

Visor de imágenes médicas digitales web

Web viewer for digital medical images

Ing. Carlos Luis Castro Márquez,^I Ing. Alejandro Delgado García^{II}

^IUniversidad de las Ciencias Informáticas, Cuba. E-mail: clcastro@uci.cu

^{II}Universidad de las Ciencias Informáticas, Cuba. E-mail: adgarcia@uci.cu

RESUMEN

El desarrollo de las tecnologías ha facilitado la creación de soluciones médicas que agilizan las tareas de los especialistas. A través del uso de este tipo de sistemas, consultorios médicos, clínicas, centros de imagen y departamentos de diagnóstico por imágenes pueden tener a gran velocidad servicios de Internet a su alcance y capacidades de archivo que alguna vez fueron solo para los grandes hospitales. La Universidad de las Ciencias Informáticas ha desarrollado la solución alas PACS-RIS, pero este sistema debido a sus características específicas no causa el impacto deseado debido a los grandes costos de tiempo de instalación y configuración, su uso limitado a plataformas propietarias, la necesidad de equipo de altas prestaciones, entre otras causas. Se presenta la propuesta de solución de software desarrollada para la visualización de imágenes médicas. El sistema está diseñado para ofrecer al personal médico, servicios en línea que faciliten la ejecución de sus tareas. Facilita a los especialistas una gama de herramientas básicas para la visualización y procesamiento de imágenes médicas y creación de los reportes de estudios realizados a pacientes. La aplicación fue desarrollada sobre la plataforma .NET 4.0 con lenguajes de programación C#, JavaScript, HTML5, CSS3. Se utilizaron además las librerías jQuery, Knockout y además de MVVM como patrón arquitectónico para la capa de presentación. El sistema se integra a la solución alas PACS-RIS y está diseñada para que finalmente sea utilizada en dispositivos móviles como celulares y Tablet PC.

Palabras clave: visualización de imágenes en la web, imágenes médicas digitales, PACS web.

ABSTRACT

The actual development of technologies increases the creation of medical solutions that improve the specialist's tasks. Through the usage of this kind of systems, medical institutions, clinics, image centers and image diagnostic departments can use huge speed internet services and storage capacities that once could only have big hospitals. The Informatics Science University has develop the alas PACS-RIS solution, but this system, due to its specific characteristics, didn't cause the wished impact, due to the big time costs of installation and configuration, the limited use under proprietary platforms, the use in high end computers, among others. This paper has the fundamental objective of develop a web application that allows the medical images visualization and management of image studies reports. Presents a software solution developed in .NET 4.0 platform, with programming languages such as: C#, JavaScript, HTML5, CSS3. Also were used the libraries, jQuery, Knockout, and MVVM as architectural pattern for presentation layer. This solution is integrated with alas PACS-RIS system and is designed for the usage in mobile platforms such as: Mobiles and Tablets PC.

Key Words: display images on the web, digital medical images, PACS web.

INTRODUCCIÓN

El Internet ha sido la última maravilla de las comunicaciones en la historia mundial reciente porque permite conectar a las personas de todo el mundo de forma rápida y poco costosa. Esa capacidad de comunicación está también disponible en el campo de la medicina. En Internet abundan los sitios dedicados a la salud y a la investigación. El especialista interesado no puede dejar pasar la oportunidad de estar al día en las últimas novedades científicas que se producen en cualquier lugar del mundo.^{1,2}

Para la lograr la comunicación entre los sistemas médicos, varias compañías se dieron la tarea de desarrollar estándares que permitieran la correcta integración entre los mismos. Entre los estándares más utilizados por la industria médica en la actualidad se encuentran HL7 y DICOM.

DICOM 3.0 surge a partir del estándar ACR-NEMA 2.0 en el año 1993, y ha facilitado la interoperabilidad entre equipos imangenológicos por lo que es considerado el estándar industrial para la transferencia y visualización de imágenes médicas digitales y la información asociada a ellas.

A través del uso de soluciones que emplean el estándar DICOM, consultorios médicos, clínicas, centros de imagen y departamentos de radiología pueden tener a altas velocidades servicios de Internet a su alcance y capacidades de archivo que alguna vez fueron solo para los grandes hospitales.

Cuba no ha quedado fuera de este desarrollo, desde hace un tiempo ha adquirido equipos de última generación DICOM compatibles que han sido instalados en diferentes hospitales. Desde ese mismo momento se han desarrollado varios Sistemas para el almacenamiento y transmisión de imágenes médicas por sus

siglas en inglés PACS; entre ellos: IMAGIS y alas PACS, desarrollado en la Universidad de las Ciencias Informáticas.

El sistema alas PACS es el estipulado por el Ministerio de Salud Pública para su uso en instituciones hospitalarias, pero este sistema, presenta problemas en el despliegue, o cuando deja de prestar el servicio requerido se hace difícil la identificación del error y la erradicación del mismo. Además el mismo presenta grandes costos de tiempo de instalación y configuración por lo que ralentiza la fase de despliegue.¹

Por otra parte tiene uso limitado a ordenadores con sistema operativo Microsoft Windows. Por lo que no se cuenta con una aplicación que sea multiplataforma que permita la utilización de sistemas operativos libres en el cliente.

Este sistema necesita además de equipos de altas prestaciones para su correcto funcionamiento y uso de todo su set de herramientas debido a que es un visor de propósito general, con funcionalidades especiales para el diagnóstico. Son pocos los departamentos que cuentan con este tipo de dispositivos, sin embargo la mayoría necesitan acceso rápido y viable a las imágenes y a la creación de reportes de estudios imagenológicos.

