

Plataforma de Código Abierto para Servicios de Teleconsulta con Soporte de Imágenes Médicas bajo el Estándar DICOM



**Juan David Pastás Rivera
Victor Andrés Cortés Lasso**

Universidad del Cauca

**Facultad de Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones
Departamento de Telemática
Línea de Investigación e-Salud**

Popayán

2012

Plataforma de Código Abierto para Servicios de Teleconsulta con Soporte de Imágenes Médicas bajo el Estándar DICOM



**Juan David Pastás Rivera
Victor Andrés Cortés Lasso**

Monografía presentada para optar al título de
Ingeniero en Electrónica y Telecomunicaciones

Director: Dr. Ing. Álvaro Rendón Gallón

Universidad del Cauca

Facultad de Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones

Departamento de Telemática

Línea de Investigación e-Salud

Popayán

2012

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a nuestro director, Dr. Ing. Álvaro Rendón Gallón quien guió durante más de un año el desarrollo de este trabajo de grado. También a la Clínica La Estancia y el Hospital Susana López de Valencia quienes nos permitieron el ingreso a sus instalaciones para identificar el flujo de trabajo del departamento de radiología y pusieron a nuestra disposición las imágenes radiológicas. A los expertos en radiología, Dra. Patricia Villa Maldonado, Dr. Mauricio Hurtado e Ing. Fernando Lasso y Oria por su valiosa colaboración en la evaluación de la plataforma. Finalmente, a los miembros de las comunidades de desarrollo OpenMRS, DCM4CHE y Weasis, en especial a nuestro mentor PhD(c) Saptarshi Purkayastha, Ben Wolfe, Damien Evans y Nicolas Roudit quienes siempre estuvieron atentos a resolver nuestras dudas respecto al desarrollo de la plataforma.

Plataforma de Código Abierto para Servicios de Teleconsulta con Soporte de Imágenes Médicas bajo el Estándar DICOM

CONTENIDO

	pág.
CAPITULO 1	1
INTRODUCCIÓN	1
1.1. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA	1
1.2. ESCENARIOS DE MOTIVACIÓN	3
1.3. OBJETIVOS	4
1.3.1. Objetivo General.....	4
1.3.2. Objetivos Específicos	4
CAPITULO 2	5
MARCO TEÓRICO.....	5
2.1. NORMATIVA	5
2.1.1. Sistema General de Seguridad Social en Salud en Colombia.....	5
2.1.2. Normas sobre Telemedicina	6
2.2. ESTÁNDAR DICOM	8
2.2.1. Descripción General	8
2.2.2. Definiciones.....	11
2.2.3. Modelo de Información DICOM.....	12
2.2.4. Formato de Archivo y Estructura de Datos.....	15
2.2.5. Servicios DICOM	16
2.3. INICIATIVAS DE ESTANDARIZACIÓN	20
2.3.2. Integrando las Empresas de Salud	20
2.3.3. Sociedad Radiológica de Norteamérica.....	22
2.3.4. Colegio Americano de Radiología.....	23
2.4. SALUD ELECTRÓNICA	24
2.4.2. Telesalud.....	25
2.4.3. Informática de la Salud	28
2.5. CÓDIGO ABIERTO	30
2.6. CONCLUSIONES	32
CAPITULO 3	33
ESTUDIO DE PLATAFORMAS Y HERRAMIENTAS	33
3.1. HISTORIA CLÍNICA ELECTRÓNICA.....	35
3.1.1. Criterios de Selección.....	35

Plataforma de Código Abierto para Servicios de Teleconsulta con Soporte de Imágenes Médicas bajo el Estándar DICOM

3.2.	VISOR DE IMÁGENES DICOM	39
3.2.1.	Criterios de Selección.....	40
3.3.	HERRAMIENTAS DICOM	42
3.4.	PLATAFORMA, VISOR Y HERRAMIENTAS SELECCIONADAS	43
3.4.1.	OpenMRS.....	43
3.4.2.	Weasis.....	47
3.4.3.	Dcm4che2	50
3.5.	CONCLUSIONES	51
CAPITULO 4		53
MÓDULO DE RADIOLOGÍA		53
4.1.	ALCANCE.....	53
4.2.	FUNCIONALIDADES DEL SISTEMA	54
4.3.	APLICACIÓN DE ESTÁNDARES	58
4.4.	ARQUITECTURA DEL SISTEMA	62
4.5.	IMPLEMENTACIÓN.....	66
4.5.1.	Arquitectura de la Implementación de Referencia.....	66
4.5.2.	Modelo de Datos.....	72
4.5.3.	Interfaces Gráficas de Usuario.....	73
4.5.4.	Ambiente de Desarrollo	76
4.6.	EVALUACIÓN.....	76
4.6.1.	Procedimiento de Evaluación Funcional	76
4.6.2.	Planeación de la Evaluación Funcional.....	78
4.6.3.	Evaluación Técnica.....	80
4.6.4.	Resultados.....	81
4.6.4.1.	Evaluación funcional a cargo de expertos en radiología	81
4.6.4.2.	Evaluación funcional usando el emulador JDICOM	84
4.6.4.3.	Evaluación técnica a cargo del mentor de OpenMRS	89
4.7.	CONCLUSIONES	89
CAPITULO 5		91
CONCLUSIONES, APORTES Y TRABAJOS FUTUROS.....		91
5.1.	CONCLUSIONES	91
5.2.	APORTES	92
5.3.	TRABAJOS FUTUROS.....	93
BIBLIOGRAFÍA		95
ANEXOS.....		103

LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. Estructuras principales del modelo de información	13
Figura 2. Formato de archivos DICOM.....	15
Figura 3. DICOM Data Set y Data Element.....	15
Figura 4. Modelo de información Patient Root.....	18
Figura 5. Modelo de información Study Root.....	19
Figura 6. Organización de los marcos técnicos de IHE.....	21
Figura 7. Áreas de la e-Salud. Tomada de [39].....	24
Figura 8. Mapa conceptual del software libre y de código abierto.....	31
Figura 9. Mapa de implementación de OpenMRS.....	44
Figura 10. Arquitectura en capas de OpenMRS.....	45
Figura 11. Modelo de datos de OpenMRS.....	46
Figura 12. Visor de imágenes Weasis.....	48
Figura 13. Flujo de trabajo del departamento de radiología	54
Figura 14. Diagrama de casos de uso del módulo de radiología.....	55
Figura 15. Diagrama del perfil de integración SWF.....	60
Figura 16. Información de la cabecera DICOM en el visor de imágenes Weasis.....	61
Figura 17. Arquitectura del sistema.....	62
Figura 18. Diagrama de componentes y relaciones.....	64
Figura 19. Diagrama de despliegue de la plataforma.....	65
Figura 20. Arquitectura del protocolo de red DICOM.....	66
Figura 21. Arquitectura de la implementación de referencia.....	67
Figura 22. Estructura del archivo XML.....	69
Figura 23. Diagrama de relaciones y componentes de la implementación.....	69
Figura 24. Interacción de componentes. Proceso de adquisición de imágenes.....	70
Figura 25. Interacción de componentes. Proceso de visualización de imágenes.....	71
Figura 26. Modelo de datos del módulo de radiología.....	72
Figura 27. Interfaces gráficas de usuario del módulo de radiología.....	74
Figura 28. Registro del emulador de modalidad para la solicitud de la lista de trabajo.....	85
Figura 29. Registro del módulo de radiología para la solicitud de la lista de trabajo.....	85
Figura 30. Registro del emulador de modalidad para la notificación del estado En Progreso.....	86
Figura 31. Registro del módulo de radiología para la notificación del estado En Progreso.....	86
Figura 32. Registro del emulador de modalidad para la notificación del estado Terminado/Suspendido.....	86
Figura 33. Registro del módulo de radiología para la notificación del estado Terminado/Suspendido.....	87
Figura 34. Envío de imagen con el emulador de modalidad.....	87
Figura 35. Registro del emulador de modalidad para el almacenamiento de la imagen y notificación de apropiación.....	88
Figura 36. Registro del módulo de radiología para el almacenamiento de la imagen y notificación de apropiación.....	88

LISTA DE TABLAS

	pág.
<i>Tabla 1. Sintaxis de transferencia</i>	12
<i>Tabla 2. Información de sistemas de HCE desarrollados en Java</i>	36
<i>Tabla 3. Información de sistemas de HCE desarrollados en otras tecnologías.</i>	36
<i>Tabla 4. Valoración de sistemas de HCE.</i>	38
<i>Tabla 5. Información de los visores de imágenes preseleccionados.</i>	40
<i>Tabla 6. Valoración de los visores de imágenes DICOM.</i>	41
<i>Tabla 7. Información de dcm4che2.</i>	43
<i>Tabla 8. Caso de uso en formato de alto nivel Crear Orden.</i>	56
<i>Tabla 9. Caso de uso en formato de alto nivel Programar Cita.</i>	56
<i>Tabla 10. Caso de uso en formato de alto nivel Crear Estudio</i>	56
<i>Tabla 11. Caso de uso en formato de alto nivel Crear Informe</i>	57
<i>Tabla 12. Caso de uso en formato de alto nivel Visualizar Imagen.</i>	58
<i>Tabla 13. Información de Xebra.</i>	68
<i>Tabla 14. Características del servidor de pruebas.</i>	79
<i>Tabla 15. Resumen de resultados de la evaluación funcional.</i>	82

LISTA DE ANEXOS

	pág.
<i>ANEXO A. Guía de instalación.....</i>	<i>105</i>
<i>ANEXO B. Guía de usuario.....</i>	<i>117</i>
<i>ANEXO C. Planeación del experimento</i>	<i>131</i>
<i>ANEXO D. Cuestionario de evaluación funcional.....</i>	<i>143</i>
<i>ANEXO E. Resultados de la evaluación funcional</i>	<i>149</i>
<i>ANEXO F. Artículo de publicación en formato IEEE.....</i>	<i>167</i>
<i>ANEXO G. Conversacion con el mentor del proyecto</i>	<i>177</i>

Plataforma de Código Abierto para Servicios de Teleconsulta con Soporte de Imágenes Médicas bajo el Estándar DICOM

RESUMEN

Con el fin de contar con una herramienta para impulsar la puesta en marcha de servicios de telemedicina en hospitales públicos rurales, se ha desarrollado una plataforma de código abierto para la prestación de servicios de teleconsulta con apoyo de imágenes médicas bajo el estándar DICOM, resultado de un proceso de investigación y desarrollo tecnológico que se presenta a lo largo de este documento.

Esta monografía está dividida en 5 capítulos:

En el Capítulo 1 (INTRODUCCIÓN) se describe el problema del que trata este trabajo de grado, los escenarios que motivaron su realización y los objetivos que se deben alcanzar para contribuir a la solución del problema planteado. En el Capítulo 2 (MARCO TEÓRICO) se presenta una visión general de la normativa en telemedicina en Colombia, algunos conceptos técnicos que sirven de base a este trabajo y principalmente las iniciativas de estandarización y los estándares que dan soporte a la implementación de la plataforma, que sirven para entender y contextualizar el desarrollo. En el Capítulo 3 (ESTUDIO DE PLATAFORMAS Y HERRAMIENTAS) se expone un estudio realizado a través de la Internet para identificar los componentes de software de código abierto que podrían ser utilizados para soportar los servicios requeridos; como resultado se tiene a OpenMRS como plataforma de Historia Clínica Electrónica, Weasis como visor de imágenes DICOM, y el juego de herramientas del proyecto dcm4che que implementa servicios DICOM. En el Capítulo 4 (MÓDULO DE RADIOLOGÍA) se describe la implementación de la plataforma, integrando los componentes hallados en el estudio, la cual es evaluada en términos del servicio propuesto por medio de una experimentación cualitativa. Finalmente, en el Capítulo 5 (CONCLUSIONES, APORTES Y TRABAJOS FUTUROS) se presentan las conclusiones, los principales aportes y algunas propuestas para futuros trabajos en la línea de investigación en e-Salud.

Plataforma de Código Abierto para Servicios de Teleconsulta con Soporte de Imágenes Médicas bajo el Estándar DICOM

CAPITULO 1

INTRODUCCIÓN

1.1. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

El Sistema General de Seguridad Social en Salud (SGSSS) en Colombia tiene como objetivos regular el servicio público esencial de salud y crear condiciones de acceso en toda la población al servicio en todos los niveles de atención [1]. Evaluar el desempeño del SGSSS es una tarea muy difícil, pues abundan las opiniones encontradas, y no es el eje central de este trabajo; en lo que sí se enfatiza es en la ventaja que trae para la cobertura y calidad del sistema la implementación de los servicios de telemedicina.

Aunque se ha logrado importantes mejoras desde la reforma de 1993 (Ley 100 de 1993), las promesas de universalidad, equidad, eficiencia y mejora en la calidad de la atención en salud aún no se han cumplido. Pese a que en la última década la tendencia en la cobertura de la población por parte del SGSSS (del 36% en 2000 al 74.1% en 2005 y 97% en 2011) ha sido ascendente, así como la duplicación del número de médicos especialistas, el déficit de estos profesionales persiste [2], por lo cual muchos entendidos coinciden en que la reforma ha aumentado la inequidad en la asignación de recursos, el acceso a los servicios de salud, y la distribución del gasto en salud. Inequidad que se profundiza por la distribución desigual de médicos especialistas en todo el país, ya que la mayoría se concentran en las principales ciudades, lo que contribuye al exceso de la oferta focalizada y deja las áreas periféricas y rurales sin protección [3].

Lo anterior permite entender que la telemedicina cuenta con un campo de aplicación potencial, aunque en Colombia puede parecer que su futuro es incierto, pero conviene comenzar a despertar el interés por este campo de aplicación tecnológica, de acuerdo con la tendencia de modernización de los estados y de los procesos administrativos que permea el ambiente mundial; modernización que para Colombia reportaría importantes avances en términos de eficiencia aplicada a la calidad de prestación de los servicios de salud pública.

Así, lo antes expuesto coincide con la, por otro lado, instalación de las redes de acceso y transporte que se necesitan para la prestación de los servicios de telemedicina, que se están llevando a cabo poco a poco por parte de la nación, pues el Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones, a través del programa Compartel, tiene la meta conectar a Internet a más de ochocientas (800) entidades públicas de salud en dos fases que empezaron en el año 2004 y van hasta el final del 2011 [4]. Así mismo, por medio del Plan TIC, haciendo uso de la infraestructura de red de RENATA (Red Nacional Académica de Tecnología Avanzada), ha conectado a más de una decena de instituciones de salud, entre las cuales se encuentra el Hospital Susana López de Valencia de la ciudad de Popayán [5]. En esta misma línea de acción, en la Ley 1438 del presente año el gobierno se compromete a definir y contratar *“un plan para que en un periodo menor a 3 años se garantice la conectividad de las instituciones vinculadas con el sector de salud en el marco del Plan Nacional de Tecnologías de Información y Comunicaciones – TIC”*.

Plataforma de Código Abierto para Servicios de Teleconsulta con Soporte de Imágenes Médicas bajo el Estándar DICOM

Además de estos avances alcanzados en el país para el establecimiento de la base tecnológica necesaria para la prestación de servicios de telemedicina en búsqueda del mejoramiento del SGSSS, también los ha habido en el plano legal. El Ministerio de la Protección Social ha expedido la Resolución 1448 de 2006 y las que la modifican y complementan, que define las Condiciones de Habilitación para las instituciones que prestan servicios de salud bajo la modalidad de Telemedicina. Sin embargo, el camino que queda por recorrer es muy largo, pues todavía se encuentran muchos aspectos susceptibles a mejoras.

En el contexto colombiano, el problema del cual se ocupa este trabajo de grado se evidencia en la ocurrencia frecuente de situaciones como esta: cuando un paciente necesita atención especializada primero es atendido por un médico general que realiza el diagnóstico y lo remite a el o los especialistas localizados en otra institución prestadora de servicios de salud que cuenta con equipos adecuados para el tratamiento. Cuando el paciente llega con el especialista, la institución reinvierte tiempo valioso en el registro de la información del paciente que ya se tiene en la institución remitora; y en caso de que se requiera de una segunda opinión o de exámenes adicionales en una institución de otra ciudad el proceso se complica aún más. Otro inconveniente para el paciente es tener que hacerse cargo del transporte de sus imágenes diagnósticas, que pueden ser extraviadas, dañadas, etc.; situaciones que una vez analizadas dejan ver que el paciente se ve obligado a asumir costos que no hacen parte del servicio como tal –transporte, papelería y los costos que se generan por invertir más tiempo del necesario en el proceso de atención-.

Continuando con el tema, se observa también que los inconvenientes y molestias que acarrea la prestación de los servicios de salud, no sólo afectan a los pacientes, sino también a las instituciones prestadoras de servicios de salud, sus funcionarios y empleados ya que en primera instancia, el costo de adquirir o actualizar una aplicación software comercial que ayude a la institución, con procesos tanto administrativos como propios de la prestación de servicios de salud, es oneroso. Y, por otra parte, la gestión de imágenes no digitalizadas acarrea serios inconvenientes, como la tendencia de imágenes impresas que, a su vez, requieren un mayor espacio físico para su almacenamiento y protección, además de un orden tan estricto en su clasificación que permita una búsqueda rápida.

En este marco del problema, también es sabido que aunque la institución posea software para gestionar la información digitalizada de imágenes diagnósticas, historias clínicas electrónicas u otro tipo de información, es inconveniente mayor la falta de interoperabilidad entre sistemas informáticos, que limita la funcionalidad del software, restringiendo la prestación de servicios de salud entre instituciones diferentes. Adicionalmente, para los empleados, una aplicación de instalación compleja limita el acceso remoto, impidiendo el ingreso al sistema desde cualquier otro lugar que no sea la institución.

Las situaciones descritas, si bien afectan de manera general a la mayoría de las instituciones que prestan servicios de salud, causan notable impacto negativo en los sectores rurales (incluyendo en estos las cabeceras municipales pequeñas y apartadas), donde las dificultades se concentran en los costos de transporte y la ausencia de

Plataforma de Código Abierto para Servicios de Teleconsulta con Soporte de Imágenes Médicas bajo el Estándar DICOM

especialistas, especialmente aquellos usuarios que están confinados y no tienen posibilidades para su desplazamiento.

Según lo planteado anteriormente, surge la siguiente pregunta de investigación:

¿Cómo soportar servicios de teleconsulta que incluyan el acceso a imágenes médicas digitales estandarizadas, apoyándose en herramientas de software de código abierto?

Dando respuesta a esta pregunta de investigación, se puede contribuir a la solución del problema.

Un estudio reciente ha revelado una correlación objetiva entre el grado de adopción de tecnologías en salud y reducción de las complicaciones y la mortalidad en los hospitales [6]. Esta es una clara evidencia de que un verdadero retorno de la inversión en estos sistemas es posible.

Una contribución a solucionar el problema descrito es de gran interés para la Fundación Enlace Hispano-Americano de Salud (EHAS)¹, cuyo fin es "*promover el uso apropiado de las nuevas Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TIC) para mejorar los procesos de salud en zonas rurales aisladas de países en desarrollo*", razón por la cual el presente trabajo de grado se enmarca dentro del Programa EHAS, en el cual participa la Universidad del Cauca.

1.2. ESCENARIOS DE MOTIVACIÓN

A continuación se describe una situación para la cual una plataforma para servicios de teleconsulta con apoyo de imágenes médicas es de gran importancia:

Tras observar con resignación cómo sus piernas eran invadidas de bolas y progresivamente perdía peso, Graciela, una habitante de 76 años de Leticia (Amazonas), recibe un nuevo aliento. Un diagnóstico oportuno cortó la zozobra de una enfermedad erróneamente evaluada. Dos años de tratamiento de una supuesta tuberculosis pulmonar impulsaron a la familia a buscar un concepto más especializado y confirmaron al sistema de salud lo difícil que es hacer análisis complejos en territorios donde la atención en salud es apenas cuestión de supervivencia.

El diagnóstico verdadero: linfoma cutáneo de células B de los miembros inferiores, un tipo de cáncer bastante extraño, complejo e inusual, identificado hasta el momento en 49 personas en el mundo. Algo que desde semejante distancia no hubiera sido posible saber sin la telemedicina, que acertó los 1.044 kilómetros que separan a Leticia de Bogotá -a donde se remiten los enfermos de esta zona-, salvando la falta de equipos médicos, los interminables tiempos de remisión y los costos que representa trasladarse a la capital.

Tomado de [7], 'Tan lejos, tan cerca'.

¹ <http://www.ahas.org/>

Plataforma de Código Abierto para Servicios de Teleconsulta con Soporte de Imágenes Médicas bajo el Estándar DICOM

También se describen los escenarios de motivación tomando como base del estudio los antecedentes de este proyecto que constituyen las iniciativas previas que lo motivaron:

El Hospital Susana López de Valencia (HSLV) de la ciudad de Popayán para su nueva sede materno-infantil ubicada en la ciudad de Cali deseaba ofrecer servicios de telemedicina. La idea es que los especialistas de Popayán pudieran prestar sus servicios de consulta y diagnóstico sin tener que desplazarse hasta Cali. El HSLV cuenta con un sistema de información hospitalario llamado Dinámica Gerencial Hospitalaria² (DGH), el cual solo estaba funcionando desde la red interna del hospital.

Se realizó un trabajo de campo en el hospital para conocer el funcionamiento del sistema y la arquitectura de red donde esta implementado, para permitir a los médicos especialistas que estaban fuera del hospital acceder a imágenes médicas digitales a través de la Internet. El trabajo se llevó a cabo con éxito y se realizaron las pruebas pertinentes demostrando que el objetivo fue alcanzado, sin embargo, no hubo interés por parte de los directivos del hospital para continuar con el trabajo, por lo cual, no se avanzó más en el tema.

También hubo algunos acercamientos con proyectos de telemedicina para el barco hospital que opera en el pacífico Caucaño con apoyo de la Universidad del Cauca, quienes iban a destinar dinero a proyectos de investigación en telemedicina. Este proyecto finalmente no pudo ser concretado.

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. Objetivo General

Proponer una plataforma de código abierto que permita prestar servicios de teleconsulta con soporte para imágenes médicas bajo el estándar DICOM³.

1.3.2. Objetivos Específicos

- Hallar los componentes de software que cumplan con los criterios establecidos para la implementación de servicios de teleconsulta con apoyo en imágenes médicas.
- Definir la arquitectura de la plataforma utilizando los componentes más adecuados para la prestación del servicio propuesto.
- Implementar la plataforma especificada en la arquitectura.
- Evaluar la funcionalidad de la plataforma en términos del servicio propuesto, siguiendo los procedimientos establecidos por la comunidad de desarrollo elegida.

² http://www.syac.com.co/dg_hospitalaria.html

³ Digital Imaging and Communication in Medicine

CAPITULO 2

MARCO TEÓRICO

2.1. NORMATIVA

2.1.1. Sistema General de Seguridad Social en Salud en Colombia

En la Constitución Política de Colombia de 1991 está consagrada la seguridad social como un servicio público permanente y como un derecho colectivo [8]. Así, en desarrollo del artículo 48 de la Constitución Política, la Ley 100 de 1993 [1] organizó el Sistema de Seguridad Social Integral, que tiene por objeto garantizar los derechos irrenunciables de la persona y la comunidad para obtener la calidad de vida acorde con la dignidad humana, mediante la protección de las contingencias que la afecten y cuya dirección, coordinación y control está a cargo del Gobierno Nacional, por medio del Ministerio de la Protección Social. El Sistema de Seguridad Social Integral está conformado por el Sistema de General de Pensiones, el Sistema General de Seguridad Social en Salud (SGSSS), el Sistema General de Riesgos Profesionales y los servicios sociales complementarios.

El SGSSS sigue, entre otros, los principios de eficiencia, universalidad, solidaridad, igualdad, y participación, y se plantea los objetivos de lograr el aseguramiento universal, mejorar la eficiencia e incrementar la calidad en los servicios de salud. La solidaridad en el financiamiento, la introducción del aseguramiento para la población pobre, la separación de funciones del financiamiento y de la provisión, la participación del sector privado en estas funciones y la adopción de planes de beneficios en salud [9].

El SGSSS ha sido modificado en dos ocasiones, por medio de leyes expedidas por el Congreso de la República, a saber:

Primero, la Ley 1122 de 2007 que tiene como prioridad el mejoramiento en la prestación de los servicios a los usuarios [10] y que, en efecto, configuró la ejecución de reformas en los aspectos de dirección, universalización, financiación, equilibrio entre los actores del sistema, racionalización, y mejoramiento en la prestación de servicios de salud, fortalecimiento en los programas de salud pública y de las funciones de inspección, vigilancia y control y la organización y funcionamiento de redes para la prestación de servicios de salud. Además, se dicta la creación de la Comisión de Regulación en Salud (CRES), entidad del Estado encargada de expedir las normas regulatorias para contribuir al goce efectivo del derecho a la salud de los habitantes del territorio nacional [11].

Segundo, la Ley 1438 de 2011 [12] que tiene como objeto el fortalecimiento del SGSSS, a través de un modelo de prestación del servicio público en salud que en el marco de la estrategia Atención Primaria en Salud permita la acción coordinada del Estado, las instituciones y la sociedad para el mejoramiento de la salud y la creación de un ambiente sano y saludable, que brinde servicios de mayor calidad, incluyente y equitativo, donde el centro y objetivo de todos los esfuerzos sean los residentes en el país.

Además del SGSSS, cabe resaltar por su pertinencia para el presente trabajo la Ley 657 de 2001 [13], conocida como la Ley de Radiología, la cual define la radiología e imágenes

Plataforma de Código Abierto para Servicios de Teleconsulta con Soporte de Imágenes Médicas bajo el Estándar DICOM

diagnósticas como una especialidad de la medicina basada en la obtención de imágenes de utilidad médica. Estudia los principios, procedimientos, instrumentos y materiales necesarios para producir diagnósticos y realizar procedimientos terapéuticos óptimos, todo con fundamento en un método científico, académico e investigativo. La especialidad médica de la radiología e imágenes diagnósticas participa en el manejo integral del paciente y por ende pueden prescribir, realizar tratamientos, expedir certificados y conceptos sobre el área de su especialidad e intervenir como auxiliares de la justicia.

2.1.2. Normas sobre Telemedicina

Colombia es un país que apenas vislumbra las posibilidades que le ofrece la telemedicina y sus aplicaciones en múltiples mejoras del sistema de salud con repercusiones en la calidad y cobertura del SGSSS, como se puede observar en la siguiente presentación general de la situación legal de la telemedicina en Colombia:

Resolución 1995 de 1999 del Ministerio de Salud “*por la cual se establecen normas para el manejo de la Historia Clínica*” en el artículo 18 dice que los Prestadores de Servicios de Salud pueden utilizar medios físicos o técnicos como computadoras, cuando así lo consideren conveniente. Los programas automatizados que se diseñen y utilicen para el manejo de las Historias Clínicas, así como sus equipos y soportes documentales, deben estar provistos de mecanismos de seguridad, que imposibiliten la incorporación de modificaciones a la Historia Clínica una vez se registren y guarden los datos, evitar la destrucción de los registros en forma accidental o provocada. Los prestadores de servicios de salud deben permitir la identificación del personal responsable de los datos consignados, de forma que se establezca con exactitud quien realizó los registros, la hora y fecha del registro [14].

Resolución 2182 de 2004 del Ministerio de la Protección Social “*por la cual se definen las Condiciones de Habilitación para las instituciones que prestan servicios de salud bajo la modalidad de Telemedicina*”, reemplazada más tarde por la Resolución 1448 de 2006 [15].

Resolución 1448 de 2006 del Ministerio de la Protección Social “*por la cual se definen las Condiciones de Habilitación para las instituciones que prestan servicios de salud bajo la modalidad de Telemedicina*”, incluye anexos técnicos donde se especifican las instalaciones y el mantenimiento necesario para prestar el servicio de telemedicina. En el artículo 6 define las *Redes integradas de servicios de salud* como el conjunto de organizaciones que prestan servicios de salud conforme a los principios del SGSSS, cuya función de coordinación será esencialmente un proceso del ámbito clínico y administrativo, teniendo entre sus objetivos y componentes, la coordinación de esquemas de comunicación electrónica y los servicios de telemedicina [16].

El Plan Nacional de Desarrollo para el periodo 2006-2010, expedido por la Ley 1151 de 2007, en sus artículos 6 y 129 describe una política para el fomento de la telemedicina teniendo en cuenta departamentos de especial interés para la implementación de esta tecnología [17].

Ley 1122 de 2007 “*por la cual se hacen algunas modificaciones en el Sistema General de Seguridad Social en Salud y se dictan otras disposiciones*”, en sus artículos 26 y 27,

Plataforma de Código Abierto para Servicios de Teleconsulta con Soporte de Imágenes Médicas bajo el Estándar DICOM

parágrafos 2 y 4 respectivamente, se reglamenta el fomento de la telemedicina y se presentan los departamentos de especial interés para la implementación de esta tecnología [1].

Acuerdo 357 de 2007 del Consejo Nacional de Seguridad Social en Salud (CNSSS) *“por el cual se aprueban los criterios de distribución de los recursos de la Subcuenta de Eventos Catastróficos y Accidentes de Tránsito, ECAT, asignados para el fortalecimiento de la Red Nacional de Urgencias en la vigencia 2007”*, en el artículo 2 se destinan 80% de diez mil millones de pesos para la dotación de equipos médicos para los servicios de urgencias, cuidado intensivo e intermedio, reanimación y servicios de apoyo que para este caso serán los de telemedicina [18].

Decreto 3039 de 2007 *“por el cual se adopta el Plan Nacional de Salud Pública 2007-2010”*, uno de cuyos componentes es el fomento de la telemedicina por parte de las entidades territoriales y de las Empresas Promotoras de Salud (EPS), las Administradoras del Régimen Subsidiado (ARS) y las Institución Prestadoras de Servicios de Salud (IPS), en la línea de política número 3 del capítulo III, y dentro del anexo técnico, objetivo 10, línea de política número 5 [19].

Resolución 3763 de 2007 del Ministerio de la Protección Social *“por la cual se modifican parcialmente las Resoluciones 1043 y 1448 de 2006 y la Resolución 2680 de 2007 y se dictan otras disposiciones”*. Incluye anexos técnicos donde se especifican las instalaciones y el mantenimiento necesario para prestar los servicios de telemedicina [20].

Acuerdo 378 de 2008 *“por el cual se aprueban los criterios de distribución y asignación de los recursos de la Subcuenta de Eventos Catastróficos y Accidentes de Tránsito, ECAT, asignados para el fortalecimiento de la Red Nacional de Urgencias en la vigencia 2008”*. Para prestar atención integral en salud en situaciones de urgencia, emergencia o desastre, se requiere fortalecer la Red Nacional de Urgencias, para lo cual se asignara un porcentaje correspondiente al 35 %, para la dotación de equipos médicos y de transporte terrestre para los servicios de urgencias, cuidado Intensivo e intermedio, reanimación y servicios de apoyo como los de telemedicina [21].

Ley 1419 de 2010 tiene por objeto desarrollar la telesalud en Colombia como apoyo al SGSSS. En el artículo 2 define la telesalud como: *“el conjunto de actividades relacionadas con la salud, servicios y métodos, los cuales se llevan a cabo a distancia con la ayuda de las tecnologías de la información y telecomunicaciones. Incluye, entre otras, la Telemedicina y la Teleeducación en salud”* y la telemedicina como: *“la provisión de servicios de salud a distancia en los componentes de promoción, prevención, diagnóstico, tratamiento y rehabilitación, por profesionales de la salud que utilizan tecnologías de la información y la comunicación, que les permiten intercambiar datos con el propósito de facilitar el acceso y la oportunidad en la prestación de servicios a la población que presenta limitaciones de oferta, de acceso a los servicios o de ambos en su área geográfica”*.

La ley contempla la destinación del 0,3% de la Unidad de Pago por Capitación para fortalecer el desarrollo de la telesalud en el país. Con el propósito de lograr un desarrollo coherente de estos servicios, la nueva ley crea un Comité Asesor de la Telesalud como organismo asesor del Ministerio de la Protección Social. El Ministerio de Tecnologías de la

Plataforma de Código Abierto para Servicios de Teleconsulta con Soporte de Imágenes Médicas bajo el Estándar DICOM

Información y Comunicaciones deberá elaborar el mapa de conectividad en el país. Además destinará hasta el 5% de los recursos del fondo a su cargo para el financiamiento de las inversiones requeridas en conectividad que desarrollen la telesalud en las Instituciones Públicas de Salud en Colombia, de acuerdo con las recomendaciones del Comité Asesor creado para tal efecto [22] [23].

El Plan Nacional de Desarrollo para el periodo 2010-2014, expedido por la ley 1450 de 2011, en el capítulo 4 (Igualdad de oportunidades para la prosperidad social) en un apartado sobre brindar atención oportuna y de calidad a los usuarios del SGSSS se propone desarrollar una línea estratégica para fortalecer el acceso, para lo cual, a partir del estudio de oferta y demanda de prestación de servicios de salud, se identificarán las regiones o servicios que requieren incentivos que aseguren la oferta disponible para garantizar el acceso, en condiciones de eficiencia y se fortalecerá el uso de las TIC en salud, en especial la telemedicina y la implementación del registro clínico electrónico [24] [25].

Sobre los sistemas de información, en el artículo 112, párrafo transitorio, de la Ley 1438 de 2011 se dice que la historia clínica única electrónica será de obligatoria aplicación antes del 31 de diciembre del año 2013, esta tendrá plena validez probatoria. Según el artículo 113, el Ministerio de la Protección Social junto con el Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones definirá y contratará un plan para que en un periodo menor a 3 años se garantice la conectividad de las instituciones vinculadas con el sector de salud.

2.2. ESTÁNDAR DICOM

2.2.1. Descripción General

Desde la década de 1970, cuando fue introducida la tomografía computarizada como la primera modalidad digital, la importancia del procesamiento digital de imágenes médicas se ha incrementado de forma permanente y la idea de usar equipos digitales de imagenología ha sido una realidad [26].

En 1983, el Colegio Radiológico de Norteamérica (ACR, por sus siglas en inglés) y la Asociación Nacional de Fabricantes Eléctricos (NEMA, por sus siglas en inglés) formaron un grupo de trabajo con el fin de desarrollar un estándar para el intercambio de imágenes médicas. El resultado de este trabajo fue el estándar ACR-NEMA versión 1.0, publicado en 1985 y revisado varias veces hasta 1988. En 1988 se incluyó nueva información al estándar y se publicó la versión 2.0. Sin embargo, debido a una serie de debilidades, especialmente que solo permitía la comunicación punto a punto, el estándar no tuvo éxito. Basados en los resultados y la experiencia obtenida con el estándar ACR-NEMA, los expertos continuaron trabajando y en 1993 fue creado el estándar *Digital Imaging and Communication in Medicine* (DICOM) versión 3.0, el cual es extendido cada año para satisfacer prácticamente cualquier rama de la medicina que utiliza imágenes [27].

DICOM es el estándar *de facto* reconocido mundialmente para el intercambio de imágenes médicas [28], concebido para el manejo, almacenamiento, impresión y transmisión. Incluye la definición de un formato de archivo y de un protocolo de comunicación de red. El protocolo de comunicación es un protocolo de aplicación que usa

Plataforma de Código Abierto para Servicios de Teleconsulta con Soporte de Imágenes Médicas bajo el Estándar DICOM

TCP/IP para la comunicación entre sistemas, mientras que los archivos DICOM pueden intercambiarse entre dos entidades que tengan capacidad de recibir imágenes y datos de pacientes en formato DICOM.

DICOM permite la integración de escáneres, servidores, estaciones de trabajo, impresoras y equipos de red de múltiples proveedores dentro de un sistema de almacenamiento y comunicación de imágenes. Antes de DICOM, un sistema de imágenes de un proveedor (y todos sus componentes) no tenía forma de comunicarse con el sistema de otro proveedor [29].

Los objetivos del estándar DICOM son:

- Promover la comunicación de información de imágenes médicas digitales sin importar el fabricante del equipo.
- Facilitar el desarrollo y expansión de los PACS⁴ para que puedan interactuar con otros sistemas de información hospitalaria.
- Permitir la creación de bases de datos de información de diagnóstico que puedan ser consultadas por una gran variedad de equipos distribuidos geográficamente.

El estándar DICOM se compone de varios documentos (partes). Cada documento de DICOM es identificado por el título y el número de estándar, que toma la forma "PS 3.X-AAAA", donde "X" es el número de la parte y "AAAA" es el año de publicación. Actualmente, el estándar DICOM se compone de 20 partes, a saber:

1. **PS 3.1-2011: *Introduction and Overview***. Contiene una panorámica del estándar en sí mismo, con descripción de los principios básicos, las principales definiciones de términos y un resumen de cada una de las partes.
2. **PS 3.2-2011: *Conformance***. Describe la definición de conformidad para DICOM, es decir, aquello que se le solicita describir a los desarrolladores y vendedores de equipos y sistemas, para su adhesión al estándar DICOM. En general, especifica qué objetos, opciones y servicios son soportados.
3. **PS 3.3-2011: *Information Object Definitions***. Especifica la estructura y atributos de los objetos de información. Existen IOD normalizados y compuestos. Los objetos compuestos son, por ejemplo, estudios de tomografía computarizada, resonancia magnética, etc., que contienen series de imágenes, información de paciente, etc.
4. **PS 3.4-2011: *Service Class Specifications***. Define las funciones que operan sobre los objetos de información definidos en la Parte 3, para proporcionar un servicio específico. Esas clases de servicio SOP (*Service-Object Pair*) son: verificación, almacenamiento, consulta/recuperación, notificación de contenido de estudio, gestión del paciente, gestión de estudio, gestión del parte médico, gestión de impresión.
5. **PS 3.5-2011: *Data Structure and Encoding***. Especifica la codificación de los datos en los mensajes que se intercambian para lograr el funcionamiento de las clases de servicio explicadas en la Parte 4. La principal función de esta parte es definir el lenguaje que dos aparatos tienen que utilizar para llevar a cabo dicha comunicación.
6. **PS 3.6-2011: *Data Dictionary***. Define los atributos de información de todos los IOD definidos en la Parte 3. También se especifican los valores posibles o los rangos de algunos de estos atributos.

⁴ Picture Archiving and Communication System (Sistema de Almacenamiento y Distribución de Imágenes)

Plataforma de Código Abierto para Servicios de Teleconsulta con Soporte de Imágenes Médicas bajo el Estándar DICOM

7. **PS 3.7-2011: Message Exchange.** Especifica los tipos de DIMSE (*DICOM Message Service Element*) que existen y los protocolos que deben respetar cada uno de ellos.
8. **PS 3.8-2011: Network Communication Support for Message Exchange.** Define los servicios y protocolos de intercambio de mensajes definidos en la Parte 7, pero directamente en OSI (Modelo de interconexión de sistemas abiertos) y redes TCP/IP. La elección de TCP/IP representa una solución ideal para el manejo de las imágenes de diagnóstico, ya sea en el ámbito local (LAN), o sobre una red extensa (WAN).
9. **PS 3.9-2011: Point-to-Point Communication Support for Message Exchange.** Fue retirado del estándar.
10. **PS 3.10-2011: Media Storage and File Format for Data Interchange.** Define los formatos lógicos para guardar la información DICOM sobre diferentes soportes.
11. **PS 3.11-2011: Media Storage Application Profiles.** Define lo que hay que hacer para almacenar esa información.
12. **PS 3.12-2011: Storage Functions and Media Formats for Data Interchange.** Define los medios físicos de almacenamiento contemplados (CD-ROM, disco flexible, DVD, etc.).
13. **PS 3.13-2011: Print Management Point-to-Point Communication Support.** Fue retirado del estándar.
14. **PS 3.14-2011: Grayscale Standard Display Function.** Especifica la estandarización de las características de los monitores para la representación en escala de grises de las imágenes (curvatura del monitor, rendimiento, etc.).
15. **PS 3.15-2011: Security and System Management Profiles.** Define los diferentes niveles de seguridad en la comunicación.
16. **PS 3.16-2011: Content Mapping Resource.** Especifica el DCMR (*DICOM Content Mapping Resource*) que define las plantillas y los grupos de contexto que se utiliza en otras partes de la norma.
17. **PS 3.17-2011: Explanatory Information.** Consolida la información explicativa que antes figuraba en otras partes del estándar. Se compone de varios anexos que describen el uso del estándar.
18. **PS 3.18-2011: Web Access to DICOM Persistent Objects.** Especifica un servicio basado en la web para el acceso y la presentación de los objetos DICOM persistentes (e.g. imágenes, informes médicos de imagen).
19. **PS 3.19-2011: Application Hosting.** Define una interfaz entre dos aplicaciones software. La primera aplicación, el sistema de alojamiento, ofrece a la segunda los datos, como un conjunto de imágenes e información relacionada. La segunda, la aplicación alojada, analiza los datos y retorna los resultados posibles a la primera.
20. **PS 3.20-2011: Transformation of DICOM to and from HL7 Standards.** Transformación de DICOM a HL7 y viceversa.

En la década de 1990, la Sociedad Radiológica de Norteamérica (RSNA, por sus siglas en inglés) encargó a dos grupos de expertos el desarrollo de herramientas de comunicación DICOM como un medio para acelerar la adopción del estándar.

El grupo OFFIS desarrolló DCMTK, un conjunto de librerías y aplicaciones que implementan gran parte del estándar DICOM. Incluye funcionalidades para el análisis, construcción y conversión de archivos de imágenes DICOM, enviar y recibir imágenes a través de una conexión de red, y otras características [30].

El Laboratorio de Radiología Electrónica del Instituto de Radiología Mallinckrodt (Universidad de Washington en St. Louis, Missouri, Estados Unidos) desarrolló

originalmente el software CTN (*Central Test Node*), cuyo objetivo era proporcionar una implementación centralizada del estándar DICOM basada en su evolución y que facilitó la participación de los proveedores de equipos de imágenes médicas [31].

A los proveedores se les permitió tomar el código fuente tanto de DCMTK como de CTN para apoyar la implementación del estándar en sus sistemas médicos. Estos esfuerzos fueron satisfactorios y constituyeron factores clave para la transformación de la industria de las imágenes médicas. DCMTK y CTN aún están disponibles y son utilizados por los proveedores como componentes de sus propios sistemas software [29].

A continuación se explican algunos detalles del estándar que son importantes para el desarrollo de este trabajo de grado. Se hace referencia a las secciones del estándar DICOM [32] para profundizar en cada tema.

2.2.2. Definiciones

Entidad de aplicación

Una entidad de aplicación (*Application Entity*, AE) es el nombre utilizado en DICOM para representar a los dispositivos que intervienen en una comunicación DICOM. Cada AE tiene un título (*Application Entity Title*, AET) que debe ser único a nivel local y que permite identificarlo.

Roles de servicio

Es importante saber cuándo un dispositivo proporciona un servicio y cuando utiliza o consume un servicio. DICOM se refiere a la descripción de este comportamiento como los roles de servicio.

En DICOM todas las comunicaciones ocurren entre un usuario de la clase de servicio (*Service Class User*, SCU) y un proveedor de la clase de servicio (*Service Class Provider*, SCP). El SCU es el papel desempeñado por un AE DICOM que invoca operaciones y realiza notificaciones en una asociación específica. El SCP es el papel desempeñado por un AE DICOM que realiza operaciones e invoca notificaciones en una asociación específica.

Como la comunicación entre un par de AE trabaja en un modelo cliente/servidor. El SCU actúa como un cliente, mientras que el SCP actúa como el servidor.

Identificador único

Las imágenes, informes, u otra información que se transmite de un dispositivo a otro en la comunicación de imágenes médicas deben ser identificadas de una manera única. Para esto, DICOM utiliza los identificadores únicos (PS 3.5-2011, 9 *Unique Identifiers* (UIDs)).

Los UID se rigen por una norma internacional, y si son aplicados apropiadamente proporcionan un identificador único, no solamente dentro de una institución sino a nivel mundial. Un campo numérico usado como parte de cualquier UID DICOM se conoce como raíz organizacional (raíz organizacional de DICOM: 1.2.840.10008). A esta raíz organizacional se añaden campos numéricos adicionales.

