



UNIVERSIDAD DEL AZUAY
FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA

**“PROPUESTA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE PACS EN EL
HOSPITAL UNIVERSITARIO DEL RIO”**

**Trabajo de graduación previo a la obtención del título de Ingeniero
Electrónico**

**Autor:
Idrovo Neira Juan José**

**Director:
Vázquez Rodríguez Leopoldo Carlos**

Cuenca, Ecuador

2013

DEDICATORIA

A mis padres, por sembrar en mí ese deseo de superación, por su apoyo y su infinita confianza.

AGRADECIMIENTOS

A mis padres y a mi familia, por todo el apoyo que me han brindado toda mi vida, sin el cual, no hubiera logrado cumplir mis sueños y objetivos.

Al Lcdo. Leopoldo Vázquez, por su ayuda y guía en la elaboración de este proyecto.

A todas aquellas personas, que me inspiraron a lograr esos sueños que parecían imposibles.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTOS.....	iii
ÍNDICE DE CONTENIDOS.....	iv
RESUMEN.....	vii
ABSTRACT	viii
ÍNDICE DE FIGURAS Y CUADROS.....	ix
INTRODUCCIÓN.....	1

CAPÍTULO I: IMAGENOLOGÍA

1.1. Principios básicos de imágenes médicas.....	3
1.1.1. Imagen.....	3
1.1.2. Imagen digital.....	3
1.1.3. Digitalización.....	3
1.1.4. Tamaño de la imagen.....	4
1.1.5. Visualización de imágenes.....	5
1.1.6. Importancia de la calidad de la imagen.....	7
1.1.7. Cuantificación, resolución espacial y relación señal a ruido.....	7
1.1.8. Imagen radiográfica analógica.....	9
1.2. Placas convencionales de rayos X.....	10
1.3. Equipos de diagnóstico por imágenes.....	11
1.4. Modalidades de imagen.....	11
1.4.1. Radiografía digital.....	11
1.4.2. Fluoroscopia digital.....	13
1.4.3. Radiografía computarizada.....	14
1.4.4. Tomografía axial computarizada.....	15
1.4.5. Resonancia magnética.....	17
1.4.6. Ultrasonido.....	19
1.5. Compresión de imágenes.....	20
1.6. Estándar de compresión de imágenes.....	22
1.6.1. Estándar JPEG.....	22

1.6.2.	Estándar JPEG 2000.....	23
1.7.	Estándares de informática médica.....	24
1.7.1.	Estándar health level 7 (HL7).....	25
1.7.2.	DICOM.....	27
1.7.3.	Comunicación DICOM.....	33

CAPÍTULO II: DIAGNOSTICO Y ANÁLISIS DE LA INFRAESTRUCTURA DEL ÁREA DE IMAGENOLOGÍA DEL HOSPITAL UNIVERSITARIO DEL RÍO

2.1.	Diagnóstico y análisis de los equipos.....	35
2.2.	Equipamiento con el que cuenta el hospital y características principales de los equipos.....	36
	LightSpeed RT 16 General Electric. (Tomógrafo).....	36
	GE logic ultrasound (ultrasonido).....	37
	Mamografo analógico ALPHA RT- GE.....	38
	Resonador magnético signa Hdxt 1.5 optima edition.....	39
	Angiógrafo innova 2100iq GE.....	40
	Unidad de rayos X healthcare 9600 GE.....	40
	Fluoroscopio healthcare 9600 GE.....	41
	Ecógrafo voluson 730 pro GE.....	42

CAPÍTULO III: PROPUESTA DE DISEÑO DEL SISTEMA DE PACS PARA EL ÁREA DE IMAGENOLOGÍA DEL HOSPITAL UNIVERSITARIO DEL RIO

3.1.	Requisitos del sistema.....	43
3.1.1.	Requerimientos del sistema.....	43
3.1.1.1.	Almacenamiento.....	43
3.1.1.2.	Usuarios.....	44
3.1.1.3.	Crecimiento proyectado.....	44
3.2.	Comunicaciones y <i>networking</i>	45
3.2.1.	Ancho de banda.....	45
3.2.2.	Topología de red.....	46
3.2.3.	Modelos de <i>networking</i>	47

3.2.4.	Arquitectura de red.....	48
3.2.4.1.	Ethernet.	48
3.2.4.2.	ATM (Modo de transferencia Asíncrona).....	48
3.2.5.	Factores que afectan el desempeño de la red.	49
3.2.5.1.	Atenuación.	49
3.2.5.2.	Distorsión de retardo.	50
3.2.5.3.	Ruido.....	50
3.3.	Diseño de la red de PACS.....	50
3.3.1.	Diseño de la red interna.	51
3.3.1.1.	Arquitectura de la red.	52
3.3.1.2.	Componentes de la red.....	52
3.3.1.2.1.	Controladores de PACS y servidores de archivo de imágenes.....	54
3.3.1.2.2.	Diseño del sistema de almacenamiento de imagen de PACS.....	56
3.3.1.3.	Estaciones de trabajo.	57
3.3.1.4.	Servidor web.	59
3.3.1.5.	Impresión.....	60
3.4.	Diseño general de la red.....	61
CAPÍTULO IV: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		
4.1.	Conclusiones.	63
4.2.	Recomendaciones.	64
BIBLIOGRAFÍA:		65
ANEXOS:		68

*Revisado
27/05/13*

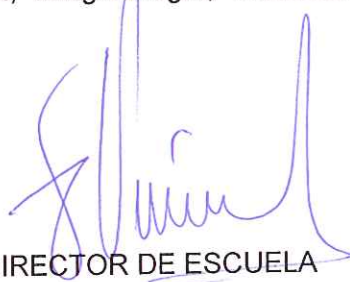
RESUMEN

PROPUESTA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE PACS EN EL HOSPITAL UNIVERSITARIO DEL RIO.

Para buscar formatos de estandarización de las imágenes, videos y establecer comparaciones de imágenes radiológicas, acceder a estudios anteriores, así como, a herramientas de manipulación y visualización como 3D, mediante el estudio del equipamiento y la infraestructura con la que cuenta el Hospital Universitario Del Rio, se realizó la presente investigación a través de diseñar un modelo de red para la implementación de un sistema de almacenamiento y comunicación de imagen (PACS).

Los sistemas de archivo y comunicación de imágenes, son los encargados de controlar la información del área de imagenología y de su seguimiento, tanto desde la adquisición de imágenes como de su almacenamiento para su posterior envío a las estaciones que lo soliciten; lo que permitirá lograr optimizar el tiempo del paciente y el tiempo para la toma de decisión del médico tratante, aprovechando al máximo los equipos de imagenología con los que cuenta el hospital.

Palabras clave: PACS, DICOM, Imagenología, estandarización de imágenes, redes hospitalarias, imágenes médicas.



DIRECTOR DE ESCUELA

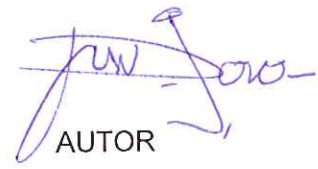
INGENIERÍA ELECTRÓNICA

Ing. Francisco Vásquez.



DIRECTOR DEL TRABAJO DE GRADO

Lcdo. Leopoldo Vázquez.



AUTOR

Juan José Idrovo Neira.

Idrovo

030613

ABSTRACT

PROPOSAL FOR THE IMPLEMENTATION OF PACS IN
HOSPITAL UNIVERSITARIO DEL RIO

The following research took place in search of standard formats for images and videos in order to establish comparisons between radiologic images, to access to previous studies, manage and visualize tools such as 3D through the investigation of the equipment and the infrastructure of *Hospital Universitario del Rio*. The present research consists of the design of a network model for the implementation of a picture archiving and communication system (PACS).

The picture archiving and communication system is in charge of controlling the information in the imaging area as well as the follow-up, during both the acquisition of the picture and its archiving process, in order to send it later to the stations that require it. This will allow optimizing the time of the patient and the decision making by taking the most advantage of the hospital's imaging equipment.

Key Words: PACS, DICOM, Imaging, standard images, hospital network, medical images.

DIRECTOR OF THE SCHOOL
OF ELECTRONIC ENGINEERING
Ing. Francisco Vasquez

DIRECTOR OF THE GRADUATION
PROJECT
Lcdo. Leopoldo Vázquez

AUTHOR
Juan José Idrovo Neira

UNIVERSIDAD DEL
AZUAY
DPTO. IDIOMAS

Translated by,
Diana Lee Rodas

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.2 Tamaños de imagen	6
Figura 1.3 Tomografía (cuantificación y resolución).....	9
Figura 1.4 Flujo de datos de un sistema RC	15
Figura 1.5 Cortes TAC.....	17
Figura 1.6 Estructura formato DICOM	29
Figura 1.7 Formato DICOM	32
Figura 1.8 Movimiento de un conjunto de imágenes desde el escáner hasta la estación de trabajo.....	34
Figura 2. 1 Tomógrafo LightSpeed	36
Figura 2. 2 Ultrasonido Logic Ultrasound	37
Figura 2. 3 Mamógrafo Alpha RT	38
Figura 2. 4 Resonador Magnético Signa.....	39
Figura 2. 5 Angiógrafo Innova	40
Figura 2. 6 Rayos X Healthcare-OEC.....	40
Figura 2. 7 Fluoroscópio Healthcare	41
Figura 2. 8 Ecógrafo Voluson	42
Figura 3. 1 Velocidades para transmitir imágenes en PACS	45
Figura 3. 2 Topología de red	47
Figura 3. 3 Arquitectura básica del servidor Web.....	59
Figura 3. 4 Esquema de la red.....	61
Figura 3. 5 Diagrama de bloques del sistema de PACS.....	62

Idrovo Neira Juan José

Trabajo de graduación

Lcdo. Leopoldo Vázquez

Junio 2013

PROPUESTA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE PACS EN EL HOSPITAL UNIVERSITARIO DEL RÍO

INTRODUCCIÓN

El presente Proyecto de Titulación permitirá diseñar un sistema de almacenamiento y comunicación de imagen (PACS), que consienta importar y exportar información acorde a las tecnologías de comunicación actuales, estableciendo los requerimientos necesarios para su implementación en el área de imagenología del Hospital Universitario del Río, conservando las características mínimas que un sistema como este necesita para funcionar en óptimas condiciones, ya que de esta manera, podernos ajustarnos a los gustos y posibilidades económicas del beneficiario y no limitarnos por una línea de fabricantes de equipos o de *software* y así poder hacer, que el costo total del proyecto, se acople al presupuesto con el que cuente el beneficiario, que en éste caso, sería el Hospital Universitario del Río.

En términos generales, se puede decir, que la utilización de la electrónica, aplicada concretamente a los departamentos de imagenología, dentro de los hospitales en nuestra ciudad, no está siendo utilizada en forma adecuada para lograr una mejor atención para los usuarios, así como, una correcta utilización y optimización desde un punto de vista médico. En concreto, no saber aprovechar, utilizar y optimizar los recursos en el área de imagenología, conlleva una serie de problemas que generan molestias para los usuarios, así como, pérdidas para el propio hospital, ya que cuando no se cuenta con un sistema que integre todos los servicios de una misma área, para este caso el área de imagenología, se producen problemas como: Diferencias en calidad de imágenes, alto gasto en insumos de radiología (placas), pérdidas por repetición de tomas, imágenes manejadas en forma aislada, importante número de estudios extraviados, entre los más comunes.

En la actualidad, la información constituye uno de los principales elementos a proteger, ya que es muy difícil recuperarla, más aún al tratarse de hospitales, ya que el volumen de información que se maneja crece día a día, y respaldar esta información se ha vuelto una necesidad. Es por eso, que es de vital importancia, poder digitalizar las imágenes, así como, la creación de un sistema de almacenamiento, bases de datos, estaciones de visualización y dispositivos de impresión, que permitirán lograr un servicio eficiente sin hacer perder tiempo a los usuarios y a los médicos, ya que con la digitalización de las imágenes, los usuarios no tendrán que esperar a que su placa sea impresa porque inmediatamente ésta es enviada al consultorio del médico tratante, y este puede trabajar en la imagen como desee para poder dar un diagnóstico más preciso, y de esta manera se va creando un historial de los usuarios para próximas atenciones y así no se corre ningún riesgo de que las placas se pierdan o se encuentren en mal estado.

CAPÍTULO I

IMAGENOLOGÍA

1.1. Principios básicos de imágenes médicas

1.1.1. Imagen

El término, imagen monocroma o simplemente imagen se refiere a una función bidimensional de la intensidad de la luz $f(x, y)$, donde x e y representan las coordenadas y el valor de f en un punto cualquiera (x, y) es proporcional al brillo (o nivel de grises) de la imagen en ese punto.¹

1.1.2. Imagen digital

La introducción de modalidades radiológicas con adquisición digital: Tomografía Computarizada, Radiología convencional, Angiografía, Cardiología, Medicina Nuclear, Resonancia Magnética y sobre todo la Radiografía Computarizada y el progreso de las tecnologías de la comunicación e informática, han facilitado el desarrollo de la administración directa de las imágenes en formato digital.

La imagen médica digital constituye un paradigma de requerimientos para cualquier sistema computarizado: las imágenes presentan un volumen muy elevado de información, tanto por sus características de resolución espacial, como por el volumen de datos o números de imágenes por exploración.²

1.1.3. Digitalización

La nueva metodología para obtener imágenes médicas, se basa en la transformación de las imágenes analógicas en digitales, lo que permite procesar los datos digitales adecuadamente y mostrarlos de forma que

¹ <http://www.definicionabc.com/comunicacion/imagenes.php>

² http://arantxa.ii.uam.es/~eloy/html/doctorado/doct_9.pdf

parezcan una imagen tradicional. Esta conversión y manipulación de los datos no sería posible sin los avances registrados de la tecnología informática.

Las técnicas de digitalización de imágenes, han sido aplicadas en tomografía computarizada (TC), ecografía, estudios con radioisótopos, imagen de resonancia magnética (IRM), fluoroscopia digital (FD) y radiografía digital (RD). La radiografía y fluoroscopia digitales se han desarrollado con gran rapidez y ya se emplean en numerosos centros. A medida que siga avanzando la tecnología, sucederá lo mismo con las técnicas digitales de imagen radiográfica. Algunos predicen que la radiografía digital sustituirá en el futuro a la tradicional.³

1.1.4. Tamaño de la imagen

Las dimensiones de una imagen son el par ordenado (M, N), el tamaño de la imagen es el producto de $M \times N \times k$ bits, y podemos obtener el número de niveles de grises aplicando la siguiente fórmula 2^k . Se debe tener en cuenta que, mientras más se aproxima la imagen digitalizada a la original, desafortunadamente necesita mayor capacidad de almacenamiento y procesamiento.

