

ARTÍCULO DE INVESTIGACIÓN

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA PARA ALMACENAMIENTO Y VISUALIZACIÓN DE IMÁGENES RADIOLÓGICAS

Saúl Antonio Cornejo Hernández

0000-0001-6657-5462

e-saul.cornejo@uees.edu.sv,

Yancy Steffany Ventura Aguilar,

0000-0002-5039-5720

Jorge Alberto Campos Rosa

0000-0003-1021-2456

docentes Investigadores de la Facultad de Ingenierías
Universidad Evangélica de El Salvador.

Recibido 11/09/19

Aceptado 26/03/20

RESUMEN

En este artículo se describe el funcionamiento de un sistema que almacene imágenes radiológicas en la Clínica Shalom, diseñado por un equipo de investigadores de la Facultad de Ingenierías como proyecto de innovación que permita la visualización y portabilidad de las imágenes en diferentes dispositivos móviles para un rápido análisis. Además, minimizar los tiempos en la atención, la presentación de diagnóstico y tratamiento médico de los pacientes. Con el desarrollo de este proyecto la Clínica Shalom no debería incurrir en gastos cuando gestione la compra de insumos para revelado de la impresión de las placas radiológicas, tampoco tendría que manipular materiales químicos que dañan el medio ambiente. Se realizó un estudio investigativo exploratorio, tipo de innovación incremental que añade mejoras a un producto existente. (Rodríguez, et al., 2013)

En la metodología para la formulación de la propuesta de solución se entrevistó a las entidades relacionadas (técnico en informática y médicos de la clínica) que se harían cargo del proceso de producción y análisis de placas radiológicas.

Se determinaron dos tipos de variables: *independiente* y *dependiente*; la variable independiente-*causa*, se realizó como proceso de Implementación de Servidores PACS¹; la variables dependientes-*efectos*, como almacenamiento de imágenes en un servidor propiedad de la clínica Shalom. La segunda variable fue la disminución en factor tiempo para la visualización y generación de un diagnóstico clínico.

Palabras Clave: Almacenamiento, imágenes médicas, placas radiológicas, visualización, portabilidad, PACS, El Salvador.

¹ PACS: **picture Archiving and Communication System**, un sistema computarizado para el archivado digital de imágenes médicas.

STORAGE SYSTEM AND DISPLAYING RADIOLOGICAL IMAGES AT CENTRO MÉDICO FAMILIAR SHALOM

Abstract

This article describes the operation of a system that stores radiological images designed by a team of researchers from the Faculty of Engineering as an innovation project at Clínica Shalom that allows the visualization and portability of images on different mobile devices for rapid analysis. In addition to minimizing the time taken to care, the presentation of a medical diagnosis and treatment of patients.

With the development of this project, Clínica Shalom should not incur any expenses in managing the purchase of materials for the development of the printing of the radiological examinations and would not have to handle chemical materials that damage the environment. Thus an exploratory research study was carried out and the type of innovation was incremental adding improvements to an existing product.

The methodology for the formulation of the solution proposal, the related entities (computer technicians and doctors of the clinic) were interviewed in charge of the process of production and analysis of radiological examinations.

Two types of variables were determined: Independent and *Dependent*; as for The Independent variable– Cause, was performed the Picture Archiving and Communication System PACS² and Variable Dependent–Effect was the storage of images on a server owned by clínica Shalom. The second variable was the decrease in time factor for the visualization and generation of a clinical diagnosis.

Keywords: storage, images, plates, radiological, visualization, portability, chemical materials, El Salvador.

² PACS: Picture Archiving and Communication System, a computerized system for digital archiving of medical images.

INTRODUCCIÓN

Esta investigación tuvo como principal objetivo diseñar un sistema que almacene imágenes radiológicas que permita la visualización, portabilidad y rápido acceso— desde diferentes medios digitales: un sistema de **Transmisión y Almacenamiento de Imágenes Radiológicas** para promover la portabilidad y almacenaje seguro de las radiografías en formato digital en el expediente médico del paciente disponible en la clínica que lo atienda.