Añadido a esto, no se cuenta con mecanismos que permitan interconectar usuarios a través de internet y que faciliten un intercambio entre especialistas e instituciones. Los médicos no cuentan con una herramienta que le viabilice acceder a las imágenes médicas de sus pacientes desde su casa u otra ubicación remota. Pudieran acceder a las mismas a través de la red cubana de la medicina (Infomed), lo que sucede es que la misma no tiene la infraestructura requerida para la transmisión de objetos DICOM.

Otro problema existente es la inversión que se debe realizar para poner en funcionamiento una red de imágenes. Al sumar el monto de dinero por cada estación de diagnóstico de altas prestaciones, más los gastos requeridos para instaurar una infraestructura de red de alta velocidad, es mucho mayor que si se invirtiera en una infraestructura de servidores para darle soporte a la red, y permitir la visualización de las imágenes médicas.

En el artículo se exponen los resultados al término del desarrollo de una aplicación web que permite la visualización de imágenes médicas digitales en la web.

MATERIALES y MÉTODOS

Metodología

Para obtener un mejor entendimiento del negocio se utilizó el método científico, siendo un conjunto de procedimientos lógicos que sigue la investigación para descubrir relaciones internas y externas de los procesos de la realidad natural y social.

En la primera fase del desarrollo de la solución se realizaron entrevistas tanto a informáticos con experiencia en el uso de sistemas PACS, como a especialistas del Hospital Hermanos Ameijeiras en el área de radiología. Facilitando de esta forma, el levantamiento de requisitos funcionales y no funcionales del sistema.

La fase posterior fue realizar un estudio a profundidad del estándar DICOM en busca de una clase de servicio, que permitiera el intercambio de forma rápida y segura de las imágenes médicas en la web. Se identificó el *Web Access to DICOM Objects* (WADO: acceso en la web a objetos DICOM) como servicio para la transmisión de imágenes DICOM en la web.³

En la tercera fase se realizó un estudio de las tecnologías, librerías y herramientas existentes en el mundo para darle solución al desarrollo de los componentes del sistema.

Finalmente se procedió a la fase de implementación del sistema.

Arquitectura

El Visor de imágenes médicas digitales se basa en una arquitectura híbrida que utiliza como patrones arquitectónicos Cliente-Servidor, MVVM y N-Capas.

El estilo Cliente-Servidor es el que define una relación entre dos aplicaciones en las cuales una de ellas envía peticiones a otra, para su procesamiento (Fig. 1).

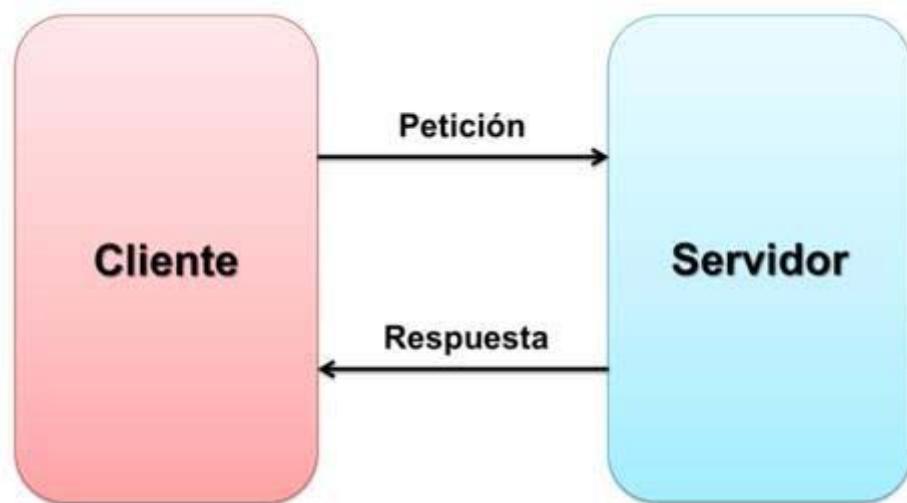


Fig. 1. Arquitectura Cliente-Servidor

El concepto fundamental de MVVM es separar el Modelo de la Vista introduciendo una capa abstracta entre ellos que permite gestionar la interacción y los estados de una forma más sencilla y escalable (Fig. 2).

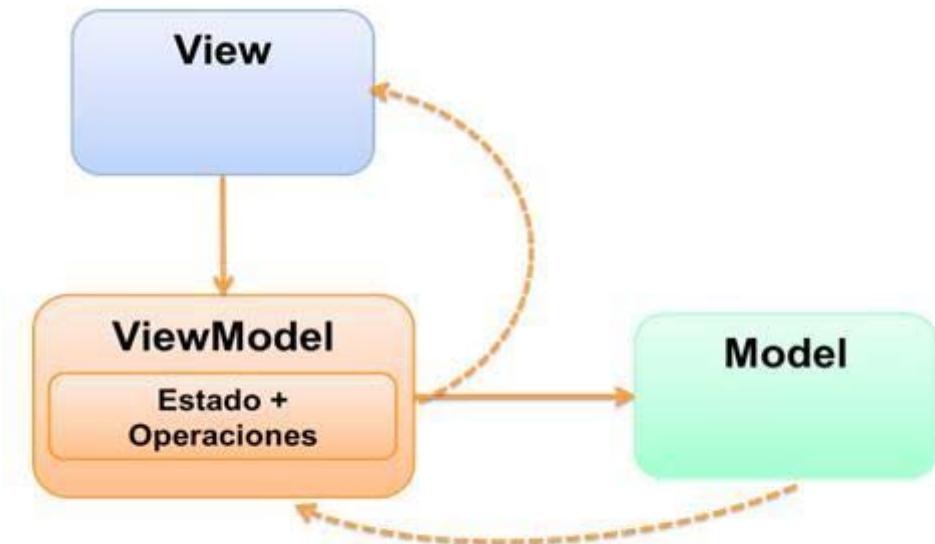


Fig. 2. Patrón Model-View-ViewModel

El estilo arquitectural N-Capas es el que se basa en una distribución jerárquica de los roles y las responsabilidades para proporcionar una división efectiva de los problemas a resolver (Fig. 3).