³ <http://javiergs.dgproject.com/pdf/uml-diapositivas.pdf>

Modalidad	Resolución	Densidades (bits)	Numero de Imágenes/examen	Tamaño(MB)
Medicina Nuclear	128 x 128	12	30-60	1
Imagen de Resonancia Magnética (IRM)	512 x 512	12	60 - 3000	8
Ultrasonido (US)	512 x 512	8	20 - 240	5-60 MB
Angiografía Digital (DS)	512 x 512	8	15 - 40	4-10 MB
Microscopia Digital	512 x 512	8	1	0.25
Tomografía Computarizada (TC)	512 x 512	12	40 - 3000	20
Radiografía Computarizada (RC)	2048 x 2048	12	2	16
Rayos x Digitalizado	2048 x 2048	12	2	16
mamografía Digital	4000 x 5000	12	4	160

Tabla 1.1 Indicadores por modalidad⁴

1.1.5. Visualización de imágenes

Una imagen puede ser impresa en una película, como puede ser visualizada a través de un monitor de video de tubos de rayos catódicos (CRT) o por medio de una pantalla de cristal líquido (LCD, *Liquid Crystal Display*). La pantalla del LCD es volátil, ya que la imagen desaparece cuando el dispositivo es apagado. Para visualizar la imagen radiológica digital, el valor del pixel primero es convertido a una señal analógica compatible con la señal de video convencional usada en la industria de la televisión. Este procedimiento es llamado conversión digital / análogo. La pantalla puede manejar tamaños de imagen desde 256, 512, 1024, a 2048 píxeles.

⁴ <http://vetblog.vetjg.com/modalidades-de-imagen-medica/>

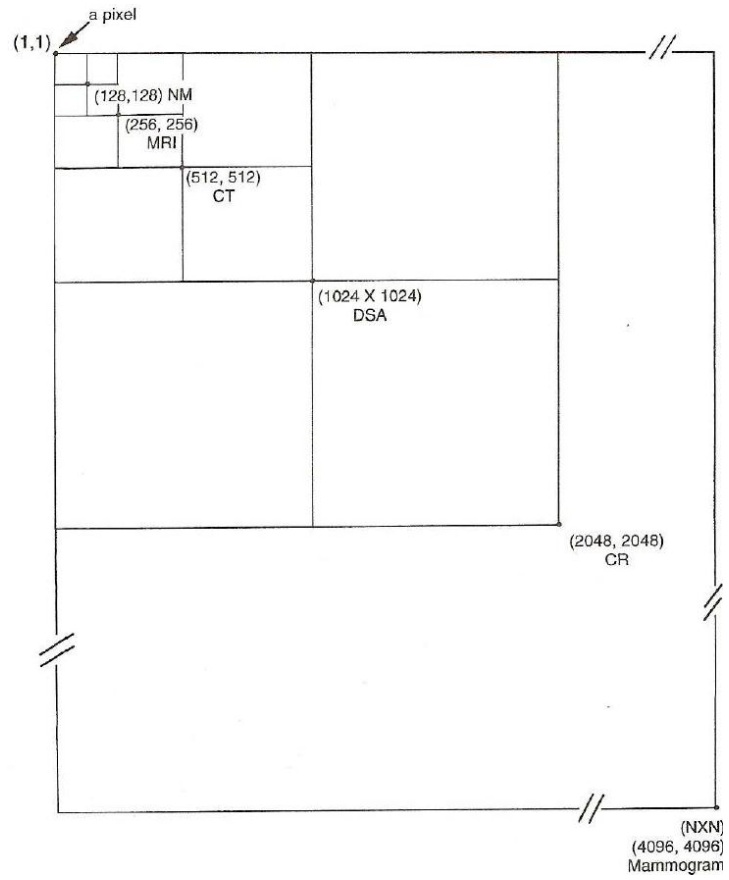


Figura 1.2 Tamaños de imagen⁵

⁵ <http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/11854/fichero/Volumen+1%252FCapitulo+2.pdf>

1.1.6. Importancia de la calidad de la imagen

La calidad de la imagen, tiene una importancia fundamental cuando esta se va a utilizar con fines de diagnóstico, ya que el objetivo principal de un sistema de imagenología médica, es visualizar las diferentes estructuras anatómicas y detectar cualquier signo de patología, si estos se encuentran presentes. Por lo que, al existir cualquier defecto en la calidad de la imagen, hace que se empobrezca la capacidad de utilizar la misma para fines de diagnóstico médico.

Entre los factores que afectan la calidad de la imagen tenemos:

- Ruido.
- Artefactos.
- Borrosidad.
- Distorsión.
- Insuficiencia de contraste.

Para mitigar estos efectos indeseables, se utiliza diferentes técnicas de filtrado de imágenes. Además de esto, las imágenes digitales son susceptibles de ser sometidas a gran diversidad de procesamientos computacionales con el fin de rescatar imágenes que originalmente no poseen buena calidad.³

1.1.7. Cuantificación, resolución espacial y relación señal a ruido

La resolución espacial (cantidad de píxeles por unidad de longitud en cada eje de coordenadas de una imagen) y la cantidad de niveles de cuantificación (o número de niveles de gris que puede mostrar en la imagen), definen en gran medida la calidad de la imagen. En una imagen $N \times N \times k$, N se relaciona a la resolución espacial y k al nivel de cuantificación. Una alta relación señal a ruido significa que la imagen tiene una señal fuerte pero con poco ruido y es agradable a la vista, por lo tanto presenta una imagen de buena calidad.

No suelen presentarse reglas para determinar la relación entre estas variables, sino que la calidad de la imagen depende de sus

características y de la respuesta de los observadores. En general, se desea un número amplio de niveles de cuantificación y una buena resolución espacial. En ocasiones, se obtienen buenos resultados con un muestreo más denso, y en otras con una cuantificación más fina.

Es importante tener en cuenta, que en una escena con cambios lentos (suaves), es necesario tener una cuantificación fina, pero la resolución espacial puede ser burda, mientras, que en una escena con mucho detalle, es necesario tener una buena resolución espacial, aunque la cuantificación puede ser relativamente gruesa. La siguiente figura muestra el concepto de cuantificación y resolución espacial teniendo una tomografía computarizada abdominal de (512 x 512 x 12 bits) como ejemplo de una imagen digital.

Aquí se muestra la imagen original y tres imágenes más con una misma resolución espacial (512 x 512), pero con diferente nivel de cuantificación (8, 6 y 4 bits/píxel). Comparando estas imágenes claramente se observa que el ruido degrada la calidad de la imagen. Se debe tener en cuenta, que una imagen de alta resolución requiere mayor capacidad de memoria para almacenamiento y aumenta el tiempo de transmisión y procesamiento.⁶

⁶ <http://ccc.inaoep.mx/~arias/seminario/doc/reporte.html>

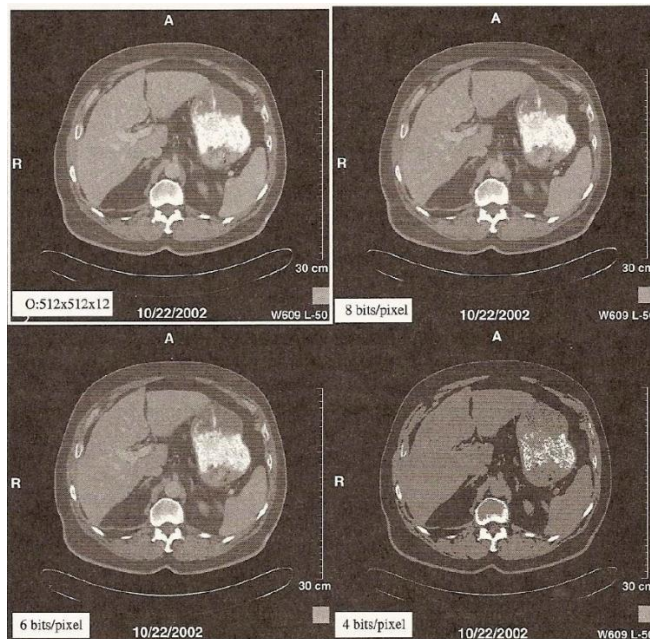


Figura 1.3 Tomografía (cuantificación y resolución) ⁶

1.1.8. Imagen radiográfica analógica

Una radiografía estática convencional se obtiene del mismo modo que una sombra chinesca. Se utiliza un campo de rayos X que forma una imagen después de atravesar al paciente. El receptor de imagen es un dispositivo que grava directamente esta imagen.

Las imágenes analógicas, grabadas en dichos receptores, reciben ese nombre por ser una representación analógica de las estructuras que se quieren estudiar, como ocurre, por ejemplo, en una radiografía de abdomen, en la que se pueden visualizar las diversas estructuras que lo componen. En dicha radiografía, lo que se obtiene es una imagen bidimensional formada por una gran variedad de densidades fotográficas, que se deben a que cada punto anatómico del abdomen, producirá diferentes atenuaciones en el haz de radiación incidente, lo cual dará lugar a una gran variedad de intensidades energéticas en el haz emergente. Debido a esta gran variedad energética, se obtendrán diferentes densidades fotográficas en la imagen. Lo que se consigue es

una representación iconográfica (colección de imágenes) de cada una de las densidades que se encuentran en el camino del haz, en la cual cada estructura que aparece en la radiografía tiene una forma semejante o análoga a como en la realidad es.

Una vez obtenida la imagen, no se puede hacer nada para mejorar la información que contiene. Cuando se termina el examen, el resultado es una radiografía que hay que catalogar y archivar por si hay que volver a verla. Se puede decir que una imagen radiográfica analógica o convencional corresponde a una distribución continua de matices de gris, en la cual las discontinuidades son las que producen la visualización de los detalles anatómicos.⁷

1.2. Placas convencionales de rayos X

Las imágenes obtenidas sobre película convencional, deben ser convertidas a formato digital para incorporarlas a la carpeta del paciente. El proceso, consiste en una lectura punto a punto de cada película con un digitalizador, que puede ser de tres tipos: cámara de video CCD, barrido por CCD, o barrido por láser. La mejor calidad se obtiene con los digitalizadores láser, obtienen resolución superior a 2000x2000 píxeles y una gama de densidades de 12 bits (4096 tonos) por píxel. Con la cámara de video CCD, limitada 8 bits (256 grises) y a resoluciones inferiores a 1024x1024 píxeles, la calidad es muy limitada, (aunque hay prototipos a 2048x2048 píxeles).

Este proceso de conversión es siempre costoso, ya que duplica el registro analógico, además precisa personal para la manipulación de las películas, y con los equipos digitalizadores menos sofisticados disminuye la calidad de la imagen.⁸

⁷ <http://itzamna.uam.mx/alfonso/pacs.html>

⁸ http://www.espalda.org/divulgativa/diagnostico/pruebas_radiologicas/radiologia.asp

1.3. Equipos de diagnóstico por imágenes

Cada uno de los equipos de diagnóstico, del Hospital Universitario del Río que obtienen imágenes del paciente se denomina modalidad. Como por ejemplo:

- Tomografía Computarizada (CT).
- Resonancia Magnética (MRI).
- Radiografía Computarizada (CR).
- Radiografía Directa (DR).
- Película Digitalizada (FD).
- Ultrasonido (US).
- Medicina Nuclear (NM).
- Fluoroscopia Digital (DF).
- Radiología Angiografía (Angi-R) Cardiología Angiografía (Angi-C).

1.4. Modalidades de imagen

1.4.1. Radiografía digital

Se puede considerar a la radiología digital, como el mayor avance tecnológico en sistemas de imágenes de uso médico de la última década. En pocos años, la película fotográfica para rayos X podría caer completamente en desuso. Una analogía apropiada y fácil de entender, es la sustitución de las cámaras fotográficas tradicionales por las cámaras digitales. Las imágenes se pueden obtener, borrar, modificar y se las puede enviar a continuación a una red de computadores.

Los beneficios que aporta la radiología digital son enormes. Mediante esta técnica se puede llegar a prescindir completamente de las películas en las instalaciones o departamentos radiológicos. El médico que prescribió el examen, puede ver en su ordenador personal o en su portátil, la imagen que solicitó, e incluso, emitir un informe pocos minutos después de haberse realizado la exploración. Las imágenes ya no se guardan en un único lugar, sino que varios médicos situados a kilómetros de distancia las pueden ver simultáneamente. Además, el

paciente se puede llevar las imágenes de rayos X en un disco compacto para ponerlas a disposición de otros médicos u otros hospitales.

Radiografía digital.

La radiografía, es una técnica de imagenología que produce imágenes anatómicas de alta calidad mediante el uso de rayos X. El área de radiografía general, es actualmente, la mayor del departamento de imagenología del hospital e incluye exámenes de abdomen, pecho y extremidades

El uso de la radiografía digital ha aumentado rápidamente en los últimos años. La radiografía computarizada proporciona un modo de transición rentable de la película tradicional (usada desde el año 1895) a la radiografía digital directa (DDR), utilizando los equipos de rayos X convencionales.

La radiografía digital directa, es un sistema sin cassettes de imagen y es ideal para aplicaciones donde el alto rendimiento es de primera importancia. El sistema de radiología digital directa permite el uso de todas las aplicaciones de diagnóstico de la radiografía general.

Los principales componentes de un sistema de radiografía digital son los siguientes:

1. Generador de rayos X.
2. Ensamblaje de rayos.
3. Carro auxiliar u otro dispositivo para sostén del paciente.
4. Soporte para el conjunto de los tubos de rayos X.
5. Detector conversor de rayos X a una imagen.
6. Estación de trabajo para procesar y mostrar la imagen.

La mayoría de los detectores digitales necesitarán un cierto nivel de control ambiental. Esto puede ser en términos de temperatura de funcionamiento, tipo de cambio de temperatura y / o humedad relativa. En la medida que la imagen original del detector sea inadecuada para su uso, se debe aplicar un procesador de imágenes. La corrección de

campo plano, se aplica a la imagen en bruto para reflejar las variaciones en la sensibilidad del detector, a través de su área total. Además, un número de píxeles individuales puede estar defectuoso

La mayoría de las unidades de radiología digital directa, cuentan con control de exposición automático (AEC) para proporcionar la dosis seleccionada para el detector. Estos pueden utilizar un detector AEC convencional o el detector de imagen real para determinar la dosis correcta. Es esencial que el AEC opere de una manera confiable y consistente y que esté correctamente configurado para el detector de la exposición. Sistemas de radiografía digital pueden ser adquiridos en sitios de venta y compra de equipamiento médico.

La optimización, es el proceso de identificar el nivel de dosis de radiación necesaria para proporcionar la información clínica adecuada para un examen particular. La optimización depende de una serie de factores clínicos y técnicos.

En los modernos sistemas de radiografía digital existe un detector de dosis incorporado. El indicador del detector de dosis (DDI) da una información del nivel de exposición a la radiación recibida por el detector. Esto es útil para el seguimiento que la exposición está en el rango correcto para una calidad de imagen óptima y para la realización de control de calidad.⁹

1.4.2. Fluoroscopia digital

Los departamentos de física médica de las universidades de *Wisconsin* y *Arizona* comenzaron, de forma independiente, el estudio de la fluoroscopia digital a principio de los 70. Los departamentos de investigación y desarrollo en los distintos fabricantes prosiguieron esos descubrimientos durante toda la época.

La estrategia general consistió en usar un equipo de fluoroscopia convencional y colocar un PC entre la cámara y el monitor de TV. La

⁹ <http://www.leetu.com/2010/11/15/radiografia-digital/>

señal de video que sale de la cámara, pasa a través del PC y experimenta diversas manipulaciones antes de ser transmitida al monitor de TV para su visualización.

Los primeros investigadores demostraron que inmediatamente después de la inyección intravenosa, podían obtenerse imágenes de fluoroscopia digital de sustracción de gran calidad. Aunque se sigue usando mucho la inyección intraarterial.

Las dos principales ventajas de la fluoroscopia digital sobre la convencional son:

- La velocidad de adquisición de imágenes.
- La mejora del contraste.