Respecto al desarrollo de estas técnicas de procesamiento de imágenes digitales, se propició la creación de departamentos especializados en radiología digital formados por los equipos de adquisición de imágenes, la puerta de enlace de adquisición, la infraestructura de comunicaciones, servidores de bases de datos y las estaciones de visualización y procesamiento de la información; integrados por las redes digitales y software de aplicación. Este tipo de sistemas se conoce como Sistemas de Transmisión y Almacenamiento de Imágenes (en adelante PACS por sus siglas en inglés). A nivel internacional la comercialización de servidores de imágenes se encuentra fundamentalmente en manos de grandes compañías como General Electric, Siemens AG, Philips, Kodak, Agfa, Digital Imaging, Fujifilm y algunas otras. (González, 2007)

Por lo tanto, adquirir este tipo de tecnología implica un alto costo de inversión, aunque algunos difieren que el costo no se refleja en el software, si es apreciable el alto costo en el hardware específico de la solución. Además, presenta limitaciones como la atadura a plataformas específicas como Sistemas Operativos Windows o a Gestores de Bases de Datos Relacionales determinados. (González, 2007)

Por ejemplo, en el caso de servidores de elevado rendimiento siempre utilizan gestores de bases de datos comerciales como SQL Server y Oracle (Oracle Corporation, 2017), cuyas licencias son sumamente costosas, mientras que aquellos que utilizan gestores libres se

adhieren a opciones como MySQL, conveniente para manejar los inmensos niveles de información generada por los equipos en hospitales o clínicas radiológicas. (Guzmán, et al., 2014)

En 2005 se planteó la idea de desarrollar una nueva solución para evitar la importación de soluciones extranjeras como el SAVIM, sistema que fue utilizado en algunos hospitales y clínicas de Cuba. El sistema desarrollado por la UCI conocido como PACS está siendo explotado en varios hospitales nacionales y en el Complejo de Salud Integral «Dr. Salvador Allende», en Venezuela. (Guzmán, et al., 2014).

Considerando el contexto anterior se realizó esta investigación que contribuya al desarrollo, configuración y manejo de servidores PACS para facilitar a clínicas y – a largo plazo– a hospitales de El Salvador instalar almacenamiento de imágenes radiológicas en formato digital y reducir considerablemente el consumo y costo de insumos para la impresión de placas radiológicas.

METODOLOGÍA

La investigación fue de tipo incremental con un enfoque exploratorio que se ejecutó con la tecnología Open Source y la propuesta se diseñó para cumplir con los objetivos para realizar modelo metodológico que facilitó la configuración de los equipos y la implementación del Sistema PACS.

Es así como el proceso de investigación requirió el apoyo de la Clínica Shalom, como objeto de estudio, debido a que reunía los requisitos del perfil requerido para el proyecto de innovación; la ubicación geográfica de la clínica es Carretera Antigua a Zacatecoluca en km. 13 1/2, Reparto Bolívar, Santiago Texacuangos, Apartado postal 05-141, San Salvador, El Salvador. C.A., para recopilar la información se empleó las siguientes metodologías de investigación:

Visitas de Campo: tendrían como objetivo determinar los requerimientos tecnológicos necesarios para efectuar la implementación.

Entrevista: dirigida al personal médico y técnico de la clínica para establecer los parámetros de necesidades y procesos que se siguen en la atención y servicio de radiología en pacientes al implementarse el Sistema PACS.

Metodología de Ciclo de Vida del Desarrollo de Sistemas Informático

Este consiste en aplicar las fases del Diseño y Desarrollo de un sistema informático, usando una metodología de modelo de ciclo de vida clásico denominado: *Modelo en Cascada* que pasa en orden de una etapa a la siguiente solo tras finalizar con éxito las tareas de verificación y validación propias de la etapa. Si es necesario, únicamente se da marcha atrás hasta la fase inmediatamente anterior. Este modelo tradicional de ciclo de vida exige una aproximación secuencial al proceso de desarrollo del software.

La metodología implementada— durante este proyecto— tiene mucha relación con la aplicabilidad de herramientas tecnológicas que satisfacen necesidades identificadas con instrumentos de recopilación de datos e información proporcionada por personal de la clínica en el periodo marzo a mayo de 2018.

Por lo tanto, para lograr la ejecución del proyecto de innovación se tuvo que superar los siguientes aspectos:

- La Clínica Shalom no brindaba servicios de radiología a pacientes, a pesar de contar con el equipo tecnológico para el servicio.
- No disponía de una estructura de red exclusiva para el Servidor de Imagen a implementar.