Sintaxis de transferencia

La Sintaxis de Transferencia (PS 3.5-2011, 10 *Transfer Syntax, Annex A Transfer Syntax Specifications*) es un conjunto de reglas de codificación que permiten a las entidades de aplicación negociar de forma inequívoca las técnicas de codificación que son capaces de soportar, lo que permite que éstas se comuniquen de manera efectiva.

En la sintaxis de transferencia se encuentran tres variables principales:

- Valor de representación: Implícito o explícito (PS 3.5-2011, 6.2 *VALUE REPRESENTATION (VR)*).
- Endianness: *Little-Endian* o *BigEndian* (PS 3.5-2011, 7.3 *BIG ENDIAN VERSUS LITTLE ENDIAN BYTE ORDERING*).
- Compresión (PS 3.5-2011, 8.2 *NATIVE OR ENCAPSULATED FORMAT ENCODING*).

Tabla 1. Sintaxis de transferencia

UID Sintaxis de transferencia	Definición
1.2.840.10008.1.2	Datos en bruto, VR implícito, <i>Little Endian</i>
1.2.840.10008.1.2.x	Datos en bruto, VR explícito x = 1: <i>Little Endian</i> x = 2: <i>Big Endian</i>
1.2.840.10008.1.2.4.xx	Compresión JPEG xx = 50-64: JPEG con pérdida xx = 65-70: JPEG sin pérdida
1.2.840.10008.1.2.5	RLE sin pérdida

Los datos de la imagen pueden ser comprimidos con pérdida o sin pérdida para reducir el tamaño de la imagen, utilizando variaciones de los formatos JPEG y RLE (*Run-Length Encoding*) o pueden ser transferidos sin compresión (datos en bruto). Para el caso de los datos en bruto, la sintaxis de transferencia reporta el orden de los bytes. Diferentes computadores almacenan valores enteros de forma distinta, lo que se conoce como orden “*big endian*” y “*little endian*” (Tabla 1).

2.2.3. Modelo de Información DICOM

El modelo de información DICOM define la estructura y organización de la información relacionada con la comunicación de imágenes médicas (Figura 1).

Objetos de información

DICOM adoptó el enfoque orientado a objetos como parte de la filosofía de diseño. Las imágenes, los reportes y los pacientes son objetos en DICOM y se denominan Objetos de Información (*Information Objects*) ya que su función es transportar información.

La definición de lo que constituye un objeto de información en DICOM se llama una definición de objeto de información (*Information Object Definition, IOD*), que no es más que una lista de los atributos que deben estar presentes (atributos obligatorios), los que son opcionales, y los que están condicionados, es decir, que deben estar presentes sólo en algunas situaciones (PS 3.5-2011, 7.4 *DATA ELEMENT TYPE*).

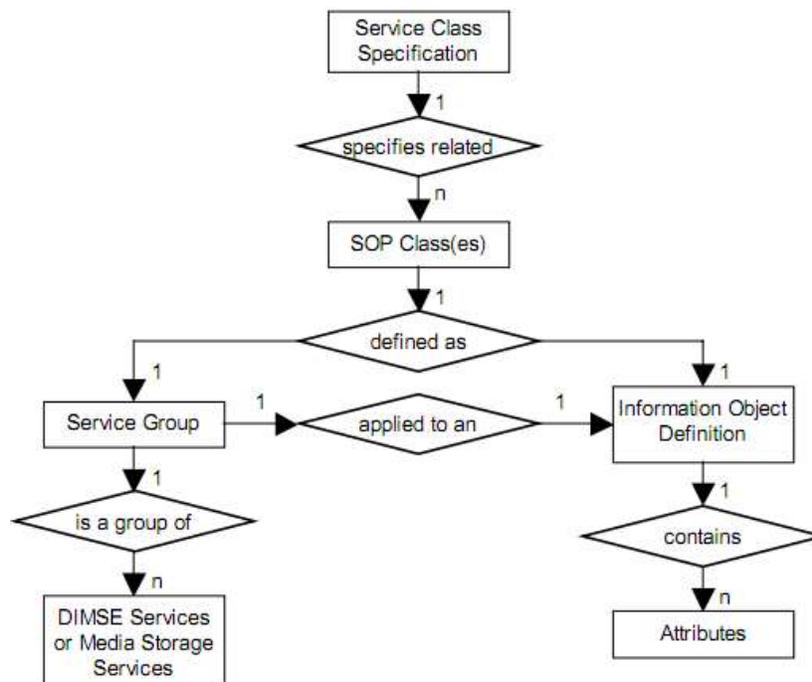


Figura 1. Estructuras principales del modelo de información DICOM (PS 3.3-2011, Sección 6). Tomada de [32], Figura 6-1.

Los atributos de un IOD describen las propiedades de la instancia del objeto del mundo real (PS 3.3-2011, 7 *DICOM Model of the Real World*). Los atributos relacionados son agrupados en módulos (PS 3.3-2011, *Annex C INFORMATION MODULE DEFINITIONS*) y son codificados como elementos de datos (PS 3.5-2011, 7.1 *DATA ELEMENTS*).

La definición del objeto de información puede ser considerada como un “formulario” con una serie de “espacios en blanco” para ser llenados con información. Cada pieza de información es un atributo, como el nombre del paciente o número de historia clínica. Incluso si el formulario no está lleno, los diferentes espacios en blanco le dan a la información cierta estructura. Cuando los espacios se llenan, los valores son asignados a los atributos lo que hace que el formulario ya no sea genérico, sino que se aplica a un paciente, una imagen, u otro tipo de objeto específico. Este proceso de relleno, o de asignación de valores a los atributos, crea lo que se llama una instancia de objeto de información (*Object Information Instance*).

Un IOD proporciona un punto de vista común de la información que intercambian las AE en la comunicación. Existen dos tipos de IOD: compuesto y normalizado.

Un IOD compuesto es la definición de un objeto de información que representa partes de varias entidades incluidas en el modelo de DICOM del mundo real (*DICOM Model of the Real-World*). Así, un IOD compuesto incluye atributos de objetos del mundo real que se relacionan, proporcionando un contexto completo de la información que va a ser intercambiada. (PS 3.3-2011, *Annex A Composite IOD*).

Plataforma de Código Abierto para Servicios de Teleconsulta con Soporte de Imágenes Médicas bajo el Estándar DICOM

Un IOD normalizado es la definición de un objeto de información que generalmente representa una sola entidad incluida en el modelo de DICOM del mundo real. (PS 3.3-2011, *Annex B Normalized IOD*).

Elementos de servicio

DICOM proporciona servicios estandarizados que se utilizan con los objetos de información. DICOM construye sus servicios más complejos a partir de un conjunto de elementos de servicio que se llaman DIMSE (*DICOM Message Service Elements*). Debido a que los objetos de información DICOM son compuestos y normalizados, hay servicios compuestos (PS 3.7-2011, 9 DIMSE-C) y normalizados (PS 3.7-2011, 10 DIMSE-N).

Servicios compuestos:

- C-STORE
- C-FIND
- C-MOVE
- C-GET
- C-ECHO

Servicios normalizados:

- N-CREATE
- N-GET
- N-SET
- N-ACTION
- N-DELETE
- N-EVENT-REPORT

Estos DIMSE caen en las categorías de operaciones (e.g. “*store*”, que haría que los datos se almacenen) y notificaciones (e.g. “*event report*”, el cual notificará a un dispositivo que algo ha ocurrido) (PS 3.7-2011, 7, 7.1 *SERVICE TYPES*).

Un grupo de servicio DIMSE (*DIMSE Service Group*) especifica una o más operaciones/notificaciones que son aplicables a un IOD.

Pareja servicio-objeto

Las clases de servicio y objetos de información se combinan para formar las unidades funcionales de DICOM. Esta combinación se conoce como clase pareja servicio-objeto (*Service-object pair*, SOP). Todo lo que se hace cuando DICOM se implementa se basa en una clase SOP.

Una vez los atributos del objeto de información y las variables de la clase de servicio están "llenos" con los valores que representan a un paciente, información del equipo de imagen (e.g. el fabricante) y una imagen resultante, la clase SOP se convierte en una instancia SOP y se le asigna su propio UID. El proceso de comunicación DICOM implica el intercambio de las instancias de SOP con el uso de mensajes de DICOM.

DICOM define dos tipos de clases SOP, normalizadas y compuestas. Las clases SOP normalizadas se definen como la unión de un IOD normalizado y un conjunto de servicios

DIMSE-N. Las clases SOP compuestas se definen como la unión de un IOD compuesto y un conjunto de servicios DIMSE-C.

2.2.4. Formato de Archivo y Estructura de Datos

El formato de archivo DICOM proporciona un medio para encapsular en un archivo el conjunto de datos (*Data Set*) que representa una instancia SOP en relación con un IOD DICOM. Cada archivo contiene una sola instancia SOP.

Un único archivo DICOM (Figura 2) contiene una cabecera (metainformación DICOM) que almacena información relacionada con el nombre del paciente, tipo de procedimiento, dimensiones de la imagen, etc., así como los datos de la imagen.

Un conjunto de datos (*Data Set*) es una colección de elementos de datos (*Data Elements*) o atributos. Unidades de información definidas por una única entrada en el diccionario de datos (PS 3.6-2011, 6 *Registry of DICOM data elements*) (Figura 3).

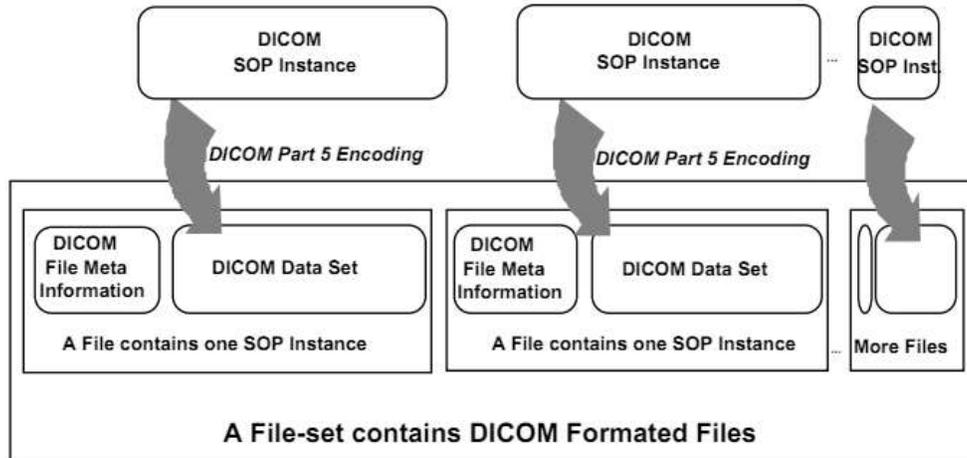


Figura 2. Formato de archivos DICOM (PS 3.10-2011, Sección 7). Tomada de [32], Figura 7-1.

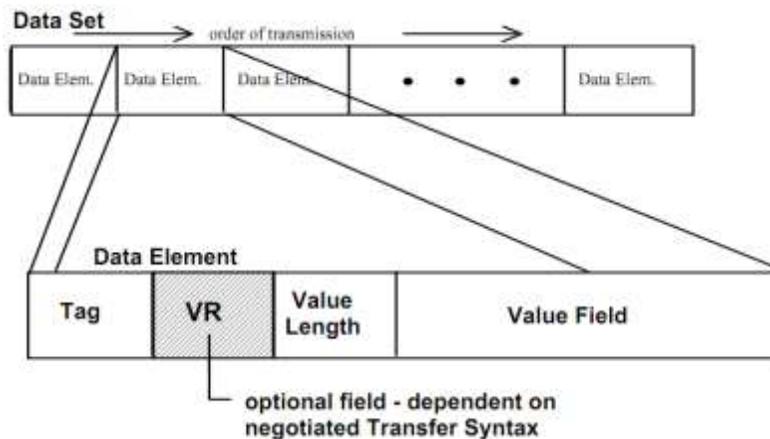


Figura 3. DICOM Data Set y Data Element (PS 3.5-2011, Sección 7.1). Tomada de [32], Figura 7.1-1.

Plataforma de Código Abierto para Servicios de Teleconsulta con Soporte de Imágenes Médicas bajo el Estándar DICOM

Un elemento de datos se compone por una etiqueta (tag), un valor de representación (*Value Representation*, VR), la longitud del valor (*Value Length*) y el campo (*Value Field*).

Un tag es representado como (gggg,eeee), donde gggg es igual al número del grupo (*Group Number*) y eeee es igual al número del elemento (*Element Number*) dentro del grupo. El VR describe el tipo de dato del valor contenido en cada *Data Element* (e.g. texto, fecha, nombre de persona). El *Value Length* contiene la longitud del campo del *Data Element*. Finalmente, el *Value Field* contiene el valor o valores del atributo.

En versiones anteriores a la 3.0, la definición del VR se hacía en el diccionario de datos, VR implícito (*implicit VR*). El nuevo método, en el cual el VR es incluido directamente en el *Data Element*, se conoce como VR explícito (*explicit VR*). Sin embargo, ambos métodos son soportados en la versión actual del estándar (DICOM 3.0) para permitir la compatibilidad entre versiones.

Un atributo puede o no estar codificado en un *Data Set* dependiendo del tipo (*Data Element Type*). Puede ser obligatorio, opcional o condicional (obligatorio en ciertas condiciones).

2.2.5. Servicios DICOM

Los servicios DICOM se basan en la arquitectura cliente-servidor. Si dos AE DICOM quieren intercambiar información, deben establecer una conexión y ponerse de acuerdo en los siguientes parámetros:

- Quien es el cliente y quien es el servidor (roles de servicio: SCU o SCP).
- Qué servicios DICOM van a utilizar.
- En qué formato se van a transmitir los datos (e.g. con compresión o sin compresión).

Sólo si las dos AE se ponen de acuerdo en un conjunto común de parámetros, la comunicación será establecida.

Debido a la naturaleza orientada a objetos de DICOM, los servicios son referidos como clases de servicio (*Service Class*). En parte, esto se debe a que un determinado servicio puede ser aplicado a una variedad de objetos de información.

Lista de trabajo de la modalidad (*Modality Worklist*)

Una lista de trabajo (*Worklist*) es la estructura para presentar la información relacionada con un conjunto particular de tareas, que especifica los detalles particulares de cada una. Un elemento de lista de trabajo contiene los atributos de diferentes objetos relacionados con la tarea. En medicina, una modalidad (*modality*) es cualquiera de los diversos tipos de equipos o de sondas utilizadas para obtener imágenes del cuerpo.

En términos generales, la clase de servicio *Basic Worklist Management* (PS 3.4-2011, *Annex K BASIC WORKLIST MANAGEMENT SERVICE*) facilita el acceso a las listas de trabajo. Define dos modelos de información (PS 3.4-2011, K.3 *WORKLIST INFORMATION MODEL*), cada uno de ellos asociado a una clase SOP:

- *Modality Worklist Information Model*.
- *General Purpose Worklist Information Model*.

Plataforma de Código Abierto para Servicios de Teleconsulta con Soporte de Imágenes Médicas bajo el Estándar DICOM

La clase SOP *Modality Worklist* (PS 3.4-2011, K.6.1 *Modality Worklist SOP Class*) define una clase de servicio que facilita la comunicación de información a la modalidad sobre los pasos del procedimiento programado (PS 3.3-2011, C.4.10 *Scheduled Procedure Step Module*), y entidades relacionadas con los pasos del procedimiento programado.

En otras palabras, la clase de servicio *Modality Worklist* (MWL) permite a los equipos de imagen (modalidad) solicitar información demográfica del paciente y detalles del estudio al MWL SCP, que normalmente hace parte del RIS⁵. La modalidad pide una lista de los pacientes de acuerdo con unos criterios establecidos por medio de una operación C-FIND y el MWL SCP responde con los resultados obtenidos.

Gracias a la implementación de listas de trabajo se ha eliminado una parte importante de la entrada manual de datos redundantes. Esto ha permitido ahorrar una cantidad considerable de tiempo a los técnicos y ha logrado limitar la posibilidad de que ellos pueden entrar datos erróneos.

Uno de los grandes problemas de las listas de trabajo es que no son capaces de saber cuándo se han realizado los estudios y siempre mandan las mismas citas a las modalidades. Para evitar esta situación, el estándar DICOM provee de la mensajería MPPS (*Modality Performed Procedure Step*) cuya misión es ir informando a una entidad DICOM del estado del estudio en curso.

Paso del procedimiento realizado por la modalidad (*Modality Performed Procedure Step*)

La transacción *Modality Performed Procedure Step* (PS 3.4-2011, F.7 *MODALITY PERFORMED PROCEDURE STEP SOP CLASS*), es ejecutada por una modalidad al inicio y al final de la adquisición de las imágenes. El mensaje MPPS por lo general no requiere ninguna acción específica del operador de la modalidad, ya que el equipo conoce la hora de inicio y la hora de finalización de la adquisición.

El mensaje enviado al inicio lleva información del paciente, la orden y el procedimiento. En la mayoría de los casos esta información se copia de la *Modality Worklist*. Por otra parte, este mensaje lleva información sobre el equipo, el operador, y la adquisición que se está realizando. El mensaje enviado al final lleva la información acerca de las imágenes u otros objetos que se generan, y puede actualizar la información enviada con anterioridad acerca del procedimiento. El mensaje MPPS también puede incluir información conocida por la modalidad, como la dosis de radiación y el consumo de material. El receptor del mensaje puede ser cualquier sistema interesado en tener retroalimentación de la modalidad, información del estado de la adquisición y el seguimiento (e.g. RIS o PACS).

MPPS consta de tres estados y es implementado utilizando los servicios DIMSE-N, N-CREATE y N-SET:

- En progreso: significa que la realización del estudio ha comenzado (N-CREATE).
- Terminado: significa que la realización del estudio fue terminada satisfactoriamente (N-SET).

⁵ Radiology Information System (Sistema de Información Radiológica)

Plataforma de Código Abierto para Servicios de Teleconsulta con Soporte de Imágenes Médicas bajo el Estándar DICOM

- Descontinuado: significa que la realización del estudio fue cancelada o no pudo ser terminada (N-SET).

Consulta/Recuperación (*Query/Retrieve*)

La clase de servicio *Query/Retrieve* (PS 3.4-2011, *Annex C QUERY/RETRIEVE SERVICE CLASS*) permite a una estación de trabajo hacer búsquedas de instancias de objetos compuestos (e.g. imágenes) en un PACS por ciertos criterios (paciente, fecha de creación, modalidad, etc.) y recuperarlas.

Esta clase de servicio no está destinada a proporcionar un mecanismo de consulta de base de datos como SQL. En cambio, está enfocada a la solicitud de información básica de instancias de objetos compuestos utilizando un pequeño conjunto de atributos clave comunes.

Con el fin de servir como un SCP, un AE DICOM posee información acerca de los atributos de una serie de instancias de objetos compuestos almacenadas. Esta información se organiza en un modelo de información *Query/Retrieve*.

Existen dos modelos de información *Query/Retrieve* estandarizados (PS 3.4-2011, C.3 *STANDARD QUERY/RETRIEVE INFORMATION MODELS*):

- *Patient Root*.
- *Study Root*.

Cada modelo de información se asocia con una serie de clases SOP (PS 3.4-2011, C.6 *SOP CLASS DEFINITIONS*).

El modelo de información *Patient Root* se basa en una jerarquía de cuatro niveles (Figura 4):

- Patient
- Study
- Series
- Composite object instance (Image)

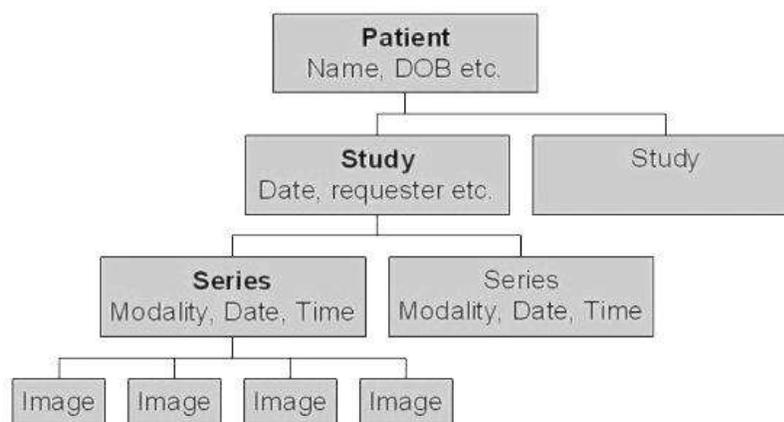


Figura 4. Modelo de información *Patient Root*. Tomada de [33].

Plataforma de Código Abierto para Servicios de Teleconsulta con Soporte de Imágenes Médicas bajo el Estándar DICOM

El modelo de información *Study Root* es idéntico al *Patient Root*, excepto que el nivel superior es el nivel *Study* (Figura 5). Los atributos de los pacientes son considerados atributos del estudio.

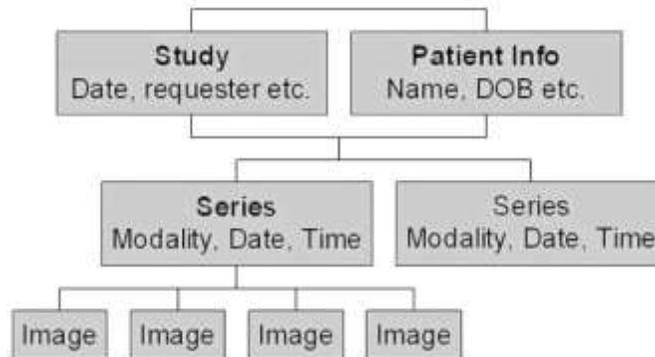


Figura 5. Modelo de información *Study Root*. Tomada de [33].

Las clases SOP de la clase de servicio *Query/Retrieve* son implementadas utilizando los servicios DIMSE-C, C-FIND, C-MOVE, y C-GET.

Almacenamiento (*Storage*)

La clase de servicio *Storage* (PS 3.4-2011, *Annex B STORAGE SERVICE CLASS*) facilita la transferencia sencilla de instancias de información (objetos). Le permite a un AE DICOM enviar imágenes, formas de onda, informes, etc., a otro para ser almacenados.

Las clases SOP del servicio de almacenamiento son implementadas utilizando el servicio DIMSE-C, C-Store y están destinadas a ser utilizadas en una variedad de entornos: por ejemplo, para transferir imágenes desde las modalidades a estaciones de trabajo o archivos, de los archivos a estaciones de trabajo o de regreso a las modalidades.

Confirmación de almacenamiento (*Storage Commitment*)

La clase de servicio DICOM *Storage Commitment* (PS 3.4-2011, *Annex J STORAGE COMMITMENT SERVICE CLASS*) es usada para confirmar que una imagen ha sido almacenada permanentemente por un dispositivo. El usuario de la clase de servicio (modalidad, estación de trabajo, etc.) utiliza la confirmación del proveedor de la clase de servicio (estación de almacenamiento) para asegurarse de que puede borrar la imagen localmente, transfiriendo la responsabilidad de las imágenes al receptor.

Las imágenes se almacenan como de costumbre utilizando C-STORE (es decir, *Storage Commitment* no se utiliza para transferir las imágenes en sí), pero luego el SCU envía una petición de compromiso de almacenamiento en forma de N-ACTION pidiendo al SCP informar una vez las imágenes están seguras, el cual lo hace de forma asíncrona utilizando N-EVENT-REPORT.

Acceso web a objetos persistentes DICOM

El estándar especifica un servicio basado en la web para acceder y presentar objetos persistentes DICOM (PS 3.18-2011, *Web Access to DICOM Persistent Objects (WADO)*),

Plataforma de Código Abierto para Servicios de Teleconsulta con Soporte de Imágenes Médicas bajo el Estándar DICOM

concebido para la distribución de resultados e imágenes a los profesionales de la salud. Proporciona un mecanismo sencillo para acceder a los objetos desde páginas HTML o documentos XML, a través del protocolo HTTP/HTTPS.

Para recuperar los objetos persistentes DICOM utilizando WADO, el estándar sugiere que se conozcan las UID del estudio, la serie y la instancia SOP, y se especifique la sintaxis de transferencia que va a ser empleada. Por defecto los objetos devueltos están codificados como “*Explicit VR Little Endian*”, lo cual implica que las imágenes son enviadas sin compresión (datos en bruto).

Hay muchas aplicaciones en las cuales DICOM interactúa con ambientes basados en la web. Por ejemplo:

- Hacer referencia a una imagen o un informe de una Historia Clínica Electrónica.
- Incluir referencias a imágenes en un correo electrónico.
- Permitir a los médicos el acceso remoto a un servidor web del hospital que contiene referencias a los informes, imágenes y formas de onda.

2.3. INICIATIVAS DE ESTANDARIZACIÓN

Alrededor del mundo existen organizaciones que buscan estandarizar los servicios de salud en las diferentes especialidades médicas desde el punto de vista técnico (redes, comunicaciones, infraestructura, aplicaciones, seguridad) y de la prestación de los servicios. A continuación, se presentan tres iniciativas reconocidas a nivel internacional que buscan estandarizar, entre otros, los servicios de salud en la especialidad de radiología y que son tenidas en cuenta para el desarrollo de este trabajo. Los estándares y las guías utilizadas, se explican de manera más detallada en el Capítulo 4 (Módulo de Radiología) para enmarcarlas en el contexto en que se están implementando.

2.3.2. Integrando las Empresas de Salud

Integrando las Empresas de Salud (*Integrating the Healthcare Enterprise*, IHE) es una iniciativa de los profesionales de la salud y la industria, compuesta por 423 organizaciones a nivel mundial (agencias de gobierno, proveedores de servicios de salud, organizaciones de estandarización, entre otras), que busca mejorar la manera en que los diferentes sistemas de información en salud (véase la Sección 2.4.3) intercambian información. Por lo cual, promueve el uso coordinado de los estándares HL7 y DICOM para garantizar la interoperabilidad de los sistemas. Los sistemas desarrollados en conformidad con IHE se comunican mejor entre sí, son más fáciles de implementar y le permiten a los prestadores de salud, hacer uso de la información de manera más eficiente.

Comités

IHE está organizado a través de comités técnicos y de planeación, que trabajan en dominios clínicos y operacionales. Cada uno de estos comités desarrolla y mantiene un conjunto de marcos técnicos.

En cada uno de los dominios, los usuarios con experiencia clínica y operativa identifican las prioridades de integración e intercambio de información y los proveedores de sistemas desarrollan consensos y soluciones basadas en estándares para hacerles frente.

Plataforma de Código Abierto para Servicios de Teleconsulta con Soporte de Imágenes Médicas bajo el Estándar DICOM

Actualmente, IHE cuenta con nueve comités, entre los cuales está el comité de radiología.

Comité de radiología

El comité de radiología de IHE fue creado en 1998 para abordar las cuestiones de interoperabilidad e intercambio de información que impactan la calidad de la atención en el tratamiento de imágenes. Ha desarrollado y documentado soluciones basadas en estándares para estos problemas y organizado pruebas y educado para fomentar su adopción. Las soluciones de IHE están disponibles en cientos de sistemas de información comerciales relacionados con radiología y está implementado en establecimientos de salud alrededor del mundo.

El comité de radiología es patrocinado por la Sociedad Radiológica de Norteamérica.

Marcos técnicos

Los Marcos Técnicos (*Technical Frameworks*) son un recurso para los usuarios, desarrolladores e implementadores de servicios de salud de imagenología y sistemas de información. Buscan garantizar la interoperabilidad en sus respectivas áreas clínicas y operacionales. Para esto, definen implementaciones específicas de estándares ya establecidos para conseguir la efectiva integración de los sistemas, facilitar de forma apropiada el intercambio de información médica y apoyar de manera óptima el cuidado del paciente (Figura 6).

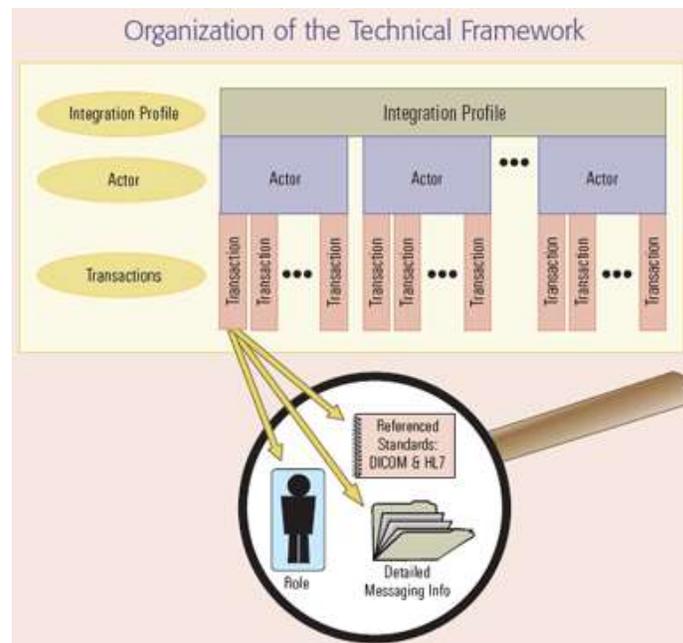


Figura 6. Organización de los marcos técnicos de IHE. Tomada de [34].

Perfiles de integración

Los perfiles de integración IHE se agrupan dentro de los marcos técnicos y proveen un marco basado en estándares para compartir información dentro de las instituciones y

Plataforma de Código Abierto para Servicios de Teleconsulta con Soporte de Imágenes Médicas bajo el Estándar DICOM

entre instituciones de salud. Aborda los problemas de interoperabilidad relacionados con el acceso a la información por parte de proveedores de servicios de salud y pacientes, flujo de trabajo clínico, seguridad, administración e infraestructura. Cada perfil define actores, transacciones e información requerida frente a los casos de uso clínicos, referenciando los estándares de comunicación (DICOM, HL7) y seguridad apropiados. Los actores son sistemas de información o componentes de estos sistemas que producen, gestionan o actúan sobre la información asociada a las actividades operativas de la empresa, y las transacciones son interacción entre los actores que transfieren la información requerida a través de mensajes basados en estándares.

Los perfiles precisan definiciones de cómo los estándares pueden ser implementados para satisfacer necesidades clínicas específicas. Además, ofrecen a los desarrolladores un camino claro de implementación de estándares de comunicación soportados por la industria y cuidadosamente documentado, revisado y probado.

Suplementos

Los comités técnicos desarrollan suplementos que contienen perfiles de integración, los cuales deben ser sometidos a implementaciones de prueba (*Supplements for Trial Implementation*). Cada suplemento se somete a un proceso de consulta pública y aplicación de pruebas. El suplemento puede ser modificado sobre la base de los resultados de las pruebas. Cuando las pruebas han sido exitosas, se incorporan dentro de los marcos técnicos.

Manuales de usuario

Los manuales de usuario son documentos que describen cómo puede utilizarse IHE para mejorar el proceso de selección y determinación de características de IHE para los sistemas de información en salud que se desean implementar en función de los objetivos o necesidades que se planteen. Para esto, se proponen los perfiles de integración que deben ser implementados por los sistemas, de acuerdo con cada uno de los objetivos que se han propuesto.

Existen manuales de usuario en los dominios de mamografía, dispositivos de atención al paciente y radiología.

2.3.3. Sociedad Radiológica de Norteamérica

La Sociedad Radiológica de Norteamérica (RSNA) es una sociedad profesional compuesta por más de 40.000 miembros (radiólogos, oncólogos radioterapeutas, físicos médicos y científicos afines) comprometidos con la excelencia en la atención al paciente mediante la educación y la investigación. La misión de la RSNA es promover y desarrollar los más altos estándares de radiología y ciencias relacionadas. La elaboración de los estándares está a cargo de los comités de informes.

Comité de informes

El informe o reporte clínico es una parte esencial del servicio que se presta a los pacientes, se asume como una herramienta para comunicar información a los médicos de cabecera, almacenar la información para usarla en el futuro, y sirve como un soporte legal

Plataforma de Código Abierto para Servicios de Teleconsulta con Soporte de Imágenes Médicas bajo el Estándar DICOM

que documenta los episodios clínicos del paciente. Es de suma importancia que el informe sea uniforme, completo y fácil de manejar. Para sacar el máximo provecho de los beneficios que las tecnologías de la información ofrecen en la medicina, los informes de radiología deben ser legibles tanto por seres humanos como por las máquinas.

La misión del comité es mejorar las prácticas de presentación de informes de radiología mediante la creación de plantillas claras y coherentes que contengan datos estructurados reusables. Estas plantillas representan las mejores prácticas que pueden ser adaptadas y adoptadas sobre la base de los patrones de práctica local. El comité incluye radiólogos y expertos en informática médica.

Esta iniciativa permite que los informes integren toda la evidencia recolectada durante el proceso de la toma de imágenes médicas, incluyendo datos clínicos, terminología codificada, parámetros técnicos, medidas, anotación e imágenes clave.

A través de esta iniciativa, la RSNA busca fomentar el desarrollo de productos de software que permitan a los radiólogos crear informes de calidad, de forma más eficiente.

2.3.4. Colegio Americano de Radiología

El Colegio Americano de Radiología (ACR) es una sociedad profesional cuyo propósito es mejorar la salud de los pacientes y la sociedad maximizando el valor de la radiología y los radiólogos mediante el avance de la ciencia de la radiología, la mejora del servicio radiológico del paciente, el estudio de los aspectos socioeconómicos de la práctica de la radiología, y el fomento de la mejora y formación continua para los radiólogos y sus aliados de campos profesionales afines.

La ACR se relaciona con diversas organizaciones y entidades: el Congreso, agencias federales y estatales, otras sociedades profesionales, y una variedad de proveedores de servicios médicos y empresas.

Normas técnicas y guías de práctica

La ACR periódicamente define nuevas normas para la práctica radiológica para contribuir con el avance de esta ciencia y mejorar la calidad de los servicios. Cada norma representa una declaración de política por parte de la ACR y ha sido objeto de un proceso de consenso exhaustivo y de una amplia revisión. Las normas reconocen que el uso seguro y eficaz de la radiología diagnóstica y terapéutica requiere una formación específica, habilidades y técnicas, tal como se describe en cada documento. Son basadas en análisis de la literatura actual, opinión de expertos, foros abiertos, y consenso informal.

Las normas técnicas tienen por objeto establecer un nivel mínimo aceptable de los parámetros técnicos y del rendimiento de los equipos. Describen parámetros técnicos cuantitativos o medibles. Incluyen recomendaciones específicas para la gestión del paciente o especificaciones de equipos y configuraciones.

Las guías de práctica describen conductas recomendadas en áreas específicas de la práctica médica. Algunas de las guías de práctica son:

- Diagnóstico general en radiología.
- Tomografía computarizada (CT).

- Resonancia magnética (MR).

Tanto las normas técnicas, como las guías de práctica pueden ser modificadas según lo determinen las circunstancias personales y los recursos disponibles. Las guías no están destinadas a ser normas legales de la atención o la conducta, y las normas no son reglas sino pautas que tratan de definir los principios de la práctica, que generalmente producen una atención radiológica de calidad.

2.4. SALUD ELECTRÓNICA

Como con la mayoría de los neologismos, el significado preciso de la salud electrónica o e-Salud varía según el contexto en el que se utiliza el término. Sin embargo, ha sido bastante conocido, y ahora es ampliamente utilizado por muchas instituciones académicas, asociaciones profesionales y organizaciones de financiación. Debido a la imposibilidad de encontrar una aceptación universal, la mejor comprensión del término se puede lograr mediante la revisión de la gama de significados propuestos [35].

Estudios realizados han demostrado que existen decenas de definiciones diferentes de e-Salud, pero coinciden en que la definición más comúnmente utilizada es la de Gunther Eysenbach [35] [36]:

“e-Salud es un campo emergente en la intersección de la informática médica, la salud pública y los negocios, en referencia a los servicios de salud y la información entregada o mejorada a través de Internet y tecnologías relacionadas. En un sentido más amplio, el término caracteriza no sólo un desarrollo técnico, sino también un estado de ánimo, una manera de pensar, una actitud y un compromiso para la red de salud, el pensamiento global, para mejorar la atención de salud a nivel local, regional y mundial mediante el uso de tecnologías de información y comunicación” [37].

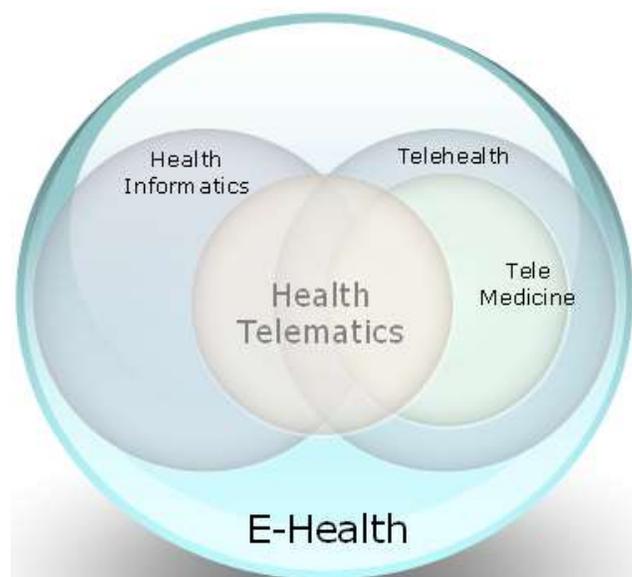


Figura 7. Áreas de la e-Salud. Tomada de [39].

Plataforma de Código Abierto para Servicios de Teleconsulta con Soporte de Imágenes Médicas bajo el Estándar DICOM

Una importante propuesta realizada por la Sociedad de Sistemas de Información y Gestión en Salud (*Healthcare Information and Management Systems Society*, HIMSS), sugiere algunas características y actores involucrados:

“La aplicación de la Internet y otras tecnologías relacionadas en la industria de la salud para mejorar el acceso, eficiencia, eficacia y calidad de los procesos clínicos y de negocio utilizado por las organizaciones de salud, los profesionales, pacientes y consumidores para mejorar el estado de salud de los pacientes” [38].

La informática de la salud y la telesalud son los principales sectores tecnológicos de la e-Salud. Mientras que la telemedicina es el núcleo de la telesalud, las técnicas de telemática de la salud están evolucionando en la convergencia de la informática médica, la telesalud y telemedicina (Figura 7).

2.4.2. Telesalud

La telesalud está altamente relacionada con la telemedicina. Aunque algunas veces los términos son utilizados indistintamente, la telesalud es un término más amplio, que abarca, además de las aplicaciones clínicas, los diversos aspectos de la educación médica a distancia, registros de los pacientes, el intercambio de información y otras aplicaciones donde las comunicaciones electrónicas y tecnologías de la información se utilizan para apoyar los servicios de salud [40] [41].

Telemedicina

Diferentes organizaciones y gobiernos han definido la telemedicina. De manera muy simple, la telemedicina se define como la prestación de servicios de salud cuando los participantes están separados por tiempo o distancia, valiéndose del uso de las TIC [42] [43].

Un compendio unificado de definiciones de varias autoridades en el tema recoge todos los aspectos claves de la telemedicina. Como tal, permite y garantiza la prestación de los servicios de salud para el beneficio específico de los pacientes. Estas tecnologías abarcan una gran variedad de avanzados equipos computarizados, permitiendo a los médicos, enfermeras y otros profesionales de la salud proporcionar complejos servicios a miles de kilómetros de distancia de la ubicación del servicio. Además, la telemedicina no es solo un sistema que se puede practicar en una diversidad de ambientes médicos, sino que también puede ayudar y acelerar la comunicación entre los médicos y sus pacientes con el fin de proporcionar alivio o de brindar orientación. La amplia gama de aplicaciones para la telemedicina consiste en la atención al paciente, formación, investigación y salud pública. Involucra la transmisión de información médica para la prevención, diagnóstico, tratamiento, control de seguimiento de los pacientes, administración de la atención, análisis de imágenes médicas y educación a los profesionales de la salud [44] [45].

Cuando la telemedicina como un recurso práctico fue generalmente aceptada por la comunidad médica y otras comunidades científicas por el demostrado beneficio de sus servicios, y dada la variedad de especialidades existentes en la medicina y las diversas maneras de adaptar o utilizar las tecnologías, empezó a ser clasificada y orientada a

Plataforma de Código Abierto para Servicios de Teleconsulta con Soporte de Imágenes Médicas bajo el Estándar DICOM

ofrecer servicios específicos para determinados sectores, contextos y aplicaciones [42] [46].

Así, la telemedicina puede ser clasificada según la especialidad médica (telerradiología, telecardiología, teledermatología, etc.), según el tipo de servicio (teleconsulta, telediagnóstico, entre otras) y según el tiempo de atención (tiempo real y tiempo diferido) [46].

Telerradiología

La telerradiología es la transmisión electrónica de imágenes radiológicas desde un lugar a otro para los efectos de interpretación y/o consulta. Ha demostrado ser una herramienta valiosa para facilitar el acceso a la interpretación radiológica oportuna y de calidad, dar mayor acceso a las interconsultas y para mejorar la educación. Los usuarios en diferentes lugares al mismo tiempo pueden ver las imágenes. La correcta utilización de la telerradiología, puede mejorar el acceso a la interpretación radiológica y así mejorar significativamente la atención al paciente [47] [48].

La telerradiología no es apropiada si el sistema disponible no proporciona imágenes de calidad suficiente para llevar a cabo la tarea indicada.

La telerradiología es una de las especialidades más utilizadas en telemedicina debido a que en general el radiólogo no tiene contacto directo con el paciente, lo que hace esta disciplina más propicia para trabajarla a distancia. Adicionalmente, algunas modalidades son de por sí digitales lo que facilita el proceso de captura de información.

Las especialidades radiológicas más usadas son [46]:

- Radiología convencional (RX).
- Tomografía Axial Computarizada (CT).
- Resonancia Magnética (MR).
- Medicina Nuclear (NM).
- Ultrasonido (US).

Teleconsulta

Teleconsulta básicamente significa la obtención de la opinión profesional de un proveedor de atención médica que no está presente físicamente en el mismo lugar del paciente, en general, con el propósito de diagnóstico o tratamiento [49] [50].

La teleconsulta toma muchas formas. Un médico de un hospital llamando por teléfono a un colega de otro hospital para pedirle su opinión sobre un caso difícil. El intercambio de imágenes, texto o datos entre médicos con el propósito de la colaboración o consulta. Un especialista atendiendo en vivo por videoconferencia a un paciente de otro país [50].

Telemedicina en tiempo real

También conocida como telemedicina sincrónica, es la colaboración efectiva entre los médicos y los pacientes con tecnologías como la videoconferencia, que permite la interacción simultánea. También hay dispositivos periféricos que se pueden conectar a los computadores o los equipos de videoconferencia que pueden ayudar en un examen

interactivo, por ejemplo, un teleestetoscopio permite al médico a distancia escuchar latidos del corazón del paciente⁶.

Telemedicina en tiempo diferido

También conocida como telemedicina asincrónica o de almacenamiento y envío (*Store and Forward*) es el intercambio de textos (e.g. historia clínica electrónica), imágenes estáticas, clips de audio o vídeo que pueden ser vistos y escuchados en forma independiente del tiempo. Este método es más eficiente del tiempo desde el punto de vista clínico, especialmente cuando los participantes están en diferentes zonas horarias o en situaciones de conectividad de poco ancho de banda [51] [52].

Los modelos de comunicación asincrónica están lentamente reemplazando el modelo sincrónico tradicional en los departamentos de radiología [53].

Beneficios de la telemedicina

La telemedicina aporta múltiples y variados beneficios no solo a los pacientes y a los médicos especialistas, que son en general los principales actores de la telemedicina, sino también a los médicos remitentes, las instituciones de salud, y a la comunidad en general.

La telemedicina puede trascender fronteras geográficas, elimina la distancia al instante. En otras palabras, aumenta la disponibilidad de los servicios de salud en las comunidades desfavorecidas, aisladas y restringidas. Ofrece al paciente acceso a los prestadores de salud que no estén disponibles de otra manera, así como los servicios médicos sin necesidad de viajar largas distancias.