Un examen mediante fluoroscopia digital se realiza de forma muy parecida a una convencional, para el observador inexperto el equipo usado es el mismo, pero las apariencias engañan.¹⁰

1.4.3. Radiografía computarizada

La radiografía computarizada (RC), utiliza una placa para imágenes, en lugar de una película. La placa para imágenes contiene fósforos fotoestimulables de almacenamiento, los cuales retienen la imagen latente. Al explorar la placa para imágenes con un haz láser en digitalizador, la información sobre la imagen latente se libera como luz visible. Esta luz se captura y se la convierte en una secuencia digital para calcular la imagen digital.

Un lector de radiografías computarizadas explora la placa con un haz láser. La energía del láser libera los electrones atrapados y, como resultado, se emite una luz visible. Esta luz se la captura y se la convierte en una secuencia de bits digitales que codifica la imagen digital.

¹⁰ www.jccm.es/edu/ies/torreon/Sanidad/Imagen/ptir/pdf/ut10.pdf

Una vez que existe la imagen digital, esta puede ser filtrada, procesada y retocada matemáticamente para ser mejorada. Luego puede ser visualizada en un monitor, ser impresa en una buena película o simplemente almacenada.

La resolución espacial de la RC no es tan buena como la radiografía convencional, pero la resolución de contraste resulta superior debido a los métodos de procesos utilizados. La latitud del sistema es excepcional y en muchos exámenes la dosis que recibe el paciente es considerablemente menor.¹¹

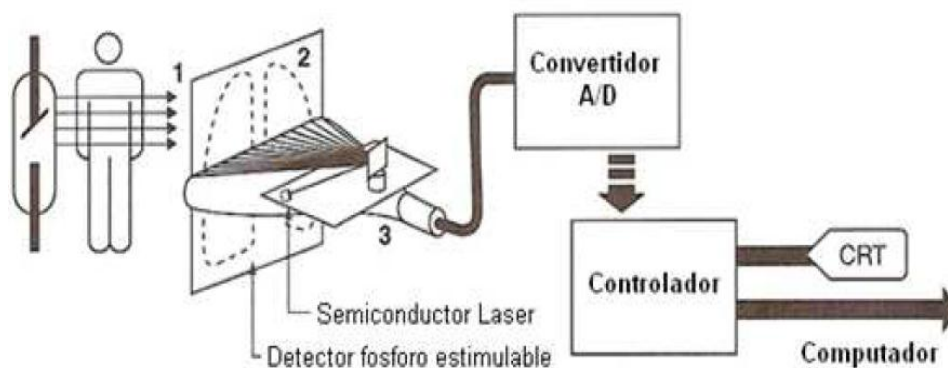


Figura 1.4 Flujo de datos de un sistema RC¹¹

1.4.4. Tomografía axial computarizada

Una tomografía axial computarizada, TAC o escáner, es un procedimiento de diagnóstico médico, que utiliza rayos X con un sistema informático que procesa las imágenes y que permite obtener imágenes radiográficas en las diferentes secciones, y si es necesario, imágenes tridimensionales de los órganos o estructuras orgánicas. Mediante el TAC obtenemos imágenes de secciones perpendiculares del organismo.

Las imágenes del TAC, permiten analizar las estructuras internas de las distintas partes del organismo, lo cual facilita el diagnóstico de fracturas,

¹¹ <http://www.e-radiography.net/cr/cr.htm>

hemorragias internas, tumores o infecciones en los distintos órganos. Así mismo, permite conocer la morfología de la médula espinal y de los discos intervertebrales (tumores o derrames en el canal medular, hernias discales, etc.), o medir la densidad ósea (osteoporosis).

En determinados casos, puede ser necesario utilizar contraste radiológico, que inyectado en el líquido cefalorraquídeo o en los vasos arteriales, facilita el diagnóstico. La realización de un TAC es una prueba no dolorosa y que ofrece imágenes de gran calidad y precisión, que puede guiar para la realización de intervenciones mínimamente invasivas, toma de biopsias, drenaje de abscesos, reduciendo la necesidad de intervenciones quirúrgicas.

El TAC, se realiza con el paciente acostado en una camilla que se desplaza mecánicamente, haciendo pasar al paciente por el tomógrafo en forma de un aro que rodea al paciente y la camilla y que va realizando las radiografías. El proceso dura alrededor de una hora, y en dependencia del órgano estudiado puede realizarse con contraste inyectado, o administrado vía oral o por enema, que permite distinguir con mayor nitidez los tejidos y órganos.

El paciente debe mantenerse relajado y sin realizar movimientos. Se mantiene en contacto con el equipo técnico que está en una sala próxima viendo al paciente y a las imágenes, comunicándose con el paciente por un sistema de megafonía, que le indica cuando respirar o retener la respiración, en el caso de tomografías abdominales o de tórax. Durante el proceso de realización de la tomografía, puede tomarse muestras o biopsias de tejidos.

En dependencia del órgano estudiado, y especialmente si es necesario utilizar contraste, puede requerirse el ayuno de unas horas antes de la realización del TAC. Deben retirarse las joyas y elementos metálicos, requiriendo la utilización de batas o pijamas que eviten las interferencias en el proceso de realización de la tomografía. Siempre debe de informarse al equipo médico de los antecedentes de alergia a contrastes radiológicos.

La realización del TAC, ha mejorado notablemente la capacidad médica para realizar el diagnóstico de lesiones internas, cánceres, derrames, roturas de órganos, en especial tras accidentes, en caso de lesiones tumorales o vasculares.

Según el plano de orientación existen tres tipos de cortes: axial, coronal y sagital.¹²

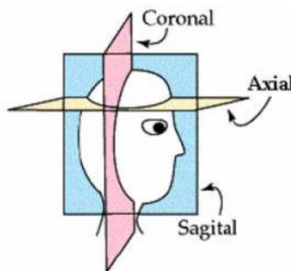


Figura 1.5 Cortes TAC¹²

1.4.5. Resonancia magnética

La imagen por resonancia magnética (IRM), es una técnica de diagnóstico sofisticada, que utiliza un campo magnético fuerte, ondas de radio y una computadora para producir imágenes de sección transversal de distintas partes del cuerpo. La IRM produce mejores exploraciones del tejido blando y se utiliza, en general, para producir imágenes del cerebro, la columna vertebral, los órganos en el pecho y el abdomen, el corazón y los vasos sanguíneos y estructuras próximos a los huesos, tales como los músculos y ligamentos.

La técnica, produce imágenes de altísima calidad de los órganos y estructuras del cuerpo, permitiendo estudiar múltiples lesiones y enfermedades, incluso en sus etapas iniciales. La IRM, se basa en la excitación de los núcleos de uno de los tres isótopos del hidrógeno, el ^1H , previamente introducidos en un potente campo magnético estático, denominado B_0 .

¹² <http://www.nib.fmed.edu.uy/Corbo.pdf>

La intensidad del campo magnético que se utiliza para la obtención de imágenes médicas en RM oscila entre 0,012 y 2 Teslas. Los imanes para producir ese campo magnético pueden ser permanentes, resistivos, superconductivos o mixtos. Los imanes que producen campos magnéticos altos, a partir de 0,5 T, son superconductivos.

Los protones magnetizados en el campo magnético (CM), en estado de relajación, adquieren dos orientaciones: de baja y alta energía, o paralelos y antiparalelos, respectivamente. Simultáneamente, los momentos magnéticos de los protones, realizan un movimiento de precesión alrededor del eje del campo magnético. La frecuencia de precesión depende de la intensidad del campo. Para un CM de 1T la frecuencia de precesión es de 45 MHz. Esta, aumenta o disminuye, de manera proporcional al CM, de tal manera que, en un CM de 0,5 T, la frecuencia de precesión es de 22,5 MHz y en 2T, de 90 MHz.

En una pequeña proporción, predominan los protones de orientación paralela o de baja energía, formándose en la muestra un vector de magnetización neto, orientado en la dirección del campo magnético. En esta situación, los protones están en estado de magnetización y relajación. Cuanto más intenso es el CM, mayor es la proporción de paralelos sobre antiparalelos, y el vector neto es mayor.

Como únicamente se puede medir magnetización en el plano transversal, la muestra es expuesta a pulsos de radiofrecuencia, junto a gradientes de campo magnético variables, que inclinan el vector de magnetización del volumen seleccionado hacia el plano transversal. La radiofrecuencia es devuelta en forma de señal eléctrica oscilante, generalmente en forma de eco. Estas señales, codificadas en fase y frecuencia mediante gradientes, se utilizan para formar la imagen.

La amplitud del eco se reflejará en el menor o mayor brillo de la imagen final, y depende preferentemente de la densidad protónica, la relajación, y en menor medida de otros factores como el flujo, la perfusión, la difusión y la transferencia de la magnetización.

La diferencia de señal, entre los diferentes tejidos, traduce la resolución de contraste. Esta es superior a la de cualquier otro método de imagen diagnóstica. En la IRM, la señal y el contraste entre tejidos pueden ser manejados por el operador según las diferentes potencias de las secuencias, incluso puede suprimirse la señal de diferentes tejidos. Esta posibilidad de manejo de los contrastes, junto a la capacidad multiplanar, hace de este método diagnóstico una herramienta excepcional en el diagnóstico médico.¹³

1.4.6. Ultrasonido

Ultrasonido, es un procedimiento de diagnóstico no invasivo (no se perfora la piel), utilizado para evaluar ciertas estructuras de tejido blando, como los músculos, los vasos sanguíneos y los órganos. Se basan en la emisión de pulsos de ultrasonido y la posterior recepción de los ecos procedentes de las estructuras internas. Las técnicas de ultrasonidos, son muy atractivas, porque van a permitir obtener secuencias de imágenes en real, empleando un equipo móvil compacto y a un precio significativamente pequeño, a diferencia de otras técnicas de imagen médica.

La naturaleza de tiempo real de los ultrasonidos, hace posible que el médico pueda observar el movimiento de estructuras internas en el paciente. Esto ha dado lugar a la gran utilización de ultrasonidos en los campos de ginecología, pediatría y cardiología, entre otros. Los equipos que utilizan técnicas Doppler, pueden extraer también información cuantitativa relativa a velocidades, como por ejemplo del flujo sanguíneo de un vaso de interés. Además, la introducción en el paciente de señales de ultrasonidos, con la potencia empleada, en la actualidad se puede considerar totalmente inocuo. La ausencia de efectos secundarios debidos a la exposición, la portabilidad del equipo, el costo relativamente bajo y los modos de adquisición cuantitativos, hacen que sea la técnica de imagen médica más utilizadas en la actualidad.

¹³ <http://www.nib.fmed.edu.uy/Pebet.pdf>

Básicamente, todos los escáneres de ultrasonidos de uso clínico, proporcionan imágenes de los ecos recibidos, a diferencia de otras modalidades de imágenes de ultrasonidos transmitidos (mapas de atenuación). Se emite una onda acústica hacia el cuerpo del paciente, utilizando un transductor manual móvil. La onda de ultrasonidos, interactúa con los tejidos internos que reflejan o dispersan parte de la energía transmitida, que va a ser la señal detectada por el transductor. Si conocemos la velocidad de transmisión del ultrasonido en el tejido, vamos a poder determinar la distancia desde el transductor al lugar donde se produjo la interacción. Las características de la señal recibida (amplitud, fase, etc.) van a darnos información de la naturaleza de la interacción y, por tanto, información del tipo de tejido en el que ocurrió dicha interacción.

Las ondas de presión se propagan, a través del tejido, a una velocidad característica. La velocidad del sonido en los tejidos varía en función del tipo de tejido, la temperatura y la presión. Normalmente, se considera la temperatura y presión normal del cuerpo, por lo que, la diferencia de velocidad, sólo va a depender del tipo de tejido.

Debido a que parte de la energía de la onda transmitida se absorbe, dispersa o refleja de forma continua, según pasa a través del tejido, la onda se atenúa cada vez más según penetra más profundamente dentro del tejido. La atenuación es debida a varios factores, pero principalmente a la absorción y a la dispersión.¹⁴

1.5. Compresión de imágenes

La operación de compresión de imágenes digitales, tiene por objetivo reducir el contenido en datos de las mismas, para así hacer más eficiente su transporte y/o almacenamiento electrónicos. Se trata de extraer la información esencial de la imagen, descartando la información no esencial, de manera que la imagen pueda ser posteriormente reconstruida con precisión (operación de descompresión).

¹⁴ <http://bioinstrumentacion.eia.edu.co/docs/signals/ultrasonido.pdf>

La mayoría de las imágenes contienen grandes cantidades de información redundante. La eliminación de esta información permite reducir el tiempo de transporte, así como la cantidad de espacio necesario para su almacenamiento.

Así, la compresión supone un importante ahorro. Por ejemplo, si una imagen se comprime con un ratio de compresión de 10:1, ello permite transportar diez imágenes comprimidas en el mismo tiempo requerido para transportar una no comprimida. Los algoritmos de compresión de datos, son clave en aplicaciones de medicina, debido a que el ancho de banda siempre es un recurso escaso. Según la aplicación es necesario emplear diferentes tipos de algoritmos.

Los algoritmos se diferencian en:

- El tipo de datos que se comprimen: datos en general (archivos), imágenes fijas, video y audio.
- El rango de compresión logrado: a mayor compresión, menor calidad en la recuperación de la imagen o menor rapidez en el procesamiento.
- La rapidez de compresión y descompresión: los mayores rangos de compresión se consiguen con una mayor capacidad computacional o tiempo de proceso.
- La calidad de recuperación: puede producir pérdida de datos. Los compresores de archivos no producen pérdida. Los compresores de imágenes, video, y audio buscan representar las similitudes dentro de los datos, o las señales más importantes, mediante funciones matemáticas, olvidando las señales menos importantes.

Los algoritmos para imágenes, video y sonido logran una buena tasa de compresión, a costa de tener pérdida en la calidad de datos. El nivel de compresión mejora mucho con la ayuda de chips o tarjetas dedicadas, ya que la compresión por software es lenta.¹⁵

¹⁵ <http://www.edicionsupc.es/ftppublic/pdfmostra/TL02206M.pdf>

1.6. Estándar de compresión de imágenes

Existen varias técnicas de compresión de datos de imagen, con pérdidas y sin pérdidas. Cada método elimina una forma única de redundancia de la imagen, para reducir el tamaño de los datos (imagen). Muchos de los métodos pueden establecerse y ajustarse de diferentes maneras. Por tanto, se hace necesario normalizar las técnicas de compresión, para que los equipos o el software producidos por distintos vendedores funcionen correctamente.

Existen varios esquemas estandarizados de compresión de imagen, cada uno desarrollado de acuerdo con los requerimientos de diferentes industrias. Cada estándar utiliza una combinación diferente de las técnicas de compresión.

1.6.1. Estándar JPEG

JPEG, es una familia de técnicas de compresión estandarizadas por el grupo *Joint Photographic Experts Group*. La palabra inglesa “*joint*” (grupo, conjunto) se debe a la cooperación conjunta realizada por ISO (*International Organization for Standardization*) y CCITT (*International Telegraph and Telephone Consultative Committee*), que condujo al primer formato estándar internacional para la compresión de imágenes digitales.

Es uno de los más importantes estándares de compresión de imagen de los 90. Opera con imágenes tanto en tonos de gris como en color, de diferentes resoluciones y tamaños. Pretende dar soporte a muchas industrias que necesitan transportar y archivar imágenes. El estándar JPEG se usa en artes gráficas, autoedición, imagen médica, fax en color, y otras muchas aplicaciones.

