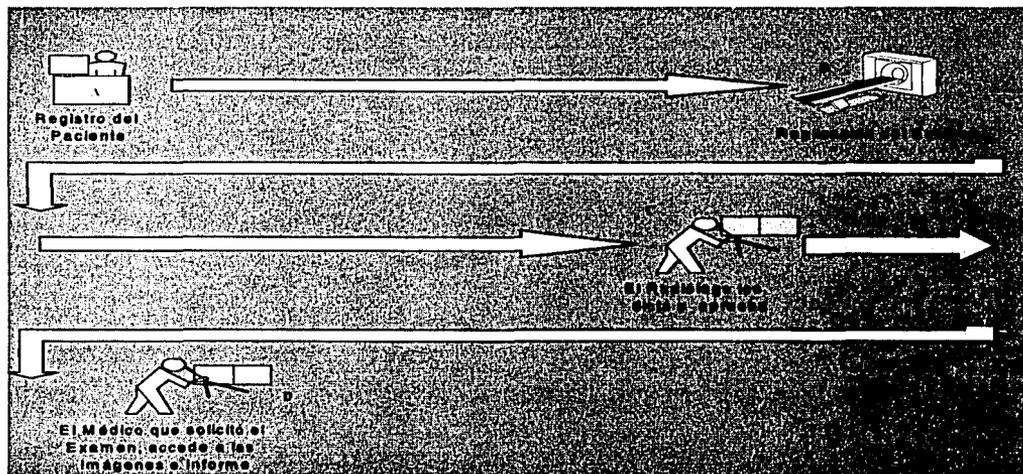


Figura II—17 Flujo de trabajo para un estudio de CT con la utilización de PACS.

El flujo de trabajo con PACS - RIS se realiza de la siguiente manera:

-
- A. El paciente llega a la recepción del área de radiología con una solicitud de su médico para que se le realice un estudio de CT. La recepcionista procederá a capturar los datos necesarios en la computadora RIS para la realización del estudio, en caso de existir un HIS los datos del paciente serán transmitidos automáticamente y solamente se captura el tipo de estudio a realizar y la fecha de la cita. El sistema se encargará de transmitir los datos del estudio y paciente a la sala de exploración, así como los estudios anteriores de ese paciente al área de interpretación.
 - B. El paciente llega a su cita y sus datos se encuentran pre-cargados en la consola de la modalidad CT. Se realiza el estudio y las imágenes son transmitidas al servidor de archivo para ser analizados posteriormente.
 - C. El médico radiólogo, en el área de interpretación, accesa a través de una estación de trabajo de post-procesamiento las imágenes que en el día tiene que diagnosticar. Realiza el reporte radiológico para el estudio de CT, así como los reportes necesarios de los pacientes del día, ya sea dictándolos o escribiéndolos directamente en el sistema y finalizando los estudios dando una firma electrónica. El sistema se encarga de resguardar todos los estudios generados y mantener la información disponible en todo momento.
 - D. El médico que solicita el estudio puede consultarlo en conjunto con el reporte radiológico, desde una estación de trabajo de consulta y da seguimiento al paciente. Las imágenes pueden ser transmitidas en forma automática a quirófano en caso de ser un paciente que requiere de una operación.

Este proceso se pudiera realizar tantas veces como sea necesario.

En la siguiente tabla II-6 se muestra una cuantificación del proceso de la red digital de imágenes considerando tiempo requerido en minutos y el personal involucrado.

Sistema Tradicional				Sistema Digital			
Actividad	Tiempo (min)	Personal Involucrado *		Tiempo (min)	Personal Involucrado *	Actividad	
Recepción del paciente en radiología y registro del paciente, se establece cita en el momento o día posterior	1er día	15	Recepcionista (1)	1er día	10	Recepcionista (1)	Registro del paciente, se establece cita en el momento o día posterior
Exámenes anteriores del paciente en archivo colocados en la sala de interpretación para comparación	2o día	30	Personal de Archivo (1)	1er día	2		Exámenes anteriores del paciente en archivo colocados en la sala de interpretación para comparación
Captura de datos del paciente en el equipo donde se realiza el estudio (CT)	2o día	5	Técnico Radiólogo (1)	1er día	0.5		Los datos de paciente fueron transmitidos por el sistema
Realización del estudio en el equipo establecido (CT)	2o día	35	Técnico Radiólogo y Médico Radiólogo (1)	1er día	35	Técnico Radiólogo y Médico Radiólogo (2)	Realización del estudio en el equipo establecido (CT)
Revelado de Películas radiográficas	2o día	10	Personal de Cuarto Oscuro (1)				
Control de Calidad, revisión si el estudio fue adquirido correctamente	2o día	5	Médico Radiólogo	1er día	5	Médico Radiólogo	Control de Calidad, revisión del estudio fue adquirido correctamente
Se cuelgan las placas en sala de interpretación	2o día	5	Asistente de radiología (1)				
El radiólogo lee, dicta y aprueba el diagnóstico	2o día	20	Médico Radiólogo	1er día	15	Médico Radiólogo	El radiólogo lee, dicta y aprueba diagnóstico en estación de trabajo
Se escribe el reporte a máquina	3er día	10	Capturista/secretaria (1)	1er día	5	Capturista/secretaria (1)	Escribe reporte en sistema (a)
El radiólogo firma el reporte escrito	3er día	5	Médico Radiólogo	1er día	3	Médico Radiólogo	Revisa reporte escrito y valida
Se descuelgan las placas y se adjuntan al reporte diagnóstico	3er día	5	Asistente de radiología				
Se prepara la carpeta o sobre de archivo	3er día	1	Asistente Radiología				
Se envía el estudio (placas) y reporte al médico que requiere el estudio	3er día	30	Paciente (1)	1er día	2		Se envían las imágenes y el reporte al médico que requiere el estudio
Se recupera el estudio y el reporte para devolver al archivo	3er día	45	Paciente				
Se adjuntan los estudios anteriores y el reciente al expediente del paciente en el archivo	3er día	25	Personal de Archivo			Administrador del sistema (1)	Administración del sistema y bases de datos
	(tres días)	246		(mismo día)	77.5		
		4.1	10		1.3	5	
		Horas	Personal		Horas	Personal	

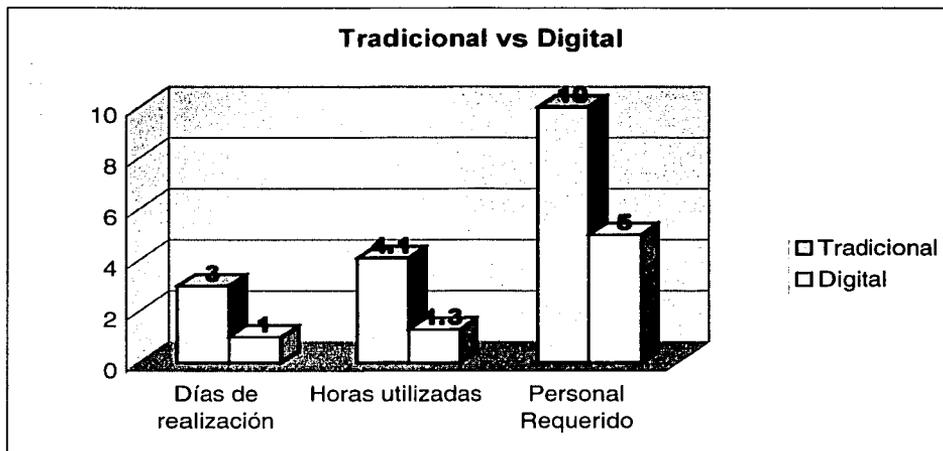
Notas:

*Se considera un proceso específico con un solo equipo en este caso CT

*Se cuantifican sólo las personas con marca (1)

a) puede ser escrito por el radiólogo directamente en el sistema

En la gráfica II-1 siguiente se muestra la comparación entre el sistema tradicional y el sistema digital utilizando PACS- RIS.



Gráfica II-1 Comparación entre sistema tradicional y sistema digital con PACS

2.5.1 C

CUANTIFICACION Y RETORNO DE INVERSIÓN

El objetivo principal de la implementación de ésta propuesta está dirigido a los problemas relacionados con la accesibilidad que son inherentes a la utilización del sistema manual (o analógico) de las películas radiológicas. Específicamente, el sistema digital de imágenes permite la consulta y despliegue de imágenes en múltiples puntos a través del Hospital Central y de las clínicas remotas, cuando y donde sean necesarias para la adecuada atención del paciente. En suma, la red digital de imágenes con telerradiología facilita:

- Decremento del tiempo de espera en la generación de un reporte
- Reducción significativa y eventual eliminación de espacios grandes y costoso para almacenamiento de imágenes.
- Decrementar el tiempo de inicio de tratamiento (diagnóstico-tratamiento)
- Reducir el uso de película
- Mejorar el servicio de Radiología (menor tiempo en proceso adquisición-reporte)
- Mejor control de estudios (archivo)

Análisis Económico (Dr. Wolfgang Reuger, Return on Investment Considerations, Enero 2000)

Existen parámetros que pudieran medir los resultados esperados de una inversión para realizar una justificación de un sistema digital de imágenes. Un análisis de costo-

beneficio podría ayudar para definir líneas de periodos de amortización y retorno de la inversión. Los potenciales de ahorro y factores de costo de nuevas opciones usadas pueden ser modeladas según la técnica utilizada por el Dr. Reuger (Dr. Wolfgang Reuger, Return on Investment Considerations, Enero 2000). Dentro de ésta técnica utilizada existen ahorros potenciales que pueden ser usados para la cuantificación:

- Ahorros en Material
- Ahorros en personal
- Costos alternativos

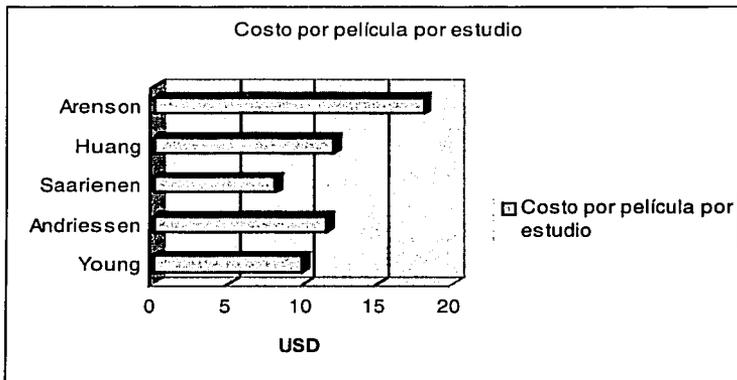
Una revisión detallada de aspectos como financiero y operacional del departamento de radiología e imagen es necesario para identificar áreas de oportunidad para mejora en desempeño así como establecer directrices métricas para comparaciones futuras.

La lista siguiente de directrices, si es que aplica para la institución, debe ser analizada.

- Consumo de Película, reducir el uso de película a la mínima necesaria
- Costos de Archivo,
- Proceso de Revelado, eliminar el proceso de Revelado de película (o reducirlo al mínimo)
- Decrementar el tiempo de espera del reporte
- Decrementar el tiempo de inicio de tratamiento (diagnóstico-tratamiento)
- Mejorar el servicio de Radiología (menor tiempo en proceso adquisición-reporte)
- Mejor control de estudios (archivo)
- Eliminar repeticiones de estudios
- Eliminar extravío de estudios
- Mejorar la productividad de médicos de referencia
- Aumentar la capacidad de atención de pacientes al reducir pasos en el proceso general

El realizar una decisión de inversión en una red digital de imágenes trae incremento de competitividad de la institución de salud (Dr. Rueger, pag. 4.).

Existe una lista de costos relacionados a películas obtenidas por estudio en promedio de \$8.00 a \$18.00 (Dólaresnorteamericanos). Como se muestra en la gráfica II-2.



Fuente:
 Aerson et. Al. Proc SPEI 1989, 1039:50-58
 HuangJC, Elements of digital radiology. Prenticess-Hall,1987
 Saarienen, Proc SPEI 1989, 1093:62-73,
 Andriessen Proc SPEI, 1989, 1093:57B-583,
 Yung JWR, Decisions in Imaging Economics, Suplement May/June 1997.

Gráfica II-2

Los valores

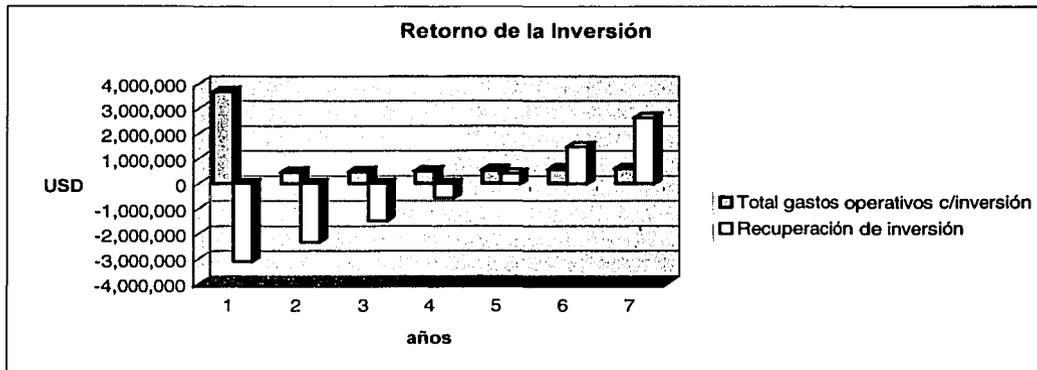
TESIS CON FALLA DE ORIGEN

designados bajo el costo por película por estudio, reflejan todos los gastos operativos involucrados en la generación de un estudio, como lo es material, químicos, archivo, personal, etc.

Obviamente, la lista de parámetros arriba mencionados no puede asumirse constante sobre un periodo de algunos años. Mejor que asumir un rango de parámetros y calcular situaciones optimista/pesimista/promedio se simulan varias combinaciones (Dr. Rueger). En la tabla siguiente se muestran los parámetros utilizados:

Parámetro	Punto medio	Variación relativa a la media
Costo de película por procedimiento o estudio relacionado (valor USD)	10	\$8 ... \$14
Volumen de estudios: punto medio 100,000 por año	100,000	80% ... 120%
Costo de una red digital de imágenes (USD)	3,000,000.00	80% ... 120%
Interés (anual)	6%	80% ... 120%
Costo del servicio de mantenimiento por año después de la garantía, 10% monto del proyecto, por año	300,000.00	80% ... 120%
Ahorro potencial relacionado en el consumo de películas anualmente, (costo de película por cantidad de película por año) USD	1,000,000.00	
Primer año 30% (reducción en el uso de película)	300,000.00	80% ... 120%
Ahorro en años subsecuentes a 85% (Reducción en el uso de película)	850,000.00	80% ... 120%
Ganancias obtenidas por incremento de productividad, estimando \$60.00 USD por estudio, asumiendo que los costos relacionados de operación están cubiertos	60	
Se espera aumento del 2.5% de productividad	2.50%	
Ganancias \$60 x 2.5% x Volumen de estudios por año (USD)	150,000.00	0% ... 200%

En la gráfica II-3 se muestra la recuperación de la inversión en 5 años



Gráfica II-3 retorno de la inversión

2.6 RESUMEN

Una red digital de imágenes tiene como principal objetivo el almacenamiento y comunicación digital de las imágenes adquiridas desde cualquier tipo de equipo o modalidad generadora de imágenes médicas diagnósticas, para que sean optimizados los procesos dentro del departamento de radiología e imagen de un Hospital. Para llegar a un manejo digital de imágenes a través de una red debieron desarrollarse diferentes tecnologías como lo son los equipos para la generación de imágenes y los sistemas informáticos como computadoras y medios de comunicación.

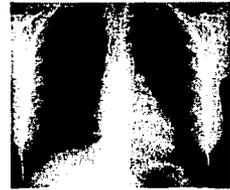
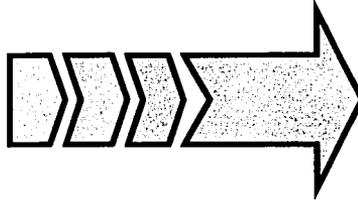
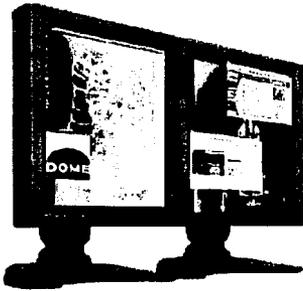
Una red digital de imágenes está compuesta por los equipos que adquieren imágenes, estaciones de trabajo para el despliegue y la manipulación de éstas imágenes, almacenamiento digital de la información relacionada, servidores de impresión, programas para realizar la conectividad entre diferentes equipos y equipos de comunicaciones.

Los procesos que pueden describirse en una red digital de imágenes son: Adquisición de imágenes, manipulación y despliegue, almacenamiento, transmisión, documentación e intercambio de información. Todos los procesos que se presentan en una red digital de imágenes son necesarios y deben de cuidarse a detalle, ya que de no existir alguno de los procesos puede afectar al desempeño y calidad de servicio para el cual fue diseñado. Para la comunicación de imágenes entre diferentes fabricantes de equipos fueron desarrollados estándares que especifican un determinado formato para el entendimiento de la información, entre éstos esta DICOM (Digital Imagin and Communications in Medicine, Imágenes Digitales y Comunicaciones en Medicina) que permite la integración en una misma red a diferentes compañías fabricantes tanto de equipos generadores de imágenes, como de documentación, estaciones de trabajo, etc.

En un hospital generalmente existen sistemas de información que controlan los datos relacionados con los pacientes que son atendidos en él, la integración entre estos sistemas a la red digital de imágenes crean mayores posibilidades de control y seguimiento a tratamientos al poder ver, por ejemplo el archivo clínico en conjunto con los estudios radiológicos.

CAPÍTULO 3

EXPANSIÓN DE LA RED DIGITAL DE IMÁGENES: TELERRADIOLOGÍA.



3 EXPANSIÓN DE LA RED DIGITAL DE IMÁGENES: TELERRADIOLOGÍA

La raíz de la palabra indica radiología a distancia. El realizar una transmisión de imágenes radiológicas desde un punto a otro, no importando la distancia que exista entre ellos, haciendo uso de los servicios privados o públicos para redes de área amplia (WAN) o redes metropolitanas (MAN), se le puede denominar Telerradiología.

La telerradiología fue diseñada para facilitar las consultas y el rápido diagnóstico realizado por los especialistas en imágenes. La telerradiología ha sido utilizada en la milicia desde sus inicios en los años 80's , en casos de emergencia en el campo de combate; por los servicios de emergencia durante desastres naturales para mejorar los diagnósticos y tratamientos de carácter urgente. Porque las imágenes pueden ser transmitidas a miles de kilómetros, hospitales y centros médicos de emergencia remotos que no tienen un radiólogo de planta, pueden transmitir las diferentes imágenes a un hospital donde sí cuenten con personal calificado para la revisión y diagnóstico sin la necesidad de salir del departamento de imagen del hospital. La telerradiología une a los diferentes departamentos de un hospital a otros departamentos, hospitales, clínicas, consultorios de médicos o incluso el hogar de radiólogo por medio de líneas telefónicas, líneas digitales, microondas o transmisiones satelitales.

Los componentes de un sistema de telerradiología están muy relacionados con una red digital de imagen o PACS, por ser la misma información que se maneja: imágenes médicas para diagnóstico. Lo que se involucrará en la telerradiología son medios de telecomunicaciones. Además, podemos considerar a la telerradiología como la expansión de la red digital de imágenes, pero aún y cuando no se tenga toda una instalación completa de una red digital de imagen con todos los componentes, se puede empezar con un sistema muy simple de telerradiología de transmisión y recepción, pudiendo crecer hasta sistemas muy complejos de PACS y telerradiología como conjunto.

3.1 PRINCIPIOS DE OPERACIÓN

Una red básica de telerradiología consiste de una estación que entienda y pueda transmitir una imagen y otra que la reciba y también que logre entender lo que recibe, donde la estación de transmisión puede estar constituida por una computadora personal con un módem de alta velocidad, un monitor de alta resolución, una tarjeta aceleradora de gráficos y un dispositivo para la captura de imágenes que puede ser un digitalizador de películas; la estación que recibe la imagen puede consistir de las mismas características y un almacenamiento basado en disco local o discos magnético ópticos o compactos en cada estación.

Los diferentes sistemas de telerradiología pueden ser configurados como sólo transmisión, sólo recepción o ambos, con computadoras localizadas en el lugar de la operación.

Una instalación puede estar equipada con múltiples equipos para adquisición, despliegue, transmisión, recepción y almacenamiento de imágenes, como lo son computadoras con uno o más monitores para el despliegue simultaneo de diferentes estudios y conjunto de discos para almacenamiento, así como equipos como los considerados en los componentes de la red digital de imagen, involucrando también los equipos y medios de comunicación a distancia. La complejidad de un sistema de telerradiología dependerá siempre de las necesidades de la institución u hospital. En la imagen III-1 se muestra un sistema básico de comunicación remota: Telerradiología.

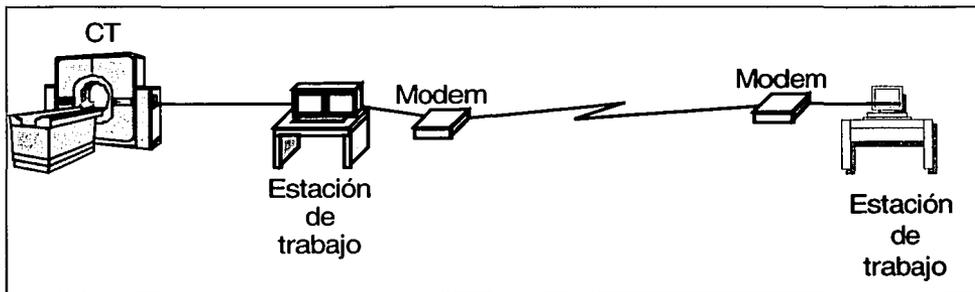


Imagen III- 1 Sistema básico de Telerradiología

3.1.1 ARQUITECTURA

Las estaciones de trabajo y equipos periféricos están conectados regularmente a servidores de archivos o computadoras centrales por medio de cableado de tipo coaxial, par trenzado y/o fibra óptica formando parte de una red de área local LAN, que permite la comunicación entre los diferentes dispositivos. La LAN, que conecta usuarios en una área limitada como un edificio, puede ser integrada a una red de área metropolitana (MAN) que es la que une usuarios dentro de una región geográfica como una ciudad o un suburbio; y a una red de área amplia (WAN) que es la que cubre varias regiones de uno o más países. Múltiples LAN's pueden ser unidas para formar MAN's o WAN's usando líneas telefónicas públicas, líneas privadas, micro ondas, señal satelital, fibra óptica o radio frecuencia para la transmisión de voz, video y datos. En la Imagen III-2 se muestra el diagrama de un sistema más complejo de Telerradiología.

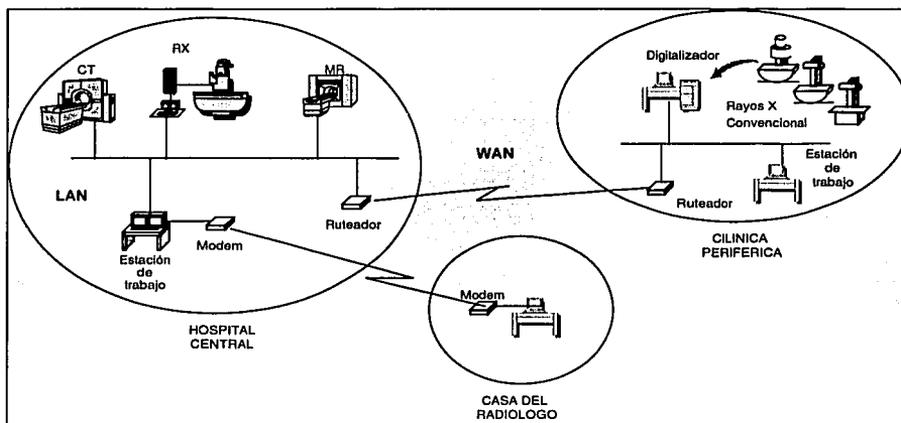


Imagen III- 2 Diagrama de un sistema de Telerradiología

El tiempo requerido para la transmisión de una imagen depende en parte de la resolución y de la profundidad de pixel o escala de grises requerida. Además influye mucho el ancho de banda del canal de comunicación y de la modulación o código del esquema usado. Una imagen con una matriz de resolución de 512x512 toma el doble de tiempo de transmisión que para otra imagen con matriz de 256x256 sobre el mismo tipo de comunicación porque es el doble de información a transmitir.

Otro factor que influye en el tiempo de transmisión es el grado de compresión de datos que sea utilizado. Las imágenes digitales comprimidas pueden ocupar menor espacio que en su estado original y su tiempo de transmisión, por lo tanto será mucho menor. La compresión de datos es expresada como 10:1 relación que indica que por cada pieza de información en la matriz original, 10 ha sido reducida para la transmisión. Compresión libre de pérdida (Lossless) con relación 2.5:1 (2.5 a 1) o 3:1, es un algoritmo no destructivo para la transferencia de datos de imágenes con bajo contraste y en general. La compresión con pérdida de datos o destructiva (Lossy) con rangos de 5:1 a 200:1, cambia los valores del pixel ligeramente y es usado para las imágenes de alto contraste, como las obtenidas en CT y MR, que pueden soportar un alto grado de compresión sin diferencia notable. Estos dos tipos de compactación son regularmente usados y pueden ser seleccionados y la persona que esté asignada para la transmisión podrá regular el detalle de la imagen y la velocidad de transmisión para cada imagen a enviar.