La telemedicina también tiene la capacidad de eludir los límites temporales. Esto significa que los servicios de telemedicina pueden mejorar la comunicación en salud mediante la reducción de las restricciones causadas por el tiempo limitado asignado a las visitas médicas. La disminución en el tiempo de espera, tiempo de viaje y el estrés relacionado para los pacientes.

No solo mejora el acceso a los pacientes sino que también le permite a los médicos e instituciones expandir el alcance más allá de sus instalaciones. El cambio es de los servicios prestados en las instalaciones físicas a servicios virtuales en lugares remotos.

La telemedicina ha demostrado reducir los costos de salud y aumentar la eficiencia mediante una mejor gestión de enfermedades crónicas, intercambio de personal, y menores o más cortas estadías en los hospitales. Reduce los costos de viaje de los pacientes y sus familiares, así como los costos relacionados con el traslado de pacientes a otras instituciones [54].

Además de los beneficios relacionados con la disminución de tiempo, la reducción de costos y el mejoramiento del acceso, la telemedicina tiene beneficios como diagnósticos y tratamientos más oportunos, acceso a la información y mejora en la calidad del servicio, atención continuada, tratamientos más apropiados, disminución de riesgos profesionales,

⁶ <http://www.ehas.org/index.php?page=sistema-de-teleestetoscopia&hl=es> ES

Plataforma de Código Abierto para Servicios de Teleconsulta con Soporte de Imágenes Médicas bajo el Estándar DICOM

posibilidad de interconsulta, mayor cobertura, campañas de prevención oportunas, entre otras muchas virtudes [55] [42] [56] [57] [46].

La principal ventaja de la telemedicina es el mejoramiento del acceso a la salud. Teniendo en cuenta que los países en desarrollo se caracterizan por dificultades de acceso, se puede presumir que la telemedicina puede ser de gran valor para ellos [42].

2.4.3. Informática de la Salud

La informática de la salud, también conocida como informática médica, es el campo de rápido desarrollo científico que se interesa por el uso óptimo de la información y que utiliza la tecnología informática en la promoción de la salud. Es el estudio interdisciplinario del diseño, desarrollo, adopción y aplicación de las innovaciones basadas en las tecnologías informáticas en la prestación de servicios de salud, gestión y planeación [58] [59]. La informática médica, es vista como uno de los componentes clave para crear una mejor y mayor calidad del sistema de salud [60].

La informática médica, tiene como subdisciplina, entre otras, las Tecnologías de Información en Salud (*Health Information Technology*, HIT) [61].

Tecnologías de Información en Salud

La telemedicina está estrechamente vinculada con la HIT. Sin embargo, HIT más comúnmente se refiere a registros médicos electrónicos y sistemas de información relacionados, mientras que la telemedicina se refiere a la prestación efectiva de servicios de salud a distancia mediante la tecnología [55].

Uno de los principales componentes de la HIT aplicada son los Sistemas de Información Hospitalaria (*Hospital Information System*, HIS). El HIS es un sistema que apoya las mejores prácticas y la eficiencia en las actividades clínicas y administrativas de un hospital [62], se compone principalmente por la historia clínica electrónica, los Sistemas de Almacenamiento y Distribución de Imágenes (PACS) y sistemas de gestión de información [63].

Historia Clínica Electrónica

Más allá de la mejora del rendimiento, el crecimiento de la HIT en forma de EHR (*Electronic Health Record*) y EMR (*Electronic Medical Record*) está impulsado por la creencia de que ambos reducen significativamente los costos de la prestación de los servicios de salud, mejoran la calidad, eficiencia y seguridad de los pacientes, y en definitiva, mejoran el estado de salud de la población [64] [65].

Aunque los términos EHR y EMR (en español Historia Clínica Electrónica, HCE) se usan indistintamente, técnicamente son conceptos separados y existe una clara diferencia. Es importante aclarar sus diferencias, pues el uso irregular de los términos crea un desafío en evaluar con precisión la difusión de esta tecnología [64].

El EMR es la historia clínica del paciente (documento legal) que se crea en los centros de salud (hospitales, clínicas, etc.) para mejorar la calidad de la atención y es la fuente de datos principal para el EHR.

Plataforma de Código Abierto para Servicios de Teleconsulta con Soporte de Imágenes Médicas bajo el Estándar DICOM

El EHR es el sistema que da a los pacientes, médicos y otros profesionales de la salud, los empleadores y compañías de seguros el acceso a los registros médicos de un paciente, facilitando el intercambio de información médica entre las partes interesadas y hace hincapié en la interoperabilidad de la información médica entre los usuarios [66] [64].

La HIMSS define EHR como:

“El EHR es un registro longitudinal de información electrónica de la salud del paciente generada por uno o más encuentros (citas médicas, atención en urgencia, etc.) en cualquier lugar de prestación de atención médica. Se incluye en esta información los datos del paciente, notas de progreso, los problemas, los medicamentos, los signos vitales, historia médica, inmunizaciones, datos de laboratorio e informes de radiología. El EHR automatiza y racionaliza el flujo de trabajo clínico. Tiene la capacidad para generar un registro completo de un encuentro clínico del paciente, así como el apoyo a otras actividades relacionadas con la atención directa o indirecta, incluyendo soporte de decisiones basada en la evidencia, gestión de calidad, y los resultados de informes” [67].

Muchos EHR están diseñados para combinar información de servicios auxiliares como laboratorio, radiología, farmacia, administración, con varios componentes de la atención clínica (e.g. los planes de enfermería, registros de administración de los medicamentos, y las órdenes del médico). Uno de los componentes clave de los EHR son los componentes de radiología que utilizan los Sistemas de Información Radiológica (RIS), sistemas que son comúnmente utilizados junto con los PACS [68].

Informática de imágenes

La informática de imágenes (*Imaging informatics*) se ha convertido en un subespecialidad de la radiología que se esfuerza por mejorar la eficiencia, precisión y fiabilidad de los servicios radiológicos. Se dedica al estudio de cómo la información de imágenes médicas es intercambiada dentro de las instituciones y entre ellas [53].

Ocurre a un nivel básico a través de la práctica radiológica, desde el momento en que un médico ordena un estudio de imágenes, hasta que las imágenes y la interpretación se utilizan para planificar el tratamiento del paciente. Las partes más visibles de la informática de imágenes son los PACS y los RIS [69].

Sistema de Almacenamiento y Distribución de Imágenes

Un PACS es un sistema informático integral para almacenamiento electrónico, recuperación, distribución, comunicación, visualización y procesamiento de imágenes médicas y datos asociados a ellas [70] [71] [72].

Los PACS ofrecen varias ventajas a los radiólogos y los departamentos de radiología, ya que reducen costos (limitando o eliminando la producción, transporte, almacenamiento y recuperación de la película impresa), mejora la atención al paciente y aumenta el rendimiento y la eficiencia. Un PACS moderno tiene (o debería tener) una excelente capacidad para la visualización de nuevos exámenes de una manera fácil [73].

Una de las principales ventajas de los PACS sobre la película impresa es la distribución eficiente de imágenes. Varios usuarios pueden ver el mismo estudio, al mismo tiempo, y las imágenes se pueden enviar a cualquier lugar de forma casi instantánea.

El PACS es la aplicación más reconocida de la informática en radiología, pero un PACS por sí solo no puede atender las necesidades de la práctica radiológica. Un grupo de productos de software adicionales se utilizan junto con estos o están integrados en ellos para mejorar aún más la eficiencia y la eficacia del radiólogo [53]. El sistema está muy integrado con sistemas de adquisición digital y dispositivos de visualización, y es a menudo estrechamente relacionado con otros sistemas de información médica, tales como los RIS y los HIS [70].

Sistema de Información Radiológica

Un RIS es un sistema informático diseñado para soportar el flujo de trabajo clínico y de análisis de negocio dentro de un departamento de radiología. Un RIS contribuye a la Historia Clínica Electrónica [17]. Son utilizados por los departamentos de radiología para unir los datos de los pacientes de radiología (e.g. las órdenes, las interpretaciones, la información de identificación) y las imágenes. El RIS es el responsable de mantener los datos del paciente, el seguimiento de los pacientes, programación de citas, información de resultados, información financiera, funciones de seguimiento de la imagen y las interpretaciones de los resultados de los exámenes [74].

Para evitar la redundancia de datos y, consecuentemente, las inconsistencias de datos, la mayoría de PACS se basan en el RIS como la principal fuente de información sobre el paciente. Como resultado, el PACS no funciona de manera eficiente sin una conexión sólida con el RIS [70].

2.5. CÓDIGO ABIERTO

El software de código abierto se proporciona bajo una licencia que permite a cualquier usuario estudiar, modificar, mejorar y también redistribuir una aplicación, mediante la disponibilidad del código fuente y otros derechos que normalmente son reservados a los titulares de derechos de autor. La Figura 8 presenta un mapa conceptual del software del código abierto.

Los requisitos del software de código abierto según la *Open Source Initiative*⁷ (OSI) son [76]:

1. Libre redistribución: el software debe poder ser regalado o vendido libremente.
2. Código fuente: el código fuente debe estar incluido u obtenerse libremente.
3. Trabajos derivados: la redistribución de modificaciones debe estar permitida.
4. Integridad del código fuente del autor: las licencias pueden requerir que las modificaciones sean redistribuidas sólo como parches.
5. Sin discriminación de personas o grupos: nadie puede dejarse fuera.
6. Sin discriminación de áreas de iniciativa: los usuarios comerciales no pueden ser excluidos.
7. Distribución de la licencia: deben aplicarse los mismos derechos a todo el que reciba el programa.
8. La licencia no debe ser específica de un producto: el programa no puede licenciarse solo como parte de una distribución mayor.

⁷ <http://www.opensource.org/osd.html>

Plataforma de Código Abierto para Servicios de Teleconsulta con Soporte de Imágenes Médicas bajo el Estándar DICOM

9. La licencia no debe restringir otro software: la licencia no puede obligar a que algún otro software que sea distribuido con el software abierto deba también ser de código abierto.
10. La licencia debe ser tecnológicamente neutral: no debe requerirse la aceptación de la licencia por medio de un acceso por clic de ratón o de otra forma específica del medio de soporte del software.

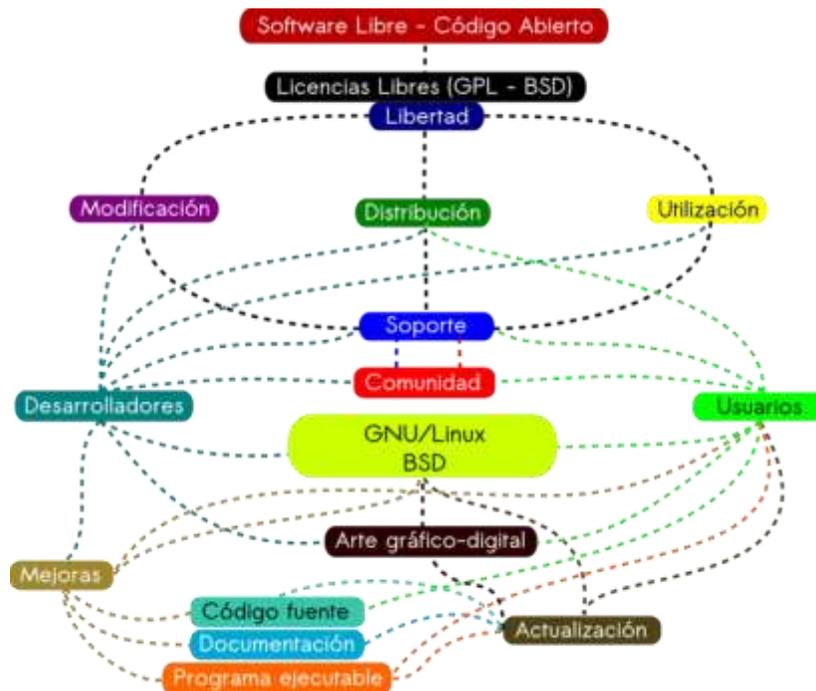


Figura 8. Mapa conceptual del software libre y de código abierto. Tomada de [75].

Las metodologías de desarrollo de código abierto acortan el grado de separación entre los usuarios y los desarrolladores de una aplicación, lo cual da como resultado software de alta calidad, ya que muchos desarrolladores revisan el código, y programas más intuitivos, debido a la participación activa del usuario final durante el proceso de desarrollo.

El proceso de compartir el código fuente y programas ha jugado un importante papel en el campo de desarrollo de la informática médica. Este proceso no solo facilita los avances individuales, sino que poniendo a disposición una serie de recursos y mejoras públicas, los resultados de desarrollo son más rápidos y concertados y se validan nuevas herramientas. Además, el acceso al código fuente le da al usuario la posibilidad de solucionar problemas de la aplicación, hacer modificaciones que pueden ser de beneficio ya sea en determinadas circunstancias o para el uso general, le permite tener el control del software y adaptar la aplicación a las necesidades locales. Esto es especialmente útil en los esfuerzos para asegurar que los nuevos productos cumplan con los estándares HL7 (*Health Level Seven*) y DICOM [29].

Las principales motivaciones para utilizar software de código abierto son [77]:

- Reducir el costo total de propiedad (TCO, por sus siglas en inglés).
- Entrega más rápida de los sistemas.

Plataforma de Código Abierto para Servicios de Teleconsulta con Soporte de Imágenes Médicas bajo el Estándar DICOM

- Eliminación de la dependencia del proveedor.
- Sistemas más seguros.
- Control sobre el software (posibilidad para adaptarlos a las necesidades).

Para las aplicaciones de código abierto existen algunas barreras que dificultan su implementación [77]:

- Falta de apoyo profesional.
- Ejecutivos que carecen de conocimientos sobre los beneficios del código abierto.
- Problemas legales y de licencias.
- Vacíos funcionales.
- Falta de una hoja de ruta para la sostenibilidad.

Si los paquetes de software comercial parecen fuera de alcance para muchos países pobres, los principios fundamentales del software de código abierto constituyen una gran oportunidad para ellos. Por otra parte, el interés del código abierto reside también en su capacidad de permitir a las empresas y las naciones controlar y gestionar mejor sus sistemas de información [78].

2.6. CONCLUSIONES

Este capítulo ha presentado una visión general de la normativa en telemedicina en Colombia, destacando la Resolución 1448 de 2006 y las leyes 1419 de 2010 y 1438 de 2011, algunos conceptos técnicos en el ámbito de la e-Salud y el software de código abierto que sirven de base a este trabajo, y principalmente las iniciativas de estandarización que dan soporte a la implementación de la plataforma (DICOM, IHE, RSNA y ACR).

CAPITULO 3

ESTUDIO DE PLATAFORMAS Y HERRAMIENTAS

Para el desarrollo de la plataforma propuesta es necesario seleccionar por medio de un estudio algunos componentes de software de código abierto que permitan su implementación.

Se realiza un estudio a través de la Internet, reconociendo de antemano las ventajas y desventajas del uso de este medio de divulgación de información.

En cuanto a las ventajas, muchas publicaciones y revistas pueden ser accedidas a través de la Internet. Además, muchas instituciones usan la Internet para la difusión de sus proyectos, más aún en el caso específico de proyectos relacionados con tecnología (software), ya que es más rápido, fácil y barato. La Internet también ofrece la posibilidad de contactar a los autores de los proyectos y ver la opinión de otras personas (blogs, foros, etc.), lo que favorece la búsqueda de información más precisa.

En cuanto a las desventajas, hay muchos sitios web con información irrelevante y en ocasiones incorrecta que implican una pérdida de tiempo y esfuerzo en la investigación. Toda la información obtenida a través de la Internet necesita ser verificada y contrastada, ya sea por contacto directo con los autores o teniendo en cuenta comentarios de otras personas.

Cabe resaltar que no se va a realizar un estudio formal en la literatura científica o en bases de datos bibliográficas del estado del arte de los sistemas de información en salud, pues lo que se espera encontrar son proyectos de código abierto (i.e. componentes de software) que permitan la implementación de la plataforma propuesta, que aunque pueden ser encontrados en este tipo de fuentes de información, es más probable que se haga a través de un estudio bien organizado en la Internet.

Metodología

El estudio se basa en el uso de motores de búsqueda. A partir de un extenso análisis de los diferentes motores, se ha seleccionado a Google⁸ como el buscador que tiene enlaces con mayor calidad y ofrece mejores documentos [79]. Cuando se utilizan este tipo de motores, el número de referencias obtenidas es significativamente alto debido a que las palabras clave ofrecen gran flexibilidad. Por lo tanto, para una búsqueda rápida y eficiente es necesario seleccionar combinaciones de palabras claves (cadena de búsqueda) adecuadas y en correcto orden.

Se han tenido en cuenta algunas reglas básicas a seguir:

- Las palabras clave se han encerrado entre comillas, indicando a Google que tenga en cuenta esas palabras exactas en ese mismo orden sin realizar ninguna modificación [80].

⁸ <http://www.google.com/>

Plataforma de Código Abierto para Servicios de Teleconsulta con Soporte de Imágenes Médicas bajo el Estándar DICOM

- Se hace uso del operador “OR” para buscar todas las posibles opciones de los grupos de palabras definidos. El operador OR le indica a Google que puede buscar una de las muchas palabras. [80]
- A la cadena de búsqueda se le adicionan las palabras clave “*open source*”, lo cual implica un primer criterio de inclusión.
- En cada consulta, las primeras cincuenta (50) referencias van a ser tenidas en cuenta, descartando las que no tengan coincidencias relevantes en el título o en el extracto mostrado por el buscador.
- Cuando haya enlaces referenciados, no se va a profundizar más de cinco (5) niveles de navegación.
- El idioma utilizado para la búsqueda va a ser el inglés, por ser el más utilizado en la Internet [81].

Estrategia de evaluación

Teniendo en cuenta que pueden encontrarse proyectos que no sean de código abierto, aun cuando en la búsqueda se especificó, los proyectos identificados durante la búsqueda son clasificados y se les aplica un primer filtro (criterios de inclusión). Este filtro es necesario por la gran cantidad de proyectos encontrados.

En los criterios de inclusión se definen unas categorías, para cada categoría se aplican criterios de selección específicos. La selección, la definición, la ponderación y la calificación de los criterios se realizan de acuerdo con la opinión de los autores del trabajo de grado respecto a las necesidades específicas del proyecto. No se tienen en cuenta ecuaciones matemáticas complejas, ni metodologías de evaluación.

Se ponderan los criterios de selección, dándole más peso a unos que a otros. Los pesos que se le dan a cada criterio varían de uno (1) a tres (3), siendo tres el mayor. La escala de calificación es de cero (0) a cinco (5), donde cinco es la mejor calificación.

Los proyectos son comparados en tablas. La columna “Valoración” presenta la justificación de las valoraciones otorgadas, así como su calificación inicial. La columna “Valoración ponderada”, presenta el valor que resulta de multiplicar la valoración de un criterio por el peso que se le ha dado. En la parte inferior se totalizan las valoraciones sumando cada una de ellas; el proyecto con el resultado mayor en la valoración ponderada es el seleccionado.

Criterios de inclusión

Para que el proyecto sea tenido en cuenta debe cumplir con todos los criterios, sin excepción:

- Tiene que ser de código abierto como se especificó para el desarrollo de este proyecto.
- El código fuente debe estar disponible para descarga inmediata, ya que este debe ser modificado, adaptado e integrado para desarrollar la plataforma.
- Debe pertenecer a alguna de las siguientes categorías de sistemas de información en salud: EMR, EHR o visor de imágenes. Componentes necesarios para la plataforma que se va a desarrollar.
- Documentación en inglés o español.

Plataforma de Código Abierto para Servicios de Teleconsulta con Soporte de Imágenes Médicas bajo el Estándar DICOM

- Lenguaje de programación base Java, debido a la formación de los estudiantes que realizan este trabajo de grado.
- El proyecto debe haber sido actualizado por última vez al menos en el año 2010 de acuerdo con la información proporcionada en el repositorio de código, con el fin de identificar que el proyecto no ha sido abandonado.

3.1. HISTORIA CLÍNICA ELECTRÓNICA

Siguiendo la metodología expuesta, las palabras clave utilizadas para la búsqueda, definidas en tres grupos son:

- *Top, List.*
- *Medical, healthcare, clinical.*
- *Platform, software, application, project.*

Se adiciona a la cadena de búsqueda las palabras “*open source*” después de las palabras pertenecientes al primer grupo.

Cadena de búsqueda:

"top OR list" + "open source" + "medical OR healthcare OR clinical" + "platform OR software OR application OR project".

Luego se realiza la búsqueda con todas las posibles combinaciones de palabras clave de cada uno de los grupos para descartar que haya resultados que fueron obviados por el buscador. Por ejemplo, una cadena de búsqueda es: “top” + “open source” + “medical” + “platform”.

Los resultados obtenidos, después de aplicar los criterios de inclusión son: OpenMRS, PatientOS y eCHR (Tabla 2).

A nivel informativo se muestran dos proyectos desarrollados en el lenguaje de programación PHP (FreeMED y OpenEMR) y otro desarrollado en C#, Java y MUMPS⁹ (OpenVista) (Tabla 3), debido a que durante el estudio se determinó que son de gran importancia para la comunidad médica y científica, siendo referenciados en la mayoría de los resultados obtenidos.

3.1.1. Criterios de Selección

A continuación se describen los criterios tenidos en cuenta para la selección de la plataforma de historia clínica electrónica:

Apariencia del sitio web (ASW): La documentación empieza con la página principal del sitio web del proyecto, la cual debe ser informativa, fácil de navegar y debe contar con información relevante.

Documentación (D): Proyectos maduros deben incluir pantallazos, guías de instalación, guías de usuario y guías para desarrolladores.

⁹ Massachusetts General Hospital Utility Multi-Programming System

Plataforma de Código Abierto para Servicios de Teleconsulta con Soporte de Imágenes Médicas bajo el Estándar DICOM

Actividad y utilización (AU): Reflejados en las estadísticas que proveen los repositorios de código y herramientas de rastreo de los proyectos. Algunos sitios proveen información que indica con qué frecuencia ha sido descargado el proyecto, cuando fue la última actualización, el número de usuarios registrados e información sobre la actividad en las wikis y los foros. Los buenos proyectos de código abierto actualizan su aplicación cada mes, semana o incluso diariamente.

Tabla 2. Información de sistemas de HCE desarrollados en Java.

	PatientOS	OpenMRS	eCHR
Nombre	PatientOS	Open Medical Record System	electronic Clinician Health Record
Licencia	GNU GPL	OPL	GNU LGPL
Inicio*	Enero 2008	2004	2009
Versión	1.3	1.8.2	1.0 RC1
Fecha de publicación	08-03-2011	20-06-2011	28-05-2010
Sitio web	http://www.patientos.org/	http://openmrs.org/	http://www.tolven.org/echr.html
Demo	http://www.patientos.com/emr/demo/	http://openmrs.org/demo/	
Lenguaje de programación	Java	Groovy, JSP, Java, JavaScript	Java, JavaScript
Categoría	EHR, EMR	EMR	EMR
Repositorio	http://sourceforge.net/projects/patientos/	http://sourceforge.net/projects/openmrs/	http://sourceforge.net/projects/tolven/

La información que aparece en la Tabla 2 fue actualizada el 29 de agosto de 2011.

* Inicio: Fecha de inicio del proyecto.

Tabla 3. Información de sistemas de HCE desarrollados en otras tecnologías.

	FreeMED	OpenEMR	OpenVista
Nombre	FreeMED	OpenEMR	OpenVista
Licencia	GNU GPL	GNU GPL	GNU GPL, LGPL
Inicio*	1999	Junio 2001	2003
Versión	0.8.4	4.0	1.5 SP6
Fecha de publicación	05-21-2007	26-03-2011	31-05-2011
Sitio web	http://freemedsoftware.org	http://www.oemr.org/	https://medsphere.org/index.jspa
Demo	http://www.freemed.info/	http://www.oemr.org/wiki/OpenEMR_Version_4.0.0_Demo	http://medsphere.org/docs/DOC-1003
Lenguaje de programación	PHP, Perl, Java.	PHP	C#, Java, MUMPS
Categoría	EMR	EMR	EHR
Repositorio	http://sourceforge.net/projects/freemed/	http://sourceforge.net/projects/openemr/	http://sourceforge.net/projects/openvista/

La información que aparece en la Tabla 3 fue actualizada el 29 de agosto de 2011.

* Inicio: Fecha de inicio del proyecto.

Plataforma de Código Abierto para Servicios de Teleconsulta con Soporte de Imágenes Médicas bajo el Estándar DICOM

Facilidad de instalación (FI): Aunque muchas aplicaciones de código abierto son soportadas en varias plataformas y sistemas operativos, esto no garantiza que sean fáciles de instalar. Fallas en la instalación son a menudo el resultado de falta de documentación o pruebas de validación inadecuadas. Proyectos inmaduros pueden carecer de instrucciones de instalación, incluir múltiples dependencias que no han sido empaquetadas juntas o requieren paquetes de versiones específicas. Un programa difícil de instalar, puede ser una señal de que el proyecto no ha madurado lo suficiente.

Foros de soporte técnico (FST): Un foro ocupado y activo no es signo de una aplicación con errores, sino de la existencia de un gran grupo de usuarios entusiastas que se ayudan unos a otros para sacar el máximo valor de la aplicación. En una verdadera comunidad de desarrollo de código abierto, los tiempos de respuesta de las preguntas pueden ser bastante cortos. La existencia de una sección de preguntas frecuentes (FAQ) actualizada es otro signo de un proyecto comunitario activo y exitoso. Los usuarios encuentran respuesta a preguntas comunes y especializadas por medio de la búsqueda de problemas que han tenido otros participantes y que han logrado resolver.

Comunidad (C): Las comunidades más dinámicas son aquellas que incluyen no solo desarrolladores, sino también otro tipo de colaboradores (usuarios, probadores, entre otros). La Internet ha permitido a una comunidad internacional de desarrollo distribuido, identificar e involucrar a los contribuyentes de diferentes disciplinas de todo el mundo, distribuir de manera eficaz los esfuerzos para desarrollar sistemas de información avanzados y robustos. Esta mezcla ayuda a asegurar que el proyecto no es solo una herramienta para desarrolladores, sino una herramienta con mayor utilidad y atractivo. Debido a la naturaleza participativa y bien enfocada de desarrollo colaborativo, proyectos de código abierto basado en la comunidad pueden competir y, en muchos casos, ser superiores que aplicaciones comerciales.

Herramientas colaborativas (HC): Muchos proyectos de código abierto desarrollados por la comunidad proporcionan un importante nivel de soporte al cliente y a los desarrolladores a través de documentación compartida en wikis, sistemas de gestión de proyectos, repositorios de código, sistemas de control de versiones, canales IRC, entre otros. Lo cual facilita el trabajo y asegura la calidad del código desarrollado.

Internacionalización (I): La interfaz de usuario debe estar disponible al menos en idioma inglés y español para facilidad del personal médico y administrativo que va a hacer uso de la plataforma.

Escalabilidad (E): Un proyecto de código abierto escalable permite que sea fácilmente modificado y adaptado. Indica la habilidad para extender el margen de operaciones y funcionalidades sin perder calidad en los servicios ofrecidos y sin alterar el funcionamiento normal de la aplicación.

En producción (P): Una buena referencia sobre la calidad y el rendimiento de la aplicación es la implementación en ambientes de producción, donde la aplicación va a ser puesta en funcionamiento en situaciones reales.

Plataforma de Código Abierto para Servicios de Teleconsulta con Soporte de Imágenes Médicas bajo el Estándar DICOM

Tabla 4. Valoración de sistemas de HCE.

Criterio	P	PatientOS		OpenMRS	
		Valoración	VP	Valoración	VP
ASW	1	2 http://www.patientos.org	2	5 http://www.openmrs.org	5
D	2	3 Guías de instalación y de usuario. http://www.patientos.org/documentation/index.html	6	5 Guías de instalación, usuario y desarrolladores. https://wiki.openmrs.org/display/docs/Home	10
AU	2	4 http://sourceforge.net/project/stats/?group_id=201006&ugn=patientos	8	5 http://sourceforge.net/project/stats/?group_id=338054&ugn=openmrs	10
FI	1	5 Instalación con un clic	5	4 Requiere la instalación del servidor Tomcat y el motor de base de datos de MySQL	4
FST	2	5 http://www.patientos.org/phpBB3/	10	5 http://forum.openmrs.org/	10
C	1	2 Detrás del proyecto se encuentra una empresa con ánimo de lucro. http://www.patientos.com/ Su desarrollo principal no es por medio de una comunidad. http://www.patientos.org/patientos/community.html	2	5 Más que una aplicación de código abierto, es una comunidad. Presencia en redes sociales. http://openmrs.org/help/	5
HC	1	2 Foros, lista de correos, canal IRC y Gtalk. http://www.patientos.org/contribute/index.html#Community+Support	2	5 Wiki, foros, lista de correos, sistema de control de versiones, sistema control de errores, canal IRC, comunicación vía Skype. https://wiki.openmrs.org/display/RES/OpenMRS.org+Infrastructure	5
E	3	2 Incremento de funcionalidad a través de extensiones. No hay suficiente documentación al respecto. http://www.patientos.org/funcionalidad/index.html	6	5 Arquitectura escalable, alto nivel de integración a través de módulos. https://wiki.openmrs.org/display/docs/Modules	15
I	1	3 Solamente inglés. Posibilidad de agregar más idiomas.	3	4 Inglés, español en un 80%, francés, portugués e italiano. https://wiki.openmrs.org/display/docs/How+To+Translate+OpenMRS	4
AA	1	4 http://www.patientos.com/emr/demo/	4	4 http://openmrs.org/demo/	4
F	3	5 Cumple con las funcionalidades básicas y muchas otras. http://www.patientos.org/features/index.html	15	5 Cumple con las funcionalidades básicas y muchas otras. http://openmrs.org/about/	15
P	2	3 No hay suficiente información. Se asume que sí, de acuerdo con el sitio web de la compañía. http://www.patientos.com	6	5 Implementado en más de 100 organizaciones clínicas y de investigación. http://openmrs.org/about/locations/	10
Resultado:		40	69	57	97

P: Ponderado

VP: Valoración ponderada

La información que aparece en la Tabla 4 fue actualizada el 29 de agosto de 2011.

Plataforma de Código Abierto para Servicios de Teleconsulta con Soporte de Imágenes Médicas bajo el Estándar DICOM

Antes de aplicar los criterios de selección, se realizó un segundo filtro (el primer filtro son los criterios de inclusión), eliminando los visores que no pudieron ser puestos en funcionamiento.

Entonces, los visores preseleccionados son: Weasis, Tudor, Mayam y Oviyam (Tabla 5).

Apariencia de la aplicación (AA): Sin tocar temas específicos de usabilidad, la aplicación debe ser fácilmente navegable y entendible para un usuario común; además, la interfaz gráfica debe ser limpia y agradable a la vista.

Funcionalidad (F): Una aplicación de Historia Clínica Electrónica como mínimo debe recolectar la información personal del paciente, la información clínica referente a medicamentos, alergias y problemas de salud, así como el control de las citas médicas, y las órdenes y los resultados de laboratorio.

eCHR se descarta antes de la aplicación de los criterios de selección específicos por la imposibilidad para instalarlo y porque durante la adquisición de la información se notó que no hay punto de comparación con los otros dos proyectos, pues no hay una comunidad de desarrollo que soporte la aplicación, la documentación no es suficiente y no garantiza la escalabilidad.

De acuerdo con los resultados obtenidos (Tabla 4), la plataforma de Historia Clínica Electrónica seleccionada es OpenMRS.

3.2. VISOR DE IMÁGENES DICOM

Las palabras claves definidas en tres grupos son:

- Web, web-based, web based.
- DICOM
- Viewer

Se adiciona al comienzo de la cadena de búsqueda las palabras “*open source*”.

Cadena de búsqueda:

“open source” + “web OR web-based” + “dicom” + “viewer”.

Luego se realiza la búsqueda con todas las posibles combinaciones de palabras clave de cada uno de los grupos para descartar que haya resultados que fueron obviados por el buscador. Por ejemplo, una cadena de búsqueda es: “open source” + “web-based” + “dicom” + “viewer”.

Los resultados obtenidos, después de aplicar los criterios de inclusión son: FlashViewer, EviewBox, Weasis, Tudor, PGCTN, Mayam, Oviyam, Stratos, Samucs, Japanese DV, DIOWave.

En este caso se han obtenido bastantes resultados porque la mayoría de los visores están desarrollados en tecnologías web (Javascript, ActionScript, Java applet, JWS), las cuales no fueron consideradas de manera específica (o individual) en los criterios de inclusión.

Plataforma de Código Abierto para Servicios de Teleconsulta con Soporte de Imágenes Médicas bajo el Estándar DICOM

El visor Oviyam también es descartado porque es el único del grupo de visores preseleccionados que convierte las imágenes DICOM a imágenes JPEG para ser desplegadas en un navegador web, lo que implica una disminución considerable de la calidad de la imagen e imposibilita el diagnóstico médico y tiene muy pocas capacidades de visualización.

Tabla 5. Información de los visores de imágenes preseleccionados.

	Santec/Tudor	Mayam	Weasis
Licencia	LGPL	GPL, LGPL, MPL	EPL
Versión	1.9.1	0.9	1.1.0
Fecha de publicación	26-08-2011	02-06-2011	08-15-2011
Lenguaje de programación	Java (JWS)	Java (JWS)	Java (JWS)
Sitio web	http://santec.tudor.lu/project/dicom	http://www.dcm4che.org/conf/luence/display/OV/MAYAM	http://www.dcm4che.org/conf/luence/display/WEA/Home
Repositorio	http://santec.tudor.lu/project/dicom/download	http://sourceforge.net/projects/dcm4che/files/Mayam/	http://sourceforge.net/projects/dcm4che/files/Weasis/

La información que aparece en la Tabla 5 fue actualizada el 29 de agosto de 2011.

3.2.1. Criterios de Selección

Los siguientes criterios de selección aplicados a la plataforma de Historia Clínica Electrónica son aplicados para la selección del visor de imágenes DICOM: apariencia de la aplicación (AA), internacionalización (I) y facilidad de instalación (FI). También, los criterios documentación, herramientas colaborativas y foros de soporte técnico son aplicados, pero para este caso son agrupados en un solo criterio (DHF).

A continuación se describen los criterios de selección específicos tenidos en cuenta para la selección del visor de imágenes DICOM:

Rendimiento (R): Básicamente, se verifica el consumo de memoria RAM para evitar que se sobrecargue la estación de trabajo; además se realizan pruebas de rendimiento de las aplicaciones, para evitar que haya retardos en el procesamiento de las imágenes. Esto con el fin de garantizar el buen funcionamiento en equipos con poca memoria RAM y poca capacidad de procesamiento.

Conexión con PACS (CP): Que el visor tenga la capacidad de hacer peticiones y consultas a servidores DICOM para solicitar las imágenes que se desean visualizar, haciendo uso de los mensajes o protocolos establecidos por el estándar.

Facilidad de uso (FU): Las herramientas de manipulación de las imágenes deben ser visibles, intuitivas, fáciles de usar y seleccionar, para permitir a los especialistas trabajar de manera eficiente.

Implementación del estándar DICOM (ED): El cumplimiento del estándar DICOM es altamente recomendable para todas las adquisiciones de nuevos equipos y sistemas [82]. Se requiere como mínimo que sea capaz de mostrar la información de la cabecera

Plataforma de Código Abierto para Servicios de Teleconsulta con Soporte de Imágenes Médicas bajo el Estándar DICOM

DICOM (metainformación) que contiene, entre otros, información del paciente, del procedimiento y de la modalidad.

Formato de archivos (FA): Es necesario como mínimo que sea capaz de leer imágenes en formato DICOM.

Tabla 6. Valoración de los visores de imágenes DICOM.

Criterio	P	Tudor		Mayam		Weasis	
		Valoración	VP	Valoración	VP	Valoración	VP
AA	1	4	4	4	4	4	4
I	1	5 Inglés, español y otros.	5	5 Inglés, español y otros.	5	5 Inglés, español y otros.	5
FI	1	5 Se ejecuta con doble clic.	5	5 Se ejecuta con doble clic.	5	5 Se ejecuta con doble clic.	5
DHF	2	2 Guía de instalación, guía de usuario en alemán.	4	3 Foro, repositorio. Gestión de proyectos y control de errores.	6	4 Documentación para desarrolladores, guía de usuario, wiki, foro, FAQ. Gestión de proyectos y control de errores, repositorio.	8
R	1	4 Mayor consumo de memoria.	4	3 Tiempo de respuesta lento en el procesamiento de imágenes y mayor consumo de memoria.	3	5 Menor consumo de memoria, respecto a los otros visores.	5
CP	3	5 Mensajes DICOM.	15	5 Mensajes DICOM.	15	4 WADO	15
FU	2	4	8	4	8	5 Botones del ratón configurables. Iconos más explícitos.	10
ED	3	5 Muestra la información DICOM.	15	5 Muestra la información DICOM.	15	5 Muestra la información DICOM.	15
FA	3	5 Lee imágenes DICOM.	15	5 Lee imágenes DICOM.	15	5 Lee imágenes DICOM.	15
CV	2	4	8	4	8	5 LUT y filtros de imagen.	10
Resultado:		43	83	43	84	47	92

P: Ponderado

VP: Valoración ponderada

Capacidades de visualización (CV) [47] [82]:

- Capacidad para seleccionar una secuencia de imágenes.
- Capacidad para asociar con precisión la información del paciente con el estudio de imágenes. Estos campos deben estar formateados según el estándar DICOM.

Plataforma de Código Abierto para Servicios de Teleconsulta con Soporte de Imágenes Médicas bajo el Estándar DICOM

- Capacidad para modificar el brillo y el contraste.
- Capacidad de procesamiento de imagen (*Look Up Table*, LUT¹⁰) y filtros.
- Capacidad para mover las imágenes y funciones de ampliación.
- Capacidad de rotar y voltear las imágenes.
- Capacidad de calcular y visualizar medidas precisas y determinar los valores adecuados del pixel.
- Capacidad para visualizar la relación de compresión de imágenes.
- Capacidad para visualizar varias imágenes al mismo tiempo.

De acuerdo con los resultados obtenidos (Tabla 6), se puede notar que todos los visores son muy buenos, pues cumplen en buena medida con los criterios establecidos. Sin embargo, Weasis tiene unas pocas ventajas sobre los otros; por lo tanto, es el visor de imágenes médicas seleccionado. Weasis recibió el aval del Especialista en Radiología Doctor Germán Ruiz y se comparó con el visor comercial de imágenes del sistema utilizado en la clínica La Estancia: Carestream¹¹. Ambas aplicaciones presentan características (cumplimiento del estándar, facilidad de uso y conexión con PACS) y capacidades de visualización similares.

3.3. HERRAMIENTAS DICOM

Habiendo identificado la plataforma de historia clínica electrónica y el visor de imágenes DICOM, se debe establecer la comunicación entre estos dos grandes componentes; además se debe garantizar la interoperabilidad y comunicación con los equipos de imágenes (modalidades). Para esto, es necesario el uso de herramientas que implementan servicios DICOM.

Para la selección de las herramientas DICOM necesarias, no fue necesario un estudio previo puesto que con el estudio realizado a los otros dos grandes componentes se logró identificar el proyecto que cumplía con las necesidades: DCM4CHE¹². El cual, está ampliamente documentado y es mencionado por muchos sitios web y publicaciones [1]. Además, es muy conocido por la comunidad OpenMRS y ha sido trabajado junto con el visor DICOM seleccionado (Weasis). El conjunto de aplicaciones de dcm4che ha sido utilizado alrededor del mundo por profesionales de la salud, proyectos de investigación, aplicaciones de código abierto y aplicaciones comerciales, lo que demuestra su gran potencial [29] [83] [84] [85] [86] [87] [88].

Entre los productos de dcm4che se encuentra el juego de herramientas y utilidades DICOM, dcm4che2 (Tabla 7), y el archivador DICOM, dcm4chee. Para el desarrollo de este trabajo se hace uso de algunas herramientas de dcm4che2, que implementan algunos servicios DICOM.

¹⁰ http://en.wikipedia.org/wiki/Lookup_table#LUT.27s_in_Image_processing

¹¹ <http://carestream.com>

¹² <http://www.dcm4che.org/>

Tabla 7. Información de dcm4che2.

	dcm4che2
Licencia	GPL, LGPL, MPL
Inicio	2000
Versión	2.0.25
Fecha de publicación	23-02-2011
Sitio web	http://www.dcm4che.org/confluence/display/d2/dcm4che2+DICOM+Toolkit
Lenguaje de programación	Java
Sistema operativo	Independiente del SO (Escrito en lenguaje interpretado)
Repositorio	http://sourceforge.net/projects/dcm4che/files/dcm4che2/

La información que aparece en la Tabla 7 fue actualizada el 29 de agosto de 2011.

3.4. PLATAFORMA, VISOR Y HERRAMIENTAS SELECCIONADAS

De acuerdo con los criterios establecidos y los resultados obtenidos, se seleccionó a OpenMRS como la plataforma de Historia Clínica Electrónica sobre la cual hacer el desarrollo, Weasis como el visor de imágenes DICOM, y se utilizan algunos componentes del juego de herramientas dcm4che2 para realizar la integración y permitir la comunicación con las modalidades.

3.4.1. OpenMRS

Open Medical Record System (OpenMRS®) fue creado en el 2004 como una iniciativa multiinstitucional, sin ánimo de lucro, liderada por el Instituto Regenstrief¹³ en la Universidad de Indiana (USA) y la Organización No Gubernamental (ONG) estadounidense *Partners In Health*¹⁴. Recibe el apoyo de importantes organizaciones, entre ellas la Organización Mundial de la Salud¹⁵ y Google. Además, se basa en un programa que ha sido efectivamente utilizado por el Instituto Regenstrief durante más de 30 años.

OpenMRS es una plataforma flexible de Historia Clínica Electrónica que puede ser adaptada a las necesidades de las instituciones de salud y las organizaciones de investigación. Por lo tanto, se ha diseñado como un sistema genérico que pueda apoyar el cuidado de los pacientes, la recopilación de observaciones, encuentros (consultas médicas, atención de urgencias, etc.), notas y otros datos del sistema de salud y la prestación de los resúmenes, reportes, informes y vistas de datos que podrían mejorar la eficacia de las personas que utilizan el sistema. Es una plataforma lo suficientemente robusta para cubrir el sistema de salud de todo un país y lo suficientemente ágil para ser utilizada en un establecimiento de salud rural.

¹³ <http://www.regenstrief.org/>

¹⁴ <http://pih.org/>

¹⁵ <http://www.who.int/es/>

Plataforma de Código Abierto para Servicios de Teleconsulta con Soporte de Imágenes Médicas bajo el Estándar DICOM

Misión

La misión de OpenMRS es mejorar la atención de salud en entornos con recursos limitados mediante la coordinación de una comunidad global que crea un sistema robusto, escalable, centrado en el usuario y de código abierto.

Características

Algunas de las características más importantes de la plataforma son:

- Diccionario central de conceptos: Definiciones de todo tipo de datos médicos, de procedimientos, entre otros.
- Acceso basado en privilegios: Roles de usuarios y permisos.
- Soporte de estándares: Motor HL7 para importar información.
- Arquitectura modular: A través de módulos se puede extender y agregar cualquier tipo de funcionalidad.
- Internacionalización: Soporte para múltiples idiomas y la posibilidad de ser extendido.
- Soporte para datos complejos: Imágenes radiológicas, archivos de audio, etc., pueden ser almacenados como observaciones “complejas”.

OpenMRS en el mundo

OpenMRS es utilizado alrededor del mundo por más de cien organizaciones para propósitos clínicos y de investigación (Figura 9).



Figura 9. Mapa de implementación de OpenMRS. Tomada de [89].

Un ejemplo del potencial de esta plataforma es la implementación del programa *Academic Model Providing Access to Healthcare* (AMPATH¹⁶) en Kenya, África. Cerca de veinte millones de observaciones discretas recolectadas a cerca de 50.000 pacientes con VIH.