- No contaba con infraestructura tecnológica adecuada en funcionamiento.
- Se concluyó, a través del diagnóstico inicial, que la clínica no disponía de un Sistema de Imágenes PACS para almacenamiento, clasificación y recepción de imágenes radiológicas.
- No disponía de la automatización de los cuadros clínicos que dificultaba la captura de datos de los pacientes.

En cuanto a la referencia para la compra de un sistema de esta índole; aunque en el mercado existe este tipo de servicios, los costos de inversión para la adquisición son elevados, oscilando la venta con opción a financiamiento entre \$39 087 50 + IVA y \$45 000 + IVA.

También se podía optar por alquilar el equipo por 36 meses con un costo en el mercado de \$1799 + IVA mensual que representa un limitante para clínica.

Por lo tanto, para la ejecución del proyecto de innovación se desarrollaron las siguientes fases o etapas::

Fase I: Análisis de la Documentación Técnica

En esta fase se realizó la investigación técnica del equipo de radiología de la clínica para determinar si era viable su instalación, con la finalidad de determinar los elementos electrónicos que debían adquirirse en el mercado local y la descarga de las herramientas de programación necesarias para la instalación del software.

Por otra parte, en esta fase fue necesario que los investigadores dispusieran de tiempo para fortalecer sus conocimientos en el uso de las herramientas de software, adquirir las destrezas de protocolo DICOM y PACS-RIS-HIS para proceder al diseño de la solución final. Además, DICOM ha sido adoptado ampliamente por hospitales, consultorios de

dentistas, médicos y especialistas de la salud. (Copyright © Ingeniería Desarrollo Cloud, S.L, 2015)

A continuación, se muestra un breve detalle de los aspectos recolectados en el diagnóstico inicial. La Clínica Asistencial Shalom dispone en el área de Radiología de los siguientes equipos:

- **Equipos para Radioterapia:** *la radioterapia es la forma de tratamiento basado en el empleo de radiaciones ionizantes (rayos X o radioactividad que incluye los rayos gamma y las partículas alfa).* (MEDYRAD - Medicina y Radiología Especializada, S.A. 2017)

- **Mamógrafo:** *un aparato que dispone de tubos de emisión de rayos X especialmente adaptados para conseguir la mayor resolución posible en la visualización de las estructuras fibroepiteliales internas de la glándula mamaria. Este es un aparato eléctrico muy utilizado para el estudio mamográfico (mamas) en las mujeres y la detección del cáncer de mamas. Posee muy poca radiación y se expone el paciente un 50%.* (MEDYRAD - Medicina y Radiología Especializada, S.A. 2017)

- **Equipos de Rayos X Dentales:** *los equipos dentales de rayos X son una herramienta útil para los profesionales odontólogos, contribuyen a un mejor diagnóstico del paciente atendido y a un tratamiento eficaz. Sin embargo, por tratarse de un equipo emisor de radiación X, ocasiona dosis de radiación de las cuales se debe proteger al operador y al paciente.* (MEDYRAD - Medicina y Radiología Especializada, S.A. 2017)

Fase II: Diseño de Software y Hardware

El objetivo de esta fase fue desarrollar los diseños de servidores (características de Hardware), se determinó el lenguaje de programación, la interfaz web y otros para que el grupo de investigadores y especialistas del proyecto los evaluara.

También– en esta fase– fue necesario establecer estándares para la implementación de DICOM, TCP/IP, así como la interface

web necesaria para su integración en un solo sitio web.

Fase III: Instalación y configuración del software

La ejecución del proyecto de innovación se desarrolló en esta fase, se tomaron las directrices del grupo de investigación con el propósito de instalar el software PACS. Esta etapa-la de mayor duración- permitió involucrar pruebas y ofrecer solución a los errores detectados, antes de la fase de implementación.

Fase IV: Implantación Capacitación de los Clientes

En esta fase se capacitó a los usuarios finales en el uso del software: dos médicos y dos miembros del personal administrativo de la clínica para la visualización y ejecución en una jornada de 6 horas con apoyo y logística del personal de la clínica. El resultado obtenido fue la aceptación en el funcionamiento y facilidad en el uso del sistema de los profesionales.

