



UNIVERSIDAD CATÓLICA ANDRÉS BELLO.
FACULTAD DE INGENIERÍA.
ESCUELA DE INGENIERÍA DE TELECOMUNICACIONES

**DISEÑO DE UNA RED PRIVADA DE TELERADIOLOGÍA PARA
EL INTERCAMBIO DE IMÁGENES DICOM ENTRE UCV-
FÍSICA MÉDICA Y UCAB TELEMEDICINA.**

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

Presentada ante la:

UNIVERSIDAD CATÓLICA ANDRÉS BELLO.

Como parte de los requisitos para optar por el título de:

INGENIERO EN TELECOMUNICACIONES.

REALIZADO POR:

Christian Carro

Yeberlin De Lira.

TUTOR:

Jesús I. Escalona

FECHA:

Caracas, febrero de 2012



UNIVERSIDAD CATÓLICA ANDRÉS BELLO.
FACULTAD DE INGENIERÍA.
ESCUELA DE INGENIERÍA DE TELECOMUNICACIONES

**DISEÑO DE UNA RED PRIVADA DE TELERADIOLOGÍA PARA
EL INTERCAMBIO DE IMÁGENES DICOM ENTRE UCV-
FÍSICA MÉDICA Y UCAB TELEMEDICINA.**

REALIZADO POR:

Christian Carro

Yeberlin De Lira.

TUTOR:

Jesús I. Escalona

FECHA:

Caracas, febrero de 2012



UNIVERSIDAD CATÓLICA ANDRÉS BELLO.

FACULTAD DE INGENIERÍA.

ESCUELA DE INGENIERÍA DE TELECOMUNICACIONES

**DISEÑO DE UNA RED PRIVADA DE TELERADIOLOGÍA PARA
EL INTERCAMBIO DE IMÁGENES DICOM ENTRE UCV-
FÍSICA MÉDICA Y UCAB TELEMEDICINA.**

**Este jurado; una vez realizado el examen del presente trabajo ha evaluado su
contenido con el resultado: _____**

JURADO EXAMINADOR

Firma:

Firma:

Firma:

Nombre: _____

Nombre: _____

Nombre: _____

REALIZADO POR:

Christian Carro

Yeberlin De Lira.

TUTOR:

Jesús I. Escalona

FECHA:

Caracas, febrero de 2012

Dedicatoria

A mis padres, por creer en mi y apoyarme en todo momento.

Yeberlin De Lira Meléndez.

A mis padres por ofrecerme todo lo necesario para salir hacia adelante.

Christian Carro Russo.

Agradecimientos

A Dios y la Virgen por darme la oportunidad de tener una familia y una vida feliz.

A toda mi familia, por estar siempre a mi lado y apoyarme en cada momento.

A todos quienes participaron en mi formación académica, especialmente a quienes gracias a ellos logramos hacer posible este proyecto, el profesor Jesús Iván Escalona y Germán Tovar, así como a Miguel Martín, Guillermo Solis y Carlos Butrón por brindarnos las herramientas necesarias para realizar el proyecto.

A Carlos, por estar siempre a mi lado, apoyarme en todo momento y darme la paz necesaria en los momentos más difíciles.

Yeberlin De Lira Meléndez

Agradecimientos

A toda mi familia, en especial a mis padres por apoyarme en todo momento e impulsarme a cumplir mis metas.

A quienes participaron en mi formación académica y a la vez han sido quienes me permitieron encontrar mi verdadera pasión, Prof. Luis Uribe y en especial a todos quienes nos prestaron su colaboración en el diseño y ejecución del proyecto, Jesús Iván Escalona y Germán Tovar, así como a Miguel Martín, Guillermo Solis y Carlos Butrón.

Christian Carro Russo

Resumen

DISEÑO DE UNA RED PRIVADA DE TELERADIOLOGÍA PARA EL INTERCAMBIO DE IMÁGENES DICOM ENTRE UCV-FÍSICA MÉDICA Y UCAB TELEMEDICINA

Christian A. Carro R.
chcrusso@gmail.com
Yeberlin V. De Lira M.
yeberlindelira@gmail.com

Considerando las necesidades a nivel general del servicio médico venezolano y la existencia de nuevas tecnologías que, incorporadas en el área de la salud, ofrecen grandes ventajas en los servicios médicos, el grupo de Física Médica de la Facultad de Ciencias de la UCV y el grupo de Telemedicina de la UCAB, tomaron la iniciativa de desarrollar un proyecto en conjunto que logre beneficiar a pacientes y médicos, a través del diseño de una red de teleradiología que permita establecer el intercambio de imágenes médicas en formato DICOM entre ambas casas de estudio, teniendo acceso a ellas por medio de una aplicación amigable que facilite el intercambio de datos.

Para poder llevar a cabo el diseño de la red se consideraron una serie de elementos, siendo uno de los más importantes la seguridad y la confiabilidad de los datos, ya que en el desarrollo del proyecto se encuentran involucrados los servidores de la UCV y la UCAB, los cuales manejan información confidencial. Además de ello, los datos que son enviados a través de la red también deben ser manejados con la seguridad necesaria para garantizar la confiabilidad de los datos.

Los resultados obtenidos permitieron cumplir los objetivos planteados, logrando así la implementación de la red y de una aplicación lo suficientemente amigable y segura para el usuario.

Palabras clave: Telemedicina, teleradiología, seguridad, red, imagen.

Abstract

DESIGN OF A TELERADIOLOGY'S PRIVATE NETWORK FOR THE EXCHANGE OF DICOM IMAGES BETWEEN UCV-FÍSICA MÉDICA AND UCAB TELEMEDICINA

Christian A. Carro R.

chcrusso@gmail.com

Yeberlin V. De Lira M.

yeberlindelira@gmail.com

Considering the needs of the Venezuelan medical service in a general level, and the existence of new technologies which, added to the health area, offer a great number of advantages for the medical services, the Medical Physics group from the UCV's Sciences Faculty and the UCAB's Telemedicine group took the initiative to develop a project together that can benefit patients and doctors, through the design of a tele-radiology's network that allows the exchange of medical images in DICOM format between both institutions, providing access to this images using a user-friendly application that makes this exchange easier.

For the network's design, a number of elements were considered. The data's security and reliability were the most important of these elements due to the involvement of UCV's and UCAB's servers, which contain confidential information. In addition, the data sent through the network should be handled with all the necessary security to guarantee the data privacy and reliability.

The final results allowed the accomplishment of the defined objectives, obtaining the network's implementation and a friendly and secure application for the user.

Key Words; Telemedicine, teleradiology, network and security, image.

Índice General

Introducción.....	XI
Capítulo I. Planteamiento Del Proyecto	1
I.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	1
I.2 OBJETIVOS.....	2
I.2.1 GENERAL.....	2
I.2.2 ESPECÍFICOS	2
I.3 ALCANCES Y LIMITACIONES	3
I.3.1 ALCANCES.....	3
I.3.2 LIMITACIONES	3
I.4 JUSTIFICACIÓN.....	4
Capítulo II. Marco Referencial.....	5
II. 1 ANTECEDENTES.....	6
II.2 TELEMEDICINA.....	7
II.2.1 TELEMEDICINA EN EL MUNDO	8
II.2.2 TELEMEDICINA EN VENEZUELA	8
II.3 TELERADIOLOGÍA.....	11
II.3.1 TELERADIOLOGÍA Y EL <i>CLOUD COMPUTING</i> :.....	12
II.4 IMAGINOLOGÍA.....	17
II.5 PACs (<i>PICTURE ARCHIVING AND COMMUNICATION</i>)	18
II.5.1 ARQUITECTURA BÁSICA DEL SISTEMA PAC.....	19
II.6 DICOM (<i>DIGITAL IMAGING AND COMMUNICATION IN MEDICINE</i>).....	22
II.7 VPN (<i>VIRTUAL PRIVATE NETWORK</i>)	26
II.7.1 PROTOCOLOS DE TÚNEL	28
II.7.2 TIPOS DE VPN.....	31
II.7.3 TIPOS DE CONEXIÓN VPN.....	33
II.7.4 VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE UNA VPN.....	34
II.8 PROTOCOLOS TCP (<i>TRANSMISSION CONTROL PROTOCOL</i>) Y UDP (<i>USER DATAGRAM PROTOCOL</i>)	37
II.9 SSH (<i>SECURE SHELL</i>)	39
II.9.1 ARQUITECTURA DE CAPAS DEL PROTOCOLO SSH.....	40
II.10 PROTOCOLO HTTPS (PROTOCOLO SEGURO DE TRANSFERENCIA DE HIPERTEXTO).....	40
II.11 MySQL	41
II.12 PHP (<i>HYPERTEXT PROCESSOR</i>)	42
Capítulo III. Metodología.....	44
III.1 FASE 1: INVESTIGACIÓN DOCUMENTAL.....	44
III.2 FASE 2: CARACTERIZACIÓN DEL SERVIDOR Y EL CLIENTE.....	44

**DISEÑO DE UNA RED PRIVADA DE TELERADIOLOGÍA PARA EL INTERCAMBIO
DE IMÁGENES DICOM ENTRE UCV-FÍSICA MÉDICA Y UCAB TELEMEDICINA**

III.3 FASE 3: DISEÑO Y SIMULACIÓN DE LA CONEXIÓN CLIENTE-SERVIDOR.....	45
III.4 FASE 4: IMPLEMENTACIÓN DE LA CONEXIÓN CLIENTE-SERVIDOR.....	45
III.5 FASE 5: DISEÑO Y DESARROLLO DE LA APLICACIÓN.....	45
III.6 FASE 6: PRUEBAS DE TRANSMISIÓN DE IMÁGENES E HISTORIAS MÉDICAS.....	46
III.7 FASE 7: REDACCIÓN Y ELABORACIÓN DEL TOMO.....	46
Capítulo IV. Desarrollo.....	47
IV.1 CARACTERIZACIÓN DEL SERVIDOR Y EL CLIENTE.....	47
IV.2 DISEÑO Y SIMULACIÓN DE LA CONEXIÓN CLIENTE-SERVIDOR.....	48
IV.2.1 DISEÑO.....	48
IV.2.2 SIMULACIÓN DE LA CONEXIÓN CLIENTE-SERVIDOR.....	48
IV.2.2.1 CONFIGURACIÓN DEL SERVIDOR VPN.....	49
IV.2.2.2 CONFIGURACIÓN DEL CLIENTE VPN.....	51
IV.3 IMPLEMENTACIÓN DE LA CONEXIÓN.....	52
IV.4 DISEÑO DE LA APLICACIÓN.....	54
IV.5 PRUEBAS DE TRANSMISIÓN DE IMÁGENES E HISTORIAS MÉDICAS A TRAVÉS DE LA APLICACIÓN.....	59
Capítulo V. Resultados.....	60
V.1 CARACTERIZACIÓN DE LOS DISPOSITIVOS.....	60
V.2 DISEÑO DE LA RED DE INTERCONEXIÓN UCV-FÍSICA MÉDICA Y UCAB- TELEMEDICINA.....	65
V.3 SIMULACIÓN DE CONEXIÓN VPN.....	66
V.4 ESTABLECIMIENTO DE CONEXIÓN.....	68
V.6 RESULTADO DEL DESARROLLO DE LA APLICACIÓN.....	71
Capítulo Vi. Conclusiones Y Recomendaciones.....	82
VI.1 CONCLUSIONES.....	82
VI.2 RECOMENDACIONES.....	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
Bibliografía.....	86
Apéndices.....	91

Índice de Figuras

Figura 1. Estructura general del Marco Referencial.....	6
Figura 2. Topología del <i>Cloud Computing</i>	13
Figura 3. Componentes del sistema PAC.....	20
Figura 4. Esquema de operaciones y elementos del sistema PAC.....	21
Figura 5. Modelo de comunicación DICOM.....	25
Figura 6. VPN con acceso remoto.....	31
Figura 7. VPN punto a punto.....	32
Figura 8. VPN interna.....	32
Figura 9. Conexión <i>Client-to-Site</i>	33
Figura 10. conexión <i>Site-to-Site</i>	34
Figura 11. Configuración de la hora de sincronización.....	54
Figura 12. Diagrama de la Base de Datos.....	55
Figura 13. Diseño de la red.....	65
Figura 14. Establecimiento del túnel desde el servidor VPN.....	66
Figura 15. Establecimiento del túnel desde el cliente VPN.....	67
Figura 16. Envío de PING desde el servidor hacia el cliente.....	67
Figura 17. Envío de ping desde el cliente hacia el servidor.....	68
Figura 18. Túnel de conexión UCV-UCAB.....	68
Figura 19. Envío de PING entre los servidores conectados por VPN.....	69
Figura 20. Acceso automatizado a través de la VPN desde la ucab hacia la ucv por SSH.....	69
Figura 21. Ventana de seguridad.....	72
Figura 22. Página de inicio.....	72
Figura 23. Página de acceso.....	73
Figura 24. Inicio de sesión.....	74
Figura 25. Información del paciente.....	75
Figura 26. Página para cargar una imagen.....	75

**DISEÑO DE UNA RED PRIVADA DE TELERADIOLOGÍA PARA EL INTERCAMBIO
DE IMÁGENES DICOM ENTRE UCV-FÍSICA MÉDICA Y UCAB TELEMEDICINA**

Figura 27. Página para descargar una imagen.....	75
Figura 28. Para eliminar un paciente.....	76
Figura 29. Página para insertar un paciente.	76
Figura 30. Opción de registro si aún no se ha registrado.	77
Figura 31. Registro de usuarios.....	77
Figura 32. Confirmación de registro.	78
Figura 33. Opción de reenvío de clave.....	78
Figura 34. Verificación de los datos para el reenvío de clave.	79
Figura 35. Recuperación de clave de ingreso.....	79
Figura 36. Descripción del proyecto.	80
Figura 37. Página de contacto.	80
Figura 38. Visualización de imagen DICOM a través de <i>Aeskulap Viewer</i>	81
Figura 39. Diagrama estructural de la aplicación.....	93

Índice de Tablas

Tabla 1. Comparación de visores de imágenes DICOM	26
Tabla 2. Comparación entre distintos <i>software</i> de VPN	37
Tabla 3. Diferencias entre TCP y UDP.	39
Tabla 4. Características del dispositivo Nro. 1.....	61
Tabla 5. Características del dispositivo Nro. 2.....	61
Tabla 6. Características del dispositivo Nro. 3.....	62
Tabla 7. Características del dispositivo Nro. 4.....	63
Tabla 8. Características del dispositivo Nro. 5.....	63
Tabla 9. Características de las Imágenes.....	70

Introducción

Muchas aplicaciones en el área de telecomunicaciones contemplan el intercambio de información entre personas y equipos electrónicos, tanto dentro de una vivienda o institución, como fuera de ella. En este proceso se incluyen todas las infraestructuras necesarias para la comunicación de voz y de datos que nos permiten disfrutar de los servicios de telefonía o de las funciones de distribución de ficheros de texto o multimedia, compartir recursos entre dispositivos, acceso a usuarios a Internet de manera simultánea, etc.

La telemedicina representa una de las aplicaciones que aprovecha los múltiples servicios ofrecidos por las telecomunicaciones, permitiendo el intercambio de datos, registros, opiniones y demás informaciones médicas a través de medios electrónicos, permitiendo el acceso a esta información desde lugares remotos interconectados, sin la necesidad de la interacción presencial médico-paciente.

En vista de la creciente demanda de atención médica especializada para realizar diagnósticos y estudios de pacientes a distancia, se expone en el presente trabajo el diseño de una red privada virtual para el intercambio de imágenes médicas en formato DICOM entre dos centros específicos de investigación, como lo son UVC-FÍSICA MÉDICA y UCAB TELEMEDICINA, para ser estudiadas y evaluadas por personal especializado.

Esta red se caracteriza principalmente por ofrecer seguridad y confiabilidad en la transmisión de imágenes médicas digitales, para lo cual se realizará un estudio detallado de las diferentes tecnologías presentes en el diseño de redes, así como de las herramientas necesarias para el desarrollo de una aplicación que permita el intercambio de estas imágenes.

DISEÑO DE UNA RED PRIVADA DE TELERADIOLOGÍA PARA EL INTERCAMBIO DE IMÁGENES DICOM ENTRE UCV-FÍSICA MÉDICA Y UCAB TELEMEDICINA

El contenido del presente proyecto se presentará en seis capítulos, organizados de la siguiente manera:

- Capítulo I: se describe el planteamiento del problema, los objetivos que se quieren lograr, los alcances y limitaciones del proyecto y la justificación que le da origen.
- Capítulo II: se exponen las bases teóricas que sustentan todo el desarrollo del trabajo, brindando una base firme de los conocimientos necesarios a saber.
- Capítulo III: se presentan los métodos y procedimientos utilizados para llevar a cabo la investigación, y que poco a poco concretan el proyecto como un todo.
- Capítulo IV: contempla el desarrollo de los pasos y actividades detalladas, describiendo la manera de lograr concretar el proyecto.
- Capítulo V: se presentan los resultados obtenidos en el desarrollo de la aplicación, describiendo cada uno con su respectiva interpretación.
- Capítulo VI: se describen las conclusiones y recomendaciones tomando en cuenta los resultados obtenidos.

Capítulo I

Planteamiento del Proyecto

El presente capítulo establece las bases fundamentales del trabajo, especificando el problema y sus características, determinando posibles alcances y limitaciones, dejando claro los objetivos y dirección del presente trabajo.

I.1 Planteamiento del Problema

Uno de los propósitos más importantes de la telemedicina hoy en día es brindar asistencia remota de personal médico especializado independientemente de la zona geográfica en la que se encuentren, así como llevar a cabo el intercambio de información entre distintos centros de salud e investigación científica, la manipulación y el acceso a dicha información por personal calificado.

A pesar de las capacidades que posee el servicio médico de Venezuela hoy en día, sería importante considerar aspectos que ofrecerían una mejora en cuanto a la eficiencia existente en el área de imaginología, ya sea en la realización de exámenes radiológicos, como el tiempo invertido en establecer un diagnóstico y el envío del mismo al médico solicitante, de tal manera que a través del uso de la tecnología se pueda ofrecer un mejor servicio, tanto al paciente como al médico.

Este trabajo especial de grado, tiene como finalidad realizar el diseño de una red y el desarrollo de una aplicación, que permita comunicar el grupo de Física Médica de la Universidad Central de Venezuela (UCV) y el grupo de Telemedicina de la Universidad Católica Andrés Bello (UCAB), con el fin de facilitar el acceso a

las bases de datos de imaginología e historias clínicas asociadas a los estudios respectivos, que sirva para demostrar de una manera eficiente las posibilidades reales que pueda brindar una red. Para establecer la comunicación entre los grupos se diseñará una red privada virtual, a fin de lograr el intercambio de información segura, utilizando el formato DICOM.

El trabajo es una contribución con un proyecto más amplio que aspira establecer una red de teleradiología que facilite el modelaje matemático de crecimiento tumoral y su parametrización mediante imágenes médicas, proyecto en el que participarían la Unidad de Radioterapia Oncológica GURVE, el Grupo de Física Médica de la UCV y el Grupo de Telemedicina de la UCAB.

I.2 Objetivos

I.2.1 General

Diseñar una red privada virtual que permita establecer comunicación entre los grupos de Física Médica en la Facultad de Ciencias de la UCV (servidor) y Telemedicina en la Facultad de Ingeniería de la UCAB, a través del desarrollo de una aplicación que facilite el acceso a bases de datos de imaginología e historias clínicas asociadas para los estudios respectivos, con la seguridad correspondiente.

I.2.2 Específicos

- Diagnosticar los componentes de la red.
- Identificar las imágenes a transmitir, tamaño y formato.
- Diseñar la red empleando VPN.
- Evaluar la transmisión de imágenes e historias entre los dos centros.

- Desarrollar una aplicación que integre todos los elementos y facilite la visualización de las imágenes e historias médicas, por las personas autorizadas para acceder a la información.

I.3 Alcances y limitaciones

I.3.1 Alcances

Este trabajo especial de grado incluye la elaboración del diseño y configuración de un modelo cliente-servidor en una red que permita la comunicación entre los grupos de Física Médica en la Facultad de Ciencias de la UCV (servidor) y Telemedicina en la Facultad de Ingeniería de la UCAB; así como la elaboración de una aplicación que le permita a los clientes que intervengan, la posibilidad de manipular imágenes médicas, y transmitir dichas imágenes en conjunto con sus respectivos diagnósticos u observaciones.

I.3.2 Limitaciones

El establecimiento de los servidores se ha realizado en la Universidad Católica Andrés Bello y en la Universidad Central de Venezuela.

La conversión de formatos de una imagen que no sea DICOM, no forma parte de los objetivos de este proyecto especial de grado. Los equipos médicos que no suministran imágenes bajo el formato DICOM, no han sido contemplados dentro del servicio.