Comunidad

Hay muchas posibilidades para hacer parte de la comunidad OpenMRS. Se puede colaborar con la documentación, traducción, pruebas, también como mentor o como

¹⁶ <http://www.iukenya.org/>

Plataforma de Código Abierto para Servicios de Teleconsulta con Soporte de Imágenes Médicas bajo el Estándar DICOM

desarrollador. El requisito para participar como desarrollador es simple: tener habilidades en el lenguaje de programación Java y querer hacer del mundo un mejor lugar, como lo dice su slogan: “*Write code. Save lives*” (Escribe código. Salva vidas).

Descripción técnica

OpenMRS es una aplicación web cliente-servidor, lo que significa que está diseñada para trabajar en un ambiente donde muchos computadores cliente acceden a la misma información en el servidor.

OpenMRS está programado en Java, utiliza los entornos de Spring¹⁷, JUnit¹⁸, Maven¹⁹ y la aplicación principal funciona a través de un navegador web. Utiliza Hibernate²⁰ como capa de interfaz con la base de datos. Tomcat²¹ es usado como servidor de aplicaciones web. La base de datos se encuentra en MySQL²².

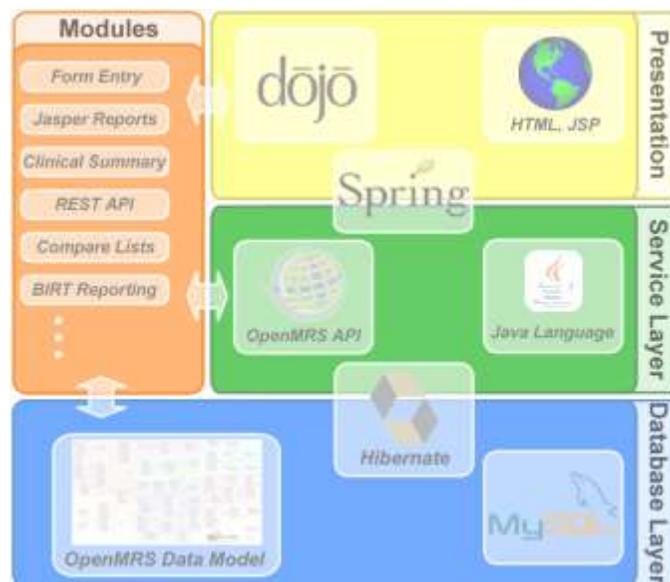


Figura 10. Arquitectura en capas de OpenMRS. Tomada de [90].

Posee una arquitectura de tres capas (Figura 10):

- Capa de datos: Cuyo componente principal es el modelo de datos, se basa en un diccionario de conceptos.
- Capa de servicio: La API (Interfaz para Programas de Aplicación) sirve como una envoltura (*wrapper*) alrededor del modelo de datos, lo que permite al desarrollador interactuar con OpenMRS por medio de objetos Java, sin preocuparse por el modelo.
- Presentación: Las interfaces de usuario construidas sobre las otras capas.

¹⁷ <http://www.springsource.org/>

¹⁸ <http://www.junit.org/>

¹⁹ <http://maven.apache.org/>

²⁰ <http://www.hibernate.org/>

²¹ <http://tomcat.apache.org/>

²² <http://www.mysql.com/>

Diccionario de conceptos

OpenMRS se basa en el principio de que la información debe ser almacenada de tal forma que sea fácil de resumir y analizar, es decir, minimizar el uso de texto plano y maximizar el uso de información codificada. El diccionario de conceptos almacena los diagnósticos, pruebas, procedimientos, tratamientos, medicamentos y otras preguntas generales con sus posibles respuestas.

Modelo de datos

La estructura de este modelo de datos determina la escalabilidad, robustez y la flexibilidad del sistema (Figura 11).

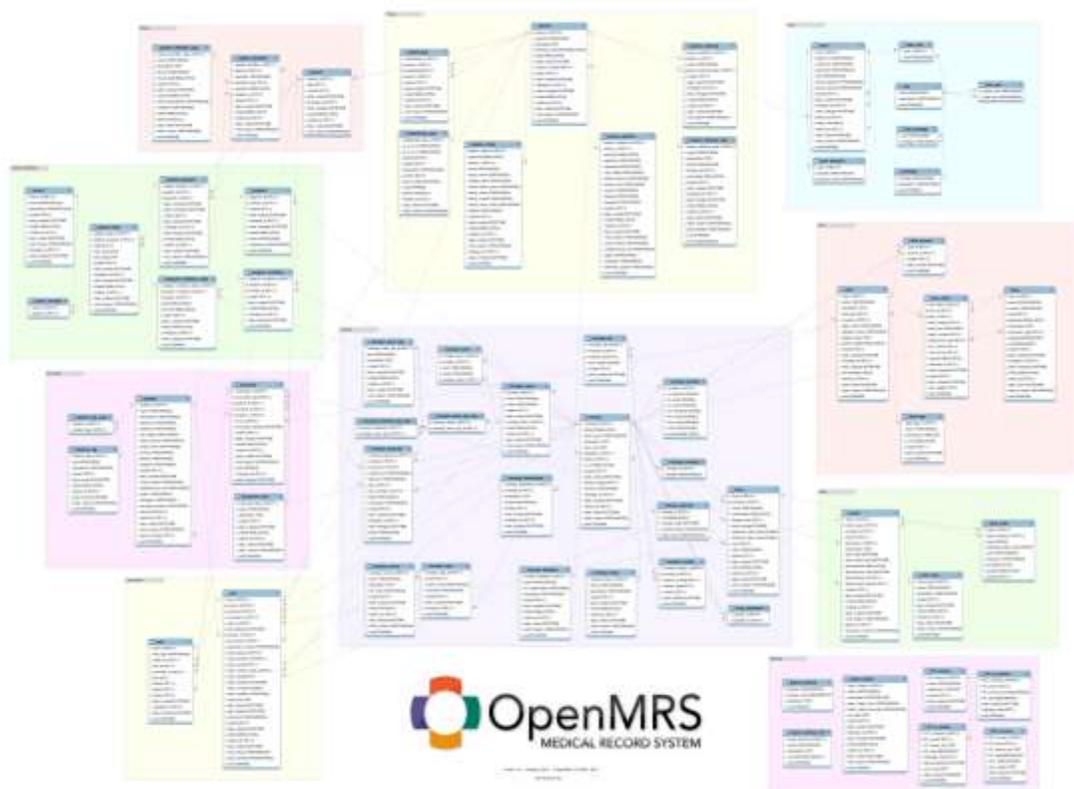


Figura 11. Modelo de datos de OpenMRS. Tomada de [91].

El modelo de datos agrupa las tablas de la base de datos en dominios, que esencialmente representan la separación de los servicios.

Algunos de los dominios son:

- Encuentro: Contiene la información referente a las intervenciones de los proveedores de salud a los pacientes (e.g. consulta médica, atención de urgencias, etc.).
- Observación: Donde la información de salud propiamente dicha se almacena.
- Orden: Acciones que han sido solicitadas.
- Paciente: Información básica del paciente

Módulos

Los desarrolladores pueden contribuir con OpenMRS desarrollando módulos que agreguen funcionalidad a la plataforma.

La arquitectura modular de OpenMRS permite que los módulos sean fácilmente agregados o eliminados del sistema. El objetivo del sistema de módulos es permitir a los desarrolladores escribir código e integrarlo con OpenMRS sin tener que modificar el código base. Puesto que los módulos tienen acceso a todo el sistema y pueden interactuar con OpenMRS en todo nivel, pueden agregar tablas, alterar el comportamiento de la API y agregar o modificar las páginas web.

La principal ventaja del sistema de módulos es que permiten satisfacer las necesidades locales sin que todos tengan que ponerse de acuerdo sobre un enfoque único.

Cuando la implementación de un módulo es asignada a un equipo de trabajo, la comunidad OpenMRS delega un mentor que guíe el proceso de desarrollo; además se facilitan algunas herramientas colaborativas:

- Wiki del proyecto: Contiene toda la información referente al proyecto.
- Seguimiento de problemas (*Issue tracking*) y gestión de proyectos: Se utiliza JIRA²³.
- Repositorio de código: Se utiliza el sistema de control de versiones Subversion²⁴ (SVN). El código está disponible para ser descargado por cualquier persona.

Además, se sugiere seguir algunas convenciones: código de conducta, estilo del código y convenciones de código [92].

El módulo se desarrolla siguiendo la estructura y las convenciones definidas por la comunidad OpenMRS y cuenta con el aval del mentor encargado del proyecto para ser integrado en la plataforma [93].

Licencia

OpenMRS tiene su propia licencia de software, la *OpenMRS Public License 1.1 (OPL)*, la cual permite, entre otros, que el código fuente sea modificado y redistribuido mientras siga siendo abierto.

3.4.2. Weasis

Entre los años 1990 y 2002 existió el proyecto Osiris, que en su proceso de evolución pasó a llamarse Osirix²⁵ y fue el primer visor de imágenes radiológicas de distribución libre, si bien desarrollado únicamente para computadores Macintosh.

Desde el año 2009, basado en el software Osirix, Nicolas Roduit, del Hospital Universitario de Ginebra (Suiza), desarrolló Weasis, un visor de código abierto de próxima generación (Figura 12), que permite entregar una experiencia de trabajo similar a la de Osirix, sin las limitaciones de poseer sistema operativo Mac.

²³ <http://www.atlassian.com/software/jira/>

²⁴ <http://subversion.apache.org/>

²⁵ <http://www.osirix-viewer.com/>

Plataforma de Código Abierto para Servicios de Teleconsulta con Soporte de Imágenes Médicas bajo el Estándar DICOM

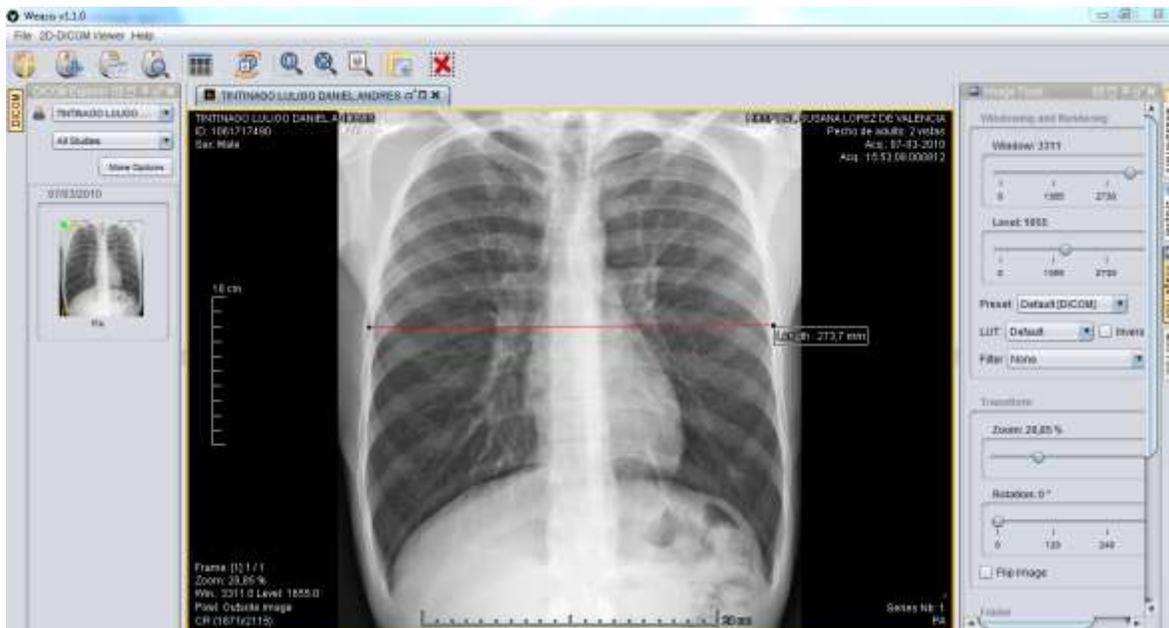


Figura 12. Visor de imágenes Weasis.

Weasis es un visor multipropósito basado en web con una arquitectura altamente modular. Ha sido diseñado para satisfacer las expectativas de varios sistemas de información clínica y su evolución futura en relación con las imágenes médicas: proporciona un acceso basado en web para las imágenes radiológicas y ofrece capacidades multimedia como la visualización de video (DICOM Mpeg-2) y fotografías digitales.

Weasis puede ser fácilmente interconectado con cualquier PACS que soporte WADO por medio de un portal web o como un consumidor XDS-I en un ambiente IHE [94].

Es multiplataforma, pues corre sobre la máquina virtual de Java, utiliza la librería *Java Advanced Imaging* (JAI) y se ejecuta como una aplicación *Java Web Start* (JWS).

Este visor está optimizado para aplicaciones basadas en web como la telemedicina, integra múltiples estrategias para la descarga de imágenes. Su arquitectura basada en extensiones (*plug-in*) ofrece una gran flexibilidad para la adición de nuevos componentes en tiempo real, como los módulos de compresión de datos o herramientas específicas de análisis de imágenes.

El visor de imágenes Weasis es el primero en su categoría de distribución libre para la comunidad médica [95].

Weasis está altamente estandarizado para permitir una mejor integración con otros sistemas de información en salud. Sigue el estándar DICOM por medio de la incorporación del juego de herramientas de *dcm4che*, la implementación de WADO y algunas sintaxis de transferencia. Además, se basa en el suplemento del comité de radiología de la IHE, revisión de imagen básica (*Basic Image Review*, BIR) y consumidor XDS-I. El perfil BIR define la funcionalidad y comportamiento de referencia para el

Plataforma de Código Abierto para Servicios de Teleconsulta con Soporte de Imágenes Médicas bajo el Estándar DICOM

software de visualización de imágenes en CD, es desarrollado en estrecha colaboración con los representantes de la Asociación Médica Americana (*American Medical Association, AMA*) y la Asociación Americana de Cirujanos Neurológicos (*American Association of Neurological Surgeons, AANS*).

Weasis es distribuido bajo la Licencia Pública Eclipse (*Eclipse Public License, EPL*), que permite utilizar, modificar, copiar y distribuir el trabajo y las versiones modificadas, pero en algunos casos están obligados a liberar sus propios cambios.

Así como en OpenMRS, Weasis también cuenta con herramientas colaborativas, tiene wiki, foro, herramientas para el seguimiento de problemas y gestión de proyectos y repositorio de código. Además, cuenta con suficiente documentación para que los desarrolladores puedan hacer uso de la aplicación e integrarla en otros sistemas.

Características

Algunas de las principales características del visor son:

- Lectura de imágenes DICOM (extensión .dcm), objetos DICOM encapsulados, DICOM MPEG y manejo de fotografía digital.
- Permite configurar rápidamente en los botones del ratón las herramientas de manipulación de imágenes de la aplicación.
- Abre simultáneamente varios estudios, incluso de distintos pacientes, acelerando el modo de trabajo.
- Soporte para múltiples idiomas.
- Visualización de varias imágenes al mismo tiempo (grilla).
- Se pueden hacer anotaciones.
- Visualización de información DICOM asociada a la imagen (metainformación).
- Herramientas de tratamiento y análisis: ampliación, lupa, brillo y contraste, inversión de escalas de grises, rotación y espejo, filtros, entre otras.
- Medidas de distancias, ángulos y densidades.
- Anonimiza las anotaciones DICOM durante la visualización.
- Exporta la vista seleccionada al portapapeles.

Java Web Start

Java Web Start (JWS) es una aplicación de ayuda que se asocia con un navegador web. Cuando un usuario hace clic en un enlace que apunta a un archivo especial de lanzamiento (*Java Network Launching Protocol, JNLP*), esto hace que el navegador inicie JWS, que luego se descarga automáticamente, se almacena en cache, y corre la respectiva aplicación basada en tecnología Java. Todo el proceso se completa generalmente sin necesidad de interacción del usuario, a excepción del único clic inicial.

Las aplicaciones lanzadas con JWS son almacenadas en cache localmente. Por lo tanto, una aplicación ya descargada, es lanzada como una aplicación tradicional que ya ha sido instalada [96].

3.4.3. Dcm4che2

Dcm4che es una colección de aplicaciones y utilidades médicas de código abierto, desarrolladas en el lenguaje de programación Java.

En la parte central del proyecto dcm4che se encuentra dcm4chee (la 'e' adicional es sinónimo de "empresa"). Dcm4chee es un *Image Manager/Image Archive* según IHE. La aplicación contiene servicios e interfaces DICOM y HL7 que se requieren para proporcionar almacenamiento, recuperación y flujo de trabajo en un ambiente clínico. Asumiendo el papel de varios actores IHE para asegurar la interoperabilidad, la aplicación ofrece muchos servicios robustos y escalables [97].

Además, dentro del proyecto dcm4che está una robusta implementación del estándar DICOM, el juego de herramientas DICOM dcm4che2, el cual es utilizado en muchas aplicaciones de producción a nivel mundial. La versión actual del juego de herramientas (2.x) ha sido rediseñada para alto rendimiento y flexibilidad, en las áreas de velocidad, uso de memoria, sencillez, y una implementación más robusta de DICOM.

Dcm4che2 contiene una serie de ejemplos de aplicaciones útiles que se pueden utilizar en conjunto con dcm4chee, con otra aplicación de archivo, o para operar sobre objetos DICOM de manera independiente. Las aplicaciones son útiles y usables por sí solas y soportan la mayoría de operaciones que se puedan necesitar. Además está disponible el código fuente para que sean modificadas e integradas en aplicaciones propias.

Algunas de las utilidades son [98]:

- dcm2xml: Convierte un objeto DICOM a XML.
- xml2dcm: Convierte XML a DICOM.
- txt2dcmsr: Convierte texto a un reporte estructurado DICOM (SR).
- dcmgpwl: Consulta una lista de trabajo de propósito general (*General Purpose Worklist SCP*).
- dcmmdl: Consulta una lista de trabajo de modalidad (*Modality Worklist SCP*).
- dcmof: Simula una aplicación "Cumplimentador de peticiones" (*Order Filler* según IHE).
- dcmqr: Realiza las operaciones de C-FIND, C-GET y C-MOVE como un SCU.
- dcmrcv: Receptor DICOM (C-STORE SCP).
- dcmsnd: Realiza las operaciones de C-STORE como un SCU.
- dcmwado: Inicia peticiones WADO.

Como es común en este tipo de proyectos de código abierto con comunidades de desarrollo activas, cuenta con herramientas colaborativas: wiki, foros, herramientas para el seguimiento de problemas y gestión de proyectos y repositorio de código.

Para hacer parte de la comunidad dcm4che no es necesario ser desarrollador; las personas se pueden involucrar con el proyecto, reportando fallas, colaborando con la documentación, compartiendo experiencias en los foros y también publicitando el proyecto.

3.5. CONCLUSIONES

Este capítulo ha expuesto el estudio realizado a través de la Internet siguiendo una metodología propuesta para identificar los componentes de software de código abierto que sirven de base para la implementación de la plataforma; como resultado se tiene a OpenMRS como plataforma de Historia Clínica Electrónica, Weasis como visor de imágenes DICOM, y el juego de herramientas del proyecto dcm4che que permite la integración e implementación de los servicios DICOM.

CAPITULO 4

MÓDULO DE RADIOLOGÍA

4.1. ALCANCE

El módulo de radiología es una aplicación que se construye sobre la plataforma de Historia Clínica Electrónica OpenMRS, integrando componentes de código abierto.

El módulo gestiona el flujo de trabajo clínico de un departamento de radiología. Implementa las funcionalidades principales de un RIS y un PACS basado en el perfil de integración Flujo de Trabajo Programado (*Scheduled Workflow, SWF*) de IHE y en conformidad con el estándar DICOM. Por lo tanto, permite gestionar la información de radiología desde el registro del paciente, pasando por la emisión de la orden médica, la generación de la lista de trabajo, el seguimiento del estado de procedimientos, hasta la generación del informe con el diagnóstico indicado. También, facilita la comunicación con las modalidades y permite almacenar, visualizar y manipular imágenes médicas digitales en formato DICOM evitando el uso de la película impresa.

Al ser una aplicación web, el acceso a la plataforma se puede hacer desde cualquier lugar utilizando clientes ligeros (navegadores web), lo cual facilita su uso en servicios de telemedicina.

Aunque la facturación y la programación de citas son partes importantes de un sistema de este tipo, son procedimientos administrativos fuera del alcance de este trabajo de grado. Además, en la comunidad OpenMRS se está trabajando en proyectos de facturación [99] y programación de citas [100], que prestan de manera específica estas funcionalidades

Un importante punto a tener en cuenta, son las especialidades médicas en radiología soportadas por el módulo. Entre las especialidades más comunes están CT, MR, US, NM y RX [46], aunque RX está siendo reemplazado por CR [101]. Por lo tanto, el módulo de radiología ha sido diseñado específicamente para soportar las modalidades CT, MR, US, NM y CR. Sin embargo, se puede brindar soporte a más especialidades conforme las herramientas integradas (visor de imágenes, utilidades DICOM) lo permitan.

Flujo de trabajo en radiología

El flujo de trabajo del departamento de radiología en el ámbito clínico fue identificado por medio de un trabajo de campo realizado en la Clínica La Estancia de la ciudad de Popayán, en colaboración del médico especialista en radiología Doctor German Ruiz. A continuación se describe el flujo normal de las tareas que se realizan (Figura 13):

1. El médico general examina al paciente y crea una orden de radiología.
2. Se programa la fecha de la cita y se asigna un médico especialista para la interpretación de los exámenes.
3. El técnico, tecnólogo o especialista en radiología realiza el proceso de la adquisición de la(s) imagen(es) médica(s) del paciente.

4. El especialista en radiología accede (desde adentro o desde afuera de la institución de salud) al estudio de imágenes realizado al paciente, diagnostica y genera un informe.



Figura 13. Flujo de trabajo del departamento de radiología. Basada en [102]

4.2. FUNCIONALIDADES DEL SISTEMA

Las principales funcionalidades del módulo de radiología desarrollado son:

- Diseñado sobre la base del perfil de integración IHE: Flujo de Trabajo Programado.
- Compatibilidad con el estándar DICOM para la comunicación con modalidades (CT, CR, MR, US y NM) por medio de la implementación de servicios DICOM (MWL, MPPS, *Storage* y *Storage Commitment*).
- Acceso a imágenes médicas a través de WADO.
- Acceso a información demográfica del paciente, incluyendo alergias e infecciones.
- Creación de órdenes de radiología.
- Generación de lista de trabajo de la modalidad. Permite buscar, filtrar y ordenar la información del paciente y el procedimiento. Intercambia información con la modalidad.
- Seguimiento del estado del procedimiento.
- Asignación de lectura de estudios a especialistas.
- Almacenamiento de imágenes médicas digitales.
- Visualización y manipulación de imágenes médicas digitales en formato DICOM.
- Visualización de metainformación DICOM referente al paciente, al procedimiento, al estudio y al equipo.
- Generación de informes de radiología siguiendo los parámetros establecidos por la RSNA y la ACR.
- Asociación de estudios de imágenes e informes de un paciente.
- Generación de varios informes de una misma orden, permitiendo a otros especialistas dar su opinión.
- Selección de síntomas y hallazgos desde el diccionario de conceptos de OpenMRS.
- Acceso al sistema basado en roles de usuario y privilegios. Muestra diferentes vistas dependiendo del rol.
- Interfaz gráfica de configuración (*Global Properties*).
- Interfaz gráfica de usuario disponible en idioma inglés y español.

Identificación de casos de uso

Los casos de uso se identificaron a partir de las funcionalidades del sistema. En el diagrama de casos de uso se pueden apreciar los actores que interactúan con el módulo de radiología y las funcionalidades (Figura 14).

Plataforma de Código Abierto para Servicios de Teleconsulta con Soporte de Imágenes Médicas bajo el Estándar DICOM

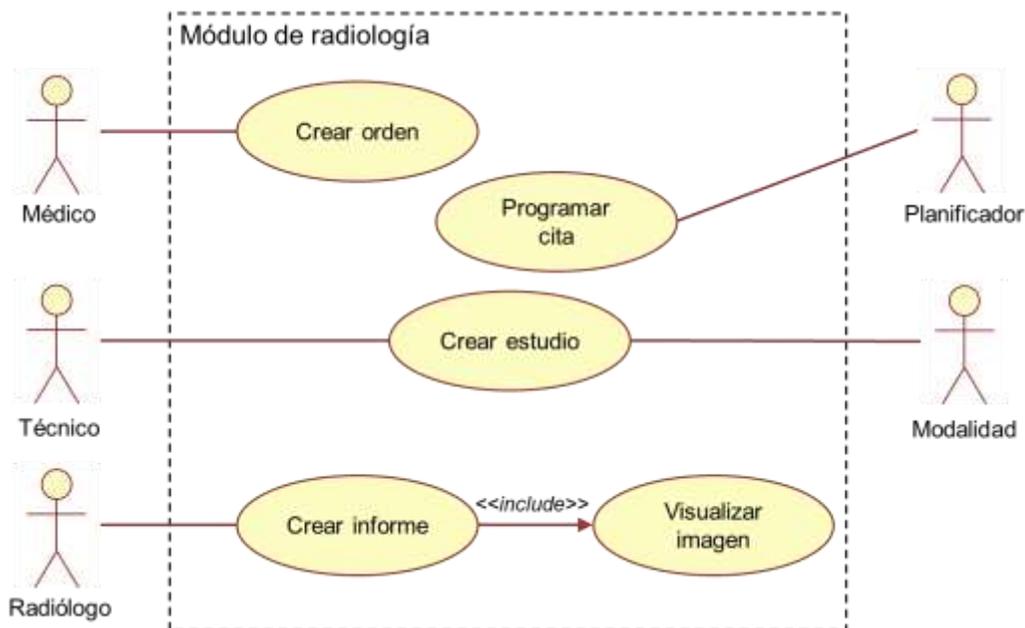


Figura 14. Diagrama de casos de uso del módulo de radiología.

A continuación se presenta la descripción de los actores que interactúan con el sistema:

Médico: es un profesional de la medicina encargado de examinar a los pacientes, obtener historiales médicos, crear órdenes de exámenes, prescribir y administrar tratamiento para las personas que sufren de lesiones o enfermedades.

Radiólogo: es un médico que tiene entrenamiento especializado en la obtención e interpretación de imágenes médicas. Encargado de crear los informes radiológicos según el diagnóstico de un paciente.

Técnico: es un profesional de la medicina que crea imágenes médicas de la anatomía humana para ayudar a los radiólogos y otros médicos a diagnosticar y tratar enfermedades y lesiones.

Planificador: personal administrativo encargado de programar las citas para la adquisición de las imágenes y asignar el especialista encargado de la interpretación de las mismas.

Modalidad: Sistema externo que representa una modalidad CT, CR, MR, US o NM. Es capaz de procesar listas de trabajo, tomar imágenes y retornarlas al sistema para ser almacenadas utilizando servicios DICOM (*DICOM Modality Worklist*, *MPPS*, *Storage*, *Storage Commitment*).

A continuación se presenta la descripción de cada uno de los casos de uso del sistema en formato de alto nivel:

Tabla 8. Caso de uso en formato de alto nivel Crear Orden.

Caso de uso:	CREAR ORDEN	
Actores:	Médico (Iniciador).	
Propósito:	Crear orden de radiología.	
Resumen:	Este caso de uso permite crear una orden de radiología indicando el tipo de procedimiento y la prioridad, de acuerdo con el examen realizado al paciente.	
Tipo:	Primario.	
Curso normal de eventos		
	Acción de los actores	Respuesta del sistema
	<p>1. Este caso de uso inicia cuando un médico quiere crear una orden.</p> <p>3. El médico ingresa la información solicitada en el formulario.</p>	<p>2. El sistema presenta al médico un formulario vacío con los campos de la orden.</p> <p>4. El sistema almacena la orden y la publica en la lista de trabajo.</p>

Tabla 9. Caso de uso en formato de alto nivel Programar Cita.

Caso de uso:	PROGRAMAR CITA	
Actores:	Planificador (Iniciador).	
Propósito:	Programar fecha y asignar especialista.	
Resumen:	Este caso de uso permite programar la fecha de la realización de los procedimientos radiológicos solicitados por el médico remitente en la orden. Además, permite asignar el especialista encargado de diagnosticar el estudio solicitado.	
Tipo:	Primario.	
Curso normal de eventos		
	Acción de los actores	Respuesta del sistema
	<p>1. Este caso de uso inicia cuando un planificador quiere programar una cita.</p> <p>3. El planificador selecciona una orden, le asigna la fecha del procedimiento y el especialista.</p>	<p>2. El sistema presenta al planificador la lista de trabajo con las órdenes de los procedimientos que no han sido realizados.</p> <p>4. El sistema almacena la información y cambia el estado de la orden.</p>

Tabla 10. Caso de uso en formato de alto nivel Crear Estudio.

Caso de uso:	CREAR ESTUDIO	
Actores:	Técnico (Iniciador), Modalidad.	
Propósito:	Adquirir imágenes médicas.	

Plataforma de Código Abierto para Servicios de Teleconsulta con Soporte de Imágenes Médicas bajo el Estándar DICOM

Resumen:	Este caso de uso permite realizar la adquisición de imágenes del paciente en la modalidad.	
Tipo:	Primario.	
Curso normal de eventos		
Acción de los actores	Respuesta del sistema	
1. Este caso de uso inicia cuando un técnico solicita la lista de trabajo de los procedimientos que se van a realizar en la modalidad.	2. El sistema envía la lista de trabajo solicitada por el técnico a la modalidad.	
3. El técnico selecciona un procedimiento.	5. El sistema actualiza el estado del procedimiento.	
4. La modalidad notifica el estado del procedimiento.	8. El sistema almacena las imágenes del paciente.	
6. El técnico realiza la adquisición de imágenes del paciente en la modalidad.	10. El sistema actualiza el estado del procedimiento.	
7. La modalidad envía las imágenes del estudio realizado al paciente.		
9. La modalidad notifica el estado del procedimiento.		

Tabla 11. Caso de uso en formato de alto nivel Crear Informe.

Caso de uso:	CREAR INFORME	
Actores:	Radiólogo (Iniciador).	
Propósito:	Diagnosticar un paciente.	
Resumen:	Este caso de uso permite crear informes con el diagnostico de un paciente, de acuerdo con los resultados de los estudios de imágenes realizados.	
Tipo:	Primario.	
Curso normal de eventos		
Acción de los actores	Respuesta del sistema	
1. Este caso de uso inicia cuando un radiólogo quiere crear un informe.	2. El sistema presenta al médico una lista de estudios.	
3. El radiólogo selecciona un estudio.	4. El sistema presenta al médico un formulario vacío con los campos del informe.	
	5. Caso de uso "Visualizar imagen".	

6. El radiólogo ingresa la información solicitada en el formulario.	7. El sistema almacena el informe.
---	------------------------------------

Tabla 12. Caso de uso en formato de alto nivel Visualizar Imagen.

Caso de uso:	VISUALIZAR IMAGEN	
Actores:	Radiólogo (Iniciador).	
Propósito:	Visualizar y manipular imágenes.	
Resumen:	Este caso de uso permite visualizar las imágenes médicas digitales de un paciente, para facilitar su examen permite manipularlas haciendo ajuste de brillo y contraste, mediciones, ampliaciones, etc.	
Tipo:	Primario.	
Curso normal de eventos		
Acción de los actores	Respuesta del sistema	
1. Este caso de uso inicia cuando un radiólogo quiere visualizar un estudio de imágenes para diagnosticar un paciente y crear un informe.	2. El sistema presenta al radiólogo el visor de imágenes médicas con las imágenes del estudio pertinente.	
3. El radiólogo manipula las imágenes.		

4.3. APLICACIÓN DE ESTÁNDARES

El manual de usuario de radiología de IHE proporciona información sobre cómo utilizar las herramientas diseñadas por la iniciativa IHE a la hora de instalar sistemas radiológicos. Está dividido en tres capítulos, cada uno de los cuales presenta un escenario concreto: la adquisición de una nueva modalidad, la actualización de un RIS y la instalación de un PACS [103].

Aunque los manuales de usuario están pensados para que los administradores tomen una decisión de compra de un determinado dispositivo, en este caso se utiliza de manera diferente, para permitir a los desarrolladores seleccionar los perfiles de integración que se deben implementar para cumplir con ciertos objetivos.

Como se mencionó, el módulo de radiología tiene funcionalidades tanto de un RIS como de un PACS, entonces ambos escenarios (actualización de un RIS e instalación de un PACS) son tenidos en cuenta para la selección de los perfiles de integración IHE más adecuados.

El manual dice que los perfiles de integración Flujo de Trabajo Programado y Reconciliación de Información de Pacientes (*Patient Information Reconciliation*, PIR) son la piedra angular de la integración de un PACS y un RIS con otros sistemas dentro de una institución. Establecen un flujo coherente de información que mantiene una atención eficaz al paciente incluso en el caso de ciertas incidencias, ya que especifican las

transacciones que mantienen la consistencia de la información sobre el paciente desde su registro hasta su diagnóstico.

Los objetivos generales de la implementación de estos perfiles en estos sistemas son:

- Reducción de errores y mejora de la atención al paciente.
- Mejora del rendimiento.
- Reducción de la dosis de radiación en el paciente.

Es así como el módulo de radiología basa su implementación en el perfil de integración SWF. El perfil de integración PIR no se ha tenido en cuenta, ya que es una ampliación del perfil SWF para el caso específico de pacientes no identificados (e.g. el caso de un paciente politraumatizado e inconsciente) y define los mismos actores y transacciones.

Flujo de Trabajo Programado (SWF)

El perfil de integración Flujo de Trabajo Programado establece la continuidad e integridad de datos básicos del departamento de imágenes en un entorno en el que generalmente están pidiéndose los exámenes. Este perfil especifica las transacciones que mantienen la consistencia de la información del paciente desde el registro hasta los informes, pasando por la programación, adquisición, almacenamiento y visualización de imágenes. También permite determinar si las imágenes y otros objetos de evidencia han sido archivados y están disponibles para que se habiliten los siguientes pasos del flujo de trabajo (e.g. Generación del informe) y proporciona información centralizada de una visita médica.

Los actores involucrados con el perfil de integración SWF (Figura 15) son:

Acquisition Modality: Un sistema que adquiere y crea imágenes médicas, mientras el paciente está presente.

ADT²⁶ Patient Registration: Un sistema responsable de la adición y/o actualización de datos demográficos del paciente y la información del encuentro (cita médica). En particular, registra un nuevo paciente con el *Department System Scheduler/Order Filler*.

Department System Scheduler/Order Filler: Un sistema de información de departamento (e.g. radiología o laboratorio) que proporciona las funciones relacionadas con la gestión de las órdenes recibidas de sistemas externos o a través de una interfaz de usuario del sistema. Es el componente principal de un RIS.

Image Archive: Un sistema que permite el almacenamiento a largo plazo de objetos de evidencia, tales como imágenes.

Image Manager: Un sistema que proporciona las funciones relacionadas con el almacenamiento seguro y la gestión de objetos de evidencia.

Image Display: Una parte de un sistema que puede acceder a imágenes a través de la red o leer los medios de almacenamiento, y le permite al usuario ver estas imágenes.

²⁶ Admission Discharge Transfer

Plataforma de Código Abierto para Servicios de Teleconsulta con Soporte de Imágenes Médicas bajo el Estándar DICOM

Performed Procedure Step Manager: Un sistema que redistribuye los mensajes MPPS desde la *Acquisition Modality* o *Evidence Creator* al *Department System Scheduler/Order Filler* e *Image Manager*.

Order Placer: Un sistema hospitalario que genera órdenes de varios departamentos y las distribuye al departamento indicado.

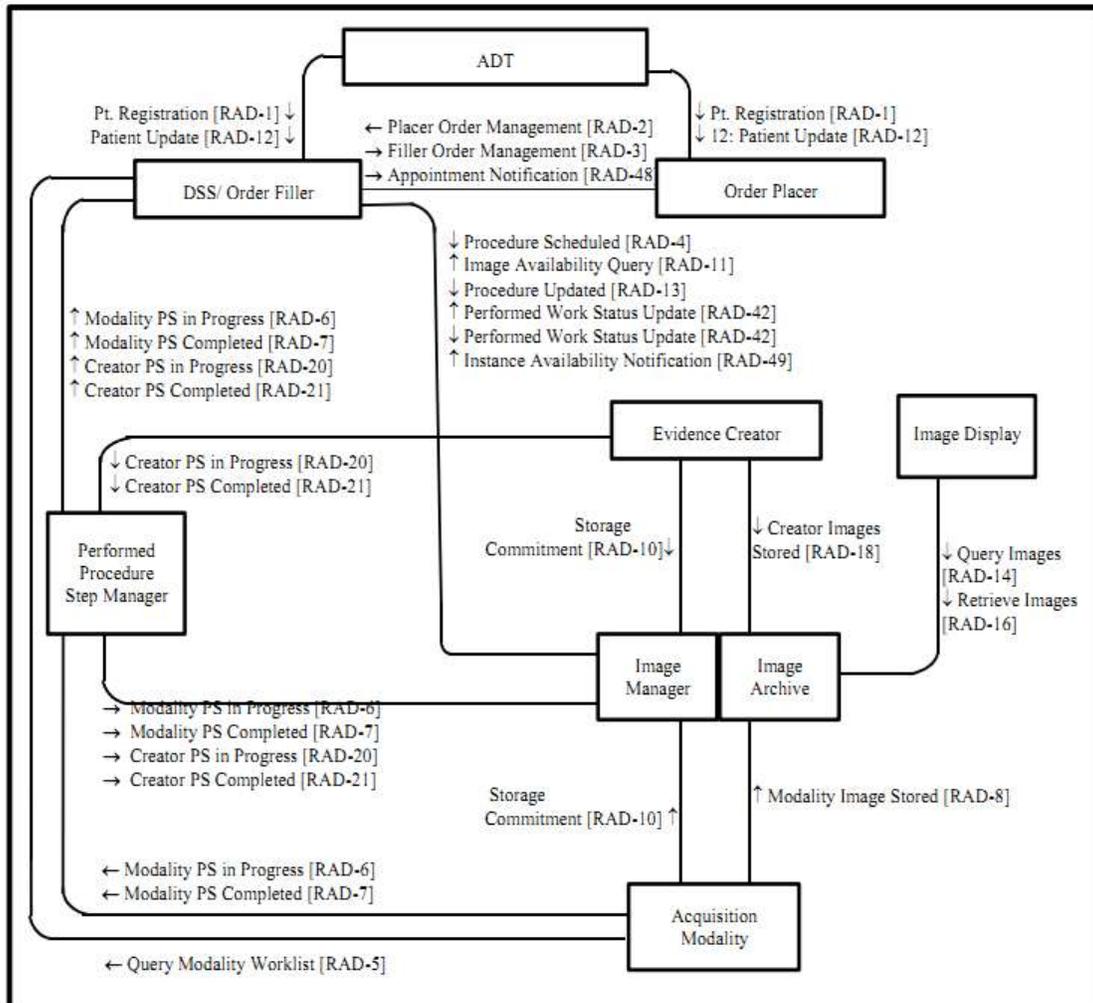


Figura 15. Diagrama del perfil de integración SWF. Tomada de [104], Figura 3.1-1.

La pareja *Image Manager/Image Archive* son los componentes principales de un PACS.

Las transacciones DICOM requeridas (obligatorias) entre los actores de acuerdo con el perfil de integración SWF son:

Query Modality Worklist: En respuesta a una consulta, retorna una lista de pasos de procedimiento programado con información demográfica del paciente e información de la orden.

Plataforma de Código Abierto para Servicios de Teleconsulta con Soporte de Imágenes Médicas bajo el Estándar DICOM

Modality Procedure Step In Progress: Una *Acquisition Modality* notifica al *Performed Procedure Step Manager (PPS Manager)* del inicio de un nuevo procedimiento y el *PPS Manager* le informa al *Order Filler* y al *Image Manager*.

Modality Procedure Step Completed: Una *Acquisition Modality* notifica al *Performed Procedure Step Manager* de la terminación de un procedimiento y el *PPS Manager* le informa al *Order Filler* y al *Image Manager*.

Modality Images Stored: Una *Acquisition Modality* envía las imágenes generadas o adquiridas al *Image Manager*.

Storage Commitment: Una *Acquisition Modality* solicita al *Image Manager* la confirmación de la propiedad de un objeto DICOM específico que es almacenado por el *Image Archive*, para permitir a la modalidad borrar el objeto ahora perteneciente al *Image Manager*.

Query Images: Un *Image Display* consulta al *Image Manager* por una lista de entradas que representan las imágenes por paciente, estudio, serie o instancia.

Retrieve Images: Un *Image Display* solicita y obtiene una imagen o un conjunto de imágenes del *Image Archive*.

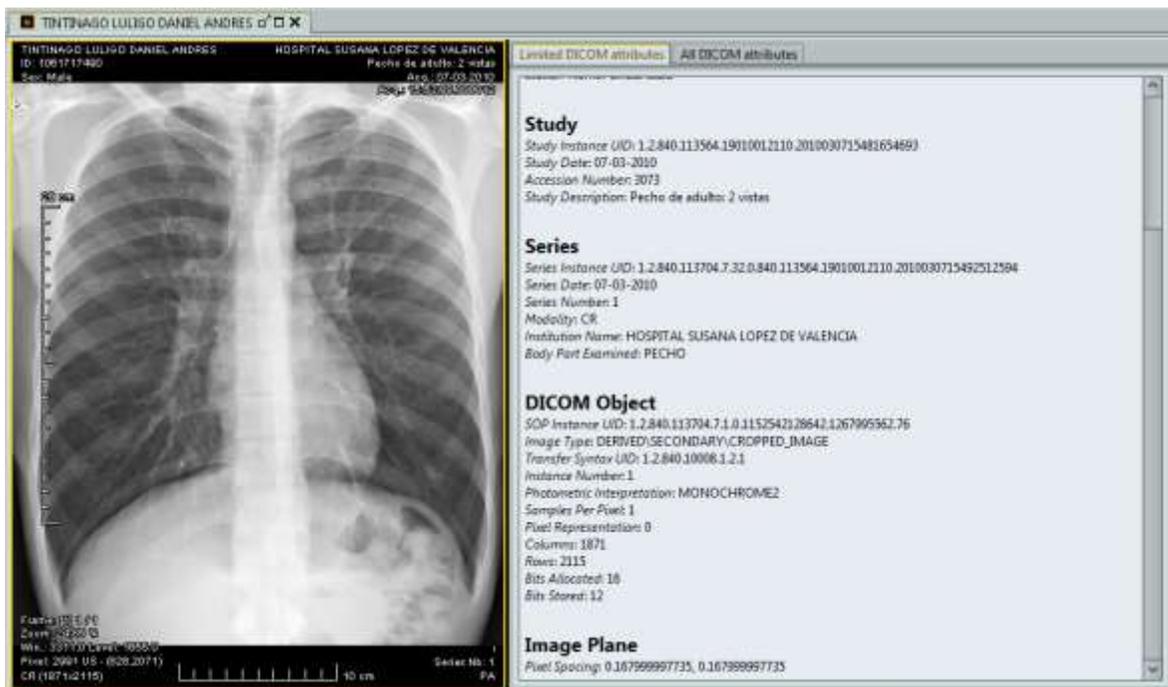


Figura 16. Información de la cabecera DICOM en el visor de imágenes Weasis.

Otra transacción implementada en el módulo de radiología, pero que no hace parte del perfil de integración SWF es:

Plataforma de Código Abierto para Servicios de Teleconsulta con Soporte de Imágenes Médicas bajo el Estándar DICOM

WADO Retrieve: Es emitida por un consumidor de imágenes (e.g. *Image Display*) a una fuente de imágenes (e.g. *Image Archive*) para recuperar los objetos DICOM a través del protocolo HTTP/HTTPS.

La especificación de cada una de las transacciones está en el volumen 2 [105] y en el volumen 3 [106] del Marco Técnico de radiología y muestra la relación de cada una de ellas con el estándar DICOM.