El algoritmo para la compresión de datos pueden estar dentro de los módem o las computadoras o ser integrados al software. Un algoritmo, por ejemplo, la supresión de caracteres repetidos, el cual evalúa cada pixel individualmente y cuando un mismo valor es repetido por varios pixeles adyacentes, asigna un código para la intensidad del pixel y

un valor para el número de veces que ésta intensidad es repetida. Cadenas con mayoría de ceros o solo blancos puede ser eliminada por la compactación de datos.

Los sistemas pueden combinar diferentes métodos de compresión de datos para alcanzar al máximo la reducción de redundancia. Una vez transmitida la información comprimida, un algoritmo en la unidad receptora se usa para reconstruir esa información para formar una imagen lo más cercana posible a la original.

La siguiente formula es utilizada para calcular el tiempo de transmisión de una imagen:

(Profundidad de pixel (bits) + 2) x tamaño de matriz ÷ velocidad de transmisión ÷ relación de compresión = tiempo de transmisión en segundos

ejemplo:

$$((8+2) \times 1024 \times 1024) / 19,200 / 10 = 54.6 \text{ segundos}$$

Cuando son utilizadas las técnicas de compresión en los dispositivos para altas velocidades de transmisión, la probabilidad de error se incrementa y es necesario un cierto procedimiento de detección de errores. Los algoritmos para detección de errores pueden estar puestos en los módem de alta velocidad o en las mismas computadoras. Una simple forma de detección de error, revisa la longitud de cada línea de datos transmitida y las líneas que son muy cortas son rechazadas y automáticamente retransmitidas. Algunos algoritmos para detección de errores pueden incrementar la velocidad de transmisión.

3.1.2 METODOS DE DISTRIBUCIÓN DE IMAGENES

El proceso usado para determinar cómo las imágenes son dirigidas de una red digital de imágenes hacia fuera de ella está referido en los métodos de distribución. Hoy en día, existen dos métodos primordialmente utilizados para la distribución de imágenes: bajo demanda (on-demand) y direccionada (routed), aunque puede ser utilizado una combinación de ambos. Ambos métodos afectan la forma de funcionamiento de la red y son utilizados dependiendo de las necesidades específicas del hospital o institución.

3.1.2.1 Distribución bajo demanda

Una de las características principales de la distribución de imágenes bajo demanda, es cuando un usuario entra al sistema desde algún punto de la red a través de cualquier estación de trabajo y logra el acceso a cualquier imagen dentro del sistema. Este tipo de distribución es la más comúnmente utilizada.

En un método de distribución bajo demanda y en un ambiente de base de datos y archivos centralizado, las imágenes son enviadas desde una modalidad CT por ejemplo, a la base de datos central y ésta a su vez al archivo en almacenamiento en línea (discos RAID), para después pasar la información al almacenamiento secundario de largo alcance (jukebox). Cuando un usuario selecciona un estudio desde una estación de trabajo, éste es enviado desde el RAID a la memoria de la estación de trabajo. Cuando

el usuario realiza modificaciones al estudio, si esto es necesario; las modificaciones son enviadas de regreso al RAID y copiadas al almacenamiento secundario de largo alcance. Así mismo si el estudio no se encuentra dentro del RAID, el sistema es capaz de localizarlo en el archivo secundario, archivarlo profundo o solicitar el disco o cinta del archivo histórico, trasmitirlo al RAID y de ahí a la estación de trabajo donde es solicitado. Si la estación de trabajo está en una localidad remota el proceso es el mismo únicamente el tiempo de espera es mayor.

La distribución bajo demanda tiene desventajas. Primero, si el archivo central está inoperable, las imágenes no podrán estar disponibles para su acceso. Segundo, el ancho de banda necesario debe ser óptimo para las necesidades de transmisión, si se cuenta con métodos de compresión, el ancho de banda puede ser mejor utilizado.

En la figura III-3 se muestra un diagrama de distribución por demanda.

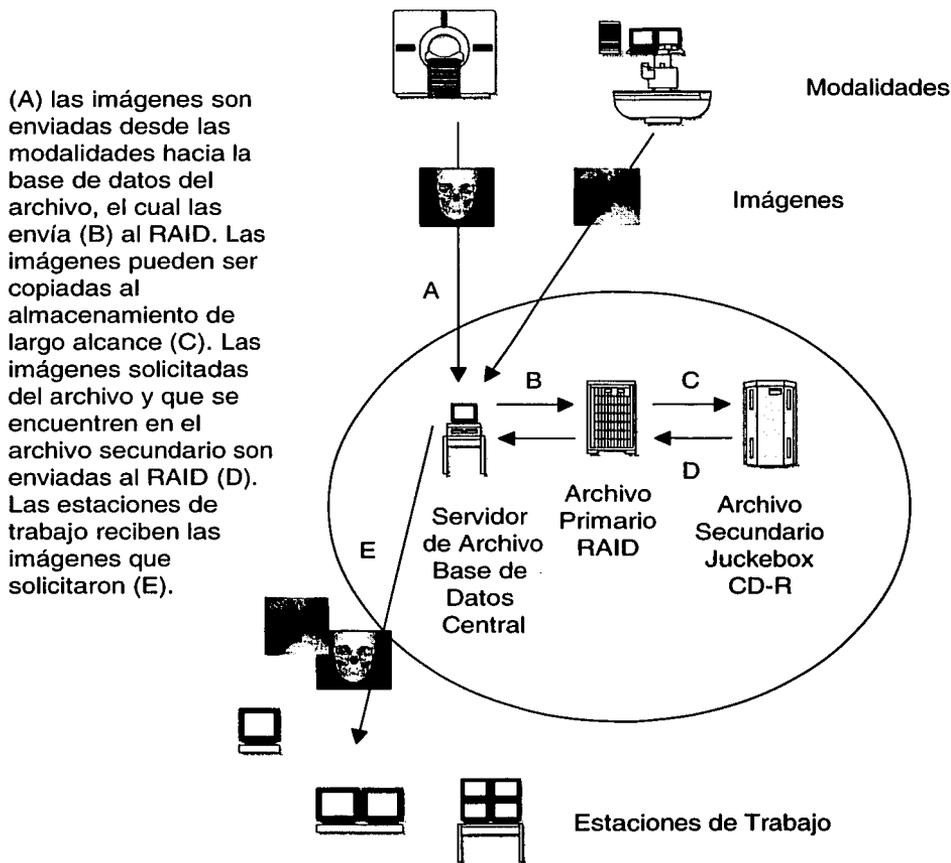


Figura III-3 Distribución bajo demanda en arquitectura centralizada

3.1.2.2 Distribución Direccionada (ROUTED)

La principal característica de la distribución direccionada es que los estudios son localmente almacenados por cierto periodo de tiempo en los discos duros de las estaciones de trabajo. Así las imágenes están accesibles inmediatamente en el momento de su consulta. Este tipo de distribución es comúnmente utilizado en las redes digitales de imagen con arquitectura distribuida.

En una distribución direccionada en una arquitectura distribuida las imágenes son enviadas directamente desde las modalidades hacia las estaciones de trabajo o grupo de estaciones en el grupo de trabajo predefinido. La estación de trabajo o grupo incluye funcionalidades de base de datos así como también un almacenamiento corto, generalmente los discos duros de las mismas estaciones. Después de que el estudio con sus imágenes fue analizado y hecho un diagnóstico por el usuario, éste es enviado a la base de datos del archivo central y a su vez enviado al almacenamiento de largo alcance. Las imágenes con cierta antigüedad que desean ser consultadas son dirigidas desde el archivo secundario de largo alcance hacia la estación de trabajo que la solicita. Para la consulta y revisión de estudios con imágenes, el usuario debe de acceder a la estación de trabajo donde residen las imágenes que fueron enviadas desde las modalidades, los cambios realizados son enviados al RAID y de ahí al archivo secundario.

Las ventajas que ofrece la distribución direccionada son: Primero, los requerimientos de ancho de banda son menores en comparación con la distribución por demanda, debido a que las imágenes residen en la estación de trabajo durante el tiempo requerido para su diagnóstico. Segundo, cuando el servidor central está sin operación, la operación puede continuar debido a que las estaciones de trabajo o los grupos de trabajo cuentan con funciones de almacenamiento temporal para recibir trabajo desde las modalidades o equipos que generan las imágenes.

Sin embargo, de existir una falla en algún componente de la red, puede afectar el flujo de trabajo al tener la dependencia de una estación o un grupo para realizar el análisis de las imágenes, o cuando una estación de trabajo se encuentre ocupada el usuario tendría que acceder a otra estación la cuál no contenga las imágenes de su interés. Este tipo de problemas se puede solucionar al tener equipos en redundancia y procesos de operación de respaldo. En la figura III-4 se muestra un proceso con distribución de imágenes direccionada en una arquitectura distribuida.

(A) las imágenes son enviadas desde las modalidades hacia la estación de trabajo o grupo predefinido. Cuando las imágenes están analizadas, las envía (B) a la base de datos central. Las imágenes pueden ser copiadas al almacenamiento de largo alcance (C). Las imágenes solicitadas del archivo y que se encuentren en el archivo secundario son enviadas al RAID (D). Las estaciones de trabajo reciben las imágenes que solicitaron (E).

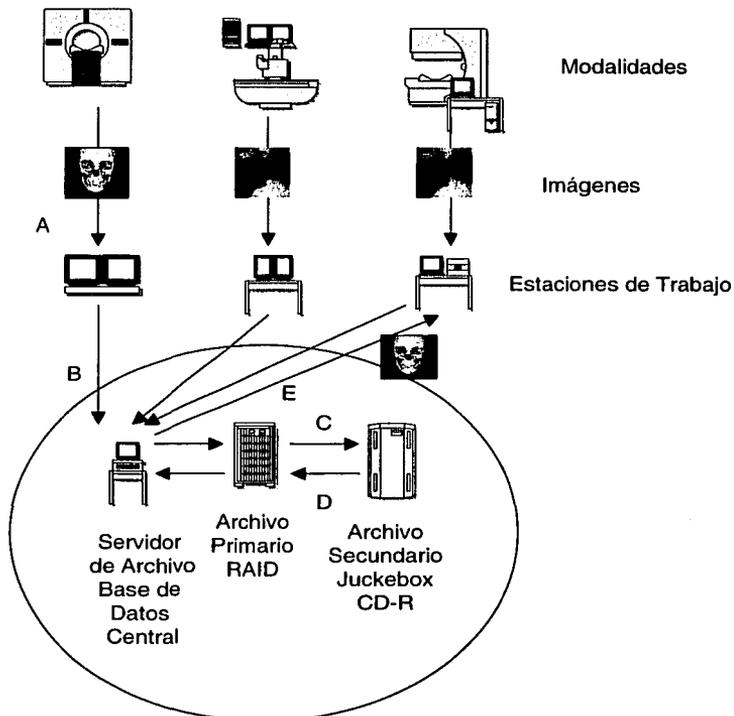
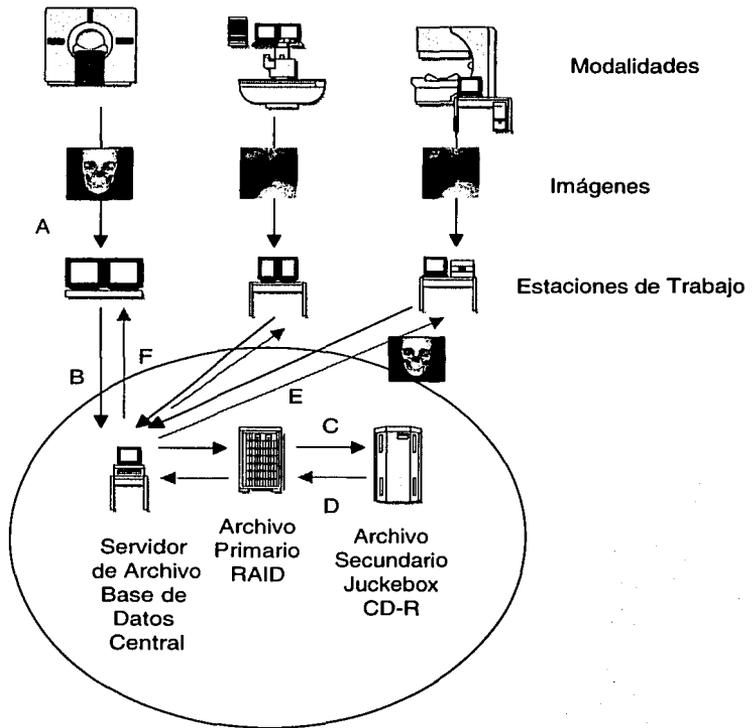


Figura III-4 Distribución de imágenes direccionada en una arquitectura distribuida.

3.1.2.3 Distribución Híbrida

Es posible que exista la combinación de ambos tipos de distribución por demanda y direccionada, para hacer una distribución híbrida. Por ejemplo una red que trabaja bajo una arquitectura centralizada y que opera bajo distribución por demanda, puede ser configurada para direccionar determinadas imágenes a estaciones de trabajo específicas. Así también para una arquitectura distribuida, que trabaja bajo distribución direccionada, puede tener la capacidad de distribución bajo demanda para permitir acceso a imágenes a usuarios que pertenezcan a otra estación o grupo de trabajo. En dado caso las imágenes no solo son ruteadas a la estación o grupo de trabajo, siendo también enviadas al archivo central, así si un usuario no encuentra una imagen en su estación de trabajo o grupo de trabajo, puede entrar al archivo central y solicitar las que sean necesarias. En la figura III-5 se muestra un sistema híbrido que tiene distribución bajo demanda y direccionada.

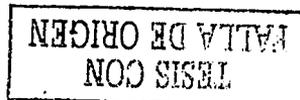
(A) las imágenes son enviadas desde las modalidades hacia la estación de trabajo o grupo predefinido. Las imágenes también son enviadas (B) a la base de datos central. Las imágenes pueden ser copiadas al almacenamiento de largo alcance (C). Las imágenes solicitadas del archivo y que se encuentren en el archivo secundario son enviadas al RAID (D). Desde cualquier estación de trabajo pueden ser solicitadas las imágenes necesarias (E). (F) Se puede determinar qué estación puede recibir en forma direccionada los estudios



3.2 APLICACIONES DE LA TELERRADIOLOGÍA

Existen diversas razones por las cuales debe decidirse la implementación de una red de telerradiología entre hospitales, una de ellas es poder ofrecer a los radiólogos medios digitales para la manipulación de imágenes, pudiendo mejorar los tiempos de proceso, mejorar la calidad de las imágenes, reducir las distancias entre paciente-radiólogo y para determinar un diagnóstico con mayor rapidez.

Las aplicaciones de la telerradiología tienen que ver en el cumplimiento a necesidades específicas en la operación involucrada con la administración de las imágenes así como del flujo de trabajo utilizado en cada hospital o institución de salud.



Las aplicaciones de la radiología se encuentran las siguientes:

- Telerradiología por llamada
- Teledistribución
- Consulta a expertos
- Archivo Central, Telediagnóstico
- Teleadministración

3.2.1 POR LLAMADA

En éste modelo de telerradiología el objetivo que el radiólogo se encuentre en comunicación con el sistema de imágenes independientemente del lugar donde se encuentre. Cuando surge una emergencia el radiólogo sin necesidad de estar presente físicamente, puede enlazarse y consultar las imágenes necesarias para definir un diagnóstico, utilizando el método de distribución por demanda.

En la Imagen III-6 se muestra un ejemplo de telerradiología por llamada donde un Radiólogo, al utilizar la computadora instalada en su domicilio o sitio donde se encuentre; realiza una llamada directa al equipo o equipos conectados a una estación de trabajo o red específica en un hospital, consultando así las imágenes deseadas sin requerir su presencia física en el área.

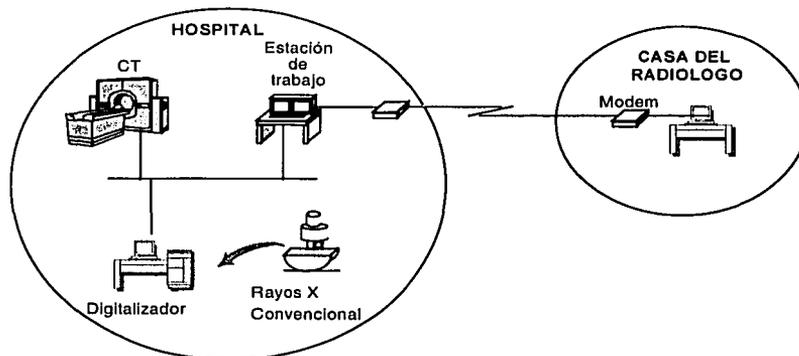


Imagen III- 6 Telerradiología por llamada

3.2.2 TELEDISTRIBUCION

Dentro de este tipo de telerradiología son distribuidos a distancia imágenes y diagnósticos a diferentes médicos que envían a pacientes al servicio de imagen para

poder constatar determinada patología que es corroborada por el área de imagen e iniciar determinado tratamiento. La forma de funcionar puede determinarse, dependiendo del tipo de servicio, por ejemplo, un paciente llega al área de Consulta General, para determinar el pase de este a una atención especializada, los estudios de imagen pueden determinar si el paciente requiere o no del acceso a otro nivel. Pensar en un cardiólogo que requiere de la valoración cardiaca vía estudios realizados en equipos de angiografía, si este cardiólogo recibe las imágenes de referencia con el diagnóstico determinado podrá iniciar a la brevedad un tratamiento.

Las imágenes transferidas a los médicos de referencia no requieren ser de calidad diagnóstica elevado por lo que los medios de comunicación dependerán de la cantidad de imágenes a transmitir en un día de trabajo, así como el tipo de estación de trabajo, no requiere de post-proceso ni de alto desempeño, ya que las imágenes recibidas desde el área de imagen ya han sido evaluadas y traen consigo un diagnóstico emitido por el especialista responsable. El tipo de distribución puede ser por demanda o direccionada, en la figura III-7 se demuestra la teledistribución a través de una red de área amplia.

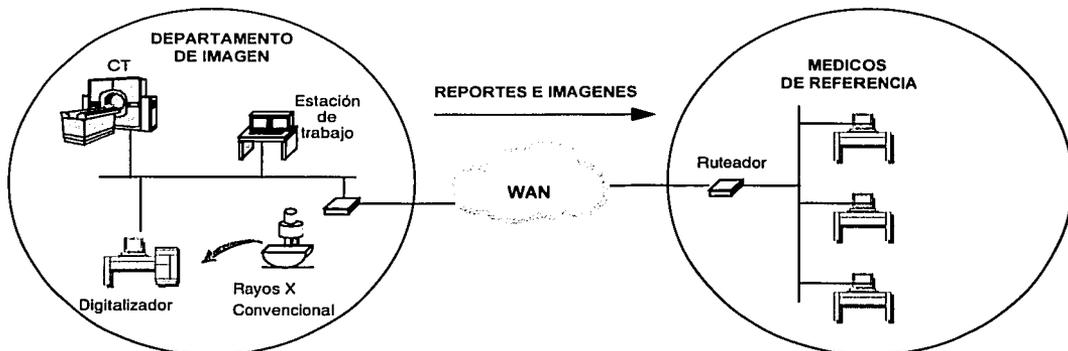


Figura III-7 Teledistribución de imágenes y reportes a médicos de referencia

3.2.3 CONSULTA A EXPERTOS

La consulta a expertos es una aplicación de la telerradiología muy importante, ya que teniendo la posibilidad de enviar y recibir imágenes se pueden corroborar diagnósticos o evaluar casos difíciles. Es necesario tener en esta transmisión todas las imágenes adquiridas originalmente, ya que puede ser necesario una reconstrucción de todo el caso, así como una calidad diagnóstica, por lo que es necesario en los dos puntos de distribución a utilizar puede ser bajo demanda o direccionada. En la figura III-8 se plantea un ejemplo de consulta a expertos.

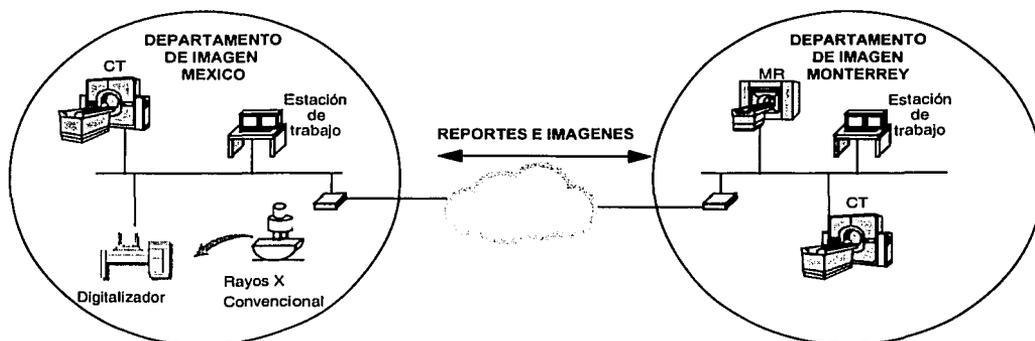


Figura III-8 Telerradiología / Consulta a expertos

3.2.4 ARCHIVO CENTRAL, TELEDIAGNOSTICO

Pensar en este tipo de aplicación es la optima utilización de diferentes centros con las aplicaciones vistas anteriormente, donde el principal objetivo es compartir los recursos y el mejor aprovechamiento de estos. Una aplicación como ésta puede ser utilizada cuando se tienen diferentes centros de imagen distribuidos por una o varias ciudades y el archivo central es compartido para almacenar los diferentes estudios realizados en cada zona. En caso de ser necesitado un estudio en una clínica satélite hace uso del almacenamiento a distancia solo contando con un almacenamiento local pequeño para operar durante algunos días, los estudios son enviados al archivo central donde se almacenarán con mayor tiempo y en caso de ser necesaria su consulta en la clínica satélite son solicitados al archivo central.

Con esta aplicación se puede distribuir mejor los recursos al no duplicar los servicios de almacenamiento en las zonas remotas. Puede ser también aplicado a los servicios especializados que un radiólogo especialista puede prestar, si que no puede estar en dos o más zonas al mismo tiempo, se realiza un diagnóstico centralizado, donde el radiólogo especialista está solo en la unidad central y recibe desde las clínicas periféricas los diferentes estudios realizados y genera los diagnósticos enviando solamente el reporte resultante a la clínica remota que realizó el estudio. En la figura III-9 se describe un ejemplo de telerradiología Archivo Central bajo demanda.

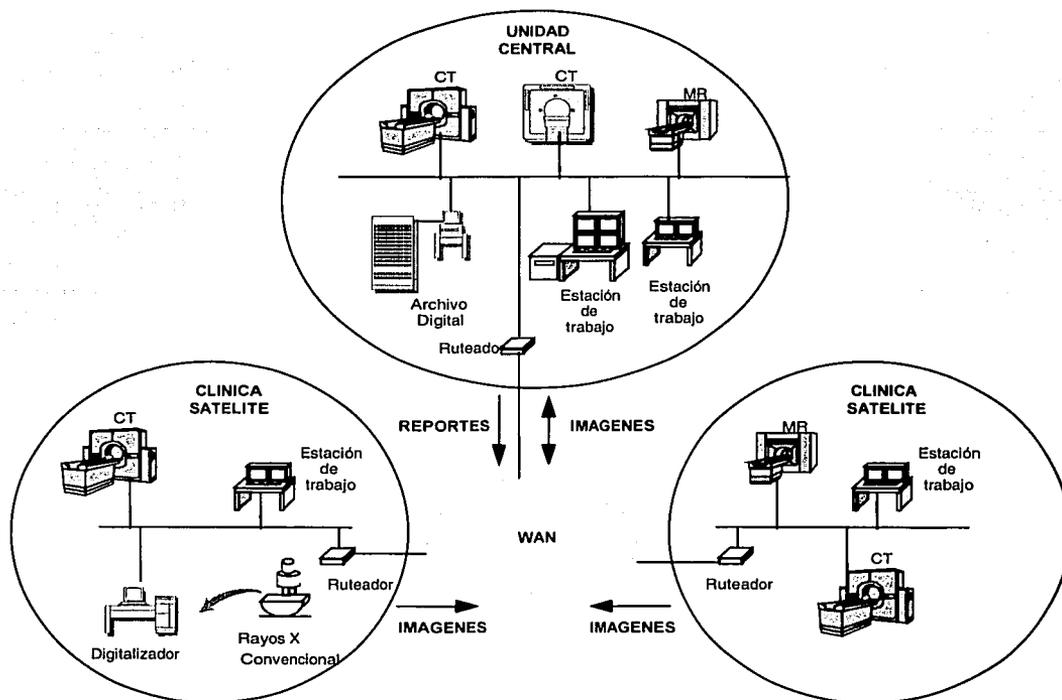


Figura III-9 Archivo Central - Telediagnóstico.

3.2.5 TELEADMINISTRACION

Esta aplicación puede ser utilizada cuando se tienen grandes infraestructuras en diferentes clínicas u hospitales y que se desea compartir la información generada por cada una, así como generar una administración central o distribuida de los diferentes hospitales con los sistemas que cada uno maneja. Este esquema puede ser aplicado a grandes corporativos en donde se tienen todos los recursos en cada hospital tales como archivo digital, estaciones de trabajo para despliegue, post-proceso y manipulación de imágenes, así como diferentes modalidades. Cuando determinado Hospital no posea determinado servicio de imagen y otro si lo posea, el paciente puede ser enviado al Hospital donde se tenga ese servicio y recibir en forma electrónica los resultados en donde el paciente será atendido. También se puede realizar consultas entre los diferentes centros, realizar comparaciones entre diagnósticos, compartiendo la información no importando en que sitio se encuentren los médicos. En la figura III-10 se muestra un ejemplo de teleadministración.