Todas las aplicaciones, herramientas y *software* han sido diseñadas en código abierto, es decir, destinados a su uso en LINUX.

La aplicación, utiliza únicamente el formato .dcm (DICOM), para el intercambio y la manipulación de las imágenes.

I.4 Justificación

La realización de una interconexión entre la UCAB (Universidad Católica Andrés Bello) y la UCV (Universidad Central de Venezuela) surge con la necesidad del grupo de Física Médica de la UCV y Telemedicina de la UCAB, de realizar un intercambio de información entre ambos, el cual en este caso, se refiere a imágenes médicas en formato DICOM con el propósito de que los profesionales, al tener acceso a la misma, puedan aportar su opinión en cada caso.

El propósito de realizar un proyecto con estos fines, surge como una alternativa para solucionar inconvenientes causados debido a escasos medios con los que cuentan los centros médicos del país actualmente, producto de la inestabilidad económica o la situación de conectividad de los mismos, orientado a las dificultades que se le presentan a los médicos para resolver casos particulares que requieran la opinión de profesionales especializados en el área de imaginología, quienes generalmente se encuentran en distintas posiciones geográficas, de una forma segura, sencilla, confiable y eficaz, considerando como principal beneficiario a los pacientes, quienes recibirán un diagnóstico oportuno y objetivo.

Así mismo, diseñar una aplicación que le permita a los especialistas tener acceso a las imágenes almacenadas en un servidor conectado a un cliente, compone la práctica y ejecución del trabajo.

Capítulo II

Marco Referencial

Definido el enfoque y los objetivos del proyecto, a continuación se presentan los aspectos teóricos que le dan soporte. En primer lugar se hace referencia a los proyectos que constituyen sus antecedentes, precedido de una serie de conceptos que definen el contenido teórico que abarca el trabajo. Como se puede apreciar en la Figura 1, las bases teóricas que le dan apoyo se dividen en tres ramas principales, partiendo desde los aspectos generales de la telemedicina, tratando definiciones aún más específicas de términos utilizados en el desarrollo práctico del proyecto, como lo son el formato y estándar de las imágenes médicas que se pretenden compartir, así como los conceptos de teleradiología e imaginología, necesarios para la descripción de los fundamentos que sostienen las bases del proyecto.

Como segunda ramificación, se plantean los conceptos de las redes privadas virtuales, junto con los protocolos de seguridad y transferencia que las conforman, y por último, como tercera ramificación, se presentan las herramientas disponibles para desarrollar una aplicación con el propósito de lograr llevar a cabo el intercambio de imágenes, como lo son MySQL, referente al lenguaje y la gestión de las bases de datos utilizadas, y PHP, referente a la vinculación de la aplicación con la base de datos, para así alcanzar los objetivos planteados en el capítulo anterior.

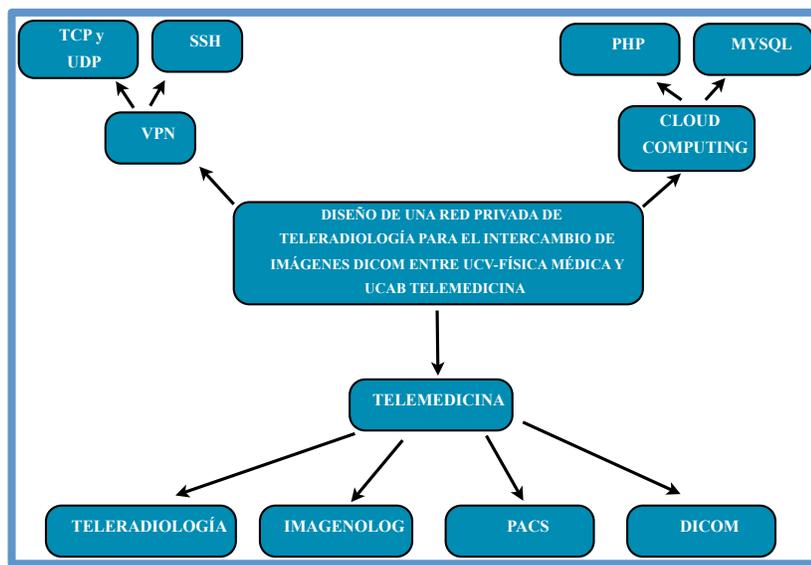


Figura 1. Estructura general del marco referencial.

Fuente: Elaboración propia.

II. 1 Antecedentes

En la Universidad Católica Andrés Bello, se ha venido desarrollando desde el año 2005 un conjunto de trabajos especiales de grado en el área de Telemedicina, cinco de ellos específicamente vinculados a imaginología. Para la realización de este trabajo especial de grado, se consideraron dos trabajos en particular.

El más reciente es el de Benítez y Méndez (2010), titulado “Estudio e implementación, en una red de hospitales, de servicios de intercambio de imágenes médicas, usando FTP y el modelo cliente-servidor”, presentado para optar al título de Ingeniería de Telecomunicaciones en la UCAB, cuyos objetivos principales fueron evaluar los diferentes protocolos de redes, el estado de los enlaces en los hospitales, realizar envío de imágenes en formato DICOM y desarrollar una aplicación que facilite el manejo de datos. Entre los logros obtenidos de esta investigación están las pruebas del servicio de Internet, el establecimiento de la red privada virtual y el desarrollo de la aplicación como interfaz.

El segundo trabajo tomado en consideración fue realizado por Díaz y Mazzochi (2009), presentado para optar al título de Ingeniería de Telecomunicaciones en la UCAB, titulado “Diseño de una Red para las Unidades de Radioterapia Oncológica del Grupo GURVE”, cuyos objetivos principales fueron crear una red orientada a la aplicación de telemedicina, y el intercambio de imágenes médicas de manera segura, confiable y eficiente empleando la tecnología VPN.

Los resultados obtenidos en ambos proyectos, en cierta forma garantizan la ejecución del presente trabajo, tomando como base los hallazgos logrados en estos.

II.2 Telemedicina

La telemedicina es una aplicación de las telecomunicaciones que se basa en la prestación de soluciones y servicios al sector salud, mediante el uso de tecnologías de información y comunicación a larga distancia. Esto permite un gran número de ventajas, como por ejemplo, la intervención indirecta de especialistas a larga distancia mediante teleconferencias o *Chat*; manejo, almacenamiento y transmisión de datos e imágenes de gran importancia, ya sea en tiempo real o no; entre otras. (Benítez y Méndez, 2010).

Como señala Cosoi (2002), la primera vez que se utilizó la idea de transferir información a larga distancia con fines médicos, ocurrió poco después de inventado el teléfono por Alexander Graham Bell, en la cual el médico fue consultado respecto a tratamientos e indicaciones por pacientes ubicados en zonas alejadas. En la literatura se describe que en 1950, en la Universidad de Pennsylvania, se utiliza el teléfono para transmitir imágenes de radiografías. En 1959, en la Universidad de Nebraska, se unen dos equipos de televisión bidireccional, con otras salas, transmitiendo imágenes y sonido que fueron posteriormente utilizados en terapias de grupo. Adicionalmente, a principios de los años 60 se dio el comienzo de la transmisión radial desde barcos que

se encontraban lejos de puerto, y que necesitaban informes médicos de radiografías y electrocardiogramas. En 1967, la Universidad de Miami y el Hospital Jackson Memorial, se transformaron en los pioneros en la transmisión de electrocardiogramas desde unidades móviles de los bomberos que acuden al rescate de pacientes con sintomatología de origen cardíaco. Ya en 1968, en el Hospital de Massachusetts se transmitieron los primeros sonidos de un estetoscopio, un microscopio y un electrocardiograma.

II.2.1 Telemedicina en el mundo

Se han desarrollado proyectos en muchos países que han conseguido una gran aceptación en la medicina y en la población que utilizan estos servicios. La ATA (*American Telemedicine Association*), es uno de los promovedores de telemedicina en diferentes partes del mundo, en especial en EE. UU., donde promueve el acceso a la atención médica para los consumidores y profesionales de la salud, a través de las tecnologías de información y comunicaciones.

Otra de las instituciones que ha influenciado a la telemedicina es el EHAS (Enlace Hispano Americano de Salud), el cual es una institución sin fines de lucro, que actúa con el propósito de promover el uso apropiado de las nuevas Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) para mejorar los procesos de salud, especialmente en las zonas rurales. (Díaz y Mazzochi, 2009)

II.2.2 Telemedicina en Venezuela

Una de las primeras organizaciones venezolanas sin fines de lucro en considerar e implementar la telemedicina es la Fundación Maniapure, la cual en el año 2000 instituyó un ambulatorio rural llamado La Milagrosa, el cual brinda apoyo a la región ubicada en el estado Bolívar, ofreciendo servicio médico integral a través de la telemedicina, así como servicios de laboratorio, odontología y nutrición, además de

educación y desarrollo comunitario, lo cual representa hoy en día una importante mejora en la calidad del servicio de salud ofrecido a los habitantes de la zona, donde anteriormente el acceso de los médicos era prácticamente imposible.

Otras iniciativas importantes desarrolladas en Venezuela se encuentran a cargo de varias universidades desplegadas en todo el territorio venezolano como la UC, UCLA, USB, UCV y UCAB. Un claro ejemplo es el CAIBCO (Centro de Análisis de Imágenes Biomédicas Computarizadas), desarrollado por la UCV. (Díaz y Mazzochi, 2009)

La medicina a distancia puede clasificarse, según Balducci (s.f.), en tres grupos básicos:

- Aprendizaje: utilización de tecnologías como el Internet para la enseñanza (*e-learning*), teleconferencias, clases con presencia virtual, entre otros; orientados a la formación de profesionales en medicina.
- Diagnóstico: este campo de la telemedicina incluye la interconsulta con otros especialistas, envío de electrocardiogramas, imágenes tomográficas, etc.
- Tratamiento: se incluye desde terapias psicológicas hasta el manejo remoto de piezas robóticas, por especialistas calificados, para la realización de intervenciones quirúrgicas.

Ochoa (1996 citado en Ochoa G. y otros, s.f.) describe que uno de los principales obstáculos para el desarrollo de la telemedicina son las exigencias de la gran variedad de aplicaciones médicas, teniendo mayor importancia el manejo adecuado de la información del paciente, brindando una interfaz integrada que mantenga bajo un solo ambiente la interconsulta y el conjunto de señales e imágenes

DISEÑO DE UNA RED PRIVADA DE TELERADIOLOGÍA PARA EL INTERCAMBIO DE IMÁGENES DICOM ENTRE UCV-FÍSICA MÉDICA Y UCAB TELEMEDICINA

que describen la enfermedad. También señala que los requerimientos de un sistema de telemedicina son los siguientes:

- Un sistema de Video-Conferencias sobre el cual se establecen las relaciones médico-médico, médico-especialista, médico-especialista-paciente.
- Comunicación de imágenes estáticas y dinámicas de baja resolución en tiempo real, como en el caso de las imágenes ecográficas, otoscópicas y oftalmoscópicas.
- Comunicación de imágenes estáticas o dinámicas de alta definición en tiempo diferido. Este es el caso de la Teleradiología y la Tele-patología.
- Video clip: imágenes dinámicas de alta o baja definición, y operación compartida origen destino.
- Comunicación de señales básicas como Estetoscopia (sonido cardíaco y pulmonar).
- Manejo de historias clínicas y bases de datos.
- Ayudas diagnósticas.
- Comunicación de señales específicas como ECG (electrocardiograma), EEG (electroencefalografía) y Vectocardiogramas.

II.3 Teleradiología

La teleradiología es una de las aplicaciones de la telemedicina que en la actualidad ha tomado suma importancia, específicamente en la elaboración de diagnósticos médicos.

Consiste en la transmisión en forma electrónica de imágenes de radiología de un centro médico a otro a través del Internet con el propósito de realizar un diagnóstico, independientemente de la ubicación geográfica del paciente y el profesional que evaluará la imagen.

La teleradiología, una fuente de soluciones:

Según Ramírez (2009), la radiología es una de las cinco especialidades más deficitarias de profesionales. La teleradiología nace de la necesidad de dar solución al creciente problema que se ha generado hoy en día, la demanda cada vez más frecuente de pruebas de diagnóstico por imagen en alta tecnología, la cual conlleva a la instalación de numerosos equipos en la zona donde se desee implementar la aplicación, tomando en consideración el escaso número de especialistas a cargo para realizar dicho trabajo. Sin embargo, en cuanto a la aplicación de novedosas herramientas informáticas y de telecomunicaciones se puede decir que hoy en día, gracias a la teleradiología surgen numerosas soluciones a dicha paradoja.

La teleradiología permite reorganizar los recursos humanos y económicos, así como ofrecer una serie de beneficios a los profesionales del área, reduciendo los casos de rutina, incrementando la flexibilidad y la conciliación de la vida familiar y laboral.

La centralización de casos ofrece ventajas como: permitir la especialización de los profesionales a través del entrenamiento por volumen, así como facilitar la

doble opinión, generando a su vez una importante fuente de imágenes médicas que son almacenadas para investigación. (Ramírez, 2009)

“La tecnología de digitalización de imágenes radiológicas aumenta los parámetros de calidad, el rango dinámico al evaluar en una misma radiografía los diferentes tejidos, costillas, pulmón, corazón, amplificar una pequeña sección de la imagen y aplicar sustracción de la misma con la consiguiente optimización en la evaluación de la región del cuerpo a estudiar”. (Alfaro, s.f.)

La transmisión de imágenes electrónicas antes de la aplicación de la teleradiología era un proceso considerado por muchos como engorroso, ahora se puede decir que dicha aplicación de la telemedicina facilita el proceso de envío de imágenes radiológicas en cuestión como lo son los Rayos X, Tomografía y Resonancia Magnética, entre otros.

La teleradiología ofrece numerosas ventajas con respecto a las imágenes médicas tradicionales (placas) tales como: ofrecer al paciente un servicio de calidad a un costo mucho menor y la ventaja de espacio de almacenamiento de las imágenes enviadas, aunado a la facilidad que le brinda a los profesionales del área en función al desarrollo de capacidades visuales y pos procesamiento para investigaciones futuras.

“Los Sistemas de Teleradiología constan de tres componentes esenciales, una estación de envío de imágenes, una red de transmisión, y una estación de recepción y revisión de la imagen médica”. (DICOM MÉXICO, 2009)

II.3.1 Teleradiología y el *Cloud Computing*:

En cuanto a las características técnicas y de *software*, la teleradiología a pesar de que se considera como una aplicación costosa, compleja y en algunas oportunidades inestable dependiendo de la situación, tiene como uno de sus principales objetivos ofrecer al usuario seguridad y confiabilidad.

DISEÑO DE UNA RED PRIVADA DE TELERADIOLOGÍA PARA EL INTERCAMBIO DE IMÁGENES DICOM ENTRE UCV-FÍSICA MÉDICA Y UCAB TELEMEDICINA

“La misión primordial de la teleradiología es cambiar el panorama de la teleradiología en su actualidad, para hacer del envío y sistema de reportes radiográficos elementos sencillos, pero seguros que no condicionen a los radiólogos en la conectividad”. (Telemed Chile, s.f.)

Cloud Computing:

Es una tecnología que ofrece servicios como el acceso a la información a través de la plataforma de Internet, dicha información manejada a través de *Datacenters*, los cuales tienen centros de datos con una serie de servidores interconectados a través de una plataforma de gestión, siendo de esta forma totalmente transparente al usuario. (Falla, 2008)

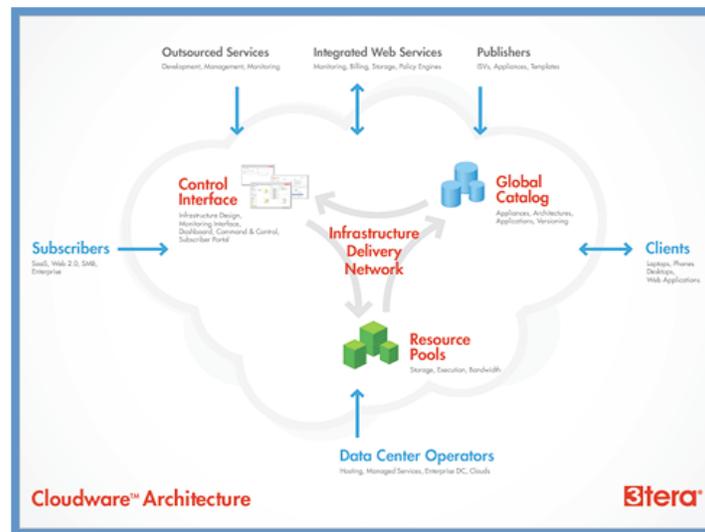


Figura 2. Topología del *Cloud Computing*

Fuente: Microsoft. (2010). *Cloud Computing*. Consultado el día 06/05/2011 de la World Wide: <http://bcnbinaryblog.com/el-cloud-computing-necesita-dispositivos-mas-inteligentes/>

Según Cortés (2011), el *Cloud Computing* se refiere a la capacidad de consumir servicios de forma ágil y flexible. Se identifica de otras tecnologías al

DISEÑO DE UNA RED PRIVADA DE TELERADIOLOGÍA PARA EL INTERCAMBIO DE IMÁGENES DICOM ENTRE UCV-FÍSICA MÉDICA Y UCAB TELEMEDICINA

cumplir con los siguientes parámetros:

- Pago por uso.
- Permite aumento o decremento de recursos de forma sencilla y rápida.
- Debe ser escalable.
- Debe proporcionar herramientas de autoservicio al usuario.

Según Falla (2008), el *Cloud Computing* debe cumplir con las siguientes características:

- Auto Reparable: En caso de fallo, el último *backup* de la aplicación pasa a ser automáticamente la copia primaria y se genera uno nuevo.
- Escalable: Toda la arquitectura del sistema es predecible y eficiente.
- Regidos por un Acuerdo de Nivel de Servicio (SLA) que define varias políticas como los tiempos esperados de rendimiento y en caso de pico, debe crear más instancias.
- Virtualizado: las aplicaciones son independientes del *hardware* en el que corran, incluso varias aplicaciones pueden correr en una misma máquina o una aplicación puede usar varias máquinas a la vez.
- Multipropósito: El sistema está creado de tal forma que permite a diferentes clientes compartir la infraestructura sin preocuparse y sin comprometer su seguridad y privacidad

Servicios Generales que ofrece el *Cloud Computing*:

Se clasifican en tres capas básicas:

- IaaS (Infraestructura como Servicio): Ofrece la posibilidad de usar diversos tipos de infraestructura como un servicio.
- PaaS (Plataforma como Servicio): Adiciona a las IaaS características tales como, despliegue automatizado de aplicaciones, sistemas de gestión de autenticación, sistemas de monitorización, entre otros.
- SaaS (*Software* como Servicio): Permite la utilización de un *software* existente, como un servicio. (Cortez, 2011)

Modalidades:

Se tienen básicamente tres modalidades:

- Nube Pública: El proveedor es quien controla el mantenimiento de los servicios, los datos se encuentran en el *datacenter* del proveedor. Ofrece al usuario alta protección de datos.
- Nube Privada: Los servicios y datos están situados en las infraestructuras del cliente.
- Nube Híbrida: Es una mezcla de las modalidades pública y privada, los clientes no pueden extraer datos de sus infraestructuras, el usuario es propietario de una parte y comparte la otra. (Cortés, 2011)

DISEÑO DE UNA RED PRIVADA DE TELERADIOLOGÍA PARA EL INTERCAMBIO DE IMÁGENES DICOM ENTRE UCV-FÍSICA MÉDICA Y UCAB TELEMEDICINA

Ventajas:

La computación en nube ofrece una serie de beneficios los cuales se enumeran a continuación:

- Acceso a la información y a servicios sin importar la ubicación donde se encuentre el usuario.
- Servicios gratuitos y de pago según las necesidades del usuario.
- Empresas con facilidad de escalabilidad.
- Capacidad de procesamiento y almacenamiento sin instalar máquinas en forma local que agoten la memoria e influyan sobre la velocidad de procesamiento.

Desventajas:

Entre sus principales desventajas se encuentran:

- La centralización de las aplicaciones.
- Dependencia de Internet.
- Vulnerabilidad.
- Inseguridad.
- Posible sobrecarga.

El estudio realizado por VMWare en Europa muestra una relación directa entre la virtualización y la capacidad de utilizar las soluciones de *Cloud Computing*. De hecho, las empresas virtualizadas cuentan con al menos el doble de infraestructuras en la nube que las que aún no han comenzado a virtualizar, resultando ser España uno de los países europeos que en la actualidad más aplica esta tecnología, sin importar si se trata de empresas pequeñas o no, ya que ofrece ahorro de los costes y agilidad una vez virtualizada su estructura.