Para la definición de la información que debe ser mostrada y solicitada en los informes de radiología, se contrasta el estándar de la RSNA [107] con la guía de práctica propuesta por la ACR [108] y se modifica el sistema de informes de OpenMRS para cubrir algunos requerimientos básicos. La información referente al procedimiento, el equipo y el estudio puede ser vista en el visor de imágenes médicas en la información de la cabecera DICOM (Figura 16).

4.4. ARQUITECTURA DEL SISTEMA

Una arquitectura de referencia se puede considerar como el diseño de alto nivel de un sistema, libre de detalles de implementación y que consiste de los siguientes elementos [109]:

- Una descripción de alto nivel de los componentes del sistema.
- Definición de las relaciones entre los componentes.
- Definición de las relaciones entre los componentes del sistema y los elementos externos al sistema.

El diagrama de la Figura 15 se toma como arquitectura de referencia y a partir de ahí se define la arquitectura del sistema para el caso específico de la plataforma propuesta, a un nivel en el cual todavía no se describen los detalles de implementación sino los componentes del sistema desde el punto de vista de su funcionalidad.

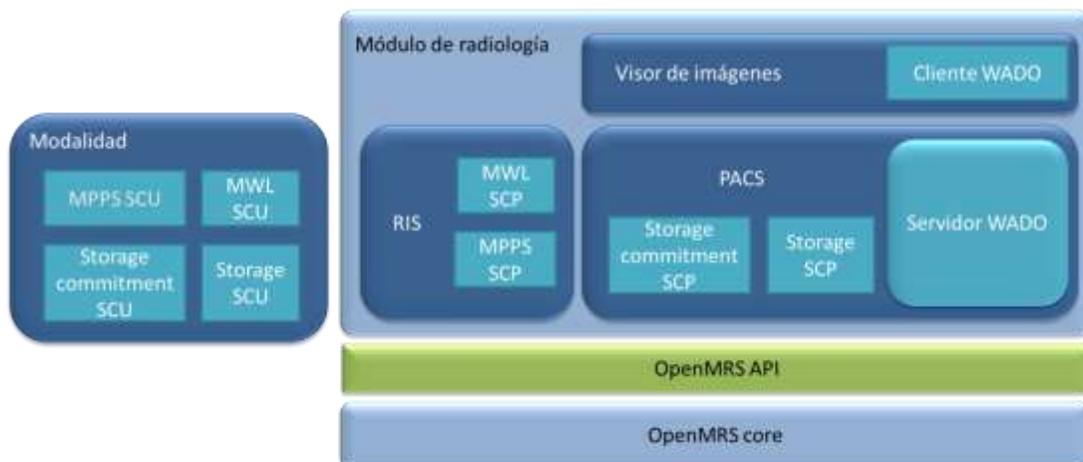


Figura 17. Arquitectura del sistema.

Plataforma de Código Abierto para Servicios de Teleconsulta con Soporte de Imágenes Médicas bajo el Estándar DICOM

La Figura 17 representa la arquitectura del sistema (i.e. plataforma de código abierto para servicios de teleconsulta con apoyo de imágenes médicas bajo el estándar DICOM), la cual se ha diseñado con base en el perfil de integración SWF de IHE.

El módulo de radiología se soporta en el núcleo de OpenMRS (*OpenMRS core*) y se comunica con él a través de su API. Cabe resaltar, que al estar el módulo soportado sobre OpenMRS comparte su arquitectura en capas (véase la Figura 10).

El núcleo de OpenMRS le proporciona al módulo la información demográfica del paciente (*ADT Patient Registration*) y permite la creación de órdenes de radiología, laboratorio y medicamentos (*Order Placer*).

A continuación se describe cada uno de los componentes que conforman la arquitectura del sistema:

Visor de imágenes: Corresponde al actor *Image Display* de IHE. Implementa un cliente WADO (consumidor de imágenes).

RIS: Corresponde al actor *Order Filler* de IHE. Implementa los servicios DICOM MWL y MPPS en el rol de SCP.

PACS: Corresponde a los actores *Image Archive* e *Image Manager* de IHE. Implementa los servicios DICOM, *Storage Commitment* y *Storage* en el rol de SCP y contiene un servidor WADO.

Modalidad: Componente externo que corresponde al actor *Acquisition Modality* de IHE. Implementa los servicios DICOM MPPS, MWL, *Storage* y *Storage Commitment* en el rol de SCU.

El actor *Performed Procedure Step Manager* no es tenido en cuenta, pues los mensajes MPPS provienen únicamente del actor *Acquisition Modality* y no del actor *Evidence Creator*, por lo tanto no es necesaria la redistribución de estos mensajes entre los distintos componentes del sistema.

Relaciones

En esta sección se explican las relaciones entre los componentes de la arquitectura del sistema y la interacción con los actores externos (modalidad) (Figura 18).

Debido a que todos los actores del perfil de integración SWF están integrados en un mismo sistema (módulo de radiología), no se va a implementar la comunicación HL7 entre el *ADT*, el *Order Placer* y el *Order Filler*. Tampoco son tenidas en cuenta las transacciones definidas como opcionales por IHE.

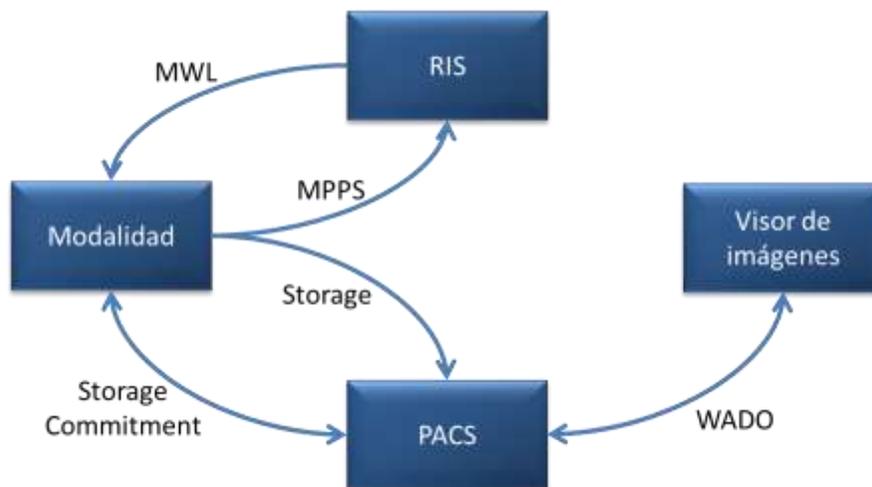


Figura 18. Diagrama de componentes y relaciones.

Las relaciones entre los componentes de la arquitectura se relacionan con las transacciones especificadas en el perfil de integración SWF. En el diagrama de la Figura 18 se muestran los servicios DICOM que se utilizan en la comunicación entre cada par de componentes, uno actuando como cliente (SCU) y el otro como servidor (SCP).

MWL: Implementa la transacción de IHE *Query Modality Worklist*, que finalmente representa el servicio DICOM *Modality Worklist*.

MPPS: Implementa las transacciones de IHE *Modality Procedure Step In Progress* y *Modality Procedure Step Completed*, que finalmente representan el servicio DICOM MPPS.

Storage: Implementa la transacción de IHE *Modality Images Stored*, que finalmente representa el servicio DICOM Storage.

Storage Commitment: Implementa la transacción de IHE *Storage Commitment*, que finalmente representa el servicio DICOM Storage Commitment.

WADO: Implementa la transacción de IHE *WADO Retrieve*, que finalmente representa el servicio DICOM de WADO.

Las relaciones son explicadas de manera detallada en la Sección 4.5.1 (Arquitectura de la Implementación de Referencia, Interacción de componentes).

Diagrama de despliegue

La arquitectura física describe la configuración de la plataforma para la ejecución en un ambiente del mundo real, presentando la topología física de la implementación de los distintos nodos que intervienen con el sistema y los protocolos de comunicación empleados (Figura 19).

Plataforma de Código Abierto para Servicios de Teleconsulta con Soporte de Imágenes Médicas bajo el Estándar DICOM

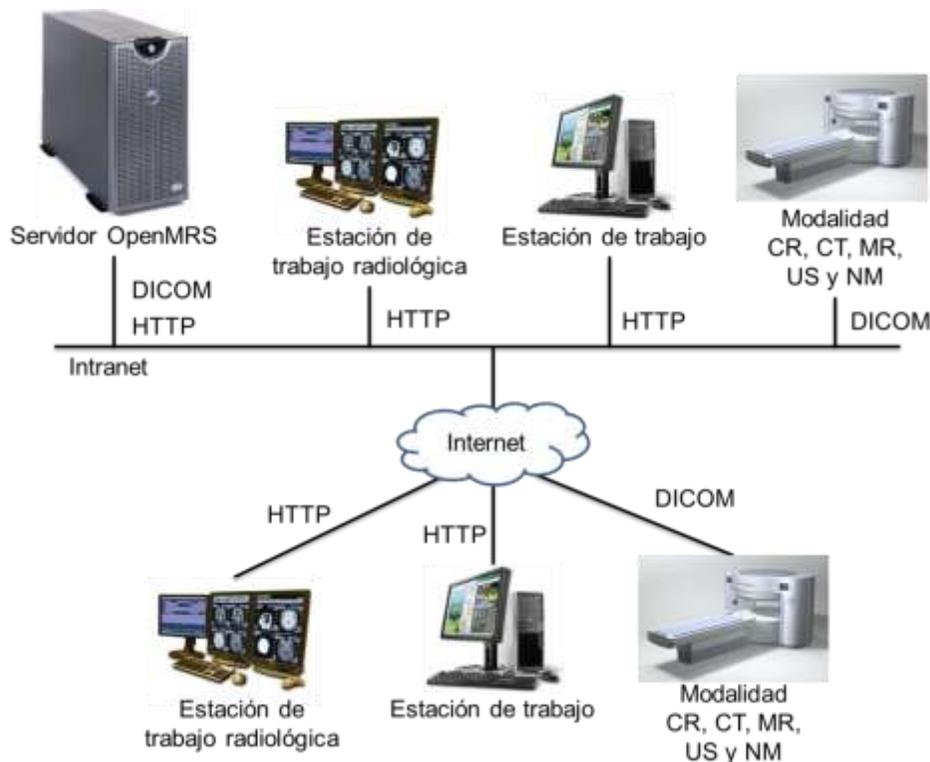


Figura 19. Diagrama de despliegue de la plataforma.

Servidor OpenMRS: Servidor web y DICOM que contiene el módulo de radiología que puede ser accedido desde la red interna (Intranet) o a través de la Internet.

Estación de trabajo: Computador con conexión de red (Internet y/o intranet) que permite el acceso al servidor OpenMRS a través de un navegador web.

Estación de trabajo radiológica: Estación de trabajo con características de hardware especializadas [47] para la visualización de imágenes DICOM.

Modalidad: Equipo de adquisición de imágenes médicas digitales en formato DICOM en la especialidad de CR, CT, MR, US o NM.

Protocolos de comunicación

Los protocolos son el conjunto de reglas que especifican el intercambio de mensajes durante la comunicación entre las entidades que forman parte de una red.

La familia de protocolos de Internet TCP/IP es un conjunto de protocolos de red en los que se basa Internet y que permiten la transmisión de datos entre dispositivos. Dentro del conjunto de protocolos TCP/IP, los utilizados por la plataforma se encuentran en la capa de aplicación de acuerdo con el modelo OSI (*Open System Interconnection*), a saber:

HTTP: El Protocolo de Transferencia de Hipertexto define la sintaxis y la semántica que utilizan algunos elementos software de la arquitectura para comunicarse. Es un protocolo

Plataforma de Código Abierto para Servicios de Teleconsulta con Soporte de Imágenes Médicas bajo el Estándar DICOM

orientado a transacciones y sigue el esquema petición-respuesta entre un cliente y un servidor. Es el protocolo de comunicación utilizado por las estaciones de trabajo para realizar las consultas al servidor OpenMRS.

DICOM: Protocolo de aplicación que usa TCP/IP para la comunicación entre sistemas. Es el protocolo utilizado por las modalidades para comunicarse con el servidor OpenMRS [110].

DICOM ha reservado los siguientes números de puerto TCP y UDP con la Agencia de Asignación de Números de Internet (IANA, por sus siglas en inglés):

- 104. Puerto bien conocido de DICOM. Como el número de puerto 104 se encuentra en el subconjunto de reservados, muchos sistemas operativos requieren privilegios especiales para su uso.
- 2761. Puerto registrado por DICOM para el uso de *Integrated Secure Communication Layer* (ISCL), que agrega seguridad a las comunicaciones DICOM.
- 2762. Puerto registrado por DICOM para el uso de *Transport Layer Security* (TLS), para proporcionar comunicaciones seguras.
- 11112. Puerto registrado por DICOM para el uso de comunicaciones abiertas.

El estándar recomienda, pero no requiere el uso de estos números de puerto.

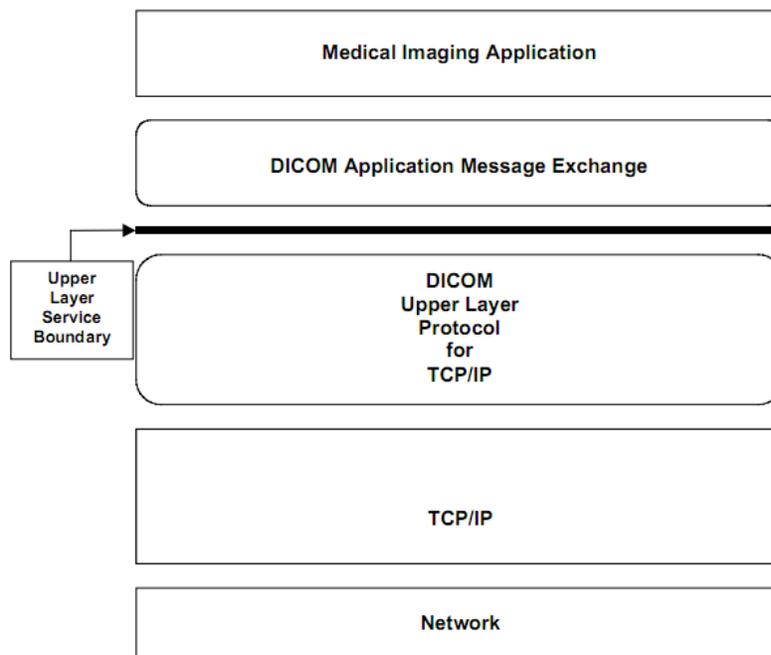


Figura 20. Arquitectura del protocolo de red DICOM. Tomada de [111].

4.5. IMPLEMENTACIÓN

4.5.1. Arquitectura de la Implementación de Referencia

La Figura 21 muestra la arquitectura de la implementación de referencia, donde se especifican cada una de las herramientas de software seleccionadas en el estudio y que

Plataforma de Código Abierto para Servicios de Teleconsulta con Soporte de Imágenes Médicas bajo el Estándar DICOM

permiten implementar cada uno de los componentes descritos en la arquitectura de referencia. Al integrar cada una de estas herramientas en el módulo de radiología y soportarlo en la plataforma OpenMRS se obtiene una plataforma de código abierto para servicios de teleconsulta con soporte de imágenes médicas bajo el estándar DICOM.

Como se puede apreciar en la Figura 21, se ha agregado un nuevo componente a la arquitectura, Weasis-pacs-connector, que hace de interfaz entre Weasis (visor de imágenes) y dcmrcv (PACS). Además, el componente PACS implementa un nuevo servicio DICOM (*Query/Retrieve*) y no contiene el servidor WADO que ahora es implementado por la herramienta Xebra.

A continuación se describe cada uno de los componentes que hacen parte de la implementación:

Librerías dcm4che: El proyecto dcm4che aporta algunas librerías sobre las cuales se soportan las utilidades dcmof y dcmrcv del juego de herramientas DICOM dcm4che2.

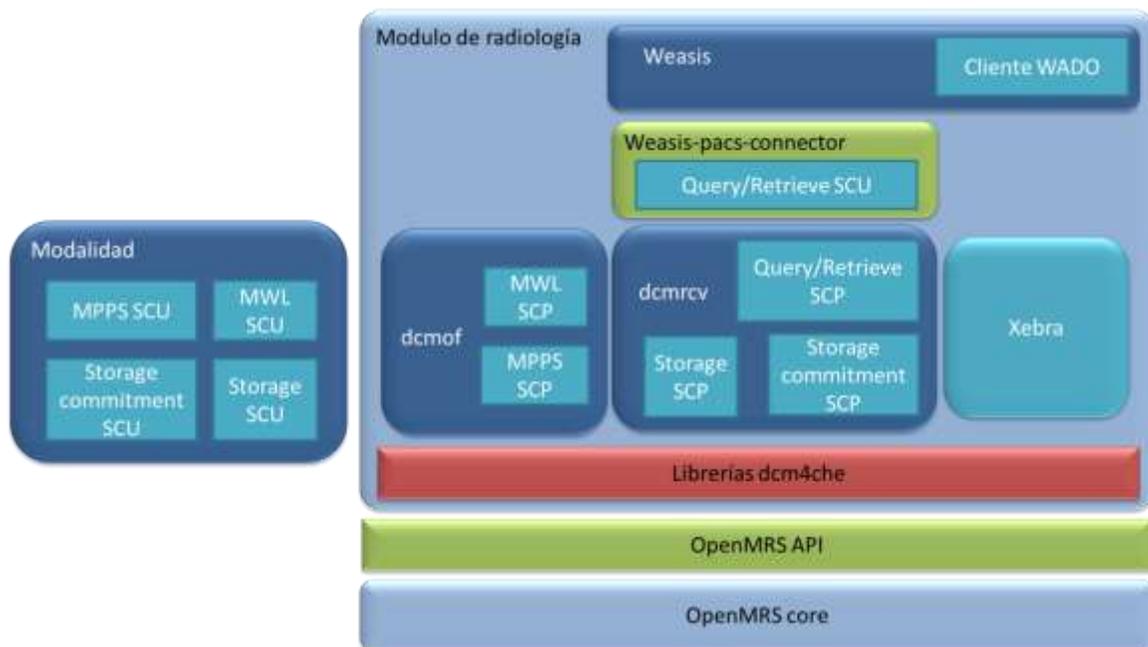


Figura 21. Arquitectura de la implementación de referencia.

dcmof: Implementa el componente RIS de la arquitectura de referencia con sus respectivos servicios DICOM (MWL y MPPS). Es una utilidad que hace parte del juego de herramientas DICOM dcm4che2. Contiene un servidor DICOM que escucha en el puerto 104 (puerto bien conocido de DICOM).

El módulo se encarga de asignar a las órdenes de radiología, objetos DICOM que dcmof pueda usar. La modalidad le solicita estos objetos DICOM para saber qué tomas de imágenes se van a realizar. Cuando la modalidad avisa al dcmof, éste fija el estado (*IN PROGRESS*, *DISCONTINUED*, *COMPLETED*) (PS 3.3–2011, *Annex C.4.14 Performed*

Plataforma de Código Abierto para Servicios de Teleconsulta con Soporte de Imágenes Médicas bajo el Estándar DICOM

Procedure Step Information) de toma de la imagen, y el módulo lo muestra al usuario del sistema en su interfaz gráfica.

dcmrcv: Implementa el componente PACS de la arquitectura de referencia con sus respectivos servicios DICOM (*Storage* y *Storage Commitment*). Es una utilidad que hace parte del juego de herramientas DICOM dcm4chee2. Contiene un servidor DICOM que escucha en el puerto 11112 (puerto registrado por DICOM).

Recibe imágenes de la modalidad, las cuales son almacenadas como archivos DICOM en el sistema de archivos del servidor, y se extendió su funcionalidad original dándole capacidad para buscar imágenes implementando el servicio DICOM *Query/Retrieve* en el rol de SCP. Soporta las clases SOP de almacenamiento de imágenes CR, MR, CT, US y NM (PS 3.4–2011, *Annex I.4 Media Storage Standard SOP Classes*).

Xebra: Implementa el subcomponente Servidor WADO del componente PACS de la arquitectura de referencia, es el encargado de retornar las imágenes solicitadas por el cliente WADO del visor de imágenes Weasis. Dentro de sus características principales está el soporte completo para WADO.

Se hace cargo de la funcionalidad de servidor WADO que no se adaptó de dcm4chee, ya que dcm4chee está soportado en Java Enterprise Edition y utiliza Enterprise Java Beans, mientras que el módulo desarrollado se soporta en la interfaz Servlet de Java al igual que Xebra.

Soporta los tipos de contenido image/jpeg, image/jp2, image/tiff, image/bmp, application/dicom, text/plain, text/html, text/xml y application/pdf.

La información del proyecto Xebra aparecen en la Tabla 13.

Tabla 13. Información de Xebra.

	Xebra
Descripción	Xebra es un servidor web y cliente ligero de código abierto y multiplataforma, utilizado en la distribución y revisión clínica de los resultados de las imágenes médicas. Xebra se basa en estándares abiertos incluyendo JPEG2000, WADO e IHE XDS-I.
Licencia	GPL
Inicio*	2007
Versión	1.0
Fecha de publicación	23-04-2008
Lenguaje de programación	Java
Sistema operativo	Multiplataforma (MAC, Linux y Windows).
Repositorio	http://sourceforge.net/projects/xebra/files/Xebra-Server/

La información que aparece en la Tabla 13 fue actualizada el 8 de noviembre de 2011.

* Inicio: Fecha de inicio del proyecto.

Weasis-pacs-connector: Implementa el servicio DICOM *Query/Retrieve* en el rol de SCU. Este componente hace parte del proyecto Weasis y permite la conexión del visor

Plataforma de Código Abierto para Servicios de Teleconsulta con Soporte de Imágenes Médicas bajo el Estándar DICOM

con un PACS o un EHR, pues permite encontrar en el componente PACS (dcmrcv) el estudio que se va a mostrar.

La función de weasis-pacs-connector es crear un archivo JWS (.jnlp) que ejecuta el visor de imágenes Weasis en el equipo cliente (estación de trabajo de radiología) y también un archivo XML que contiene los UID de la petición WADO asociada al estudio que se va a mostrar (UID del estudio, la serie y la imagen) (Figura 22). El archivo XML esta embebido en el archivo JWS creado.

Weasis: Implementa el componente Visor de imágenes de la arquitectura de referencia con su respectivo servicio DICOM (WADO). Permite ver imágenes provenientes de las modalidades CR, MR, CT, US y NM.

Soporta formatos de imagen DICOM comprimidos y sin comprimir (*Run Length Encoding RLE*, *lossy* y *lossless JPEG*), monocromos o a color, de una imagen (*single frame*) o de varias imágenes (*multi frame*) [112].

```
<?xml version="1.0" encoding="utf-8" ?>
<wado_query xmlns="http://www.weasis.org/xsd" xmlns:xsi="http://www.w3.org/2001/XMLSchema-instance"
wadoURL="http://localhost:8080/wado" requireOnlySOPInstanceUID="false" additionalParameters="" overrideDicomTagsList="" >
  <Patient PatientID="017589" PatientName="Juan Fustes" PatientBirthDate="20010901" >
    <Study StudyInstanceUID="1.2.392.200036" StudyDescription="" StudyDate="20100421" StudyTime="113836" >
      <Series SeriesInstanceUID="1.2.392.200036.305.1410" SeriesDescription="" SeriesNumber="1" Modality="CR" >
        <Instance SOPInstanceUID="1.2.392.200036.305.1410.109" InstanceNumber="1" />
      </Series>
    </Study>
  </Patient>
</wado_query>
```

Figura 22. Estructura del archivo XML.

Relaciones

La Figura 23 muestra las relaciones entre los componentes de la arquitectura de la implementación de referencia.

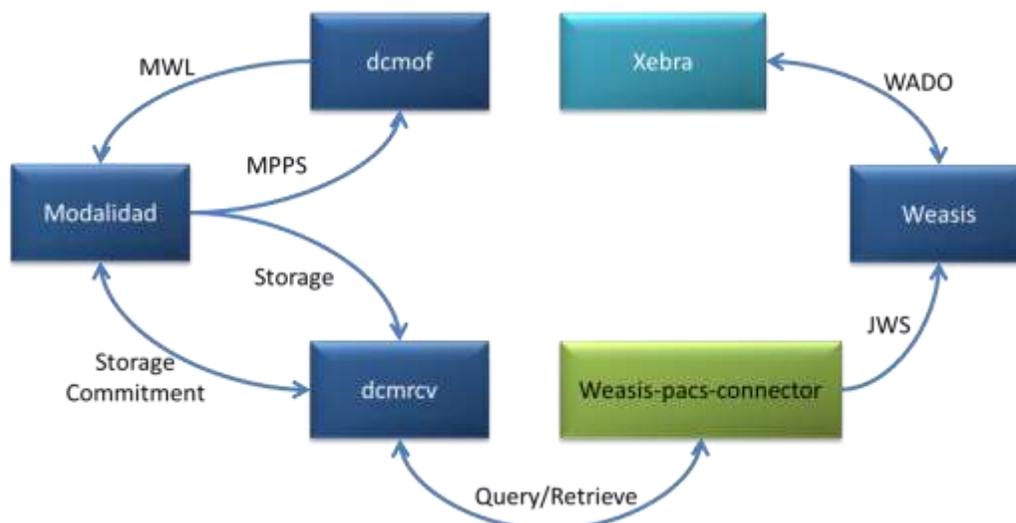


Figura 23. Diagrama de relaciones y componentes de la implementación.

Debido a las diferencias entre la arquitectura de referencia y la arquitectura de la implementación de referencia, las relaciones entre los componentes se han modificado un

Plataforma de Código Abierto para Servicios de Teleconsulta con Soporte de Imágenes Médicas bajo el Estándar DICOM

poco. Para resaltar, la comunicación entre los componentes `dcmrcv` y `Weasis-pacs-connector` (*Query/Retrieve*) y los componentes `Weasis-pacs-connector` y `Weasis` (*JWS*):

Query/Retrieve: Implementa las transacciones de IHE *Query Images* y *Retrieve Images*, que finalmente representan el servicio DICOM *Query/Retrieve*.

JWS: Crea el archivo *JWS* (que lanza el visor de imágenes *Weasis*) con su respectivo archivo XML para permitir al visor *Weasis* hacer la solicitud *WADO* al servidor (*Xebra*)

Interacción de componentes

De acuerdo con las transacciones tomadas de IHE y la implementación de los servicios, se han definido dos escenarios del ambiente de ejecución donde se detalla la comunicación entre cada uno de los componentes en una situación sin errores. En estos dos escenarios se presenta la implementación del estándar DICOM por parte del módulo de radiología, dentro del flujo de trabajo.

A continuación se describe la secuencia de acciones que se realizan durante el proceso de adquisición de imágenes (Figura 24).

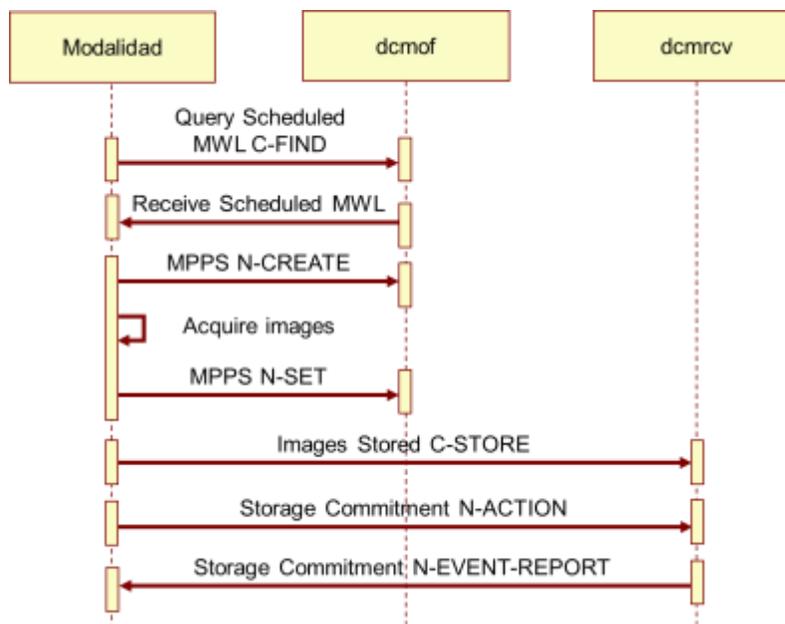


Figura 24. Interacción de componentes. Proceso de adquisición de imágenes.

De acuerdo con el flujo de trabajo expuesto en la Sección 4.1 (Alcance, Flujo de trabajo en radiología), inicialmente se examina al paciente, se crea una orden y luego se programa la cita. Posteriormente se realiza el proceso de adquisición de las imágenes.

Los mensajes intercambiados son DICOM a excepción de *Acquire images* que representa la adquisición como tal de las imágenes en la modalidad.

Plataforma de Código Abierto para Servicios de Teleconsulta con Soporte de Imágenes Médicas bajo el Estándar DICOM

El proceso de adquisición inicia cuando el técnico o tecnólogo en radiología solicita, a través de la modalidad, con un mensaje C-FIND al RIS (dcmof), una lista de trabajo programado (MWL) de acuerdo con ciertos parámetros de búsqueda (e.g. fecha de realización del estudio, id del paciente, entre muchos otros). La lista de trabajo garantiza la integridad de los datos al asociar la información del RIS a la metainformación DICOM de cada imagen.

La modalidad notifica con un mensaje N-CREATE el estado del proceso (*In progress*), se realiza la adquisición de las imágenes (*Acquire images*) y posteriormente se notifica la finalización del proceso con un mensaje N-SET enviando el estado Terminado (*Completed*).

Finalmente, la modalidad envía al PACS (dcmrcv) con un mensaje C-STORE las imágenes para que sean almacenadas y solicita notificación sobre la apropiación de las imágenes por parte del PACS con un mensaje N-ACTION, el cual responde éste con un mensaje N-EVENT-REPORT.

A continuación se describe la secuencia de acciones que se realizan durante el proceso de visualización de imágenes (Figura 25).

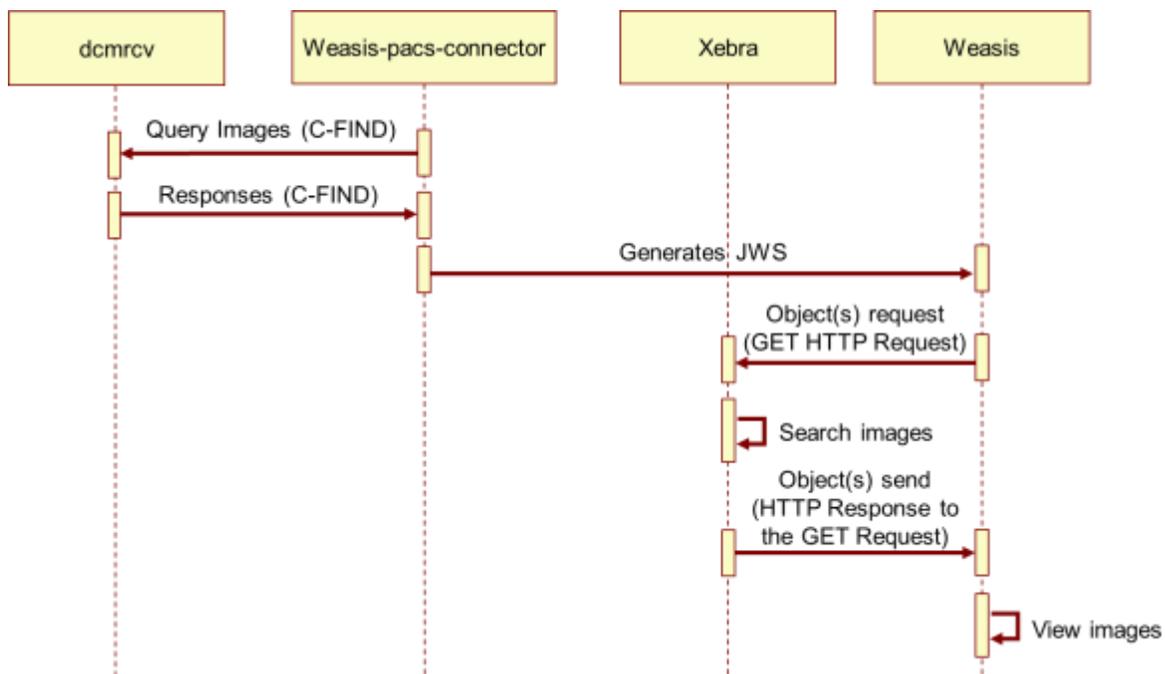


Figura 25. Interacción de componentes. Proceso de visualización de imágenes.

Continuando con la ejecución de las tareas del flujo de trabajo, después de la adquisición de las imágenes, el especialista en radiología (radiólogo) accede a las imágenes (proceso de visualización de imágenes), diagnostica y genera un informe.

El proceso de visualización de imágenes inicia cuando un radiólogo solicita un estudio específico a través de la interfaz web del módulo de radiología dando clic en un enlace dentro del formulario del informe de radiología, lo que produce del lado del servidor un

mensaje *Query* (C-FIND) enviado por Weasis-pacs-connector al PACS (dcmrcv), el cual le responde con un objeto DICOM que contiene la imagen y la metainformación asociada.

Entonces Weasis-pacs-connector crea un archivo JWS (*Generates JWS*) que contiene un archivo XML con los identificadores (UID) del objeto retomado por dcmrcv. Cabe aclarar que Weasis-pacs-connector no tiene el objeto como tal, sino que lo utilizó de manera temporal para extraer los identificadores que son enviados en el archivo XML. El archivo JWS es descargado en la estación de trabajo del radiólogo, y al ser ejecutado descarga el visor de imágenes Weasis (Cliente WADO), el cual realiza una petición GET HTTP con los identificadores del objeto solicitado (contenidos en el archivo XML) a Xebra (Servidor WADO). Xebra busca la ruta donde está almacenado el objeto (i.e. imágenes) solicitado (*Search images*) y responde con el objeto DICOM correspondiente, que finalmente es mostrado en el visor Weasis (*View images*).

4.5.2. Modelo de Datos

La Figura 26 presenta el modelo de datos del módulo de radiología, basado en el modelo entidad-relación, que incluye las relaciones existentes entre las entidades propias del núcleo de OpenMRS y las agregadas por el módulo de radiología. Se muestran solo las entidades del modelo de datos de OpenMRS que tienen relación directa con el módulo y las entidades requeridas por el servidor WADO Xebra para su funcionamiento.

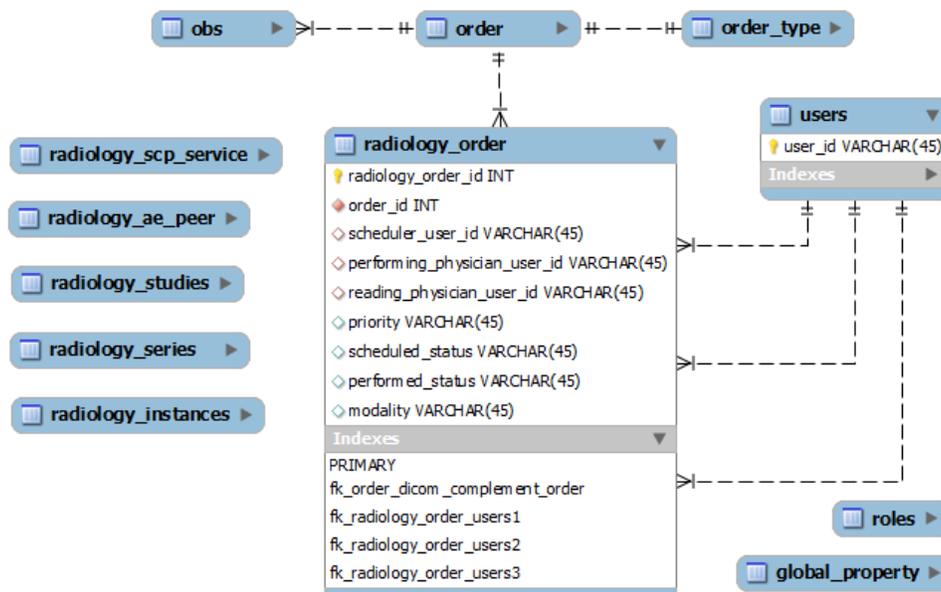


Figura 26. Modelo de datos del módulo de radiología.

El modelo de datos de OpenMRS se ha expandido al agregar la entidad *radiology_order*, que permite almacenar información de la orden de radiología relacionada con el estándar DICOM.

La entidad *radiology_order* tiene los siguientes atributos:

- *Order_id*: Relaciona la orden del núcleo de OpenMRS con la orden de radiología.
- *Scheduler_user_id*: Usuario registrado en la plataforma en el rol de Planificador.

Plataforma de Código Abierto para Servicios de Teleconsulta con Soporte de Imágenes Médicas bajo el Estándar DICOM

- *Performing_physician_user_id*: Usuario registrado en la plataforma en el rol de Técnico.
- *Reading_physician_user_id*: Usuario registrado en la plataforma en el rol de Radiólogo.
- *Priority*: Prioridad de la ejecución de la orden de radiología. Puede ser *STAT*, *HIGH*, *ROUTINE*, *MEDIUM*, *LOW* según el estándar DICOM (PS 3.3-2011, C.4.11 *Requested Procedure Module*).
- *Scheduled_status*: Estado de programación de la cita para la adquisición de las imágenes médicas. Puede ser *SCHEDULED*, *ARRIVED*, *READY*, *STARTED*, *DEPARTED* según el estándar DICOM (PS 3.3-2011, C.4.10 *Scheduled Procedure Step Module*).
- *Performed_status*: Estado de la ejecución del procedimiento (adquisición de imágenes). Puede ser *COMPLETED*, *IN PROGRESS* o *DISCONTINUED* (PS 3.3-2011, C.4.14 *Performed Procedure Step Information*) según el estándar DICOM.
- *Modality*: Especialidad del examen o modalidad. Puede ser CT, MR, CR, US o NM.

Las entidades *radiology_scp_service*, *radiology_ae_peer*, *radiology_studies*, *radiology_series*, *radiology_instances* son agregadas por el proyecto Xebra y permiten identificar tanto el componente PACS encargado de almacenar las imágenes como las propias imágenes.

Al instalar el módulo de radiología se adicionan nuevos roles (Radiólogo, Médico, Planificador y Técnico), un nuevo tipo de orden (Radiología) –OpenMRS tiene los tipos de orden laboratorio y medicamentos-, y varias propiedades globales (véase el apartado 4.5.3, Interfaz gráfica de usuario 1 - Configuración) en la base de datos de OpenMRS, en las tablas *roles*, *order_type* y *global_property* respectivamente.

El módulo de radiología utiliza principalmente las tablas *Order* y *Obs* del modelo de datos de OpenMRS: *Order* para almacenar la información referente a las órdenes de radiología (junto con la tabla *radiology_order* agregada por el módulo), y *Obs* para la información referente a los informes generados. Las imágenes médicas son almacenadas como archivos DICOM en el sistema de archivos del servidor OpenMRS, y la entidad *radiology_instances* almacena la ruta de estas imágenes.

4.5.3. Interfaces Gráficas de Usuario

El módulo de radiología tiene cuatro interfaces gráficas de usuario principales, que soportan el flujo de trabajo clínico de un departamento de radiología (siguiendo la secuencia mostrada en la Figura 27 a partir de la interfaz 2), y una interfaz gráfica de usuario de configuración (Figura 27).

Interfaz gráfica de usuario 1 - Configuración

La configuración del módulo de radiología se hace por medio de las propiedades globales (*Global Properties*).

Las propiedades globales son variables de configuración a las cuales se les asigna una cadena de texto con un valor, que pueden ser fijadas por un usuario con privilegios en el menú de administración de OpenMRS sin necesidad de volver a compilar la aplicación.

Plataforma de Código Abierto para Servicios de Teleconsulta con Soporte de Imágenes Médicas bajo el Estándar DICOM

Son de gran utilidad cuando un módulo tiene que referirse a un valor que es único para una instalación en particular, por ejemplo, la ruta a un archivo.

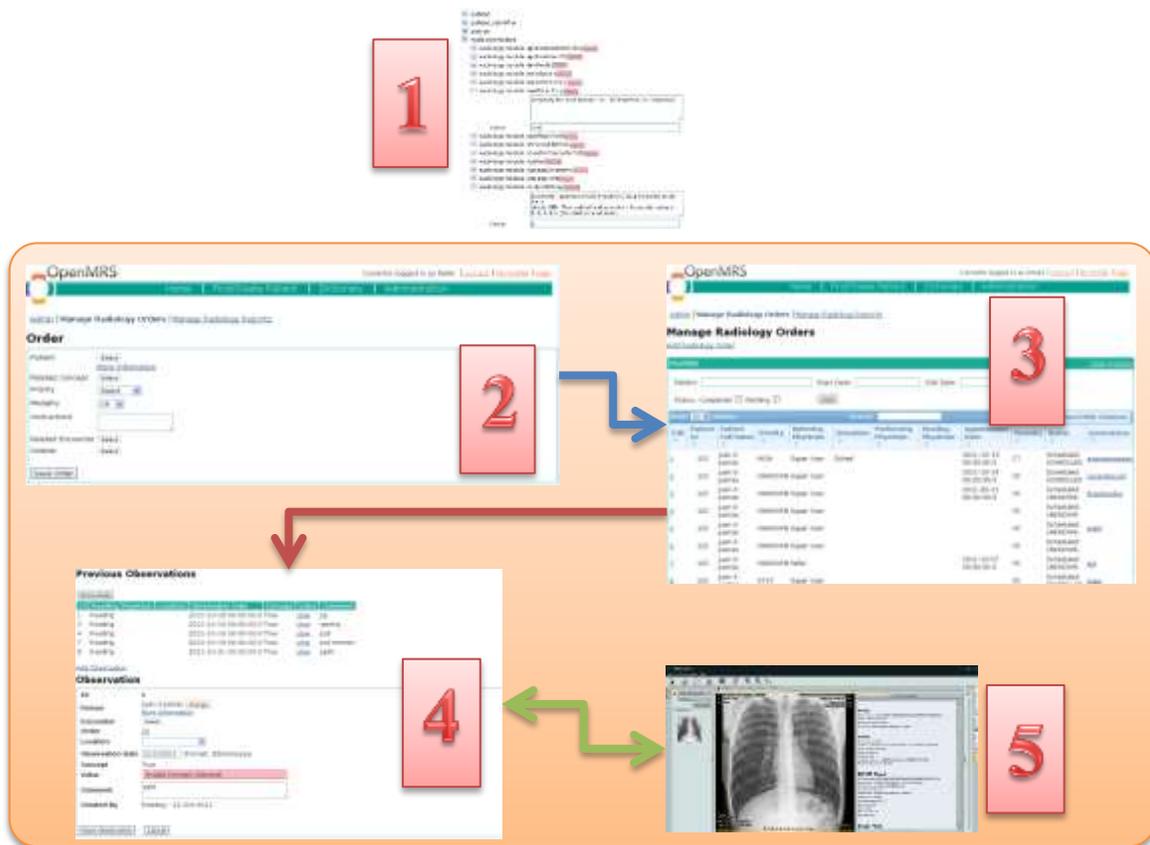


Figura 27. Interfaces gráficas de usuario del módulo de radiología.

Algunas de las propiedades globales del módulo de radiología son:

- *mwIMppsPort*: Número del puerto en el cual escucha el servidor contenido en el componente dcmof. Por defecto es el puerto 104.
- *storagePort*: Número de puerto en el cual escucha el servidor contenido en el componente dcmrcv. Por defecto es el puerto 11112.
- *storageDirectory*: Directorio o carpeta donde se van a almacenar los objetos DICOM (e.g. imágenes).
- *applicationUID*: UID de la aplicación (raíz organizacional).

Interfaz gráfica de usuario 2 – Orden de radiología

Esta interfaz gráfica de usuario reutiliza código fuente de la orden del núcleo de OpenMRS y agrega nuevos campos. Presenta al médico un formulario con los campos requeridos para crear una orden de radiología.