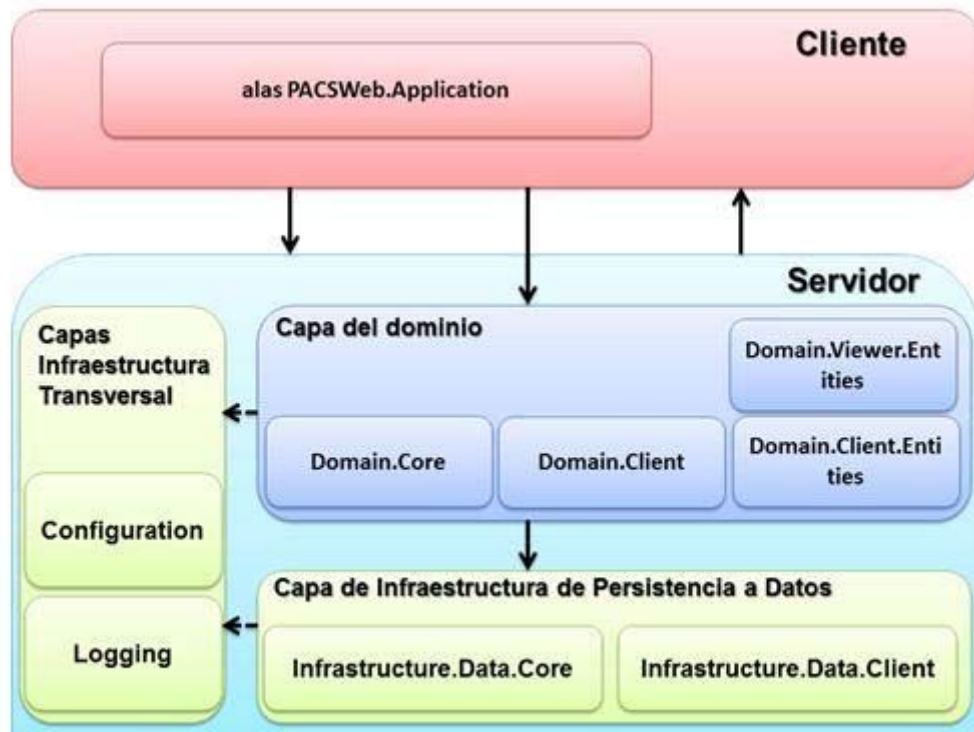


Fig. 3. Arquitectura N-Capas

La comunicación entre aplicaciones se realiza a través de JavaScript ObjectNotation, lo que permite el intercambio de datos entre ambos lados de la solución. En la aplicación cliente se utilizan tecnologías como HTML5 y JQuery para la creación de las interfaces de usuario interactivas y KnockoutJS para el uso del

patrón MVVM en la presentación. Por otra parte, la aplicación servidora combina el poder del lenguaje C# y las librerías de clases del Framework .Net en su versión 4 con la librería para el mapeo objeto relacional NHibernate para así lograr el correcto procesamiento de las peticiones del cliente, así como optimizar la velocidad de acceso a las fuentes de datos.⁴⁻⁷

Sumado a esto aparece un sistema externo clave en la arquitectura de la solución, denominado Servidor WADO, que es el encargado de procesar las imágenes solicitadas por la aplicación cliente, estableciendo la comunicación sobre el protocolo http (Fig. 4).



Fig. 4. Arquitectura general del sistema + tecnologías

Para la construcción del sistema se utilizaron las siguientes herramientas, metodologías y notaciones:

- Entorno de desarrollo integrado (IDE) Microsoft Visual Studio 2010.
- Cliente de SubversionAnkSVN para el control de versiones.
- Herramienta de modelado Enterprise Architect en su versión 7.5.
- RationalUnifiedProcess como metodología de desarrollo.
- Notación para el Modelado de Procesos de Negocio (BPMN) en su versión 1.1.
- Lenguaje Unificado de Modelado (UML) en su versión 2.1.
- CMMI como modelo de calidad debido a la certificación del centro de desarrollo.
- Postgresql como gestor de base de datos.
- MoMA como herramienta para el control de la migración a plataformas de software libre.

Integración con alas PACS-RIS

El sistema alas PACS-RIS tiene como arquitectura fundamental el modelo Cliente-Servidor donde las aplicaciones clientes que se encuentran instaladas en las estaciones de trabajo consumen la información de las diferentes aplicaciones, instaladas en los servidores, por lo que el despliegue se realiza como se muestra en la figura 5. Esto significa que el hospital se puede dividir en varias áreas, fundamentalmente: el área de citas, el área de diagnóstico, los servicios asistenciales, la sala de servidores y los equipos de adquisición de imágenes médicas.