II.4 Imaginología

“La imaginología comprende la realización de todo tipo de exámenes diagnósticos y terapéuticos, en los cuales se utilizan equipos que reproducen imágenes del organismo. Esta disciplina de la medicina emplea diferentes modalidades de imágenes del cuerpo humano, obtenidas mediante un conjunto de equipos y métodos”, con el fin de servir como herramienta para la detección de enfermedades. Es una herramienta fundamental para la atención adecuada y calificada de los pacientes. (Dr. Fenelon, s.f.)

Nova (s.f.) en una de sus publicaciones hace referencia al crecimiento de la imaginología y la importancia que ésta ha tomado hoy en día de la siguiente forma:

Años atrás, a principios del siglo XX no era posible analizar la estructura interna del cuerpo, sin embargo, luego con el descubrimiento de los rayos-X por Wilhelm Röntgen se dio origen a la imaginología en el área de la medicina con la utilización de tomografías computarizadas y resonancias magnéticas que de una forma u otra permiten el estudio y análisis en tres dimensiones del cuerpo humano. Es así como la imaginología médica se convierte en una de las aplicaciones más importantes para el procesamiento y visualización de imágenes médicas en realidad virtual.

La imaginología, años atrás se basaba exclusivamente en la lectura de imágenes en 2D por parte de los especialistas, sin embargo, hoy en día se encuentra en una constante evolución hacia el desarrollo de tecnologías que permitan realizar reconstrucciones tridimensionales manteniendo las mismas bases de los equipos convencionales de Ultrasonido (ecografía), Tomografía Axial Computarizada (TAC), resonancia magnética (RM) y Tomografía por emisión de positrones (PET), los cuales con la ayuda de *software* y *hardware* son capaces de capturar, procesar y enviar dichas imágenes para convertirlas en representaciones 3D cercanas a la

realidad, para ser trabajadas posteriormente como imágenes digitalizadas en la red.
(Nova, s.f.)

II.5 PACS (*Picture Archiving and Communication*)

“Es un conjunto de equipos y modalidades digitales así como sistemas informáticos de gestión hospitalaria que es utilizado en el departamento de imaginología para mejorar la efectividad del flujo de trabajo”. (Pimentel, 2008)

Modalidades:

- Salas de Rayos X.
- Tomógrafos.
- Eco cardiógrafo.
- Angiografías.
- Ultrasonido.
- Medicina Nuclear.
- Escáner de placas.
- Broncoscopia.
- Endoscopias.
- Cirugías.

Se trata de un sistema de *software* y *hardware* cuya finalidad es almacenar, procesar y visualizar imágenes provenientes de equipos médicos de imaginología. Se refiere a un grupo de equipos y redes dedicados al almacenamiento, recuperación, distribución y presentación de imágenes médicas. (Blanco y Vásquez, 2007)

Consiste en la adquisición de imágenes digitales, archivos de imágenes y estaciones de trabajo desde donde los radiólogos las visualizan. (Oleg, 2008)

Permite llevar a cabo el intercambio de información estandarizada en formato DICOM. (Blanco y Vásquez, 2007)

II.5.1 Arquitectura básica del sistema PAC:

- Servidor Central PAC: Conformado por el *hardware* principal del sistema.
- Estación de trabajo PAC: Permite la visualización y análisis de las imágenes digitales.
- Sistema de Base de Datos: Gestiona el almacén de toda la información e imágenes del sistema PAC.
- Servidor DICOM: Responsable de la comunicación entre imágenes DICOM.
- Sistema de almacenamiento: Soporte físico necesario para almacenar las imágenes DICOM del sistema PAC.
- Interfaces RIS/HIS: Consolida la información del paciente, permitiendo así un flujo de trabajo idóneo.
- Servidor Web de Acceso Remoto: Permite acceder a imágenes e información de cada paciente que hayan sido almacenadas en el servidor PAC mediante el acceso Web (Express Healthcare, 2010).

DISEÑO DE UNA RED PRIVADA DE TELERADIOLOGÍA PARA EL INTERCAMBIO DE IMÁGENES DICOM ENTRE UCV-FÍSICA MÉDICA Y UCAB TELEMEDICINA

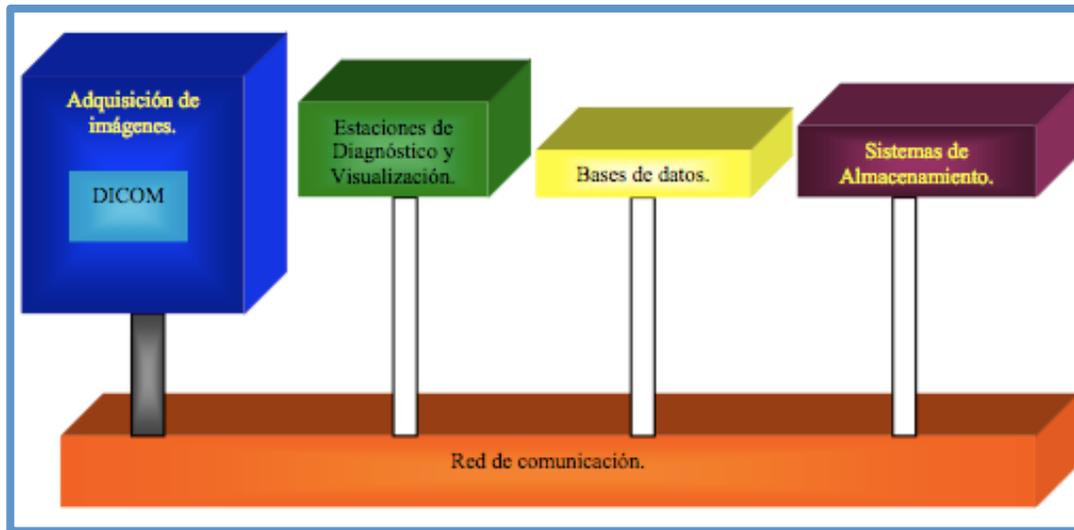


Figura 3. Componentes del sistema PAC

Fuente: Herrera, J. (2006). Sistema PACS mínimo basado en el estándar DICOM.

Consultado el día 20/10/2011 de la World Wide Web:

http://newton.azc.uam.mx/mcc/01_esp/11_tesis/tesis/terminada/060701_jimenez_herrera_armando.pdf

Según Cárdenas en el 2007 el funcionamiento básico del sistema PAC consiste en lo siguiente:

- Parte de la máquina que genera la imagen, ingresa la información de la evaluación realizada y la del paciente para proceder a enviar la imagen.
- El PAC recibe la imagen, extrae la información de la cabecera, almacena parte de esa información y archiva la imagen en alguna ubicación por él conocida.
- Cuando un médico desee tener acceso a una determinada imagen, este se conecta al PAC a través de una aplicación que permita visualizar imágenes en formato DICOM. (Cárdenas, 2006)

DISEÑO DE UNA RED PRIVADA DE TELERADIOLOGÍA PARA EL INTERCAMBIO DE IMÁGENES DICOM ENTRE UCV-FÍSICA MÉDICA Y UCAB TELEMEDICINA

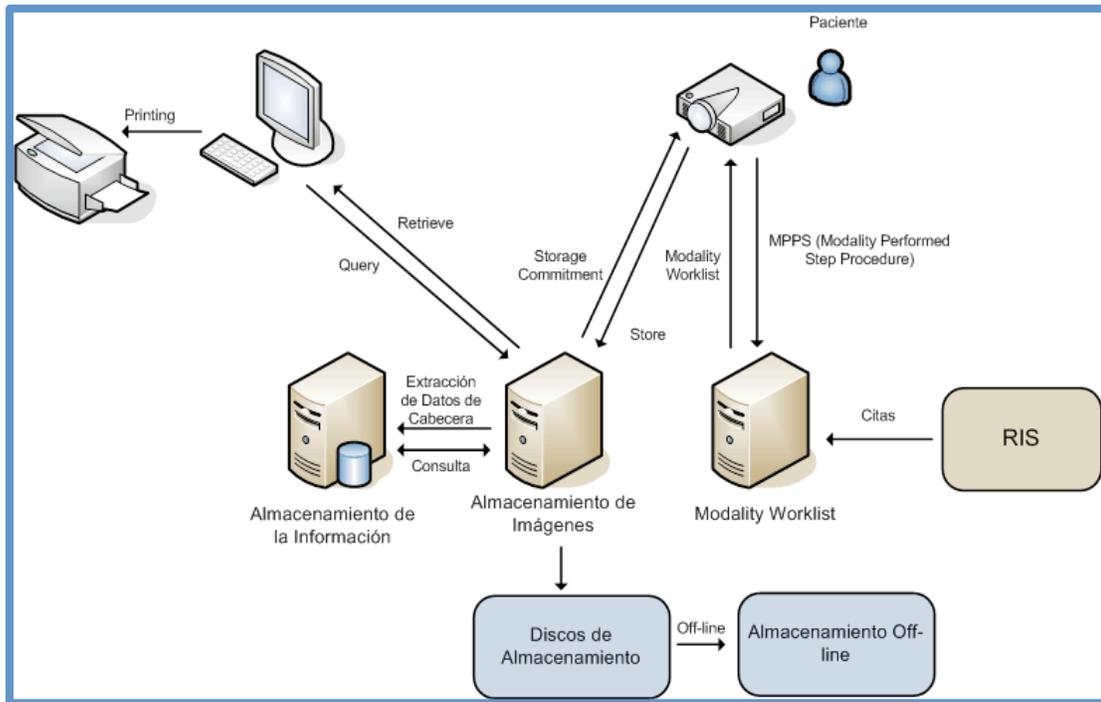


Figura 4. Esquema de operaciones y elementos del sistema PAC.

Fuente: Cárdenas, M. (2006). Teoría sobre un Sistema PACS de Imagen Digital (I).

Consultado el día 20/10/2011 de la World Wide Web: <http://nidea-soluciones.blogspot.com/2006/11/teora-sobre-un-sistema-pacs-de-imagen.html>

Ventajas del sistema PAC:

- Reduce el coste operacional.
- Proporciona una manera rápida y confiable de acceder a los repositorios de imágenes de un paciente.
- Acceso remoto a las imágenes.
- Aplica un sencillo método de integración de imágenes.
- Permite realizar un diagnóstico más rápido y mejora la atención al paciente.
- Permite realizar segundas opiniones médicas en forma efectiva.

- Precisión en la elaboración de informes. (Express Healthcare, 2010)

II.6 DICOM (*Digital Imaging and communication in Medicine*)

Es el formato de imagen utilizado hoy en día por la mayoría de los centros médicos de diagnóstico para la distribución y visualización de imágenes médicas. (Dr. Figueredo, s.f.)

Representa el esfuerzo que durante años un grupo de profesionales realizaron para poder dar origen al más universal y fundamental formato de imágenes médicas digitales. Cuenta con todas las herramientas necesarias para diagnosticar y procesar imágenes. Construido y diseñado para cubrir todos los aspectos funcionales de las imágenes médicas digitales.

Según lo expuesto por Martín, R. (2006), para dar con una solución al problema de la transferencia de imágenes para su procesamiento en tomografía por rayos-X, se establece en 1983 un comité para la generación de un estándar por iniciativa del ACR (*American College of Radiology*) y también del NEMA (*National Electric Manufacturers Association*). Sus objetivos principales, mantenidos hasta hoy, son:

- Promover la comunicación de la información asociada a imágenes digitales.
- Facilitar el desarrollo y expansión de sistemas para el archivo en combinación con la comunicación de imágenes.
- Crear bases de datos que puedan ser consultadas por distintos dispositivos en diferentes partes del mundo.

DISEÑO DE UNA RED PRIVADA DE TELERADIOLOGÍA PARA EL INTERCAMBIO DE IMÁGENES DICOM ENTRE UCV-FÍSICA MÉDICA Y UCAB TELEMEDICINA

El primer estándar, el ARC/NEMA 300, hace su aparición en el año 1985, pero poseía muchos defectos e incluso contradicciones y necesidades que no lo hicieron aceptable, generando que inmediatamente se trabajara en su mejoramiento.

Posteriormente, en 1988 aparece la segunda versión del estándar, el ARC/NEMA 2.0, con mayor aceptación entre los fabricantes, en la cual la transmisión se produce con 25 pares de cables (trenzados) en modo diferencial, y bajo el estándar EIA-485 (RS-485).

En 1993 aparece la tercera versión del estándar. La última versión hasta hoy en día es la 3.0, designándosele el nombre DICOM. Las nuevas versiones que surgen se distinguen por año, siendo la última la correspondiente al 2009.

El formato DICOM posee derivaciones hacia otras áreas de aplicación:

- *DICONDE (Digital Imaging and Communications in Nondestructive Evaluation)*: utilizado para compartir imágenes en ensayos no destructivos.
- *DICOS (Digital Imaging and Communications in Security)*: utilizado para compartir imágenes en aeropuertos.

Está compuesto por una serie de elementos, cada uno de ellos identificados por una etiqueta, un valor que identifica el tipo de dato almacenado, el dato como tal y la longitud del mismo. El dato en cuestión le proporciona al profesional información del paciente, de la imagen y/o del resultado del análisis enviado que haya sido almacenado. (Forero, Samiento y Díaz, 2001)

DISEÑO DE UNA RED PRIVADA DE TELERADIOLOGÍA PARA EL INTERCAMBIO DE IMÁGENES DICOM ENTRE UCV-FÍSICA MÉDICA Y UCAB TELEMEDICINA

Ventajas:

- Estándar universal de medicina digital.
- Excelente calidad de imagen.
- Ofrece soporte completo para la adquisición de parámetros de numerosas imágenes y diferentes tipos de datos.
- Codificación completa de toda la data médica.
- Precisión al describir las propiedades de la imagen digital y su funcionalidad. (Oleg, 2008)

DICOM es un conjunto de estándares agrupados de esa forma para manejar las imágenes médicas, almacenar, transmitir e imprimirlas. Como protocolo de información utiliza TCP/IP para comunicarse entre distintos sistemas.

Servicios generales que ofrece el formato DICOM según Cárdenas en el 2006:

- *Store*: para enviar imágenes o reportes a un sistema PAC o estación central de trabajo.
- *Sotorage Commitment*: Cuando una imagen ha sido almacenada correctamente emite un mensaje de conformidad, el cual de ser necesario toma la decisión de eliminar la imagen.
- *Query/Retrieve*: Permite obtener y buscar imágenes ubicados en el PAC.
- *Modality Worklist*: Maneja la lista de citas por paciente. Es quien enlaza el RIS (*Radiological Information System*) con el PAC.
- *Modality Performed Procedure Step*: Envía información correspondiente al paciente.
- *Printing*: Envía imágenes a la impresora. (Cárdenas, 2006)

DISEÑO DE UNA RED PRIVADA DE TELERADIOLOGÍA PARA EL INTERCAMBIO DE IMÁGENES DICOM ENTRE UCV-FÍSICA MÉDICA Y UCAB TELEMEDICINA

Según Herrera en el 2006, el protocolo se modela a través de una serie de capas que actúan en forma independiente, recibiendo el nombre de “*Stacks*”. Fundamentado en el Protocolo TCP/IP y la Organización Internacional de Estándares de Interconexión de Sistemas (ISO-OSI).

A continuación se presenta el modelo de comunicación desarrollado con las siguientes capas:

- Aplicación de imágenes médicas.
- Intercambio de mensajes de aplicación DICOM.
- Comunicación en red contenida por los protocolos TCP/IP y OSI y la comunicación punto a punto. (Herrera, 2006)

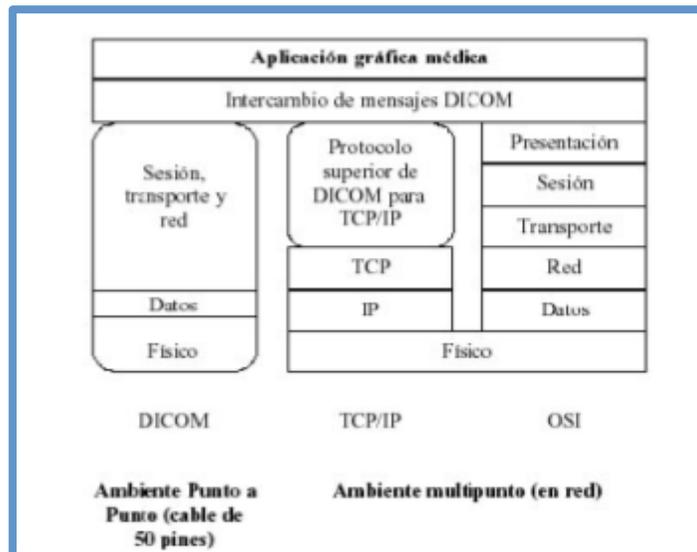


Figura 5. Modelo de comunicación DICOM.

Fuente: Herrera, J. (2006). Sistema PACS mínimo basado en el estándar DICOM.

Consultado el día 20/10/2011 de la *World Wide Web*

http://newton.azc.uam.mx/mcc/01_esp/11_tesis/tesis/terminada/060701_jimenez_herrera_armando.pdf

Comparación de visores de imágenes en formato DICOM:

DISEÑO DE UNA RED PRIVADA DE TELERADIOLOGÍA PARA EL INTERCAMBIO DE IMÁGENES DICOM ENTRE UCV-FÍSICA MÉDICA Y UCAB TELEMEDICINA

<i>SanteDicom Free Viewer</i>	<i>Medical Image Viewer</i>	<i>Aeskulap Viewer</i>
Interfaz poco amigable y básica.	Interfaz amigable, sencilla y eficiente.	Interfaz amigable, básica y eficiente.
Disponible solo para Windows.	Disponible solo para Windows.	Disponible en LINUX.
Solo trabaja con imágenes de formato DICOM.	Trabaja con otros formatos de imágenes como NEMA, Papyrus, JPG, GIF, entre otros.	Solo trabaja con imágenes de formato DICOM.

Tabla 1: Comparación de visores de imágenes DICOM.

Fuente: Benítez, F. y Méndez, A. (2010). Estudio e implementación, en una red de hospitales, de servicios de intercambio de imágenes médicas, usando FTP y el modelo cliente-servidor. Trabajo Especial de Grado. Universidad Católica Andrés Bello.

II.7 VPN (*Virtual private network*)

Las redes de área local (LAN) son las redes internas de las organizaciones, es decir, las conexiones entre los equipos de una organización particular. Estas redes se conectan cada vez con más frecuencia a Internet mediante un equipo de interconexión. Muchas veces, las empresas necesitan comunicarse por Internet con filiales, clientes o incluso con el personal que puede estar alejado geográficamente.

Sin embargo, los datos transmitidos a través de Internet son mucho más vulnerables que cuando viajan por la red interna de una organización, ya que la ruta tomada no está definida por anticipado, lo que significa que los datos deben atravesar una infraestructura de red pública que pertenece a distintas entidades. Por esta razón, es posible que a lo largo de la línea, un usuario entrometido tenga acceso a la información transmitida. Por lo tanto, la información confidencial de una organización o empresa no debe ser enviada bajo tales condiciones.

DISEÑO DE UNA RED PRIVADA DE TELERADIOLOGÍA PARA EL INTERCAMBIO DE IMÁGENES DICOM ENTRE UCV-FÍSICA MÉDICA Y UCAB TELEMEDICINA

Una buena solución para esta situación consiste en utilizar Internet como medio de transmisión con un protocolo de túnel, a través del cual los datos se encapsulan antes de ser enviados de manera cifrada. El término red privada virtual (abreviado VPN) se utiliza para hacer referencia a la red creada artificialmente de esta forma. Se dice que esta red es virtual porque conecta dos redes "físicas" (redes de área local) a través de una conexión poco fiable (Internet) y privada porque sólo los equipos que pertenecen a una red de área local de uno de los lados de la VPN pueden "ver" los datos.

Una red privada virtual se basa en un protocolo denominado "protocolo de túnel", el cual consiste en un protocolo que cifra los datos que se transmiten desde un lado de la VPN hacia otro.

La palabra "túnel" se usa para simbolizar el hecho que los datos estén cifrados desde el momento que entran a la VPN hasta que salen de ella y, por lo tanto, son incomprensibles para cualquiera que no se encuentre en uno de los extremos de la VPN, como si los datos viajaran a través de un túnel. En una VPN de dos equipos, el cliente de VPN es la parte que cifra y descifra los datos del lado del usuario y el servidor VPN (comúnmente llamado servidor de acceso remoto) es el elemento que cifra y descifra los datos del lado de la organización.