Además de la información del paciente, solicita el procedimiento (modalidad), la prioridad, un concepto relacionado (de acuerdo con el diccionario de datos de OpenMRS), algunas

instrucciones, entre otros. Esta información es la fuente de entrada de datos principal de la lista de trabajo que es enviada luego a la modalidad.

Interfaz gráfica de usuario 3 – Lista de trabajo

Esta interfaz gráfica de usuario presenta una tabla con la lista de trabajo, que consiste en órdenes de radiología (elementos de la lista de trabajo) sobre las cuales gira todo el flujo del departamento de radiología.

Algunas de las características principales de la lista de trabajo son:

- La información que se muestra en la tabla depende del tipo de usuario, por ejemplo, el radiólogo solo va a ver órdenes finalizadas, es decir, a las que ya se ha realizado la adquisición de las imágenes.
- Busca órdenes de radiología por paciente, fecha y estado.
- Filtra y ordena los resultados obtenidos.
- Permite ver instrucciones detalladas de cada orden de radiología en una ventana emergente (*popup*).
- Las columnas que son mostradas pueden ser seleccionadas por el usuario.
- Tiene enlaces para editar las órdenes de radiología y crear informes.
- Muestra el estado de cada orden, de acuerdo con los estados enviados por la modalidad a través de los mensajes MPPS.
- Permite al planificador programar la cita²⁷ (fecha del procedimiento) y asignar el médico especialista (radiólogo) encargado de diagnosticar el examen.

Interfaz gráfica de usuario 4 – Informe de radiología

Esta interfaz gráfica de usuario reutiliza código fuente de la observación (informe) del núcleo de OpenMRS y agrega nuevos campos. Presenta al médico especialista (radiólogo) un formulario con los campos requeridos para crear un informe de radiología. La información que se solicita es conforme a las guías propuestas por la RSNA y la ACR.

Al igual que en las órdenes de radiología, tiene un concepto relacionado con el diagnóstico tomado del diccionario de OpenMRS y permite el acceso al objeto DICOM asociado al estudio (imágenes) en el visor Weasis por medio de un enlace.

Además, muestra otras observaciones sobre la misma orden, para permitirle al médico realizar comparaciones de acuerdo con la opinión de otros especialistas.

Interfaz gráfica de usuario 5 – Visor de imágenes Weasis

Esta interfaz gráfica de usuario corresponde al visor de imágenes DICOM Weasis, el cual tiene capacidades de visualización (e.g. ampliación, brillo, contraste, mediciones, filtros, etc.), permite abrir varios estudios al mismo tiempo y muestra la metainformación DICOM relacionada.

²⁷ La programación de las citas se realiza con un simple selector de fechas.

4.5.4. Ambiente de Desarrollo

Al participar como desarrolladores de un módulo para la comunidad OpenMRS algunas herramientas colaborativas fueron asignadas: un espacio en la Wiki²⁸ para documentar el proyecto, un repositorio de código con control de versiones^{29,30} y acceso al sistema de gestión de proyectos JIRA³¹ para reportar errores, nuevas características y pruebas.

Tanto OpenMRS, como los componentes (dcm4chee2, Weasis) seleccionados están desarrollados en lenguaje de programación Java. Para el desarrollo del módulo de radiología se utilizó el IDE (*Integrated Development Environment*) Eclipse Indigo con las extensiones (*plug-in*) Subclipse³², para conectarse al sistema de control de versiones del proyecto (SVN), y jRebel³³, para agilizar el proceso de desarrollo.

El módulo de radiología hace uso de muchas librerías de Java, algunas propias de los proyectos que fueron integrados en la aplicación (e.g. dcm4che-core, openmrs-core, weasis) y otras más de soporte (e.g. spring-framework, jai-core). Todas las librerías se pueden encontrar en el repositorio de código del proyecto.

Durante el proceso de desarrollo, la plataforma fue desplegada en un servidor Apache Tomcat v6.0.26, motor de base de datos MySQL v5.1 y máquina virtual de Java JDK v1.6u20 corriendo en un equipo con sistema operativo Windows XP SP2 de 32 bits.

Tecnologías

Se presenta una lista de las tecnologías de software utilizadas en el desarrollo del módulo de radiología:

- *Back-end*: Java, Java Web, Spring MVC.
- Persistencia: MySQL, Hibernate, Liquibase.
- *Front-end*: JSP, DOJO, Javascript (jQuery, Datatables).
- Manejo de dependencias: Maven.
- Compilación: Maven, Ant.

4.6. EVALUACIÓN

4.6.1. Procedimiento de Evaluación Funcional

Para la evaluación del módulo de radiología se ha seguido el método propuesto por DESMET [113], que sirve para la evaluación de métodos genéricos, métodos y herramientas (objetos de evaluación) de ingeniería de software.

El método DESMET está concebido para ayudar a un evaluador de una organización concreta a planificar y ejecutar un ejercicio de evaluación que sea imparcial y confiable.

²⁸ <https://wiki.openmrs.org/display/docs/Radiology+Module>

²⁹ <http://svn.openmrs.org/openmrs-modules/radiology/>

³⁰ <https://source.openmrs.org/browse/~br=root%3A/Modules/radiology>

³¹ <https://tickets.openmrs.org/browse/RAD>

³² <http://subclipse.tigris.org/>

³³ <http://zeroturnaround.com/jrebel/>

Plataforma de Código Abierto para Servicios de Teleconsulta con Soporte de Imágenes Médicas bajo el Estándar DICOM

Los ejercicios de evaluación se dividen en dos tipos principales:

- **Cuantitativo o evaluación objetiva:** Se basa en la identificación de los beneficios que se espera ofrezca una nueva herramienta en términos medibles y en la recopilación de información para determinar si los beneficios esperados son efectivamente entregados.
- **Cualitativo, evaluación subjetiva o análisis de características:** Se basa en la identificación de los requerimientos que los usuarios tiene sobre una tarea o actividad en particular y la asociación de estos requerimientos a características o funcionalidades que una herramienta destinada a soportar la tarea debe poseer. Los evaluadores valoran el grado en que la herramienta proporciona las características necesarias de una manera útil y eficaz, basados (generalmente) en la opinión personal.

DESMET ha identificado tres formas diferentes de organizar un ejercicio de evaluación:

- **Experimento formal:** donde a muchas personas se les pide realizar una tarea (o conjunto de tareas) utilizando el método/herramienta en evaluación. Los resultados son imparciales y pueden ser analizados mediante técnicas estadísticas estándar.
- **Estudio de caso:** donde se prueba el método/herramienta en un ambiente real.
- **Encuesta:** donde se pregunta a los empleados de una organización que han utilizado métodos/herramientas similares en proyectos anteriores, sobre el método/herramienta en estudio.

Al aplicar las tres formas de organizar los ejercicios de evaluación a los dos tipos de métodos principales, DESMET define seis métodos de evaluación diferentes:

- Experimento cuantitativo.
- Estudio de caso cuantitativo.
- Encuesta cuantitativa.
- Experimento cualitativo.
- Estudio de caso cualitativo.
- Encuesta cualitativa.

DESMET describe una serie de criterios que permiten seleccionar el método de evaluación más adecuado según las necesidades específicas de cada proyecto y una serie de limitaciones que pueden influir en la elección. En nuestro caso, de antemano se descartan todos los métodos cuantitativos porque lo que se quiere evaluar es la funcionalidad de la plataforma en términos del servicio prestado y no en términos de valores medibles que dependen de factores externos (e.g. ancho de banda); de igual manera, se descartan los métodos referentes a estudios de caso, por la imposibilidad para instalar la plataforma en un ambiente real (limitaciones de infraestructura, equipos, recursos humanos, costos, tiempo, etc.).

Así, las posibilidades se reducen a un experimento cualitativo o una encuesta cualitativa. Para seleccionar el método más apropiado de acuerdo con DESMET se han considerado los siguientes factores:

- El tiempo que se necesita para la evaluación (Muy corto, corto, medio, largo) (Tabla 2 en [113]).
- La confianza que un usuario pueda tener en los resultados de la evaluación (Muy bajo, bajo, medio, alto) (Tabla 3 en [113]), pues los resultados pueden dar como respuesta

que una herramienta es útil cuando no lo es (falso positivo) y viceversa (falso negativo).

- El costo de la evaluación (Muy bajo, bajo, medio, alto) (Tabla 4 en [113]).

En la encuesta cualitativa, el tiempo es medio (varios meses), el riesgo es medio y el costo es medio y en el experimento cualitativo el tiempo es corto (varias semanas), el riesgo es bajo y el costo es alto

El método de evaluación seleccionado es el experimento cualitativo, debido a que el tiempo de ejecución y el riesgo son menores que en la encuesta cualitativa; y aunque el costo es mayor, se dice que para proyectos académicos puede disminuir por el apoyo institucional, debido principalmente a la facilidad para conseguir equipos para las pruebas (i.e. servidor) y la colaboración de especialistas (i.e. expertos en radiología).

En resumen, un experimento cualitativo es una evaluación basada en características, realizada por un grupo de usuarios potenciales que prueban la herramienta en sus tareas habituales para luego hacer sus valoraciones.

4.6.2. Planeación de la Evaluación Funcional

DESMET describe el proceso de planeación de un ejercicio de evaluación cualitativo (análisis de características) organizado como un experimento formal.

Para comenzar, se deben seleccionar las características que se van a evaluar. Esta selección es esencialmente una actividad subjetiva y depende de la experiencia, puntos de vista e intereses de los individuos o grupos afectados. Se puede realizar en conjunto con usuarios potenciales del sistema.

Hay dos tipos de características:

- Características simples: que están presentes o ausentes. Son evaluadas por un simple SI/NO, y pueden ir acompañadas de una estimación de su grado de importancia (e.g. obligatorio, deseable).
- Características compuestas: miden el grado de soporte (conformidad) ofrecido por la herramienta asociado con una característica en particular (e.g. no lo soporta, lo soporta en baja medida, lo soporta en gran medida). Pueden ir acompañadas de una estimación de su grado de importancia.

Para cada característica se define un nivel de aceptación de acuerdo a las calificaciones asignadas.

A nivel general, las características que se van a evaluar corresponden a los casos de uso del sistema (véase la Sección 4.2, Identificación de casos de uso), con excepción del caso de uso "Programar cita", ya que representa una funcionalidad administrativa y lo que se quiere evaluar es el uso clínico.

Para la ejecución del experimento se utiliza un servidor de la Universidad del Cauca (Tabla 14) donde se instala la plataforma OpenMRS y el módulo de radiología. Se agrega información de prueba relacionada con pacientes (información demográfica), encuentros

Plataforma de Código Abierto para Servicios de Teleconsulta con Soporte de Imágenes Médicas bajo el Estándar DICOM

(citas médicas) y usuarios del sistema (uno diferente por cada usuario que va a participar del experimento).

Tabla 14. Características del servidor de pruebas.

Característica	Descripción
Sistema operativo	Debian 6.0
Servidor web	Apache Tomcat versión 5.5.32
Servidor de base de datos	MySQL versión 5.1.49
Java	JDK 1.6 Update 26
Procesador	Intel® Core™ 2 Duo, 2,67Ghz
Memoria RAM	4 GB SDRAM DDR3 de dos canales a 1333 MHz
Conexión a internet	Banda ancha: ADSL 2000KB

De acuerdo con los casos de uso del sistema, los usuarios que interactúan con el módulo de radiología son: Médico, Técnico y Radiólogo. No se tiene en cuenta el “Planificador” pues interactúa únicamente con el caso de uso “Programar cita” que está fuera del alcance de esta evaluación.

Para este ejercicio de evaluación los roles de Médico y Radiólogo son ejercidos por las mismas personas. Se cuenta con la participación de tres expertos en radiología con gran experiencia en temas relacionados con la telemedicina:

- Doctor Mauricio Hurtado: Especialista en Radiodiagnóstico, Universidad del Valle, Cali, Valle, Colombia. Actualmente Médico Radiólogo en la Clínica La Estancia, Popayán, Cauca, Colombia.
- Ingeniero Fernando Lasso y Oria: Ingeniero en Telecomunicación, Bioingeniería y Telemedicina, Universidad Politécnica de Madrid, Madrid, España. Actualmente Project Manager en General Electric Healthcare España, Madrid, España.
- Doctora Patricia Villa: Especialista en Radiología e Imágenes Diagnósticas, Universidad del Rosario, Bogotá, Colombia. Actualmente Médico Radiólogo en Clínica Montesur e Instituto Ginecología y Reproducción y Nuevo Instituto Medico Miraflores, Lima, Perú.

Los expertos reciben una inducción sobre el uso de la plataforma, se les entrega la guía de usuario (Anexo B) y un documento donde se explica el experimento a desarrollar (Anexo C). Las dudas que puedan tener son resueltas por el equipo evaluador (los autores de este trabajo de grado).

El experimento con la herramienta se realiza siguiendo el flujo de trabajo clínico de un departamento de radiología (véase la Sección 4.1), el cual es consistente con los casos de uso del sistema.

Inicialmente, cada experto, en el rol de médico general, accede a la plataforma en forma remota desde su estación de trabajo³⁴, por medio de un navegador web, con su respectivo

³⁴ No hay requerimientos de hardware respecto a la estación de trabajo utilizada. Se espera que la pantalla tenga características especiales para mostrar un estudio de imágenes.

Plataforma de Código Abierto para Servicios de Teleconsulta con Soporte de Imágenes Médicas bajo el Estándar DICOM

nombre de usuario. Cada uno de ellos crea una orden de radiología (caso de uso Crear Orden).

Las órdenes de radiología creadas se muestran en la lista de trabajo (véase la Sección 4.5.3, Interfaz gráfica de usuario 3 – Lista de trabajo). El equipo evaluador, en el rol del usuario “Planificador”, programa la fecha del proceso de adquisición de imágenes y asigna un médico especialista para la lectura del examen (uno para cada orden creada). El médico asignado a cada orden es diferente del que la creó.

A continuación se realiza el proceso de adquisición de imágenes (caso de uso Crear Estudio). Debido a las dificultades logísticas para trabajar con equipos reales (modalidad), se hace uso del emulador de modalidad JDICOM³⁵, el cual permite hacer la solicitud de la lista de trabajo (MWL) y enviar mensajes de estado (MPPS), a través del aplicativo *ModalitySCU*, y enviar las imágenes (*Storage*) y solicitar la confirmación (*Storage Commitment*), a través del aplicativo *StorageSCU*. Este proceso es realizado por el equipo evaluador desempeñando el rol de Técnico de radiología. Se almacenan tres imágenes diferentes, las cuales van a ser utilizadas por los expertos en el siguiente paso.

Habiendo asignado el especialista encargado de realizar el diagnóstico y teniendo las imágenes en la plataforma, los especialistas ingresan a su respectiva orden para crear el informe (caso de uso Crear Informe). Ejecutan el visor de imágenes (caso de uso Visualizar Imagen) para analizar las imágenes tomadas a los pacientes y elaborar su diagnóstico.

Cabe resaltar que el proceso descrito es un proceso asincrónico. Aunque se debe respetar el orden de ejecución de las tareas, no importa el tiempo en el que fueron realizadas.

El caso de uso Crear Estudio es evaluado analizando el intercambio de mensajes DICOM entre los servidores DICOM que implementa la plataforma y el emulador de modalidad JDICOM. Estos mensajes deben ser conformes a los establecidos por el estándar DICOM.

Los casos de uso Crear Orden, Crear Informe y Visualizar Imagen son evaluados por los expertos en radiología, quienes diligencian un cuestionario (Anexo D) desarrollado por el equipo evaluador con preguntas relacionadas con el nivel de soporte de la herramienta según las características definidas para este tipo de sistemas, además de preguntas relacionadas con la información solicitada en los formularios de orden e informe, y las capacidades de visualización del visor de imágenes.

4.6.3. Evaluación Técnica

Además del ejercicio de evaluación funcional, a cargo del personal de expertos en salud, se realiza una evaluación de los aspectos técnicos relacionados con el cumplimiento de los lineamientos establecidos por la comunidad de desarrollo OpenMRS para la construcción de módulos: estructura del módulo [93] y convenciones (código de conducta, estilo del código, convenciones de programación) [92] [114].

³⁵ <http://members.chello.at/petra.kirchdorfer/jdicom/>

Esta evaluación la realiza el mentor del proyecto en la comunidad OpenMRS según su revisión del código fuente y el seguimiento que ha realizado durante todo el proceso de desarrollo.

4.6.4. Resultados

La evaluación del módulo de radiología se llevó a cabo mediante tres procedimientos, descritos en los apartados anteriores:

- Evaluación funcional a cargo de expertos en radiología. Corresponde a los casos de uso Crear Orden, Crear Informe y Visualizar Imagen.
- Evaluación funcional usando el emulador JDICOM. Corresponde al caso de uso Crear Estudio.
- Evaluación técnica a cargo del mentor del proyecto asignado por OpenMRS. Corresponde a la calidad de la aplicación desde el punto de vista de su arquitectura, código y documentación.

A continuación se presentan los resultados obtenidos en cada uno de ellos.

4.6.4.1. Evaluación funcional a cargo de expertos en radiología

El cuestionario de evaluación funcional del módulo de radiología (véase el Anexo D) a cargo de expertos se ha diseñado siguiendo las recomendaciones del método de evaluación seleccionado (experimento cualitativo) y en colaboración del especialista en radiología Doctor Mauricio Hurtado. Así, cada pregunta está acompañada de una evaluación de su importancia y una escala de juicio apropiada asociada al grado de existencia o conformidad.

La importancia es evaluada considerando si cierta característica es obligatoria o deseable (no obligatoria). Una herramienta o método que no tenga características obligatorias es por definición inaceptable. Al tener en cuenta características que no son obligatorias permite juzgar el mérito o el valor agregado de la herramienta. La importancia no aparece de manera explícita en el cuestionario de evaluación, pues para que los evaluadores sean objetivos el método así lo sugiere. Se han tenido en cuenta tres niveles de importancia: obligatoria (O), altamente deseable (AD) y deseable (D).

La conformidad define el nivel de soporte y le proporciona al evaluador una escala de medición consistente con una calificación. Por ejemplo, la pregunta número 13 del cuestionario de evaluación dice: ¿ Considera útil la posibilidad de registrar varios informes de radiología para una misma orden?. Su evaluación de conformidad es la siguiente:

COMPLETAMENTE		EN ALTO GRADO		PARCIALMENTE		MUY POCO		NADA		NO SABE
100	90	80	70	60	50	40	30	20	10	

Además, la evaluación requiere un nivel de aceptación que indica si un método o herramienta puede ser aceptado, es decir, que desde el punto de vista funcional sirve para realizar las tareas para las cuales ha sido diseñado. Para esto se han definido los siguientes criterios de aceptación:

- Todas las características con nivel de importancia obligatoria deben tener un nivel de conformidad igual o superior a 70.

Plataforma de Código Abierto para Servicios de Teleconsulta con Soporte de Imágenes Médicas bajo el Estándar DICOM

- Todas las características con nivel de importancia altamente deseable deben tener un nivel de conformidad igual o superior a 60.
- Las características con nivel de importancia deseable y cuyo nivel de conformidad es igual o superior a 60 son consideradas como características de valor agregado de la herramienta.

Los resultados del procedimiento de evaluación funcional se presentan en la Tabla 15, que resume la información de los cuestionarios resueltos por el grupo de expertos en radiología, que se encuentran en el Anexo E. Para cada una de las preguntas el número que aparece en las columnas de calificación indica la cantidad de expertos que han dado esa calificación a dicha pregunta; por ejemplo, a la pregunta número uno dos expertos dieron una calificación de 80 y el otro experto dio una calificación de 90.

Tabla 15. Resumen de resultados de la evaluación funcional.

Pregunta	Importancia	Calificación											Aceptación
		100	90	80	70	60	50	40	30	20	10	NS	
PARTE A. Crear orden de radiología													
1	O		1	2									100%
2	AD	2	1										100%
3	O			2		1							~66%
4	D		2	1									100%
PARTE B. Manejo de lista de trabajo de órdenes de radiología													
5	AD	1			1	1							~66%
6	D	2			1								100%
7	D	2			1								100%
PARTE C. Crear informe de radiología y visualizar imagen													
8	O	2			1								100%
9	D	1		1		1							100%
10	D	1	2										100%
11	D		1				1					1	~66%
12	O		1	1			1						~66%
13	AD	3											100%
PARTE D. Características generales del módulo de radiología													
14	AD			2	1								100%
15	D		1	2									100%
16	O		1	1			1						~66%
17	D		1	1			1						~66%
18	AD	2	1										100%
19	AD	3											100%
20	AD	2				1							100%

La columna “Aceptación” de la Tabla 15 muestra el porcentaje de calificaciones que superaron el nivel de aceptación definido en relación con cada uno de los criterios de aceptación. Las preguntas cuya calificación es “NS” (No sabe) se considera aceptada o no aceptada según los comentarios que se hayan realizado.

Plataforma de Código Abierto para Servicios de Teleconsulta con Soporte de Imágenes Médicas bajo el Estándar DICOM

En la Parte A sobre la creación de órdenes de radiología, se hacen algunas sugerencias sobre campos que deberían ser agregados a la orden, como el tipo de estudio y la entidad remitora. La pregunta número 3, cuya importancia es obligatoria tiene una calificación inferior a la establecida por el criterio de aceptación, sin embargo, esto se debe a que el módulo de radiología ofrece soporte para más modalidades de las necesarias para un hospital rural por lo cual se considera que inclusive puede ser utilizado en hospitales de primer y segundo nivel.

Según los resultados la funcionalidad del caso de uso “Crear orden” se ha implementado exitosamente.

En la parte B sobre el manejo de la lista de trabajo la pregunta número 5 tiene un nivel de aceptación menor al establecido por el criterio de aceptación, ya que hace falta información que se considera necesaria. Parte de esa información debe ser tomada en la orden de radiología, tal como lo sugiere la Doctora Patricia Villa (tipo de estudio), otra debe ser tomada del estudio y la información demográfica del paciente, antecedentes, etc. de las funcionalidades de Historia Clínica Electrónica de OpenMRS. La mayor diferencia entre las calificaciones se encuentra en las preguntas 6, 7 y 8, esto se debe principalmente a los perfiles de los evaluadores (Especialistas en Radiología e Ingeniero), pues el Ingeniero sugiere mejorar la funcionalidad de búsqueda poniendo de manera explícita todos los campos por los cuales se puede buscar. Cabe aclarar que se puede buscar por cualquiera de las columnas de la lista de trabajo.

Se deben seguir las recomendaciones de los expertos sobre la información que hace falta en la lista de trabajo, pero según los resultados la lista de trabajo es funcional.

En la parte C sobre la creación de informes de radiología y visualización de imágenes, para los Especialistas en Radiología la información DICOM asociada a la imagen no es de importancia para su interpretación, mientras que para el Ingeniero quien es experto en el estándar toma más valor. En los comentarios, algunos expertos sugieren que hace falta información, sin embargo esta información si es mostrada por el visor de imágenes (i.e. información DICOM y resolución). Es muy probable que no lo hayan notado debido al poco tiempo que estuvieron usando la herramienta.

Está claro que el procedimiento de descarga de las imágenes inicialmente puede resultar complicado para el personal médico, pero como lo sugiere el Doctor Mauricio Hurtado, se requiere un poco de práctica para que luego resulte un proceso mecánico y fácil. Cabe aclarar que el procedimiento de descarga depende de la tecnología utilizada (JWS).

La pregunta número 12 cuya importancia es obligatoria, tiene una calificación inferior a la establecida por el criterio de aceptación, esto se debe a que durante el experimento no se explicó de manera clara que la información de la historia clínica del paciente es manejada por OpenMRS y para el experimento solo se agregó información demográfica de prueba y no una historia clínica completa. Todos los expertos consideran de gran valor la posibilidad de agregar varias observaciones a un mismo informe, por la facilidad de obtener segundas opiniones; ventaja propia de la telemedicina.

Según los resultados la funcionalidad de los casos de uso “Crear informe” y “Visualizar imagen” se ha implementado exitosamente.

Plataforma de Código Abierto para Servicios de Teleconsulta con Soporte de Imágenes Médicas bajo el Estándar DICOM

En la parte D sobre las características generales del módulo de radiología, se puede notar de manera general que el manejo de la aplicación es fácil y no requiere de mucho tiempo y esfuerzo de entrenamiento. El Ingeniero hace algunas recomendaciones en términos de usabilidad sobre el aspecto gráfico de la aplicación, sin embargo, el módulo de radiología sigue los lineamientos de estilo propuestos por la comunidad OpenMRS. En lo que se puede trabajar es en el acceso al módulo para hacerlo más rápido, ya sea con un acceso directo o redirigiendo directamente al usuario a la interfaz de la lista de trabajo en radiología dependiendo de sus privilegios.

El flujo de trabajo en radiología se identificó siguiendo el perfil de integración de IHE y el trabajo de campo en la Clínica La Estancia de la ciudad de Popayán, Colombia. Este flujo de trabajo se trató de hacer lo más genérico posible, es decir, que se adaptara fácilmente a cada institución. Sin embargo, para la Doctora Patricia Villa resulta similar pero solo de manera parcial, esto puede ser debido a que ella labora en Perú y el flujo puede resultar un tanto diferente.

Que el módulo de radiología sea una aplicación web y el hecho de que varios especialistas puedan ver el mismo estudio al mismo tiempo resulta de gran valor para el grupo de expertos.

Desde el punto de vista de los Especialistas en Radiología el módulo está en condiciones de ser utilizado en un ambiente real en hospitales rurales pues presenta la funcionalidad básica requerida por un departamento de radiología, aunque requiere algunas pruebas para verificar que la calidad de las imágenes sea la adecuada para poder generar un diagnóstico acertado. Por otro lado, desde el punto de vista de la ingeniería, se deben realizar algunas modificaciones para hacerlo más usable.

En resumen la evaluación funcional a cargo de expertos en radiología y telemedicina ha sido exitosa pues la gran mayoría de las preguntas tienen un nivel de aceptación del 100% y algunas al menos del 66%. Aunque algunas características tuvieron una calificación inferior a la establecida por los criterios de aceptación esto fue debido principalmente a falta de conocimiento de todas las funcionalidades que presta la aplicación por el poco tiempo que la tuvieron a su disposición.

4.6.4.2. Evaluación funcional usando el emulador JDICOM

Antes de comenzar, hay que aclarar que, en los mensajes DICOM mostrados en los registros del emulador de modalidad y los servidores DICOM del módulo de radiología, el sufijo RQ (e.g. C-FIND-RQ) significa *Request* (Solicitud) y el sufijo RSP (e.g. C-FIND-RSP) significa *Response* (Respuesta). Además, siempre que dos AE van a intercambiar información deben establecer una conexión (véase el apartado 2.2.5) (A-ASSOCIATE-RQ y A-ASSOCIATE-AC) y al terminar deben liberarla (A-RELEASE-RQ Y A-RELEASE-RP), como se podrá ver en cada uno de los registros. Las AE que se están comunicando son el módulo de radiología de OpenMRS (*RADIOLOGYMODULE*) con el emulador de modalidad JDICOM (*ModalitySCU* y *StorageSCU*).

Inicialmente, se hace la solicitud de la lista de trabajo a través del aplicativo *ModalitySCU* (*Query WL*) al servidor DICOM contenido en el componente *dcmof*, que escucha en el puerto 104 del módulo de radiología. Éste envía un estado Pendiente (*Pending*, FF00H)

Plataforma de Código Abierto para Servicios de Teleconsulta con Soporte de Imágenes Médicas bajo el Estándar DICOM

mientras realiza la consulta de la lista de trabajo de acuerdo con los parámetros de la solicitud; en caso de encontrar la lista adecuada, la envía junto con el estado Exitoso (*Success, 0H*).

El registro del flujo de los mensajes DICOM intercambiados para la solicitud de la lista de trabajo (C-FIND) entre el *ModalitySCU* y el *RADIOLOGYMODULE* se puede ver en la Figura 28 y la Figura 29. Este flujo puede ser contrastado en la Sección 4.5 (*Query Modality Worklist*) en [105] y en [32] (PS 3.4-2011, K.6.1 *Modality Worklist SOP Class*).

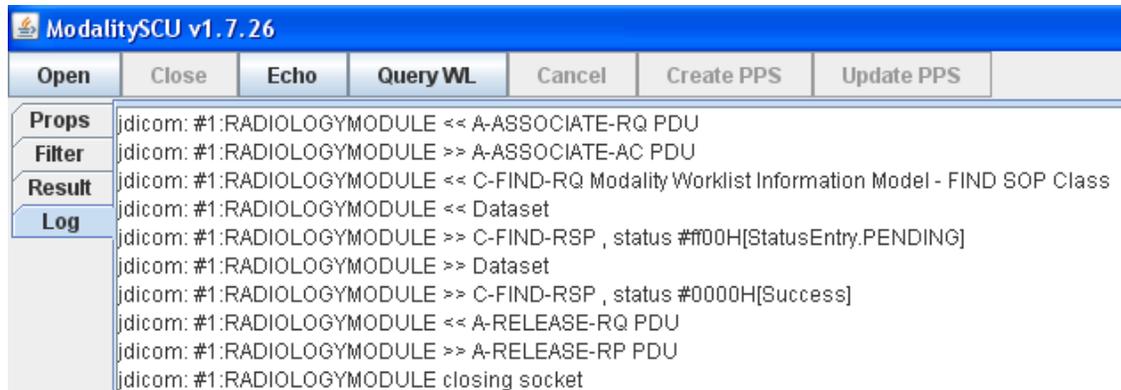


Figura 28. Registro del emulador de modalidad para la solicitud de la lista de trabajo.

```
INFO - Association.<init>(146) |2011-11-29 13:00:26,765| Association(1) accepted Socket[addr=/127.0.0.1,port=2425,localport=104]
INFO - Association.receivedAssociateRQ(933) |2011-11-29 13:00:26,812| Association(1): A-ASSOCIATE-RQ ModalitySCU >> RADIOLOGYMODULE
INFO - PDUEncoder.write(156) |2011-11-29 13:00:26,828| ModalitySCU(1): A-ASSOCIATE-AC RADIOLOGYMODULE << ModalitySCU
INFO - PDUDecoder.decodeDIMSE(515) |2011-11-29 13:00:26,906| ModalitySCU(1) >> 1:C-FIND-RQ[pcid=3, prior=0, cuid=1.2.840.10008.5.1.4.31/Modality Worklist Information Model - FIND, ts=1.2.840.10008.1.2/Implicit VR Little Endian]
INFO - DcmOF.load(786) |2011-11-29 13:00:26,906| M-READ mwl\0.xml
INFO - PDUEncoder.writeDIMSE(379) |2011-11-29 13:00:26,968| ModalitySCU(1) << 1:C-FIND-RSP[pcid=3, status=f00H, ts=1.2.840.10008.1.2/Implicit VR Little Endian]
INFO - PDUEncoder.writeDIMSE(379) |2011-11-29 13:00:27,015| ModalitySCU(1) << 1:C-FIND-RSP[pcid=3, status=0H]
INFO - Association.receivedReleaseRQ(960) |2011-11-29 13:00:27,062| ModalitySCU(1) >> A-RELEASE-RQ
INFO - PDUEncoder.writeReleaseRP(120) |2011-11-29 13:00:27,062| ModalitySCU(1) << A-RELEASE-RP
INFO - Association.closeSocket(885) |2011-11-29 13:00:27,109| ModalitySCU(1): close Socket[addr=/127.0.0.1,port=2425,localport=104]
```

Figura 29. Registro del módulo de radiología para la solicitud de la lista de trabajo.

Cuando el técnico/tecnólogo va a comenzar el proceso de adquisición de las imágenes del paciente retornado en la lista de trabajo, desde el *ModalitySCU* se crea un mensaje MPPS (*Create PPS*) para notificar al *RADIOLOGYMODULE* el inicio del procedimiento, el cual cambia el estado a En Progreso (*In Progress*) en la interfaz gráfica de usuario de la lista de trabajo.

El registro del flujo de los mensajes DICOM intercambiados para notificar el inicio del procedimiento (N-CREATE) entre el *ModalitySCU* y el *RADIOLOGYMODULE* se puede ver en la Figura 30 y la Figura 31. Este flujo puede ser contrastado en la Sección 4.6 (*Modality Procedure Step In Progress*) en [105] y en [32] (PS 3.4-2011, F.7 *MODALITY PERFORMED PROCEDURE STEP SOP CLASS*).

Plataforma de Código Abierto para Servicios de Teleconsulta con Soporte de Imágenes Médicas bajo el Estándar DICOM

Open	Close	Echo	Query WL	Cancel	Create PPS	Update PPS
Props	jdicom: #10:RADIOLOGYMODULE << A-ASSOCIATE-RQ PDU					
Filter	jdicom: #10:RADIOLOGYMODULE >> A-ASSOCIATE-AC PDU					
Result	jdicom: #10:RADIOLOGYMODULE << N-CREATE-RQ Modality Performed Procedure Step SOP Class					
Log	jdicom: #10:RADIOLOGYMODULE << Dataset					
	jdicom: #10:RADIOLOGYMODULE >> N-CREATE-RSP , status #0000H[Success]					
	jdicom: #10:RADIOLOGYMODULE << A-RELEASE-RQ PDU					
	jdicom: #10:RADIOLOGYMODULE >> A-RELEASE-RP PDU					
	jdicom: #10:RADIOLOGYMODULE closing socket					

Figura 30. Registro del emulador de modalidad para la notificación del estado En Progreso.

```

INFO - Association.<init>(146) |2011-11-29 13:05:39,140| Association(2) accepted Socket[addr=/127.0.0.1,port=2434,1
ocalport=104]
INFO - Association.receivedAssociateRQ(933) |2011-11-29 13:05:39,140| Association(2): A-ASSOCIATE-RQ ModalitySCU >>
RADIOLOGYMODULE
INFO - PDUEncoder.write(156) |2011-11-29 13:05:39,156| ModalitySCU(2): A-ASSOCIATE-AC RADIOLOGYMODULE << ModalitySC
U
INFO - PDUEncoder.decodeDIMSE(515) |2011-11-29 13:05:39,156| ModalitySCU(2) >> 1:N-CREATE-RQ[pcid=5
cuid=1.2.840.10008.3.1.2.3.3/Modality Performed Procedure Step SOP Class
uid=1.2.40.0.13.0.192.168.0.102.3891334001.1322589466453.32771
ts=1.2.840.10008.1.2/Implicit VR Little Endian]
INFO - DcmOF.store&sDICOM(776) |2011-11-29 13:05:39,156| M-WRITE mpps\1.2.40.0.13.0.192.168.0.102.3891334001.132258
9466453.32771
INFO - PDUEncoder.writeDIMSE(379) |2011-11-29 13:05:39,406| ModalitySCU(2) << 1:N-CREATE-RSP[pcid=5, status=DH]
INFO - Association.receivedReleaseRQ(960) |2011-11-29 13:05:39,421| ModalitySCU(2) >> A-RELEASE-RQ
INFO - PDUEncoder.write&ReleaseRP(120) |2011-11-29 13:05:39,421| ModalitySCU(2) << A-RELEASE-RP
INFO - Association.closeSocket(885) |2011-11-29 13:05:39,468| ModalitySCU(2): close Socket[addr=/127.0.0.1,port=243
4,localport=104]

```

Figura 31. Registro del módulo de radiología para la notificación del estado En Progreso.

Una vez terminado el proceso de adquisición, se actualiza el estado de la orden enviando un mensaje MPPS con el estado Terminado (*Completed*), en caso de que se haya terminado con éxito (estado *Success*), o Suspendido (*Discontinued*), si no se ha podido completar el proceso (*Update PPS*). El *RADIOLOGYMODULE* cambia el estado a Terminado o Suspendido en la interfaz gráfica de usuario de la lista de trabajo, según sea el caso.

Open	Close	Echo	Query WL	Cancel	Create PPS	Update PPS
Props	jdicom: #10:RADIOLOGYMODULE << A-ASSOCIATE-RQ PDU					
Filter	jdicom: #10:RADIOLOGYMODULE >> A-ASSOCIATE-AC PDU					
Result	jdicom: #10:RADIOLOGYMODULE << N-SET-RQ Modality Performed Procedure Step SOP Class					
Log	jdicom: #10:RADIOLOGYMODULE << Dataset					
	jdicom: #10:RADIOLOGYMODULE >> N-SET-RSP , status #0000H[Success]					
	jdicom: #10:RADIOLOGYMODULE << A-RELEASE-RQ PDU					
	jdicom: #10:RADIOLOGYMODULE >> A-RELEASE-RP PDU					
	jdicom: #10:RADIOLOGYMODULE closing socket					

Figura 32. Registro del emulador de modalidad para la notificación del estado Terminado/Suspendido.

El registro del flujo de los mensajes DICOM intercambiados al terminar el proceso de adquisición (N-SET) entre el *ModalitySCU* y el *RADIOLOGYMODULE* se puede ver en la Figura 32 y la Figura 33. Este flujo puede ser contrastado en la Sección 4.7 (*Modality*

Plataforma de Código Abierto para Servicios de Teleconsulta con Soporte de Imágenes Médicas bajo el Estándar DICOM

Procedure Step Completed/Discontinued) en [105] y en [32] (PS 3.4-2011, F.7 MODALITY PERFORMED PROCEDURE STEP SOP CLASS).

```
INFO - Association.<init>(146) [2011-11-29 13:07:24,875] Association(3) accepted Socket[addr=/127.0.0.1,port=2437,localport=104]
INFO - Association.receivedAssociateRQ(933) [2011-11-29 13:07:24,890] Association(3): A-ASSOCIATE-RQ ModalitySCU >> RADIOLOGYMODULE
INFO - PDUEncoder.write(156) [2011-11-29 13:07:24,890] ModalitySCU(3): A-ASSOCIATE-AC RADIOLOGYMODULE << ModalitySCU
INFO - PDUDecoder.decodeDIMSE(515) [2011-11-29 13:07:24,890] ModalitySCU(3) >> 1:N-SET-RQ[pcid=5 cuid=1.2.840.10008.3.1.2.3.3/Modality Performed Procedure Step SOP Class iuid=1.2.40.0.13.0.192.168.0.102.3891334001.1322589466453.32771 ts=1.2.840.10008.1.2/Implicit VR Little Endian]
INFO - DcmOF.load(786) [2011-11-29 13:07:24,890] M-READ mpps\1.2.40.0.13.0.192.168.0.102.3891334001.1322589466453.32771
INFO - DcmOF.storeAsDICOM(776) [2011-11-29 13:07:24,906] M-WRITE mpps\1.2.40.0.13.0.192.168.0.102.3891334001.1322589466453.32771
INFO - PDUEncoder.writeDIMSE(379) [2011-11-29 13:07:25,109] ModalitySCU(3) << 1:N-SET-RSP[pcid=5, status=OH]
INFO - Association.receivedReleaseRQ(960) [2011-11-29 13:07:25,109] ModalitySCU(3) >> A-RELEASE-RQ
INFO - PDUEncoder.writeReleaseRP(120) [2011-11-29 13:07:25,109] ModalitySCU(3) << A-RELEASE-RP
INFO - Association.closeSocket(885) [2011-11-29 13:07:25,156] ModalitySCU(3): close Socket[addr=/127.0.0.1,port=2437,localport=104]
```

Figura 33. Registro del módulo de radiología para la notificación del estado Terminado/Suspendido.

A continuación, se envía la imagen a través del aplicativo *StorageSCU (Send)* al servidor DICOM contenido en el componente *dcmrcv*, que escucha en el puerto 11112 del módulo de radiología (Figura 34). Éste la almacena en el sistema de archivos del servidor y finalmente el *StorageSCU* solicita una confirmación sobre la apropiación de la imagen al módulo de radiología (*Commit*).

El registro del flujo de los mensajes DICOM intercambiados en los procesos de almacenamiento y confirmación (C-STORE, N-ACTION Y N-EVENT-REPORT) entre el *StorageSCU* y el *RADIOLOGYMODULE* se puede ver en la Figura 35 y la Figura 36. Este flujo puede ser contrastado en la Sección 4.8 (*Modality Images Stored*) y 4.10 (*Storage Commitment*) en [105] y en [32] (PS 3.4-2011, *Annex B STORAGE SERVICE CLASS*) (PS 3.4-2011, J.3 *STORAGE COMMITMENT PUSH MODEL SOP CLASS*).

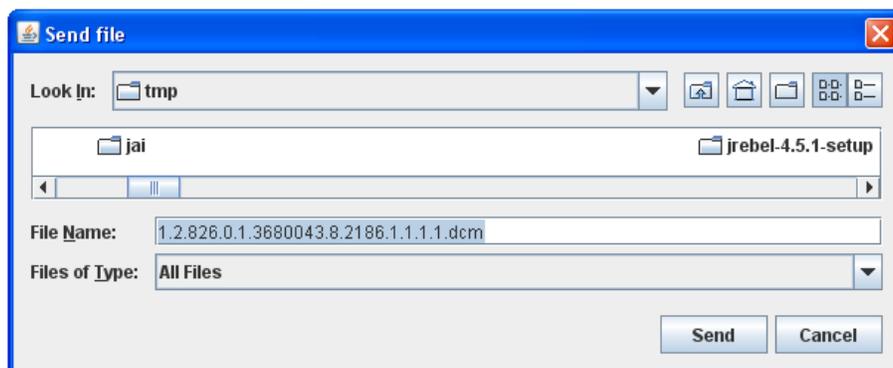


Figura 34. Envío de imagen con el emulador de modalidad.