Normalmente se utiliza el JPEG con pérdidas. Pero también existe el modo sin pérdidas, con menor rendimiento de compresión. Debido a la cantidad de datos involucrados y la redundancia visual en las imágenes,

JPEG emplea un esquema de compresión con pérdidas. El estándar resultante tiene tantas alternativas como sean necesarias para servir a una amplia variedad de propósitos y hoy en día, es reconocido por la Organización Internacional de Estándares, con el nombre de ISO 10918.

El estándar JPEG define tres sistemas diferentes de codificación:

- Un sistema de codificación básico, con pérdidas, apropiado para la mayoría de las aplicaciones de compresión.
- Un sistema de codificación extendida, para aplicaciones de mayor compresión y mayor precisión.
- Un sistema de codificación independiente sin pérdidas, para la compresión reversible.

La compresión sin pérdidas no es útil para el video porque no proporciona tasas de compresión altas.¹⁶

1.6.2. Estándar JPEG 2000

Tras la supremacía de JPEG como estándar de compresión de imágenes durante varios años, aparece un nuevo competidor al mismo. Debido a los grandes avances técnicos en informática en los últimos años, la compresión de imágenes requiere mayor potencia así como nueva funcionalidad. Es por ello que se desarrolla JPEG 2000. No solo se ha pretendido que este estándar ofrezca una mejor calidad que JPEG y una mayor tasa de compresión, sino que, además, ofrezca una rica gama de nuevas características que consigan el mismo éxito para el nuevo estándar que el que tuvo su predecesor.

Las principales características de JPEG 2000 son:

- Alta tasa de compresión de imágenes.
- Codificaciones con y sin pérdidas integradas en un único algoritmo.
- Permite comprimir entre un 40 y 60% más que JPEG.

¹⁶ <http://www.sig.upv.es/assignaturas/ig2/Compres.pdf>

- Proporciona buena calidad de imagen, incluso para elevadas tasas de compresión.
- Posibilidad de definir una región de interés en las imágenes. Puede ser interesante poder comprimir una cierta parte de la imagen de forma irregular a más calidad que el resto de la misma, por ello en JPEG 2000 se permite hacer esto de forma integrada.
- Proporcionar una mayor calidad de imagen, tanto desde el punto de vista objetivo como subjetivo, especialmente para tasas bajas.¹⁶

1.7. Estándares de informática médica

La transmisión de imágenes e información textual entre los sistemas de información de un hospital han sido difíciles por dos razones. En primer lugar los sistemas de información utilizan diferentes plataformas computacionales, otro motivo se debe a que las imágenes y datos se generan de diferentes modalidades de imagen por diferentes fabricantes. Con los actuales estándares industriales, *Health Level 7* (HL7) y *Digital Imaging and Communications In Medicine* (DICOM), se ha hecho factible integrar todos estos datos e imágenes médicas heterogéneas en un sistema organizado. Para interactuar los componentes del sistema informático de un hospital, es necesario dos factores, un formato de datos común y un protocolo de comunicación. HL7 es un estándar que define el formato de datos textual, mientras que DICOM, define el formato de datos y los protocolos de comunicaciones. De acuerdo con el estándar HL7, es posible compartir la información, entre el sistema de información hospitalario (HIS), el sistema de información radiológico (RIS) y los PACS. Adoptando el estándar DICOM, las imágenes médicas generadas por una variedad de modalidades y fabricantes, se puede relacionar como un sistema integrado en el hospital.

1.7.1. Estándar health level 7 (HL7)

HL7 es una organización internacional, iniciada en los Estados Unidos en 1987, que pretende promover el desarrollo y evolución del estándar HL7 (*Health Level Seven*) para el formato de datos e intercambio de información entre diferentes Sistemas de Información de Salud. HL7 es soportado por la mayoría de vendedores de sistemas en EEUU y otros países. Desde 1994, HL7 forma parte de la ANSI (*American National Standards Institute*).

Entre las principales características de HL7 tenemos:

- Un estándar independiente de la tecnología y de la plataforma.
- Posibilidad de intercambio de información entre aplicaciones desarrolladas por diferentes proveedores.
- Reducción de los costes de programación en el desarrollo y mantenimiento de interfaces.
- Flexibilidad, porque es posible desarrollar aplicaciones en diferentes entornos tecnológicos y conectarlas entre sí.

El nombre HL7 se refiere al nivel 7 o de aplicación del modelo OSI (*Open System Interconnection*) de la ISO (*Internacional Organization for Standardization*), dando a entender que, cualquier implementación de los niveles inferiores, es compatible con HL7, siempre que cumplan con las especificaciones de los mensajes abstractos del nivel de aplicación.

Vale mencionar que HL7 no es un paquete de software, sino es un conjunto de especificaciones, que define como un paquete de software HL7, se implemente y utilice. La versión del estándar comúnmente utilizada es la 2.X debido las opciones que presenta y a su flexibilidad. Esta versión ha sido continuamente desarrollada por lo que su implementación es exitosa y amplia en varios sistemas de salud.

Todas las versiones 2.X son compatibles con las versiones anteriores, debido a que todas las características nuevas son opcionales, por consiguiente el estándar es flexible y fácil de adaptar en diferentes ambientes. Sin embargo, esto nos da mayor complejidad al realizar la

integración, y hace imposible hacer una prueba igualmente confiable para cualquier implementación. Esto obliga que los vendedores pierdan tiempo analizando y planificando sus interfaces para mejorar las mismas características que se utilizan en otros grupos. Por lo tanto, se vio necesario una nueva versión HL7.

La versión en desarrollo es HL7 versión 3. Se trata de una iniciativa que comenzó en 1997 y que implica un cambio de orientación en el estándar. Se ha desarrollado un Modelo de Información de Referencia – RIM – que es la base del intercambio de información del nuevo estándar. El RIM es un modelo de información del dominio de la salud, construido con la metodología UML (*Unified Modeling Language*) Los mensajes se conceptualizan como la información necesaria para cubrir eventos desde una aplicación a otra. La combinación de un evento y las aplicaciones emisora y receptora se denominan interacción. El Modelo de Interacción es el segundo elemento que contribuye a establecer una rigurosa semántica de la Versión 3.

También hay un modelo formal de vocabulario, consistente con el ULMS (*Unified Medical Language System*) de la *National Library of Medicine americana*. La interface entre el modelo de vocabulario y el modelo de información está bien definida. La Versión 3 estimula a que las terminologías registradas y probadas, sean empleadas de manera más rigurosa.

En esta nueva versión, la estructura de mensajes se deriva estrictamente de la estructura de información expresada en el RIM y ciertos tipos de datos predefinidos, que conjuntamente enfrentan las semánticas para describir cantidades definidas e indefinidas, completas o parcialmente codificadas. Esto permite una descripción semántica más rigurosa de los campos de datos, reduciendo la necesidad de análisis específicos por sitio, y por lo tanto, disminuyendo los costos de implementación.¹⁷

¹⁷ http://download.microsoft.com/download/2/2/d/22d85096-4eeb-4b5e-b9f1-14cd80bb779c/BT06_HL7.ppt#273,4,

1.7.2. DICOM

DICOM (*Digital Imaging and Communications in Medicine*) es un estándar desarrollado en 1983, el Colegio Estadounidense de Radiología (ACR “*American College of Radiology*”) y la asociación Nacional de Fabricantes eléctricos (NEMA “*National Electrical Manufacturer Association*”) formaron un comité, cuya misión era lograr un interfaz común para todos las modalidades de imágenes y cualquier otro dispositivo que el usuario quiera conectar. Además de las especificaciones para la conexión de hardware, el estándar se desarrollaría para incluir un diccionario de los elementos de datos necesarios para la interpretación y exhibición de imágenes.

Los primeros resultados en los trabajos de estandarización fueron publicados en 1985, ACRNEMA Versión 1.0, teniendo como base ideas obtenidas de formatos ya existentes. Sin embargo, como todas las primeras versiones, se detectaron varios errores por lo que se produjo una segunda versión, ACR-NEMA Versión 2.0, en 1988.

En esta nueva versión, se conservaron prácticamente las mismas especificaciones de interfaz con hardware definidas en la versión 1.0, pero se agregaron nuevos elementos de datos y se corrigieron varios errores e inconsistencias. En esta versión, se especificó la comunicación punto a punto entre dispositivos, un grupo de comandos por software y varios formatos de datos correspondientes a los nuevos elementos. Sin embargo, el estándar no ofrecía ningún soporte de comunicación en red. La respuesta a estas demandas implicaba grandes cambios a lo ya establecido, considerando como restricción principal, el mantener la compatibilidad con las versiones anteriores, lo cual fue un gran reto para los grupos de trabajo. De esta forma, a partir de 1988 se comenzó a trabajar en una tercera versión, en donde el proceso de diseño sufrió un cambio radical adoptando modelos para simular el mundo real, modelos de capas o pila para comunicación entre sistemas heterogéneos, utilizando protocolos de comunicación en red y el modelo de cómputo

Cliente/Servidor para establecer asociaciones entre dispositivos compatibles, a través de envío de mensajes.

Después de tres años de esfuerzo, se dio a conocer la versión ACR/NEMA DICOM (acrónimo en inglés de *Digital Imaging and Communications in Medicine*) llamada también DICOM 3.0, en la que participaron también varias instituciones de la comunidad internacional como JIRA (acrónimo en inglés de *Japanese Industry Radiology Apparatus*) y CEN (acrónimo en francés de *Comité Européen de Normalisation / European Committee for Standardization*). Esta versión es considerada como un estándar completo, compatible con las versiones anteriores.

Las principales características de DICOM son:

- Intercambio de objetos en redes de comunicación y en medios de almacenamiento a través de protocolos y servicios, manteniendo sin embargo, independencia de la red y del almacenamiento físico. Todo esto a través de comandos definidos por una sintaxis y una semántica, a los que se les asocian datos. Las versiones anteriores sólo ofrecían comunicación punto a punto.
- Especificación de diferentes niveles de compatibilidad. Explícitamente se describe como definir un determinado nivel de compatibilidad, para escoger sólo opciones específicas de DICOM. En las versiones anteriores se especifica un nivel mínimo únicamente.
- Información explícita de Objetos a través de estructuras de datos, que facilitan su manipulación como entidades autocontenidas. Los Objetos no son únicamente imágenes digitales y gráficas, sino también estudios, reportes, etc.
- Identidad de objetos en forma única, como instancias con operaciones permitidas definidas a través de clases.
- Flexibilidad al definir nuevos servicios.
- Opera entre servicios y aplicaciones a través de una configuración definida por el estándar, manteniendo una

comunicación eficiente entre el usuario de servicios y el proveedor de los mismos.

- Sigue las directivas de ISO en la estructura de su documentación multi-partes. De esta forma facilita su evolución, simplificando la adición de nuevas partes.

DICOM agrega la posibilidad de conexión en red utilizando como base los protocolos TCP/IP y los propuestos por ISO/OSI (acrónimo en inglés de *International Standards Organization/Open Systems Interconnection*). De esta forma se aprovechan los protocolos definidos en las capas inferiores tanto de TCP/IP como de ISO/OSI y define los protocolos necesarios en las capas superiores para soportar la comunicación entre aplicaciones en forma eficiente.

En la figura 1.6, se muestra el modelo de comunicación por redes TCP/IP e ISO/OSI de Dicom 3.0¹⁸

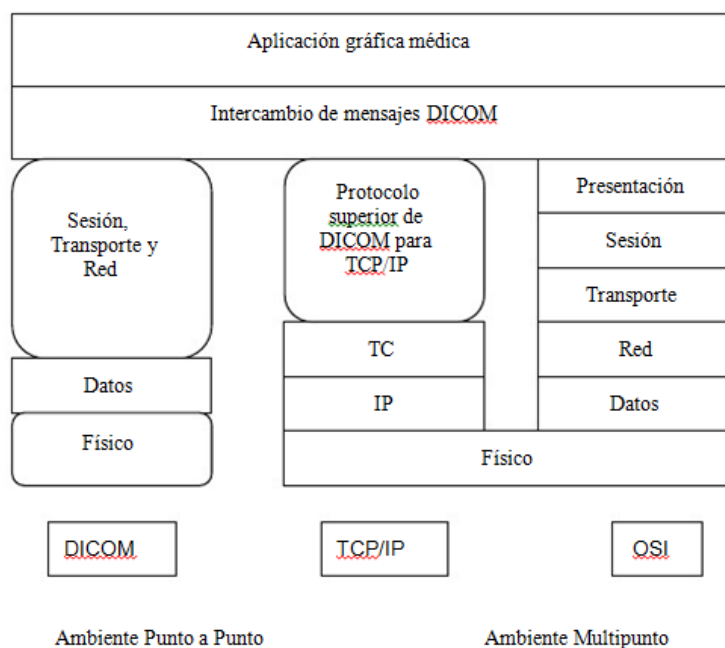


Figura 1.6 Estructura formato DICOM¹⁸

¹⁸ <http://www.pas.deusto.es/recursos/DICOM.pdf>

DICOM 3.0, como estándar de comunicación de imágenes médicas, predominantemente en radiología, utiliza un conjunto de normas encaminadas a establecer intercambio de información; la cual, se realiza a partir de un modelo de objetos que describen el mundo real (pacientes, imagen, reportes, etc.) que forma el dato radiológico y la forma en que están interconectados. Por ello se plantea que DICOM es un estándar "orientado a objetos". Una entidad del mundo real como un paciente, una visita, una imagen, etc. es modelada como un objeto. Cada objeto tiene su serie de atributos, por ejemplo, el objeto paciente contendrá los atributos de sus datos demográficos, fecha de hospitalización, etc.

Partiendo del modelo del mundo real de una imagen médica y todo su entorno, se crea un modelo entidad-relación del mismo, que sirve para estructurar la información. La unidad elemental de DICOM está compuesta por el "Objeto de Información" (IOD acrónimo en Inglés de "*Information Object Definition*") y la "Clase de Servicio", que son sus dos componentes fundamentales. El conocimiento de estos dos componentes permite comprender, por lo menos a un nivel funcional, lo que DICOM hace y porqué es útil. Los IOD de la información definen el contenido de las imágenes médicas del centro, y las Clases de Servicio que definen lo que hay que hacer con ese contenido.

Las Clases de Servicio se combinan con los IOD para formar las unidades funcionales de DICOM. Esta combinación es denominada Par Servicio-Objeto (SOP acrónimo en inglés de "*Service-Object Pair*"). Como DICOM es un estándar orientado a objetos, la combinación Servicio-Objeto se denomina Clase Par Servicio-Objeto ("SOP Class"). La Clase SOP es la unidad elemental de DICOM; todo lo que DICOM hace se basa en la utilización de estas Clases. La acción de combinar un servicio y un objeto de información es sencilla. Por ejemplo, DICOM define una serie de almacenamiento en Clase SOP (por ejemplo: Imágenes de TC en Clase SOP de almacenamiento). El objeto de información definido TC y la clase de servicio de almacenamiento, se combinan para formar la "*CT image storage SOP class*".

DICOM define cuales son las operaciones que pueden ser ejecutadas y sobre qué objetos. Tales operaciones son llamadas DIMSE (acrónimo en inglés de “*DICOM Message Service*”). El proceso de comunicación en DICOM contempla el intercambio de instancias de SOP con la utilización de mensajes DICOM.