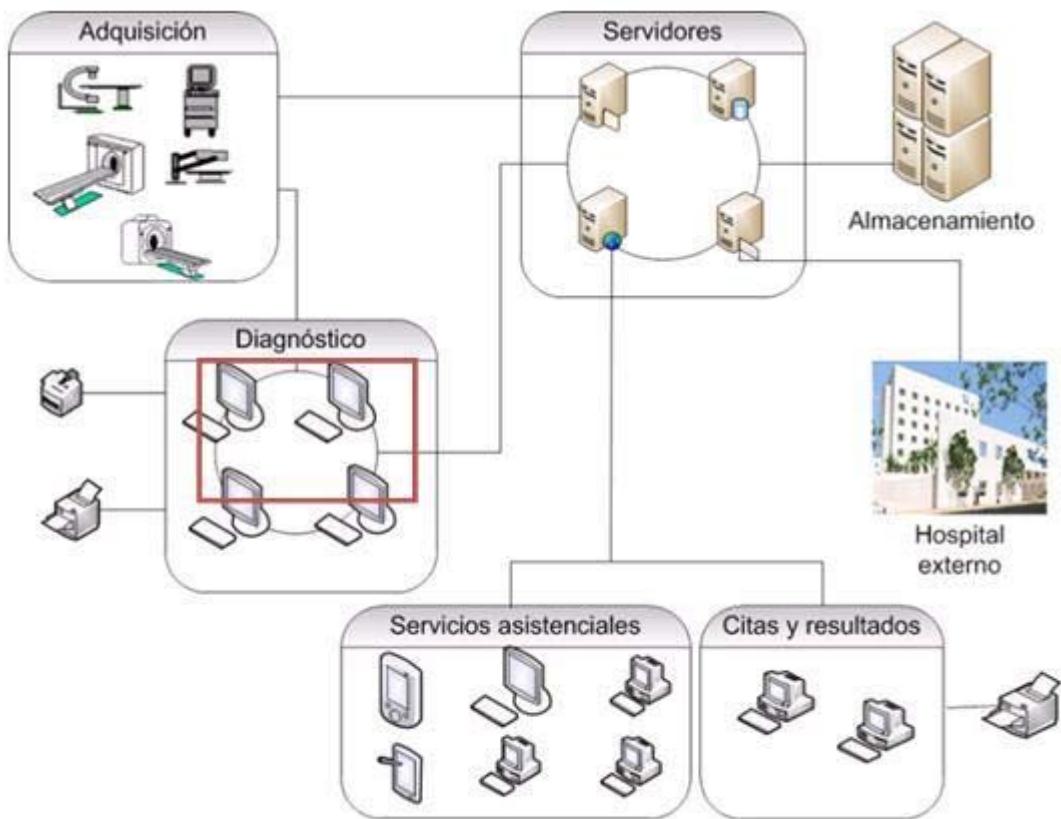


Fig. 5. Integración con sistema PACS

El visor web se instala en un servidor de aplicaciones, y podrá ser utilizado desde cualquier computadora conectada a la red, en el área de citas, en el área de diagnóstico o en los servicios asistenciales. Estos últimos son los que reciben el mayor impacto del sistema, ya que no cuentan con equipamiento con las prestaciones de hardware requeridas para poder utilizar el sistema alaas PACSViewer.

Lo anteriormente mencionado no significa que el visor de escritorio será remplazado por el visor web. El objetivo final de un sistema PACS-RIS es permitir que cualquier estación pueda tener acceso a las imágenes generadas en los servicios de diagnóstico por imágenes, independientemente de sus prestaciones, y esto es lo que permite el visor web como parte el sistema alaas PACS-RIS.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Sistema desarrollado

El sistema desarrollado cuenta con las funcionalidades básicas del sistema de tipo escritorio, no siendo así con las funcionalidades de visualización avanzada como la referencia de imágenes, la reconstrucción multiplanar y la visualización 3D. Además que se mantiene la experiencia de usuario de la estación de diagnóstico integral, evitando los cambios bruscos de usabilidad para el especialista. Otra característica que es importante destacar es que el procesamiento ligero o transformaciones de contexto, entre ellas paneo, escala, rotación, y mediciones, es realizado en el cliente, y el pase de filtros y el procesamiento intenso de las imágenes en el lado

del servidor, aumentando de esta forma la velocidad de respuesta en el cliente así como el rendimiento general de la solución (Fig. 6).