Plataforma de Código Abierto para Servicios de Teleconsulta con Soporte de Imágenes Médicas bajo el Estándar DICOM

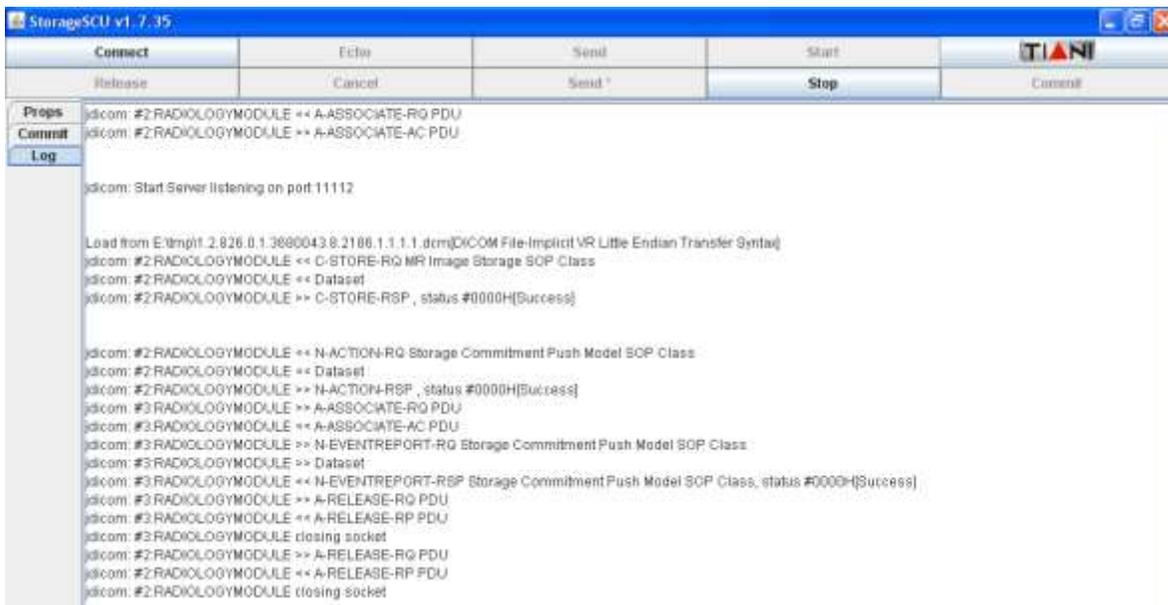


Figura 35. Registro del emulador de modalidad para el almacenamiento de la imagen y notificación de apropiación.

```

INFO - Association.<init>(146) [2011-11-29 13:51:24,921] Association(1) accepted Socket[addr=/127.0.0.1,port=2677,localport=11112]
INFO - Association.receivedAssociateRQ(933) [2011-11-29 13:51:24,968] Association(1): A-ASSOCIATE-RQ StorageSCU >> RADIOLOGYMODULE
INFO - PDUEncoder.write(156) [2011-11-29 13:51:24,968] StorageSCU(1): A-ASSOCIATE-AC RADIOLOGYMODULE << StorageSCU
INFO - PDUEncoder.decodeDINSE(515) [2011-11-29 13:51:47,656] StorageSCU(1) >> 1:C-STORE-RQ[pcid=25, prior=0, cuid=1.2.840.10008.5.1.4.1.1.4/MR Image Storage, tuid=1.2.826.0.1.3680043.8.2186.1.1.1.1, ts=1.2.840.10008.1.2.1/Explicit VR Little Endian]
INFO - DcmRev.oncStoreRQ(1185) [2011-11-29 13:51:47,656] W-WRITE storage\1.2.826.0.1.3680043.8.2186.1.1.1.1.part
INFO - DcmRev.oncStoreRQ(1212) [2011-11-29 13:51:47,687] W-RENAME storage\1.2.826.0.1.3680043.8.2186.1.1.1.1.part to storage\1.2.826.0.1.3680043.8.2186.1.1.1.1.dcm
INFO - PDUEncoder.writeDINSE(379) [2011-11-29 13:51:47,687] StorageSCU(1) << 1:C-STORE-RSP[pcid=25, status=DH]

INFO - PDUEncoder.decodeDINSE(515) [2011-11-29 13:52:04,296] StorageSCU(1) >> 2:N-ACTION-RQ[pcid=3, actionID=1, cuid=1.2.840.10008.1.2.0.1/Storage Commitment Push Model SOP Class, luid=1.2.840.10008.1.2.0.1.1, ts=1.2.840.10008.1.2/Implicit VR Little Endian]
INFO - PDUEncoder.writeDINSE(379) [2011-11-29 13:52:04,312] StorageSCU(1) << 2:N-ACTION-RSP[pcid=3, actionID=null, status=OH]
INFO - Association.<init>(146) [2011-11-29 13:52:05,312] Association(2) initiated Socket[addr=/127.0.0.1,port=11113,localport=2681]
INFO - PDUEncoder.write(147) [2011-11-29 13:52:05,312] StorageSCU(2): A-ASSOCIATE-RQ StorageSCU << RADIOLOGYMODULE
INFO - Association.receivedAssociateAC(940) [2011-11-29 13:52:05,328] StorageSCU(2): A-ASSOCIATE-AC RADIOLOGYMODULE >> StorageSCU
INFO - PDUEncoder.writeDINSE(379) [2011-11-29 13:52:05,328] StorageSCU(2) << 1:N-EVENT-REPORT-RQ[pcid=1, eventId=1, cuid=1.2.840.10008.1.2.0.1/Storage Commitment Push Model SOP Class, luid=1.2.840.10008.1.2.0.1.1, ts=1.2.840.10008.1.2/Implicit VR Little Endian]
INFO - PDUEncoder.decodeDINSE(515) [2011-11-29 13:52:05,343] StorageSCU(2) >> 1:N-EVENT-REPORT-RSP[pcid=1, eventId=null, status=DH, cuid=1.2.840.10008.1.2.0.1/Storage Commitment Push Model SOP Class, luid=1.2.840.10008.1.2.0.1.1]
INFO - PDUEncoder.writeReleaseRQ(113) [2011-11-29 13:52:05,343] StorageSCU(2) << A-RELEASE-RQ
INFO - Association.receivedReleaseRP(965) [2011-11-29 13:52:05,343] StorageSCU(2) >> A-RELEASE-RP
INFO - Association.closeSocket(885) [2011-11-29 13:52:05,343] StorageSCU(2): close Socket[addr=/127.0.0.1,port=11113,localport=2681]
INFO - PDUEncoder.writeReleaseRQ(113) [2011-11-29 13:53:04,984] StorageSCU(1) << A-RELEASE-RQ
INFO - Association.receivedReleaseRP(965) [2011-11-29 13:53:04,984] StorageSCU(1) >> A-RELEASE-RP
INFO - Association.closeSocket(885) [2011-11-29 13:53:04,984] StorageSCU(1): close Socket[addr=/127.0.0.1,port=2677,localport=11112]
    
```

Figura 36. Registro del módulo de radiología para el almacenamiento de la imagen y notificación de apropiación.

Plataforma de Código Abierto para Servicios de Teleconsulta con Soporte de Imágenes Médicas bajo el Estándar DICOM

Como se puede comprobar en los registros mostrados en las figuras 28 a 36, los mensajes DICOM intercambiados entre el módulo de radiología y el emulador de modalidad son consecuentes con lo expuesto en el estándar DICOM en cada una de las secciones mencionadas en cada paso del procedimiento. Esto significa que el módulo de radiología es conforme con DICOM en los servicios MWL, MPPS, *Storage* y *Storage Commitment*.

4.6.4.3. Evaluación técnica a cargo del mentor de OpenMRS

La comunidad OpenMRS no realiza una evaluación formal final sobre el trabajo desarrollado, pero en cambio durante todo el proceso de desarrollo hay una comunicación directa y constante con el mentor del proyecto asignado por la comunidad, quien guía el trabajo según las convenciones establecidas por la misma y permite hacer las correcciones que sean necesarias a tiempo. Al terminar la construcción del módulo de radiología, el mentor del proyecto manifestó que él y algunos de sus colegas estaban “impresionados” por el resultado, y que el proyecto Raxa-JSS³⁶ estaría interesado en usar el módulo para implementar servicios de telemedicina en un hospital rural de la India (véase el Anexo G).

4.7. CONCLUSIONES

Este capítulo ha descrito la funcionalidad y la implementación de la plataforma, integrando los componentes hallados en el estudio y siguiendo las recomendaciones de las diferentes iniciativas de estandarización (DICOM, IHE, RSNA y ACR), de acuerdo con la arquitectura del sistema. Además, ha presentado la evaluación de la plataforma desde el punto de vista técnico y de funcionalidad en términos del servicio propuesto por medio de una experimentación cualitativa basada en la metodología DESMET.

³⁶ <https://raxaemr.atlassian.net/wiki/display/RAXAJSS/Raxa+JSS+EMR>

Plataforma de Código Abierto para Servicios de Teleconsulta con Soporte de Imágenes Médicas bajo el Estándar DICOM

CAPITULO 5

CONCLUSIONES, APORTES Y TRABAJOS FUTUROS

5.1. CONCLUSIONES

- La metodología aplicada en el estudio de plataformas y herramientas de código abierto fue efectiva en encontrar los componentes de software más adecuados según las necesidades específicas del proyecto, de modo que se facilitó la implementación del módulo de radiología con los componentes hallados.
- Es posible la integración de las funcionalidades de diferentes sistemas (i.e. EMR, RIS, PACS) que intervienen en el flujo de trabajo de un departamento de radiología, en un solo sistema que da soporte a las principales características, a través de la integración de componentes de software de código abierto desarrollado por diferentes equipos con distintas técnicas y tecnologías de programación.
- Sin el uso de componentes de software de código abierto ya desarrollados hubiese sido muy difícil la implementación de la plataforma propuesta en el tiempo y con los recursos asignados, ya que cada proyecto involucrado ha tenido años de desarrollo, mejoras y evaluación por parte de grandes equipos de trabajo.
- El desarrollo de trabajos en la línea de e-Salud se facilita con equipos multidisciplinarios compuestos por expertos en salud (médicos, especialistas en radiología, expertos en informática médica) que aportan el conocimiento relacionado con procedimientos médicos, las necesidades del sistema de salud y el uso de herramientas médicas; e ingenieros que dan soluciones tecnológicas a los problemas planteados por los expertos en salud.
- El estándar DICOM requiere de esfuerzo y mucho tiempo para su lectura y comprensión debido al lenguaje técnico que utiliza y a la extensión de la documentación. Esto debe ser tenido muy en cuenta al realizar la planeación de proyectos que lo implementen.
- Diseñar la arquitectura de referencia basada en el perfil de integración Flujo de Trabajo Programado de IHE permite satisfacer requerimientos funcionales cercanos a las necesidades de los diferentes usuarios tal como ha quedado demostrado por los resultados de las evaluaciones funcionales.
- El trabajo con comunidades de desarrollo de código abierto fomenta el trabajo en equipo y el aprendizaje. Al estudiar el código desarrollado por sus integrantes se aprenden buenas prácticas de programación y se mejora la capacidad de análisis.
- La documentación (wikis, guías de usuario, guías de instalación, etc.) y las herramientas colaborativas (foros, listas de correo, etc.) son fundamentales cuando se trabaja con herramientas de programación desarrolladas por otras personas, pues facilitan su entendimiento e implementación.

Plataforma de Código Abierto para Servicios de Teleconsulta con Soporte de Imágenes Médicas bajo el Estándar DICOM

- Las comunidades de desarrollo de código abierto con las cuales se trabajó dan prioridad a los resultados que se obtienen al implementar una aplicación (desarrollo ágil) y prestan menos importancia a la planeación y la descripción formal con notaciones estandarizadas (e.g. UML) o diseño de arquitecturas. Éstas son usadas fundamentalmente como mecanismo de comunicación, como por ejemplo, en el módulo de radiología:
 - Casos de uso: <https://wiki.openmrs.org/display/docs/Radiology+Use+Cases>
 - Arquitectura: <https://wiki.openmrs.org/display/docs/Module+Architecture>
- Es indispensable el conocimiento del idioma inglés, ya que es el idioma predilecto de comunicación en todas las comunidades de desarrollo de código abierto con las que se trabajó, debido a su carácter multinacional.
- La Internet es una excelente fuente de información y herramienta de investigación, que se debe utilizar bajo criterios establecidos por los investigadores para ahorrar tiempo y esfuerzo en el proceso investigativo (e.g. delimitación del tema buscado).
- El módulo de radiología cumple con los requerimientos técnicos y de implementación expuestos por la comunidad OpenMRS, de acuerdo con la opinión del mentor del proyecto. Se espera su mejoramiento y mantenimiento por parte de otros miembros de la comunidad de desarrollo.
- La aplicación desarrollada implementa los servicios DICOM *Storage*, *Storage Commitment*, *MWL* y *MPPS* como queda demostrado en la evaluación funcional con el emulador JDICOM.
- El módulo de radiología está en condiciones de ser utilizado en un ambiente real en hospitales rurales. Sin embargo se considera necesario realizar algunas modificaciones de acuerdo con las sugerencias del grupo de expertos que participó en el experimento de evaluación funcional para que la aplicación sea 100% funcional.
- A la luz de los resultados, se alcanzó el objetivo general “Proponer una plataforma de código abierto que permita prestar servicios de teleconsulta con soporte para imágenes médicas bajo el estándar DICOM” y con esto se contribuye a dar solución a la pregunta de investigación.

5.2. APORTES

Los principales aportes de este trabajo de grado son:

Estudio de herramientas. Estudio realizado a través de la Internet que permite identificar varios proyectos de software de código abierto que pueden ser de interés para la comunidad médica y científica en la línea de e-Salud.

Módulo de radiología. Código fuente de la aplicación software de código abierto desarrollada (Módulo de radiología), que ha sido incorporada a una plataforma que es

Plataforma de Código Abierto para Servicios de Teleconsulta con Soporte de Imágenes Médicas bajo el Estándar DICOM

usada en todo el mundo (OpenMRS), y puede ser utilizada, distribuida, modificada, etc. por cualquier persona bajo la Licencia Pública OpenMRS.

Documentación. Aportes documentales a las diferentes comunidades de desarrollo, a través de las wiki, así como aportes en los foros y las listas de correos con preguntas y soluciones a problemas.

Guía de instalación. Guía de instalación en idioma inglés, que explica a los implementadores cómo instalar la plataforma OpenMRS y la posterior instalación del módulo de radiología, y cómo configurar este último.

Guía de usuario. Guía de usuario en idioma inglés, que explica el funcionamiento del módulo de radiología y resalta los aspectos clave de cada interfaz gráfica de usuario.

Línea de investigación en e-Salud. Contribución a la base de conocimiento y experiencia del Grupo de Investigación en Ingeniería Telemática (GIT) de la Universidad del Cauca, en la línea de investigación en e-Salud, en relación con OpenMRS y los estándares y procedimientos de radiología. Se abrió un espacio sobre este trabajo en la wiki³⁷ del grupo.

Trabajos futuros. Este trabajo de grado sirve como punto de referencia para la realización de otros trabajos de grado en la línea de investigación en e-Salud, de acuerdo con los trabajos futuros propuestos (véase la Sección 5.3).

5.3. TRABAJOS FUTUROS

Este trabajo de grado ha aportado soluciones al problema de cómo soportar servicios de teleconsulta que incluyan el acceso a imágenes médicas digitales estandarizadas, apoyándose en herramientas de software de código abierto. Así, con relación al campo de estudio de este proyecto de grado se proponen los siguientes trabajos futuros:

Implementación de nuevas características que extiendan la funcionalidad del módulo de radiología

El módulo de radiología soporta el flujo de trabajo clínico de un departamento de radiología. Se propone extender la funcionalidad del módulo brindando soporte al flujo de trabajo administrativo al implementar o integrar la capacidad de facturación, control de inventario y programación de citas.

Además, en relación con los informes de radiología, sería de gran valor permitir a los especialistas redactar los informes a través de un sistema de reconocimiento de voz (implementando el actor *Evidence Creator* de IHE) y agregar plantillas de informes específicos según la especialidad, de acuerdo con la iniciativa de la RSNA³⁸.

³⁷ [http://esalud.unicauca.edu.co/wiki/index.php/Soporte de Imagenes Medicas bajo el Estandar DICOM](http://esalud.unicauca.edu.co/wiki/index.php/Soporte_de_Imagenes_Medicas_bajo_el_Estandar_DICOM)

³⁸ <http://www.radreport.org/>

Conformidad con el estándar DICOM

Analizar los detalles de implementación y los documentos de declaración de conformidad con el estándar DICOM de cada uno de los componentes de software que fueron integrados para el desarrollo de la plataforma, para así redactar un documento de declaración de conformidad del sistema completo según los parámetros establecidos en el estándar. Las declaraciones de conformidad son esenciales para la interoperabilidad, ya que proporcionan información importante para los implementadores y los integradores de sistemas con el fin de determinar si las aplicaciones pueden o no interactuar.

Experimentación en un ambiente real

Realizar la experimentación de la plataforma en un ambiente real, para medir el grado de satisfacción de los usuarios, y especialmente determinar su desempeño dentro del flujo de trabajo clínico de un departamento de radiología.

Desagregación del módulo de radiología de la plataforma OpenMRS

El módulo de radiología fue diseñado para suplir las funcionalidades básicas de un RIS, un PACS y un sistema de Historia Clínica Electrónica en un solo sistema físico. Esta implementación es adecuada para instituciones prestadoras de salud pequeñas y apartadas con recursos económicos limitados.

Al eliminar las dependencias del módulo de radiología (RIS y PACS) con la plataforma OpenMRS, se permite la conexión de aquél con cualquier otro sistema de Historia Clínica Electrónica, de modo que las IPS que ya cuentan con uno puedan integrarles la funcionalidad de telerradiología.

Para esto, se puede implementar mensajería HL7 de acuerdo con las transacciones entre los actores ADT Patient Registration, Order Placer y Order Filler definidas por el perfil de integración SWF de IHE y así garantizar la interoperabilidad.

Comparación de costo entre implementaciones con licencias de software gratuitas y pagadas

Las licencias de las aplicaciones informáticas médicas que adquieren las instituciones públicas son costosas, por lo que convendría considerar la alternativa de conseguir estas aplicaciones mediante la contratación de personal especializado o de PYMES de la industria del software que adapten software de código abierto, o en general software sin costo de licenciamiento, a las necesidades locales y les brinden el soporte adecuado. Tomar una u otra decisión impacta en el costo de la implementación y la operación de los servicios. Se propone en consecuencia un estudio que compare los beneficios y costos de cada caso; algunos aspectos a tomar en cuenta podrían ser tiempo de implementación, costos de soporte, escalabilidad, adaptabilidad, funcionalidad, seguridad y usabilidad de la implementación.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] *Ley 100 de 1993*. [En línea]. Secretaria del Senado, 2011. Disponible en: http://www.secretariassenado.gov.co/senado/basedoc/ley/1993/ley_0100_1993.html. (Consultado el 23 de Noviembre de 2011)
- [2] Pablo Correa. *Déficit de médicos y enfermeras en 2011*. [En línea]. ElEspectador.com, 25 de Junio de 2009. Disponible en: <http://www.elespectador.com/impreso/articuloimpreso147480-deficit-de-medicos-y-enfermeras-2011>. (Consultado el 23 de Noviembre de 2011)
- [3] José Ignacio Valenzuela, Arturo Arguello, Juan Gabriel Cendales, Carlos A Rizo. *Web-Based Asynchronous Teleconsulting for Consumers in Colombia: A Case Study*. [En línea]. National Center for Biotechnology Information, 22 de Octubre de 2007. Disponible en: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2223188/?tool=pmcentrez>. (Consultado el 23 de Noviembre de 2011)
- [4] *Conectividad a las Instituciones Públicas*. [En línea]. Sitio de Compartel, Disponible en: <http://archivo.mintic.gov.co/mincom/faces/index.jsp?id=6145>. (Consultado el 23 de Noviembre de 2011)
- [5] *7 y 8 de octubre: RENATA le dará la bienvenida a hospitales conectados a través del Plan TIC*. [En línea]. Red Nacional Académica de Tecnología Avanzada RENATA, 3 de Octubre de 2010. Disponible en: <http://www.renata.edu.co/index.php/component/content/article/5-noticias/1490-7-y-8-de-octubre-renata-le-dara-la-bienvenida-a-los-hospitales-conectados-a-traves-del-plan-tic.html>. (Consultado el 23 de Noviembre de 2011)
- [6] R Amarasingham, L Plantinga, M Diener-West, DJ Gaskin, NR Powe. *Clinical Information Technologies and Inpatient Outcomes: A Multiple Hospital Study*. 26 de Enero de 2009. Disponible en: <http://www.commonwealthfund.org/Publications/In-the-Literature/2009/Jan/Clinical-Information-Technologies-and-Inpatient-Outcomes--A-Multiple-Hospital-Study.aspx>. (Consultado el 23 de Noviembre de 2011)
- [7] Diana Manrique. *Tan lejos, tan cerca*. [En línea]. Unimedios, 28 de Marzo de 2004. Disponible en: <http://historico.unperiodico.unal.edu.co/Ediciones/55/11.htm>. (Consultado el 23 de Noviembre de 2011)
- [8] *Constitucion Política de Colombia 1991*. [En línea]. Banco de la República de Colombia, 2011. Disponible en: <http://www.banrep.gov.co/regimen/resoluciones/cp91.pdf>. (Consultado el 23 de Noviembre de 2011)
- [9] Leonardo Cubillos Turriago, Adriana Pulido Álvarez, Eduardo Andrés Alfonso, Mery Concepción Bolívar, Johanna Castrillón Correa. *Evaluación del plan obligatorio de salud de los regímenes contributivo y subsidiado en el sistema general de seguridad social en salud colombiano y lineamientos para su reforma*. [En línea]. Plan Obligatorio de Salud, s.f. Disponible en: <http://www.pos.gov.co/Documents/Evaluaci%C3%B3n%20POS%202008.pdf>. (Consultado el 23 de Noviembre de 2011)
- [10] *Ley 1122 de 2007*. [En línea]. Secretaria del Senado, 2011. Disponible en: http://www.secretariassenado.gov.co/senado/basedoc/ley/2007/ley_1122_2007.html. (Consultado el 23 de Noviembre de 2011)
- [11] Comisión de Regulación en Salud (CRES). *Misión y Visión*. s.f. Disponible en: <http://www.cres.gov.co/misionyvision.aspx>. (Consultado el 23 de Noviembre de 2011)
- [12] *Ley 1438 de 2011*. [En línea]. Secretaria del Senado, 2011. Disponible en: http://www.secretariassenado.gov.co/senado/basedoc/ley/2011/ley_1438_2011.html. (Consultado el 23 de Noviembre de 2011)
- [13] *Ley 657 de 2001*. [En línea]. Secretaria del Senado, 2003. Disponible en: http://www.secretariassenado.gov.co/senado/basedoc/ley/2001/ley_0657_2001.html. (Consultado el 23 de Noviembre de 2011)
- [14] Ministerio de la Protección Social. *Resolución número 1995 DE 1999*. 8 de Julio de 1999. Disponible

Plataforma de Código Abierto para Servicios de Teleconsulta con Soporte de Imágenes Médicas bajo el Estándar DICOM

- en: <http://www.ese-an.org/descargas/LIQUIDACION/HISTCLINICA/Resolucion1995de1999.pdf>. (Consultado el 23 de Noviembre de 2011)
- [15] Ministerio de la Protección Social. *Resolución 2182 de 2004*. [En línea]. Alcaldía de Bogotá, 9 de Julio de 2004. Disponible en: <http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=14314>. (Consultado el 23 de Noviembre de 2011)
- [16] Ministerio de la Protección Social. *Resolución número 1448 de 8 de mayo de 2006*. [En línea]. Centro de Telemedicina de la Universidad Nacional, 8 de Mayo de 2006. Disponible en: <http://www.telemedicina.unal.edu.co/IPSDoc/Res1448.pdf>. (Consultado el 23 de Noviembre de 2011)
- [17] *Ley 1151 de 2007*. [En línea]. Secretaria del Senado, 2011. Disponible en: http://www.secretariassenado.gov.co/senado/basedoc/ley/2007/ley_1151_2007.html. (Consultado el 23 de Noviembre de 2011)
- [18] Consejo Nacional de Seguridad Social en Salud. *Acuerdo 357 de 2007*. [En línea]. Avance Jurídico, 11 de Mayo de 2007. Disponible en: http://www.avancejuridico.com/actualidad/documentosoficiales/2007/46625/a_cnsss_0357_2007.html. (Consultado el 23 de Noviembre de 2011)
- [19] *Decreto número 3039 de 2007*. [En línea]. Cruz Roja Colombiana, 10 de Agosto de 2007. Disponible en: http://www.cruzrojacolombiana.org/normatividad/otras_leyes/decreto_3039_2007_salud_publica.pdf. (Consultado el 23 de Noviembre de 2011)
- [20] Ministerio de la Protección Social. *Resolución 3763 de 2007*. [En línea]. Superintendencia Nacional de Salud de Colombia, 24 de Octubre de 2007. Disponible en: <http://www.supersalud.gov.co/Documentos/2008/HabilitacionIPs/Resolucion-3763-de-2007.pdf>. (Consultado el 23 de Noviembre de 2011)
- [21] Ministerio de la Protección Social. *Acuerdo 378 de 2008*. [En línea]. D.M.S. Ediciones e Investigaciones, 2008. Disponible en: <http://www.dmsjuridica.com/CODIGOS/LEGISLACION/ministerios/mproteccions/acuerdos/2008/378-2008.pdf>. (Consultado el 23 de Noviembre de 2011)
- [22] *Ley de Telesalud en Colombia recibe sanción presidencial*. [En línea]. Congreso de la República de Colombia, 7 de Marzo de 2011. Disponible en: <http://www.senado.gov.co/sala-de-prensa/noticias/item/10973-ley-de-telesalud-en-colombia-recibe-sanci%C3%B3n-presidencial>. (Consultado el 23 de Noviembre de 2011)
- [23] *Ley 1419 de 2010*. [En línea]. Secretaria del Senado, s.f. Disponible en: http://www.secretariassenado.gov.co/senado/basedoc/ley/2010/ley_1419_2010.html. (Consultado el 23 de Noviembre de 2011)
- [24] *Ley 1450 de 2011*. [En línea]. Departamento Nacional de Planeación, 2011. Disponible en: <http://www.dnp.gov.co/portalweb/LinkClick.aspx?fileticket=tYD8BLf-2-g%3d&tabid=1238>. (Consultado el 23 de Noviembre de 2011)
- [25] Departamento Nacional de Planeación. *Plan Nacional de Desarrollo 2010-2014*. [En línea]. Departamento Nacional de Planeación, 2011. Disponible en: <http://www.dnp.gov.co/PORTALWEB/LinkClick.aspx?fileticket=mXt-R20LpiA%3d&tabid=1238>. (Consultado el 23 de Noviembre de 2011)
- [26] *Introduction to the DICOM Standard*. [En línea]. OFFIS computer science institute, s.f. Disponible en: <http://dicom.offis.de/dcmintro.php.en>. (Consultado el 23 de Noviembre de 2011)
- [27] Mario Mustra, Kresimir Delac, Mislav Grgic. *Overview of the DICOM Standard*. [En línea]. Video Communications Laboratory, 12 de Septiembre de 2008. Disponible en: http://www.vcl.fer.hr/papers_pdf/Overview%20of%20the%20DICOM%20Standard.pdf. (Consultado el 23 de Noviembre de 2011)
- [28] BJ Erickson, S Langer, P Nagy. *The role of open-source software in innovation and standardization in radiology*. [En línea]. National Center for Biotechnology Information, Noviembre de 2005. Disponible en: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/17411967>. (Consultado el 23 de Noviembre de 2011)
- [29] Paul Nagy. *Open Source in Imaging Informatics*. [En línea]. National Center for Biotechnology

Plataforma de Código Abierto para Servicios de Teleconsulta con Soporte de Imágenes Médicas bajo el Estándar DICOM

- Information, 12 de Julio de 2007. Disponible en: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2039818/>. (Consultado el 23 de Noviembre de 2011)
- [30] *dicom.offis.de - Home*. [En línea]. OFFIS computer science institute, s.f. Disponible en: <http://dicom.offis.de/>. (Consultado el 23 de Noviembre de 2011)
- [31] *Central Test Node Software*. [En línea]. Electronic Radiology Laboratory, s.f. Disponible en: <http://erl.wustl.edu/research/dicom/ctn.html>. (Consultado el 23 de Noviembre de 2011)
- [32] National Electrical Manufacturers Association. *DICOM Standard*. 2011. Disponible en: <ftp://medical.nema.org/medical/dicom/2011/>. (Consultado el 23 de Noviembre de 2011)
- [33] Medical Connections. *Root & Level*. s.f. Disponible en: http://www.medicalconnections.co.uk/kb/Root_Level. (Consultado el 23 de Noviembre de 2011)
- [34] Integrating the Healthcare Enterprise. *About IHE*. s.f. Disponible en: <http://www.ihe.net/About/>. (Consultado el 23 de Noviembre de 2011)
- [35] Hans Oh , Carlos Rizo , Murray Enkin , Alejandro Jadad. *What is eHealth?: a systematic review of published definitions*. [En línea]. Healthcare Information and Management Systems Society, s.f. Disponible en: http://www.himss.org/ihf/docs/IHFJournal/What_is_ehealth.pdf. (Consultado el 23 de Noviembre de 2011)
- [36] Richard C Alvarez. *The promise of e-Health – a Canadian perspective*. [En línea]. National Center for Biotechnology Information, 17 de Septiembre de 2002. Disponible en: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC135525/?tool=pubmed>. (Consultado el 23 de Noviembre de 2011)
- [37] G Eysenbach. *What is e-health?* [En línea]. Journal of Medical Internet Research, 18 de Junio de 2001. Disponible en: <http://www.jmir.org/2001/2/e20/>. (Consultado el 23 de Noviembre de 2011)
- [38] HIMSS Special Interest Group (SIG). *HIMSS E-Health SIG White Paper*. [En línea]. Healthcare Information and Management Systems Society, 5 de Mayo de 2003. Disponible en: http://www.himss.org/content/files/ehealth_whitepaper.pdf. (Consultado el 23 de Noviembre de 2011)
- [39] S Priyan. *Increasing scope of Telehealth markets in Europe - A Concise Analysis*. 27 de Mayo de 2009. Disponible en: <http://www.frost.com/prod/servlet/market-insight-top.pag?docid=168892280>. (Consultado el 23 de Noviembre de 2011)
- [40] American Telemedicine Association. *Telemedicine, Telehealth, and Health Information Technology*. Mayo de 2006. Disponible en: http://www.americantelemed.org/files/public/policy/HIT_Paper.pdf. (Consultado el 23 de Noviembre de 2011)
- [41] Armenian Association of Telemedicine. *Definitions*. s.f. Disponible en: <http://armtelemed.org/en/definitions>. (Consultado el 23 de Noviembre de 2011)
- [42] Gerald-Mark Breen , Jonathan Matusitz. *An Evolutionary Examination of Telemedicine: A Health and Computer-Mediated Communication Perspective*. [En línea]. National Center for Biotechnology Information, Enero de 2010. Disponible en: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2838709/?tool=pmcentrez>. (Consultado el 23 de Noviembre de 2011)
- [43] William Hersh. *A stimulus to define informatics and health information technology*. [En línea]. BioMed Central, 15 de Mayo de 2009. Disponible en: <http://www.biomedcentral.com/1472-6947/9/24>. (Consultado el 23 de Noviembre de 2011)
- [44] Richard Wootton, Laurent Bonnardot. *In what circumstances is telemedicine appropriate in the developing world?* [En línea]. National Center for Biotechnology Information, 2010. Disponible en: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2984368/pdf/SHORTS-10-045.pdf>. (Consultado el 23 de Noviembre de 2011)
- [45] European Comission. *Telemedicine for the benefit of patients, healthcare systems and society*. [En línea]. European Comission, Junio de 2009. Disponible en: http://ec.europa.eu/information_society/activities/health/docs/policy/telemedicine/telemedecine-swp_sec-2009-943.pdf. (Consultado el 23 de Noviembre de 2011)

Plataforma de Código Abierto para Servicios de Teleconsulta con Soporte de Imágenes Médicas bajo el Estándar DICOM

- [46] Alberto Kopec Poliszuk, Antonio Jose Salazar Gómez. *Aplicaciones de Telecomunicaciones en Salud en la Subregion Andina*. [En línea]. Organismo Andino de Salud, 2006. Disponible en: <http://www.orasconhu.org/documentos/libro%20telemedicina.pdf>. (Consultado el 23 de Noviembre de 2011)
- [47] American College of Radiology. *ACR Standard for Teleradiology*. 1 de Enero de 2003. Disponible en: http://imaging.stryker.com/images/ACR_Standards-Teleradiology.pdf. (Consultado el 23 de Noviembre de 2011)
- [48] Arl Van Moore, Bibb Allen Jr, Shannon C. Campbell, Richard A. Carlson y otros. *Report of the ACR Task Force on International Teleradiology*. [En línea]. American College of Radiology, s.f. Disponible en: <http://www.acr.org/SecondaryMainMenuCategories/BusinessPracticeIssues/Teleradiology/ReportoftheACRTaskForceonInternationalTeleradiologyDoc3.aspx>. (Consultado el 23 de Noviembre de 2011)
- [49] Medical Conditions. *What is Teleconsultation? (Meaning & Information)*. s.f. Disponible en: <http://www.medical-conditions.info/condition/Teleconsultation>. (Consultado el 23 de Noviembre de 2011)
- [50] Telemed Providers. *What Is Teleconsultation*. s.f. Disponible en: <http://www.telemedproviders.com/what-is-teleconsultation.html>. (Consultado el 23 de Noviembre de 2011)
- [51] Irina Ibraghimova. *Tech Topic #27: Teleconsultation*. Julio de 2009. Disponible en: <http://toolkit.lrcnetwork.org/English/Training/teleconsult-eng.pdf>. (Consultado el 23 de Noviembre de 2011)
- [52] Nabil Elie Khoury, Henry Ford. *Doctors Truly Without Borders: Teleconsultation in the 21 st Century*. [En línea]. National Arab American Medical Association, 31 de Diciembre de 2008. Disponible en: <http://www.naama.com/pdf/doctors-without-borders-teleconsultation-nabil-khoury-md.pdf>. (Consultado el 23 de Noviembre de 2011)
- [53] Barton F. Branstetter IV. *Basics of Imaging Informatics: Part 1*. [En línea]. National Center for Biotechnology Information, 2007. Disponible en: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/17431128>. (Consultado el 23 de Noviembre de 2011)
- [54] Camilo Barrera. *La estrategia nacional en Telesalud de Colombia: Plan País en Telesalud. Logros, planes y retos pendientes*. [En línea]. II Seminario Regional sobre Salud-e y Telemedicina en América Latina y el Caribe: Prácticas de innovación y estándares, Caracas, Venezuela, 26 y 27 de Junio de 2011. Disponible en: http://www.sela.org/attach/258/default/Plan_Pais_eSalud-ColombiaII.pdf. (Consultado el 23 de Noviembre de 2011)
- [55] American Telemedicine Association. *What Is Telemedicine & Telehealth?* [En línea]. American Telemedicine Association, s.f. Disponible en: http://www.americantelemed.org/files/public/abouttelemedicine/What_Is_Telemedicine.pdf. (Consultado el 23 de Noviembre de 2011)
- [56] Paul Rice. *Teleconsultation for Healthcare Services*. [En línea]. Yorkshire & Humber Health Innovation & Education Cluster, Junio de 2011. Disponible en: <http://yhhi.ec.org.uk/wp-content/uploads/2011/06/Teleconsultation-for-Healthcare-Service-v1.0.pdf>. (Consultado el 23 de Noviembre de 2011)
- [57] Marlene M. Maheu. *Ehealth, telehealth, telemedicine: a guide to startup and success*. 2001. Disponible en: http://books.google.com/books?id=6eEDtdF0OGQC&printsec=frontcover&source=gbg_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=true. (Consultado el 23 de Noviembre de 2011)
- [58] William Hersh. *Informatics Education and Competency: Necessary for Effective Information Technology Use in Health and Biomedicine*. s.f. Disponible en: <http://skynet.ohsu.edu/~hersh/OSU.pdf>. (Consultado el 23 de Noviembre de 2011)
- [59] R Procter. *Health Informatics*. [En línea]. U.S. National Library of Medicine, 16 de Agosto de 2009. Disponible en: <http://www.nlm.nih.gov/hsrinfo/informatics.html>. (Consultado el 23 de Noviembre de 2011)

Plataforma de Código Abierto para Servicios de Teleconsulta con Soporte de Imágenes Médicas bajo el Estándar DICOM

2011)

- [60] Oregon Institute of Technology. *Health Informatics*. [En línea]. Oregon Institute of Technology, s.f. Disponible en: <http://www.oit.edu/portland/programs/information-technology/health-informatics/overview>. (Consultado el 23 de Noviembre de 2011)
- [61] University of Illinois at Chicago. *What is Health Informatics?* [En línea]. University of Illinois at Chicago, s.f. Disponible en: <http://healthinformatics.uic.edu/what-is-health-informatics/>. (Consultado el 23 de Noviembre de 2011)
- [62] PR Vegoda. *Introduction to hospital information systems*. [En línea]. National Center for Biotechnology Information, 1987. Disponible en: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/3585130>. (Consultado el 23 de Noviembre de 2011)
- [63] Jinwook Choi, Jin Wook Kim, Jeong-Wook Seo, Chun Kee Chung y otros. *Implementation of Consolidated HIS: Improving Quality and Efficiency of Healthcare*. [En línea]. National Center for Biotechnology Information, 23 de Diciembre de 2010. Disponible en: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3092134/?tool=pmcentrez>. (Consultado el 23 de Noviembre de 2011)
- [64] Troy R Mills, Jared Vavroch, James A Bahensky, Marcia M Ward. *Electronic Medical Record Systems in Critical Access Hospitals: Leadership Perspectives on Anticipated and Realized Benefits*. [En línea]. National Center for Biotechnology Information, 1 de Abril de 2010. Disponible en: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2889369/?tool=pmcentrez>. (Consultado el 23 de Noviembre de 2011)
- [65] Dave Garets, Mike Davis. *Electronic Medical Records vs. Electronic Health Records: Yes, There Is a Difference*. [En línea]. Healthcare Information and Management Systems Society Analytics, 26 de Enero de 2006. Disponible en: http://www.himssanalytics.org/docs/wp_emr_ehr.pdf. (Consultado el 23 de Noviembre de 2011)
- [66] Tracy D Gunter, Nicolas P Terry. *The Emergence of National Electronic Health Record Architectures in the United States and Australia: Models, Costs, and Questions*. [En línea]. National Center for Biotechnology Information, 14 de Marzo de 2005. Disponible en: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1550638/>. (Consultado el 23 de Noviembre de 2011)
- [67] Healthcare Information and Management Systems Society. *Electronic Health Record*. s.f. Disponible en: http://www.himss.org/ASP/topics_ehr.asp. (Consultado el 23 de Noviembre de 2011)
- [68] MITRE Corporation. *Electronic Health Records Overview*. [En línea]. National Center for Research Resources, Abril de 2006. Disponible en: <http://www.ncrr.nih.gov/publications/informatics/ehr.pdf>. (Consultado el 23 de Noviembre de 2011)
- [69] J. Raymond Geis. *Medical Imaging Informatics: How It Improves Radiology Practice Today*. [En línea]. National Center for Biotechnology Information, 23 de Enero de 2007. Disponible en: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1896265/?tool=pmcentrez>. (Consultado el 23 de Noviembre de 2011)
- [70] Ehsan Samei, J. Anthony Seibert, Katherine Andriole y otros. *AAPM/RSNA Tutorial on Equipment Selection: PACS Equipment Overview*. [En línea]. Radiological Society of North America, 2004. Disponible en: [AAPM/RSNA Tutorial on Equipment Selection: PACS Equipment Overview](http://www.aapm.org/education/RSNA/AAPM_RSNA_Tutorial_on_Equipment_Selection_PACS_Equipment_Overview). (Consultado el 23 de Noviembre de 2011)
- [71] Kent Fridell, Lars Edgren, Lars Lindsköld, Peter Aspelin, Nina Lundberg. *The Impact of PACS on Radiologists' Work Practice*. [En línea]. National Center for Biotechnology Information, 27 de Diciembre de 2006. Disponible en: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3043924/?tool=pmcentrez>. (Consultado el 23 de Noviembre de 2011)
- [72] Petter Hurlen Truls Østbye, Arne Borthne, Pål Gulbrandsen. *Introducing PACS to the Late Majority. A Longitudinal Study*. [En línea]. National Center for Biotechnology Information, 1 de Noviembre de 2008. Disponible en: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3043748/?tool=pmcentrez>. (Consultado el 23 de Noviembre de 2011)

Plataforma de Código Abierto para Servicios de Teleconsulta con Soporte de Imágenes Médicas bajo el Estándar DICOM

- [73] Matthew D. Ralston, Robert M. Coleman, David M. Beaulieu, Kristina Scrutchfield, Todd Perkins. *Progress toward Paperless Radiology in the Digital Environment: Planning, Implementation, and Benefits*. [En línea]. National Center for Biotechnology Information, 19 de Abril de 2004. Disponible en: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3043975/?tool=pmcentrez>. (Consultado el 23 de Noviembre de 2011)
- [74] Royal College of Radiologists. *Radiology Information Systems*. Abril de 2008. Disponible en: http://www.rcr.ac.uk/docs/radiology/pdf/IT_guidance_RISApr08.pdf. (Consultado el 23 de Noviembre de 2011)
- [75] Vargux. *Archivo:MapaConceptualFLOSS.png*. [En línea]. Wikipedia, 22 de Agosto de 2009. Disponible en: <http://es.wikipedia.org/wiki/Archivo:MapaConceptualFLOSS.png>. (Consultado el 24 de Noviembre de 2011)
- [76] Open Source Initiative. *The Open Source Definition*. s.f. Disponible en: <http://www.opensource.org/docs/osd>. (Consultado el 24 de Noviembre de 2011)
- [77] Peter J. MURRAY , Graham WRIGHT , Thomas KAROPKA , Helen BETTS, Andrej OREL. *Open Source and Healthcare in Europe – Time to Put Leading Edge Ideas into Practice*. [En línea]. Department of Health Science and Technology, 2009. Disponible en: <http://person.hst.aau.dk/ska/MIE2009/papers/MIE2009p0963.pdf>. (Consultado el 24 de Noviembre de 2011)
- [78] Cheick-Oumar Bagayoko, Jean-Charles Dufour, Saad Chaacho, Omar Bouhaddou, and Marius Fieschi. *Open source challenges for hospital information system (HIS) in developing countries: a pilot project in Mali*. [En línea]. National Center for Biotechnology Information, 16 de Abril de 2010. Disponible en: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2868794/?tool=pmcentrez#B1>. (Consultado el 24 de Noviembre de 2011)
- [79] Diego Moñino Ramírez. *Evaluación del impacto del uso de tecnologías apropiadas de comunicación para el personal sanitario rural de países en desarrollo*. PhD Thesis, Universidad Carlos III de Madrid. 2006.
- [80] Google. *Más ayuda relacionada con las búsquedas*. [En línea]. Google, s.f. Disponible en: <http://www.google.com/support/websearch/bin/answer.py?answer=136861>. (Consultado el 24 de Noviembre de 2011)
- [81] Internet World Stats. *Internet World Users by Language*. [En línea]. Internet World Stats, 2010. Disponible en: <http://www.internetworldstats.com/stats7.htm>. (Consultado el 24 de Noviembre de 2011)
- [82] American College of Radiology. *ACR Technical Standard for Electronic Practice of Medical Imaging*. [En línea]. American College of Radiology, 2007. Disponible en: http://www.acr.org/secondarymainmenucategories/quality_safety/guidelines/med_phys/electronic_practice.aspx. (Consultado el 24 de Noviembre de 2011)
- [83] dcm4che Team. *Who uses dcm4che?* [En línea]. dcm4che, 18 de Noviembre de 2011. Disponible en: <http://www.dcm4che.org/confluence/pages/viewpage.action?pageId=393>. (Consultado el 24 de Noviembre de 2011)
- [84] Janice Honeyman-Buck. *Free Stuff for Your Computer*. [En línea]. National Center for Biotechnology Information, 24 de Febrero de 2010. Disponible en: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2837192/?tool=pmcentrez>. (Consultado el 24 de Noviembre de 2011)
- [85] T.-Y. Leong, K. Kaiser, S. Miksch. *Free and Open Source Enabling Technologies for Patient-Centric, Guideline-Based Clinical Decision Support: A Survey*. [En línea]. National Center for Biotechnology Information, 23 de Abril de 2010. Disponible en: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2858818/?tool=pmcentrez>. (Consultado el 24 de Noviembre de 2011)
- [86] Janice Honeyman-Buck. *References and Reading Lists for Imaging Informatics Professionals: Preparing for Certification*. [En línea]. National Center for Biotechnology Information, 6 de Octubre

Plataforma de Código Abierto para Servicios de Teleconsulta con Soporte de Imágenes Médicas bajo el Estándar DICOM