Fase V: Puesta en Operación Ejecución

Esta fase comprendió la entrega del Sistemas de Transmisión y Almacenamiento de Imágenes (PACS) a la Clínica Médica Shalom y a la FIUEES, y su posterior ejecución y operatividad.

Monitoreo y Evaluación

Luego del desarrollo de las cinco fases del proyecto de innovación se monitoreó el cumplimiento efectivo de la implementación del sistema PACS, para lograr su eficiencia y eficacia en el momento de brindar el servicio de radiología a los pacientes que lo requieran. En la ejecución se logró minimizar el tiempo de atención del paciente para la toma de placa radiológica y costo de inversión.

A continuación, se presenta una tabla de resultados de la medición de tiempo, costo y porcentaje de reducción estimado por paciente.

Crterios	Producción de placas radiológicas	Digitalización de Imágenes	Reducción en Porcentaje
Tiempo	8 Horas	0.50 Hora	93.75%
Valor Monetario	\$30.00	\$2.00*	93.33%

* Consulta médica, pago simbólico por evaluación con médico de la clínica.

Tabla 1. Tabla: Criterios de tiempo y costo sin sistema y con implementación del sistema PACS. **Fuentes:** Propia.

Además, durante la capacitación del personal médico se realizó la evaluación del desempeño del servidor con múltiples accesos, respondiendo el servidor adecuadamente.

Diseño de la Innovación

En el siguiente esquema se detalla el diseño que se siguió en la implementación del sistema de

imágenes PACS orientado a la Clínica Shalom. (Figura 1)

Este sistema tendrá una interfaz que gestione el transporte de las imágenes digitales al servidor

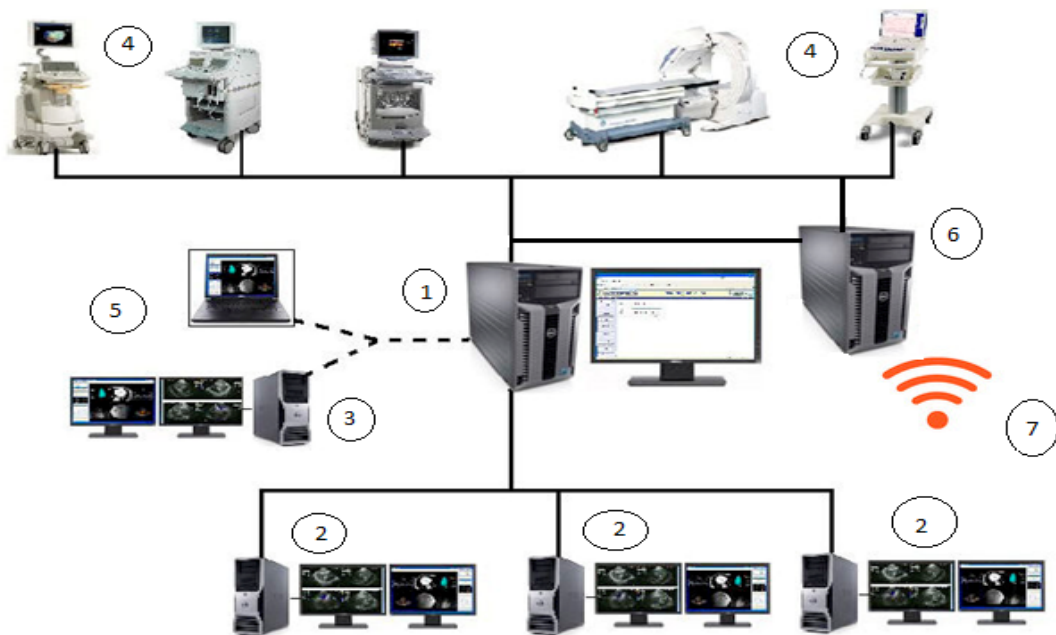


Figura.1 Propuesta de Solución Tecnológica. **Fuentes:** Propia.