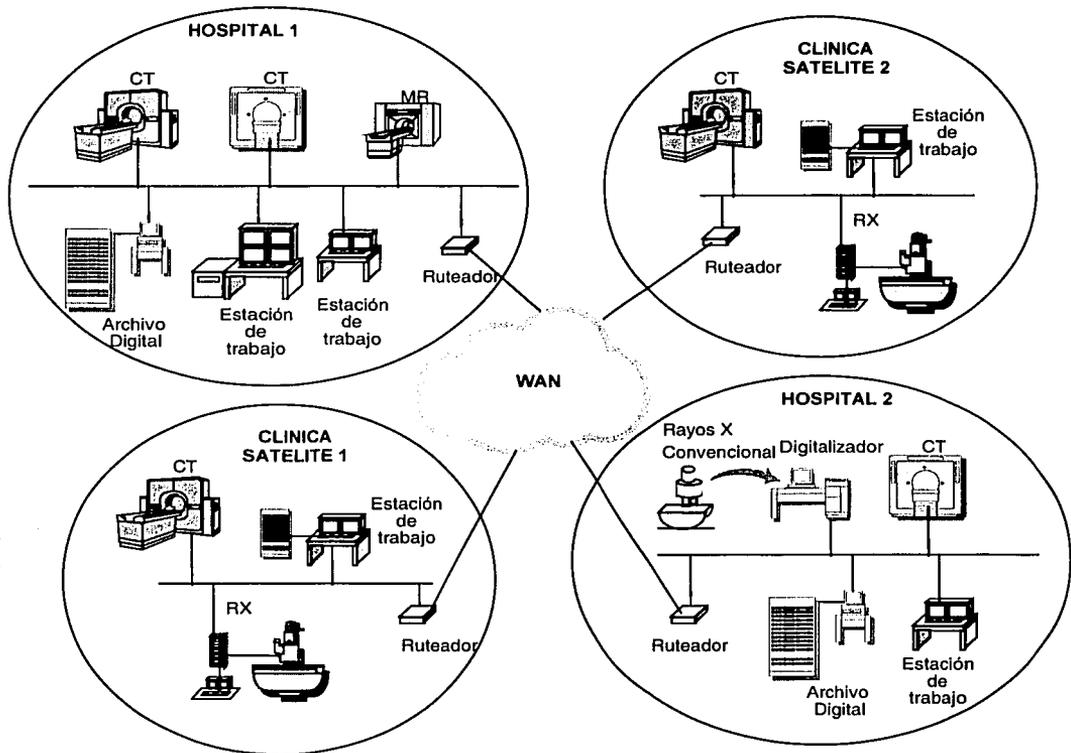


Figura III-10 Tele-administración

3.3 MEDIOS DE COMUNICACION PARA TRANSMISIÓN DE IMAGENES

Uno de los principales medios de transmisión a distancia es la utilización de módem y líneas telefónicas públicas. El módem convierte los datos digitales desde la estación de trabajo a una señal analógica para la transmisión sobre la línea telefónica pública. El otro módem de la estación de trabajo receptora convierte la señal analógica recibida a señal digital. La velocidad del módem es medida en los bits por segundo (bps) de datos transmitidos o recibidos y los rangos de velocidad son variados dependiendo del equipo y la capacidad de las líneas telefónicas, por ejemplo 9,600 bps a 28,800 bps o mayores (56kilo bits por segundo).

Además de las líneas telefónicas estándar y líneas telefónicas de alta velocidad, otros modos de transmisión de datos son posibles de utilizar en telerradiología incluyendo microondas, transmisión satelital y redes digitales. La selección de un modo de transmisión dependerá de la distancia entre el sitio de envío y el sitio de recepción y la cantidad de información a ser enviada. La interacción en tiempo real entre los sitios de envío y recepción requiere de una alta velocidad de transmisión.

Con microondas, los datos pueden ser enviados a mayor velocidad que la posible usada en las líneas telefónicas estándar.

Los diferentes servicios de comunicaciones que por el momento se ofrecen para la comunicación a distancia de datos pueden ser variadas y múltiples proveedores de estas, pero las más comunes son mostradas en la tabla III-1

Tipo	Descripción
Líneas analógicas	Provee conectividad a todo el mundo. Es el modo de transmisión más sencillo. Usando este servicio las llamadas pueden hacerse o recibirse desde cualquier computadora teniendo un módem compatible.
Líneas analógicas condicionadas	Provee una línea analógica localizada dedicada, que es tratada con ecualizadores para compensar el ruido. Una línea condicionada provee mayor tasa de transmisión con pocos errores que una línea normal analógica.
Línea digital de baja velocidad	Provee una conexión full-duplex ¹ , es una línea privada, con servicio digital basado en una conexión punto a punto. Este tipo de líneas soporta las velocidades: 2.4, 4.8, 9.6, 19.2, 24, 48, 56 y 64 y 128kbps
DS	Señal Digital que provee velocidades: DS-0 64 Kbps DS-1 1.544 Mbps DS-1C 3.152 Mbps DS-2 6.312Mbps DS-3 44.736Mbps DS-4 274.176Mbps Provee un servicio digital punto a punto, dedicado y privado.
T-1	Provee un servicio digital punto a punto, dedicado y privado, opera a 1.544Mbps (un DS-1) en full-duplex y modo multiplexado de división de tiempo. (Servicio ofrecido solo en Estados Unidos)
E-1	Provee un servicio digital punto a punto dedicado y privado, opera a 2.048Mbps en full-duplex y modo multiplexado de división de tiempo.
T-1 fraccionado	Provee servicio digital de alta capacidad, línea privada diseñada para soportar múltiples canales de 64Kbps, en lugar de tener un T1 completo, se tienen 24 canales de 64Kbps, pudiendo seleccionar uno o más canales de

	64Kbps
E-0s	Provee servicio digital de alta capacidad, línea privada diseñada para soportar múltiples canales de 64Kbps, en lugar de tener un E1 completo, se tienen 30 canales de 64Kbps, pudiendo seleccionar uno o más canales de 64Kbps
T-3	Provee un servicio digital punto a punto, dedicado y privado, opera a 44.736Mbps en full-duplex y modo multiplexado de división de tiempo.
E-3	Provee un servicio digital punto a punto, dedicado y privado, opera a 34.368Mbps en full-duplex y modo multiplexado de división de tiempo.
SONET (Synchronous Optical Network)	Una transmisión de alta velocidad y multiplexión estándar que soportará velocidades de 155.520Mbps y 622.080Mbps. En teoría SONET soportará velocidades de hasta 12.4416 Gbps

Tabla III-1 servicios de comunicaciones

Las múltiples tecnologías disponibles en el mercado permiten a las organizaciones comunicarse a la nube de las comunicaciones, siendo transparente la entrega de información desde un punto a otro. La nube oculta la forma de trabajar de la red para los miembros conectados. Cada nube tiene una interfaz diferente para cada punto de la red que corre entre el equipo del nodo conectado a la nube de la red. En la figura III-11 se muestra la nube de las comunicaciones.

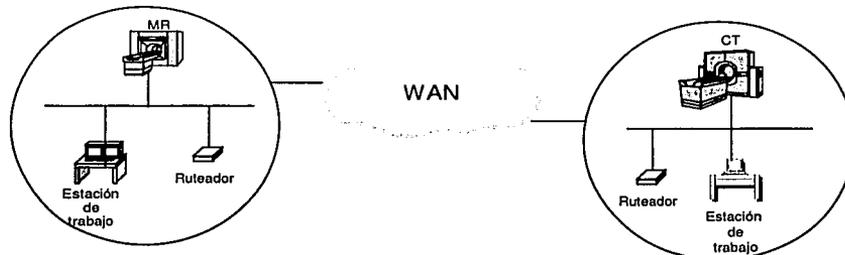


Figura III-11 Nube de las comunicaciones

Para lograr una interconexión eficiente adecuada entre las LAN's de una localidad a otra existen diferentes tecnologías como Frame Relay y ATM, que son protocolos que permiten interconectar las redes a través de enlaces de alta velocidad, ya que ofrecen un uso del canal de transmisión mucho más eficiente comparado con tecnologías anteriores como X.25 y TDM.

Aunque por el momento en México solo se tenga al alcance las tecnologías X.25, Frame Relay y ATM y los anchos de banda definidos por diferentes E1, estamos entrando al mundo del servicio ISDN muy pronto. A continuación se describen en la tabla III-2 los diferentes tipos de protocolos de conectividad WAN que son utilizados.

Estándar	Descripción
X.25	Define las interfaces entre una computadora o bridge/ruteador y un conmutador de paquetes. Uno de los métodos de transmisión de comunicaciones de área amplia pioneros y más utilizados. La velocidad de transferencia regularmente es menor o igual a 56 Kbps. X.25 es excelente para redes terminales pero es muy lento para las tecnologías cliente-servidor utilizadas hoy en día. Está basado en las tres primeras capas del modelo OSI (Física, Enlace, Red). Se desarrolló en los años 60's y fue diseñada para líneas telefónicas, soporta los problemas de transmisiones con ruido y confirma los paquetes de cada segmento y son enviados cuando se recibe un reconocimiento positivo. Es confiable y eficiente para la transmisión de datos de baja velocidad.
TDM	(Time Division Multiplexing) Multiplexando por división de tiempo. Técnica que combina varias señales de baja velocidad, formando una transmisión de alta velocidad. Por ejemplo, si A, B y C son tres señales digitales de 1Kbps cada una, las mismas pueden ser entrelazadas formando una de 3Kbps. En el extremo de recepción se separan de las diferentes señales y se recombina, formando corrientes simples.
Frame Relay	Protocolo de conmutación de paquetes orientado a la conexión permanente. Frame Relay provee múltiples conexiones para acceder a otras redes sobre la misma conexión física. Está basado en las 2 capas más bajas del modelo OSI (Física y Enlace) y reduce la cantidad de procesamiento requerido para recuperación de errores. Usa eficientemente las líneas de transmisión digitales de alta velocidad como lo son T1 y E1 (1.544 /2.048 Mbps). No provee recuperación de error para frames corruptos, ya que Frame Relay confía en la red y los protocolos de transporte para desempeñar retransmisiones y recuperación de errores, por lo tanto tiene mejor desempeño y aprovecha mejor las líneas de alta velocidad. Existe discusión para extender el estándar Frame Relay para soportar velocidades de T3 de 45Mbps y E3 de 34Mbps. Transmite en forma de ráfaga y retardos sensibles, con frames de longitud variable y según la demanda de transmisión.
ISDN	(Integrated Services Digital Network) Red digital de servicios integrados. Estándar internacional de telecomunicaciones para la transmisión de voz, video y datos a través de una línea de comunicaciones digitales. Emplea la señalización fuera de

	<p>banda, que provee un canal separado para la información de control. Los servicios ISDN se presentan en dos formas: BRI (Basic Rate Interface) Interfaz de régimen básico y PRI (Primary Rate Interface) interfaz de régimen primario. El BRI proporciona un servicio a 144Kbps, que incluye dos canales B de 64 Kbps para voz y video y datos; y un canal D de 16Kbps para información de control. El PRI provee un servicio a 1.54Mbps, que incluye 23 canales B de 64Kbps y un canal D de 64Kbps.</p>
ATM	<p>(Asynchronous Transfer Mode) Modo de transferencia Asíncrona. No es un servicio pero sí una tecnología de conmutación (o switcheo). Donde el principio básico es el de recibir flujo de datos, video o multimedia en este caso, convertirlo en segmentos muy cortos de longitud fija llamados celdas y transmitirlos por caminos alternos hasta su nodo de destino en donde se restablecen de la misma manera que llegaron. Tiene dos modalidades de anchos de banda, la primera de hasta 2 Mbps (E1) denominada Transmisión Asíncrona de Banda Estrecha (Narrow Band ATM) y otra de hasta 34 Mbps (E3) denominada Transmisión Asíncrona de Banda Ancha (Broad Band ATM). Broad Band segmenta la información en celdas de 53 bytes de los cuales 5 son utilizados para el direccionamiento de la celda. Gracias a que maneja una celda más pequeña, es más eficiente cuando las velocidades de la red varían entre los 128 Kbps hasta 2 Mbps.</p>
SMDS	<p>(Switched Multi-megabit Data Service) Servicio de datos multi-megabit conmutado. Define la interfaz entre una computadora un puente o ruteador y una red de ruteo celular. Es importante notar que los conmutadores ATM pueden fácilmente ser equipados con una interfaz SMDS para conmutar células SMDS. Este tipo de servicio puede alcanzar velocidades de hasta 45 Mbps (T3).</p>

Tabla III-2 Protocolos estándares de comunicación

¹ Full-Duplex Transmisión y recepción simultanea.

3.4 PROCESOS A DESARROLLAR PARA LA INSTALACIÓN DE UN SISTEMA DE TELERRADIOLOGÍA

Los procesos a desarrollar para la instalación de un sistema de telerradiología son diversos y tienen mucho que ver con todos y cada uno de los nodos que integrarán la red, considerando tanto los nodos remotos como locales.

Partiendo de una red digital de imágenes ya implementada, también el sistema de telerradiología puede ser el comienzo de una red digital de imágenes, comenzando por un sistema básico de telerradiología para crecer a una implementación PACS con todos sus componentes incluyendo telerradiología, con procesos definidos para la transferencia local de información y los diferentes equipos instalados en la LAN se pueden definir los siguientes pasos para la instalación de un sistema de telerradiología.

Seleccionar una tecnología WAN apropiada significa el balance de las capacidades de la tecnología disponible, el costo de cada servicio y la planeación del crecimiento a corto, mediano y largo plazo. Los siguientes pasos son importantes de seguir:

- Analizar el tráfico de cada segmento LAN
- Estimar el ancho de banda que deberá ser proveído por la WAN
- Seleccionar la tecnología WAN que signifique la mejor opción para los objetivos de comunicación

3.4.1 ANALIZANDO EL TRÁFICO DE LA LAN

Es imposible construir un alto desempeño de una WAN sin entender el tráfico que es generado en cada segmento LAN. Sin embargo, el primer paso es obtener una idea de los tipos de tráfico que es generado en un segmento LAN. Las respuestas a las siguientes preguntas pueden dar un mejor panorama.

- ¿Qué cantidad de información se transmitirá?, Es necesario determinar la cantidad de información generada en un día de trabajo y si toda ésta información deberá ser transmitida fuera de cada segmento LAN
- ¿Cuál será la política de transmisión? Si es conveniente realizar transmisión nocturna, si es necesario tener disponibilidad de la línea en situaciones de emergencia.
- ¿Qué tipo de tecnología es usada en cada segmento LAN: Ethernet, Tokenring, FDDI?
- ¿Cuántas estaciones están activas en cada segmento de LAN?
- ¿Qué tipo de aplicaciones además del de imágenes, las estaciones deberán ejecutar?, ¿Cuál es la combinación de la interacción de envío, recepción, consultas, etc.? Esto ayudará a determinar la cantidad de tráfico y cuando se esperarán picos y posibles cuellos de botella.
- ¿Qué estación es la que generará el mayor tráfico?, ¿Cuál estación está recibiendo el mayor tráfico? Esta información se deberá contemplar en un periodo no menor de 24 hrs para definir cuales son las estaciones de mayor actividad.

- ¿Cuáles son los diferentes tipos de sistemas operativos ocupados dentro de los diferentes segmentos de LAN a conectar (LAN Manager, Netware, VINES, TCP/IP, DECnet, ApleTalk, y otros? Esto ayudará a predecir las afecciones al tráfico como servicio de acceso de estaciones adicionales en el segmento de LAN.
- ¿Qué porcentaje del tráfico total de la LAN es usado por el sistema operativo y protocolo? Esto permitirá determinar el relativo impacto para cada protocolo cargado en la red.
- Durante una hora pico ¿Cuánto tiempo se está dispuesto a esperar para recibir información?

3.4.2 ESTIMAR EL ANCHO DE BANDA QUE DEBERÁ SER PROPORCIONADO POR LA WAN

Existen diferentes factores para seleccionar el ancho de banda que la WAN debe proveer, no solo la cantidad de tráfico y la frecuencia de uso de la WAN, también los costos, requerimientos para picos, tiempos de respuesta, topología y crecimiento.

3.4.2.1 Tarifas

El costo es uno de los factores de mayor importancia y peso para la determinación del ancho de banda a seleccionar en una WAN. Todos los administradores o dueños de un sistema esperan obtener el mayor ancho de banda por el menor costo.

Los costos dependerán mucho del tipo de tecnología a usar y de las negociaciones que se logren realizar con los deferentes proveedores de comunicaciones. El costo para acceder a la tecnología WAN es siempre relacionado con el ancho de banda que se utilizará. Típicamente, el costo de una WAN puede estar dividida en 4 áreas:

- Existe siempre un cargo por instalación de los equipos y este cargo puede ser sustancial cuando una línea es instalada por primera vez.
- Existen tarifas de renta mensual por el servicio. Este cargo dependerá del ancho de banda a utilizar, el tipo de servicio, la distancia entre localidades y algunas asesorías o imprevistos.
- Aparte del cargo mensual, pueden existir algunos cargos por uso. Estos pueden estar basados en el número de veces que el servicio es accedido, el tiempo total de conexión y/o el número frames transmitidos.
- El costo final es el costo de mantenimiento y puede reflejarse como soporte técnico, resolución de problemas de conexión o reconfiguración de servicios por crecimiento o reducción del ancho de banda proporcionado.

3.4.2.2 Picos en el ancho de banda

Existe la necesidad de prever los diferentes picos o sobresaturación del ancho de banda. Cuando el promedio de transmisión es de un ancho de banda determinado y existe un horario en donde existe una demanda mayor para la transmisión de información, debe considerarse determinado ancho de banda para cumplir con esto requerimientos y poder seguir dando el servicio de comunicación, sin reducir en mucho el tiempo de transferencia. Si existen picos de tráfico solamente en pocos minutos del día, existe la posibilidad de justificar un costo extra para incrementar la capacidad de la línea, por otra parte si se considera el no dar esa holgura para la transmisión, puede causar importantes retrasos para la transmisión de información que puede ser urgente.

3.4.2.3 Tiempos de Respuesta de la Red

El tiempo de respuesta esperado por los diferentes usuarios de la red es de suma importancia para la definición del ancho de banda a elegir en la WAN. Por siempre, los diferentes usuarios están esperando de una conexión remota la misma velocidad de respuesta que reciben de una conexión local y cuando son conectados a una WAN, experimentan la degradación en ambos lados, en el local y en el remoto. El desempeño local declina porque usuarios remotos están ahora compitiendo por el ancho de banda con los usuarios locales. Los servidores y ruteadores que los usuarios tenían para ellos mismos ahora deben de ser compartido con usuarios remotos. El desempeño en las localidades remotas es mucho más lento que el acceso local porque deben hacer uso de las líneas WAN que pueden ser considerablemente de menores velocidades.

Es importante considerar los tiempos de transmisión que pueden ser generados por determinada cantidad de información, es uno de los puntos necesarios de considerar para determinar el ancho de banda.

La tabla III-3 siguiente muestra el tiempo mínimo requerido para transmitir diferentes tamaños de archivos sobre uno ejemplos de velocidades que se pueden encontrar en una WAN. En la tabla los archivos están expresados en kilobits y no en kilobytes. El tiempo mínimo de transmisión es calculado con la fórmula:

$$(\text{Tamaño de archivo}) / (\text{Velocidad}) = \text{Tiempo de transmisión}$$

Velocidad	Archivo de 128 Kilo bits	Archivo de 256 Kilo bits	Archivo de 512 Kilo bits
9.6 Kbps	13 seg.	27 seg.	53 seg.
56 Kbps	2 seg.	5 seg.	9 seg.
128 Kbps	1 seg.	2 seg.	4 seg.
256 Kbps	0.5 seg.	1 seg.	2 seg.
1.544 Kbps	0.08 seg.	0.16 seg.	0.32 seg.

Tabla III-3 Tiempos de transmisión sobre WAN

Las preguntas a resolver en este momento son: ¿Cuánto tiempo se desea esperar para recibir o transmitir determinada cantidad de información? ¿A qué punto el personal se volverá impaciente al esperar una respuesta? ¿Qué pasará cuando exista una urgencia y no se pueda esperar?. Todo esto dependerá mucho de la planeación. Existen algunos pasos para prevenir una red congestionada. En el primero están involucradas las posiciones de los servidores, si un servidor es accesado por un segmento de red LAN por 25 usuarios y por otro segmento de red LAN por 5 usuarios, es obvio pensar que el servidor deberá estar colocado en el segmento donde se encuentren los 25 usuarios. En el segundo, está involucrada la duplicidad de servidores, si un servidor es accesado en un segmento de red LAN por 20 usuarios y por otro segmento de red LAN por 25, es necesario considerar la utilización de un servidor en cada segmento, realizando administración distribuida. Estos pasos ayudan a reducir tráfico en las comunicaciones WAN.

3.4.2.4 Topología de la WAN

La topología de la WAN tendrá influencia entre el ancho de banda requerido y cada circuito WAN. Todos pueden comenzar igual, una topología con conexión completa entre sus nodos generalmente requerirá muchas conexiones de bajo ancho de banda. La misma conectividad provista por una topología parcialmente conectada entre sus nodos puede requerir menores conexiones pero cada unión deberá tener un ancho de banda más grande.

En la figura III-12 se muestra en la conexión completa que existen tres líneas, donde se conectan tres puntos: Colima puede transmitir a Hermosillo y a México. En la conexión parcial, Colima debe enviar a México información a través de Hermosillo, se tienen sólo dos líneas y deben de tener mayor ancho de banda.

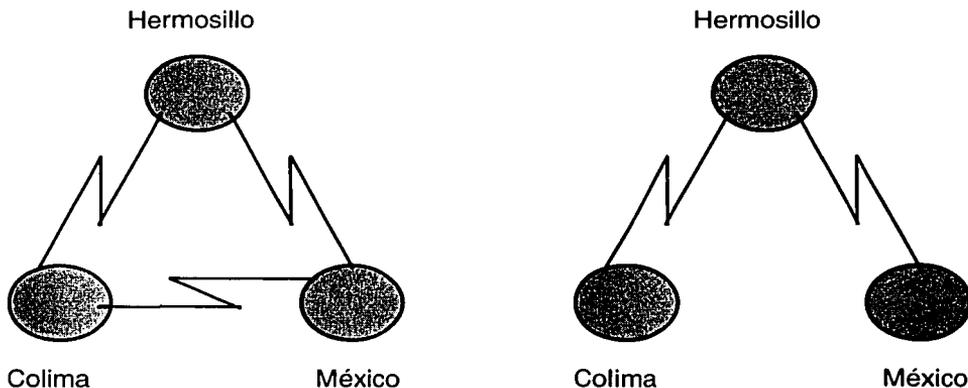


Figura III- 12 Conexión Completa y Conexión Parcial

3.4.2.5 Crecimiento

Se debe tener conciencia de cuál será el crecimiento de la red. Capacidad adicional debe ser proveída por cada punto de la WAN para dar servicio a nuevos usuarios como ellos son adicionados a cada segmento LAN. También, los usuarios de cada segmento LAN descubren los recursos en otros segmentos LAN, el tráfico tenderá a crecer.

3.4.3 SELECCIONAR UNA TECNOLOGÍA WAN

Después de analizar el tráfico de la LAN y estimar el ancho de banda requerido para satisfacer las necesidades, es tiempo de examinar la tecnología WAN disponible. Se deben de contestar las siguientes preguntas antes de seleccionar una tecnología WAN o un proveedor de éstos servicios.

3.4.3.1 Generales

- ¿Los objetivos de comunicación deberán ser logrados por una WAN pública o privada?
- ¿Será más económico para la organización implementar una red privada de voz y datos?
- ¿Deberá ser implementada la WAN con una sola tecnología o deberán ser usadas diferentes tipos?
- ¿Qué tecnologías pueden ser más efectivas para cada punto de conexión?
- ¿La compañía de comunicaciones provee un servicio específico sobre áreas geográficas específicas?, si la WAN debe crecer ¿La compañía de comunicaciones ofrece servicio en las áreas que se espera crecer?
- ¿Cuáles son las ventajas y las desventajas para seleccionar determinada tecnología sobre otra?
- ¿Cuáles son los términos económicos, que se ofrece, cuál será el servicio, cuáles serán las futuras expansiones, administración, etc.?

3.4.3.2 Tarifas

- ¿Cómo es cobrado el servicio, por distancia, por volumen de tráfico, por tarifa fija?
- ¿Cuáles son los casos especiales donde las tarifas mensuales pueden cambiar?
- ¿Cuáles son los costos de instalación y mantenimiento para determinada tecnología?
- ¿Cuál es costo total por mes para operar cada interfaz WAN usando determinada tecnología?

3.4.3.3 *Desempeño/Tecnología*

- ¿Cuánto tiempo tomará para transmitir determinada cantidad de información usando determinada velocidad de acceso?
- ¿Cómo afectará al proceso el tiempo de espera de respuesta de red LAN/WAN?
- ¿Qué tipo de compresión de datos será el óptimo para la transmisión de datos?
- ¿La red tendrá la posibilidad de manejar manejo y control de congestión?
- ¿Qué tipo de tecnología debe ser utilizada, switcheo, conexión a redes públicas, etc.?