Los mensajes DICOM es la forma de comunicación de las clases SOP; los cuales contienen las órdenes que se utilizan o que proporcionan un servicio específico y los datos del objeto de información. Como vemos, a través de las clases SOP se efectúa el intercambio de información. La base de este intercambio es la utilización de protocolos Cliente-Servidor, o sea, cada vez que dos aplicaciones o equipos deciden conectarse para intercambiar información, una de las dos tiene que desarrollar el papel de proveedor del servicio (SCP acrónimo en inglés de “*Service Class Provider*”) mientras la otra tiene el papel de usuario (SCU: acrónimo en inglés de “*Service Class User*”). Obviamente, para cada combinación de una clase SOP, el estándar define un conjunto de reglas de negociación, mediante el cual, se establece la comunicación entre las dos aplicaciones o equipo. Las especificaciones de DICOM son subdivididas en partes, las cuales se anuncian en la página oficial del estándar DICOM en Internet “(<http://medical.nema.org/DICOM.html>)”.¹⁹

La figura 1.7, muestra la relación entre las partes del estándar. La porción izquierda representa las partes que definen la red y la comunicación on – line y la porción de la derecha determina las partes que soportan medios de almacenamiento removibles. Las partes 3, 4, 5, 6 son utilizadas en ambos ambientes. Los modelos son definidos en la parte 3. La parte 4 contiene las especificaciones de las clases de servicios, basados en los modelos de la parte 3. En esta parte se define los roles de las SCP y SCU y se especifica el comportamiento esperado para cada rol en cada servicio. La parte 2 define la conformidad (compatibilidad) con DICOM. El certificado de conformidad debe ser hecho público por cada fabricante, el cual especifica qué clase de servicio (SOP) soporta su dispositivo. Esto guía al usuario a seleccionar

¹⁹ <http://medical.nema.org/DICOM.html>

productos que trabajen conjuntamente, sin embargo, es necesario que el usuario este informado cuales son las clases de servicio que necesita para su servicio médico, antes de comprar un equipo.²⁰

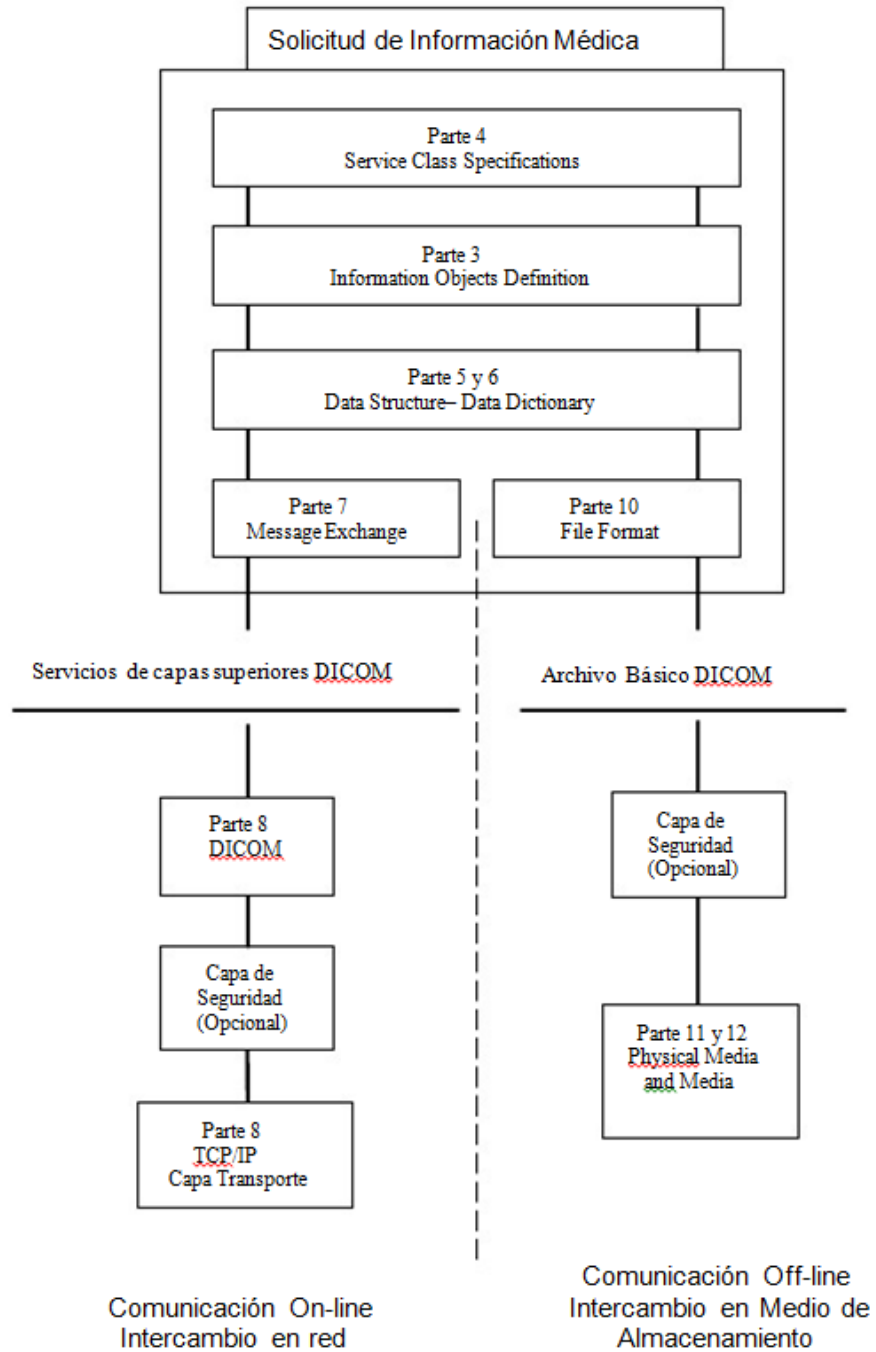


Figura 1.7 Formato DICOM²⁰

²⁰ <http://medical.nema.org/>

1.7.3. Comunicación DICOM

Tal como habíamos comentado anteriormente, estándar DICOM 3.0 soporta el estándar de comunicaciones existente de la ISO/OSI para la transmisión de imágenes. Cuando los objetos de la información de imágenes son enviadas entre capas de un mismo dispositivo, el proceso se le conoce como servicio. En cambio, cuando los objetos son enviados entre dos dispositivos, se le conoce como protocolo. Cuando el protocolo se involucra, varios procedimientos son necesarios en estos dos dispositivos. Se puede decir que son una “asociación” usando DICOM.

En la figura 1.8 se muestra los movimientos de una imagen TC desde el escáner a la estación de trabajo con DICOM. Los pasos son los siguientes:

- El escáner TC codifica todas las imágenes en un objeto DICOM
- El escáner cita un conjunto de DIMSE (son programas de software desarrollados para funciones específicas) para mover un objeto de imagen de un determinado nivel a la capa física del modelo OSI.
- Las estaciones de trabajo utilizan un conjunto contrario de DIMSE para recibir el objeto de imagen desde la capa física hacia el nivel determinado.
- Las estaciones de trabajo decodifican el objeto de imagen DICOM.

Este movimiento del objeto de imagen desde el escáner a la estación de trabajo utiliza protocolos de comunicación, comúnmente utilizado es TCP/IP. Si el dispositivo de imagen transmite un objeto de imagen con un comando DICOM, el receptor debería utilizar el comando DICOM para recibir la información.

Por otro lado, si el dispositivo transmite un objeto DICOM con un protocolo de comunicación TCP/IP a través de la red sin involucrar la

comunicación DICOM, cualquier dispositivo conectado a la red puede recibir los datos con el protocolo TCP/IP.²¹

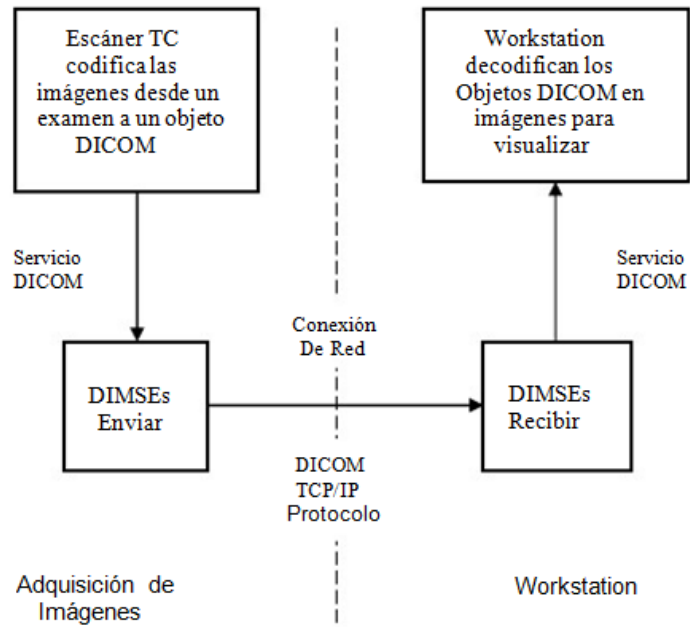


Figura 1.8 Movimiento de un conjunto de imágenes desde el escáner hasta la estación de trabajo²⁰

²¹ <http://medical.nema.org/dicom/2003.html>

CAPÍTULO II

DIAGNOSTICO Y ANÁLISIS DE LA INFRAESTRUCTURA DEL ÁREA DE IMAGENOLOGÍA DEL HOSPITAL UNIVERSITARIO DEL RÍO

2.1. Diagnóstico y análisis de los equipos

El área de imagenología, es un área que apoya al diagnóstico y resolución del tratamiento de los problemas de salud, ya que fundamenta la presencia de una anomalía dentro del cuerpo humano, siendo un sustento en la medicina actual a través de imágenes de alta resolución.

El noventa y ocho por ciento de los equipos con los que cuenta el Hospital Universitario Del Rio, tienen ya implementado el formato DICOM, esto es muy bueno, ya que no se va a necesitar de otros equipos para digitalizar las imágenes y poderlas pasar a dicho formato. El otro dos por ciento de los equipos, si bien no tienen implementado el formato DICOM, son capaces de soportar este formato, por ende, el hospital es muy apto para la implementación del sistema de PACS, ya que cuenta con equipos modernos capaces de soportar diversos formatos para la implementación de diversos sistemas como, el sistema de información hospitalaria (HIS), el sistema de información radiológica (RIS), etc.

También es importante mencionar, que durante la realización de esta monografía, previa a la obtención del título de ingeniero electrónico, se mantuvo una colaboración por parte de los médicos, tecnólogos y demás personal que forma parte del Hospital Universitario del Río, ya que nos facilitaron el acceso a todos los equipos, así como, a la información sobre los mismos.

El director médico del hospital, el Dr. Luis Alberto Percy U., nos autorizó el acceso a las diversas salas en las que se encuentran los diferentes equipos del área de imagenología y mostró gran interés, por la posibilidad de que estudiantes de la Universidad del Azuay, puedan continuar con este proyecto y

realizar la implementación del mismo, ya que actualmente el hospital, se encuentra haciendo pruebas de varios sistemas de PACS que les han ofrecido algunos fabricantes de equipos médicos, como le es General Electric.

2.2. Equipamiento con el que cuenta el hospital y características principales de los equipos

El área de imagenología del Hospital Universitario del Río está dotada por los siguientes equipos:

LightSpeed RT 16 General Electric. (Tomógrafo)



Figura 2. 1 Tomógrafo LightSpeed

Entre las principales características de este equipo tenemos:

- Ofrece más posibilidades para la planificación del tratamiento.
- Seis fotogramas por segundo.
- Compatible con la mayoría de los láseres móviles.
- Calidad de imagen excepcional.

GE Logic Ultrasound. (Ultrasonido)



Figura 2. 2 Ultrasonido Logic Ultrasound²²

²² <http://www.gehealthcare.com/eues/ultrasound/products/general-imaging/logiq-3/truscan-architecture.html>

Las principales prestaciones con las que cuenta este equipo son:

- Monitor alta resolución de quince pulgadas.
- Dos puertos de sonda activos para facilitar la utilización.
- Optimización automática para mejorar la calidad y la coherencia de la imagen.
- Paquetes de informes completos que responden a sus necesidades.

Mamografo analógica -ALPHA™ RT- GE



Figura 2. 3 Mamografo Alpha RT ²³

Las ventajas principales que presenta este equipo son:

- Un mejor contraste y visibilidad de lesiones en tejido mamario denso o difícil.
- Cámara de ionización.

²³ <http://www.medicaexpo.es/prod/ge-healthcare/mamografos-analogicas-70717-428875.html>

- Control de exposición automático.
- Tubo de rayos X biangular.
- Sistema de control de exposición total.

Resonador magnético signa Hdxt 1.5 T Optima Edition



Figura 2. 4 Resonador Magnético Signa

Entre las principales virtudes con la que este equipo cuenta, tenemos:

- 30% menos de tiempo con las imágenes isotrópicas.
- Excelente supresión de grasa.
- Una sola exploración proporciona cuatro imágenes.
- Calidad de imagen sin concesiones en una sola apnea.
- Imágenes en alta resolución en fase y fuera de fase.

Innova 2100IQ angiógrafo GE



Figura 2. 5 Angiógrafo Innova²⁴

Las principales prestaciones con las que cuenta este equipo son:

- Permiten realizar giros con angulaciones cráneo-caudal flexible.
- Se pueden adquirir y reconstruir con rapidez imágenes 3D cardiacas y vasculares.
- Aplicación completa para análisis cuantitativo coronario y de estenosis.

Unidad de rayos X GE Healthcare-OEC 9600

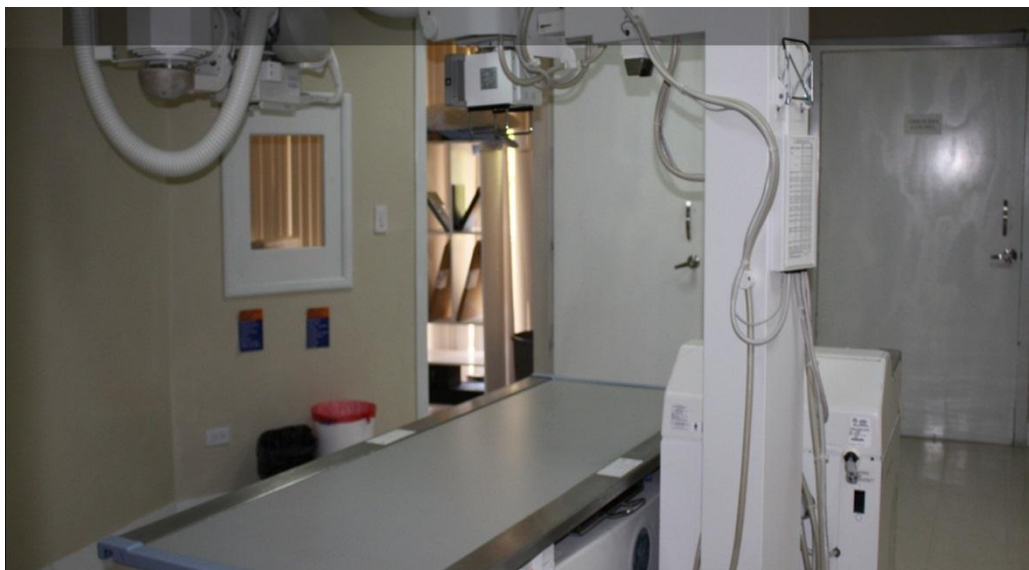


Figura 2. 6 Rayos X Healthcare-OEC

²⁴ http://www.gehealthcare.com/eues/interventional_xray/innova/innova3100IQ_cardiology.html

Las principales ventajas con las que cuenta este equipo son:

- Detector de CsI Revolution™ para una excelente calidad de imagen.
- Velocidad variable de avance y retroceso.
- Pantalla led.
- GE AMX-IV collimator
- MX-75 275k HU X-ray tube con 0.75mm de focal spot.
- Coeficiente de variación de la salida de radiación inferior a 0.045 para exposiciones sucesivas.