A continuación, se detalla cada uno de los componentes básicos de la propuesta de solución planteada para implementar un sistema PACS:

1. **Servidor Central PACS:** se compone del hardware principal del sistema. Servidor marca IBM 2530, con 16GB en RAM, procesador XEON 2.4 L2, 800GB en Disco Duro, dos tarjetas de red de 100MBits ETH/UTP/RJ45 para ser montado Rack. Sistema operativo LINUX UBUNTU 14.0.
2. **Estación de trabajo PACS:** permite a los radiólogos la visualización y análisis de las imágenes digitales. Computadoras personales marca DELL modelo PowerView, con CASE mini tower, con 4GB RAM, discos duros de 500GB, Sistema Operativo Windows 7 y tarjetas de video NVIDIA 4700X de 1GB de RAM, interface para dos monitores, tarjeta de red de Giga Ethernet 10/100/1000 bits, Monitores LCD de 22 pulgadas de grado médico 5.
3. **Sistema de Base de Datos:** se encarga de gestionar el almacén de toda la información e imágenes del sistema PACS, conformado por la Base de Datos Open Source MYSQL SERVER 5.0 stable, las imágenes almacenadas son guardadas en directorios fuente tomado como referencia el número UID, en la base de datos son almacenados los datos de número de orden, UID, número de estudio, serie y modalidad.
4. **Servidor DICOM:** responsable de toda la comunicación DICOM con las modalidades de imagen (como por ejemplo Tac o Resonancia Magnética), otros servidores PACS y estaciones de trabajo DICOM; se utiliza el software Open Source DCM4CHEE como servidor de administración DICOM, este software

DCM4CHEE es una colección de aplicaciones y utilidades de código abierto para las instituciones de salud. Estas aplicaciones se han desarrollado en el lenguaje de programación Java (Lenguajes de Programación ©, 2016) para

rendimiento y portabilidad, admitiendo la implementación en JDK 1.6 y posteriores.

DCM4CHEE es un administrador de imágenes/archivo de imágenes (según IHE). La aplicación contiene los servicios e interfaces DICOM, HL7 que se requiere para proporcionar almacenamiento, recuperación y flujo de trabajo a un entorno de atención médica, dcm4chee está pre-empaquetado e implementado dentro del servidor de aplicaciones JBoss.

Al aprovechar muchas funciones de JBoss (JMS, EJB, Servlet Engine, entre otros) y asumir el rol de varios actores de IHE para facilitar la interoperabilidad, la aplicación ofrece muchos servicios robustos y escalables, los servicios implementados son:

- DICOM Storage
- DICOM Query/Retrieve
- WADO and RID
- HL7 Server

5. **Sistema de almacenamiento:** es el soporte físico requerido para almacenar las imágenes DICOM del sistema PACS, está conformado por un arreglo RAID 1 (sumatoria de espacio total de discos) en el Servidor con 4 discos para hacer un almacenamiento total de 1.0 TB. En la clínica Shalom se dispone de equipos para radiografía simple y mamografía; además se estima que el disco duro de un TB, podrá almacenar en promedio un total de 20 480 imágenes con un tamaño que oscile entre 30 MB y 50 MB. Si la demanda de toma de radiografía tuviera en promedio 13 pacientes que requieren un promedio de 3 placas cada uno a la semana y 676 pacientes al año la capacidad de almacenamiento del disco duro actual rondaría los 10 años, con mantenimiento y control de copias de seguridad estimadas por la clínica Shalom. A continuación, se detalla el tiempo y espacio de almacenamiento del disco duro.

Paciente que requieren placas por año	Tamaño de Imagen radiológica (Simple o mamografía)	Cantidad de Radiografías por paciente por año	Cantidad de MB por año	Tiempo estimado de almacenamiento del Disco Duro.
676 pacientes	30 MB – 50 MB	2,028 Rx. Aprox.	99.00 GB Aprox.	10 años.* Pero se recomienda que no se extienda de 5 años.

Tabla 2. Estimación de tiempo y espacio de almacenamiento del disco duro. **Fuentes:** Propia.

6. **Interfaces a RIS/HIS:** consolida toda la información del paciente desde diferentes fuentes, permitiendo un flujo de trabajo idóneo; para ello se utiliza el Software MICRO DICOM VIEWER 2.0 que proporciona la interface para recuperar los datos de los pacientes y sus imágenes radiológicas, tomando como parámetro de búsqueda Fecha y Hora que se realiza en el estudio, número de identificación del estudio, número de identificación del paciente (carnet o número de registro), tipo de estudio.