De esta manera, cuando un usuario necesita acceder a la red privada virtual, su solicitud se transmite sin cifrar al sistema de pasarela, que se conecta con la red remota mediante la infraestructura de red pública como intermediaria; luego transmite la solicitud de manera cifrada. El equipo remoto le proporciona los datos al servidor VPN en su red y éste envía la respuesta cifrada. Cuando el cliente de VPN del usuario recibe los datos, los descifra y finalmente los envía al usuario. (VPN – Redes privadas virtuales, 2008)

II.7.1 Protocolos de túnel:

Los principales protocolos de túnel son:

- Protocolo PPTP (Protocolo de túnel punto a punto): consiste en crear tramas con el protocolo PPP (Punto a Punto) y encapsularlas mediante un datagrama de IP. Por lo tanto, con este tipo de conexión, los equipos remotos en dos redes de área local se conectan con una conexión de igual a igual (con un sistema de autenticación/cifrado) y el paquete se envía dentro de un datagrama de IP. De esta manera, los datos de la red de área local (así como las direcciones de los equipos que se encuentran en el encabezado del mensaje) se encapsulan dentro de un mensaje PPP, que a su vez está encapsulado dentro de un mensaje IP.
- Protocolo L2TP: es un estándar creado por la IETF (*Internet Engineering Task Force*) que combina las mejores características de dos protocolos: L2F (*Cisco's Layer 2 Forwarding*) y el protocolo PPTP, permitiéndoles a los usuarios conectarse a su intranet o extranet corporativa a través de cualquier medio que soporte datagramas *point to point* como IP, *Frame Relay*, X25 o ATM (Modo de Transferencia Asíncrona). El túnel L2TP (*Layer 2 Tunneling Protocol*) se crea encapsulando una trama L2TP en un paquete UDP (*User Datagram Protocol*) el cual es encapsulado a su vez en un paquete IP, cuyas direcciones de origen y destino definen los extremos del túnel. Esto no sólo reduce el costo asociado al *overhead* de los métodos de acceso remoto tradicionales, sino que mejora la flexibilidad y escalabilidad.
- Protocolo IPSEC (*Internet Protocol security*): es un protocolo definido por el IETF que se usa para transferir datos de manera segura en la capa de red. En

realidad es un protocolo que mejora la seguridad del protocolo IP para garantizar la privacidad, integridad y autenticación de los datos enviados. Está basado en tres módulos.

- Encabezado de autenticación IP (AH, *Authentication Header*), que incluye integridad, autenticación y protección contra ataques de REPLAY a los paquetes.

- Carga útil de seguridad encapsulada (ESP, *Encapsulating Security Payload*), que define el cifrado del paquete. ESP brinda privacidad, integridad, autenticación y protección contra ataques de REPLAY.

- Asociación de seguridad (SA), define configuraciones de seguridad e intercambio de clave. Las SA incluyen toda la información acerca de cómo procesar paquetes IP (los protocolos AH y/o ESP, el modo de transporte o túnel, los algoritmos de seguridad utilizados por los protocolos, las claves utilizadas, etc.). El intercambio clave se realiza manualmente o con el protocolo de intercambio IKE (en la mayoría de los casos), lo que permite que ambas partes se escuchen entre sí. (VPN – Redes privadas virtuales, 2008)

De acuerdo a lo establecido por Cárdenas y Gallegos (2007), actualmente existen muchas arquitecturas para la implementación de una VPN. Dentro de las más importantes se encuentran:

- VPN basada en *Firewall*: son probablemente la forma más común de implementar VPN hoy en día. Esta arquitectura consta básicamente de un *Firewall*, el cual posee la facultad de establecer túneles VPN. Este equipo se encuentra ubicado entre la red privada de una empresa y la red pública.

- VPN basada en caja negra: en este tipo de arquitectura, la VPN se establece

gracias a un equipo (caja negra), el cual es básicamente un dispositivo equipado con *software* de encriptación para crear un túnel VPN.

- VPN basada en *Router*: las VPN basadas en *router* son posibles para una organización que tienen una gran inversión en *router* y un equipo de administración experimentado con ellos. Hay dos tipos de VPN basadas en *router*. Una es donde el *software* es agregado al *router* para permitir que el proceso de encriptación ocurra. Un segundo método es donde una tarjeta externa (posiblemente de otro fabricante) es insertada dentro del mismo *router*. Este segundo método es diseñado para dejarle el *overhead* asociado con el proceso de encriptación a la tarjeta y no al CPU del *router*.
- VPN basada en *software*: una VPN basada en *software* es básicamente un *software* que implementa *tunneling* o encriptación hacia otro *host*. Esto es usualmente usado en clientes y servidores. Por ejemplo, en una VPN PPTP el *software* ejecutándose en el cliente se conecta al *software* ejecutándose en el servidor y establece una sesión VPN. Cuando se elige una solución de este tipo se necesita tener un buen proceso de administración de llaves y posiblemente una autoridad certificadora. Con los otros tipos de VPN las únicas llaves que son necesarias son desde VPN hasta VPN. Esto significa que el tráfico en la red interna esta desencriptado, así que solamente se necesitan llaves para los dispositivos VPN. Pero en el caso de cliente/servidor cada estación debe tener su propio par de llaves públicas/privadas. (Cárdenas y Gallegos, 2007)

II.7.2 Tipos de VPN

- VPN de acceso remoto: es el tipo de VPN más comercial ya que le facilita tanto al cliente como al proveedor de servicio tener acceso a la red una vez sea autenticada la identidad del mismo desde cualquier zona geográfica siempre y cuando haya servicio de Internet. Esta tecnología ha impulsado el cambio de *Dial-up* a la implementación de las VPN en forma eficaz y segura.

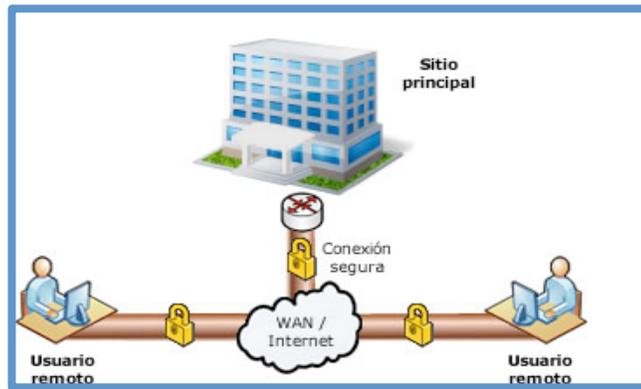


Figura 6. VPN con acceso remoto

Fuente: Net Humans. (s.f.). Consultado el día 10/10/2011 de la World Wide Web:
<http://www.nethumans.com/solutions/itSecurity/VPN.aspx>

- VPN punto a punto: está compuesto por un servidor VPN fijo con conexión a Internet permanente, el cual crea un túnel con el fin de establecer conexión con distintos servidores que deseen intercambiar información con el mismo a través del Internet. Generalmente es utilizado en las grandes empresas con sucursales en distintas ciudades y/o países alejados del servidor VPN. Ahorra los costos de conexión y facilita la comunicación entre las sucursales, es por ello que ha sido tan implementado por las grandes empresas a nivel mundial. Comúnmente ha sido utilizado con Internet de Banda Ancha.



Figura 7. VPN punto a punto.
Fuente: Elaboración propia.

- VPN Interna: su aplicación se deriva de la VPN con acceso remoto, sin embargo en este caso no se utiliza Internet para establecer conexión con el servidor, se conecta a través de una red LAN (*Local Area Network*) lo cual permite tener más control sobre la información que se encuentre en el servidor, separando tanto partes de la red como servicios. Generalmente este tipo de VPN no es muy utilizado, sin embargo al contar con la ventaja de ofrecer un servicio que garantiza mayor seguridad es implementado en casos especiales como es el caso de los bancos, departamento de finanzas, recursos humanos, entre otros. (Universidad de Extremadura, s.f.)

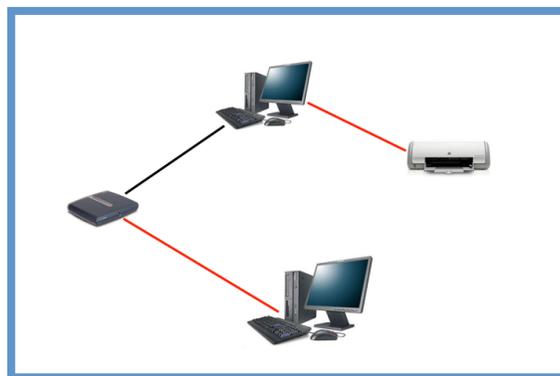


Figura 8. VPN Interna.
Fuente: Elaboración propia.

II.7.3 Tipos de Conexión VPN

- Conexiones *Client-to-Site*: permite establecer conexión entre el cliente y el servidor de forma segura a los recursos del mismo a un costo bastante bajo, dándole la oportunidad a los usuarios de tener acceso remoto a los servidores sin importar la ubicación del mismo, lo cual resulta sumamente importante para aquellos que no poseen una ubicación fija.

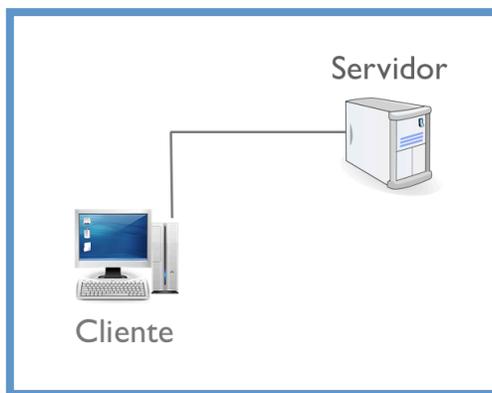


Figura 9. Conexión *Client-to-Site*.
Fuente: Elaboración Propia.

- Conexiones *Site-to-Site*: Representa la forma más común de establecer una conexión remota segura entre dos ubicaciones geográficamente separadas. Es el tipo de conexión más utilizado por las empresas. Su propósito es establecer conexión entre dos servidores independientemente de la ubicación geográfica de cada uno, ofreciendo las mismas ventajas de una conexión física. (Alejandro, 2010)

DISEÑO DE UNA RED PRIVADA DE TELERADIOLOGÍA PARA EL INTERCAMBIO DE IMÁGENES DICOM ENTRE UCV-FÍSICA MÉDICA Y UCAB TELEMEDICINA

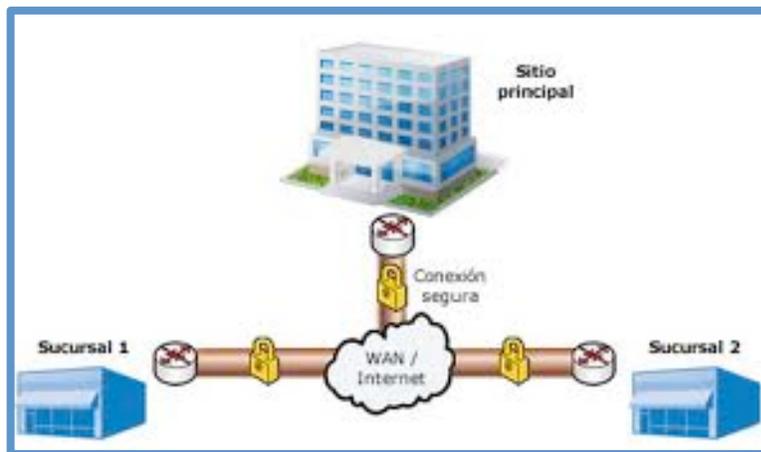


Figura 10. Conexión *Site to Site*

Fuente: Net Humans. (s.f.). Consultado el día 10/10/2011 de la World Wide Web:
<http://www.nethumans.com/solutions/itSecurity/VPN.aspx>

II.7.4 Ventajas y desventajas de una VPN

Según Fernández (2008) las ventajas y desventajas de una VPN son:

Ventajas:

- Ahorro: Permite realizar la conexión entre distintas redes independientemente de la distancia que las separe a través de Internet.
- Transparencia: El proceso de conexión es transparente para el usuario.
- Seguridad: Garantiza la funcionalidad de varios servicios.
- Movilidad: La conexión entre usuarios móviles y fijos es segura y estable.
- Simplicidad: Facilita la conexión de servidores y aplicaciones entre distintos dominios.

Desventajas:

- **Fiabilidad:** El Internet no es del todo fiable, lo que provoca que la conexión tampoco lo sea al ésta depender de dicho servicio.
- **Confianza entre las redes:** Los componentes de la VPN son afectados por inconvenientes causados en la subred donde esté la VPN.
- **Interoperabilidad:** Algunas soluciones para ser aplicadas en la VPN son incompatibles con otras ya implementadas. (Fernández, 2008)

Las VPN manejan algoritmos de encriptación, lo cual permite encapsular los datos en un paquete seguro. La encriptación es tan importante como la autenticación, ya que protege los datos transportados a través de la red en los dos extremos de la conexión. Entre los tipos de encriptación se encuentran: la encriptación de clave secreta o privada, y la encriptación de clave pública.

Por otro lado, en la encriptación de clave pública se utilizan dos claves, una pública y una secreta. La primera se envía a los participantes. Cuando se encripta, se utiliza la clave privada propia del usuario y la clave pública del otro participante de la conversación. Al recibir esta información, ésta se desencripta usando su propia clave privada y la pública del generador de la información. La gran desventaja de esta encriptación es que resulta ser más lenta que la clave secreta.

DISEÑO DE UNA RED PRIVADA DE TELERADIOLOGÍA PARA EL INTERCAMBIO DE IMÁGENES DICOM ENTRE UCV-FÍSICA MÉDICA Y UCAB TELEMEDICINA

Características	<i>OPENVPN</i>	<i>IPsec</i>	<i>HAMACHI</i>
Compatibilidad	No es compatible con IPsec.	Es una tecnología estándar.	Solo es compatible con él mismo.
Estatus de la tecnología aplicada	Probada y en desarrollo.	Conocida y probada.	Ya está aprobada, sin embargo aún está en desarrollo.
Interfaces	Sin interfaz gráfica.	Le ofrece al usuario diversidad de interfaces.	Para LINUX no hay, mientras que para WINDOWS Y MAC OS si.
Complejidad de la tecnología	Regular.	Compleja.	Regular.
Permisos	No es muy exigente con los permisos.	Requiere de la autorización del administrador.	No necesita ser autorizada pero si tener instalada la interfaz.
Permisos	No es muy exigente con los permisos.	Requiere de la autorización del administrador.	No necesita ser autorizada pero si tener instalada la interfaz.
Cifrado	Utiliza un estándar de cifrado.	Dependerá de la compatibilidad en el cifrado de los proveedores.	Estandarizado por HAMACHI.
Cantidad de puertos necesarios en el <i>firewall</i>	Un puerto en el <i>firewall</i> .	Gran cantidad tanto de puertos como de protocolos.	Varios puertos y protocolos.

DISEÑO DE UNA RED PRIVADA DE TELERADIOLOGÍA PARA EL INTERCAMBIO DE IMÁGENES DICOM ENTRE UCV-FÍSICA MÉDICA Y UCAB TELEMEDICINA

Soporte de NAT y direccionamiento dinámico	Si.	Con problemas.	Si.
Seguridad	Utiliza SSL/TLS.	Posee inconvenientes.	AES 256 con control centralizado.
Número de clientes	Sin límite preestablecido.	Sin límite preestablecido.	Para versiones gratis 10 y versiones pagas 254.
Costo	Gratis.	Gratis.	Cuenta con una versión paga y una gratis.
Aplicación	Generalmente por empresas y centros de salud.	Ambiente profesional.	Redes de juegos e intercambio de datos.

Tabla 2. Comparación entre distintos *software* de VPN

Fuente: Benítez, F. y Méndez, A. (2010). Estudio e implementación, en una red de hospitales, de servicios de intercambio de imágenes médicas, usando FTP y el modelo cliente-servidor. Trabajo Especial de Grado. Universidad Católica Andrés Bello.

II.8 Protocolos TCP (*Transmission Control Protocol*) y UDP (*User Datagram Protocol*)

Protocolo TCP/IP:

Corresponde con la capa de transporte del modelo OSI. Es un protocolo de

DISEÑO DE UNA RED PRIVADA DE TELERADIOLOGÍA PARA EL INTERCAMBIO DE IMÁGENES DICOM ENTRE UCV-FÍSICA MÉDICA Y UCAB TELEMEDICINA

comunicación orientado a la conexión, creado para la conexión a Internet. Ofrece control de flujo y de congestión. (UPN, s.f.)

Servicios que ofrece:

- Transferencia de archivos FTP (*file transfer protocol*).
- Acceso Remoto.
- Sistemas de archivo en red.
- Servidores de nombres y de terminales. (ULA, s.f.)
- Comunicación fiable.
- Reconocimiento positivo con retransmisores.
- Revisa el contenido tanto del encabezado como del cuerpo del segmento para verificar si ha sido o no alterado al ser enviado.
- Detecta y ordena el mensaje en caso de ser necesario.
- Reenvía el mensaje si no recibe confirmación. (clotet, s.f.)

Protocolo UDP:

Es un protocolo no orientado a la conexión. Al igual que TCP transporta los mensajes a través del protocolo IP (*Internet Protocol*), sin embargo de forma menos fiable. (UTN, s.f.)

Es simple y sencillo. Cuenta con un encabezado pequeño y no ofrece control de congestión.

Servicios que ofrece:

- Flujos multimedia.
- DNS (*Domain Name Server*). (Clotet, s.f.)

Comparación entre TCP y UDP:

TCP	UDP
Orientado a la conexión	No orientado a la conexión
Fiable	Poco fiable
Utilizado en servicios Telnet, FTP y SSH	Utilizado en servicios DNS y de <i>streaming</i>
Conexión <i>Full Duplex</i>	Conexión <i>Half Duplex</i>
Recupera y reenvía los paquetes perdidos	No recupera y tampoco reenvía los paquetes perdidos

Tabla 3. Diferencias entre TCP y UDP.

Fuente: Elaboración propia.

II.9 SSH (*Secure Shell*)

Según Carvajal (s.f.), SSH es un protocolo que permite acceder en forma remota y ejecutar comandos desde una máquina a otra en forma segura. Cuenta con ardua autenticación y encriptación sobre los canales de comunicación entre el cliente y el servidor.

Características:

- Protege de ataques.
- Todas las conexiones son encriptadas.
- La versión Openssh utilizada en LINUX no tiene ningún costo.
- Presta servicios a través del puerto 22 en TCP. (Carvajal, s.f.)

II.9.1 Arquitectura de capas del protocolo SSH

- Capa de transporte: Maneja el intercambio inicial de las claves y autenticación del servidor. Establece los métodos de cifrado, compresión y verificación de la integridad. Organiza el re-intercambio de claves después de una hora de conexión.
- Capa de autenticación: El proceso de autenticación es dirigido por el cliente. Proporciona un conjunto de métodos de autenticación.
- Capa de conexión: Define el concepto de canal, peticiones de canal y peticiones globales para el uso de los servicios que proporciona. Los canales transfieren datos en ambas direcciones. (Rodríguez, 2011)

II.10 Protocolo HTTPS (Protocolo Seguro de Transferencia de Hipertexto)

HTTPS proviene del protocolo HTTP (Protocolo de transferencia de hipertexto), el cual se encuentra presente cada vez que hay tráfico de información a través de Internet.

El HTTPS, representa una versión más segura de HTTP, ya que es la fusión entre este protocolo y el cifrado SSL (*Secure Socket Layer*). Por ello, es comúnmente utilizado en páginas de Internet que manejan información confidencial como números de tarjetas de crédito, teléfono, dirección, incluso al momento de ingresar una clave o contraseña. (Herrera, 2011)

Protocolo SSL:

Según Ximenez (s.f.), es un protocolo impulsado por Netscape. Es muy utilizado actualmente en Internet, ya que le da mayor confianza al usuario al realizar transacciones de cualquier tipo a través de la Web.

Características de SSL:

- Confidencialidad: El mensaje es enviado y recibido en forma segura.
- Integridad: No se pierden paquetes al enviar la información.
- Autenticación: Las empresas que hagan uso de este protocolo, deben estar autorizadas para ello, a través de la obtención de un Certificado Digital emitido por la empresa de nombre Autoridad Certificadora. (Ximenez, s.f.)

II.11 MySQL

Según Valade (2008), una base de datos es la memoria a largo plazo que almacena información de una aplicación. Es un archivo electrónico que guarda información en forma ordenada a través de programas llamados SABD (Sistema Administrador de Bases de Datos), los cuales se encargan de almacenar y organizar un conjunto de tablas relacionadas entre sí.

MySQL es un SABD fácil de utilizar e instalar. Su diseño permite soportar gran carga de información de forma eficaz. Es uno de los *software* libre más utilizados en el mundo debido a su rapidez y facilidad de uso.