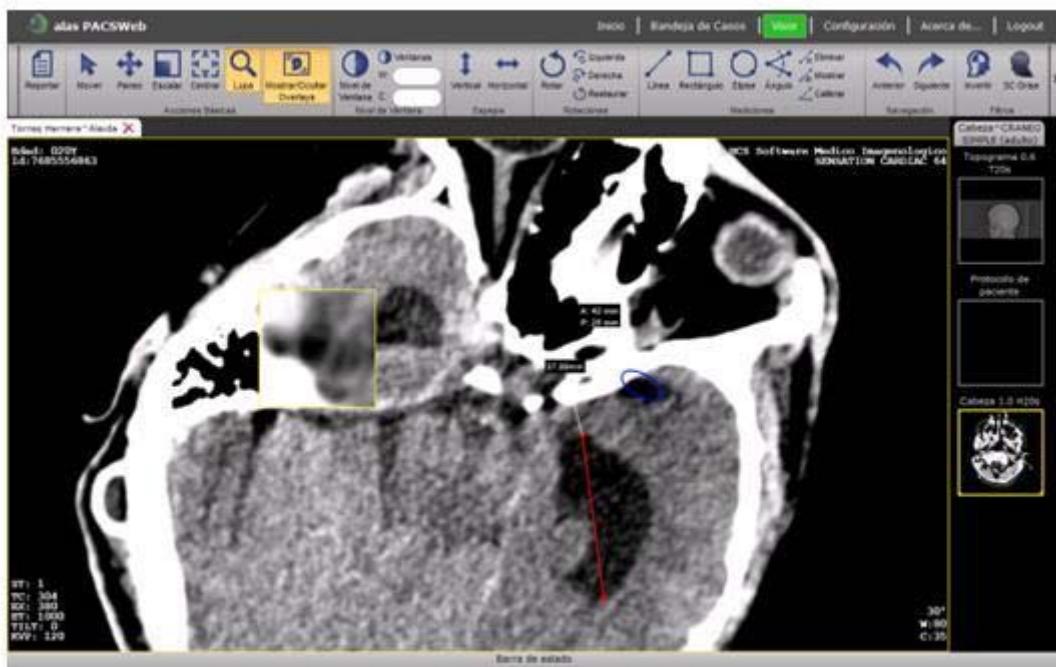


Fig. 6. Vista del módulo de visualización

Dicho sistema está dividido en 4 módulos: Bandeja de Casos, Visor, Reportador, Configuración. La bandeja de casos permite realizar búsquedas de estudios y provee un conjunto de filtros para la realización de las mismas, el visor permite visualizar y procesar las imágenes médicas, el reportador facilita la generación de los informes imanográficos, y el módulo de configuración brinda una serie de parámetros para gestión de la configuración del sistema.

En la figura 7 se muestra el diagrama de requisitos funcionales del sistema agrupados en paquetes lógicos, esto garantiza tenerlos unidos según las relaciones entre ellos, para posteriormente conformar los casos de uso (CU) del sistema. Se decidió agrupar estos paquetes a partir de los módulos definidos en el sistema.⁸

Los paquetes se dividieron de acuerdo a los módulos identificados de la solución antes expuestos: Bandeja de Casos, Visor, Reportador y Configuración y una funcionalidad general que es la autenticación del sistema.

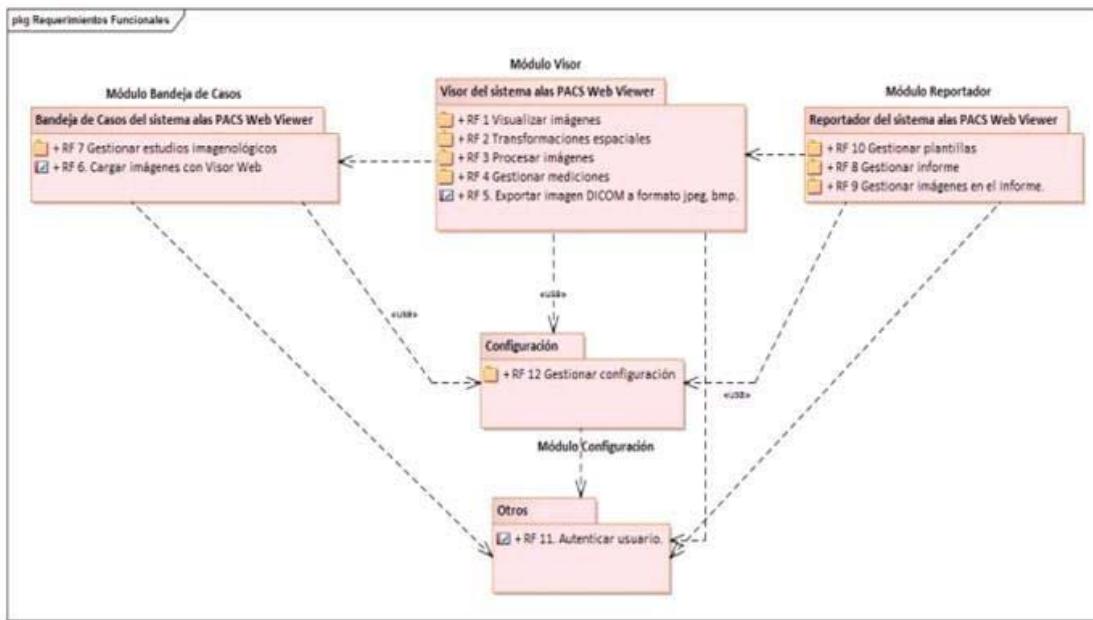


Fig. 7. Diagrama de paquetes de requisitos funcionales del sistema

En la figura 8 se muestra el diagrama de casos de uso del sistema agrupados en paquetes lógicos. Los diagramas de casos de uso especifican la funcionalidad y el comportamiento de un sistema mediante su interacción con los usuarios y otros sistemas. Estos diagramas se utilizan para ilustrar los requerimientos del sistema al mostrar cómo reacciona una respuesta a eventos que se producen en el mismo.⁸

La organización en paquetes del diagrama se hace en correspondencia con la antes expuesta, de acuerdo a los módulos.