7. **Servidor Web para Acceso Remoto:** imprescindible para tele-radiología. Mediante el acceso Web, las imágenes e información almacenadas en el servidor PACS pueden ser accedidas mediante un navegador web, por ejemplo, Internet Explorer, Mozilla Firefox, Safari, entre otros. (NeoLogicalIT, 2016) Cabe considerar que para el acceso a las imágenes radiológicas se manejan protocolos de seguridad en tres aspectos: el hardware, el software y la red.

Hardware: acceso restringido al área donde se encuentra ubicado el servidor (espacio asignado por el administrador del área informática de la clínica), el servidor no podrá ser manipulado por ninguna persona que no cuente con los permisos respectivos para operar de manera física cables, limpieza o mantenimiento del servidor.

Software: para el ingreso al sistema PACS se requiere de un usuario y contraseña asignados por el administrador del sistema. Se han establecido tres roles de usuarios: (1) Admi-

nistrador: administración de usuarios y privilegios de acceso al personal médico requerido- encargado generar copias de seguridad de las imágenes), (2) Técnico: personal médico encargado de almacenar las imágenes radiológicas en el sistema) y (3) Médico: encargado de visualizar las imágenes radiológicas almacenadas en el sistema de cada paciente asignado según su especialidad.

Red: se cuenta con un protocolo de seguridad que consiste en la configuración de una red local donde se administrará el ingreso de usuarios autorizados.

Este diseño permite la implementación de un sistema que almacene imágenes radiológicas, su visualización y portabilidad para un rápido análisis que garantice la buena atención de los pacientes.

No habrá una versión operativa del sistema hasta llegar a las etapas finales del proyecto, por lo se podrá rectificar cualquier decisión tomada erróneamente en las etapas iniciales del proyecto sin un coste adicional significativo económico y temporal (sin tener en cuenta la mala impresión causada por un retraso en la fecha de entrega). (Fowler, 2003)

Se debe considerar para la etapa de implementación que los equipos cumplan con los requisitos mínimos para la instalación que a continuación se detallan:

Características de estación de Trabajo

- Monitor de 17 pulgadas
- Teclado
- Mouse
- CPU
- Video Zotac G210 1024MB DDR3 Synergy Edition.
- CPU Pentium Dual Core G3220 3.0 GHz (1150)
- G.Skill® DDR2 1GB 800Mhz PC2-6400
- WD® Disco Duro 500GB Sata3 7200 rpm 16MB Caviar Blue:
- ECS® M/B Intel H81H3-M4 A/L/V (1150)
- Respaldo de Energía Eléctrica UPS

RESULTADOS

Para describir los resultados del desarrollo del proyecto de innovación se diseñó una tabla comparativa entre el servicio de placas radiológicas tradicional con el manejo y administración de imágenes radiológicas en formato digital.

Manejo de Imágenes Radiológicas tradicionales	Manejo de imágenes radiológicas digitales aplicando proceso innovador
<ul style="list-style-type: none"> • La clínica Shalom incurre a gastos excesivos al querer gestionar la impresión de las placas radiológicas. • Si el paciente requiere la toma de una placa radiológica, deberá acudir a un laboratorio clínico, incurriendo en costos adicionales. • El paciente debe transportar la placa a la clínica para la revisión médica respectiva, exponiéndose a olvidos o pérdidas. • Cuando el paciente transporta la placa radiológica sufre deterioro (dobles, pérdida de la calidad en la imagen impresa) • Los materiales y químicos que se utilizan para la impresión de placas, causa daños al medio ambiente. 	<ul style="list-style-type: none"> • Con la implementación del Sistemas de Imágenes Radiológicas, la clínica Shalom no incurra a gastos excesivos al querer gestionar la compra y la impresión de las placas radiológicas y materiales químicos debido que las imagines una vez tomadas del paciente se envían a un servidor local. • La generación de imágenes en formato digital evita que el paciente tenga que acudir a un laboratorio clínico, incurriendo en costos adicionales. • El medico tiene acceso a las imágenes radiológicas digitales del paciente desde la base de datos del servidor de imágenes, evitando que el paciente tenga que trasportar las placas radiológicas. • Con las imágenes radiológicas en formato digital se evita la generación de residuo tóxico que dañan al medio y costos que se generan a los tratamientos de estos.

Tabla 3. Proceso tradicional vs. proceso innovador de la clínica para manejo de placas radiológicas de pacientes.

Fuentes: Propia.