Ventajas de MySQL:

- Implementación multihilo.
- Ofrece soporte para gran cantidad de datos para las columnas.
- API's en gran cantidad de lenguajes (C, C++, Java, PHP)
- Portabilidad entre sistemas.
- Como máximo soporta 32 índices por tabla.
- Buen nivel de seguridad de datos.
- Fácil instalación y configuración. (Pecos, s.f.)
- No tiene ningún costo siempre y cuando no sea utilizado para desarrollar un *software* a comercializar.
- Ofrece soporte técnico.
- Es bastante rápido en comparación con otros SABD. (Valade, J., 2008)

II.12 PHP (*HyperText Processor*)

Es un lenguaje de programación diseñado para ser utilizado en aplicaciones Web. Su sintaxis es similar a la del código C. Maneja la conexión con la base de datos y la comunicación con ella.

Ventajas de PHP:

- Es rápido, basado en código HTML.
- No tiene costo.
- Fácil de usar.
- Funciona en muchos sistemas operativos.
- Ofrece soporte técnico.

DISEÑO DE UNA RED PRIVADA DE TELERADIOLOGÍA PARA EL INTERCAMBIO DE IMÁGENES DICOM ENTRE UCV-FÍSICA MÉDICA Y UCAB TELEMEDICINA

- Es seguro, el usuario no tiene acceso al código PHP.
- Está diseñado para interactuar especialmente con bases de datos. (Valade, J., 2008)

Capítulo III

Metodología

Una vez definidas las bases teóricas del trabajo, a continuación se presenta la metodología que le da forma, y la función de cada una de las fases que la componen.

III.1 Fase 1: Investigación documental, con el fin de buscar y recopilar información teórica en libros, proyectos y publicaciones que han sido desarrollados previamente y que de una forma u otra permiten elaborar una base teórica elemental para la continuación del trabajo especial de grado, con el fin de adquirir diversos conocimientos con respecto a tópicos que abarcan dicho trabajo.

III.2 Fase 2: Caracterización del servidor y el cliente.

Esta fase corresponde con el estudio de los equipos a utilizar en el trabajo especial de grado al establecer la conexión UCV-UCAB, especialmente los servidores. Tomando en consideración especificaciones básicas de seguridad, y de *software*, como el sistema operativo, capacidad de almacenamiento, información del proveedor de servicio de Internet y las direcciones IP.

Cada uno de los datos deben ser recopilados tomando en consideración las características propias del modelo cliente-servidor y las necesidades elementales que debía cumplir tanto el cliente como el servidor para trabajar en función de sus propiedades.

III.3 Fase 3: Diseño y simulación de la conexión cliente-servidor.

Partiendo de la información recabada en la fase anterior, se ha de elaborar el diseño de una red VPN con los elementos que la componen, tanto de *hardware* como *software* cuyo propósito fue establecer una conexión entre las dos universidades, teniendo acceso en forma segura y eficiente a su configuración y monitoreo de forma remota con tecnología SSH.

Se deben realizar una serie de pruebas de establecimiento de conexión e intercambio de datos entre dos computadoras portátiles conectadas en la misma red a través de Internet, con el fin de realizar pruebas previas al establecimiento de la conexión entre servidores. Luego se enviaron datos como documentos y fotografías entre el cliente y el servidor para verificar el comportamiento de la red, en el modelo cliente-servidor antes de iniciar el intercambio de imágenes médicas.

III.4 Fase 4: Implementación de la conexión cliente-servidor.

Una vez establecida la conexión entre el servidor y los clientes, se procede a llevar a cabo el intercambio de datos en la red para así corroborar su correcto funcionamiento antes de avanzar con las fases siguientes.

III.5 Fase 5: Diseño y desarrollo de la aplicación.

En esta etapa se busca integrar todos los elementos en una plataforma amigable que facilite la visualización de las imágenes e historias por las personas autorizadas para acceder a la información. Para ello se consideraron varios detalles como las características de las imágenes, la escalabilidad de la aplicación, de forma tal que sea lo suficientemente confiable para quienes la manejarán.

III.6 Fase 6: Pruebas de transmisión de imágenes e historias médicas.

Luego de establecer la conexión entre el servidor y el cliente, una vez diseñada la aplicación se enviarán imágenes en formato DICOM, para posteriormente almacenarlas en una base de datos con un historial que contiene información básica del paciente, reduciendo de esta forma el tiempo de duración en la elaboración de un diagnóstico efectivo.

III.7 Fase 7: Redacción y elaboración del tomo.

Una vez finalizado el establecimiento de la conexión remota, el envío y almacenamiento de imágenes en forma segura, se debe llevar a cabo la redacción y elaboración del tomo con la finalidad de realizar un informe final que contemple la base teórica en la cual se sustentó el trabajo y el desarrollo práctico basado en la metodología, como la herramienta que asegurará el cumplimiento de los objetivos que definen el trabajo.

Capítulo IV

Desarrollo

Luego de conocer la metodología del trabajo se presenta el siguiente capítulo con el propósito de hacer mención al desarrollo de las fases ya definidas, a través de las cuales se lograrán cumplir cada uno de los objetivos.

IV.1 Caracterización del servidor y el cliente

En la ejecución de esta fase se consideraron los objetivos, funciones y ubicación tanto del servidor como el cliente. Para ello se elaboró un formato de tabla tanto para los servidores como para las laptops a utilizar, con las características básicas de configuración de los dispositivos, y de esa forma definir las especificaciones de los equipos a través de los cuales se establecerá la conexión, y así mismo definir la sede que representará el servidor y los clientes.

Cabe destacar que en todo momento se hará uso del sistema operativo Linux, ya que al igual que todas las herramientas a ser utilizadas en el proyecto son de licencia libre.

Una vez definidas las características de los dispositivos utilizados, se procedió a definir la sede que representará el servidor y los clientes en función de las necesidades de la red que será diseñada.

IV.2 Diseño y simulación de la conexión cliente-servidor

Esta fase del trabajo está compuesta por uno de los pasos más indispensable para darle cabida a las fases siguientes:

IV.2.1 Diseño

Para poder ofrecer un servicio que brinde comunicación segura entre ambos centros a través de Internet, fue necesario elaborar el diseño de la red que comunicará UCV-Física Médica con UCAB-Telemedicina, utilizando la información recaudada en la fase anterior. Para ello, primero que nada se realizó el diseño de la red que permite el intercambio de imágenes médicas de una forma segura y eficiente, y el diagrama que representa dicha conexión entre el cliente y el servidor.

IV.2.2 Simulación de la conexión cliente-servidor

Se realizaron pruebas de conectividad entre el servidor y el cliente. Para ello se utilizaron dos equipos distintos con la finalidad de simular la conexión antes de establecerla en los servidores situados en las casas de estudios, cada uno con el sistema operativo LINUX versión UBUNTU, de manera que se verificara el correcto funcionamiento de la red privada virtual, y al mismo tiempo se garantizara una implementación más eficiente a causa de la experiencia obtenida al momento de realizar dichas prácticas.

De esta forma, se escogió uno de los servidores para que actuara como servidor principal y el otro como cliente.

IV.2.2.1 Configuración del Servidor VPN

En el servidor principal se descargaron e instalaron todos los paquetes necesarios para su funcionamiento, y se configuraron todos los archivos que permitieron la creación de la VPN, indicando, entre otros campos, la dirección IP del servidor, el protocolo utilizado, el puerto por el cual recibe conexiones entrantes, los directorios en los que se encuentran los archivos de configuración, etc.

A continuación se muestra una serie de comandos utilizados en la configuración:

- Instalación de los paquetes necesarios para la configuración de la red privada virtual:

Open ssl

Open vpn

- Configurar el demonio de OpenVPN para que no auto inicie con el sistema, modificando el archivo *openvpn.conf* que se encuentra en el directorio */etc/default*:

sudo nano /etc/default/openvpn

- Eliminar el *script* de inicio para que no se inicie automáticamente antes de ser configurado:

sudo update-rc.d -f /etc/init.d/openvpn remove

- Crear el archivo *openvpn.conf* en el directorio */etc/openvpn* y colocar la configuración correspondiente en la que se especifican, entre otras cosas, el tipo de protocolo utilizado, el puerto, los directorios en los que se encuentran todas las llaves que utilizará el programa, la red del servidor, entre otros:

sudo nano /etc/openvpn/server.conf

DISEÑO DE UNA RED PRIVADA DE TELERADIOLOGÍA PARA EL INTERCAMBIO DE IMÁGENES DICOM ENTRE UCV-FÍSICA MÉDICA Y UCAB TELEMEDICINA

- Crear y configurar el *script* para que configure e inicie el servidor de VPN, en el directorio */etc/init.d*:

```
sudo nano /etc/init.d/vpnserver
```

- Se le debe asignar permiso de ejecutable al archivo previamente creado, y también se debe configurar para que auto inicie con el sistema:

```
sudo chmod +x /etc/init.d/vpnserver
```

```
sudo update-rc.d vpnserver defaults
```

- Activar el módulo TUN en el kernel:

```
sudo modprobe tun
```

```
sudo echo "tun" >> /etc/modules
```

- Crear la llave *Diffie Hellman* de 2048 bits para mayor seguridad.
- Crear la Entidad Emisora de certificados.
- Crear los certificados y llaves del servidor.
- Crear los certificados y llaves del cliente.
- Transferir las llaves y certificados creados, al cliente por una vía segura. (Pons, s.f.)

IV.2.2.2 Configuración del Cliente VPN

En el equipo cliente al igual que en el servidor, se descargaron e instalaron los paquetes necesarios, y se configuraron los archivos que permiten su funcionamiento, indicando la dirección pública del servidor, el protocolo utilizado, los directorios de los archivos de configuración, etc. Posteriormente se inició la conexión del lado del servidor, y luego del lado del cliente, generando la creación de un túnel entre ambos equipos, por el cual viajan los datos de manera segura y privada. Su funcionamiento fue verificado mediante la realización de un PING en sentido servidor-cliente, y cliente-servidor, de manera exitosa.

A continuación se muestra una serie de comandos utilizados en la configuración:

- Instalar el *software OpenVPN*, *OpenSSL* y el *plugin Network Manager* de Ubuntu.

```
sudo apt-get -y install openvpn  
sudo apt-get -y install openssl  
sudo aptitude -y install network-manager-openvpn
```
- Configurar los parámetros del archivo *client.conf* en el directorio */etc/openvpn*, de acuerdo a las características que tendrá el cliente y basándose en las características del servidor.
- Fuera del terminal de comandos de Ubuntu, ejecutar la aplicación *Network Manager* de Ubuntu, ubicar la pestaña *VPN*, hacer *click* en importar, y buscar el archivo *client.conf* previamente configurado.
- Para iniciar el servidor y el cliente, se debe ejecutar el siguiente comando en el terminal de comandos, tanto en el servidor como en el cliente:

```
/etc/init.d/openvpn start (Pons, s.f.)
```

IV.3 Implementación de la conexión

Una vez simulado el funcionamiento del diseño de la red, se procedió a establecer la conexión entre los servidores ubicados en la UCV y la UCAB. Por motivos de seguridad la configuración básica de los dispositivos como instalación del sistema operativo, VPN, entre otros, fue suministrada por los Administradores de Redes de las casas de estudio.

A través del protocolo SSH se accedió de forma remota a los dos servidores, y se configuró el protocolo de sincronización con el propósito de que el servidor ubicado en la UCAB cumpliera con la función de respaldar las imágenes médicas en formato DICOM depositadas en el servidor de la UCV.

A continuación se muestran los comandos utilizados para acceder de forma remota a los servidores desde el terminal de comandos:

- Para acceder en forma remota a un equipo:

ssh nombre_de_usuario@ip_destino

- Para transferir archivos al equipo destino:

*scp -r archivo_a_transferir
nombre_de_usuario@ip_destino:directorio_destino*

Una vez establecido el acceso remoto a los servidores, se configuró cada uno de ellos para que compartieran las imágenes en formato DICOM, ingresando los siguientes comandos para sincronizar los dos servidores a través de la VPN:

- En primer lugar se fideliza el acceso SSH del servidor en los clientes para permitir operaciones desatendidas, de manera que no sea necesario introducir una

clave cada vez que se establezca conexión. Para ello, se deben crear las llaves pública y privada del servidor:

```
ssh-keygen -t rsa (no indicar ninguna clave cuando lo requiera)
```

- Las llaves son creadas en el directorio `"/root/.ssh"`, con los nombres `"id_rsa"` (privada) e `id_rsa.public` (pública).
- Se debe añadir en los servidores remotos el contenido de `"id_rsa"` al archivo `"/root/.ssh/authorized_keys"`, con lo cual el proceso de fidelización del acceso SSH quedaría configurado.
- Posteriormente se ejecuta el comando de sincronización de directorios desde el servidor que respaldará la información:

```
rsync -v -u -a --delete --rsh=ssh -stats  
usuario@ip_vpn_servidor_remoto:/dir_remoto ./
```

Donde `"/dir_remoto"` representa la ruta completa al directorio del servidor remoto que se desea respaldar, y `"--rsh=ssh"` indica que la conexión se ha de realizar por un túnel SSH.

- Por último, para automatizar la tarea de sincronización entre servidores, se configura el archivo `"etc/crontab"`, especificando el momento exacto en el que se realizara cada tarea:

```
0 23 * * * rsync -v -u -a --delete --rsh=ssh -stats  
usuario@ip_vpn_servidor_remoto:/dir_remoto ./ > /dev/null
```

DISEÑO DE UNA RED PRIVADA DE TELERADIOLOGÍA PARA EL INTERCAMBIO DE IMÁGENES DICOM ENTRE UCV-FÍSICA MÉDICA Y UCAB TELEMEDICINA



```
GNU nano 2.2.2 File: /tmp/crontab.BHnqly/crontab
# m h dom mon dow  command
0 23 * * * rsync -v -u -a --delete --rsh=ssh --stats proyectodicom@10.8.0.1:/home/proyectodicom/public_html
```

Figura 11. Configuración de la hora de sincronización.

Fuente: Elaboración propia.

IV.4 Diseño de la aplicación

La elaboración del diseño de la aplicación se desarrolló en una serie de pasos:

En primer lugar se recopilaron una serie de imágenes en formato DICOM, en este caso de tipo MRI (Resonancia Magnética) y CT (Tomografía Computarizada) con el fin de construir una tabla de caracterización de imágenes a transmitir, tomando en consideración parámetros como el tamaño de las imágenes, tipo de imagen, entre otros.

El segundo paso consistió en la elaboración de la base de datos donde reposará la información recabada a través de la aplicación. Para ello se diseñó un diagrama que refleja la estructuración de la base de datos en MySQL:

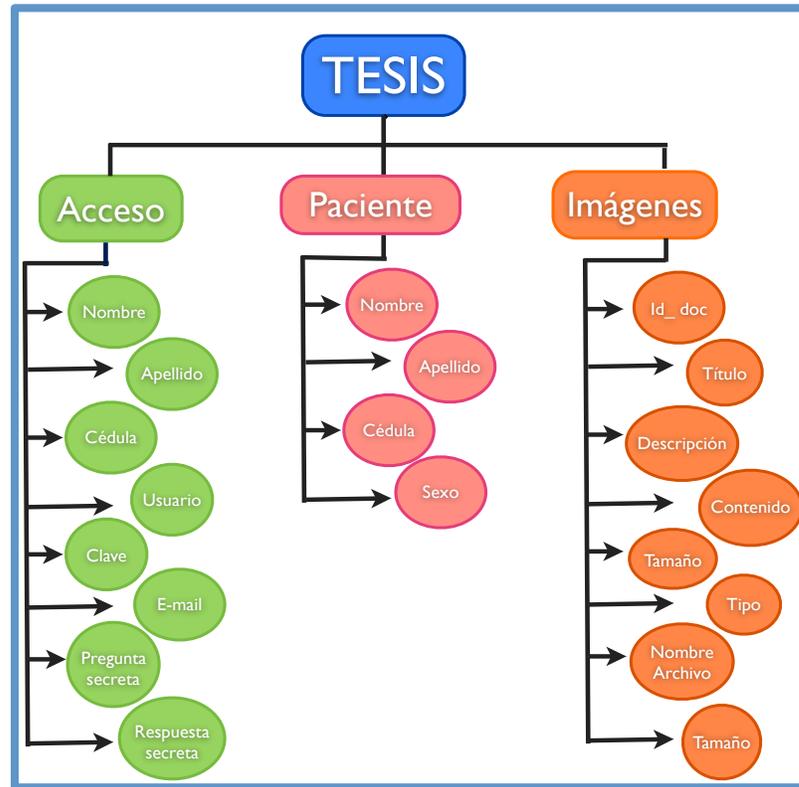


Figura 12. Diagrama de la Base de Datos
Fuente: Elaboración propia.

A continuación se muestran los comandos que le dan forma al diagrama ya presentado:

- Para acceder a MySQL:

```
mysql -u usuario -p  
password: clave_secreta
```

- Para crear una base de datos:

```
CREATE DATABASE nombre_base_de_datos;
```

- Para acceder a la base de datos:

```
USE nombre_base_de_datos;
```

- Para agregar una tabla en la base de datos:

```
CREATE TABLE nombre_tabla (  
→ variable tipo valor_por_defecto);
```

- Para insertar datos en la table:

```
INSERT INTO nombre_tabla (variable) VALUES (valor);
```

- Para observar las bases de datos existentes:

```
SHOW DATABASES;
```

- Para observar las tablas contenidas en la base de datos:

```
SHOW TABLES;
```

- Para eliminar una base de datos:

```
DROP DATABASE nombre_base_de_datos; (Oracle, 2011)
```

Luego se realizó una investigación acerca de las herramientas básicas para la construcción de los códigos necesarios que le dan forma a la aplicación, abarcando los lenguajes MySQL, PHP, HTML y JavaScript.

Una vez definidas las herramientas a utilizar, se procedió a elaborar cada uno de los componentes de la aplicación, tomando en consideración la relación entre los lenguajes de programación y el acceso a la información depositada en la base de datos.

Se tomaron los datos de los pacientes a quienes pertenecen las imágenes médicas para que en conjunto con las imágenes sean alojadas en la base de datos de los pacientes.

Para facilitar el acceso de los usuarios a la información se desarrollaron los códigos que le dan forma a la aplicación, vinculando la base de datos mediante el lenguaje PHP dentro de los códigos HTML.

En el apéndice B se describe la manera en la cual está conformado el sitio Web que representa la aplicación del proyecto. En primer lugar se encuentra el archivo *index.html*, el cual corresponde a la página de inicio, y está vinculado directamente con los archivos *index2.html*, *index3.html*, *index4.html* e *index5.html*, los cuales corresponden a las páginas de acceso, registro de usuarios, descripción del proyecto y contactos respectivamente.

Desde la página de registro de usuarios se puede acceder al archivo *index6.html*, que corresponde a la página de olvido de contraseñas. Luego, mediante la página de acceso, los usuarios son trasladados a la página de bienvenida (*index7.php*), la cual está vinculada con las que permiten agregar un paciente (*index8.php*) y datos del paciente seleccionado (*list.php*). A través de esta última se accede a la página de carga de imágenes, que corresponde al archivo *form.php*.

El archivo *funciones.php* es utilizado en la página que verifican si el usuario ha ingresado al sitio Web, y de no ser así es redirigido a la página de acceso. *Insert.php* es utilizado para agregar a la base de datos los campos de los usuarios al registrarse. *Sendpass.php* tiene la función de mostrar a los usuarios sus datos de acceso en caso de olvido de nombre de usuario y/o contraseña. *Insert2.php* tiene la función de agregar nuevos pacientes a la base de datos.

El archivo *salir.php* se utiliza para el cierre de sesión de los usuarios, redirigiéndolos a la página de acceso una vez finalizado el proceso. *Delete.php* elimina los pacientes seleccionados a través de la aplicación. Y por último, el archivo *upload.php* se utiliza para cargar las imágenes médicas deseadas a la base de datos. Existen adicionalmente dos archivos de tipo imagen que son utilizados como imagen

DISEÑO DE UNA RED PRIVADA DE TELERADIOLOGÍA PARA EL INTERCAMBIO DE IMÁGENES DICOM ENTRE UCV-FÍSICA MÉDICA Y UCAB TELEMEDICINA

de fondo del sitio web (*bg.jpg*) y como logo del proyecto (*logo.png*) presentado en la página de inicio.

En el apéndice A se adjunta el código de la página que muestra al usuario los pacientes existentes en la base de datos, en la cual se definen los botones que permiten acceder a las otras partes de la aplicación. Verifica si el usuario ha ingresado o no a la sesión. Se efectúa la conexión a la base de datos utilizando tres parámetros (servidor, usuario y contraseña), se selecciona la base de datos a utilizar, se ejecuta la consulta, se incluye en los campos de la tabla la información que ingresa el usuario y la muestra.