Fluoroscopio GE Healthcare-OEC 9600



Figura 2. 7 Fluoroscópio Healthcare²⁵

Entre las particularidades con las que cuenta este equipo tenemos:

- Consta con funciones vasculares y neurológicas.
- Procesamiento de imagen y almacenamiento.

²⁵ http://es.medwow.com/i_preview.php?sale_number=523912752

- Almacenamiento de video.

Ecógrafo Ge Voluson 730 Pro



Figura 2. 8 Ecógrafo Voluson

Las significativas prestaciones con las que cuenta este equipo son:

- 4 puertos para sonda.
- ATO [Optimización automática del tejido].
- 4D contraste de volumen.
- Calculadoras volumétricas VOCAL.
- Monitor CRT de 15"

CAPÍTULO III

PROPUESTA DE DISEÑO DEL SISTEMA DE PACS PARA EL ÁREA DE IMAGENOLOGÍA DEL HOSPITAL UNIVERSITARIO DEL RIO

3.1. Requisitos del sistema

Un sistema de PACS, debe cumplir con ciertos requerimientos que proporcionen confianza para poder llegar al resultado esperado. Entre los cuales tenemos:

- Integrar adecuadamente tecnologías de telecomunicación e informática, para proveer aplicaciones, que permitan realizar diagnósticos con gran agilidad y confiabilidad, así como, la oportuna atención de los pacientes, brindando soluciones efectivas, con los menores costos posibles y acorde con las necesidades.
- El sistema debe ser configurado sobre una plataforma abierta, de tal forma, que se puedan agregar y/o anular segmentos, sin que ello altere su funcionalidad. Debe ser posible mejorar su funcionalidad.
- La integración de todo el sistema, debe estar basada en módulos que funcionen independientemente, pero con una integración conjunta muy sólida.
- Apego a las normativas de la industria y estándares.
- Brindar una comunicación eficiente entre nodos que formen parte de la red, y en el futuro proveer comunicación en cualquier parte del mundo.

3.1.1. Requerimientos del sistema

3.1.1.1. Almacenamiento

Los sistemas de almacenamiento de imágenes, deben seguir una estructura jerárquica, que dependerá, de la probabilidad de demanda de la imagen. Una estructura jerárquica, que divide el almacenamiento de

imágenes, en almacenamiento a corto y a largo plazo, es la forma más conveniente de utilización que permite un alto rendimiento y velocidad de acceso a la información requerida.

El almacenamiento a corto plazo (“on-line”) tiene las siguientes características:

- Varias decenas de *Gbytes*. El espacio suficiente para acceder a las imágenes en un período no menor a 15 días.
- Tiempos de acceso entre 2 ser.

El almacenamiento a largo plazo (“off-line”) debe cumplir:

- Capacidad de varios *Tbytes*. El volumen suficiente para que se puedan almacenar las imágenes el tiempo requerido por las normativas ACR y CEN37 para las imágenes almacenadas (5 – 7 años).
- Tiempo de acceso menor de 1 minuto
- La compresión de imágenes se puede emplear para multiplicar el espacio en el disco, y para reducir el tiempo de transferencia

3.1.1.2. Usuarios

Los usuarios del sistema, serán principalmente profesionales, tales como: médicos especialistas, técnicos, físicos-médicos, especialista en sistemas y redes. Sin embargo, el diseño de la red, debe hacerse de manera sencilla para el usuario, para que le resulte fácil la utilización. La red debe tener una tecnología de punta, mediante un interfaz amigable y fácil de utilizar, ya que al ser demasiado complejo, los usuarios evitaran la utilización de este.

3.1.1.3. Crecimiento proyectado

La red a diseñarse deberá permitir importar y exportar información en un centro hospitalario, acorde a las tecnologías de comunicación actuales. Sin embargo su diseño tiene que estar orientado para que en un futuro se pueda ofrecer aplicaciones como telemedicina y teleradiología.

3.2. Comunicaciones y *networking*

En una infraestructura de PACS, las redes de comunicaciones son las responsables para la transmisión de imágenes, desde los dispositivos de adquisición a los *gateways* (puerta de enlace), controladores y estaciones de visualización, por lo que es esencial un rendimiento óptimo de la imagen en el ambiente clínico.

Los requerimientos de velocidad desde el computador de adquisición a los controladores de PACS, dependen del tipo de computador *gateway* de adquisición utilizado. Por otra parte, una comunicación de alta velocidad es necesaria entre el controlador PACS y las estaciones de visualización debido a que los radiólogos y clínicos deben acceder a las imágenes rápidamente.

	Modalidad de Imagen al Computador Gateway de Adquisición	Computador Gateway de Adquisición al Controlador PACS	Controlador PACS a Estaciones de Trabajo
Velocidad	Lento	Medio	Rápido
Requerimientos	100 Kbytes/s	200-500 Kbytes/s	4 Mbytes/s
Tecnología	Ethernet	Ethernet/ATM/Fast o Gigabit Ethernet	ATM/Fast o Gigabit Ethernet
Velocidad de Señal	10 Mbits/s	100 Mbits/s	155, 100, 1000 Mbits/s
Costo por Conexión	1 Unidad	1-5 Unidad	1-10 Unidades

Figura 3. 1 Velocidades para transmitir imágenes en PACS²⁶

3.2.1. Ancho de banda

El ancho de banda, se define como la cantidad de información que puede fluir a través de una conexión de red, en un período dado. Es esencial comprender el concepto de ancho de banda, por las siguientes razones:²⁷

²⁶ http://www.imagingeconomics.com/issues/articles/2005-05_01.asp

²⁷ http://www.pergaminovirtual.com.ar/definicion/Ancho_de_banda.html

- El ancho de banda es finito. Hay que tener en cuenta que independientemente del medio que se utilice para construir la red, existen límites para la capacidad de la red para transportar información.
- El ancho de banda es un factor clave a la hora de analizar el rendimiento de una red, diseñar nuevas redes y comprender la Internet
- La demanda de ancho de banda no para de crecer. Ni bien se construyen nuevas tecnologías e infraestructuras de red para brindar mayor ancho de banda, se crean nuevas aplicaciones que aprovechan esa mayor capacidad por lo que es necesario anticiparse a la necesidad de mayor ancho de banda y actuar en función de eso.

3.2.2. Topología de red

La topología de red, define la estructura de una red. Una parte de la definición topológica, es la topología física, que es la disposición real de los cables o medios. La otra parte es la topología lógica, que define la forma en que los hosts acceden a los medios para enviar datos.

La topología lógica de una red, es la forma en que los hosts se comunican a través del medio. Los dos tipos más comunes de topologías lógicas son broadcast y transmisión de tokens.

La topología broadcast, simplemente significa que cada host envía sus datos hacia todos los demás hosts del medio de red. No existe una orden que las estaciones deban seguir para utilizar la red. Es por orden de llegada. La segunda topología lógica es la transmisión de tokens. La transmisión de tokens controla el acceso a la red mediante la transmisión de un token electrónico a cada host de forma secuencial. Cuando un host recibe el token, ese host puede enviar datos a través de la red. Si el host no tiene ningún dato para enviar, transmite el token al siguiente host y el proceso se vuelve a repetir.

Topología	Aplicaciones de PACS	Ventajas	Desventajas
Bus	Ethernet	Sencillez	Difícil solucionar problemas cuando un canal cae
Jerárquica	Video Broadband	Sencillez	Cuellos de botella en niveles superiores
Anillo	FDDI (Fiber distributed data interference) High-speed ATM SONET	Sencillez Elimina cuellos de botella	Cuando se tiene un solo anillo, la red cae si el canal entre dos nodos falla
Estrella	High-speed swith ATM swith	Sencillez Facilidad para aislar una falla	Único punto de falla
Malla	Utilizado para aplicaciones WAN	Inmune a errores por cuello de botella	Complicado

Figura 3. 2 Topología de red²⁸

3.2.3. Modelos de *networking*

Los modelos de red comúnmente utilizados en aplicaciones de PACS son: el DOD desarrollado por el departamento de Defensa de Estado Unidos y el OSI (*Open System Interconnect*) desarrollado por Organización Internacional de Normalización (ISO, *International Standart Organization*).

En el modelo DOD, los protocolos FTP (*file transfer protocol*) y TCP/IP (*Transport Control Protocol / Internet Protocol*) son los protocolos de comunicación utilizados ampliamente en el campo de imagen médica. Aquí los datos se envían entre dos nodos en una red utilizando el protocolo TCP/IP DOD, utilizado para la comunicación de PACS.

²⁸ <http://www.eveliux.com/mx/topologias-de-red.php>

3.2.4. Arquitectura de red

Entre las principales arquitecturas utilizadas para aplicaciones de PACS tenemos:

- Ethernet
- ATM (Asynchronous transfer mode)

3.2.4.1. Ethernet

Ethernet es la tecnología LAN de uso más frecuente debido a la simplicidad de su implementación, cuando se la compara con otras tecnologías. Ethernet también ha tenido éxito porque es una tecnología flexible que ha evolucionado para satisfacer las cambiantes necesidades y capacidades de los medios.

El estándar Ethernet, el cual se basa en el estándar IEEE 802.3 con acceso al medio CSMA/CD (*Carrier sense Multiple Access with Collision Detection*), utiliza una topología bus o estrella.

Las modificaciones a Ethernet han resultado en significativos adelantos. El estándar de Ethernet de 10 Mbps no sufrió casi ningún cambio hasta cuando el IEEE anunció un estándar para *Fast Ethernet* de 100 Mbps. En los últimos años, un crecimiento aún más rápido en la velocidad de los medios ha generado la transición de *Fast Ethernet* (Ethernet Rápida) a Gigabit Ethernet (Ethernet de 1 Gigabit) y 10 Gigabit Ethernet.²⁹

3.2.4.2. ATM (Modo de transferencia Asíncrona)

Es una tecnología de red que se emplea tanto en redes públicas y privadas LAN y WAN. Sin embargo, debido a QoS en IP, Fast Ethernet y Gigabit Ethernet, no tiene sentido utilizar ATM cerca de la estación de trabajo: sólo en el **backbone** o en la red WAN.

ATM es una moderna tecnología orientada a conexión que tiene una arquitectura basada en celdas. Las celdas ATM tienen

²⁹ <http://es.kioskea.net/contents/672-ethernet>

siempre una longitud fija de 53 bytes, las cuales contienen un encabezado ATM de 5 bytes seguido de 48 bytes de carga. Las celdas pequeñas de longitud fija son adecuadas para la transmisión de tráfico de voz y video porque este tráfico no tolera demoras. Los niveles de transporte óptico (OC - **Optical Carrier**) especifican las velocidades de datos, que están comprendidas entre OC-1 (51.48 Mbps), OC-3 (155 Mbps), OC-12 (622 Mbps) y OC-48 (2,5 Gbps).³⁰

3.2.5. Factores que afectan el desempeño de la red

El desempeño de una red puede ser afectado por varios factores que reducen su confiabilidad:

- Atenuación
- Distorsión de Retardo
- Ruido

Estos factores en una red deben ser manejados adecuadamente para brindar un buen servicio al usuario.

3.2.5.1. Atenuación

En cualquier medio de transmisión la energía de la señal decae con la distancia. Se pueden considerar tres consideraciones respecto a la atenuación.

Primero, la señal recibida debe tener suficiente energía para que la circuitería electrónica, en el receptor, pueda detectar adecuadamente. Segunda, para ser recibida sin error, la señal debe conservar un nivel suficientemente mayor que el ruido. Tercera, la atenuación es, habitualmente, una función creciente de la frecuencia.

³⁰ <http://www.radio-horizonte.com.ar/Speedy/ATM.pdf>

3.2.5.2. Distorsión de retardo

Es un fenómeno que se da, ya que la velocidad de propagación de una señal, a través de un medio guiado, varía con la frecuencia. Para una señal limitada en banda, la velocidad tiende a ser mayor cerca de la frecuencia central y disminuye al acercarse a los extremos de la banda. Por tanto, las distintas componentes en frecuencia de la señal llegaran al receptor en instantes diferentes de tiempo, dando lugar a desplazamientos de fase entre las distintas frecuencias. Este efecto se llama distorsión de fase, ya que la señal recibida esta distorsionada debido al retardo variable que sufren sus componentes.

3.2.5.3. Ruido

Constituyen señales indeseables que se introducen a lo largo del trayecto de transmisión, de esta manera se considera ruido a aquella señal fortuita e impredecible que altera muestra señal deseada, generado por causas internas y externas y, que constituye uno de los principales factores que limitan el desempeño de un sistema de comunicaciones.³¹

3.3. Diseño de la red de PACS

La red del sistema de PACS debe ser diseñada como una red interna con conexiones a redes externas tales como las redes de imagen del fabricante, la red de información radiológica y las redes de información del hospital.

Para el diseño de la red de comunicaciones, aparte de los requerimientos vistos anteriormente, se debe tomar en cuenta cinco criterios de diseño:

- **Velocidad de Transmisión**

El estándar Ethernet es el más adecuado para la transmisión entre las modalidades de imagen y las Gateway de adquisición.

³¹ <http://www.elruido.com/porta1/web/miranda-de-ebro/que-es-el-ruido>

Para la transmisión entre los Gateway de adquisición y los servidores de archivo de imagen, la solución más adecuada es *Fast Ethernet*. Por último, la comunicación entre los controladores de PACS y las estaciones de visualización *Fast Ethernet* o *Gigabit Ethernet*, es la solución más eficiente.

- **Estandarización**

El rendimiento efectivo de la red, se fundamenta a través de una decisión difícil al momento de seleccionar los parámetros del sistema operativo y software.

- **Tolerancia a Fallas**

Las redes de comunicaciones, en un sistema de PACS, deben tener *backup*.

Todo el cableado de fibra óptica, *el backbone Ethernet* y *los switches* deber tener redundancia ya que al trabajar con el estándar TCP/IP en caso de que cualquier red falle, el *software* de comunicaciones basado en *socket* inmediatamente se cambia a la red más rápida.

- **Seguridad**

La seguridad debe ser administrada, de tal manera, que solamente el personal autorizado, pueda acceder a la red para visualizar las imágenes de los pacientes a través de las estaciones de trabajo. Solo los usuarios autorizados deben tener la capacidad de copiar imágenes y almacenarlas en las base de datos PACS.

- **Costos**

Las redes de comunicaciones PACS, son diseñadas para uso clínico, por lo que, deben poseer un diseño robusto con redundancia. Aunque el costo es importante, no debería comprometer en la selección de los componentes de red y el plan de *backup* para tolerancia a fallas.

3.3.1. Diseño de la red interna

El sistema de PACS tiene un volumen de datos en el sistema de imágenes, por lo que requiere un gran ancho de banda. En nuestro

caso, al utilizar una arquitectura tipo cliente/servidor, el tiempo se vuelve sensible por la expectativa de visualizar las imágenes bajo demanda, ya que estas, no se almacena localmente, sino que, son recuperadas bajo demanda sobre la red. Esto hace que el ancho de banda de la red, debe ser capaz de proporcionar los datos dentro de muy pocos segundos.