Por lo tanto, los cambios observados en el proceso de implementación son los siguiente:

- Mejor control en administración de las imágenes radiológicas en formato digital.
- Facilitar al médico el acceso a las imágenes radiológicas de cada paciente desde el sistema PACS, mediante dispositivos de red local e inalámbrica.
- Menor costo en el manejo de imágenes radiológicas.
- Permite llevar un historial evolutivo por paciente, que facilite su diagnóstico.

- Evita el consumo de láminas para impresión de imágenes radiológicas.
- Evita el consumo de papel que se genera para el almacenamiento de imágenes radiológicas.
- Menor consumo de energía eléctrica y recurso humano.
- Se elimina el uso de materiales químicos, contribuyendo así a la conservación del medio ambiente.

En el siguiente esquema se muestra el proceso tradicional de la clínica antes de implementar el sistema PACS y luego como se ha mejorado en costo de inversión, tiempo y atención una vez implementado el sistema.



Figura.2. Proceso tradicional de la clínica para manejo de placas radiológicas de pacientes **Fuentes:** Propia

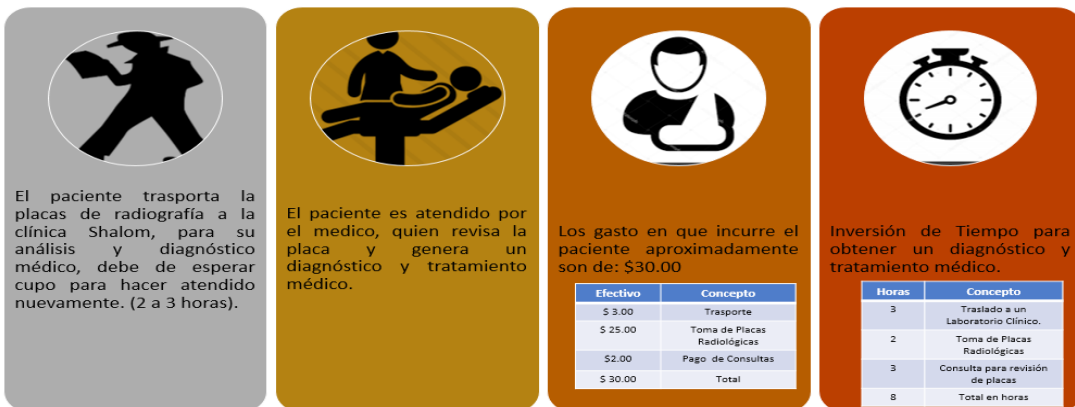


Figura.3. Proceso tradicional de la clínica para presentar placas radiológicas de pacientes en consulta médica **Fuentes:** Propia



Figura.4. Proceso para presentar placas radiológicas de pacientes en consulta médica, aplicando el sistema PACS

Fuentes: Propia

DISCUSIÓN

El Proyecto de Innovación presentado en este artículo es un aporte que permitirá a la clínica Shalom brindar servicios en el área de radiología a los pacientes que lo requieran a través de la creación e implementación del Sistema de Imágenes Radiológicas, disminuyendo los gastos excesivos al gestionar la impresión de las placas radiológicas y la compra de materiales químicos para el revelado tradicional. El sistema PACS permitirá que una vez tomada la placa del paciente se envíe a un servidor donde serán almacenadas, luego el médico podrá visualizar las radiografías en formato digital por la interfaz creada a través de la computadora o cualquier dispositivo conectado en la red local.

El médico tiene acceso a las imágenes radiológicas digitales del paciente desde la base de datos del servidor de imágenes el cual estará configurado en las instalaciones de la clínica, evitando que el paciente acuda a un laboratorio clínico externo y regrese para su diagnóstico y tratamiento médico requerido, que representa costos adicionales para la toma de placas que sufren daños, deterioros o pérdida. Además, con las imágenes digitales se evita la generación de residuos tóxicos que dañan el medio ambiente y generan costos a la clínica en el tratamiento de estos.

CONCLUSIONES

La implementación del Sistema de Imágenes Radiológicas contribuye de manera directa a beneficiar a la población más necesitada de Santiago Texacuangos y zonas aledañas; disminuyendo costos, tiempo y brindando un mejor control médico. Además, agiliza el tiempo de respuesta al paciente en un diagnóstico y tratamiento médico específico que contribuya a una mejor calidad de vida.