Para asegurar la confidencialidad de los datos contenidos en la aplicación, ya sean datos personales del usuario y de pacientes, incluyendo las imágenes médicas e historias clínicas, el *software* de Apache ofrece la modalidad de seguridad HTTPS, de manera que toda la información sea transmitida y recibida en forma cifrada a través del protocolo SSL. Para activar su funcionamiento en la aplicación, se activó el Protocolo Seguro de Transferencia de Hipertexto en las páginas que ameritan la existencia de dicha medida de seguridad.

Adicionalmente, para garantizar que el acceso y registro de usuarios sea restringido solo a personal autorizado, se configuró una modalidad de Apache de verificación de usuarios, de manera que en cualquier momento que se desee acceder al sitio web, se presente una ventana solicitando un usuario y contraseña específico. Si los datos no son introducidos correctamente o no se posee dicha información, no se podrá acceder a la aplicación.

Esta configuración se realizó creando dos archivos utilizando el *software* de Apache, llamados “.*htaccess*” y “.*htpasswd*”, los cuales deben ser introducidos en el directorio que contiene todas las partes de la aplicación a la cual se quiere restringir el acceso, y cuyos contenidos son confidenciales, ya que en ellos se encuentran los datos

que los usuarios deben introducir para poder tener acceso a la página. Estos datos solo deben ser conocidos por los respectivos administradores de usuarios de cada uno de los centros de investigación.

IV.5 Pruebas de transmisión de imágenes e historias médicas a través de la aplicación

Una vez diseñada la aplicación, se dio inicio a las pruebas de transmisión de imágenes, donde el usuario registrado pueda cargar y descargar imágenes médicas en formato DICOM a través del uso de la aplicación.

A través de estas pruebas, se logró verificar el correcto funcionamiento tanto de la aplicación como del diseño de la red de interconexión ya establecido.

Las pruebas fueron realizadas desde distintos lugares, con direcciones de correo dentro y fuera del rango establecido para tener acceso al sistema.

Capítulo V

Resultados

Una vez ejecutadas las partes que componen la metodología y el desarrollo del trabajo, se presentan a continuación los resultados obtenidos:

V.1 Caracterización de los dispositivos

Uno de los primeros resultados fueron obtenidos al realizar el estudio de las características básicas de los dispositivos a utilizar para establecer conexión entre la UCV y la UCAB.

Ubicación del Servidor	UCAB
Fabricante	IBM
Memoria RAM	512.0 MB/8.0 Gb (max)
Espacio disponible	~10 Gb
Características de seguridad	VPN de Acceso Remoto
¿Utiliza interfaz gráfica?	No
Sistema operativo	Linux
Versión del sistema operativo	Ubuntu
Procesador	Intel Xeon 3.06 GHz
Espacio de disco	30 Gb
ISP (Modem)	CANTV
Velocidad	533.0 MHz

Función actual del servidor	Almacenamiento.
------------------------------------	-----------------

Tabla 4. Características del dispositivo Nro. 1.

Fuente: Elaboración propia.

Ubicación del Servidor	Física Médica. Facultad de Ciencias, UCV
Fabricante	Compaq
Memoria RAM	1.5 Gb
Espacio disponible	~ 30 Gb
Características de seguridad	-
¿Utiliza interfaz gráfica?	no
Sistema operativo	CentOS
Versión del sistema operativo	CentOS 5.7
Procesador	2 Xeon Intel 2GHz
Espacio de disco	~ 30 Gb
ISP (Modem)	CANTV
Rango de direcciones	Clase C
Función actual del servidor	Web y servidor de correo

Tabla 5. Características del dispositivo Nro. 2.

Fuente: Elaboración propia.

DISEÑO DE UNA RED PRIVADA DE TELERADIOLOGÍA PARA EL INTERCAMBIO DE IMÁGENES DICOM ENTRE UCV-FÍSICA MÉDICA Y UCAB TELEMEDICINA

Ubicación de la PC1:	Portátil
Fabricante:	GateWay
Memoria RAM:	4 Gb
¿Trabaja en una partición?:	Si
Espacio disponible	10 Gb
¿trabaja con máquina virtual?	No
Sistema operativo de la partición:	Linux
Versión del sistema operativo:	Ubuntu
Procesador:	AMD
Espacio de disco	260 GB
ISP (Modem)	CANTV
Conexión a Internet	Inalámbrica

Tabla 6. Características del dispositivo Nro. 3.

Fuente: Elaboración propia.

Ubicación de la PC2:	Portátil- UCAB
Fabricante:	Acer
Memoria RAM:	2 Gb
¿Trabaja en una partición?:	Si
Espacio disponible	10 Gb
¿trabaja con máquina virtual?	No

DISEÑO DE UNA RED PRIVADA DE TELERADIOLOGÍA PARA EL INTERCAMBIO DE IMÁGENES DICOM ENTRE UCV-FÍSICA MÉDICA Y UCAB TELEMEDICINA

Sistema operativo de la partición:	Linux
Versión del sistema operativo:	Ubuntu
Procesador:	Intel
Espacio de disco	160 GB
ISP (Modem)	-
Conexión a Internet	Inalámbrica

Tabla 7. Características del dispositivo Nro. 4.

Fuente: Elaboración propia.

Ubicación de la PC3:	Portátil- UCV
Fabricante:	Lenovo
Memoria RAM:	504 MB
¿Trabaja en una partición?:	Si
Espacio disponible	15 Gb
¿trabaja con máquina virtual?	No
Sistema operativo de la partición:	Linux
Versión del sistema operativo:	Ubuntu
Procesador:	Intel
Espacio de disco	160 GB
ISP (Modem)	-
Conexión a Internet	Inalámbrica

Tabla 8. Características del dispositivo Nro. 5.

Fuente: Elaboración propia.

DISEÑO DE UNA RED PRIVADA DE TELERADIOLOGÍA PARA EL INTERCAMBIO DE IMÁGENES DICOM ENTRE UCV-FÍSICA MÉDICA Y UCAB TELEMEDICINA

De acuerdo con la información recabada al evaluar las características básicas de los dispositivos a utilizar, en función de las necesidades de interconexión entre las dos casas de estudio, se determinó que los dispositivos cumplen con los requisitos básicos para su utilización a través del proyecto. Cabe señalar que cada dispositivo actualmente cumple funciones distintas, que en cierta forma podrían interferir en el funcionamiento del proyecto. En el caso de la UCV (ver tabla 5), el servidor es compartido con el Departamento de Computación de la UCV, por lo tanto, está subdividido en varias sesiones, ello limita la capacidad de almacenamiento y la velocidad de procesamiento, dependiendo de la cantidad de solicitudes que pueda recibir, el computador dispuesto en la Coordinación de Post Grado de Física Médica, está disponible y no se le da uso excesivo a sus recursos.

En cuanto al dispositivo ubicado en la UCAB (ver tabla 4), por los momentos el servidor es administrado por el DTI, este únicamente es para uso de la escuela de Ingeniería de Telecomunicaciones, actualmente solo es utilizado para proyectos de Telemedicina, es por ello que está sub dividido en tres secciones, cada una correspondiente a un proyecto. A pesar de que en este caso la capacidad de almacenamiento también es limitada, es menos probable que surjan inconvenientes relacionados con la velocidad de procesamiento.

Se decidió definir el servidor ubicado en la UCV como el servidor principal, ya que en dicho lugar se tiene acceso a imágenes médicas facilitadas por la Coordinación del Post-grado de Física Médica, por ende el servidor con rol de cliente fue el dispositivo ubicado en la UCAB, en el cual existirá un respaldo de imágenes, el segundo cliente fue un laptop ubicado en la UCAB en el Departamento de Física, a través de él se manipulará la aplicación desde la UCAB. En la UCV se contó con una laptop para acceder a la aplicación, cargar y descargar imágenes. Se dispuso de un tercer laptop para acceder de forma remota a los dos servidores (ver tabla 6).

V.2 Diseño de la red de interconexión UCV-Física Médica y UCAB-Telemedicina

Una vez consideradas las necesidades de interconexión para hacer posible la transmisión de imágenes médicas en formato DICOM a través de la aplicación, tomando en consideración las características de los dispositivos disponibles a utilizar en el proyecto, fue entonces como se elaboró el diseño de la red de interconexión UCV-Física Médica y UCAB-Telemedicina (ver figura 13). De esta forma fue posible definir los protocolos que serían implementados para establecer la conexión. SSH y SSL son unos de los protocolos definidos en el diseño.

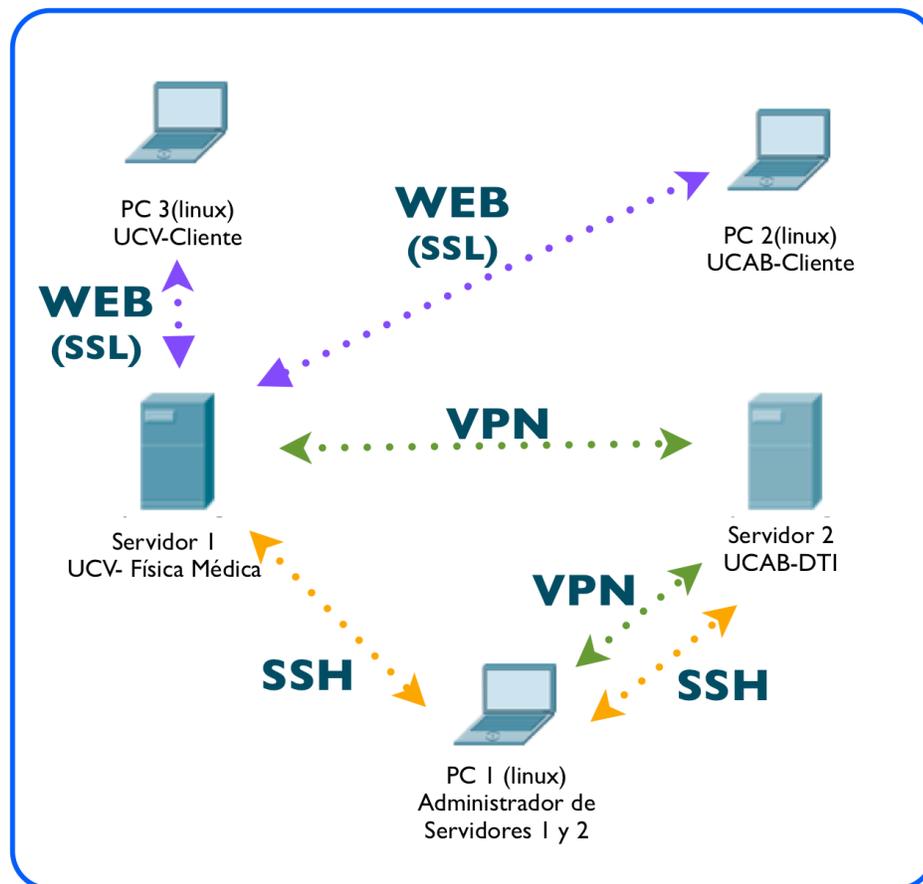


Figura 13. Diseño de la red.

Fuente: Elaboración propia.

Una vez definido el diseño, finalmente se procedió a realizar las simulaciones de conexión.

V.3 Simulación de Conexión VPN

Para el intercambio de información entre servidores se consideró la aplicación del protocolo TCP a través de la implementación de una Red Privada Virtual (VPN). De esta manera se configuró en dos equipos ajenos al diseño, una VPN con el fin de simular su funcionamiento.

Luego de configurar dos laptops para establecer la VPN, uno como servidor y otro como cliente, finalmente se procedió a instaurar la red privada virtual entre los dos dispositivos. Se realizaron pruebas que confirmarán la creación del túnel VPN en el cliente que se disponen a utilizar el servicio, esto se puede apreciar en la siguiente figura.

```
RX packets:16 errors:0 dropped:0 overruns:0 frame:0
TX packets:16 errors:0 dropped:0 overruns:0 carrier:0
collisions:0 txqueuelen:0
RX bytes:1296 (1.2 KB) TX bytes:1296 (1.2 KB)

tun0    Link encap:UNSPEC HWaddr 00-00-00-00-00-00-00-00-00-00-00-00-00-00-00-00
-00

    inet addr:10.6.0.1 P-t-P:10.6.0.2 Mask:255.255.255.255
    UP POINTOPOINT RUNNING NOARP MULTICAST MTU:1500 Metric:1
    RX packets:5 errors:0 dropped:0 overruns:0 frame:0
    TX packets:5 errors:0 dropped:0 overruns:0 carrier:0
    collisions:0 txqueuelen:100
    RX bytes:420 (420.0 B) TX bytes:420 (420.0 B)

wlan0   Link encap:Ethernet HWaddr 00:16:44:b2:a7:5c
    inet addr:192.168.1.5 Bcast:192.168.1.255 Mask:255.255.255.0
    inet6 addr: fe80::216:44ff:feb2:a75c/64 Scope:Link
    UP BROADCAST RUNNING MULTICAST MTU:1500 Metric:1
    RX packets:54349 errors:0 dropped:0 overruns:0 frame:0
    TX packets:39095 errors:0 dropped:0 overruns:0 carrier:0
    collisions:0 txqueuelen:1000
    RX bytes:73346665 (73.3 MB) TX bytes:4762543 (4.7 MB)

root@christian-M-1626:~#
```

Figura 14. Establecimiento del Túnel desde el Servidor VPN.

Fuente: Elaboración propia.

DISEÑO DE UNA RED PRIVADA DE TELERADIOLOGÍA PARA EL INTERCAMBIO DE IMÁGENES DICOM ENTRE UCV-FÍSICA MÉDICA Y UCAB TELEMEDICINA

```

RX packets:68 errors:0 dropped:0 overruns:0 frame:0
TX packets:68 errors:0 dropped:0 overruns:0 carrier:0
collisions:0 txqueuelen:0
RX bytes:4080 (4.0 KB) TX bytes:4080 (4.0 KB)

tun0: Link encap:UNSPEC HWaddr 00-00-00-00-00-00-00-00-00-00-00-00-00-00-00-00
-00
inet addr:10.6.0.6 P-t-P:10.6.0.5 Mask:255.255.255.255
UP POINTOPOINT RUNNING NOARP MULTICAST MTU:1500 Metric:1
RX packets:8 errors:0 dropped:0 overruns:0 frame:0
TX packets:26 errors:0 dropped:0 overruns:0 carrier:0
collisions:0 txqueuelen:100
RX bytes:672 (672.0 B) TX bytes:2184 (2.1 KB)

wlan0: Link encap:Ethernet HWaddr 00:24:2b:26:39:2f
inet addr:192.168.1.7 Bcast:192.168.1.255 Mask:255.255.255.0
inet6 addr: fe80::224:2bff:fe26:392f/64 Scope:Link
UP BROADCAST RUNNING MULTICAST MTU:1500 Metric:1
RX packets:15967 errors:0 dropped:0 overruns:0 frame:0
TX packets:11115 errors:0 dropped:0 overruns:0 carrier:0
collisions:0 txqueuelen:1000
RX bytes:21099862 (21.0 MB) TX bytes:1291864 (1.2 MB)

root@computer-AOA150:~#
```

Figura 15. Establecimiento del túnel desde el cliente VPN.

Fuente: Elaboración propia.

Una vez verificado el establecimiento del túnel entre el servidor y el cliente, se puede observar en las figuras 4 y 5 como a través del comando PING se comprobó la conectividad entre los miembros de la red VPN.

```

collisions:0 txqueuelen:1000
RX bytes:73346665 (73.3 MB) TX bytes:4762543 (4.7 MB)

root@christian-M-1626:~# ping 10.6.0.6
PING 10.6.0.6 (10.6.0.6) 56(84) bytes of data:
64 bytes from 10.6.0.6: icmp_req=1 ttl=64 time=4.66 ms
64 bytes from 10.6.0.6: icmp_req=2 ttl=64 time=6.92 ms
64 bytes from 10.6.0.6: icmp_req=3 ttl=64 time=3.50 ms
64 bytes from 10.6.0.6: icmp_req=4 ttl=64 time=8.45 ms
64 bytes from 10.6.0.6: icmp_req=5 ttl=64 time=4.38 ms
64 bytes from 10.6.0.6: icmp_req=6 ttl=64 time=3.07 ms
64 bytes from 10.6.0.6: icmp_req=7 ttl=64 time=3.24 ms
64 bytes from 10.6.0.6: icmp_req=8 ttl=64 time=3.26 ms
64 bytes from 10.6.0.6: icmp_req=9 ttl=64 time=3.30 ms
64 bytes from 10.6.0.6: icmp_req=10 ttl=64 time=3.19 ms
64 bytes from 10.6.0.6: icmp_req=11 ttl=64 time=6.20 ms
64 bytes from 10.6.0.6: icmp_req=12 ttl=64 time=3.88 ms
64 bytes from 10.6.0.6: icmp_req=13 ttl=64 time=8.55 ms
64 bytes from 10.6.0.6: icmp_req=14 ttl=64 time=3.59 ms
^C
--- 10.6.0.6 ping statistics ---
14 packets transmitted, 14 received, 0% packet loss, time 13016ms
rtt min/avg/max/mdev = 3.075/4.732/8.558/1.904 ms
root@christian-M-1626:~#
```

Figura 16. Envío de PING desde el Servidor hacia el cliente.

Fuente: Elaboración propia.

```
root@computer-A0A150:~# ping 10.6.0.1
PING 10.6.0.1 (10.6.0.1) 56(84) bytes of data.
64 bytes from 10.6.0.1: icmp_req=1 ttl=64 time=4.12 ms
64 bytes from 10.6.0.1: icmp_req=2 ttl=64 time=3.05 ms
64 bytes from 10.6.0.1: icmp_req=3 ttl=64 time=3.91 ms
64 bytes from 10.6.0.1: icmp_req=4 ttl=64 time=4.42 ms
64 bytes from 10.6.0.1: icmp_req=5 ttl=64 time=3.88 ms
64 bytes from 10.6.0.1: icmp_req=6 ttl=64 time=6.57 ms
64 bytes from 10.6.0.1: icmp_req=7 ttl=64 time=5.92 ms
64 bytes from 10.6.0.1: icmp_req=8 ttl=64 time=3.36 ms
64 bytes from 10.6.0.1: icmp_req=9 ttl=64 time=4.13 ms
64 bytes from 10.6.0.1: icmp_req=10 ttl=64 time=4.63 ms
64 bytes from 10.6.0.1: icmp_req=11 ttl=64 time=4.82 ms
^C
--- 10.6.0.1 ping statistics ---
11 packets transmitted, 11 received, 0% packet loss, time 10013ms
rtt min/avg/max/mdev = 3.050/4.439/6.574/0.995 ms
root@computer-A0A150:~#
```

Figura 17. Envío de PING desde el Cliente hacia el Servidor.
Fuente Elaboración propia.

V.4 Establecimiento de Conexión

Una vez establecida la conexión entre los servidores de la UCV y la UCAB a través de la red privada virtual se puede verificar la conexión por medio de la aparición del túnel en la siguiente imagen.

```
root@telem1-tesis:~# screen -r 7958
[detached from 7958.pts-0.telem1-tesis]
root@telem1-tesis:~# ifconfig
eth0      Link encap:Ethernet  HWaddr 00:02:b3:ef:0b:44
          inet addr:200.2.15.200  Bcast:200.2.15.255  Mask:255.255.255.0
          inet6 addr: fe80::202:b3ff:feef:b44/64  Scope:Link
          UP BROADCAST RUNNING MULTICAST  MTU:1500  Metric:1
          RX packets:34109906 errors:0 dropped:0 overruns:0 frame:0
          TX packets:337723 errors:0 dropped:0 overruns:0 carrier:0
          collisions:0 txqueuelen:100
          RX bytes:1625616567 (1.6 GB)  TX bytes:37505115 (37.5 MB)

lo        Link encap:Local Loopback
          inet addr:127.0.0.1  Mask:255.0.0.0
          inet6 addr: ::1/128  Scope:Host
          UP LOOPBACK RUNNING  MTU:16436  Metric:1
          RX packets:2964 errors:0 dropped:0 overruns:0 frame:0
          TX packets:2964 errors:0 dropped:0 overruns:0 carrier:0
          collisions:0 txqueuelen:0
          RX bytes:248785 (248.7 KB)  TX bytes:248785 (248.7 KB)

tun0     Link encap:UNSPEC  HWaddr 00-00-00-00-00-00-00-00-00-00-00-00-00-00-00-00
-00
          inet addr:10.8.0.10  P-t-P:10.8.0.9  Mask:255.255.255.255
          UP POINTOPOINT RUNNING NOARP MULTICAST  MTU:1500  Metric:1
          RX packets:0 errors:0 dropped:0 overruns:0 frame:0
          TX packets:0 errors:0 dropped:0 overruns:0 carrier:0
          collisions:0 txqueuelen:100
          RX bytes:0 (0.0 B)  TX bytes:0 (0.0 B)
```

Figura 18. Túnel de conexión UCV-UCAB.
Fuente: Elaboración propia.