3.4.3.4 *Soporte Técnico*

- ¿Cómo será el servicio proveído?
- ¿Quién será el responsable para determinar los problemas?
- ¿Qué instalaciones tiene el proveedor de comunicaciones para la resolución de problemas?
- ¿Cuántos ingenieros o técnicos de servicio cuenta el proveedor de comunicaciones?
- ¿Cuál será el tiempo de respuesta y atención cuando se presenten los problemas?
- ¿Existe algún servicio de respaldo en caso de fallas de equipos?
- ¿El proveedor de servicios de comunicaciones provee el servicio técnico o se debe llamar a otra compañía?
- ¿Cuál es el tiempo muerto o tiempo de funcionamiento promedio anual de los equipos y servicios de comunicaciones?
- ¿Cuál es el servicio de entrenamiento que ofrece el proveedor de comunicaciones?
- ¿Qué experiencia tiene el proveedor de comunicaciones en la conectividad LAN-LAN?

3.4.3.5 *Crecimiento Futuro*

- ¿Qué tan estable es la empresa que proveerá el servicio de comunicaciones?
- ¿Está presente el proveedor de servicios de comunicaciones presente dentro de las regiones que se planea un crecimiento?
- ¿Cómo está planeado el crecimiento o disminución del ancho de banda, nuevas líneas y qué costos deberán ser cubiertos?

3.5 BENEFICIOS EN EL USO DE TELERRADIOLOGÍA PARA EL HOSPITAL Y LA COMUNIDAD

Los beneficios pueden ser diversos y según el objetivo que se quiere alcanzar con el sistema de telerradiología. A continuación se describen algunos puntos que son beneficios para el hospital como para la comunidad.

3.5.1 HOSPITAL

- El hospital o institución de salud obtiene una agilidad en el proceso diario y puede generar con mayor rapidez los diagnósticos.
- Tiene la posibilidad de ampliar sus servicios a mayor número de pacientes y regiones, así como mayor presencia en diferentes comunidades a las que pueda atender.
- Al tener un sistema digital de imágenes tiene mayor posibilidad de consultar estudios, no importando dónde y cuándo hayan sido realizados.
- Se tiene la posibilidad de distribución óptima de recursos, ya que un grupo de especialistas puede estar asignado en determinada zona y ser consultado éste grupo desde cualquier punto que sea especificado, así como también determinados servicios pueden estar distribuidos en diferentes zonas.
- El hospital o institución tiene la posibilidad de mejorar sus procesos de atención con control sistematizado a pacientes, por medio de bases de datos que relacionan los estudios realizados a cada paciente.
- Mayor posibilidad de acceso a casos especiales para comparación y atención.
- Al existir la necesidad de docencia en el campo, con el sistema de radiología a distancia y manejo digital de imágenes, los estudiantes pueden realizar mayor aprendizaje al poder compartir diferentes casos clínicos de diferentes especialidades.
- Se pueden reducir los costos operativos al minimizar el uso de placas radiológicas y los químicos de revelado cuando se manejan las imágenes digitalmente.
- Los espacios requeridos para almacenamiento de películas en las instituciones del sector salud pueden verse reducidos a su mínima expresión, por lo que no serán necesarios grandes cuartos para este fin, los archivos digitales ocupan espacios muy reducidos.
- El personal puede ser reducido, ya que puede no requerirse gran número de personas para funciones administrativas como archivo y control, teniendo la posibilidad de incrementar el personal para las funciones propias del área de imágenes como adquisición, interpretación y distribución de estudios.
- Un sistema de telerradiología puede ser considerado como la llave de integración entre diferentes sistemas médicos.
- El uso de la tecnología da ventajas competitivas para el sector privado, ya que puede ser un punto a favor de la imagen de calidad y excelencia.

3.5.2

COMUNIDAD

- La comunidad se ve beneficiada con la telerradiología al no tener que trasladarse a centros especializados, ya que podrían ser atendidos por especialistas a distancia.
- Reciben mayor calidad de atención al tener los radiólogos mejores herramientas.
- Los pacientes pueden ser atendidos con mayor rapidez, con la posibilidad de manejo de imágenes digitales los diagnósticos pueden ser dados con mayor rapidez a los médicos de referencia y éstos iniciar tratamientos a menor tiempo posible, esto se ve reflejado también en acortar el tiempo de estancia de un paciente hospitalizado, ya que puede iniciar tratamiento con mayor rapidez. Además las imágenes diagnósticas y los reportes relacionados a los médicos responsables del tratamiento, reduciendo las pérdidas de estudios.
- Los pacientes y el personal encargado de realizar los estudios en el departamento de imagen reciben menor radiación al no tener la necesidad de repetir estudios por extravío o por mala adquisición, ya que la posibilidad de manejo digital de las imágenes reduce la posibilidad de pérdida y aumenta la factibilidad de mejoramiento de una imagen en forma digital.
- Existe una atención a mayor número de pacientes, ya que al reducir el tiempo de proceso en el área de imagen da la posibilidad de atender a más usuarios.

3.6 VENTAJAS

- Existe mayor control de los pacientes
- Se puede hacer uso de la tecnología informática actual para la transferencia de información
- Es factible la utilización de los medios de comunicación digitales existentes en el mercado.
- Los pacientes reciben mejor atención y calidad de servicio médico
- Existen muchas áreas susceptibles a mejorar y la telerradiología y la red digital de imágenes ayuda en gran medida.
- Mayor comunicación entre las unidades hospitalarias conectadas.

3.7 JUSTIFICACION DE LA TELERRADIOLOGIA

La telerradiología se justificará cuando:

- Existan diferentes zonas susceptibles a conectar.
- Que existan los servicios de comunicaciones.
- Cuando los procedimientos actuales para la atención a pacientes a diferentes zonas urbanas y rurales sean decadentes y costosos.
- El número de pacientes a atender en el área central supere la capacidad de atención
- Se requiera abrir nuevos mercados de atención médica

-
- Cuando los especialistas para diagnóstico de imágenes sean reducidos y el tiempo para trasladarse de un punto a otro sea inconveniente.
 - Cuando sea necesaria la presencia de uno o varios especialistas en dos zonas al mismo tiempo.
 - El gasto que las instituciones públicas realizan para trasladar a pacientes y familiares a centros especializados cuando no es requerido.
 - Cuando existan diferentes centros de atención radiológica pertenecientes a una misma institución y se requiera el control de pacientes y estudios radiológicos.
 - Mejorar el servicio de atención a los pacientes en calidad y rapidez de diagnóstico.
 - Sea necesario optimización de recursos y personal calificado para atención a mayor número de pacientes.
 - Compartir imágenes en sitios diferentes al mismo tiempo
 - Acceso instantáneo a estudios de pacientes y datos relacionados con él.
 - Amplia gama de productos para post-proceso, despliegue, envío, recepción y almacenamiento para cubrir las necesidades.
 - Diseño modular del sistema con posibilidad de crecimiento a nuevas regiones
 - Posibilidad de documentación de imágenes tanto en película como en papel

3.8 EMPRESAS EN MÉXICO QUE OFRECEN PRODUCTOS Y SOLUCIONES PARA TELERRADIOLOGÍA

El conocimiento de empresas con presencia en México y con experiencia en instalaciones en el país, da la posibilidad del crecimiento de la telerradiología en el sector salud. Es por eso que en este punto describo las empresas con sus soluciones para redes digitales de imágenes (PACS) y telerradiología.

- Siemens
- GE
- Philips
- AGFA
- Kodak

La empresa Siemens es una empresa Alemana con giro industrial-mecánico-eléctrico, en su ramo Médico está presente en México como filial de Siemens Alemania, localizada en Poniente 116 no. 590 Colonia Industrial Vallejo, teléfonos 53-28-20-00 y 53-28-21-64. www.siemens.med.com.

La división en México de Siemens en el área médica ofrece equipos de imagen como lo son Radiología, Tomografía Computarizada, Resonancia Magnética, Angiografía, Medicina Nuclear, Ultrasonido y diversos equipos dirigidos al área hospitalaria. En su división de redes digitales cuenta con soluciones y servicios dirigidos a PACS, telerradiología y administración hospitalaria. Sus productos son conocidos bajo el nombre SIENET, nombre que le asigna a PACS; Magic SAS, nombre que le asigna al sistema de información radiológica RIS, y SMS (Share Medical System) en el las diversas soluciones para administración hospitalaria.

Las instalaciones en instituciones de salud son las siguientes:

- Instituto Mexicano del Seguro Social IMSS, Centro Médico La Raza, 4 hospitales con PACS y RIS
- Medica Sur, área de radiología con PACS
- Instituto Mexicano de Psiquiatría, área de radiología con PACS y telerradiología con médicos de la Universidad Nacional Autónoma de México, facultad de medicina.

La empresa General Electric (GE), es una empresa de Estados Unidos con giro industrial-mecánico-eléctrico-financiero, en su ramo médico está presente en México como filial de GE Medical Systems México, localizada en Paseo de la Reforma 490 Col. Paseo de las Lomas, Cd. México D.F., teléfonos 552-57-62-93 y 52-57-63-00. www.gemedicalsystems.com

La división en México de GE en el área médica ofrece equipos de imagen como lo son Radiología, Tomografía Computarizada, Resonancia Magnética, Angiografía, Medicina Nuclear, Ultrasonido y diversos equipos dirigidos al área hospitalaria. En su división de redes digitales cuenta con soluciones y servicios dirigidos a PACS, telerradiología y administración radiológica. Sus productos son conocidos bajo el nombre Centricity PathSpeed, nombre que le asigna a PACS; y Centricity MEDORA, nombre que le asigna al sistema de información radiológica RIS.

Las instalaciones en instituciones de salud son las siguientes:

- Lomas Altas, Centro Médico privado, departamento de Radiología con PACS.

La empresa Philips, es una empresa de Holandesa con giro industrial-mecánico-electrónico, en su ramo médico está presente en México como filial de Philips Medical Systems, localizada en Norte 45 no. 669 Colonia Industrial Vallejo, México D.F., teléfonos 53-68-77-88 y 01800504-62-00. www.philips.com

La división en México de Philips en el área médica ofrece equipos de imagen como lo son Radiología, Tomografía Computarizada, Resonancia Magnética, Angiografía, Medicina Nuclear, Ultrasonido y diversos equipos dirigidos al área hospitalaria. En su división de redes digitales cuenta con soluciones y servicios dirigidos a PACS y telerradiología. Sus productos son conocidos bajo el nombre EasyAccess, nombre que le asigna a PACS; y EasyView, nombre que le asigna al sistema de información radiológica RIS.

Aún no cuentan con alguna instalación en México, pero ofrecen los productos dentro de sus soluciones.

La empresa AGFA de México, es una empresa de Bélgica con giro en el área fotográfica, en su ramo médico está presente en México como filial de AGFA Bélgica, localizada en Vía Morelos 330- E, 55530, México D. F., teléfonos 56-99-14-14 y 56-99-14-02. www.agfa.com/medical/

La división en México de AGFA en el área médica ofrece equipos de impresoras de película radiológica y productos y servicios dirigidos a PACS y telerradiología. Sus productos son conocidos bajo el nombre IMPAX, nombre que le asigna a PACS; RIS-IMPAX, nombre que le asigna al sistema de información radiológica RIS.

Las instalaciones en instituciones de salud son las siguientes:

-
- Hospital Central Militar, departamento de radiología con PACS.
 - Hospital de la Mujer, hospital militar, departamento de radiología con PACS.
 - Hospital de especialidades, hospital militar, departamento de radiología con PACS.

La empresa Kodak, es una empresa de Estados Unidos con giro en el área fotográfica, en su ramo médico está presente en México como filial de Kodak USA, localizada en Calzada de las Bombas No. 128-5, Colonia Ex-Hacienda de Coapa, teléfonos 55-99-17-03 y 55-99-17-04. www.kodak.com

La división en México de Kodak en el área médica ofrece equipos de impresoras de película radiológica y productos y servicios dirigidos a PACS y telerradiología. Sus productos son conocidos bajo el nombre Direct View, nombre que le asigna a PACS; y RIS2010, nombre que le asigna al sistema de información radiológica RIS.

Las instalaciones en instituciones de salud son las siguientes:

- Instituto Nacional de la Nutrición, departamento de radiología con mini-PACS.

3.9 METODOLOGÍA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE TELERRADIOLOGÍA

En el planteamiento del método a seguir para la implementación de un sistema de telerradiología, se describen a continuación los puntos esenciales a desarrollar y considerar.

3.9.1 DESCRIPCIÓN GENERAL

Se describe en forma general lo que será el sistema, la forma general de operación y los grupos involucrados. El planteamiento del sistema es descrito bajo este rubro.

3.9.1.1 Objetivos

Los objetivos generales y particulares del sistema

3.9.1.2 Descripción de Entidades

Las entidades a ser conectadas dentro del sistema, como hospitales o instituciones en alguna localidad

3.9.2 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA

Se describen los componentes que estarán involucrados en el sistema.

3.9.2.1 Modalidades a Conectar

Los equipos generadores de imágenes que serán utilizados en el sistema para la obtención de los estudios a pacientes.

3.9.2.2 Estaciones de Trabajo

Los tipos de estaciones de trabajo a utilizar y sus función dentro del sistema

3.9.2.3 Documentación

Tipos y formatos a utilizar para la impresión y documentación de estudios

3.9.2.4 Almacenamiento y Archivo

Descripción de los equipos a utilizar para el resguardo de los estudios, información de paciente y datos generales. Tipos y periodos de almacenamiento son descritos en este rubro.

3.9.2.5 Red de Datos

Arquitectura y topología de red a utilizar, donde se describen los componentes a utilizar como cableado, ruteadores, concentradores, módems, etc., y cómo serán conectados los nodos que integrarán la red digital de imágenes.

3.9.2.6 Distribución de imágenes

Tipo de distribución de imágenes a utilizar dentro y fuera de las instalaciones

3.9.3 FUNCIONALIDAD DEL SISTEMA (FLUJO DE TRABAJO)

Procesos que se realizarán en el sistema, flujo de información y datos a procesar dentro del sistema.

3.9.4 CONECTIVIDAD A SISTEMAS DE INFORMACIÓN

RADIOLÓGICA

Descripción de la conectividad a algún sistema de información radiológica y los procesos a realizar en este.

3.9.5 ENTRENAMIENTO Y PUESTA EN MARCHA

Concepto de entrenamiento a usuarios y planeación para puesta en marcha del sistema.

3.10 RESUMEN

La radiología a distancia o telerradiología es una expansión de una red digital de imágenes. Esta es la transmisión de imágenes con la utilización de los diferentes medios de telecomunicaciones y servicios especiales de larga distancia.

El principio de operación se basa en un equipo de transmisión, un medio de comunicación y un equipo de recepción. Los componentes son básicamente los utilizados en una red digital de imágenes: equipos generadores de imágenes, estaciones de trabajo, almacenamiento y los medios de comunicación a utilizar para la transmisión de imágenes a distancia.

La telerradiología está definida por las formas de aplicación como:

- Telerradiología por llamada, donde un radiólogo se conecta vía telefónica desde su hogar por ejemplo, a los sistemas del hospital para recibir imágenes de referencia y estar virtualmente en el hospital.
- Teledistribución, distribución a diferentes nodos remotos desde una red digital de imágenes central.
- Consulta a expertos, corroboración de diagnósticos o evaluación de estudios complejos.
- Archivo Central, compartir el almacenamiento desde diferentes nodos remotos.
- Administración entre hospitales, distribución de recursos y conectividad entre ellos.

Para la implementación de un sistema de telerradiología deben considerarse la tecnología WAN a utilizar, analizar el tráfico de la red y el ancho de banda necesaria y el crecimiento a futuro, además de considerar los diferentes equipos propios para la manipulación de imágenes (estaciones de trabajo, equipos generadores de imágenes y almacenamiento).

Los beneficios que se pueden encontrar para un hospital o institución de salud con el uso del sistema de telerradiología: Mayor agilidad en el proceso diario para la generación de diagnósticos, mayor cobertura a regiones distantes y de difícil acceso, distribución de recursos y control sistematizado de pacientes, posibilidad de realizar consultas a distancia, reducción de costos operativos al no repetir estudios y al no utilizar películas radiológicas, entre otros.

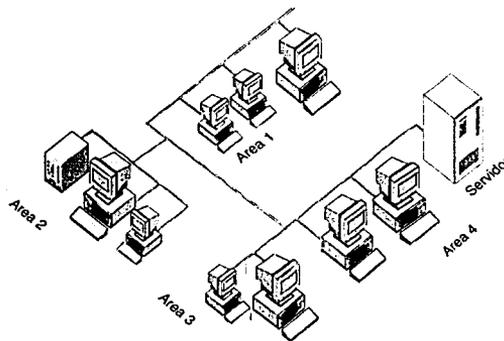
La comunidad puede recibir los beneficios de atención en la misma localidad reduciendo el traslado a centros médicos especializados, rápida atención, posibilidad de atención especializada a distancia.

Para justificar un sistema de telerradiología es necesario contar con zonas que cuenten con servicios radiológicos, sean susceptibles a conectar, que existan servicios de

comunicaciones, cuando el número de pacientes a ser atendidos en el área central supere la capacidad de atención médica, cuando los servicios especializados de radiólogos sean escasos y se tengan muchas zonas de atención, cuando se requiera reducir el gasto por traslados de pacientes a los centros especializados, compartir en diferentes lugares las mismas imágenes.

CAPÍTULO 4

CASO PRÁCTICO



4 CASO PRÁCTICO.

El desarrollo para la implementación de un sistema de telerradiología puede contemplar todos o algunos de los componentes de una red digital de imágenes y su expansión a telerradiología, describiendo los diferentes procesos y departamentos que estarán involucrados. Es de suma importancia que en el planteamiento sean considerados todos los aspectos que son involucrados para el sistema, ya que de éste surgirán las diferentes necesidades a satisfacer y los objetivos a cubrir.

A continuación se describe como caso práctico el planteamiento a desarrollar en una posible implementación de una red digital de imágenes y telerradiología¹, donde se describirán las unidades médicas a ser conectadas, las funciones que debe ser realizadas en cada unidad médica y los diferentes aspectos del sistema siguiendo el método descrito en el punto 3.8 del capítulo anterior.

Para el desarrollo de este caso, se consultaron productos y soluciones de la empresa Siemens. Se utilizan las soluciones Siemens como empresa de gran experiencia a nivel nacional e internacional, que está presente en México con servicio técnico capacitado en el área, por contar con sistemas de información radiológica y PACS instalados en México, por contar con configuraciones escalables para crecimiento futuro del sistema. La institución de salud al que está dirigido éste planteamiento solicitó la marca por tener buenas relaciones y además por que ya cuenta con equipamiento Siemens.

¹ El presente desarrollo es una propuesta aplicable a cualquier institución de salud, no se dan nombres particulares por mantener confidencialidad de éstos.

4.1 DESCRIPCIÓN GENERAL

El sistema propuesto integrará las diferentes unidades médicas que se muestra en la tabla IV-1 siguiente:

Unidad Médica	Descripción
Hospital Central México	Hospital de Especialidades con todos los servicios de especialidades médicas. Ubicado en el Distrito Federal y con mayor población para atención. El departamento de imagen es grande y con equipos de diagnostico digitales de diferentes modalidades. Este Hospital recibe pacientes que son enviados desde las clínicas remotas para estudios más sofisticados.
Clínica Remota Querétaro Clínica Remota Tlaxcala	Clínicas de primera atención donde existe departamento de Imagen, existen equipos

<p>Clínica Remota Cuernavaca Clínica Remota Puebla</p>	<p>de Rayos X y otros equipos, donde el técnico radiólogo es el responsable de la adquisición de estudios pero no se cuenta con los servicios de un médico radiólogo de planta constante, existe un grupo de radiólogos que atiende esas clínicas haciendo recorridos semanales para la atención de los servicios de radiología. La población de atención es limitada por la capacidad de la clínica. Las clínicas remotas dependen directamente del Hospital Central de México.</p>
--	--

Tabla IV-1 Unidades médicas a ser conectadas

La intención del sistema de telerradiología es la integración de las unidades médicas y recibir soporte desde el Hospital Central México en relación a diagnósticos médicos.

4.1.1 OBJETIVOS

4.1.1.1 Objetivos Generales

- Manejo de un archivo digital
- Comunicación de imágenes entre El Hospital Central México y las clínicas remotas
- Reducción en el uso de películas
- Servicio de radiología especializada
- Realización de diagnóstico en estaciones de trabajo

4.1.1.2 Objetivos Particulares Hospital Central México

- Red digital de imágenes para integrar todas las modalidades de imagen existentes en el Hospital.
- Función de almacenamiento central para producción local y de las clínicas remotas
- Realización de diagnóstico local y remoto a través de estaciones de trabajo
- Distribución interna de imágenes
- Utilización mínima de película radiográfica

4.1.1.3 Objetivos particulares Clínicas Remotas

- Utilización de servicios especializados
- Utilización de los archivos de sus pacientes
- Recepción de diagnósticos desde Hospital Central México

4.1.1.4 Descripción de Entidades

Hospital Central México

Descripciones Generales:

Hospital General Privado de beneficencia

Departamentos o especialidades presentes:

Radiología, Cardiología, Urología, Oncología, Ortopedia, Neurología, GinecoObstetricia, Pediatría.

Médicos Radiólogos: 5 por turno, turnos matutino y vespertino.

Técnicos Radiólogos: 12

Días de trabajo: 5 días a la semana con guardias los fines de semana, un total de 288 días de atención al público en promedio al año.

Jornadas de trabajo: 8 horas por turno con 3 diferentes turnos, donde el turno matutino y vespertino tienen atención al público y el turno nocturno sólo urgencias.

Existe un sistema de información hospitalaria en donde se desea la integración de éste con las imágenes de cada paciente para mejor seguimiento del archivo clínico.

En la tabla IV-2 se muestran los equipos a conectar en red que posee el hospital. Mismos que son de tecnología digital y cuentan con la posibilidad de enviar imágenes en formato Dicom

Cantidad	Descripción
2	Tomógrafo Computarizado
2	Rayos X, Telemando Digitales
1	Angiografía Digital
3	Ultrasonido Digital
1	Resonancia Magnética
1	Medicina Nuclear
1	Digitalizador de Película
1	Radiografía Computada

Tabla IV-2 Equipos a conectar.

El digitalizador de Película está orientado a introducir a la red digital de imagen los estudios de pacientes que tengan placas realizadas en otros hospitales y estudios antiguos de interés que deseen mantener en el sistema.

El equipo de radiografía computada que está basado en el sistema de lector de chasis sensibles de fósforo para dar servicio de digitalización a los equipos existentes de radiología convencional y equipos móviles de Rayos X (5 equipos).

En la tabla IV-3 se describen las necesidades de manipulación y despliegue

Lugar	Necesidad
Departamento de Radiología e Imagen	5 radiólogos por turno que deben tener la posibilidad de realizar post-proceso y todo tipo de reconstrucciones de imagen posible para realizar diagnósticos desde las estaciones de trabajo. Se debe considerar que al menos dos estaciones deberán estar dedicadas para recibir las imágenes de las clínicas remotas para apoyo y diagnóstico. Es necesario la utilización de al menos una estación de trabajo para demostraciones clínicas y enseñanza.
Urgencias	Es de importancia recibir imágenes de referencia para atención a casos urgentes
Quirófanos	5 quirófanos que deben recibir imágenes de referencia durante las intervenciones quirúrgicas.
Consultorios	30 consultorios son susceptibles a recibir imágenes de referencia para seguimiento de tratamientos

Tabla IV-3 Necesidades de manipulación y despliegue

En la tabla IV-4 se describen las necesidades de almacenamiento

Almacenamiento en línea	30 días	Almacenamiento primario de pacientes recientes con acceso inmediato.
Almacenamiento secundario	3 meses	Almacenamiento en jukebox para acceso a pacientes con estudios de hasta tres meses
Almacenamiento histórico	Discos Magnético Ópticos	Almacenamiento fuera de línea para pacientes con estudios con mayor antigüedad de tres meses.

Tabla IV-4 Necesidades de Almacenamiento

En la tabla IV-5 se muestran las necesidades de documentación

Área	Descripción
Radiología e Imagen	Se requiere de documentación en película para casos específicos, sin ser de gran utilización debido a que el diagnóstico deberá ser realizado desde estaciones de trabajo. Es necesaria la posibilidad de documentación en papel para casos especiales.

Tabla IV-5 Necesidades de documentación

En la tabla IV-6 se muestran las necesidades de intercambio de información

Área	Descripción
Radiología e Imagen	Debe existir un sistema de información Radiológica que permita la administración general del departamento de radiología e imagen y con posibilidades de ser compartido con las clínicas remotas.
Hospital Central México	Posibilidad de intercambio de información con el sistema de información hospitalaria para la administración general del hospital.

Tabla IV-6 Necesidades de intercambio de información

Clínicas Remotas

Descripciones Generales: Clínicas de primera atención sin servicios mayores de hospitalización.

Días de Trabajo: 288

Jornadas de Trabajo : 8 horas un solo turno

En la tabla IV-7 se muestran la cantidad de radiólogos y técnicos radiólogos en las clínicas remotas.

Clínica Remota	Radiólogos	Técnicos
Clínica Remota Querétaro	1	3
Clínica Remota Tlaxcala	0	2
Clínica Remota Cuernavaca	0	2
Clínica Remota Puebla	1	3

Tabla IV-7 Médicos Radiólogos y técnicos radiólogos en clínicas remotas

Las clínicas remotas cuentan con servicios de Rayos X con equipos convencionales, se considera que los equipos a ser conectados son únicamente las estaciones de trabajo y los digitalizadores de película, para los casos en donde existan equipos de ultrasonido serán conectados a la red.