3.3.1.1. Arquitectura de la red

La arquitectura de red, debe ser escogida de acuerdo a los requerimientos de la red y ancho de banda necesario para las aplicaciones. En nuestro caso, podemos definir, que la red debe ser diseñada con Gigabyte Ethernet en el *backbone* con múltiples conexiones para proveer redundancia.

La red debe disponer de dos *switch* de alto rendimiento en el área de *backbone*, los cuales actúan como un *core* redundante para enrutamiento y conmutación a las subredes PACS, lo que nos garantiza una mayor fiabilidad ya que si existen varios enlaces, en el caso que uno falle, otro enlace puede seguir soportando el tráfico de la red. Todos los servidores de PACS son conectados a los *switchs* de *core*. Tanto los servidores como las estaciones de trabajo para diagnóstico se conectan al *switch* principal con una conexión Gigabit Ethernet. Los computadores *gateways* de adquisición tienen una conexión *Fast Ethernet* y unidades de impresión y digitalización Ethernet (10Mbps).³²

3.3.1.2. Componentes de la red

Entre los componentes de hardware de un sistema de PACS, incluyen las modalidades de imagen, controladores de imagen, servidores de datos, estaciones de visualización conectados por una red de comunicaciones. Cada uno de estos componentes cumple un papel importante en el funcionamiento satisfactorio del sistema. La integración de los distintos subsistemas se realiza

³² <http://www.dsic.upv.es/~letelier/>

por medio de los elementos físicos (redes e interfaces) bajo el control de algoritmos y estructura de datos (programas y protocolos). El rendimiento y funcionalidad de un PACS, depende de la capacidad e interacción de cada uno de sus componentes.

Gateway de adquisición de datos e imágenes

Usualmente se ubica, entre las modalidades de imagen y el resto de la red de PACS, para aislar las computadoras de las modalidades imágenes radiológicas de los PACS. Este aislamiento es necesario, debido que las computadoras de imagen tradicionales, carecen de la comunicación necesaria y el software de coordinación que esta estandarizado en la de infraestructura de PACS.

Las funciones principales de gateway de adquisición son:

- Adquirir las imágenes desde los dispositivos de imagen radiológicos.
- Convertir los datos de las especificaciones de los fabricantes a un formato estándar PACS que es compatible con los formatos de datos DICOM.
- Enviar la imagen en estudio al controlador de PACS o a las estaciones de visualización.

Las características mínimas que deben presentar los *gateways* de adquisición son:

- Microprocesador: Pentium 2.6 - 3.3 Ghz
- Memoria Ram: 512
- Disco Duro: 120 Gbytes de capacidad
- Tarjeta Gráfica con 128 Mbytes
- Grabador de CD/DVD
- Tarjeta de red (10/100 Mbps)
- Software: Windows 2000/ XP Professional.

Modalidades de imagen

La idea principal de los PACS es integrar las distintas exploraciones de un paciente en un sistema completo. Cada método, por el cual se obtiene una imagen diagnóstica del paciente, se denomina modalidad. Y claro está, cada modalidad presenta imágenes con características propias. Para el diseño del sistema de PACS es necesario conocer las modalidades que posee la institución, así como también conocer si estos dispositivos proporcionan imágenes en formato DICOM que para el nuestro caso todos los equipos nos proporcionan las imágenes en el formato DICOM.

Digitalización

Las imágenes obtenidas sobre película convencional, bien sean imágenes antiguas, de otro centro, durante una avería, o de un equipo no conectable, deben poder ser convertidas a formato digital para incorporarlas a la carpeta del paciente. El proceso consiste en una lectura punto a punto de cada película con un digitalizador, que puede ser de tres tipos: cámara de Vídeo CCD, barrido por CCD, o barrido por láser.

La mejor calidad se obtiene con los digitalizadores láser, que actuando como verdaderos densitómetros, obtienen resoluciones superiores a 2000x2000 pixeles y una gama de densidades de 12 bits (4096 tonos) por pixel. Con la cámara de vídeo CCD, limitada 8 bits (256 grises) y a resoluciones inferiores a 1024 líneas, la calidad es muy limitada, aunque hay prototipos a 2048 líneas.

3.3.1.2.1. Controladores de PACS y servidores de archivo de imágenes

- **Controlador de PACS**

El nodo central de los PACS, tiene dos componentes principales: el controlador PACS y el servidor de archivo.

El controlador consiste en una arquitectura de hardware y software que direcciona el flujo de trabajo del sistema entero de PACS. El servidor de archivo proporciona un sistema de almacenamiento de imagen para corto, mediano y largo plazo.

El controlador de PACS consiste de cuatro componentes principales:

- Servidor de Archivo.
- Sistema de Base de Datos.
- Librería digital.
- Archivo Backup.

a) Servidor de archivo

El servidor de archivo al tener un hardware redundante tiene la capacidad de soportar múltiples procesos trabajando simultáneamente y transmitir los datos sobre diferente buses y redes. Tiene la función principal de archivar imágenes y direccionar el flujo de imágenes del sistema de PACS desde los *gateways* de adquisición a varios destinos como archivo, estaciones o impresoras. Permite almacenar varias semanas de trabajo de imágenes adquiridas de diferentes modalidades de imagen.

b) Sistema de base de datos

Un sistema de base de datos comprende servidores redundantes corriendo sobre el mismo sistema comercial. Tiene una técnica de espejo con dos bases de datos idénticas, las cuales pueden ser utilizadas para duplicar los datos durante cada transacción. La característica espejo del sistema proporciona a la base de datos del sistema una transacción de datos ininterrumpida que garantiza ninguna pérdida de datos en caso que el sistema o el disco falle.

c) Librería de archivos

La librería de archivo consiste de múltiples unidades de entrada /salida (usualmente DLT) y controladores de disco, los cuales permiten archivar concurrentemente y realizar operaciones de recuperación, en todos sus unidades. La librería debería tener una capacidad de almacenamiento de largo plazo (terabites) y soportar medios de almacenamiento mixtos.

d) Archivo backup

Copias idénticas de imágenes pueden ser almacenadas en diferentes áreas de la red de PACS. Lo más recomendable sería que las librerías se encuentren en diferentes edificios en caso de un desastre natural.

3.3.1.2.2. Diseño del sistema de almacenamiento de imagen de PACS

El sistema de archivo de PACS se conecta tanto a la red de área local (LAN), como a la red de área extendida (WAN) para una futura conexión a sitios remotos. La red LAN de PACS debe tener una tecnología de red *Fast Ethernet* de alta velocidad que conecta todos los componentes del sistema, así como también *switch* Ethernet de alta velocidad para transmitir grandes volúmenes desde imágenes desde el servidor de archivo a las estaciones de visualización.

El servidor de archivo tiene una conexión a la librería y los servidores de base de datos con un sistema en espejo. La información relacionada a los pacientes se almacena en la base de datos, y las imágenes son almacenadas en la librería.

3.3.1.3. Estaciones de trabajo

Las estaciones de trabajo son elementos importantes en un sistema PACS. Mediante estos elementos, la información llega a los radiólogos para su informe diagnóstico, y después a todos aquellos especialistas que requieren de dichos informes e imágenes.

La Estación de trabajo, comúnmente llamada “Workstation” es básicamente un PC de mayor potencia, dado por mayor capacidad de memoria RAM (un poco más costosa), más capacidad en sus discos rígidos, y la colocación de tarjetas para trabajar con monitores de alta resolución o más de un monitor; incluso con salida/entrada de vídeo.

La WS está compuesta de varias partes:

- La unidad central donde se encuentra la CPU (Unidad Central de Procesamiento), la Memoria RAM y los Discos Rígidos. También puede tener un dispositivo de lectura y/o grabación magneto-óptico. En esta unidad central se colocan además las tarjetas controladoras de vídeo para monitores.
- Los monitores.
- Periféricos.
- Sistema Operativo.
- Software de visualización y gestión de imágenes e informes de pacientes.

Los monitores son una de las partes más importantes de una estación de visualización, ya que su función principal es la de reemplazar las placas radiográficas y el negatoscopio, de lo cual dependerá la aceptación clínica del PACS.

En una red de un PACS, deberán existir diferentes tipos de estaciones de trabajo, cada una de las cuales, tiene sus funciones:

Estación diagnóstica (DWS)

La estación de diagnóstico, es utilizada por los radiólogos para hacer el diagnóstico primario. Las características principales de estas estaciones de trabajo son la mejor calidad y la facilidad de uso. La mejor calidad se refiere a la calidad de la imagen y al tiempo de visualización (entre 1 y 2 seg), todo bajo una interface amable para el usuario y funciones de visualización útiles.

Estaciones de revisión (RWS)

Una estación de revisión, es utilizada por radiólogos y médicos especializados para revisar casos en las salas del hospital. El informe y el reporte transcrito deberían estar disponibles con la imagen correspondiente en la estación. Las estaciones de revisión no alteran las características fundamentales de las imágenes y sirven para mejorar el despliegue (presentación) de las mismas.

Estaciones de digitalización e impresión

Estas estaciones, son para los tecnólogos del departamento de radiología o para los cuales desean digitalizar películas antiguas o películas desde fuera del departamento.

Estación de consulta remota

Son estaciones de visualización de imágenes e informes radiológicos. Estas se encuentran, por lo general, ubicadas fuera de los servicios de radiología. Son estaciones de trabajo para ser utilizadas en servicios del hospital que requieran del despliegue de imágenes médicas (UCI, Quirófanos, Traumatología, Radioterapia, Odontología, etc.).

Tiene las características de ser estaciones de trabajo que, por lo general, utilizan monitores a color de alta resolución (uno o dos), y que pueden visualizar más de un estudio al mismo tiempo. También, sus sistemas de tratamiento de imágenes suelen tener herramientas especializadas, según el tipo de usuario y el lugar de ubicación.

Estas estaciones de trabajo pueden estar ubicadas remotamente, y conectadas al sistema PACS.

3.3.1.4. Servidor web

Los servidores Web, se encargan de distribuir las imágenes no diagnósticas al resto de especialistas del hospital. Normalmente se considera parte del PACS, ya que es la herramienta que permite la visualización de las imágenes en cualquier PC del hospital que disponga de un navegador web (*Netscape Navigator* o *Internet Explorer*), dentro del cual puede distribuir el informe asociado al estudio, reduciendo el tiempo de recepción para el destinatario y la supresión del papel.

El servidor web recibe la imagen en formato DICOM y la puede convertir a un formato diferente de menor tamaño, usando para ello una compresión con pérdida, esto implica una reducción de la calidad por debajo de la considerada como diagnóstica. Actualmente, los web browsers soportan imágenes JPEG y GIF.

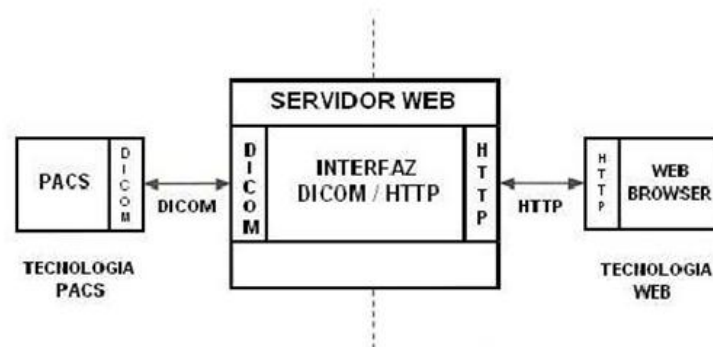


Figura 3. 3 Arquitectura básica del servidor Web

Figura 3.2: Arquitectura básica del servidor web.

3.3.1.5. Impresión

La impresión de radiografías, es necesaria en toda implantación de PACS. Es por ello, que las estaciones de trabajo deben poder ordenar la impresión de copias sobre película, cuando ello sea necesario. Para la obtención de copias sobre soporte sensible (placas radiográficas) o papel, será necesario disponer, al menos, de una terminal de impresión. Esta terminal de impresión, permitirá realizar copias de radiografías y copias en papel.

La impresora puede estar conectada a una estación concreta, al servidor de base de datos, o bien tener un acceso directo a la red de datos. Esta última solución permite imprimir rápidamente desde cualquier estación del PACS.