DISEÑO DE UNA RED PRIVADA DE TELERADIOLOGÍA PARA EL INTERCAMBIO DE IMÁGENES DICOM ENTRE UCV-FÍSICA MÉDICA Y UCAB TELEMEDICINA

Luego, a través del comando PING se comprobó la comunicación a través de la VPN entre los dos puntos.

```
root@telem1-tesis:~# ping 10.8.0.1
PING 10.8.0.1 (10.8.0.1) 56(84) bytes of data.
64 bytes from 10.8.0.1: icmp_seq=1 ttl=64 time=10.1 ms
64 bytes from 10.8.0.1: icmp_seq=2 ttl=64 time=5.18 ms
64 bytes from 10.8.0.1: icmp_seq=3 ttl=64 time=2.53 ms
64 bytes from 10.8.0.1: icmp_seq=4 ttl=64 time=3.47 ms
64 bytes from 10.8.0.1: icmp_seq=5 ttl=64 time=5.23 ms
64 bytes from 10.8.0.1: icmp_seq=6 ttl=64 time=2.50 ms
64 bytes from 10.8.0.1: icmp_seq=7 ttl=64 time=2.41 ms
64 bytes from 10.8.0.1: icmp_seq=8 ttl=64 time=2.81 ms
^C
--- 10.8.0.1 ping statistics ---
8 packets transmitted, 8 received, 0% packet loss, time 7010ms
rtt min/avg/max/mdev = 2.410/4.282/10.100/2.452 ms
root@telem1-tesis:~#
```

Figura 19. Envío de PING entre los servidores conectados por VPN.

Fuente: Elaboración propia.

Luego de instaurar la configuración necesaria para llevar a cabo la conexión y sincronización de las imágenes en formato DICOM, se capturó una imagen donde se puede apreciar la automatización del acceso al servidor desde la UCAB hacia la UCV a través de SSH por medio de la VPN, sin la necesidad de introducir una clave.

```
tesis3@telem1-tesis:~$ ssh proyectodicom@10.8.0.1
Last login: Fri Feb 10 19:39:38 2012 from 10.8.0.10
[proyectodicom@fisica ~]$
```

Figura 20. Acceso automatizado a través de la VPN desde la UCAB hacia la UCV por SSH

Fuente: Elaboración propia.

V.5 Caracterización de las Imágenes a transmitir

Una vez recopiladas las imágenes a ser transmitidas a través de la aplicación, se precedió a construir la siguiente tabla con los datos de las imágenes:

Formato	DICOM (.dcm)
Fuente	Confidencial
Tipo de Imagen Médica	CT y MRI
Tamaño	515,8 KB (CT) 138,1 KB (MRI)
Visor	<i>Aeskulap Viewer</i>
Velocidad de carga	8.67 Mb/s
Velocidad de descarga	0.50 Mb/s

Tabla 9. Características de las Imágenes.

Fuente: Elaboración propia.

Conforme con el intercambio de datos en la red, se estudiaron las características elementales de las imágenes médicas a transmitir (ver tabla 9). Al observar los datos, notamos que el tamaño de las imágenes depende del tipo de examen médico que represente, ya sean tomografías computarizadas, resonancias magnéticas, etc. En este caso las imágenes de menor tamaño corresponden con las de tipo MIR (resonancia magnética). Sin embargo en general, son imágenes de poca magnitud, evitando de esa forma que circule tráfico pesado en el canal de transmisión, tomando como referencia los resultados obtenidos al utilizar la herramienta “speedtest.net”, con la cual se realizaron pruebas de las velocidades de carga y descarga de las imágenes a través de la aplicación desde la UCAB, obteniendo unas velocidades de descarga de 0.50 Mb/s y de carga de 8.67 Mb/s, con lo cual se obtiene que la carga de imágenes es mucho más rápida que su descarga

desde la UCAB. Este tipo de imágenes solo pueden ser visualizadas en aplicaciones que soporten el formato DICOM.

V.6 Resultado del Desarrollo de la Aplicación

La aplicación creada le permite al usuario acceder a la carga y descarga de imágenes médicas en formato DICOM, las cuales contienen una breve historia clínica del paciente.

Para poder ejecutar las pruebas de funcionamiento, luego de su desarrollo y completo funcionamiento, se trasladó al servidor la carpeta que contenía todos los archivos correspondientes a la aplicación.

A continuación se muestra en forma detallada el resultado final de la aplicación.

Para poder ingresar a la página principal de la aplicación (Inicio), se debe colocar la siguiente dirección:

<https://fisica.ciens.ucv.ve/proyectodicom>

Si es la primera vez que se accede al sitio web, se presentará al usuario una ventana solicitando la introducción de un usuario y contraseña, como se puede apreciar en la figura 21. Si no se introducen los datos correctamente, no se tendrá acceso a la aplicación. Dicha información será otorgada por los administradores de la aplicación en cada una de las casas de estudio.

DISEÑO DE UNA RED PRIVADA DE TELERADIOLOGÍA PARA EL INTERCAMBIO DE IMÁGENES DICOM ENTRE UCV-FÍSICA MÉDICA Y UCAB TELEMEDICINA

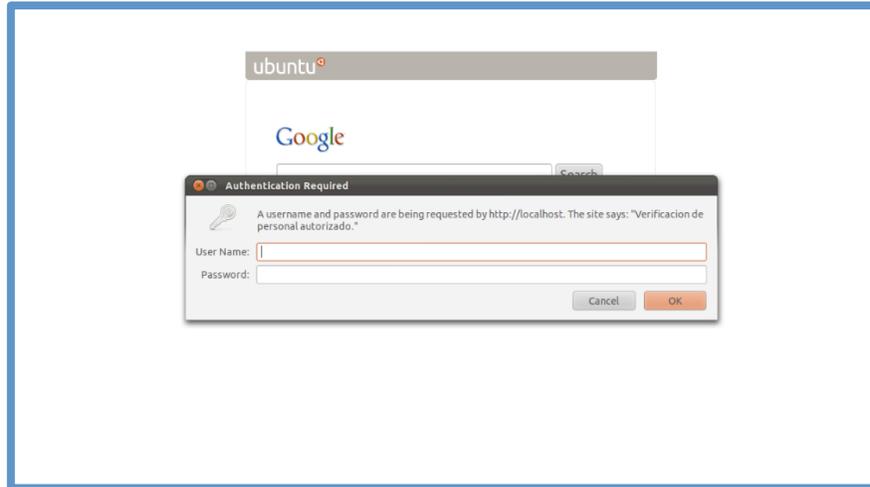


Figura 21. Ventana de seguridad.

Fuente: Elaboración propia.

Una vez logrado el acceso a la aplicación, se mostrará la siguiente página:

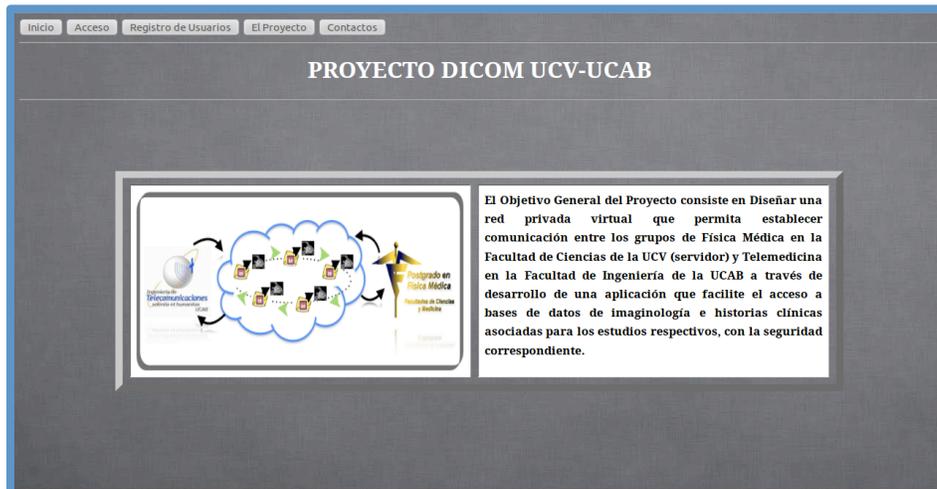


Figura 22. Página de Inicio.

Fuente: Elaboración propia.

Todas las personas que ingresen correctamente la dirección del servidor tendrán acceso al resto de las páginas de la aplicación, mientras que para poder tener acceso a información confidencial debe registrarse previamente.

En el extremo superior izquierdo de la página, se puede observar cinco botones, a través de los cuales puede el usuario acceder a las distintas partes de la aplicación dependiendo de lo que desee hacer. Estos botones se encuentran fijos en el resto de las páginas.

- Inicio: Conduce al usuario a la página principal, la cual contiene información básica del proyecto.
- Acceso: Una vez un usuario ingrese a la aplicación, podrá acceder a la información de los pacientes almacenada en la base de datos luego de ingresar determinada información para verificar la identidad del usuario.



Figura 23. Página de acceso
Fuente: Elaboración propia.

En este apartado pueden ocurrir tres casos:

- Caso 1: Si el usuario ingresa su nombre de usuario y clave correctos, se inicia una sesión y observará en el extremo superior derecho un botón que le da la opción al usuario de salir de la sesión en el momento que lo desee. A partir de ese momento puede acceder a la información de los pacientes.

DISEÑO DE UNA RED PRIVADA DE TELERADIOLOGÍA PARA EL INTERCAMBIO DE IMÁGENES DICOM ENTRE UCV-FÍSICA MÉDICA Y UCAB TELEMEDICINA



Figura 24. Inicio de sesión.
Fuente: Elaboración propia.

En dicha página, se puede visualizar el listado de pacientes que se encuentran en la base de datos, de esa forma puede seleccionar aquel del cual desee obtener información.

Luego, se abrirá una nueva página donde estará una breve historia clínica del paciente y un listado de imágenes en formato DICOM que han sido cargadas a la aplicación y pueden ser descargadas. A un lado del archivo de la imagen se encuentra una breve observación que se le dio en el momento de cargarla.



Figura 25. Información del paciente.
Fuente: Elaboración propia.

DISEÑO DE UNA RED PRIVADA DE TELERADIOLOGÍA PARA EL INTERCAMBIO DE IMÁGENES DICOM ENTRE UCV-FÍSICA MÉDICA Y UCAB TELEMEDICINA

Si desea cargar una imagen, aparecerá la siguiente imagen:



Figura 26. Página para Cargar una imagen.
Fuente: Elaboración propia.

Por el contrario, si desea descargar una imagen, podrá apreciar en pantalla lo siguiente, en la cual podrá seleccionar la imagen que dese:



Figura 27. Página para descargar una imagen.
Fuente: Elaboración propia.

Se puede observar que hay un botón que le permite al usuario eliminar y agregar pacientes en la base de datos desde la aplicación. Si desea eliminar un

DISEÑO DE UNA RED PRIVADA DE TELERADIOLOGÍA PARA EL INTERCAMBIO DE IMÁGENES DICOM ENTRE UCV-FÍSICA MÉDICA Y UCAB TELEMEDICINA

paciente, se mostrará lo siguiente, luego el sistema le preguntará si está seguro de hacerlo:



Figura 28. Para eliminar un paciente.
Fuente: Elaboración propia.

Si desea agregar un paciente, aparecerá la siguiente página, en la cual debe ingresar los datos del paciente, de esa forma se almacenará directamente en la base de datos:

The screenshot shows a web application interface with a navigation bar at the top containing 'Inicio', 'Acceso', 'Registro de Usuarios', 'El Proyecto', 'Contactos', and 'SALIR'. The main heading is 'AGREGAR PACIENTE'. Below the heading, there is a form with the following fields:

Nombre:
Apellido:
Cedula:
Sexo:

Below the form is an 'Aceptar' button.

Figura 29. Página para insertar un paciente.
Fuente: Elaboración propia.

DISEÑO DE UNA RED PRIVADA DE TELERADIOLOGÍA PARA EL INTERCAMBIO DE IMÁGENES DICOM ENTRE UCV-FÍSICA MÉDICA Y UCAB TELEMEDICINA

- Caso 2: Si el usuario intenta acceder y aún no se ha registrado, debe dirigirse al apartado “Registro de Usuarios”.

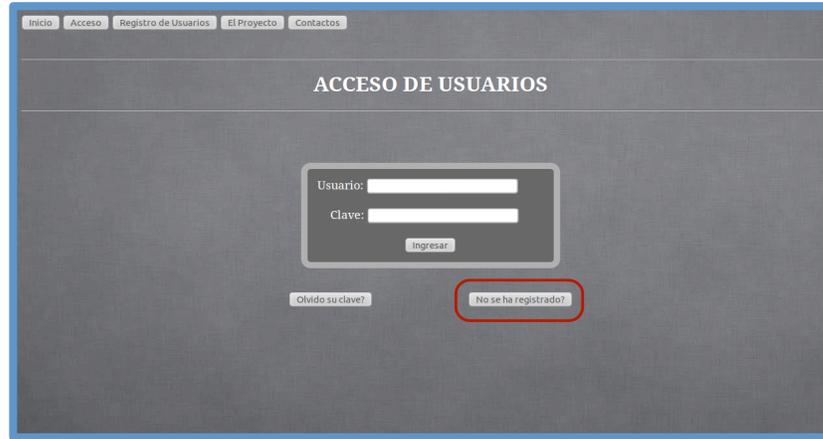


Figura 30. Opción de registro si aún no se ha registrado.
Fuente: Elaboración propia.

- Registro de Usuarios: Le da la oportunidad a todos quienes ingresen a la aplicación de registrarse como usuarios para poder hacer uso de los beneficios que les presta.

Figura 31. Registro de usuarios.
Fuente: Elaboración propia.

Una vez el llenado el formulario de registro, el usuario observará en pantalla el nombre de usuario y clave que ha sido registrado. A continuación se muestra el mensaje que el usuario observará en pantalla.



Figura 32. Confirmación de registro.
Fuente: Elaboración propia.

- Caso 3: Si el usuario ya se registró pero no recuerda su clave, deberá seleccionar el apartado correspondiente con “Olvidó su clave”.



Figura 33. Opción de reenvío de clave.
Fuente: Elaboración propia.

Una vez seleccionado se mostrará en pantalla la siguiente imagen:

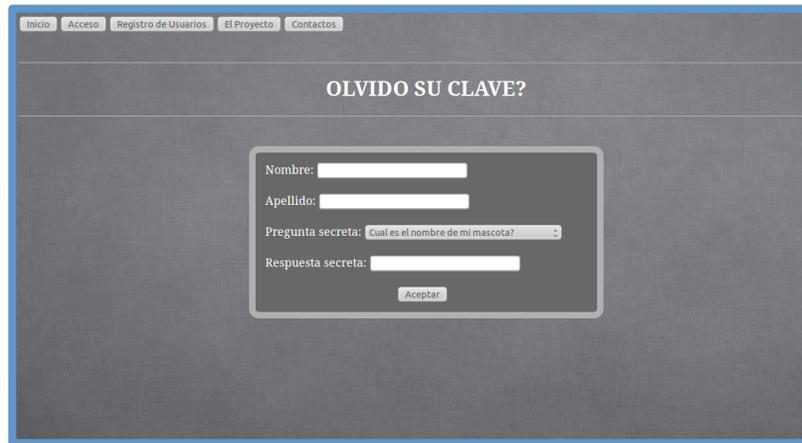


Figura 34. Verificación de los datos para el reenvío de clave.
Fuente: Elaboración propia.

El usuario debe llenar los datos que le son solicitados para que el sistema pueda procesarlos y verificarlos con los datos que reposan en la base de datos. El usuario observará en pantalla su clave si los datos introducidos coinciden con los ingresados al sistema durante su registro.



Figura 35. Recuperación de clave de ingreso.
Fuente: Elaboración propia.

DISEÑO DE UNA RED PRIVADA DE TELERADIOLOGÍA PARA EL INTERCAMBIO DE IMÁGENES DICOM ENTRE UCV-FÍSICA MÉDICA Y UCAB TELEMEDICINA

- El Proyecto: Muestra información acerca del proyecto. Contiene una breve explicación acerca del objetivo general del proyecto.

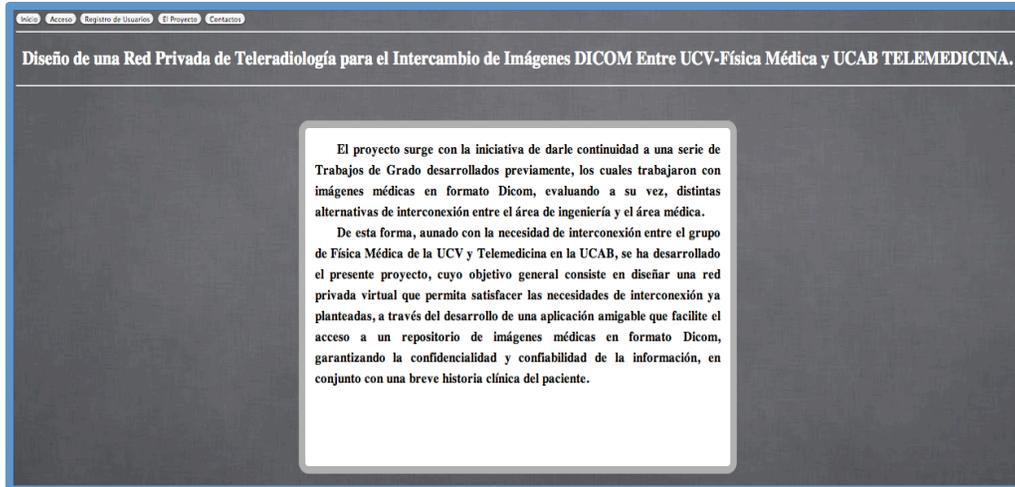


Figura 36. Descripción del Proyecto.

Fuente: Elaboración propia.

- Contacto: Muestra información correspondiente de quienes diseñaron la aplicación, así como una dirección de correo electrónico como medio de contacto en caso de dudas, sugerencias o fallas.



Figura 37. Página de contacto.

Fuente: Elaboración propia.

DISEÑO DE UNA RED PRIVADA DE TELERADIOLOGÍA PARA EL INTERCAMBIO DE IMÁGENES DICOM ENTRE UCV-FÍSICA MÉDICA Y UCAB TELEMEDICINA

Haciendo referencia a los resultados obtenidos al realizar las pruebas de funcionamiento de la aplicación, se tomaron en consideración una serie de parámetros claves para garantizar el correcto funcionamiento, tales como la vinculación entre la base de datos y la aplicación, las restricciones en el acceso de usuarios, inicio y cierre de sesión, carga y descarga de imágenes incluyendo las descripciones asociadas a cada una de ellas, eliminar y agregar pacientes de la base de datos, ofreciendo en todo momento la confidencialidad de la información procesada.

Se utilizó la herramienta libre para Linux *Aeskulap Viewer* para visualizar las imágenes descargadas desde la aplicación, de esa forma el usuario una vez ingrese al visor debe ubicar la imagen en el directorio donde haya sido almacenado, así se le podrá dar el uso que este desee, ya sea emitir algún comentario o evaluarla en algún *software* de investigación (ver figura 38).

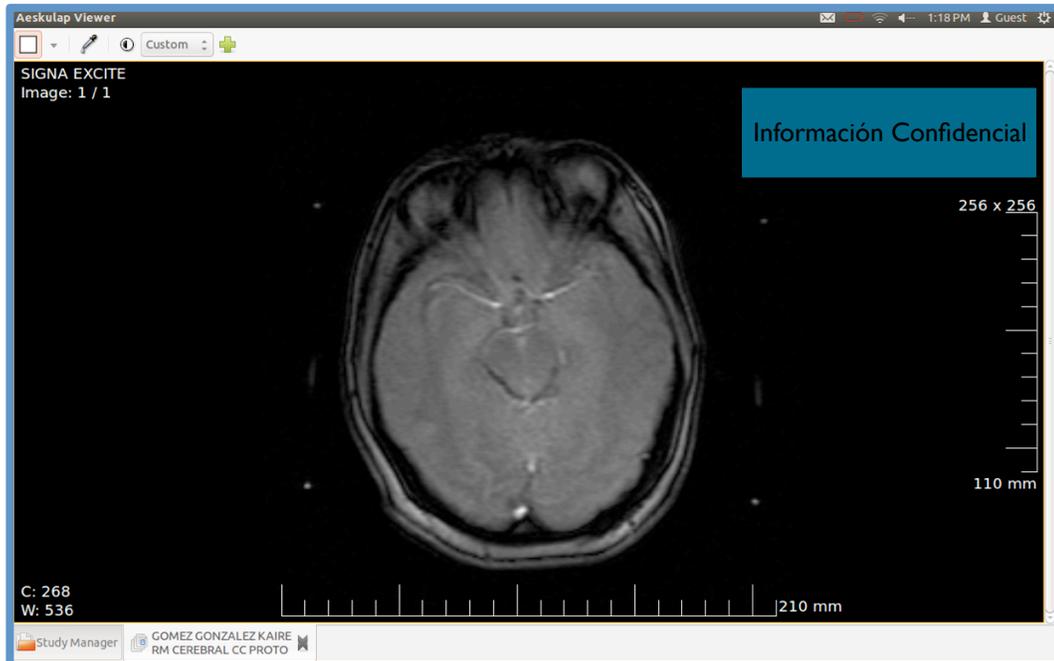


Figura 38. Visualización de imagen DICOM a través de *Aeskulap Viewer*

Fuente: Elaboración propia.