Equipos a conectar en red:

- Clínica Remota Querétaro
1 Digitalizador de película, 2 Ultrasonidos
- Clínica Remota Cuernavaca
1 Digitalizador de película, 1 Ultrasonido
- Clínica Remota Tlaxcala
1 Digitalizador de Película
- Clínica Remota Puebla
1 Digitalizador de Película

En la tabla IV-8 se muestran las necesidades de manipulación y despliegue en las clínicas remotas.

Lugar	Necesidad
Departamento de Radiología e Imagen	Cada clínica remota debe tener posibilidad para manipulación y despliegue de imágenes orientada a los tipos de equipos que se tienen instalados. Debe existir la posibilidad de comunicación al Hospital Central México para la transmisión de imágenes y recepción de diagnósticos.

Tabla IV-8 necesidades de manipulación y despliegue

Necesidades de Almacenamiento: únicamente se requiere del tipo de almacenamiento en línea por 4 días.

En la tabla IV-9 se muestran las necesidades de documentación

Área	Descripción
Radiología e Imagen	La documentación seguirá realizándose de forma convencional (no digital), se provee la posibilidad de impresión local en papel.

Tabla IV-9 necesidades de documentación

4.1.2 DESCRIPCION DEL SISTEMA

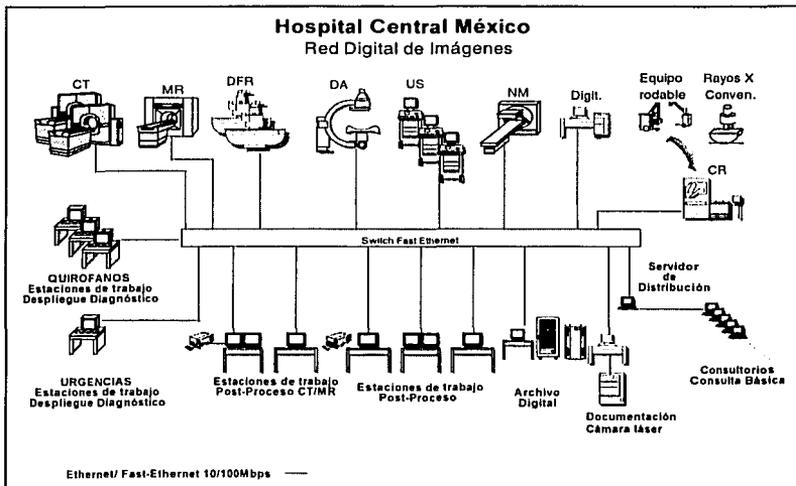
El desarrollo será realizado en dos partes, donde la primera se realizará para el Hospital Central México aplicando la red digital que debe incluir todos los componentes necesarios para cumplir los objetivos y satisfacer las necesidades de éste hospital, continuando con la expansión de la red a Telerradiología para integrar a las clínicas remotas.

4.1.2.1 HOSPITAL CENTRAL MEXICO

El desarrollo actual integrará las diferentes salas de Diagnóstico del Hospital Central México a una Red Digital de Imágenes común, donde existen salas de Rayos X de tipo digital y de tipo convencional (no digital). El proyecto está configurado de tal manera que en su fase final se logrará el proceso digital de imágenes.

El desarrollo presente cumple con el manejo digital de los estudios radiográficos, así como también logra la consulta, manipulación, distribución y archivo de las imágenes adquiridas desde los sistemas de imagen hacia las estaciones de trabajo.

Alcance: La configuración descrita a continuación reduce la utilización de placas radiológicas, con la posibilidad de realizar impresiones en película sólo cuando sea necesario y con autorización del jefe de radiología, además se podrá lograr la distribución de los estudios radiográficos a través de la red digital de imagen a diferentes puntos del departamento de Radiología e Imagen, así como a urgencias, quirófanos y consultorios. En adición se puede lograr una significativa mejora en el proceso de imagen, control de pacientes y administración hospitalaria. La Figura IV-1 muestra diagrama de conectividad.



En la figura IV-1 se muestra el diagrama de conectividad de la red digital de imagen para el Hospital Central México.

4.1.2.1 MODALIDADES A CONECTAR

En la tabla IV-10 se muestran las modalidades a conectar en el sistema

Cantidad	Descripción	Abreviación	Cuenta con Dicom 3.0
2	Tomógrafo Computarizado	CT	Si
2	Telemando Digitales	DFR	Si
1	Angiografía Digital	DA	Si
3	Ultrasonido	US	Si
1	Resonancia Magnética	MR	Si
1	Medicina Nuclear	NM	Si
1	Digitalizador de Película	Digit.	Si
1	Radiografía Computada	CR	Si

Tabla IV-10 modalidades a conectar

Estos equipos estarán conectados directamente a la red por medio de comunicación DICOM 3.0 compatible (son equipos digitales y pueden utilizar DICOM 3.0) y podrán

enviar imágenes desde el momento de su adquisición o al término del día de trabajo, al almacenamiento digital, a documentación o a las estaciones de trabajo, según sea requerido.

4.1.2.1.2 Estaciones de Trabajo

En la tabla IV-11 se muestran las estaciones de trabajo necesarias en el Hospital

Lugar	Cantidad	Tipo de Estación de Trabajo
Departamento de Radiología e Imagen	5	Estación de Trabajo de Post-procesamiento, con reconstrucción tridimensional, cortes multiplanares, posibilidad de aumento de brillo y contraste, realizar mediciones y anotaciones dentro de cada imagen, resaltar zonas de interés, entre otras aplicaciones. 2 estaciones estarán designadas a realizar las reconstrucciones y procesos para CT y MR con posibilidad de también manejar imágenes de otras modalidades, 3 más para el trabajo generado por DFR, DA, CR, US, NM y Digit. Estaciones de trabajo con computadoras de alto desempeño y con gran cantidad de memoria RAM y alta calidad de imagen para el manejo de imágenes de todas las modalidades (Sun SPARC con 512 MB en RAM, 20GB en disco duro, monitor de 20", posibilidad de manejo de imágenes con una resolución de 2048 pixeles con profundidad de 12 bits). 2 de ellas con 2 monitores para realizar comparación de estudios entre las diferentes modalidades
Urgencias	1	Estación de trabajo de despliegue con alta resolución. La plataforma de éstas será una computadora de alto desempeño con alta calidad de imagen. (Sun SPARC con 512MB de RAM, disco duro de 20GB, monitor de 20", posibilidad de imágenes con una resolución de 2048 pixeles con profundidad de 12 bits).
Quirófanos	3	Estaciones de trabajo de despliegue con alta resolución, una estación para cada quirófano. También será necesario una computadora de alto desempeño con alta calidad de imagen. (Sun SPARC con 512MB de RAM, disco duro de 20GB, monitor de 20", posibilidad de imágenes con una resolución de 2048 pixeles con profundidad de 12 bits).

Consultorios	30	Estaciones de consulta básica o de referencia. La plataforma podrá ser una computadora personal con posibilidades de manejo de imagen (Computadora personal de por lo menos tipo Pentium con tarjeta aceleradora de gráficos memoria de cuando menos 32 MB y monitor de 20")
--------------	----	--

Tabla IV-11 Estaciones de trabajo

4.1.2.1.3 Posibilidades de Documentación

Se contempla la posibilidad de documentación a través de cámara láser para película. La cámara Láser quedará a elección, ocupando las cámaras láser en el mercado.

La documentación será través de 2 servidores de cámara láser para película que controlará todos los servicios de documentación de los equipos digitales conectados en la red digital.

La impresión podrá realizarse a través de la siguiente opción:

1.- Por medio de un Servidor de Cámara que controlará los trabajos a impresión enviados desde cualquier punto de la Red Digital de Imagen. La posibilidad de impresión puede realizarse desde cualquier estación de trabajo. La computadora que controla los trabajos de impresión es arquitectura SPARC con 256MB.

2.- Se contempla además la posibilidad de impresión en papel conectando directamente a la red impresora de tipo láser con 1600dpi y 4MB de memoria RAM.

4.1.2.1.4 Digitalización de Imagen

Un Digitalizador de placas radiológicas que tendrá la función de integrar al Sistema Digital de Imagen los estudios que provengan de otros hospitales o de modalidades convencionales. Cabe recalcar que éste equipo está diseñado para digitalizar placa y el proceso de trabajo se requiere de la utilización de películas.

En la tabla IV-12 se muestran los formatos o tamaños de película a utilizar para ser digitalizados.

Pulgadas (")	Centímetros (cm.)
8x10	(18x24)
10x12	(24x30)
12x14	(28x35)
14x14	(35x35)
14x17	(35x42)

Tabla IV-12 Formatos posibles a digitalizar

Digitalizador con resolución 1024 o 2048 pixeles, 8 o 12 bits de profundidad respectivamente.

El tiempo máximo a digitalizar y enviar a la red es de 120 segundos por placa de tamaño 14"x17" (35x42cms) a resolución de 2048 con 12 bits de profundidad. Este equipo es capaz de digitalizar placas de Mastografía.

El equipo de radiología digital por luminiscencia o lector de chasis sensibles al fósforo, se encarga de la lectura del chasis sensibles a los rayos X convirtiendo a información digital la concentración de Fósforo. Además es capaz de ligar la imagen a los datos personales del paciente e identificación del hospital, para su reconocimiento posterior en la red digital de imagen.

El equipo se suministra con los siguientes juegos de chasis: 6 chasis de 14 x 17", 6 chasis de 10 x 12" y 4 chasis de 8 x 10". Y los siguientes portachasis: 3 portachasis de 14 x 17", 3 portachasis de 10 x 12" y 2 portachasis de 8 x 10"

Los chasis necesarios para el proceso de trabajo son los siguientes:

3 hojas sensoras 14x17", 3 de 10x12" y 2 de 8x10"; con 6, 6, y 4 chasis respectivamente, para cumplir con la carga de trabajo descrita a continuación como se muestra en la tabla IV-13

	Total placas por mes			
	Estudios Simples	Total por día (20 días)	Total por turno (2 de 8 hrs.)	Total por hora
8 x 10	1342	67.1	33.6	4.2
10 x 12	1112	55.6	27.8	3.5
14 x 17	1666	83.3	41.7	5.2
Total	4120	206.0	103.0	12.9

Tabla IV-13 Carga de trabajo, estudios a realizar

4.1.2.1.5 Componentes de Almacenamiento y Archivo

El almacenamiento está contemplado para el guardar las imágenes en línea por un periodo de 30 días, el almacenamiento secundario será de 3 meses y el almacenamiento histórico se conservará en discos magnético ópticos. Se contempla el uso de compresión de datos con una relación de 2.5.

La arquitectura a utilizar debe ser Distribuida, ya que la operación de las clínicas remotas debe ser independiente del archivo central, la operación diaria debe ser realizada en las estaciones de trabajo, con suficiente almacenamiento a corto plazo para mantener la operación, utilizando el archivo central para recepción de estudios a largo plazo.

A continuación se muestra la tabla IV-14 con el cálculo de información generada por día por cada equipo que estará conectado a la red.

Análisis de Volumen de Información por año (1 Año =				288			Días de Trabajo)	
Tipo	Modelo	Matriz	Byte/Pix.	Exams/Día	Images/Exam	MByte/Día		
CT	Tomógrafo Computadp	512	2	10,0	60	300,00		
CT	Tomógrafo Computado	512	2	8,0	60	240,00		
CT Sum						540,00		
MR	Resonancia Magnética	512	2	10,0	60	300,00		
MR Sum						0,0		300,00
CR	Digitalizador de chasises	2048	2	70,0	4,0	2.240,00		
CR Sum						0,0		2.240,00
DFR	Telemando	1024	2	8,0	10,0	160,00		
DFR	Telemando	1024	2	15,0	10,0	300,00		
DFR Sum						0,0		460,00
DA	Angiografía	1024	2	3,0	200,0	1.200,00		
Angio Sum						0,0		1.200,00
NM	Medicina Nuclear	256	1	10,0	30,0	18,75		
NM Sum						0,0		18,75
Digitizer	Siemens Digitizer	2048	2	20,0	1,0	160,00		
Digitizer Sum						0,0		160,00
US	Ultrasonido	512	1	7,0	8,0	14,00	12 Modalidades	
US	Ultrasonido	512	1	7,0	8,0	14,00	175,0 Estudios/día	
US	Ultrasonido	512	1	7,0	8,0	14,00	50400 Estudios/año	
Ultrasound						0,0		42,00
						Total		4 960 75

Requerimientos:		Valores Calculados:	
Estancia (Días)	30	Capacidad de arch. neces. (GB)	Data p.a. (GB) 1.395,2
Estudios viejos en arch. (%)	80,0%	- Imágenes nuevas	145,3
Estudios viejos en línea (%)	20,0%	- Imágenes viejas	581,3
Archivo en Línea (mes)	3	Total	726,7
Compresión de Datos	2,5	Requ. en línea sin compr. (GB)	436,0
Días laborables / año	288	- New Images/compressed	139,5
Opt. Disk (cap. ffs. en GB)	1,7	- Old Images/compressed	34,9
Jukeboxes	1	Total (compr. in GB)	174,4
Opt. Disks por Jukebox	160		
			Cap. Actual en línea (GB) 272,0
			Cap. Actual en línea (mes) 4,7
			Req. cap. act. (mes) 1,7
			Optical Disks 5 1/4 " / Año 329

Tabla IV-14 Análisis de volumen de información generada por año

El equipo para almacenamiento es un servidor de archivo que controla la base de datos de pacientes con las imágenes relacionadas a éstos y tendrá almacenamiento de 180GB de capacidad para almacenamiento en línea, y un jukebox de 160 discos ópticos con la capacidad 1280 GB para almacenamiento secundario(considerando discos magnéticos ópticos de 4.8GB de capacidad).

4.1.2.1.6 Red de Datos

Para la red de datos se planea la utilización de conexión con cableado estructurado entre los dispositivos vía Ethernet Twisted Pair sin blindar (UTP) nivel 5 con fibra óptica en sus puntos más solicitados, y manejo de 10Mbps y 100Mbps para lugares como lo son el archivo digital de imágenes, las estaciones de trabajo del departamento de radiología e imagen., los cuales son los que manejarán mayor cantidad de información en un día de trabajo. Las modalidades digitales se planea sean conectadas por medio de cableado estructurado UTP nivel 5 y con la utilización del protocolo de comunicación TCP/IP y formato estándar DICOM 3.0 con servicios DICOM Query/Retrieve, DICOM Send/Receive, DICOM Print, DICOM storage y DICOM Study Management. Se utilizarán 2 Concentradores Fast-

Ethernet y dos Switch Ethernet con los puertos necesarios para las modalidades digitales. Para la distribución de imágenes a consultorios se utilizarán concentradores ethernet y cableado estructurado UTP nivel 5.

Tráfico de la LAN

- Cantidad de información a transmitir: 4,960.75 MB producidos en un día
- Direcciones a transmitir simultáneamente: 6 a 15 en promedio
- En un día de trabajo con 15 horas de mayor carga de trabajo, donde el 70% de éstas son de carga de trabajo máximo
- El tráfico de LAN será de 10.3 a 21.8 Mbps (según cálculos obtenidos por la tabla IV-14a donde se muestra el cálculo de la capacidad y desempeño necesarios.
- Política de Transmisión: transmisión continua dentro del hospital
- La Tecnología a usar en el segmento de LAN: FastEthernet que permite la velocidad de 100Mbps

Cálculo de Capacidad - Desempeño		Estudios/Día	175	Total GB/Day	4.97
		Estudios/año	50,400	Total GB/Year	1430.52
Estudios anteriores a consultar	en %	<input type="text" value="20"/>	Archivo: CDRom, OD - JB - Capacidad	Months	<input type="text" value="3"/>
Imágenes en RAID	Días	<input type="text" value="30"/>	Tasa de Compresión de datos:	Factor	<input type="text" value="2.00"/>
			Capacidad de Discos discos ópticos (en GB)		<input type="text" value="4.8"/>
			Archivo profundo - capacidad	Años	<input type="text" value="1"/>
Capacidad en RAID requerida	GB	<input type="text" value="179"/>	Tasa de Compresión de datos:	Factor	<input type="text" value="2.50"/>
Cap. Jukebox datos c/compresión	GB	<input type="text" value="358"/>	Archivo profundo c/compresión. Requiere de :	TB	1.43
Cap. Jukebox datos s/compresión	GB	<input type="text" value="179"/>	Archivo profundo s/compresión. Requiere de :	TB	0.57
CD requeridos; Dicos ópticos / Año		<input type="text" value="37"/>			
Carga de Red					
Horas de carga de trabajo		<input type="text" value="15"/>	Ancho de Banda requerida	Mb/sec	<input type="text" value="21.89"/>
Tiempo de trabajo mayor:número de estudios en %		<input type="text" value="70"/>		Mb/sec	<input type="text" value="10.30"/>
distribución: a cuantos nodos simultaneos		<input type="text" value="15"/>			

Tabla IV-14^a Cálculo de Capacidad- Desempeño

- Las estaciones activas en forma simultanea son de 6 a 15
- La estación de mayor carga será la que reciba las imágenes de CR y de DA, así como también el archivo central.

4.1.2.1.7 Distribución de Imágenes

La distribución de imágenes dentro del Hospital Central México será por medio de la red estructurada tipo Ethernet con cableado UTP nivel 5. El método de distribución a utilizar será híbrido, distribución bajo demanda y distribución direccionada. Dentro del hospital se contempla una distribución de imágenes a consultorios con consulta básica, se plantea la necesidad de un servidor de distribución que esté conectado en forma directa al archivo central y acceso directo a la base de datos.

Este servidor tendrá la función de hacer las peticiones de imágenes que han sido reportadas desde el área de radiología y que no requieren de post-proceso y posiblemente no requieran ser de calidad diagnóstica, únicamente una revisión de la imagen.

4.1.2.2 **CLÍNICAS REMOTAS**

El desarrollo actual integrará las diferentes salas de radiología convencional con el sistema del Hospital Central México.

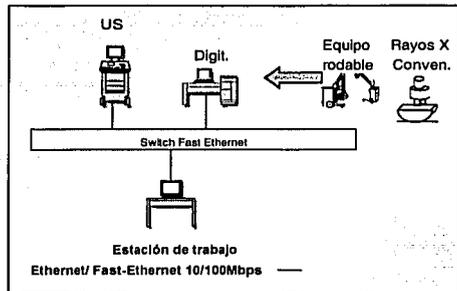
El desarrollo presente cumple con el manejo digital de los estudios radiográficos, así como también logra la consulta, manipulación, distribución y archivo de las imágenes adquiridas en las clínicas remotas por medio de las estaciones de trabajo y digitalizadores de películas.

Alcance:

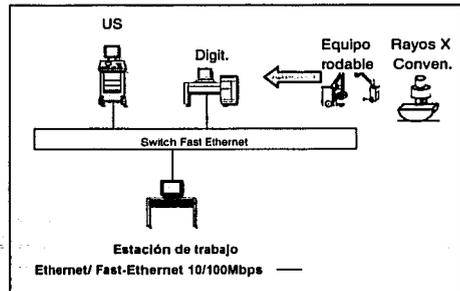
La conectividad entre las clínicas y el Hospital Central México con la posibilidad de enviar imágenes y recibir el diagnóstico respectivo. Manipulación en forma digital de los estudios realizados en las clínicas remotas, con la posibilidad de realizar mejoras a imágenes.

En la figura IV-2 se muestran los diagramas de conectividad de la red a instalar en las clínicas remotas.

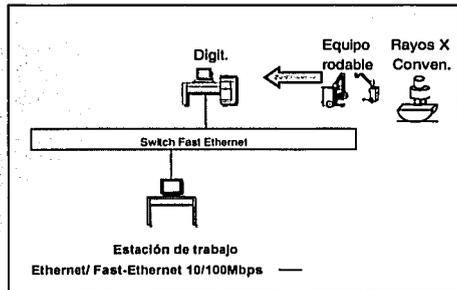
Clínicas Remotas
Red Digital de Imágenes



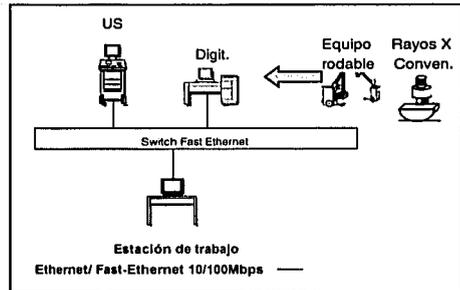
Clínica Remota Querétaro



Clínica Remota Cuernavaca



Clínica Remota Tlaxcala



Clínica Remota Puebla

Figura IV-3 Diagramas de conectividad en clínicas remotas

4.1.2.2.1 Modalidades a Conectar

En la tabla IV-15 se muestran los equipos generadores de imagen a ser conectados en cada clínica remota.

Clínica Remota Querétaro		
Cantidad	Descripción	Abreviación
1	Digitalizador de Película	Digit.
2	Ultrasonido	US
Clínica Remota Cuernavaca		
Cantidad	Descripción	Abreviación
1	Digitalizador de Película	Digit.
1	Ultrasonido	US

Clínica Remota Tlaxcala		
Cantidad	Descripción	Abreviación
1	Digitalizador de Película	Digit.
Clínica Remota Puebla		
Cantidad	Descripción	Abreviación
1	Digitalizador de Película	Digit.

Tabla IV-15 modalidades a conectar en clínicas remotas

Los equipos de ultrasonido serán conectados a la estación de trabajo, así como los digitalizadores de película.

En la tabla IV-16 se muestran la cantidad de estudios a generar por día de trabajo

Tipo de Equipo		Número de Estudios por día	Promedio de imágenes por estudio
Clínica Remota Querétaro			
Rayos simple	X	58	1
Ultrasonido		14	8
Clínica Remota Cuernavaca			
Rayos simple	X	35	1
Ultrasonido		8	8
Clínica Remota Tlaxcala			
Rayos simple	X	20	1
Clínica Remota Puebla			
Rayos simple	X	35	1

Tabla IV-16 cantidad de estudios a generar

4.1.2.2 Estaciones de Trabajo

En la tabla IV-17 se muestran las cantidades y tipos de estaciones de trabajo a instalar en las clínicas remotas.

Lugar	Cantidad	Tipo de Estación de Trabajo
Departamento de Radiología e Imagen	1 por cada clínica remota	Estación de Trabajo de Post-procesamiento, (Sun SPARC con 512 MB en RAM, 20GB en disco duro, monitor de 20", posibilidad de manejo de imágenes con una resolución de

	2048 pixeles con profundidad de 12 bits).
--	---

Tabla IV-16 Estaciones en clínicas remotas.

4.1.2.2.3 **Possibilidades de Documentación**

La documentación será realizada de forma convencional, los equipos de rayos X convencionales seguirán utilizando películas y los equipos de ultrasonido documentarán de manera local con impresoras integradas a los equipos. Se contempla la posibilidad de impresión en papel con impresora de 1600 puntos por pulgada (dpi) para cada clínica remota.

4.1.2.2.4 **Digitalización de imágenes**

Un Digitalizador de placas radiológicas que tendrá la función de integrar al Sistema Digital de Imagen los estudios que provengan de otros hospitales o de modalidades convencionales. Cabe recalcar que este equipo está diseñado para digitalizar placa y el proceso de trabajo se requiere de la utilización de películas.

Formatos posibles a digitalizar

Pulgadas	(cms)
8x10	(18x24)
10x12	(24x30)
12x14	(28x35)
14x14	(35x35)
14x17	(35x42)

Digitalizador con resolución 1024 o 2048 pixel, 8 o 12 bits de profundidad respectivamente.

El tiempo máximo a digitalizar y enviar a la red es de 120 segundos por placa de tamaño 14"x17" (35x42cms) a resolución de 2048 con 12 bits de profundidad.

4.1.2.2.5 **Componentes de Almacenamiento y Archivo**

El almacenamiento está contemplado para guardar las imágenes en línea por un periodo de 4 días, para mayor tiempo de almacenamiento, se recurrirá de las instalaciones en el Hospital Central México.

En las tablas IV-17, IV-18, IV-19 y IV-20 se muestra el análisis del volumen de información por año para las clínicas remotas Querétaro, Cuernavaca, Puebla y Tlaxcala.