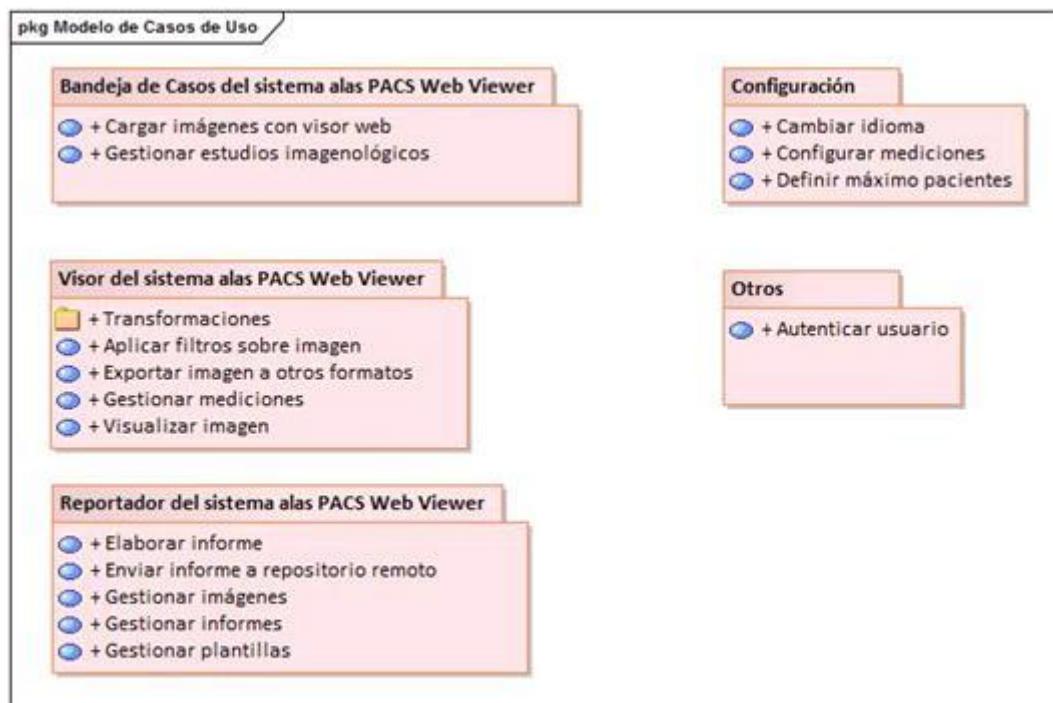


Fig. 8. Diagrama de casos de uso

Para un mejor entendimiento de los componentes de la solución, se analiza primero el sistema general y luego la capa de aplicación en la que intervienen subcomponentes que son ejecutados en el cliente.

En la figura 9 se muestra el diagrama de componentes del Visor de imágenes médicas digitales y sistema de reportes radiológicos Web.⁹

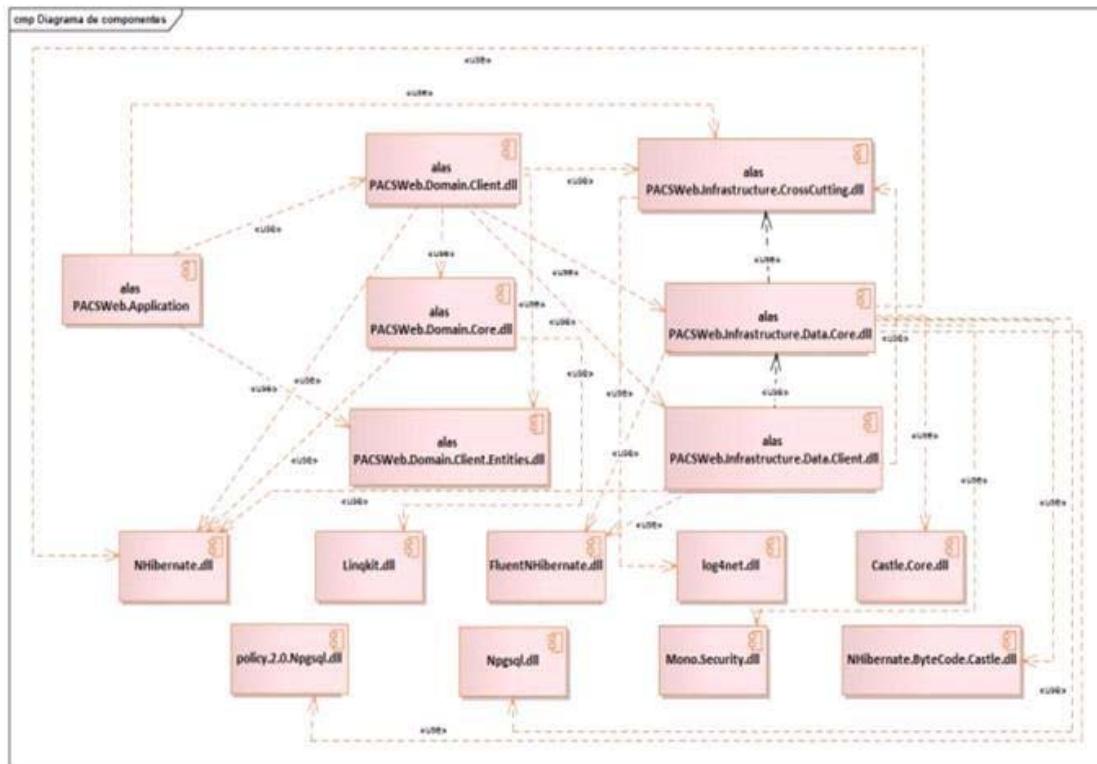


Fig. 9. Diagrama de componentes del sistema

En la figura 10 se muestra el diagrama de componentes de la aplicación cliente del sistema que en el esquema anterior es el componente alias **PACSWeb.Application**.