Capítulo VI

Conclusiones y Recomendaciones

Una vez desarrolladas cada una de las partes que componen el trabajo especial de grado, se presentan a continuación las conclusiones y recomendaciones obtenidas luego de su realización.

VI.1 Conclusiones

- El proyecto se desarrolló en equipos que poseen información confidencial y el tipo de información enviada a través de la red también lo es, por lo tanto la protección de la seguridad y confiabilidad de los datos fueron los puntos más importantes a tomar en cuenta tanto en el diseño de la red como en la aplicación.
- El manejo de imágenes DICOM genera beneficios al ecosistema ya que evita el uso de papel para imprimir las imágenes, éstas se mantienen en formato digital y permite realizar un estudio más preciso de la imágenes de radiología, obteniéndose así un diagnóstico más exacto y oportuno.
- El intercambio de imágenes médicas en formato DICOM a través de la red se realiza en forma rápida y efectiva de acuerdo a los resultados obtenidos en las pruebas realizadas referentes a las velocidades de transferencia de datos.
- En cuanto al acceso remoto, SSH resultó en la mayoría de los casos ser más eficiente que VPN ya que no requiere de la instalación de un programa adicional para su uso.

- La configuración de OpenVPN, mientras no se disponga de interfaz gráfica es compleja, ya que hoy en día no existen guías o tutoriales estándar que sean certificados y ofrezcan orientación completa de configuración al usuario, sea o no experimentado en el área.
- Las redes VPN son una alternativa altamente confiable para el intercambio de información confidencial entre dos o mas usuarios, ya que envía la información cifrada a través del tunneling.
- Para optimizar los recursos de la red diseñada, se emplea solo una red privada virtual *Site to Site* entre servidores, garantizando el acceso seguro a la aplicación a través del protocolo SSL, el cual requiere de menor consumo de recursos que una VPN.
- El estudio sobre las propiedades básicas de imágenes médicas en formato DICOM evaluadas al llevar a cabo la caracterización de las imágenes permitió determinar que las imágenes de dicho formato varían en capacidad de acuerdo al tipo de examen médico que representen, en este caso solo fueron considerados de tipo CT (Tomografía computarizada) y MRI (Resonancia magnética).
- La implementación de la aplicación, genera beneficios a los centros de investigación especializados en el área de imaginología, permitiendo así contar con un auténtico repositorio de imágenes DICOM, lo cual facilita el intercambio de este tipo de datos, no solo entre centros de investigación sino también entre centros de salud donde se maneje este tipo de imágenes independientemente de su ubicación geográfica.

- Para agilizar el desarrollo del proyecto es recomendable tener acceso *root* a los servidores involucrados, de esa forma será más práctica la administración de los dispositivos en función de las necesidades del proyecto.

VI.2 Recomendaciones

- Tomando en consideración la privacidad de la información médica de cada paciente, se debe mantener en todo momento la confidencialidad de los datos, por lo tanto es necesario que solo acceda a la aplicación personal debidamente autorizado, en el caso particular del presente trabajo, fue solo personal de la UCV y la UCAB.
- Antes de elaborar el diseño de una red es necesario tomar en consideración el estado y disponibilidad de los equipos a involucrar en el proyecto, aspectos como la capacidad de almacenamiento, seguridad, procesamiento, etc., así como contar con los permisos necesarios para el acceso administrativo al realizar la configuración de los servidores, por ello se sugiere comunicarse constantemente con los distintos departamentos que controlan dichos equipos.
- Previo a la selección de una tecnología o protocolo se recomienda evaluar diferentes alternativas u opciones para de esta manera seleccionar la opción que mejor se ajuste a las necesidades del proyecto.
- El uso de OpenVPN es recomendable solo se tiene acceso a un sistema sin interfaz gráfica, de lo contrario la mejor opción es realizar la VPN con programas más amigables al usuario, de esa forma la configuración de la red privada virtual se hace de forma más sencilla.

DISEÑO DE UNA RED PRIVADA DE TELERADIOLOGÍA PARA EL INTERCAMBIO DE IMÁGENES DICOM ENTRE UCV-FÍSICA MÉDICA Y UCAB TELEMEDICINA

- Debido a que en el diseño de este tipo de redes se manejan protocolos que funcionan a través de la conexión a Internet, es indispensable que dicha conexión sea lo suficientemente estable como para garantizar su funcionamiento, evitando las interrupciones que puedan ocurrir al cargar o descargar una imagen.
- Es recomendable que los archivos correspondientes a la estructura de la aplicación que contengan configuraciones referentes a seguridad y restricción de acceso (como usuarios, contraseñas, entre otros), sean ubicados en un directorio que no pueda ser accedido a través del Internet, garantizando así su confidencialidad.
- Tomando en consideración que el proyecto en su mayoría fue desarrollado en el sistema operativo LINUX versión UBUNTU se sugiere tener acceso a la aplicación a través de computadores con dicho sistema operativo instalado y utilizar el visor *Aeskulap Viewer* para visualizar las imágenes. Al tener acceso desde otros sistemas operativos algunos íconos se pueden ver distintos en pantalla, aunque no es un aspecto relevante.
- Para evitar sobrecargas del servidor, se recomienda hacer la sincronización en horas de poco tráfico y simular localmente la funcionalidad de cada comando antes de ejecutarlos directamente en los servidores.
- El proyecto a través de la aplicación ofrece beneficios en el área de la salud y la investigación, por ello sería interesante ampliar su alcance a centros de salud para de esta forma conformar un repositorio oficial de imágenes médicas en formato DICOM.

Bibliografía

Alejandro. (2010). *Qué es una VPN y Tipos de VPN*. Consultado el día 16/10/2011 de la World Wide Web: <http://enredajo.blogspot.com/2009/03/que-es-una-vpn-y-tipos-de-vpn.html>.

Alfaro, M. (2005). *Teleradiología*. Consultado el día 02/05/2011 de la World Wide Web: <http://www.abimagen.com/>

Benítez, F. y Méndez, A. (2010). *Estudio e implementación, en una red de hospitales, de servicios de intercambio de imágenes médicas, usando FTP y el modelo cliente-servidor*. Trabajo Especial de Grado. Universidad Católica Andrés Bello.

Blanco, H. y Vásquez, A. (2007). *Generalización del sistema PAC*. Consultado el día 05/05/2011 de la World Wide Web:: <http://cencomed.sld.cu/socbio2007/trabajos/pdf/t104.pdf>

Cárdenas, M. (2006). *Teoría sobre un Sistema PACS de Imagen Digital (I)*. Consultado el día 20/10/2011 de la World Wide Web: <http://nidea-soluciones.blogspot.com/2006/11/teora-sobre-un-sistema-pacs-de-imagen.html>

Clotet, R. (s.f.). *Arquitectura de Protocolos*. Manuscrito no publicado.

Cortés, M. (2011). *Qué es Cloud Computing y qué características debe tener un servicio para ser considerado como Cloud Computing. Por qué significa una revolución y cuáles son las ventajas principales y las claves de su importancia*. Consultado el día 30/04/2011 de la World Wide Web:: <http://www.desarrolloweb.com/articulos/cloud-computing.html>

DISEÑO DE UNA RED PRIVADA DE TELERADIOLOGÍA PARA EL INTERCAMBIO DE IMÁGENES DICOM ENTRE UCV-FÍSICA MÉDICA Y UCAB TELEMEDICINA

Cosoi, E. (2002). *Telemedicina en el Mundo*. Revista Chilena de Pediatría. Consultado el 02/05/2011 de la World Wide Web:: http://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0370-41062002000300014&script=sci_arttext.

Díaz, K. y Mazzochi, S. (2009). *Diseño de una Red para las Unidades de Radioterapia Oncológica del Grupo GURVE*. Trabajo especial de grado, Universidad Católica Andrés Bello.

Díaz, G., Forero, M. y Sarmiento, W. (2001). Aplicación para la lectura y conversión de formatos DICOM no estándar y genesis. Consultado el día 30/04/2011 de la World Wide: <http://www.hab2001.sld.cu/arrepdf/00317.pdf>

DICOM México. (2009). *El desarrollo de la teleradiología*. Consultado el día 30/03/2011 de la World Wide Web: <http://www.imagenologia.com.br/radiologia-medica.html>

Express Healthcare. (2010). Consultado el día 20/10/2011 de la World Wide Web: <http://www.actualmed.com/blog/2010/10/20/servidor-pacs-dicom-server/>

Falla, S. (2008). *Cloud Computing*. Consultado el día 15/04/2011 de la World Wide Web:: <http://www.maestrosdelweb.com/editorial/cloud-computing-nueva-era-de-desarrollo/>

Fenelon, S. (s.f.). *La imagenología - una técnica que revoluciona la medicina*. Consultado el día 30/03/2011 de la World Wide Web: <http://www.imagenologia.com.br/radiologia-medica.html>

Fernández, T. (2008). *Ventajas de una VPN*. Consultado el día 16/10/2011 de la World Wide Web: http://www.ac.usc.es/docencia/ASRII/Tema_4html/node19.html

DISEÑO DE UNA RED PRIVADA DE TELERADIOLOGÍA PARA EL INTERCAMBIO DE IMÁGENES DICOM ENTRE UCV-FÍSICA MÉDICA Y UCAB TELEMEDICINA

Figueredo, G. y Sánchez, F. (s.f.). *Aplicaciones informáticas en el ordenador del radiólogo* Jeff (2008). *VPN-Redes Privadas Virtuales*. Consultado el 01/05/2011 de la World Wide Web: <http://es.kioskea.net/contents/initiation/vpn.php3>

Figueredo, G. y Sánchez, F. (s.f.). *Aplicaciones informáticas en el ordenador del radiólogo* Jeff (2008). *VPN-Redes Privadas Virtuales*. Consultado el 01/05/2011 de la World Wide Web: <http://es.kioskea.net/contents/initiation/vpn.php3>

Herrera, J. (2006). *Sistema PACS mínimo basado en el estándar DICOM*. Consultado el día 30/03/2011 de la World Wide Web: http://newton.azc.uam.mx/mcc/01_esp/11_tesis/tesis/terminada/060701_jimenez_herrera_armando.pdf

Herrera, W. (2011). *Qué es el protocolo HTTPS, cómo funciona y para que sirve?*. Consultado el día 30/03/2011 de la World Wide Web: <http://www.webadictos.com.mx/2011/04/13/que-es-el-protocolo-https-y-como-funciona/>

Martín, R. (2006). *Comunicación de Datos en DICOM*. Centro de Física Molecular y Médica, Centro de Física Teórica y Computacional, Escuela de Física, Facultad de Ciencias Universidad Central de Venezuela y Física Médica C.A. Caracas, Venezuela. Seminario en la UCAB 12/06/2011.

Microsoft. (2011). *Configurar servicios de archivo*. Consultado el día 16/10/2011 de la World Wide Web: <http://technet.microsoft.com/es-es/library/dd567676.aspx>

Net Humans. (s.f.). Consultado el día 10/10/2011 de la World Wide Web: <http://www.nethumans.com/solutions/itSecurity/VPN.aspx>

DISEÑO DE UNA RED PRIVADA DE TELERADIOLOGÍA PARA EL INTERCAMBIO DE IMÁGENES DICOM ENTRE UCV-FÍSICA MÉDICA Y UCAB TELEMEDICINA

Nova, D. (s.f.). *Imagenología*. Consultado el día 06/05/2011 de la World Wide Web: http://www.angelfire.com/planet/mundosvirtuales/new_page_3.htm

Oleg, S. (2008). *Digital imaging and communications in Medicine (DICOM)* (1era edición). Boston: Springer.

Oracle. (s.f.). *MySQL 5.5 Reference Manual*. Consultado el día 23/10/2011 de la World Wide Web: <http://dev.mysql.com/doc/refman/5.5/en/index.html>

Pecos, D. (s.f.). *PostgreSQL vs. MySQL*. Consultado el día 23/10/2011 de la World Wide Web: http://danielpecos.com/docs/mysql_postgres/x57.html

Pimentel, A. (2008). *Aplicaciones de los sistemas PACS*. Consultado el día 22/04/2011 de la World Wide Web: http://www.cenetec.salud.gob.mx/descargas/Foro2009MaterialPresentadoPDF/equipoMed/jueves/ris-pacs/APLICACIONES_DEL_SISTEMA_PACS.pdf

Pons, R. (s.f.). *Open VPN COMO*. Consultado el día 23/05/2011 de la World Wide Web: http://laurel.datsi.fi.upm.es/~rpons/openvpn_como/

Ramirez, V. (2009). *Telemedicina y teleradiología*. Consultado el día 05/05/2011 de la World Wide Web: <http://cardonelectiva.blogspot.com/2009/04/telemedicina-y-teleradiologia.html>

TELEMEDCHILE (s.f.). *Teleradiología en Cloud Computing*. Consultado el día 30/04/2011 de la World Wide Web: <http://telemchile.com/v1/portafolio>

Valade, J. (2008). *PHP y MySQL Para Dummies*, 2a Edición.

Universidad de los Andes. (s.f.). *Protocolos de Comunicación*. Consultado el día 20/12/2011 de la World Wide Web: <http://www.forest.ula.ve/~mana/cursos/redes/protocolos.html>

DISEÑO DE UNA RED PRIVADA DE TELERADIOLOGÍA PARA EL INTERCAMBIO DE IMÁGENES DICOM ENTRE UCV-FÍSICA MÉDICA Y UCAB TELEMEDICINA

Universidad de Extremadura. (s.f.). *Red Privada Virtual*. Consultado el día 16/10/2011 de la World Wide Web: <http://campusvirtual.unex.es/cala/cala/mod/resource/view.php?id=1875>

Universidad Pública de Navarra. (s.f.). *TCP: Características Establecimiento y finalización de conexiones*. Consultado el día 20/12/2011 de la World Wide Web: https://www.tlm.unavarra.es/~daniel/docencia/ro_is/ro_is06_07/slides/11-TCP.pdf

Universidad Tecnológica Nacional. (s.f.). *Redes de Información*. Consultado el día 20/12/2011 de la World Wide Web: http://www.google.co.ve/url?sa=t&rct=j&q=protocolo%20udp&source=web&cd=3&ved=0CDkQFjAC&url=http%3A%2F%2Fwww.profesores.frc.utn.edu.ar%2Fsistemas%2Fingsanchez%2FRedes%2FArchivos%2FProtocolo_UDP.pdf&ei=acHwToLILKXt0gGR3JyGAg&usg=AFQjCNHTyI0laHcjG0VWHTPcABL9ugVbKQ
Se

Ximenez, P. (s.f.). *Protocolo SSL (Secure Socket Layer)*. Consultado el día 20/12/2011 de la World Wide Web: <http://www.pedroximenez.com/ssl.htm>

APÉNDICE

APÉNDICE A

Diagrama de la aplicación

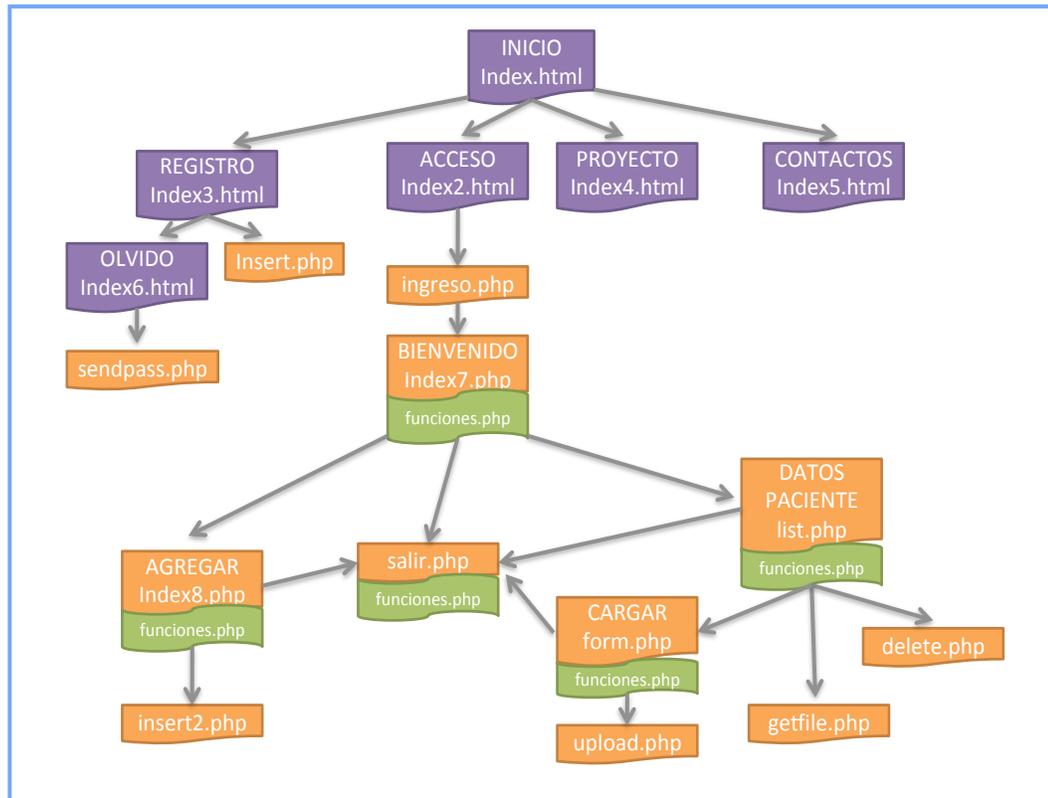


Figura 39. Diagrama estructural de la aplicación.
Fuente: Elaboración propia.

APÉNDICE B

Código fuente de la página que muestra información acerca de los pacientes
existentes en la base de datos

**DISEÑO DE UNA RED PRIVADA DE TELERADIOLOGÍA PARA EL INTERCAMBIO
DE IMÁGENES DICOM ENTRE UCV-FÍSICA MÉDICA Y UCAB TELEMEDICINA**

```
#Se selecciona la base de datos que se va a utilizar
mysql_select_db("tesis",$db);
#Se ejecuta una consulta SQL
$result = mysql_query("SELECT * FROM Pacientes order by nombre",$db);
// Define $color=1
$color="1";
echo "<form action='list.php' method='post'>\n";
echo '<table width="800" border="3" align="center" cellpadding="8"
cellspacing="0">';
echo "<tr
bgcolor='#424242' style='color:#ffffff'><td><center><b>Cedula<b></center></t
d><td><b><center>Nombre<b></center></td><td><b><center>Apellido<b><
/center></td><td><center><b>Seleccion</center><b></td></tr>\n";
while($rows=mysql_fetch_array($result)){
// If $color==1 table row color = #FFC600
$aval=$rows['cedula'];
if($color==1){
echo "<tr bgcolor='#2E2E2E' style='color:#ffffff'>
<td>".$rows['cedula']. "</td><td>".$rows['nombre']. "</td><td>".$rows['apellido'
]. "</td><td><center><input type='radio' id='seleccion' name='seleccion'
value='$aval' </center></td></tr>";
// Set $color==2, for switching to other color
$color="2";
}
// When $color not equal 1, use this table row color
else {
echo "<tr bgcolor='#424242' style='color:#ffffff'>
<td>".$rows['cedula']. "</td><td>".$rows['nombre']. "</td><td>".$rows['apellido'
]. "</td><td><center><input type='radio' id='seleccion' name='seleccion'
value='$aval' </center></td></tr>";
```

**DISEÑO DE UNA RED PRIVADA DE TELERADIOLOGÍA PARA EL INTERCAMBIO
DE IMÁGENES DICOM ENTRE UCV-FÍSICA MÉDICA Y UCAB TELEMEDICINA**

```
// Set $color back to 1
$color="1";
}}
echo '</table>';
echo "<p><center><br /><input type='submit'
value='Aceptar'></center></form>\n";
}else{
header('Location:index2.html');
}?'></body> </html>
```