QUERETARO

Análisis de Volumen de Información por año (1 Año =			288 Días de Trabajo)				
Tipo	Modelo		Matriz	Byte/Pix.	Exam./Día	Imag./Exam.	MByte/Día
Siemens	Digitizer		2048	2	58.0	2.0	928.00
Digitizer Sum						0.0	928.00
US	Ultrasonido		512	1	7.0	8.0	14.00
US	Ultrasonido		512	1	7.0	8.0	14.00
Ultrasonido						0.0	28.00
						Total	956.00

Requerimientos:	Valores Calculados:	
Estanda (Días) 5	Capacidad de arch. neces. (GB)	Data p.a. (GB) 268.9
Estudios viejos en arch. (%) 80.0%	- Imágenes nuevas	4.7 Cap. Actual en línea (GB)
Estudios viejos en línea (%) 20.0%	- Imágenes viejas	18.7 Cap. Actual en línea (mes)
Archivo (mes) 0.1	Total	23.3 Req. cap. act. (mes)
Compresión de Datos 1	Requ. en línea sin compr. (GB)	2.8
Días laborables / año 288	- New Images/compressed	2.2 Optical Disks 5 1/4 * / Año
Opt. Disk (cap. fis. en GB) 1.7	- Old Images/compressed	0.6
Drive Disco optico 1	Total (compr. in GB)	2.8
Opt. Disks 3		

Tabla IV-17 Análisis de volumen de información por año/ Querétaro

CUERNAVACA

Análisis de Volumen de Información por año (1 Año =			288 Días de Trabajo)				
Tipo	Modelo		Matriz	Byte/Pix.	Exam./Día	Imag./Exam.	MByte/Día
Siemens	Digitizer		2048	2	35.0	2.0	560.00
Digitizer Sum						0.0	560.00
US	Ultrasonido		512	1	8.0	8.0	16.00
Ultrasonido						0.0	16.00
						Total	576.00

Requerimientos:	Valores Calculados:	
Estanda (Días) 5	Capacidad de arch. neces. (GB)	Data p.a. (GB) 162.0
Estudios viejos en arch. (%) 80.0%	- Imágenes nuevas	2.8 Cap. Actual en línea (GB)
Estudios viejos en línea (%) 20.0%	- Imágenes viejas	11.3 Cap. Actual en línea (mes)
Archivo (mes) 0.1	Total	14.1 Req. cap. act. (mes)
Compresión de Datos 1	Requ. en línea sin compr. (GB)	1.7
Días laborables / año 288	- New Images/compressed	1.4 Optical Disks 5 1/4 * / Año
Opt. Disk (cap. fis. en GB) 1.7	- Old Images/compressed	0.3
Drive Disco optico 1	Total (compr. in GB)	1.7
Opt. Disks 2		

Tabla IV-18 Análisis de volumen de información por año / Cuernavaca

PUEBLA

Análisis de Volumen de Información por año (1 Año =			288 Días de Trabajo)				
Tipo	Modelo		Matriz	Byte/Pix.	Exam./Día	Imag./Exam.	MByte/Día
Siemens	Digitizer		2048	2	35.0	2.0	560.00
Digitizer Sum						0.0	560.00
						Total	560.00

Requerimientos:	Valores Calculados:	
Estanda (Días) 5	Capacidad de arch. neces. (GB)	Data p.a. (GB) 157.5
Estudios viejos en arch. (%) 80.0%	- Imágenes nuevas	2.7 Cap. Actual en línea (GB)
Estudios viejos en línea (%) 20.0%	- Imágenes viejas	10.9 Cap. Actual en línea (mes)
Archivo (mes) 0.1	Total	13.7 Req. cap. act. (mes)
Compresión de Datos 1	Requ. en línea sin compr. (GB)	1.6
Días laborables / año 288	- New Images/compressed	1.3 Optical Disks 5 1/4 * / Año
Opt. Disk (cap. fis. en GB) 1.7	- Old Images/compressed	0.3
Drive Disco optico 1	Total (compr. in GB)	1.6
Opt. Disks 2		

Tabla IV-19 Análisis de volumen de información por año / Puebla

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

TLAXCALA

Análisis de Volumen de Información por año (1 Año = 288 Días de Trabajo)							
Tipo	Modelo	Matriz	Byte/Plq.	Exams/ Día	Images/ Día	MByte/Día	
Digitizer	Siemens	Digitizer	2048	2	20.0	2.0	320.00
Digitizer Sum						0.0	320.00
						Total	320.00

Requerimientos:	Valores Calculados:		
Estancia (Días)	5	Capacidad de arch. neces. (GB)	90.0
Estudios viejos en arch. (%)	80.0%	- Imágenes nuevas	1.6
Estudios viejos en línea (%)	20.0%	- Imágenes viejas	6.3
Archivo (mes)	0.1	Total	7.8
Compresión de Datos	1	Requ. en línea sin compr. (GB)	0.9
Días laborables / año	288	- New images/compressed	0.8
Opt. Disk (cap. fis. en GB)	1.7	- Old images/compressed	0.2
Drive Disco optico	1	Total (compr. in GB)	0.9
Opt. Disks	1		

Tabla IV-20 Análisis de volumen de información por año / Tlaxcala

El almacenamiento será realizado en cada estación de trabajo que controla la base de datos de pacientes con las imágenes relacionadas a éstos. Cada clínica remota contará con una unidad externa de discos ópticos (cada disco óptico soporta de 4.8 a 5.2GB) y la capacidad del disco duro es de 20GB.

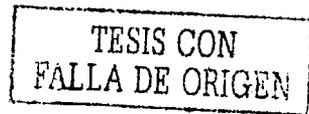
Transferencia de información:

El análisis de la información generada en cada clínica remota y la que requiere ser transmitida será como sigue:

- Con compresión de datos con factor de 2.5,
- Cantidad de información a transmitir: 0.401GB Querétaro, 0.242GB Cuernavaca, 0.235GB Puebla, 0.134 GB Tlaxcala
- Direcciones a transmitir simultáneamente: 1 o dos nodos remotos
- En un día de trabajo con 15 horas de mayor carga de trabajo, donde el 30% de éstas son de carga de trabajo máximo
- El tráfico será de 0.03 a 0.12 Mbps (según cálculos obtenidos por las tablas IV-17a-18a-19a y 20a donde se muestra el cálculo de la capacidad y transmisión.
- Política de Transmisión: transmisión en el momento de término del estudio dependiendo de ser necesario o durante las noches en casos no urgentes.
- La Tecnología a usar en el segmento de WAN: Se requiere de una línea dedicada y de alta confiabilidad que permita una conexión permanente. Frame Relay es una solución adecuada.

Cálculo de Capacidad - Transmisión		Estudios/Día	72	Total GB/Día	1.00
Estudios anteriores a consultar	en % <input type="text" value="30%"/>	Estudios/año	20,736	Total GB/Año	288.70
Imágenes en RAID	Días <input type="text" value="5"/>	Tasa de Compresión de datos:	Factor	<input type="text" value="2.50"/>	
Capacidad requerida	GB <input type="text" value="7"/>	Tasa de Compresión de datos Transmisión:	Factor	<input type="text" value="4.00"/>	
Cantidad de Información c/compresión	GB <input type="text" value="0.401"/>				
Carga de Red					
Horas de carga de trabajo	<input type="text" value="15"/>				
Tiempo de trabajo mayor/número de estudios en % distribución: a cuantos nodos simultaneos	<input type="text" value="70%"/>	Ancho de Banda requerida	Mb/sec	<input type="text" value="0.31"/>	
	<input type="text" value="1"/>		Mb/sec	<input type="text" value="0.13"/>	c/compresión

Tabla IV-17a Cálculo de capacidad – Transmisión (Clínica Querétaro)



Cálculo de Capacidad - Transmisión		Estudios/Día	43	Total GB/Día	0.60	
Estudios anteriores a consultar	en %	30%	Estudios/año	12,384	Total GB/Año	173.95
Imágenes en RAID	Días	5	Tasa de Compresión de datos:	Factor	2.50	
Capacidad requerida	GB	4	Tasa de Compresión de datos Transmisión:	Factor	4.00	
Cantidad de Información c/compresión	GB	0.242	Ancho de Banda requerida	Mb/sec	0.19	
Carga de Red	Horas de carga de trabajo	15	Mb/sec	0.08	c/compresión	
Horas de carga de trabajo	Tiempo de trabajo mayor: número de estudios en %	70%				
Tiempo de trabajo mayor: número de estudios en %	distribución: a cuantos nodos simultaneos	1				

Tabla IV-18a Cálculo de capacidad- Transmisión (Clínica Cuernavaca)

Cálculo de Capacidad - Transmisión		Estudios/Día	35	Total GB/Día	0.59	
Estudios anteriores a consultar	en %	30%	Estudios/año	10,080	Total GB/Año	169.11
Imágenes en RAID	Días	5	Tasa de Compresión de datos:	Factor	2.50	
Capacidad requerida	GB	4	Tasa de Compresión de datos:	Factor	4.00	
Cantidad de Información c/compresión	GB	0.235	Ancho de Banda requerida	Mb/sec	0.18	
Carga de Red	Horas de carga de trabajo	15	Mb/sec	0.08	c/compresión	
Horas de carga de trabajo	Tiempo de trabajo mayor: número de estudios en %	70%				
Tiempo de trabajo mayor: número de estudios en %	distribución: a cuantos nodos simultaneos	1				

Tabla IV-19a Cálculo de capacidad- Transmisión (Clínica Puebla)

Cálculo de Capacidad - Transmisión		Estudios/Día	20	Total GB/Día	0.34	
Estudios anteriores a consultar	en %	30%	Estudios/año	5,760	Total GB/Año	96.64
Imágenes en RAID	Días	5	Tasa de Compresión de datos:	Factor	2.50	
Capacidad requerida	GB	2	Tasa de Compresión de datos:	Factor	4.00	
Cantidad de Información c/compresión	GB	0.134	Ancho de Banda requerida	Mb/sec	0.10	
Carga de Red	Horas de carga de trabajo	15	Mb/sec	0.04	c/compresión	
Horas de carga de trabajo	Tiempo de trabajo mayor: número de estudios en %	70%				
Tiempo de trabajo mayor: número de estudios en %	distribución: a cuantos nodos simultaneos	1				

Tabla IV-20a Cálculo de capacidad- Transmisión (Clínica Tlaxcala)

4.1.2.2.6 Red de Datos

Se pretende lograr una comunicación general y que además sea confiable, clara, con alto índice de disponibilidad y lo más importante se requiere una disminución sustancial en los gastos de operación por conceptos de transmisión de imágenes/datos entre el edificio del Hospital Central México y las diferentes clínicas remotas. Se propone la utilización de la infraestructura digital de telecomunicaciones públicas RDI, equipos terminales de comunicación Voz/Fax/Datos/Imagen.

TOPOLOGIA DE LA RED

Se requiere conectar un nodo central con 4 localidades remotas ubicados en diferentes puntos de la República, como se muestra en el siguiente figura IV-4.

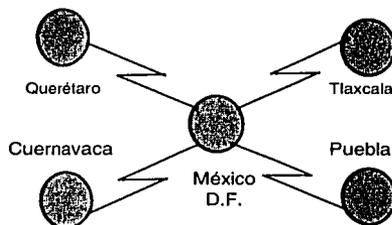


Figura IV- 4 Topología de la red

A efectos de utilizar un esquema altamente confiable capaz de optimizar el ancho de banda a contratar y que el costo de los equipos terminales sea el más bajo posible, de tal manera que el costo de transmisión por imagen sea el más económico posible, se propone un esquema de conectividad Frame Relay y compresión de la información transmitida de 1 en 4 (se propone esta relación ya que es confiable y el riesgo de pérdida en la transmisión es mínimo). Esta combinación de técnicas de conectividad, garantizan al usuario el costo de ampliación más bajo posible, ya que la inversión que el usuario tendrá que realizar, es solamente en el nodo de ampliación nunca en el central y alcanza un mayor volumen de transferencia de información por el mismo ancho de banda reduciendo el tiempo notablemente de utilización de los medios.

A continuación se describe la tabla IV-21 con las capacidades totales y las posibilidades de ampliación en cada caso:

Nodo	Equipo propuesto	Slots Ocupados	Slots Libres
Central	Multiplexor con sw Frame Relay	3	5
Remoto 1	Ruteador con acceso en Frame Relay	1 Puerto WAN/ 1 puerto LAN	1 puerto WAN
Remoto 2	Ruteador con acceso en Frame Relay	1 Puerto WAN/ 1 puerto LAN	1 puerto WAN
Remoto 3	Ruteador con acceso en Frame Relay	1 Puerto WAN/ 1 puerto LAN	1 puerto WAN
Remoto 4	Ruteador con acceso en Frame Relay	1 Puerto WAN/ 1 puerto LAN	1 puerto WAN

Tabla IV-21 nodos y equipos con capacidades de slots

En la tabla IV-22 siguiente se describen los requerimientos de ancho de banda necesarios para la comunicación entre localidades.

Nodo	Interfaces de comunicación y técnicas de acceso	Ancho de banda recomendado
Central	V.35 con acceso en Frame Relay	2048 Kbps
Remoto 1	V.35 con acceso en Frame Relay	128 Kbps
Remoto 2	V.35 con acceso en Frame Relay	128 Kbps
Remoto 3	V.35 con acceso en Frame Relay	128 Kbps
Remoto 4	V.35 con acceso en Frame Relay	128 Kbps

Tabla IV-22 Ancho de banda recomendado para los nodos

SERVICIOS DE TELECOMUNICACIONES

Se requiere de un servicio para el transporte de voz y datos entre el nodo central y nodos remotos.

Para este caso en especial se solicitaron datos a Avantel, por ser empresa participante en la tecnología de telecomunicaciones.

La red de Avantel Frame Relay es parte de la red de Frame-Relay MCI. Un enlace utilizado en los puntos necesarios se considera como local ya que Avantel tiene presencia en las zonas del interés en este caso ("POP" point of presence).

La solución total será mediante un enlace de 2048Mbps punto a punto en el nodo central y enlaces de 128 Kbps por par de cobre conectados a la red Frame Relay con tasa comprometida CIR (Committed Information Rate) de 128kbps a cada ciudad en cuestión.

Los enlaces serán dedicados entre los nodos y los POP de Avantel más cercanos, donde Avantel proveerá enlaces de alta velocidad y el uso eficiente del ancho de banda. En todas las clínicas remotas se reservará un enlace de 128kbps con un CIR de 128kbps. En caso del nodo central el enlace será de un E1 punto a punto conectado a un puerto de 2048kbps a la red Frame Relay de Avantel.

- Generales:
 - Los objetivos de comunicación deben ser realizados en este caso por una red privada contratada con Avantel. La institución de salud desea controlar su propio tráfico y tener acceso completo a su ancho de banda. Casos principales de urgencias que requieran disponibilidad total de su conexión
 - La tecnología que desea la institución es de Frame Relay por tener equipos y personal capacitado para la utilización de ésta.
 - La compañía Avantel provee servicio especializado y de alta calidad para los puntos de conexión. Aseguran red redundante y una garantía del 99.95% de tráfico dentro del CIR.

- Crecimiento Futuro

- Existen planes para extender a centros médicos de Guadalajara y Monterrey así como clínicas remotas en Chihuahua, San Luis Potosí y León.
- El proveedor de telecomunicaciones Avantel, se encuentra en los sitios
- Éste proveedor es estable y con amplia presencia en el mercado mexicano, lo cual trae seguridad y confianza en el servicio.

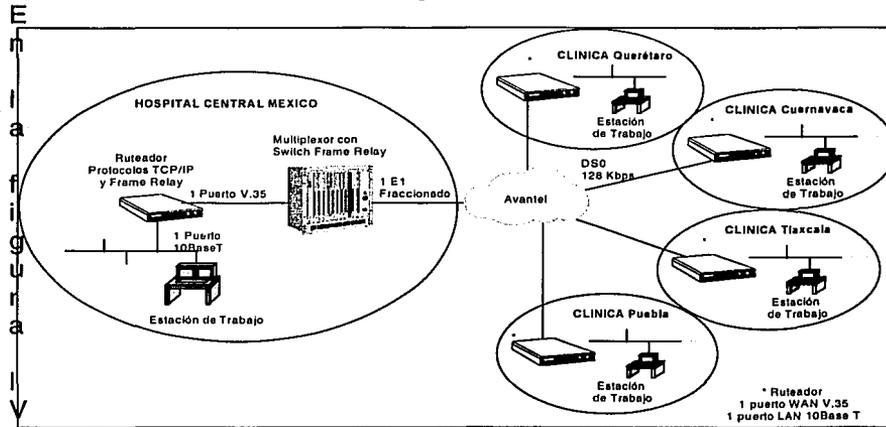


Figura IV-5 Diagrama de Conectividad entre clínicas remotas y hospital central

se muestra el diagrama de conectividad entre las clínicas remotas y el hospital central. A continuación se muestra la tabla IV-23 con las conexiones ofrecidas por Avantel

Enlace	Sitio A	Sitio B
E1 (2048 Kbps a puerto Frame Relay)	México	POP Avantel
128 Kbps por cobre	Querétaro	POP Avantel
128 Kbps por cobre	Cuernavaca	POP Avantel
128 Kbps por cobre	Tlaxcala	POP Avantel
128 Kbps por cobre	Puebla	POP Avantel

Tabla IV-23 Ancho de banda ofrecida por Avantel

- Las ventajas sobre otras tecnologías
 - Soporte transparente a cualquier aplicación en red.
 - Entrega de 99.95% garantizado de tráfico dentro del CIR. o 99.9% de tráfico fuera del CIR (no garantizado).
 - Enlaces de alta capacidad con la red de fibra óptica más moderna.
 - Seguridad
 - Dos puntos sólo se pueden conectar a través de circuitos permanentes previa solicitud hecha por el cliente.
 - Red dedicada exclusivamente a Frame Relay.
 - No cursa tráfico de Internet.
- Las desventajas sobre otras tecnologías
 - Costo elevado
- Tarifas
 - Las tarifas serán por instalación \$168,419.00⁽¹⁾ MN y cargos mensuales de \$29,068.00MN⁽¹⁾ como se muestra en Anexo 1. (1) Valores expresados sin IVA
- Desempeño
 - La velocidad de transmisión con el ancho de banda proporcionado se estima en la siguiente tabla IV-22a.

Imagen típica	Velocidad 128Kbps con compresión en transmisión (4:1)	Comparación con velocidad de línea analógica telefónica (28.8Kbps)
MR matriz (256x256) 12bits	10 seg.	43 seg.
CT matriz (512x512) 12bits	26 seg.	1 min 23 seg.
CR matriz (2048x2048) 12bits	4 min 6 sec	26 min. 54 seg.
DFR matriz (1024x1024) 12bits	1 min. 22 seg.	10 min. 60 seg.

Información obtenida de C.T. Watson Avances en Telerradiología, pruebas realizada en sistema Telecom. Alemania

Tabla IV-22a Velocidades de transmisión.

- La transmisión de casos de mayor prioridad pueden realizarse en el momento y los estudios de no gran urgencia pueden ser transmitidos durante turnos nocturnos
- El tipo de compresión de datos a utilizar es de 4:1 en la transmisión y de 2.5 para almacenamiento, permitiendo la no pérdida de datos esenciales para el diagnóstico.
- Soporte Técnico
 - Avantel ofrece servicio técnico especializado, la Institución de salud cuenta con personal capacitado en el área de telecomunicaciones.
 - El tiempo de respuesta que ofrece Avantel en caso de falla, es de 2 hrs.
 - En caso de falla de equipos principales de comunicaciones la institución cuenta con contratos de mantenimiento general a sus equipos de cómputo y comunicaciones.

4.1.2.2.7 Distribución de Imágenes

La distribución de imágenes será realizada únicamente hacia el Hospital Central México para realización de diagnósticos y comentarios, en donde la clínica remota deberá enviar las imágenes adquiridas y recibirá un diagnóstico en caso de ser necesario. Siendo posible esto a través de la comunicación directa a establecer. El método de distribución a utilizar será híbrido, distribución bajo demanda y distribución direccionada.

4.1.3 FUNCIONALIDAD DEL SISTEMA (FLUJO DE TRABAJO)

El sistema digital de imagen propuesto cumple con el manejo de información logrando realizar consulta, manipulación, comunicación, archivo, envío de imágenes radiológicas desde su punto de emisión, pasando por diversos dispositivos para llevar a cabo las funciones necesarias en la rutina Hospitalaria.

El sistema propuesto cuenta con las siguientes funciones:

Administración: Se realizará la administración digital de los estudios realizados, además de poder consultar los estudios por medio de filtros característicos, ej. aquellos estudios realizados en CT en la última semana.

Inspección: Seguimiento de los estudios realizados enviados desde las modalidades de imagen hacia las estaciones de trabajo y control sobre el archivo digital.

Diagnóstico: El sistema proporciona una lista de trabajo para que el radiólogo sepa cuales son los estudios a diagnosticar. Después de abrir un folder electrónico del paciente, él podrá ver las diferentes imágenes contenidas en el (los) estudio (s) del paciente, en donde podrá modificar el brillo y contraste de las imágenes, hacer mediciones, anotaciones, reconstrucciones, almacenamiento e impresión. Además por medio de claves específicas identificará los estudios que ya fueron revisados, modificados y/o con diagnóstico.

Disponibilidad de Imágenes: Durante la estancia hospitalaria del paciente es necesaria la disponibilidad de los estudios, los cuales serán almacenados en el archivo central que tendrá acceso directo. Además se tendrá la posibilidad de diagnóstico, demostración y documentación de las imágenes.

Distribución de Imágenes: Las imágenes de todos los estudios radiológicos serán enviadas o transferidas automáticamente a través de la red hacia los diversos puntos (Estaciones de Trabajo, Archivo Digital, Servidor de Impresión). Además se tiene contemplada la distribución de imágenes dentro del hospital, para que esta distribución la instalación de la red hospitalaria deberá existir.

Proceso de evaluación de Imágenes: Las funciones del sistema soportan la carga automática de las imágenes de pacientes para la sesión de evaluación diaria o casos de demostración de los departamentos relevantes o modalidades específicas.

Archivo: Todos los estudios radiológicos generados desde las modalidades digitales podrán ser archivados en discos magnético ópticos y estarán disponibles

por el periodo de tiempo que el hospital defina, en este caso 3 meses. Después de este periodo de tiempo, los discos magnético ópticos podrán ser almacenado por el tiempo que el hospital crea necesario.

Documentación de Imágenes: Para poder prestar el servicio a pacientes externos que requieren de sus estudios en placa para consulta en otros hospitales, las imágenes pueden ser enviadas desde las estaciones de trabajo a las cámaras láser para su impresión. Por cuestiones de seguridad se recomienda el uso de cuando menos dos cámaras láser.

Funciones específicas y características del sistema Además del soporte de diversas funciones combinadas e individuales, se debe ofrecer una solución integral con el sistema modular basado en arquitectura de estándares internacionales (ej. UNIX, Ethernet, ACR-NEMA 2.0, DICOM 3.0). Esto significa que el sistema para el manejo de la red digital de imágenes debe ser abierto a extensiones con productos de diferentes proveedores (protección de inversión). Las interfaces abiertas para comunicación entre otro sistema de información hospitalario debe ser parte del concepto. Las medidas de seguridad pueden ser configuradas para prevenir un acceso ilegal a las imágenes y textos del sistema. Los parámetros técnicos, organización y logística de todo sistema debe ser determinado. Por lo tanto, se podrá ofrecer un soporte máximo para el proceso radiológico, así como también como una excelente calidad.

En la figura IV-6 se muestra en forma esquemática el flujo de trabajo que se utilizará en el sistema propuesto.

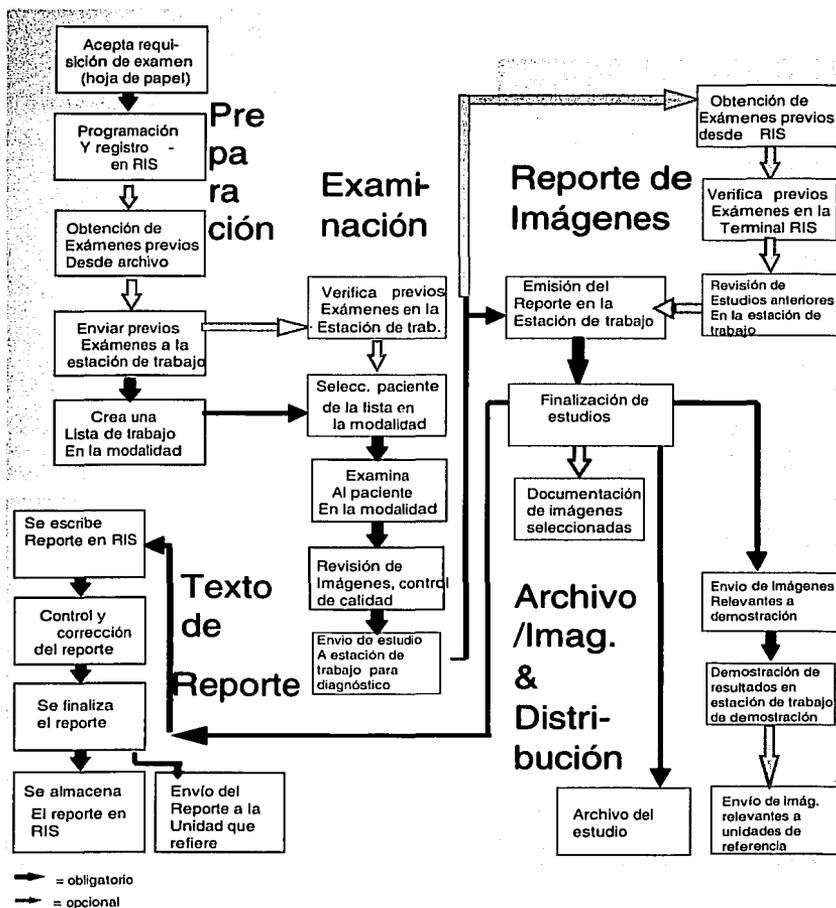


Figura IV-6 Flujo de trabajo

4.1.3.1 Pre-Registro de Pacientes

A medida que se requiera un examen, los pacientes comunes, se registrarán en el sistema de información radiológica en la recepción, y consecuentemente se programa una cita para el estudio, ya sea en el momento o para días después.