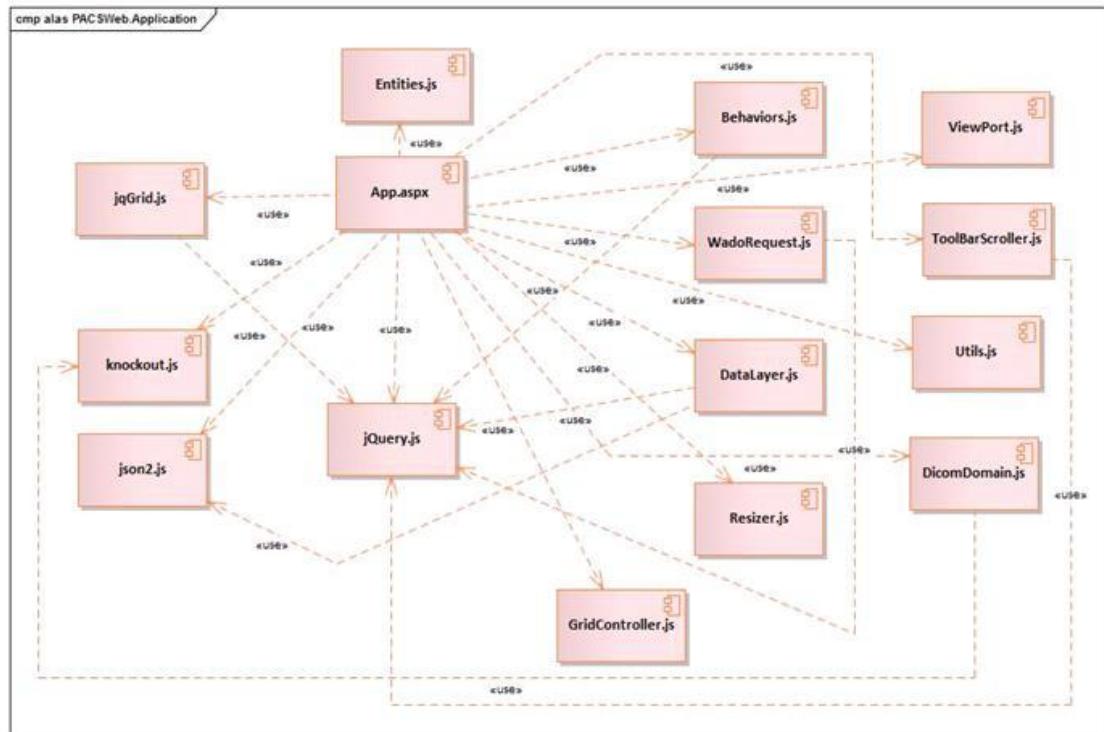


Fig. 10. Diagrama de componentes de la aplicación cliente

El sistema puede ser instalado en un servidor de aplicaciones, pudiendo compartir el mismo con otras aplicaciones como el sistema alas RIS. El servicio WADO debe de estar desplegado en un servidor solo, debido a que requiere de un alto poder de cómputo, aunque en situaciones extremas, este servicio pudiera estar instalado en el servidor perteneciente al sistema alas PACSServer porque este es el servidor que más recursos de hardware presenta. Para el correcto funcionamiento del visor web es necesario contar con una infraestructura de red con velocidades de conexión superiores a 54Mbps, para los clientes; y para los servidores de 100Mbps. Se recomiendan velocidades de conexión entre servidores a 1Gbps para mejorar el rendimiento de la solución desarrollada. En el caso de los clientes, debe tener instalado un navegador web con soporte para HTML en su versión 5.

La figura 11 muestra el modelo de despliegue del Visor de imágenes médicas digitales y sistema de reportes radiológicos Web.

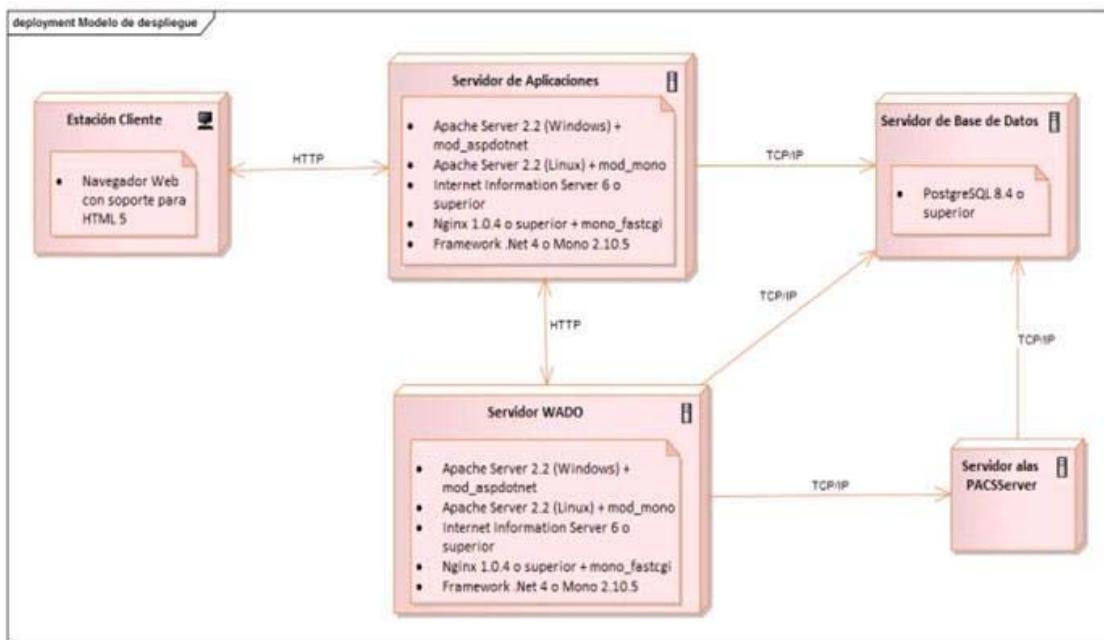


Fig. 11. Diagrama de despliegue

Impacto del sistema

El sistema desarrollado permitirá aumentar el impacto del sistema alas PACS-RIS. Para realizar una valoración breve sin abundar en un análisis económico y social, se presentan un grupo de características que demostrarán como el sistema va a apoyar el despliegue de la solución alas PACS-RIS.

Con el objetivo de realizar una evaluación del impacto del sistema, se lleva a cabo un análisis de ahorro.