Se instaló y configuró el nuevo sistema PACS en Centro Médico Familiar Shalom, ubicado en Santiago Texacuangos, con recursos proporcionados por la Facultad de Ingenierías de la Universidad Evangélica de El Salvador y los insumos de la clínica.

El diseño, creación e implantación del sistema de almacenamiento de imágenes influyó en la eficiencia de los procesos administrativos y en la atención de los pacientes, agilizando el manejo del historial evolutivo de cada uno.

Además, se puede concluir que con la eliminación del uso de materiales químicos para impresión de placas radiológicas se contribuye a proteger el medio ambiente.

RECOMENDACIONES

Se recomienda al personal médico que se mantenga en constante capacitación en el área técnica.

Contratar a un administrador de servidores para la gestión de imágenes radiológicas y mantenimiento del servidor para administrar la capacidad de almacenamiento y resguardo de datos.

Se recomienda un plan de mantenimiento periódico para todos los equipos informáticos, principalmente, los que se conecten al servidor de imágenes por medio de la red.

Colocar un perímetro de seguridad en la red para evitar invasores o usuarios no autorizados.

Se recomienda la ampliación física del área de servidores para garantizar el buen rendimiento y estado de los equipos informáticos.

Desarrollar un plan de actualización del sistema de imágenes radiológicas para que se mantenga según los avances tecnológicos de hardware y software.

Se recomienda un constante monitoreo del nivel de almacenamiento de imágenes para evitar saturación en disco duro y establecer un plan de configuración de copias de respaldo (Backup) recomendado en un periodo de 30 días como mínimo.

Propuestas de expansión

El servidor de imágenes radiológicas deberá tener su propio dominio de conexión a nivel de internet. Esto permitirá que el sistema funcione a nivel nacional, tomando en cuenta que los centros de salud que se conecten brinden el servicio de radiografías y equipos tecnológicos adecuados.

AGRADECIMIENTOS

El autor agradece primeramente a Dios Todopoderoso por darnos la salud, sabiduría y destrezas necesarias para culminar con éxito este proyecto de investigación, a las autoridades de la Universidad Evangélica de El Salvador (UEES), al grupo de docentes de la Facultad de Ingenierías por su apoyo a la investigación entre los que puedo mencionar a la ingeniera Yancy Steffany Ventura y al ingeniero Jorge Alberto Campos Rosa.

Referencias Bibliográficas

- Copyright © (2015). Ingeniería Desarrollo Cloud, S.L. ¿Qué es el formato DICOM? <https://clinic-cloud.com/formato-dicom-que-es-estandar-image-nes-medicas/>
- González Rodríguez. L, Durañona Yero Y. Servidor de Imágenes Médicas (Cassandra Server). Cuba: s.n.; 2007.
- Guzmán Díaz, Carlos, & Vega Aguilar, Denys Bárbaro. (2014). Sistema para el almacenamiento y transmisión de imágenes médicas, versión 3.0. Revista Cubana de Informática Médica, 6 (1), 17-23. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1684-18592014000100003&lng=es&tlng=es
- Lenguajes de Programación ©, 2016 <http://www.lenguajes-de-programacion.com/programacion-java.shtml>
- Martin Fowler: "Patterns of Enterprise Application Architecture", Addison-Wesley, 2003. ISBN 0321127420. <http://flanagan.ugr.es/docencia/2005-2006/2/apuntes/ciclovida.pdf>
- MEDYRAD - Medicina y Radiología Especializada, S.A. - <http://www.medyrad.net/mamografia>
- NeoLogicalIT (2016). ¿Necesita archivar sus imágenes médicas? <https://www.neologica.it/spa/Products/LogiPACS>
- Oracle Corporation. ¿Qué es la tecnología Java y para qué la necesito? https://www.java.com/es/download/faq/whatis_java.xml
- Oracle, la base de datos de código abierto más popular del mercado. <https://www.oracle.com/es/mysql/index.html>
- Rodríguez, M., de Parada, A. & Bautista, F. (2013). Cómo se desarrolla una innovación. En Lineamientos Básicos para Elaboración de Anteproyectos e Informe de Investigación o de Innovación. San Salvador: Editorial: UEES. Pág. 37.