A una hora del día en particular (configurable), ej. 20:00, la lista de todos los pacientes programados es enviada a cada una de las modalidades, creando consecuentemente la lista de trabajo específica de la modalidad para el siguiente día. Además, una lista de todos los exámenes planeados para el siguiente día es transferida al archivo central. La base de datos del archivo central buscará en el RAID los exámenes previos posibles y los obtendrá desde la Jukebox, si ya han sido previamente borrados del RAID. Este será

el caso si es que las imágenes previas de los pacientes tienen más de 10 días de antigüedad (en promedio).

Los exámenes que ya han sido cargados previamente son dirigidos a la Estación de trabajo donde se llevan a cabo los reportes de los nuevos exámenes. Esto se hace de manera automática sin interacción humana. La dirección de destino depende de la modalidad en donde fueron adquiridas las imágenes. Para pacientes de emergencia no son posibles ni el pre-registro ni la programación. En este caso los exámenes previos pueden ser solicitados de manera interactiva desde el Archivo.

4.1.3.2 Exámenes de los Pacientes

El día del examen, el paciente que llega es confirmado en el sistema de información radiológica. En la sala del examen, el paciente, los datos del examen se seleccionan en la modalidad de la lista de trabajo, los cuales fueron enviados desde el sistema RIS la noche anterior. Si no se encuentra disponible la información administrativa en la modalidad, los datos requeridos se pueden introducir directamente en la modalidad. Esto puede ocurrir si los datos del pacientes por alguna razón no se encuentren disponibles en el RIS en el momento de que se genera la lista de trabajo de la modalidad.

Al paciente se le realiza el examen en la modalidad. Durante el tiempo de adquisición las imágenes son procesadas en la modalidad. En general un procesamiento específico de las imágenes de cada modalidad es llevado a cabo desde la estación de trabajo que se encuentra en el área de interpretación dedicada a la misma modalidad. Las imágenes adquiridas son direccionadas desde la modalidad a la estación de trabajo que se encuentre definida como estación de reporte para ese dispositivo de imagen en particular.

Cuando ha sido transferida la última imagen del examen, el registro del estudio se cierra y es almacenado en la base de datos local de la estación de trabajo. En este momento este está disponible para que sea reportado o diagnosticado.

Conforme a la estrategia de seguridad de datos del sistema, el nuevo registro o folder de estudio es enviado automáticamente desde la estación de trabajo de reporte al archivo central (RAID) una vez que este folder ha sido completado. Esto garantiza que un folder por estudio siempre se va a almacenar en paralelo en dos localidades físicamente independientes dentro del sistema.

4.1.3.3 Reportes de los exámenes

Una vez que llega la primera imagen del examen que se está realizando a la estación de trabajo, automáticamente se buscan reportes en el RIS en forma de texto correspondientes a exámenes previos. Si la identificación es reconocida por el sistema (i.e. transferida desde la modalidad o desde el RIS), el radiólogo recibirá los reportes textuales adecuadamente junto con los exámenes previos.

El examen es seleccionado por el médico en la estación de trabajo para reporte, ya sea a través del buscador de pacientes de la estación o a través de una de lista de trabajo.

El buscador de pacientes es una lista ordenada que muestra los contenidos de

- la base de datos local de la estación de trabajo o
- el archivo central (este último como un resultado de una operación de BÚSQUEDA).

La lista de trabajo es una representación específica de cada usuario (filtrada) del buscador de pacientes. Se usa para definir cuáles exámenes deben de incluirse en la lista de exámenes, y el orden en el cual estos exámenes se deben presentar al radiólogo que reporta en la estación de trabajo. Los filtros de la lista de trabajo se pueden definir basados en algún criterio, como el estado actual del expediente.

El médico va a empezar a reportar seleccionando un paciente de la lista de trabajo de la estación de trabajo. El puede compararlos con exámenes previos y con reportes del mismo paciente que ya se encuentren disponibles en el disco local de la estación de trabajo.

En caso de que sea necesario, el médico puede buscar en el archivo central algunos registros adicionales. Antes de iniciar con la transferencia de exámenes desde el archivo, él puede verificar

- que el estudio se encuentre en el archivo central
- la posición actual del estudio que se necesita (en línea –RAID-, en almacenamiento secundario –jukebox- ó fuera de línea).

Para apoyar el proceso de reporte, el radiólogo puede sobreponer las imágenes con gráficos, flechas, y comentarios. El puede agregar una bandera para marcar imágenes para la presentación en demostraciones o distribución. Esto va a agilizar la demostración radiológica, ya que no todas las imágenes de un examen son desplegadas en la pantalla, pero sólo aquellas que representan de mejor manera el caso.

Mientras el radiólogo se encuentra reportando un examen, el expediente o folder del siguiente examen o los folders previos del siguiente paciente son automáticamente cargados dentro de la memoria de despliegue. Esta característica le permite al radiólogo moverse rápidamente al siguiente examen / paciente después de haber terminado con el actual.

4.1.3.4 Liberación de los exámenes, Almacenamiento y Documentación

Una vez que el folder se encuentra reportado, no se le puede escribir nada más (solamente guardando los cambios como un nuevo estudio). La función de finalización será establecida como una operación privilegiada, reservada únicamente para médicos que tengan autorización aprobada.

Las imágenes enviadas al archivo podrán sobrescribir los mensajes originales, donde "original" se refiere a las imágenes recibidas desde la modalidad. Este procedimiento tendrá como resultado en un folder incluyendo ambas versiones del examen.

El procedimiento estándar para el almacenamiento de exámenes después de que han sido finalizados. El hecho de establecer el estado de un expediente de examen a "finalizado" en la estación de trabajo trae como consecuencia que sistema envíe las

imágenes al RAID del archivo. El expediente se pone en la cola para ser copiado en los discos de la jukebox cuando comience el proceso diario de almacenamiento a la hora preestablecida. El expediente se quedará en el RAID en paralelo, sin embargo, mientras aparezca como "activo" (queriendo decir que alguien lo va a acceder dentro de un periodo razonable), y siempre que exista suficiente espacio en el RAID.

El hecho de borrar expedientes archivados que estén en el RAID se hace de manera automática, de acuerdo a la estrategia de eliminación configurada en el archivo: después de un tiempo predeterminado, los expedientes se eliminan del RAID para liberar el almacenamiento de imágenes que ya no se necesitan en acceso directo.

La administración del almacenamiento y del RAID es controlada automáticamente por el sistema. El RAID tendrá el tamaño adecuado para mantener las imágenes (nuevas y previas) de pacientes por alrededor 10 días. Para pacientes internos este periodo cubrirá más del número promedio de días de estancia del paciente en el hospital.

Si por alguna razón se necesitan copias impresas de las imágenes (en película o papel), la impresión se inicia desde la estación de trabajo de reporte utilizando la función de impresión. La impresión es posible vía la red, las imágenes son enviadas a una de las cámaras o a las impresoras de papel que se encuentren conectadas a la red.

En general, la impresión en papel de imágenes que apoye de la mejor manera al reporte escrito serán suficientes. El reporte escrito una vez que se encuentre disponible, las imágenes en papel son tomadas solamente como información adicional para el médico que refiere. En la mayoría de los casos no existirá necesidad de imprimir en película.

4.1.4 CONECTIVIDAD AL SISTEMA DE INFORMACIÓN RADIOLÓGICA

En el presente punto se hablará del sistema de información radiológico RIS que será utilizado como propuesta para este caso.

El Magic SAS de Siemens es un sistema de información y administración para los departamentos de radiología, es el nombre comercial que da al sistema de información radiológica. Este sistema RIS permite un trabajo fácil y cómodo con todos los datos relacionados con el paciente, desde la admisión hasta el reporte y contabilidad. Una ventaja particular es la integración prácticamente transparente dentro del sistema de procesamiento de imágenes de PACS a través del uso común del archivo central, el uso de la misma base de datos. Ya que es una parte del sistema PACS, el RIS utiliza el hardware, las bases de datos y el sistema de almacenamiento. Las bases de datos del archivo central se extienden hacia el RIS para que esto sea posible. El número de clientes de RIS que generalmente corren en computadoras personales con Windows NT está limitado por el número de licencias. El número de licencias deberá ser el relacionado a la cantidad de nodos en donde se requiera el uso e interacción con el sistema.

Las ventajas que se obtienen al usar una base de datos común:

- Se garantiza la consistencia de los datos demográficos (nombre, dirección, número de identificación, número de accesos del paciente)
- Sólo se necesita un procedimiento de respaldo tanto para el PACS como el RIS.
- Una plataforma común de base de datos significa menos complejidad y trabajo para el administrador del sistema.
- No se necesita un enlace de salida para la comunicación entre el RIS SAS y PACS.
- Cuando se actualiza un sistema (ya sea el Archivo central PACS o el RIS), se garantiza una interacción sin problemas.
- Existe una comunicación directa entre el RIS y PACS para la búsqueda previa automática y para enviar exámenes previos a la estación de trabajo de reporte.

Búsqueda previa (Prefetch):

Cuando se capturan los datos de un paciente en RIS, el archivo central puede precargar automáticamente exámenes previos desde un medio de archivo a largo plazo al RAID. La búsqueda previa se puede definir, por ejemplo, de acuerdo a con el órgano y la modalidad. Esto significa que cuando se lleve a cabo por ejemplo un nuevo examen de cráneo, se puede conseguir que los tres exámenes previos de ese paciente sean obtenidos desde el archivo central de manera automática.

Direccionamiento automático (Autoruteo):

Estos exámenes previos son enviados de manera automática (direccionados de manera automática) a la estación de trabajo específica y estarán disponibles en ese lugar para el que radiólogo pueda comparar mientras hace el reporte. Los reportes previos están disponibles en el RIS para ayudar con el reporte nuevo. El RIS se adapta a los procedimientos de trabajo del departamento de radiología, y refleja las estructuras y los procesos utilizados en su trabajo de radiología.

Por medio de la red, el archivo central de PACS intercambia datos e información directamente con modalidades conectadas, estaciones de trabajo de reporte y visualización, y en donde aplique, también con otras modalidades y otros componentes de la red para el almacenamiento y/o archivo.

Búsqueda en base de datos:

Las solicitudes de datos de imagen puede ser enviada desde otros componentes, por ejemplo desde la estación de trabajo de visualización. De esta manera es posible por ejemplo buscar todos los exámenes que tengan que ver con un paciente determinado o para los exámenes de todos los pacientes dentro de un periodo a informar.

Solicitud de exámenes:

Si los exámenes seleccionados todavía se encuentran localizados en el almacenamiento de imagen o en la jukebox del archivo, están pueden ser cargadas a la memoria de la estación de visualización, desde donde pueden ser abiertas y revisadas. Si un examen es solicitado y ya se encuentra en la memoria del gabinete del disco (fuera de línea), se

va a desplegar un mensaje en la pantalla del archivo solicitando que se inserte el disco de archivo apropiado.

Envío de exámenes:

El archivo central puede enviar de manera activa a otros componentes de la red, aún cuando esos componentes no puedan enviar requisiciones directas al archivo.

Lista de exámenes DICOM:

El archivo central ofrece una administración de una lista de trabajo básica DICOM, y es posible por lo enviar listas de exámenes DICOM. El archivo recibe las requisiciones de las modalidades, busca los datos correspondientes dentro de la base de datos y regresa los resultados. Esto ayuda con la planeación de exámenes en las modalidades.

Acceso remoto:

La interfase del usuario del archivo puede ser activada en otros componentes de la red. Para el acceso remoto una ventana se abre en la pantalla del componente de la red en la que se encuentre trabajando, desplegando la interfase del usuario operador del programa del archivo. Este programa se puede utilizar en la misma manera que desde la terminal del archivo.

En la figura IV-7 se muestra el diagrama de flujo a ser utilizado en el sistema de información radiológica en conjunto con la red de imágenes para el control de la información, proceso que deben realizar en el área de recepción y/o los técnicos radiólogos.

Flujo de Trabajo: Recepción de datos y Planificaciónen RIS (Recepción / Técnicos Radiólogos)

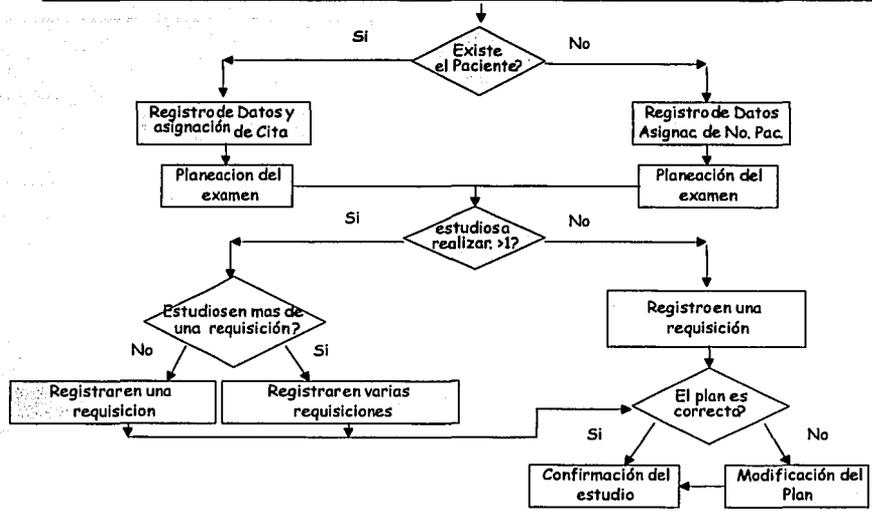


Figura IV-7 Diagrama de flujo de información en recepción

En la figura IV-8 se muestra el diagrama de flujo de información en el área de la modalidad dónde el técnico radiólogo interacciona con el sistema RIS.

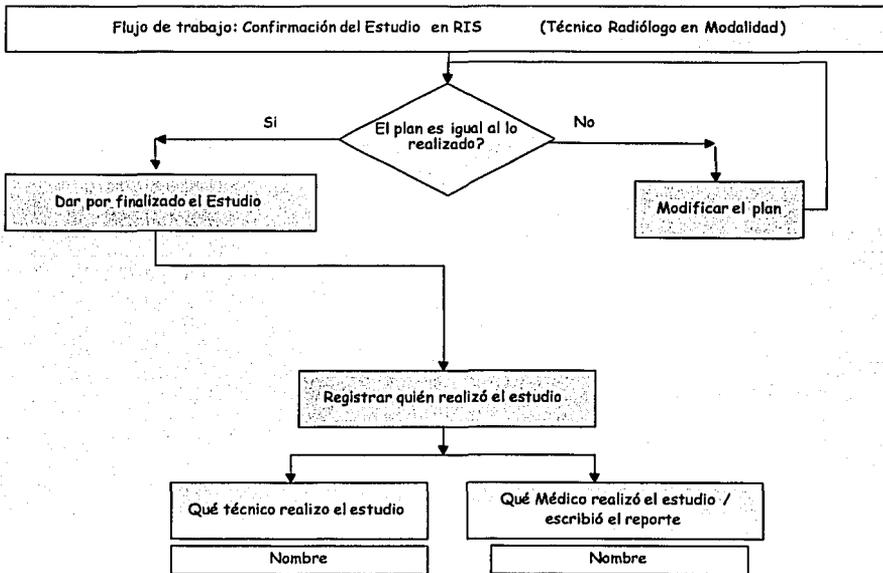


Figura IV-8 diagrama de flujo en la modalidad

En la figura IV-9 se muestra el diagrama de flujo de médico en RIS

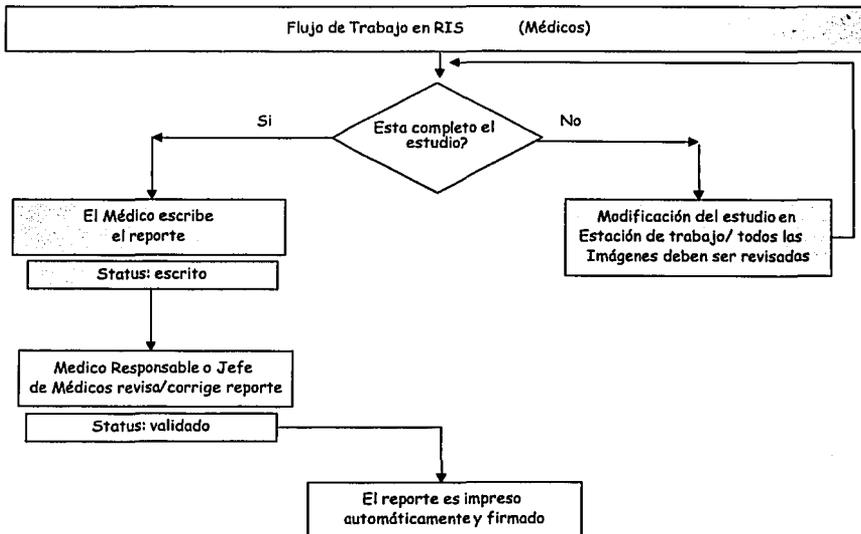


Figura IV-8 Diagrama de flujo realizado por el médico

En la figura IV-9 se muestra el diagrama de flujo realizado en el sistema en el área de radiología donde es generado el reporte de los estudios.

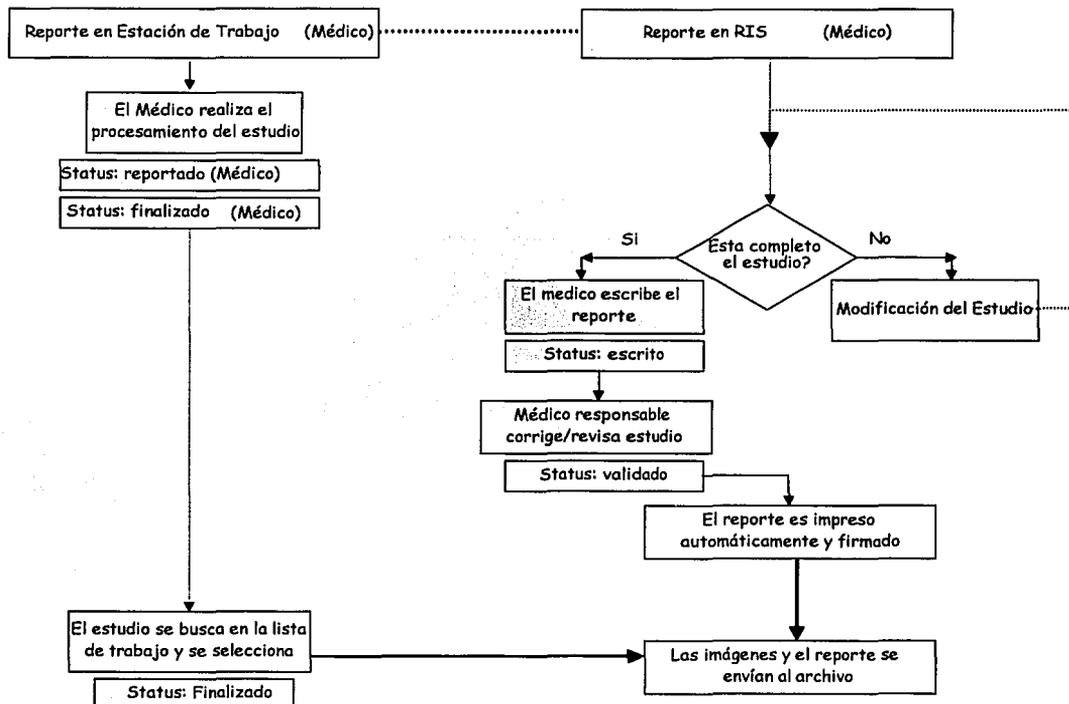


Figura IV-9 Diagrama de flujo en el área de radiología

4.1.5 ENTRENAMIENTO Y PUESTA EN MARCHA

El concepto de entrenamiento a usuarios plantea el aprovechamiento de la mejor manera de los conocimientos y la continuidad en la operación en caso de cambios en el personal.

El concepto propuesto es el “entrenar a un grupo de entrenadores”, donde un grupo específico de personas será responsable de dar continuidad al entrenamiento dentro de las instalaciones.

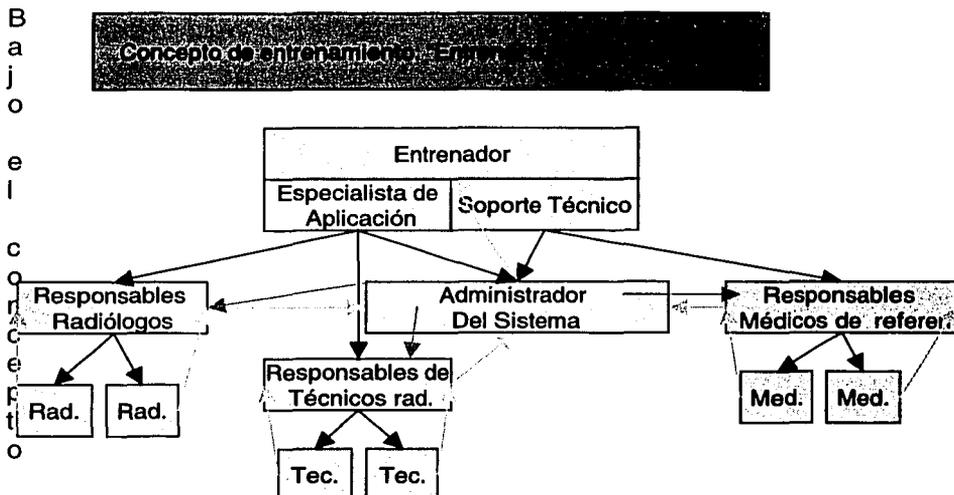
Personal involucrado y rol en sus puestos:

- Médicos Radiólogos: responsable de emitir diagnósticos de los estudios adquiridos en el departamento de radiología, operadores de las estaciones de trabajo
- Técnicos Radiólogos: responsable de realizar estudios en el departamento de radiología, operadores de equipos de imagen

- Personal de Recepción: responsables de recibir pacientes y generar citas de atención dependiendo de la disponibilidad de cada equipo. Operadores de computadoras conectadas al sistema RIS
- Secretarías: responsables de escribir cartas y documentos, así como de escribir los reportes de diagnóstico de algunos o todos los médicos radiólogos. Operadores de computadoras conectadas al sistema RIS
- Médicos de referencia en consultorios, urgencias y quirófanos: médicos que reciben imágenes en conjunto con los reportes fuera del área de radiología.
- Administrador del sistema: responsable de mantener la operación del sistema , así como de respaldos y coordinación de servicios del sistema PACS.

El entrenamiento será impartido a un grupo de responsables de cada área para que a su vez éstos grupos transmitan sus conocimientos al personal restante y lograr que al arranque de operaciones en su mayor cantidad tengan el conocimiento necesario para usar los equipos. El entrenamiento debe ser dividido en dos tipos, el entrenamiento a la aplicación médica y a la administración de sistema de red, donde la aplicación médica está dirigida a como operar los equipos tanto de imagen o modalidades y las estaciones de trabajo para llevar a cabo el proceso clínico: generación de imágenes, post-proceso y reporte; y la administración del sistema en que pasos seguir para cada uno de los procesos de operación, resolución de fallas, almacenamiento y mantenimiento del sistema. Para que los médicos, técnicos radiólogos y personal en recepción o secretarías, logre tener un respaldo inmediato en la operación es necesario contar con una persona o dos personas que se dediquen a la administración del sistema en general, mismo que será el que interactúe con todas las áreas y de soporte tanto operativo como técnico inmediatamente.

En el diagrama IV-10 se esquematiza el concepto de entrenamiento



“ Figura IV-10 Concepto de entrenamiento

Entrenar a los entrenadores" se logra mantener personal responsable y entrenado para la operación donde cada grupo recibe apoyo primeramente del entrenador, seguido por el responsable y en caso de algún problema, consulta o falla, se dirigen con el administrador del sistema y éste a su vez con el soporte técnico.

En la Tabla IV-23 se plantea el esquema de trabajo.

Hospital Central México

Personal involucrado	Actividad	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 5
1 Personal Técnico empresa(s) de equipos	Instalación de equipos de imagen (modalidades)					
2 Personal de aplicación empresa(s) de equipos y Grupo responsable de técnicos	Entrenamiento en uso de modalidades					
3 Personal Técnico y Administrador del sistema	Instalación de estaciones de trabajo y archivo central		■			
4 Personal de aplicación, Administrador del sistema y grupo responsable técnicos y médicos radiólogos	Entrenamiento en uso de estaciones de trabajo y archivo central		■	■		
5 Personal Técnico y Administrador del sistema	Instalación de Sistema RIS		■			
6 Personal de aplicación, Administrador del sistema y grupo responsable técnicos, médicos radiólogos secretarías y recepción	Entrenamiento en uso del sistema RIS					
7 Personal Técnico, Administrador del sistema	Instalación de Computadoras para distribución de imágenes				■	
8 Personal de aplicación, Administrador del sistema y grupo responsable de médicos de referencia	Entrenamiento en el uso de estaciones de trabajo de distribución				■	■

Clinicas remotas

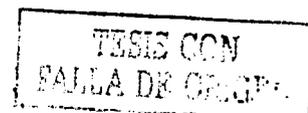
(mismas actividades para cada clínica)

Personal involucrado	Actividad	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4
1 Personal Técnico empresa(s) de equipos	Instalación de equipos de imagen (modalidades)				
2 Personal de aplicación empresa(s) de equipos y Grupo responsable de técnicos	Entrenamiento en uso de modalidades				
3 Personal Técnico y Administrador del sistema	Instalación de estaciones de trabajo		■		
4 Personal de aplicación, Administrador del sistema y grupo responsable técnicos y médicos radiólogos	Entrenamiento en uso de estaciones de trabajo		■	■	
5 Personal Técnico y Administrador del sistema	Instalación de Sistema RIS		■		
6 Personal de aplicación, Administrador del sistema y grupo responsable técnicos, médicos radiólogos secretarías y recepción	Entrenamiento en uso del sistema RIS				

Tabla IV-23 Esquema de trabajo.