Para realizar este análisis, se toman como ejemplo datos obtenidos del proyecto con el Ministerio del Poder Popular para la Salud de Venezuela, que consta de 3 fases de despliegue. En la primera fase el sistema se instaló en 8 hospitales, y en 4 en la segunda, la tercera está actualmente en ejecución. Para todas las fases se adquirieron computadoras que se clasifican en 3 tipos, de acuerdo a la configuración de hardware de las mismas.

Las estaciones de tipo 1 están dedicadas a la visualización, a la creación de informes, y a la asignación de citas.

Las estaciones de tipo 2 están dedicadas a la visualización, a la creación de informes, y a los diagnósticos básicos en los servicios que solicitan los complementarios de imágenes.

Y por último las estaciones de tipo 3 son las utilizadas para el diagnóstico avanzado con procesamiento intenso de los estudios, en las áreas de diagnóstico por imágenes.

Utilizando las 129 estaciones adquiridas de tipo 1 y tipo 2, se realizaron diferentes análisis económicos.

El primer análisis económico corresponde a bajar las prestaciones de las estaciones de **Tipo 1** y **Tipo 2**. Teniendo en cuenta que el sistema desarrollado no tiene los mismos requerimientos que el sistema alas PACSViewer, las estaciones pudieran ser sustituidas por una configuración de Celeron E3400 a 2.6 GHz, 1 GB de RAM, 1 Monitor, y una tarjeta de video ATI Radeon HD 4350. Obteniéndose un ahorro de **200,643.78** CUC.

En el caso de la sustitución de estaciones, se analizó que las prestaciones de las estaciones de **Tipo 1** y el monitor con que cuentan, son suficientes para el visor web, por lo tanto la compra de estaciones de **Tipo 2** es innecesaria. Obteniéndose un ahorro de **150,016.44** CUC. Además con el importe requerido para la compra de las estaciones de **Tipo 2** se pueden comprar 55 estaciones más de **Tipo 1** que significan otros servicios del hospital que pudieran hacer uso del sistema.

El visor web aportaría beneficios al equipo de soporte del sistema alas PACS-RIS, debido a que se reducen todos los problemas asociados al mantenimiento de todas las estaciones, el cual incluye añadir gran cantidad de estaciones al servidor, configurar personalmente estación por estación, garantizar antivirus entre otros requisitos. Con esta nueva solución, solo tiene que garantizar que las mismas tengan instalado el navegador requerido para la misma.

Otro aspecto de gran importancia es el gasto requerido para la compra de los sistemas operativos propietarios, las licencias para el uso de los mismos, antivirus y otras aplicaciones propietarias necesitadas en estos sistemas. El visor web es una solución completamente multiplataforma por lo que todos los gastos de este tipo se eliminan, además que se ayuda al país a eliminar la dependencia tecnológica a plataformas propietarias.

En términos de software, este sistema da los primeros pasos para brindar acceso - en un futuro- a las imágenes médicas fuera del hospital.

CONCLUSIONES

Con la realización del presente desarrollo se obtuvieron las siguientes conclusiones:

Debido a la realización del presente artículo se exponen las funcionalidades requeridas para los sistemas de visualización de imágenes médicas en la web.

El uso de tecnologías de avanzada para la web como HTML5, JQuery, KnockoutJS y JSON, permiten ofrecer una mayor compatibilidad, escalabilidad y usabilidad a la solución desarrollada.

La utilización de esta solución dentro de un sistema PACS-RIS posibilita la utilización de la red de imágenes en todos los equipos conectados a la red, además de posibilitar el acceso desde fuera de la institución.

Es notable el ahorro que trae consigo el uso de este tipo de soluciones, ya que no necesita equipos de elevadas prestaciones para su uso, y se pueden utilizar en clientes ligeros, los cuales actualmente son una tecnología utilizada por el Ministerio de Salud Pública de Cuba.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Arias Naranjo A. Cassandra Web. Aplicación Web para la visualización y gestión de imágenes médicas [trabajo de diploma]. La Habana: UCI; 2007.
2. Reyes A. Las 50 ventajas del Internet más importantes. [Citado 9 de Octubre de 2011] Disponible en: www.ventajasdellinternet.com/ventajas-del-internet-comunicacion
3. ACR-NEMA. Part 18: Web Access to DICOM Persistent Objects (WADO). Digital Imaging and Communications in Medicine (DICOM). s.l. : National Electrical Manufacturers Association; 2006.
4. JSON (JavaScript Object Notation). IT Passion. [Citado 03 de abril de 2012] Disponible en: <http://mauriziostorani.wordpress.com/2008/07/22/json-javascript-object-notation-concepts-methods-examples-and-security-threats/>
5. Knockout. Introduction - Knockout JS. [Citado 03 de abril de 2012] Disponible en: <http://knockoutjs.com/documentation/introduction.html>
6. S/A. NHibernate Forge. [Citado el 8 de Diciembre de 2011] Disponible en: <http://nhforge.org/Default.aspx>
7. Microsoft Corporation. Información general y conceptual sobre .NET Framework. MSDN. [Citado el 22 de Noviembre de 2011] Disponible en: <http://msdn.microsoft.com/es-/library/zw4w595w.aspx>
8. Jacobson I, Booch G, Rumbaugh J. The Unified Software Development Process. 1999.
9. Cartelle Cruz MJ, Vega Aguilar DB. Sistema para la planificación quirúrgica ortopédica en caderas y rodillas. La Habana: s.n.; 2011.

Recibido: 01 de junio de 2013.

Aprobado: 16 de junio de 2013.