3.4. Diseño general de la red

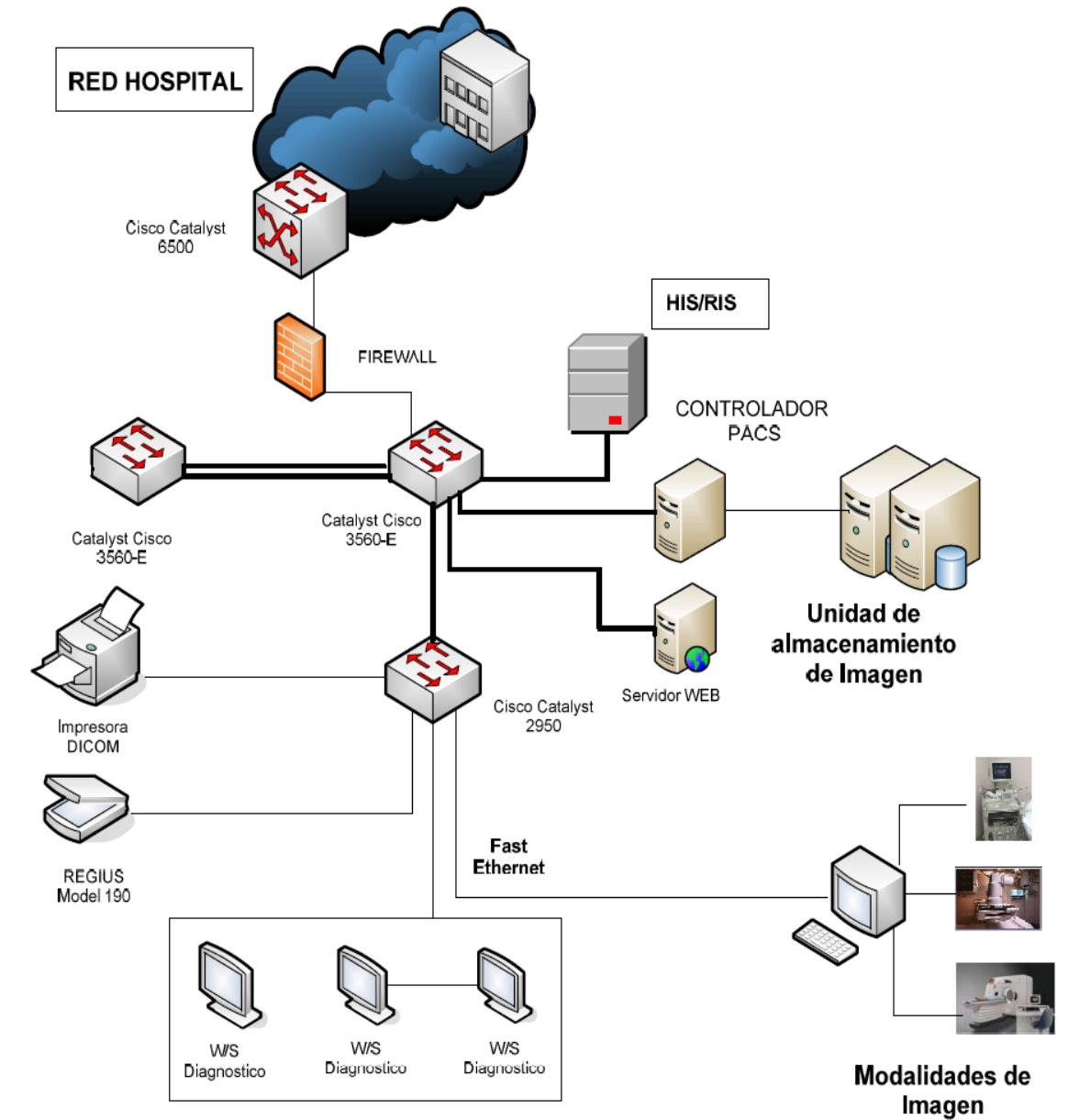


Figura 3. 4 Esquema de la red

3.5. Diagrama de bloques del sistema de PACS

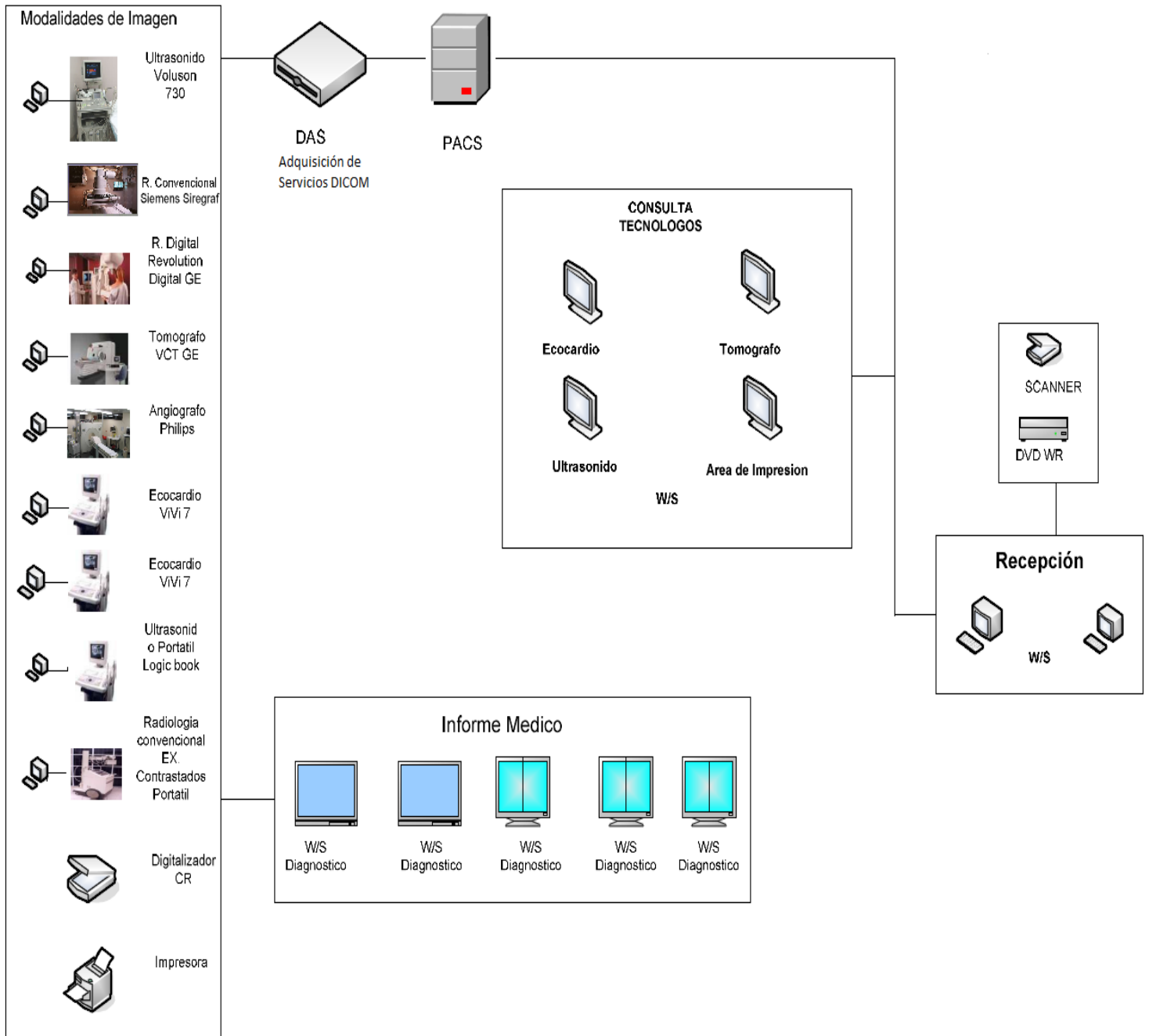


Figura 3. 5 Diagrama de bloques del sistema de PACS

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. Conclusiones

- Se cumplieron los objetivos planteados en el plan del proyecto de titulación, es decir, se realizó el estudio y diseño de un sistema de almacenamiento y comunicación de imagen en el HOSPITAL UNIVERSITARIO DEL RIO, a fin de optimizar recursos.
- Los sistemas de archivo y comunicación de imágenes (PACS), son los encargados de controlar la información del área de imagenología y se ocupan del seguimiento de la misma, tanto desde la adquisición de imágenes, como de su almacenamiento, para su posterior envío a las estaciones que lo soliciten.
- Son los responsables de conseguir que las imágenes médicas estén disponibles en cualquier momento y en aquel lugar en que se necesiten.
- Las imágenes digitales, permiten que la información no se degrade en el tiempo, facilidad de duplicación y traslado, menor costo de almacenamiento, mayor velocidad de acceso y de elimina la posibilidad de pérdida.
- El costo final que involucra el poner en marcha un sistema de PACS, si bien es una inversión considerable, se justifica, por la cantidad de prestaciones que ofrece como son el ahorro económico, en material (placas, líquidos), el ahorro en radiación a los pacientes, tanto en la dosis como en la cantidad de exploraciones que debe realizarse, la facilidad al acceso a la historia clínica, con sus radiografías e informes radiológicos desde cualquier ordenador del hospital, el almacenaje en formato digital de las historias, que casi no ocupa espacio físico, la elevada calidad de las radiografías; además permite llevar una administración más confiable, y a corto-mediano plazo recuperar la inversión y obtener réditos económicos.

4.2. Recomendaciones

- Debido a que la información almacenada en la base de datos es muy valiosa, se recomienda mantener respaldos de la misma, de esta manera, damos confiabilidad al sistema.
- Es necesario disponer de un sistema de respaldo de energía eléctrica, en caso de existir fallas en la misma, de esta manera, se garantiza la disponibilidad del sistema.
- Se recomienda que el entorno de trabajo sea adecuado, en cuanto a iluminación, ruido, temperatura y espacio físico.
- Es imprescindible mantener restringido el acceso al área de servidores y controladores al personal no autorizado, puesto que en ésta, se encuentran toda la información relacionada a los pacientes.
- El éxito en la implantación de un sistema de PACS, depende del nivel organizativo previo, de la calidad de la herramienta y la aceptación de los usuarios (radiólogos y médicos especialistas), por lo que se recomienda, un trabajo conjunto, entre los especialistas médicos y el área técnica, para evitar que se sobrevalore o se sobredimensione el sistema.

BIBLIOGRAFÍA:**Referencias Bibliográficas:**

1. HUANG, H. K. (2004). "PACS AND IMAGING INFORMATICS". Segunda Edición, Editorial John Wiley & Sons.
2. STEWART, C Bushong. (2003) "Manual de Radiología para técnicos". Quinta edición.
3. ELETA, Francisco. (2005) "Diagnóstico por imágenes", Primera edición.
4. STALLINGS, Willian. (2000) "Redes de Computadoras", Prentice Hall. Primera Edición.
5. REVISTA "Biomedical Instrumentaion & Techology" (2006). Volumen 40, Numero 5, Pags. 375-379.
6. Curriculum CCNA. (2005). Cisco V3.1.
7. WILLIAM J. Altier. Instrumentos intelectuales del gerente. Oxfod, 232 pag, 2000 ISBN 970 613 559 6
8. RAFAELA BLANCA SILVA LÓPEZ. (2007). Diseño y optimización de Base de Datos Relacionales. Segunda edición.
9. FERNANDO BALLESTEROS HERRANZ. (2003). Desarrollo de aplicaciones DICOM para la gestión de imágenes biomédicas. Tercera edición.
10. MATTHEW FISCHER. (2010). The DES Algorithm Illustrated. Primera edición.

Referencias electrónicas:

1. Definición de imagen, [En línea] Disponible en:
<http://www.definicionabc.com/comunicacion/imagenes.php>
[Accedido el día 22 de diciembre de 2012]
2. Definición imagen digital, [En línea] Disponible en:
http://arantxa.ii.uam.es/~eloy/html/doctorado/doct_9.pdf
[Accedido el día 22 de diciembre de 2012]
3. Digitalizacion de imágenes, [En línea] Disponible en:
<http://javiergs.dgproject.com/pdf/uml-diapositivas.pdf>
[Accedido el día 22 de diciembre de 2012]
4. Tamaña de imagen, [En línea] Disponible en:
<http://vetblog.vetjg.com/modalidades-de-imagen-medica/>
[Accedido el día 22 de diciembre de 2012]
5. Visualización de imágenes, [En línea] Disponible en:
<http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/11854/fichero/Volumen+1%252FCapitulo+2.pdf>
[Accedido el día 22 de diciembre de 2012]
6. Importancia de la calidad de la imagen, [En línea] Disponible en:
<http://ccc.inaoep.mx/~arias/seminario/doc/reporte.html>
[Accedido el día 22 de diciembre de 2012]
7. Cuantificación y relación señal ruido, [En línea] Disponible en:
<http://itzamna.uam.mx/alfonso/pacs.html>

- [Accedido el día 22 de diciembre de 2012]
8. Imagen radiográfica analógica, [En línea] Disponible en:
http://www.espalda.org/divulgativa/diagnostico/pruebas_radiologicas/radiologia.asp
[Accedido el día 28 de diciembre de 2012]
 9. Placa de rayos X, [En línea] Disponible en:
<http://www.leetu.com/2010/11/15/radiografia-digital/>
[Accedido el día 28 de diciembre de 2012]
 10. Equipos de diagnóstico por imágenes, [En línea] Disponible en:
www.jccm.es/edu/ies/torreon/Sanidad/Imagen/ptir/pdf/ut10.pdf
[Accedido el día 28 de diciembre de 2012]
 11. Radiografía digital, [En línea] Disponible en:
<http://www.e-radiography.net/cr/cr.htm>
[Accedido el día 28 de diciembre de 2012]
 12. Tomografía axial computarizada, [En línea] Disponible en:
<http://www.nib.fmed.edu.uy/Corbo.pdf>
[Accedido el día 3 de enero de 2013]
 13. Resonancia magnética, [En línea] Disponible en:
<http://www.nib.fmed.edu.uy/Pebet.pdf>
[Accedido el día 3 de enero de 2013]
 14. Ultrasonido, [En línea] Disponible en:
<http://bioinstrumentacion.eia.edu.co/docs/signals/ultrasonido.pdf>
[Accedido el día 7 de enero de 2013]
 15. Compresión de imágenes, [En línea] Disponible en:
<http://www.edicionsupc.es/ftppublic/pdfmostra/TL02206M.pdf>
[Accedido el día 7 de enero de 2013]
 16. Estándares de compresión de imágenes, [En línea] Disponible en:
<http://www.sig.upv.es/asignaturas/ig2/Compres.pdf>
[Accedido el día 10 de enero de 2013]
 17. Estándar health level 7, [En línea] Disponible en:
http://download.microsoft.com/download/2/2/d/22d85096-4eeb-4b5e-b9f1-4cd80bb779c/BT06_HL7.ppt#273,4
[Accedido el día 10 de enero de 2013]
 18. DICOM, [En línea] Disponible en:
<http://www.pas.deusto.es/recursos/DICOM.pdf>
[Accedido el día 10 de enero de 2013]
 19. Normas DICOM, [En línea] Disponible en:
<http://medical.nema.org/>
[Accedido el día 14 de enero de 2013]
 20. Formato DICOM, [En línea] Disponible en:
<http://medical.nema.org/dicom/2003.html>
[Accedido el día 14 de enero de 2013]
 21. Equipo de ultrasonido, [En línea] Disponible en:

<http://www.gehealthcare.com/eues/ultrasound/products/general-imaging/logiq-3/truscan-architecture.html>

[Accedido el día 16 de enero de 2013]

22. Equipo de mamografía, [En línea] Disponible en:

<http://www.medicaexpo.es/prod/ge-healthcare/mamografos-analogicas-70717-428875.html>

[Accedido el día 16 de enero de 2013]

23. Equipo de angiografía, [En línea] Disponible en:

http://www.gehealthcare.com/eues/interventional_xray/innova/innova3100IQ_cardiology.html

[Accedido el día 17 de enero de 2013]

24. Equipo de fluoroscopia, [En línea] Disponible en:

http://es.medwow.com/i_preview.php?sale_number=523912752

[Accedido el día 17 de febrero de 2013]

25. Velocidad de imágenes, [En línea] Disponible en:

http://www.imagingeconomics.com/issues/articles/2005-05_01.asp

[Accedido el día 18 de febrero de 2013]

26. Ancho de banda, [En línea] Disponible en:

http://www.pergaminovirtual.com.ar/definicion/Ancho_de_banda.html

[Accedido el día 18 de febrero de 2013]

27. Topología de redes, [En línea] Disponible en:

<http://www.eveliux.com/mx/topologias-de-red.php>

[Accedido el día 25 de febrero de 2013]

28. Ethernet, [En línea] Disponible en:

<http://es.kioskea.net/contents/672-ethernet>

[Accedido el día 5 de marzo de 2013]

29. Modo de transferencia asíncrona, [En línea] Disponible en:

<http://www.radio-horizonte.com.ar/Speedy/ATM.pdf>

[Accedido el día 8 de marzo de 2013]

30. Ruido, [En línea] Disponible en:

<http://www.elruido.com/portal/web/miranda-de-ebro/que-es-el-ruido>

[Accedido el día 11 de marzo de 2013]

31. Arquitectura de red, [En línea] Disponible en:

<http://www.dsic.upv.es/~letelier/>

[Accedido el día 11 de marzo de 2013]

ANEXOS:**Anexo 1****MODELO DE LA ENCUESTA REALIZADA A LOS MÉDICOS DEL HOSPITAL
UNIVERSITARIO DEL RÍO****ENCUESTA PARA DETERMINAR LA VIABILIDAD DE IMPLEMENTACIÓN DE UN
SISTEMA DE PACS PARA EL HOSPITAL UNIVERSITARIO DEL RIO**

Estimado/a doctor/a:

Con la autorización de la Dirección Médica del Hospital, nos encontramos realizando una investigación relacionada con los sistemas PACS y la Imagenología, por lo que le solicitamos contestar las siguientes preguntas:

1. Utiliza usted los servicios del área de Imagenología
SI NO
2. Si utiliza los servicios del área de Imagenología, con qué frecuencia lo hace
Diariamente
Semanalmente
Otro
3. Qué tipo de servicio es el que más utiliza:
Sala de angiografía.
Endoscopía.
Unidad de rayos X.
Mamografías.
Ecografía tridimensional.
Ecografía convencional.
Fluoroscopio.
Equipo de tomografía.
Resonancia magnética nuclear.
4. Sabe usted qué es un sistema PACS
SI NO
5. Si lo sabe, considera usted que la implementación del mismo mejoraría el funcionamiento del área de Imagenología
SI NO

Le agradecemos por su colaboración