4.1.6 TELERRADIOLOGIA A TRAVÉS DE INTERNET

Siemens cuenta con productos y servicios basados en Tecnología Internet que son utilizados en este caso práctico para la distribución de imágenes a los 30 consultorios, donde existe un servidor de Internet, llamado Magic Web que es conectado al archivo central y los estudios requeridos en los consultorios son publicados en este servidor de Internet. Las imágenes son transferidas del Archivo Central y pueden ser distribuidas a los consultorios en formatos JPEG con compresión (o reducción de calidad). Según pruebas realizadas por Siemens, un archivo de 1.28 MB convertido a formato JPEG para ser utilizado en Web, con una reducción de la calidad al 98 por ciento se obtiene un archivo de 51.34Kb y para transmitir este archivo con una velocidad de 28.8Kbps este demorará 19 segundos. Si se reduce el mismo archivo en calidad del 50% se obtiene un archivo JPEG de 14.9Kb y se transmite en 6 segundos a una velocidad de 28.8Kbps. En



la figura IV-11 se muestra el diagrama de conectividad de un servidor web para distribución a consultorios.

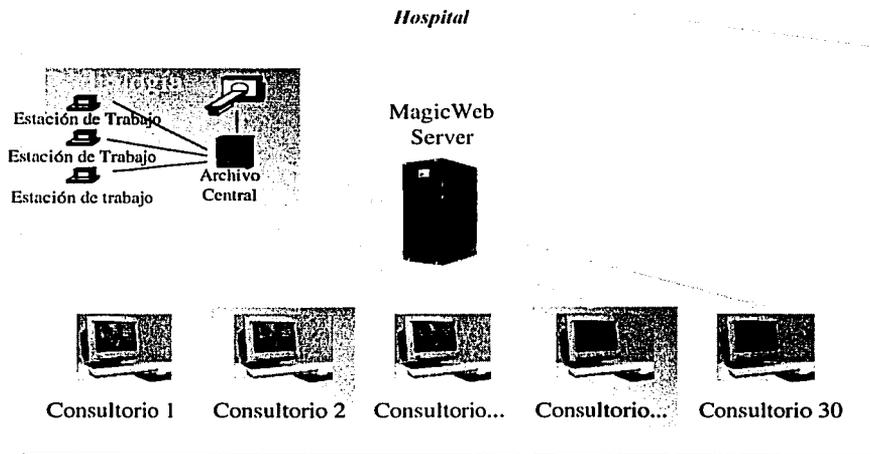


Figura IV-11 Servidor Web, con distribución a consultorios

Utilizando el servidor Web y las computadoras personales de cada consultorio se crea una Intranet, utilizando solamente un navegador de Internet se tiene acceso desde los consultorios al servidor a las imágenes requeridas en cada caso.

Así mismo utilizando los mismos canales establecidos en las clínicas remotas puede utilizarse el servidor Web para transferir imágenes de referencia a consultorios de las clínicas remotas.

En la figura IV-12 se muestra un ejemplo de pantalla donde se puede observar la aplicación de Siemens para consulta de imágenes y reportes a través de Intranet.

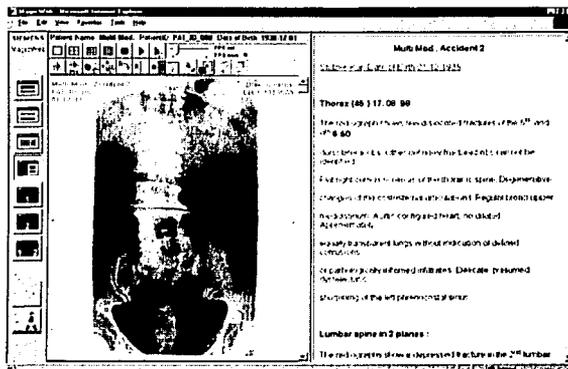


Figura IV-12 Aplicación de Siemens para distribución de imágenes en Intranet.

4.2 CUANTIFICACIÓN

Siguiendo el procedimiento de retorno de inversión se dan los datos siguientes:

4.2.1 CANTIDAD DE ESTUDIOS Y PELÍCULAS

En la tabla IV-24 se muestra la cantidad de película utilizada

Equipo	Tipo	Model	Exam./day	Im/Exam	Imág./película	Pelíc./Estudio	Pelíc./día	Costo por Pel	Costo pelíc/est/día
CT	Tomógrafo	1	10	60	20	3	30	10	300
	Tomógrafo	2	8	60	20	3	24	10	240
MR	Resonador	1	10	60	20	3	30	10	300
			0	0				0	0
DLR-DR-CR	Digitalizador de Chasis		70	4.0	4	1	70	10	700
			0						0
DFR/DAS	Telemando	DFR	8	10.0	4	2.5	20	10	200
	Telemando	DFR	15	10.0	4	2.5	37.5	10	375
DA	Angiografía		3	200.0	40	5.0	15	10	150
US	Ultrasonido	1	7	8.0	8	1	7	10	70
		2	7	8.0	8	1	7	10	70
		3	7	8.0	8	1	7	10	70
NM	Medicina Nuclear		10	30.0	15	2	20	10	200
Otro			0	0.0					0
			0	0.0					0
FG			0	0.0					0
			0	0.0					0
CR	Digitalizador películas		20	1	1	1	20	8	160
CR			0	0					0
			Días Trabajo : 288		Total/día 287.5		\$ 2,835.00		USD/día
					Total/año 82,800		\$ 816,480.00		USD/año

Tabla IV-24 Cantidad de Película utilizada en Hospital Central México

QUERETARO									
Equipo	Tipo	Model	Exam./day	Im/Exam	Imág./película	Pelíc./Estudio	Pelíc./día	Costo por Pel	Costo pelíc/est/día
US	Ultrasonido	1	7	8.0	8	1	7	6	42
		2	7	8.0	8	1	7	6	42
		3	0	0.0	0	0	0	6	0
CR	Digitalizador películas		58	2	1	2	116	8	928
CR			0	0					0
			Días Trabajo : 288		Total/día 130		\$ 1,012.00		USD/día
					Total/año 37,440		\$ 291,456.00		USD/año

Tabla IV-25 Cantidad de Película utilizada en Clínica Remota Querétaro

CUERNAVACA									
Equipo	Tipo	Model	Exam./day	Im/Exam	Imág./película	Pelíc./Estudio	Pelíc./día	Costo por Pel	Costo pelíc/est/día
US	Ultrasonido	1	8	8.0	8	1	8	6	48
CR	Digitalizador películas		35	2	1	2	70	8	560
CR			0	0					0
			Días Trabajo : 288		Total/día 78		\$ 608.00		USD/día
					Total/año 22464		\$ 175,104.00		USD/año

Tabla IV-26 Cantidad de Película utilizada en Clínica Remota Cuernavaca

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

PUEBLA									
Equipo	Tipo	Model	Exam./day	Im/Exam	Imág./película	Pelíc./Estudio	Pelíc./día	Costo por Pel	Costo pelíc/est/día
CR	Digitalizador películas		35	2	1	2	70	8	560
CR			0	0					
							Total/día	70	\$ 560.00 USD/día
							Total/año	20160	\$ 161,280.00 USD/año

Tabla IV-27 Cantidad de Película utilizada en Clínica Remota Puebla

TLAXCALA									
Equipo	Tipo	Model	Exam./day	Im/Exam	Imág./película	Pelíc./Estudio	Pelíc./día	Costo por Pel	Costo pelíc/est/día
CR	Digitalizador películas		20	2	1	2	40	8	320
CR			0	0					
							Total/día	40	\$ 320.00 USD/día
							Total/año	11520	\$ 92,160.00 USD/año

Tabla IV-28 Cantidad de Película utilizada en Clínica Remota Tlaxcala

En los parámetros a utilizar en referencia son los siguientes:

Parámetro	punto medio	Variación relativa a la media
Costo de película por procedimiento o estudio relacionado (valor USD)	10	\$8 ... \$14
Volumen de estudios:	174,384	80% ... 120%
Costo de una red digital de imágenes (USD) ⁽¹⁾	2,750,000.00	80% ... 120%
Interés (anual)	6%	80% ... 120%
Costo del servicio de mantenimiento por año después de la garantía, 10% monto del proyecto, por año	275,000.00	80% ... 120%
Ahorro potencial relacionado en el consumo de películas anualmente, (costo de película por cantidad de película por año) USD	1,743,840.00	
Primer año 30% (Reducción en el uso de Película)	523,152.00	80% ... 120%
Ahorro en años subsecuentes a 80% (Reducción en el uso de película) ⁽²⁾	1,395,072.00	80% ... 120%
Ganancias obtenidas por incremento de productividad, estimando \$60.00 USD por estudio, asumiendo que los costos relacionados de operación están cubiertos	60	
Se espera aumento del 2.5% de productividad	2.50%	
Ganancias \$60x5% x Volumen de estudios por año	261,576.00	0% ... 200%

(1) Datos obtenidos de Siemens

(2) Se contempla la reducción en 80% en el uso de película, ya que las clínicas remotas seguirán haciendo uso de éstas.

Tabla IV-29 Parámetros utilizados

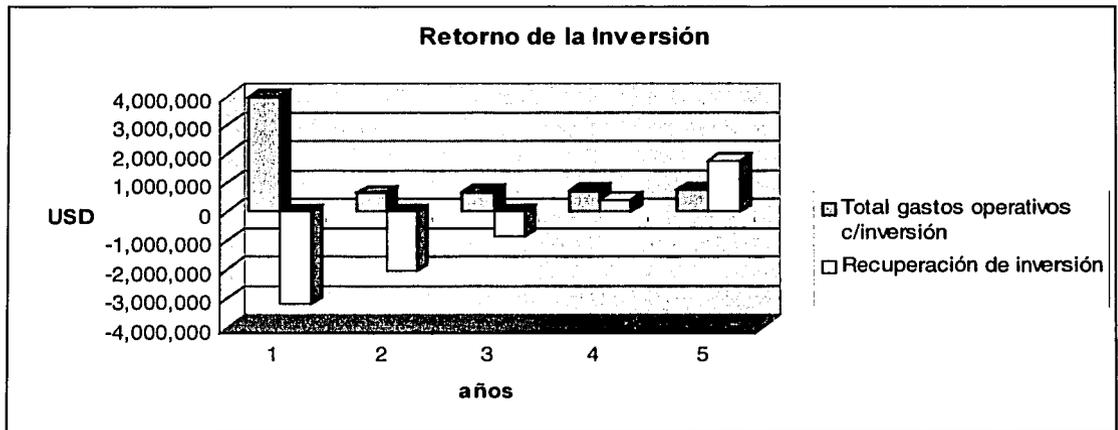
En la tabla IV-30 siguiente se demuestran los valores por años en el análisis de la información.

	Primer Año	Segundo año	Tercer año	Cuarto año	Quinto año
Gastos operación según tabla	1,220,688.00	369,694.08	391,875.72	415,388.27	440,311.56
Inversión/mantenimiento	2,750,000.00	275,000.00	291,500.00	308,990.00	327,529.40
Total gastos operativos c/inversión	3,970,688.00	644,694.08	683,375.72	724,378.27	767,840.96
Recuperación (30% 1er año), 80 2° año	523,152.00	1,478,776.32	1,567,502.90	1,661,553.07	1,761,246.26
Ganancias	261,576.00	284,202.32	308,785.83	335,495.80	364,516.19
Total recuperación	784,728.00	1,762,978.64	1,876,288.72	1,997,048.87	2,125,762.44

	Primer Año	Segundo año	Tercer año	Cuarto año	Quinto año
Acumulados de recuperación	784,728.00	2,547,706.64	4,423,995.37	6,421,044.24	8,546,806.68
Recuperación de inversión	-3,185,960.00	-2,067,675.44	-874,762.44	397,908.17	1,755,829.65

Tabla IV-30 Valores a través de los años de análisis

En la gráfica IV- se muestra el retorno de inversión que genera el análisis de costos.



4.3 BENEFICIOS

- Existe mayor control de los pacientes
- Se puede hacer uso de la tecnología informática actual para la transferencia de información
- Se hace uso de los medios de comunicación digitales existentes en el mercado.
- Los pacientes reciben mejor atención y calidad del servicio médico
- Existen muchas áreas susceptibles a mejorar y la telerradiología y la red digital de imágenes ayuda en gran medida
- Se reciben los diagnósticos rápidamente
- En caso de necesidad de transferencia del paciente al Hospital Central México desde las Clínicas Remotas, se tiene acceso a los estudios anteriores del paciente y no es necesario realizarlos nuevamente, en caso que no sea requerido otro tipo de estudio más sofisticado.
- El Hospital Central México tiene la posibilidad de mejorar sus procesos de atención con control sistematizado a pacientes, por medio de bases de datos que relacionan los estudios realizados a cada paciente y obtiene una optimización en el proceso diario y puede generar con mayor rapidez los diagnósticos.
- Tiene la posibilidad de ampliar sus servicios a mayor número de pacientes y regiones, así como mayor presencia en diferentes comunidades a las que puede atender.
- Al tener un sistema digital de imágenes tiene mayor posibilidad de consultar estudios, no importando donde y cuando hayan sido realizados.
- Se tiene la posibilidad de distribución óptima de recursos, ya que un grupo de especialistas puede estar asignado en determinada zona y ser consultado éste grupo desde cualquier punto que sea especificado, así como también determinados servicios pueden estar distribuidos en diferentes zonas.
- Mayor posibilidad de acceso a casos especiales para comparación y atención.
- Al existir la necesidad de docencia, con el sistema de radiología a distancia y manejo digital de imágenes, los estudiantes pueden realizar mayor aprendizaje al poder compartir diferentes casos clínicos de diferentes especialidades.
- Se pueden reducir los costos operativos al minimizar el uso de placas radiológicas y los químicos de revelado cuando se manejan las imágenes digitalmente.

4.4 RESUMEN

En este capítulo se desarrolla un caso práctico en donde se contempla la propuesta de una red digital de imágenes y telerradiología, entre el Hospital Central México y clínicas remotas de Querétaro, Tlaxcala, Cuernavaca, Puebla.

El Hospital Central México, que es un hospital que cuenta con todos los servicios de especialidades médicas, ubicado en el Distrito Federal y con atención a un gran número de pacientes al año, se realiza el desarrollo para la implementación de la red con los equipos digitales de diferentes modalidades, este hospital recibe pacientes referidos desde clínicas remotas.

Las clínicas remotas son clínicas de atención básica donde existen departamentos de imágenes, con equipos convencionales de rayos X (no digitales) donde existe un técnico radiólogo para la adquisición de estudios, pero no cuentan con los servicios de un médico radiólogo para la generación de diagnósticos médicos. La población de atención es limitada por la capacidad de la clínica.

Los objetivos son:

OBJETIVOS GENERALES:

- Manejo de un archivo digital
- Comunicación de imágenes entre El Hospital Central México y las clínicas remotas
- Reducción en el uso de películas
- Servicio de radiología especializada
- Realización de diagnóstico en estaciones de trabajo

OBJETIVOS PARTICULARES HOSPITAL CENTRAL MEXICO:

- Red digital de imágenes para integrar todas las modalidades de imagen existentes en el Hospital.
- Función de almacenamiento central de las clínicas remotas y local
- Realización de diagnóstico local y remoto
- Distribución interna de imágenes

OBJETIVOS PARTICULARES CLINICAS REMOTAS

- Utilización de servicios especializados
- Utilización de los archivos de sus pacientes
- Recepción de diagnósticos desde Hospital Central México

Se realizó el planteamiento para la instalación de una red digital de imágenes en el Hospital Central México con todos los componentes, como estaciones de trabajo, servidor de archivo, servidores de impresión, distribución de imágenes a quirófanos, urgencias y consultorios con la utilización de una red de cableado estructurado UTP nivel 5 Ethernet-FastEthernet, satisfaciendo las necesidades del hospital, para este planteamiento se consultaron equipos y servicios Siemens. Para las clínicas remotas se contempló la conectividad hacia el Hospital Central México por medio de los servicios Frame Relay de Avantel, las estaciones de trabajo conectadas a una pequeña red, misma que está conectada a la red digital de imágenes.

CONCLUSIONES

A lo largo del presente trabajo y conforme se fueron desarrollando cada uno de los temas se han definido los siguientes aspectos los cuales a manera de conclusión se detallan:

1.- El desarrollo de la tecnología digital ha dado pie a la evolución de los sistemas para generación de imágenes con la utilización de los rayos X y otras técnicas como el ultrasonido, la resonancia magnética y la medicina nuclear. Estos en conjunto con los sistemas informáticos como lo son computadoras robustas, redes de datos y sistemas de comunicaciones locales y remotas, brindan a los servicios de radiología de instituciones de salud privadas y públicas, herramientas más eficientes y eficaces para la generación de diagnósticos médicos.

2.- La red digital de imágenes, que está compuesta por equipos generadores de imágenes, estaciones de trabajo, servidores de archivo, cableados y topologías de red, servidores de impresión y estándares de comunicaciones, que ayudan en gran medida a mejorar los procesos internos de un hospital, y no solamente pueden ayudar en una sola área como lo es el departamento de radiología e imagen, además puede estar presente en áreas como quirófanos, cirugía, terapia intensiva, urgencias, o donde sean requeridas imágenes medicas para la mejor atención a pacientes.

3.- La telerradiología, que es la radiología a distancia, maneja las imágenes digitales a través de medios de telecomunicaciones, y lo más importante para la transmisión de imágenes es la cantidad de información a transmitir por lo que deben de considerarse muy detalladamente los medios de transmisión, debido a que las imágenes diagnósticas no deben perder calidad que puedan demeritar un diagnóstico.

4.- Los problemas actuales en cualquier servicio de radiología e imagen son: Diagnósticos tardíos por largos tiempos de espera en la generación de imágenes diagnósticas, extravío frecuente de estudios, servicios centralizados, repetición innecesaria de estudios, gastos excesivos en películas radiográficas, extenso e ineficiente el servicio de archivo, falta de atención especializada en localidades remotas, entre otros. La telerradiología y la red digital de imágenes promueven la solución a estos problemas.

5.- El almacenamiento y distribución de imágenes con los cálculos adecuados dará un desempeño adecuado de la red, de lo contrario los tiempos de espera para cualquier operación como consultas o envíos de imágenes, puede ser causa de la no aceptación del sistema.

6.- La telerradiología en México es sin duda una realidad, por existir en el mercado sistemas que realizan el manejo digital de forma eficiente y segura. Los diferentes proveedores de telecomunicaciones como Telmex, Avantel, AT&T, etc., cada vez tienen

mayor presencia en localidades que, hace algunos años eran inaccesibles para las comunicaciones digitales.

7.- El desarrollo del caso práctico visto en el capítulo 4, es un ejemplo de los diferentes aspectos a considerar para la implementación de un sistema de telerradiología y expansión de una red digital de imágenes. Cada Hospital o Institución de salud puede tener una solución específica que satisfaga las necesidades propias, pero en su mayoría la intención es manejar imágenes lo más fácil y rápidamente posible para la generación de diagnósticos y reportes relacionados con los pacientes tratantes, deben de considerarse claramente todos los aspectos que un sistema de red digital con telerradiología debe cubrir.

8.- La tecnología es cada vez más amplia en cuestión de informática y existen muchos proveedores de servicios integrales para la comunicación de imágenes, solo debe considerarse para la transmisión de estas imágenes se cumpla con los objetivos: transmisión adecuada de imágenes diagnósticas o de referencia, cada tipo de imagen debe cumplir con cierta calidad para no entrar en riesgos de emitir diagnósticos falsos por falta de calidad.

BIBLIOGRAFÍA

1. Avendaño Cervantes Guillermo E., Fundamentos Técnicos de Radiología y Tomografía Axial Computada, Editorial Diana, Tercera edición Julio de 1998 México
2. Bennett WC, Ed. Part 1: Introduction and Overview. In: ACR-NEMA Committee. Digital Imagind and Communications in Medicine DICOM version 3.0 1999
3. Bermand Philip MD, Radiology Imaging Networks, Versión 1998, Estados Unidos
4. Bocionek S., Digital (r)evolution in Radiology Siemens 2000, Alemania
5. Digital Radiology, Clinical Reality, Department of Radiology Danube Hospital SMZ Ost, Vienna, Sept 1998 Austria
6. Erics, Telecommunications in Healthcare: A primer, Julio 1997 Health devices
7. Healthcare product comparation system HPCS Teleradiology System, Julio 1998, Estados Unidos
8. Health Devices Focus on Picture Archiving and Communication Systems Nov 2000 vol. 29 Number II
9. Healthcare Product Comparison System HPCS Teleradiology System, Julio 1998, Estados Unidos
10. Hinshaw Waldo S., The Fundamentals of Magnetic Resonance Imaging, Editorial Technicare Corporation, 1997, Estados Unidos
11. Iyriboz TA, Zukoski MJ, Hopper KD, A Comparison of wavelet and Joint Photographic Experts group lossy compression methods applied to medical images, Nov 2000
12. Krestel Erich, Imaging Systems for Medical Diagnostics, Editorial Siemens Aktiengellschaft Berlin y Munich, Versión 1997, Alemania
13. Rueger Wolfgang MD, PACS Return on Investment Cosiderations Iselin NJ 08830, Enero 2000, Estados Unidos

-
14. Terrazas Ríos Francisco, Tesina Equipos médicos utilizados en diagnóstico por imagen. Universidad Iberoamericana, 1994, México
 15. Turpin John & Sarch Ray, Data Communications Beyond the Basics Editorial McGraw Hill, 2000, Estados Unidos
 16. Watson C. J., Advances in Teleradiology, Concepts, Competition and Solutions 1998, Estados Unidos
 17. WAN technologies for data networking, 3Com Corporation, 1998, Estados Unidos
 18. Revista: El Hospital,
Marzo 99, Vol 75 No. 1, USA Ohio, 1999
Noviembre 99, Vol. 75 No.4, USA 1999
 19. Revista: Diagnostic Imaging
Special editorial edition PACS and Teleradiology, Sept 1997, USA
Junio 99 Vol 17 No. 6, USA 1999
Sept 99 Vol 17 No 9, USA 1999
 20. Revista: Telemedicine and Telehealth Networks
Febrero 1998, USA
1, USA 1997
 21. Revista Medical Imaging
Oct 96, Mayo 97, Julio 97, USA 96-97
Agosto 97, Vol 10 No. 3 Suplemento
 22. Revista: Diagnostic Imaging América Latina
Junio 2000 Vol 1 No. 1, USA 2000
Marzo 2001 Vol 2 No 1, USA 2001
 23. Revista Mexicana de Radiología
Enero-Marzo Vol 52 No 1, 1998

RED DE FRAME RELAY NACIONAL PARA TRANSMISION DE VOZ Y DATOS

Acceso Local	Acceso Local			Tramo de Larga Distancia		Totales	
	Ancho de Banda	Instalación	Renta Mensual	Instalación	Renta Mensual	Instalación	Renta Mensual
Nodo Central Mexico	2,048 kbps	\$90,971.00	\$5,321.00	\$0.00	\$0.00	\$90,971.00	\$5,321.00
Queretaro	128 kbps	\$19,362.00	\$1,725.00	\$0.00	\$0.00	\$19,362.00	\$1,725.00
Cuernavaca	128 kbps	\$19,362.00	\$1,725.00	\$0.00	\$0.00	\$19,362.00	\$1,725.00
Tlaxcala	128 kbps	\$19,362.00	\$1,725.00	\$0.00	\$0.00	\$19,362.00	\$1,725.00
Puebla	128 kbps	\$19,362.00	\$1,725.00	\$0.00	\$0.00	\$19,362.00	\$1,725.00
Total Acceso Local		\$168,419.00	\$12,221.00	\$0.00	\$0.00	\$168,419.00	\$12,221.00

Puertos	Ancho de Banda	Instalación	Renta Mensual
Nodo Central Mexico	2,048 kbps	\$1,250.00	\$11,385.00
Queretaro	128 kbps	\$1,250.00	\$698.00
Cuernavaca	128 kbps	\$1,250.00	\$698.00
Tlaxcala	128 kbps	\$1,250.00	\$698.00
Puebla	128 kbps	\$1,250.00	\$698.00
Total Puertos Frame Relay		\$6,250.00	\$14,177.00

CIR (Bidireccional)	Distancia en Kms.	Ancho de Banda	Instalación	Renta Mensual
Nodo Central Mexico	0	0	\$0.00	\$0.00
Queretaro	185	128 kbps	\$0.00	\$728.00
Cuernavaca	58	128 kbps	\$0.00	\$486.00
Tlaxcala	101	128 kbps	\$0.00	\$728.00
Puebla	109	128 kbps	\$0.00	\$728.00
Total CIR			\$0.00	\$2,670.00

SUBTOTAL FRAME RELAY \$174,669.00 \$29,068.00

DESCUENTOS:			
100 % Instalación de Puertos		\$6,250.00	\$0.00
Total de Descuentos		\$6,250.00	\$0.00

TOTAL FRAME RELAY M N \$168,419.00 \$29,068.00

Notas:

Esta propuesta tiene una vigencia de 30 días naturales a partir de la fecha de elaboración
 Los precios en esta propuesta están expresados en Moneda Nacional y no incluyen IVA
 Estos precios aplican solo para el servicio de frame relay, no incluye costos de equipos, cableados, configuración de equipos, etc.

TESIS CON FALLA DE ORIGEN