- de 2006. Disponible en: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3045167/?tool=pmcentrez>. (Consultado el 24 de Noviembre de 2011)
- [87] Virtual Physiological Human Network of Excellence. *DCM API Survey D5.1*. [En línea]. Virtual Physiological Human Network of Excellence, 2 de Junio de 2009. Disponible en: <http://www.dcm4che.org/confluence/download/attachments/271/ossdicom.pdf?version=1&modificationDate=1178887181318>. (Consultado el 24 de Noviembre de 2011)
- [88] A Vázquez, S Bohn, M Gessat, O Burgert. *Evaluation of Open Source DICOM Frameworks*. [En línea]. dcm4che, s.f. Disponible en: <http://www.dcm4che.org/confluence/download/attachments/271/ossdicom.pdf?version=1&modificationDate=1178887181318>. (Consultado el 24 de Noviembre de 2011)
- [89] OpenMRS. *OpenMRS Atlas*. [En línea]. OpenMRS, s.f. Disponible en: <http://openmrs.org/about/locations/>. (Consultado el 29 de Noviembre de 2011)
- [90] OpenMRS Community. *Technical Overview*. [En línea]. OpenMRS Wiki, 31 de Agosto de 2011. Disponible en: <https://wiki.openmrs.org/display/docs/Technical+Overview>. (Consultado el 29 de Noviembre de 2011)
- [91] OpenMRS Community. *Data Model*. [En línea]. OpenMRS Wiki, 16 de Noviembre de 2010. Disponible en: <https://wiki.openmrs.org/display/docs/Data+Model>. (Consultado el 29 de Noviembre de 2011)
- [92] OpenMRS Community. *Conventions*. [En línea]. OpenMRS Wiki, 7 de Agosto de 2011. Disponible en: <https://wiki.openmrs.org/display/docs/Conventions>. (Consultado el 24 de Noviembre de 2011)
- [93] OpenMRS Community. *Creating Modules*. [En línea]. OpenMRS Wiki, 7 de Noviembre de 2011. Disponible en: <https://wiki.openmrs.org/display/docs/Creating+Modules>. (Consultado el 24 de Noviembre de 2011)
- [94] Francis Klumb Nicolas Roduit. *Weasis : a free web-based viewer aimed for telemedicine and general practitioners*. [En línea]. Rencontres Mondiales du Logiciel Libre, s.f. Disponible en: <http://2011.rml.info/IMG/pdf/weasis.pdf>. (Consultado el 24 de Noviembre de 2011)
- [95] Nicolas Roduit, David Bandon, Antoine Geissbuhler Francis Klumb. *WEASIS: A Free and Multifunctional Web-based Image Viewer, WADO Compliant*. [En línea]. Radiological Society of North America, s.f. Disponible en: http://rsna2009.rsna.org/search/event_display.cfm?em_id=8011058&printmode=Y&autoprint=N. (Consultado el 24 de Noviembre de 2011)
- [96] Oracle. *Java Web Start Technology*. [En línea]. Oracle, s.f. Disponible en: <http://download.oracle.com/javase/6/docs/technotes/guides/javaws/developersguide/overview.html>. (Consultado el 24 de Noviembre de 2011)
- [97] dcm4che Team. *IHE Integration Statement*. [En línea]. dcm4che, 4 de Febrero de 2011. Disponible en: <http://www.dcm4che.org/confluence/display/ee2/IHE+Integration+Statement>. (Consultado el 24 de Noviembre de 2011)
- [98] dcm4che Team. *dcm4che2 DICOM Toolkit*. [En línea]. dcm4che, 20 de Septiembre de 2010. Disponible en: <http://www.dcm4che.org/confluence/display/d2/dcm4che2+DICOM+Toolkit>. (Consultado el 24 de Noviembre de 2011)
- [99] OpenMRS Community. *Billing Module*. [En línea]. OpenMRS Wiki, 18 de Agosto de 2010. Disponible en: <https://wiki.openmrs.org/display/docs/Billing+Module>. (Consultado el 25 de Noviembre de 2011)
- [100] OpenMRS Community. *VisitScheduler for Openmrs 1.7.x*. [En línea]. OpenMRS Wiki, 5 de Septiembre de 2011. Disponible en: <https://wiki.openmrs.org/display/docs/VisitScheduler+for+Openmrs+1.7.x>. (Consultado el 25 de Noviembre de 2011)
- [101] Andriole KP. *Productivity and cost assessment of computed radiography, digital radiography, and screen-film for outpatient chest examinations*. [En línea]. National Center for Biotechnology Information, Septiembre de 2002. Disponible en:

Plataforma de Código Abierto para Servicios de Teleconsulta con Soporte de Imágenes Médicas bajo el Estándar DICOM

- <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/12532253?dopt=Abstract>. (Consultado el 28 de Noviembre de 2011)
- [102] Fundacion Cardiovascular. *Telemedicina/Servicios/Teleradiologia*. s.f. Disponible en: <http://www.fcv.org/Portal/>. (Consultado el 21 de Enero de 2012)
- [103] Integrating the Healthcare Enterprise. *Manual de Usuario IHE-Radiología*. [En línea]. Integrating the Healthcare Enterprise, 20 de Junio de 2005. Disponible en: [http://www.ihe-e.org/sc/radio/Manual de Usuario IHE-Radiologa.pdf](http://www.ihe-e.org/sc/radio/Manual_de_Usuario_IHE-Radiologa.pdf). (Consultado el 25 de Noviembre de 2011)
- [104] Integrating the Healthcare Enterprise. *IHE Radiology Technical Framework Volume 1*. [En línea]. Integrating the Healthcare Enterprise, 18 de Febrero de 2011. Disponible en: http://www.ihe.net/Technical_Framework/upload/IHE_RAD_TF_Rev10-0_Vol1_2011-02-18.pdf. (Consultado el 28 de Noviembre de 2011)
- [105] Integrating the Healthcare Enterprise. *IHE Radiology Technical Framework Volume 2*. [En línea]. Integrating the Healthcare Enterprise, 18 de Febrero de 2011. Disponible en: http://www.ihe.net/Technical_Framework/upload/IHE_RAD_TF_Rev10-0_Vol2_2011-02-18.pdf. (Consultado el 25 de Noviembre de 2011)
- [106] Integrating the Healthcare Enterprise. *IHE Radiology Technical Framework Volume 3*. [En línea]. Integrating the Healthcare Enterprise, 18 de Febrero de 2011. Disponible en: http://www.ihe.net/Technical_Framework/upload/IHE_RAD_TF_Rev10-0_Vol3_2011-02-18.pdf. (Consultado el 25 de Noviembre de 2011)
- [107] Radiological Society of North America. *Standard Radiology Report Headings*. [En línea]. Radiological Society of North America, s.f. Disponible en: http://reportingwiki.rsna.org/index.php?title=Standard_Radiology_Report_Headings. (Consultado el 25 de Noviembre de 2011)
- [108] American College of Radiology. *ACR Practice Guideline for Communication of Diagnostic*. [En línea]. American College of Radiology, 2010. Disponible en: http://www.acr.org/secondarymainmenucategories/quality_safety/guidelines/dx/comm_diag_rad.aspx. (Consultado el 25 de Noviembre de 2011)
- [109] Space Systems Group. *Standard Satellite Control Segment*. [En línea]. Center for Systems and Software Engineering, 1996. Disponible en: http://sunset.usc.edu/research/reference_architecture/index.html. (Consultado el 28 de Noviembre de 2011)
- [110] National Electrical Manufacturers Association. *Digital Imaging and Communications in Medicine (DICOM) Part 8: Network Communication Support for Message Exchange*. [En línea]. National Electrical Manufacturers Association, 2011. Disponible en: ftp://medical.nema.org/medical/dicom/2011/11_08pu.pdf. (Consultado el 25 de Noviembre de 2011)
- [111] National Electrical Manufacturers Association. *Digital Imaging and Communications in Medicine (DICOM) Part 8: Network Communication Support for Message Exchange*. [En línea]. National Electrical Manufacturers Association, 2011, pp. 12. Disponible en: ftp://medical.nema.org/medical/dicom/2011/11_08pu.pdf. (Consultado el 25 de Noviembre de 2011)
- [112] Nicolas Roduit. *Dicom Conformance*. [En línea]. dcm4che, 17 de Octubre de 2011. Disponible en: <http://www.dcm4che.org/confluence/display/WEA/Dicom+Conformance>. (Consultado el 25 de Noviembre de 2011)
- [113] B Kitchenham. *DESMET: A method for evaluating Software Engineering methods and tools*. [En línea]. Department of Computer Science, University of Keele. Technical Report TR96-09. United Kingdom, Agosto de 1996. Disponible en: www.osel.co.uk/desmet.pdf. (Consultado el 28 de Noviembre de 2011)
- [114] OpenMRS Community. *Module Conventions*. [En línea]. OpenMRS Wiki, 7 de Noviembre de 2011. Disponible en: <https://wiki.openmrs.org/display/docs/Module+Conventions>. (Consultado el 28 de Noviembre de 2011)

ANEXOS

Plataforma de Código Abierto para Servicios de Teleconsulta con Soporte de Imágenes Médicas bajo el Estándar DICOM

ANEXO A

GUÍA DE INSTALACIÓN

Portada Installation Guide

RADIOLOGY MODULE INSTALLATION GUIDE

INTRODUCTION

The Radiology module for OpenMRS supports the clinical part of the radiology department workflow by integrating the functionalities of EHR, RIS and PACS. These functionalities conform to the DICOM standard and follow recommendations from the radiology community (IHE, RSNA and ACR). It has been developed by integrating third party open source software components adapted to accomplish those standard functionalities.

CONTENTS

1. SYSTEM REQUIREMENTS
2. MODULE INSTALLATION
3. INITIAL CONFIGURATION

1. SYSTEM REQUIREMENTS

The hardware required depends on the size of your implementation. For small implementations, OpenMRS can be run on just about any desktop or laptop.

Minimum Requirements - 100s of patients

1 GHz processor or better, 256 MB of memory or more, 40 GB hard drive or larger. You can set up the server on a laptop for demonstration or testing purposes.

Minimum Requirements - 10,000 patients

1.5+ GHz, 2 GB of memory, and 150+ GB of disk space with RAID and appropriate backup facilities.

Minimum Requirements - 250,000 patients

AMPATH³⁹ is supporting an OpenMRS instance with over 250,000 patients with two 2.26 GHz quad processors, 16 GB of memory, 500 GB of disk space with RAID and appropriate backup facilities.

³⁹ <http://medicine.iupui.edu/kenya/hiv.aids.html>

2. MODULE INSTALLATION

Installation of the radiology module step by step:

1. Install OpenMRS⁴⁰. The module was developed and tested in version 1.9 (to date, a development version). You can install OpenMRS either by automatic or manual procedure:

AUTO INSTALLATION (the easier way)

1. Download the standalone version of OpenMRS⁴¹. It is packed in a multiplatform way.
2. Deploy OpenMRS, just running the standalone version of OpenMRS (remember that it requires a Java Virtual Machine to run the Tomcat server it has bundled).

MANUAL INSTALLATION

1. Install MySQL server.
2. Install Apache Tomcat server (recommended) or another servlet container. Remember that Tomcat requires a Java Virtual Machine to run.
3. Download OpenMRS web application archive. It is a file that by convention has the war extension (openmrs.war)⁴².
4. Deploy OpenMRS, either:
 1. Copying the web application archive under webapps folder of Tomcat directory or
 2. From the Tomcat manager application.

Remember that you need a web browser to access the application.

2. Download the source code of the radiology module at <http://svn.openmrs.org/openmrs-modules/radiology/>. You can use Subclipse⁴³ or another subversion client of your preference to do this. The project is ready to use with Eclipse. Figures 1, 2 and 3 show how to check out the module source code from the OpenMRS repository on the Internet.

⁴⁰ <https://wiki.openmrs.org/display/docs/Installing+OpenMRS>.

⁴¹ <http://openmrs.org/download/>

⁴² <http://openmrs.org/download/>

⁴³ Subclipse installation instructions: <http://subclipse.tigris.org/servlets/ProjectProcess?pageID=p4wYuA>.

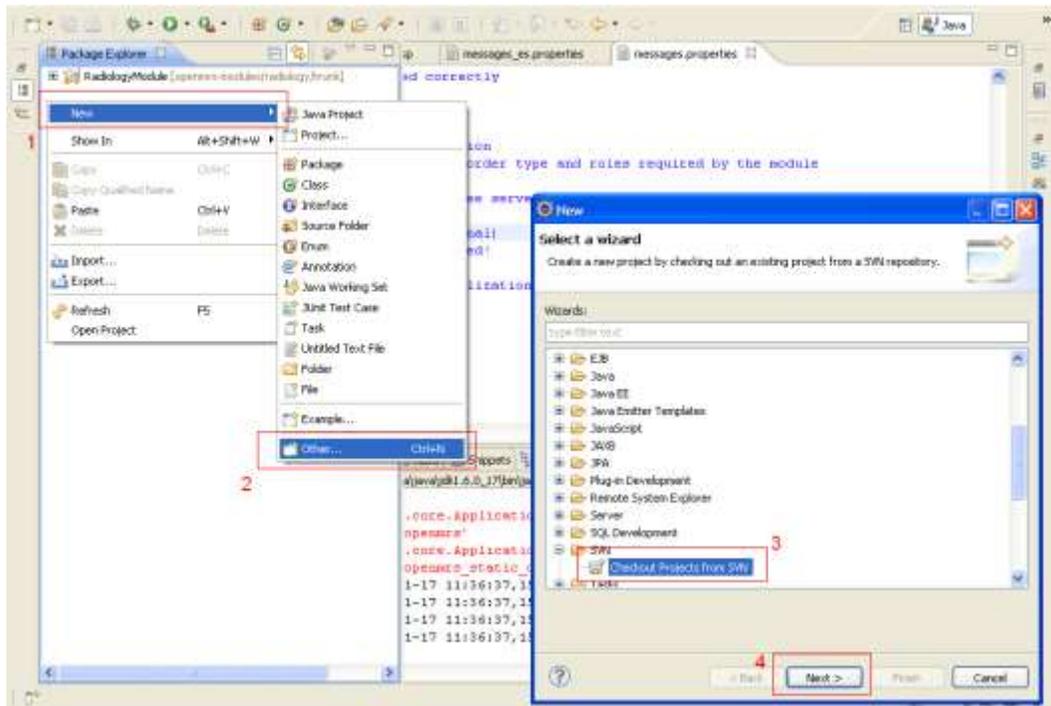


Figure 1. Check out module source code – 1.

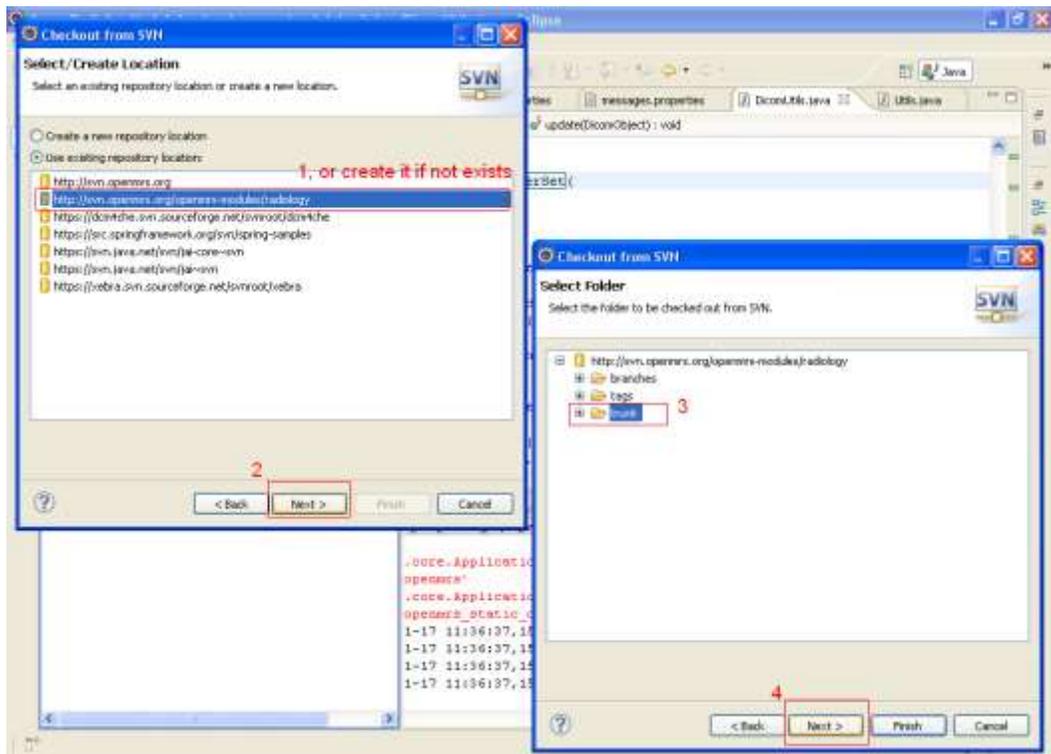


Figure 2. Check out module source code – 2.

Remember that the repository location is <http://svn.openmrs.org/openmrs-modules/radiology/>.

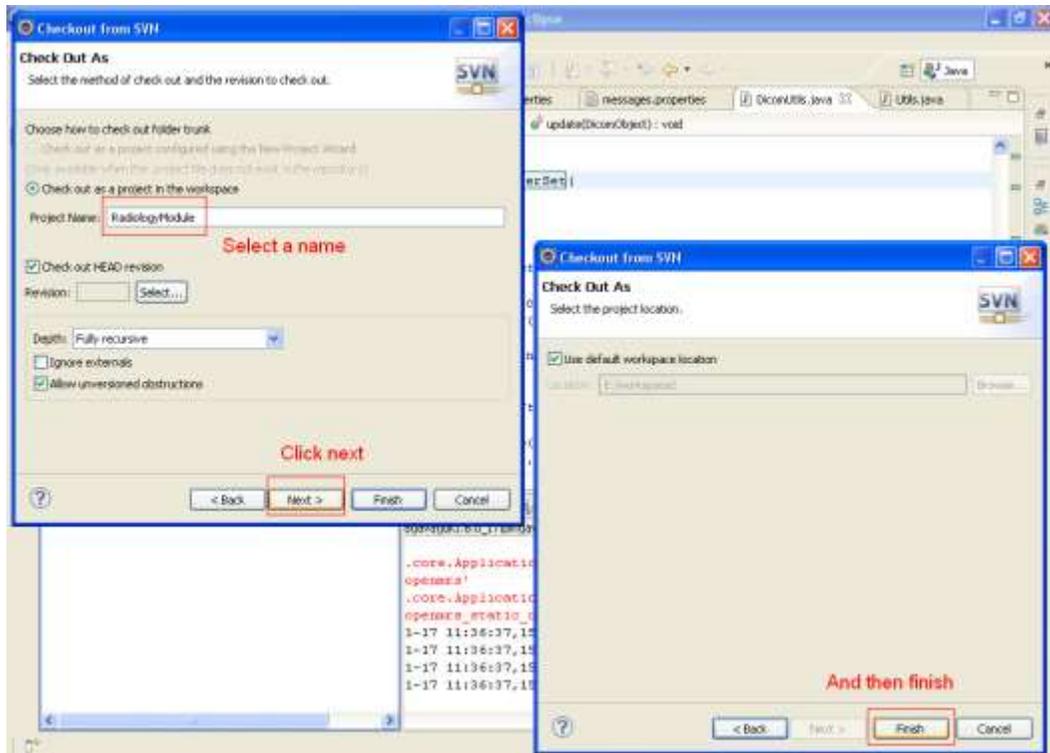


Figure 3. Check out module source code – 3.

When the process is finished you should have the project in your workspace.

3. Build on Eclipse (Figure 4): open the file build.xml, then open outline (1), and after that right-click on package-module task, hover over “Run As” and click “Ant Build” (2).



Figure 4. Build module source code.

4. Install the file with the .omod extension on OpenMRS –this file contains the module– which is generated under dist directory. You can either:
 1. Copy the file on the modules folder (on windows: C:\Documents and Settings\user\Application Data\OpenMRS\modules) (you will need to restart the server) or,
 2. Install the file from the OpenMRS web console (Figure 5), under the Administration tab (1), Manage Modules link (2).

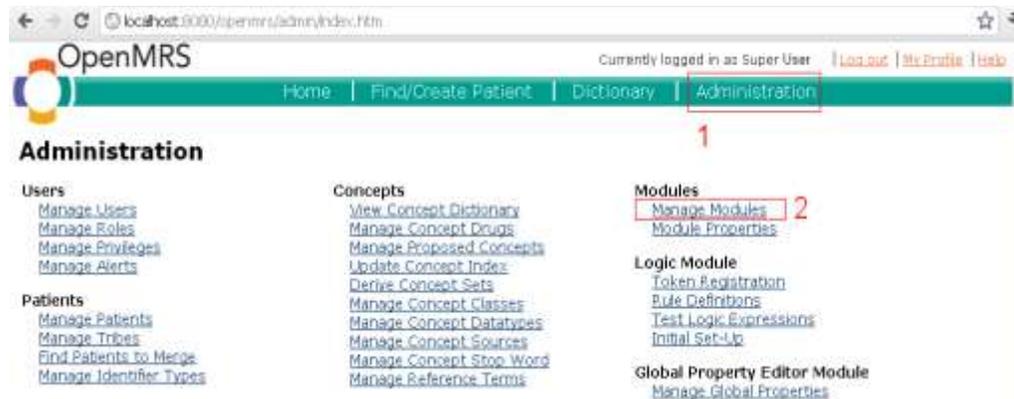


Figure 5. Manage Modules from web console.

You can start and stop the module in the Manage Modules link under the Modules section of the admin page at <http://localhost:8080/openmrs/admin/index.htm> (If you have the server in your machine).

5. The admin page should contain a Radiology Module section if the module has been successfully started (Figure 6).

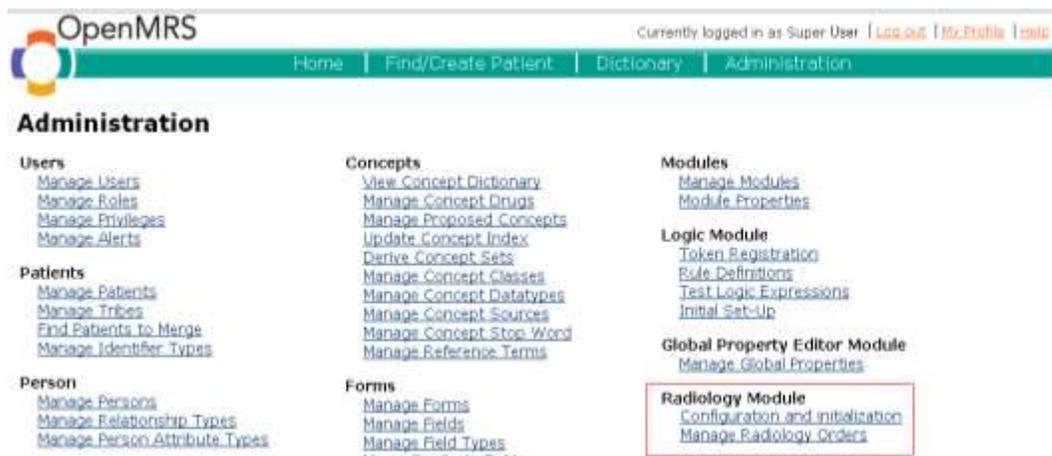


Figure 6. Radiology Module section.

3. INITIAL CONFIGURATION

Global properties are values used to customize the module behavior.

Use the global property editor module⁴⁴ to modify the default module configuration (in version 1.9 of OpenMRS you can use the Settings link under the Maintenance section). You should configure the variables displayed on Figure 7.



Figure 7. Settings page.

Available character set values for “Specific Character Set” property:

US-ASCII, ISO-8859-1, ISO-8859-2, ISO-8859-3, ISO-8859-4, ISO-8859-5, ISO-8859-6, ISO-8859-7, ISO-8859-8, ISO-8859-9, JIS_X0201, TIS-620, US-ASCII, ISO-8859-1, ISO-8859-2, ISO-8859-3, ISO-8859-4, ISO-8859-5, ISO-8859-6, ISO-8859-7, ISO-8859-8, ISO-8859-9, JIS_X0201, TIS-620, JIS0208, JIS0212, cp949, UTF-8, GB18030.

This character set will be used for encoding entries in the worklist.

The directories specified are prefixed with the actual working directory. It depends from where you are running the Tomcat server., By default it would be something like

⁴⁴ Download from <https://dev.openmrs.org/modules/view.jsp?module=globalpropertyeditor>

e:\apache-tomcat\bin. You can check out the server console to confirm where the files are being saved.

Changes in these properties require restarting the module in order to take effect.

Additionally, there is a page where you can initialize the module (starting from the Configuration and initialization link in Figure 6). This is in case the OpenMRS start process doesn't have enough privileges to set some required values (Figure 8):



Figure 8. Configuration and initialization page.

The first link (Create radiology order type and roles required by the module) creates a radiology order type and four new roles (Referring physician, Scheduler, Performing physician, Reading physician) required by the module.

The second link (Create dummy users (Optional)) creates dummy users with the four roles above mentioned; this is optional.

The third link (Create SCP) and the fourth one (Create AE) need to be performed in the order listed; they create two entries that Xebra WADO server needs in the database.

ANEXO B

GUÍA DE USUARIO

UNIVERSITY OF CAUCA

OpenMRS RADIOLOGY MODULE

USER GUIDE v1.0

Juan Pastas, Victor Cortes

11/18/2011

The radiology module is intended to help in the radiology department workflow: order creation by the referring physician, scheduling by the scheduler staff, image acquisition for an order by the performing physician either a technician or specialist and finally the diagnostics from the reading physician. The module is designed for three modalities Computed Radiography, Magnetic Resonance, and Computed Tomography. The module is developed following DICOM standard.

RADIOLOGY MODULE USER GUIDE

The Radiology module supports the clinical part of the radiology department workflow by integrating the functionalities of EHR, RIS and PACS: order creation by the referring physician, scheduling by the scheduler staff, image acquisition for an order by either a technician or a specialist, and finally diagnostics by the radiologist. The module conforms to DICOM and is designed for five modalities: Computed Radiography (CR), Magnetic Resonance (MR), Computed Tomography (CT), Ultrasound (US) and Nuclear Medicine (NM).

CONTENTS

1. **MANAGE RADIOLOGY ORDERS:** explains the interface for radiology orders management. This interface allows access to other interfaces.
2. **REFERRING PHYSICIAN:** explains the interaction between the module and a referring physician.
3. **SCHEDULER:** explains the interaction between the module and a scheduler.
4. **READING PHYSICIAN:** explains the interaction between the module and a radiologist.

1. MANAGE RADIOLOGY ORDERS

This interface allows viewing, finding, and selecting an order from which any of the four roles (referring physician, scheduler, performing physician, reading physician) created by the module perform a specific task.

The user gets this interface (Figure 1) by clicking “Manage radiology orders” in the admin page. The following are the interface functions (look for the numbers in the figure):

Edit	Patient Id	Patient Full Name	Priority	Referring Physician	Scheduler	Performing Physician	Reading Physician	Appointment Date	Modality	Status	Instructions
1	1	Juan David Pastas	Unknown	Super Cortex					CR	Scheduled: Unknown Performed: COMPLETED	QWS
2	1	Juan David Pastas	STAT	Referring physician					MRI	Scheduled: SCHEDULED Performed: IN PROGRESS	
3	1	Juan David Pastas	Unknown	Super Cortex	Scheduler		Reading physician	2011-11-09 00:00:00.0	CR	Scheduled: SCHEDULED Performed: Unknown	QWS

Figure 1. Manage Radiology Orders.

1. Allows creating a new order to a user that has 'Add orders' privilege.
2. Permits user to query for orders complying with the criteria (Patient, Start Date and End Date) established.
3. Clears the results in the table.
4. Selects results per page.
5. Filters currently listed entries by all columns contents.
6. Lets the user customize the columns viewed.
7. From each one of these links the user edits a radiology order or makes observations depending on the user role.
8. Shows instructions for an order. A popup window extends the information when the link is clicked on.

- 9. Information about entries being viewed.
- 10. Page navigation controls.

The order status (Status column) is showed depending on the role of the user viewing the interface (Table 1):

Table 1. Type of status showed depending on the user role.

Role	Status shown
Referring physician	Scheduled and performed
Scheduler	Scheduled
Performing physician	Scheduled and performed
Reading physician	Performed

2. REFERRING PHYSICIAN

Referring physician gets this interface (Figure 2) by clicking add or edit a radiology order in Figure 1 (functions 1 and 7). The following are the interface functions (look for the numbers in the figure):

The screenshot shows the OpenMRS interface for managing radiology orders. The header includes the OpenMRS logo and navigation links: Home, Find/Create Patient, Dictionary, and Administration. The user is logged in as a Referring physician. The main section is titled 'Order' and contains the following fields:

- Patient: Juan david pastas (with a 'More information' link and a red box labeled '2')
- Related Concept: ARM XRAY (with a red box labeled '1')
- Priority: STAT (dropdown menu)
- Modality: CR (dropdown menu)
- Instructions: broken arm...
- Related Encounter: Unknown Location - 05/09/10 (with a red box labeled '1')
- Orderer: Referring physician

A 'Save Order' button is located at the bottom left of the form.

Figure 2. Order form – Referring physician.

1. Fields that searches in database while the user is writing. It looks for: patients, concepts, encounters and system users, respectively.
2. Shows a popup window with patient overview when clicked (Figure 3).

The 'Patient Overview' popup window displays the following information for Juan David Pastas:

- Name: Juan David Pastas (Old Identification Number: 1)
- Age: 23 yrs (17-31-1988)
- BMI: ? (Weights, Height): CD4: | Regimen:
- Start Visit button
- Allergies: None (Add Allergy link)
- Problem List table:

Problem	Date	Modifier	Comments
RENAL DISEASE	17/11/2011		

(Add Problem link)
- View Patient Dashboard link

Figure 3. Patient overview popup.

Here the user can view basic information about the selected patient as well as see and add allergies and other problems.

Other fields the referring physician enters in the order form are: Priority (STAT, HIGH, ROUTINE, MEDIUM or LOW), Modality (CR, MRI, US, NM or CT) and Instructions.

3. SCHEDULER

The scheduler selects an unscheduled order and sets a date to it. He gets this interface (Figure 4) clicking edit radiology order (function 7) in Figure 1. The following are the interface functions (look for the numbers in the figure):

The screenshot shows the OpenMRS interface for managing radiology orders. The browser address bar indicates the URL is localhost:8080/openmrs/module/radiology/radiologyOrderForm?orderId=7. The user is logged in as 'Scheduler'. The page title is 'OpenMRS' and the navigation bar includes 'Home', 'Find/Create Patient', 'Dictionary', and 'Administration'. The main content area is titled 'Admin | Manage Radiology Orders' and 'Order'. The form contains the following fields:

- Patient: Juan david pastas
- Related Concept: X-RAY, ARM
- Priority: STAT
- Modality: CR
- Instructions: broken arm...
- Related Encounter: Encounter; [1 2010-C]
- Orderer: Referring physician
- Start date: 17/11/2011 (dd/mm/yyyy) [1]
- Auto-expire date: 17/11/2011 (dd/mm/yyyy)
- Reading Physician: Referring physician [2]
- Created By: Referring physician - 17 November 2011 19:56:32 COT

Buttons include 'Save Order', 'Discontinue this Order', and 'Void this Order'. A 'Discontinued date' field and a 'Reason discontinued' field (with a sub-field 'Enter concept name') are also present. A 'Void Reason' field is at the bottom.

Figure 4. Order form – Scheduler

1. Order dates selectors. Date of the image acquisition process.
2. Reading physician selector.
3. Discontinue or void this order.

When the scheduler sets the date, the scheduled status of the order is set to SCHEDULED in the manage radiology orders interface (Figure 5).

OpenMRS
 Home | Find/Create Patient | Dictionary | Administration
 Currently logged in as scheduler | Logout | Help

Order saved

Admin | Manage Radiology Orders | Manage Radiology Reports

Manage Radiology Orders

Add Radiology Order

Worklist Chat Results

Patient: Start Date: End Date:

Items: 20 | Show/Hide Columns

Order #	Order ID	Patient Full Name	Priority	Referring Physician	Scheduler	Performing Physician	Reading Physician	Appointment Date	Modality	Status	Instructions
1	1	juan david pastas	Unknown	Super Cortes					CR	Scheduled: Unknown	CR
2	1	juan david pastas	STAT	Referring physician					MR	Scheduled: SCHEDULED	MR
3	1	juan david pastas	Unknown	Super Cortes	Scheduler		Reading physician	2013-11-09 00:00:00	CR	Scheduled: SCHEDULED	CR
4	1	juan david pastas	STAT	Referring physician	Scheduler		Reading physician	2013-11-17 00:00:00	CR	Scheduled: SCHEDULED	CR (MR) (MR)...

Showing 4 of 4

Figure 5. Order status set to SCHEDULED.

4. READING PHYSICIAN

Reading physician gets the observation form (Figure 6) from function 7 in Figure 1, when the order status is set to COMPLETED. This happens after the modality has taken the image(s). The following are the interface functions (look for the numbers in the figure):

OpenMRS
Currently logged in as Reading physician | Log out | My Profile | Help
Home | Find/Create Patient | Dictionary | Administration

Admin | Manage Radiology Orders

Previous Observations

Show/Hide

Id	Reading Physician	Location	Observation Date	Question Concept	Value	Comment
5	Reading physician	HSLV	2011-11-17 00:00:00.0	CURRENT DRUGS USED	View	
6	Reading physician	HSLV	2011-11-17 00:00:00.0	TUBERCULOSIS TREATMENT PLAN	View	

Add Observation 2

Observation

Id: 5
Person: juan.david.pastas More Information
Encounter: select
Order: 2
Location: HSLV
Observation Date: 17/11/2011 (Format: dd/mm/yyyy)
Question Concept: CURRENT DRUGS USED
Question on encounter form: "Is the patient currently taking, or has the patient ever taken, any of the following other medications?" This particular concept stores a history of active use of the associated medications.
Value: FLUCONAZOLE Change
Fluconazole is an antifungal medication of the azole (triazole) class, and is used to treat systemic yeast and fungal infections. Commonly called Diflucan.
Comment: |||||
Created By: Reading physician - 17-Nov-2011
Results: Download 5
Save Observation Cancel
Void this Observation
Reason:
Void this Observation

Figure 6. Observation form.

1. Previous observations for this order.
2. Adds new observation to this order.
3. Current observation. It can be a new or a previous one to be edited.
4. The user can void this observation.
5. Downloads a file that allows the user to automatically launch an application (the Weasis viewer) to see the diagnostics image(s) (Figure 7).

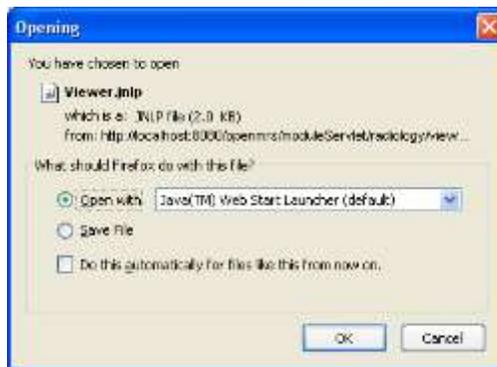


Figure 7. Application launcher in Firefox.

The downloading interface (Figure 7) depends on the user web browser. The system may ask for several confirmations before executing this file, the user should accept all of them.

When the user executes the downloaded file, the Weasis image viewer is launched (Figure 8). The following are the interface functions (look for the numbers in the figure):

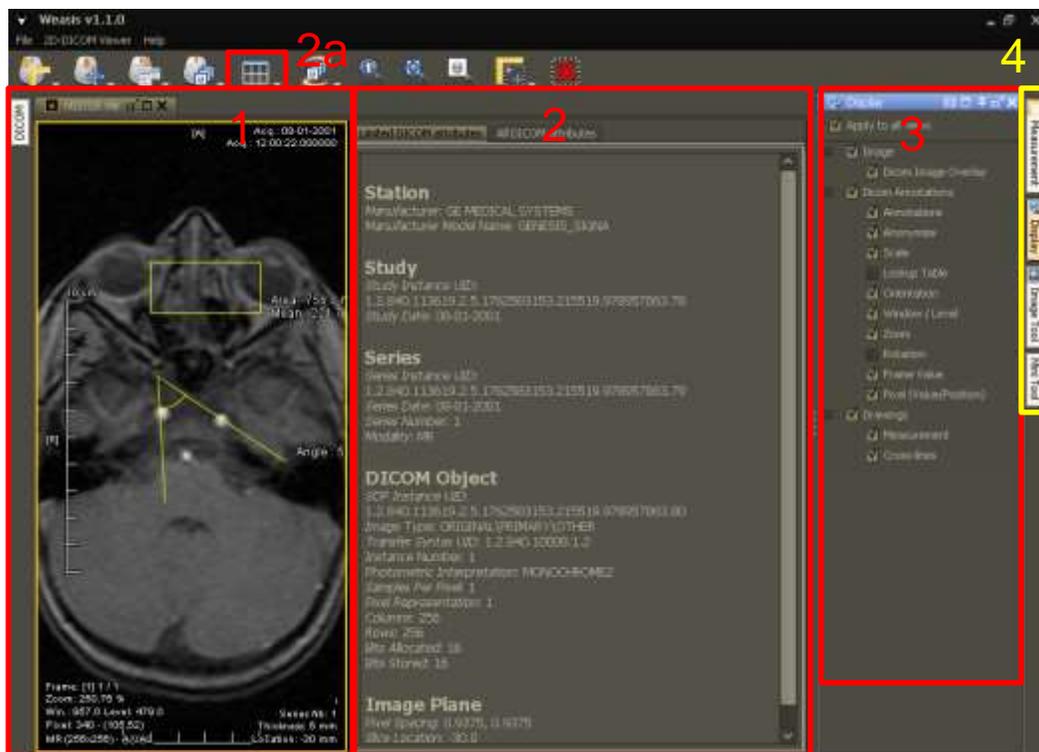


Figure 8. Weasis controls.

1. Displays the image. The example in the figure shows the viewer measurement capabilities for area and angle, but there are a lot more. You can access to them through the Measurements button in the yellow rectangle marked 4 in Figure 8.

2. Shows all DICOM information contained in the file. You can activate this function with an option (DICOM Information) in the button marked 2a in Figure 8.
3. Expanded area corresponding to the selected button in rectangle marked 4. The example in the figure shows the options for Display button, which allow the customization of the information shown around the image (e.g. for anonimization).
4. There are four menus:
 1. Measurements, for selecting measurements as shown in rectangle 1.
 2. Display, for display options as explained above.
 3. Image Tool (Figure 9). Windowing, level, lookup table (LUT), filter, zoom, rotation, frames per second options are available to the user.

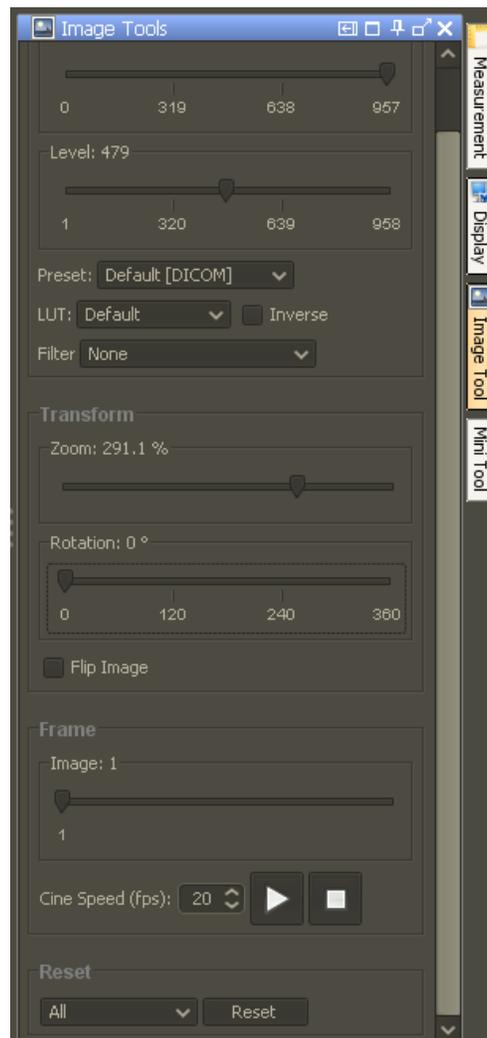


Figure 9. Image tool.

4. Mini Tool, allows scrolling between several images in a series.

ANEXO C

PLANEACIÓN DEL EXPERIMENTO

UNIVERSIDAD DEL CAUCA

Plataforma de código abierto para servicios de teleconsulta con soporte de imágenes médicas bajo el estándar DICOM

PLANEACIÓN DEL EXPERIMENTO FORMAL

INTRODUCCIÓN

El módulo de radiología integra a las funcionalidades de Historia Clínica Electrónica de OpenMRS, las de un RIS (gestión de órdenes, listas de trabajo e informes de radiología) y un PACS (almacenamiento y visualización de imágenes), siguiendo las recomendaciones de la comunidad de radiólogos (RSNA y ACR) y estándares de interoperabilidad (DICOM).

El módulo se conecta con un dispositivo DICOM y los tipos de imágenes manejados son los más comunes:

- CR = Radiografía Computarizada (Computed Radiography) (reemplaza a RX).
- MR = Resonancia Magnética (Magnetic Resonance).
- CT = Tomografía Computarizada (Computed Tomography).
- US = Ultrasonido (Ultrasound).
- NM = Medicina Nuclear (Nuclear Medicine).

Las principales funcionalidades del módulo de radiología desarrollado son:

- Diseñado sobre la base del perfil de integración IHE: Flujo de Trabajo Programado (*Scheduled Workflow, SWF*).
- Compatibilidad con el estándar DICOM para la comunicación con modalidades (CT, CR, MR, US y NM) por medio de la implementación de servicios DICOM (MWL, MPPS, *Storage y Storage Commitment*).
- Acceso a imágenes médicas a través de WADO.
- Acceso a información demográfica del paciente, incluyendo alergias e infecciones.
- Creación de órdenes de radiología.
- Generación de lista de trabajo de la modalidad. Permite buscar, filtrar y ordenar la información del paciente y el procedimiento. Intercambia información con la modalidad.
- Seguimiento del estado del procedimiento.

- Asignación de lectura de estudios a especialistas.
- Almacenamiento de imágenes médicas digitales.
- Visualización y manipulación de imágenes médicas digitales en formato DICOM.
- Visualización de metainformación DICOM referente al procedimiento, el estudio, el equipo, etc.
- Generación de informes de radiología siguiendo los parámetros establecidos por la RSNA y la ACR.
- Asociación de estudios de imágenes e informes de un paciente.
- Generación de varios informes de una misma orden, permitiendo a otros especialistas dar su opinión.
- Selección de síntomas y hallazgos desde el diccionario de conceptos de OpenMRS.
- Acceso al sistema basado en roles de usuario y privilegios. Muestra diferentes vistas dependiendo del rol.
- Interfaz gráfica de configuración (*Global Properties*).
- Interfaz gráfica de usuario disponible en idioma inglés y español.

ALCANCE DE LA EVALUACIÓN

Este ejercicio de evaluación, realizado como un experimento formal según el método DESMET⁴⁵, permite valorar el funcionamiento del módulo de radiología en términos de los servicios prestados al personal de salud cuando se sigue el flujo de trabajo clínico de un departamento de radiología, haciendo uso de la plataforma en un ambiente simulado. La facturación, el control de inventario y el sistema de asignación de turnos esta fuera del alcance de este proyecto por ser procedimientos administrativos.

Flujo de Trabajo del Departamento de Radiología

El flujo de trabajo a seguir es el siguiente (Figura 1):

1. El médico general examina al paciente y crea una orden de radiología.
2. Se programa la fecha de la cita y se asigna un especialista en radiología para la interpretación de las imágenes.

⁴⁵ B Kitchenham. *DESMET: A method for evaluating Software Engineering methods and tools*. [En línea]. Department of Computer Science, University of Keele. Technical Report TR96-09. United Kingdom, Agosto de 1996. Disponible en: www.osel.co.uk/desmet.pdf

3. El técnico, tecnólogo o especialista en radiología realiza el proceso de adquisición de la(s) imagen(es) médica(s) del paciente.
4. El especialista en radiología accede (desde adentro o desde afuera de la institución de salud) al estudio de imágenes realizado al paciente, diagnostica y genera un informe.



Figura1. Flujo de trabajo del departamento de radiología.

Roles y Responsabilidades

Médico general: Es el encargado de crear las órdenes de radiología. En este experimento este rol lo desempeñarán los especialistas en radiología.

Especialista en radiología: Visualizan las imágenes y crean los informes de radiología.

Técnico: Encargado de realizar la adquisición de las imágenes del paciente que van a ser almacenadas en la plataforma. Para el caso de este experimento, el rol de técnico va a ser desempeñado por un miembro del equipo evaluador (estudiantes).

Limitaciones

En lugar del equipo de adquisición de imágenes del paciente (modalidad) se va a utilizar un emulador (JDICOM), debido a las dificultades logísticas para trabajar con un equipo real.

Instrumento de evaluación

Después de la utilización de la herramienta por parte de los especialistas en radiología en un ambiente simulado, siguiendo el flujo de trabajo en radiología, se debe diligenciar un cuestionario que permite evaluar sus características.

PROCEDIMIENTO

A continuación se describe el procedimiento paso a paso que se va a seguir para el desarrollo de este experimento:

1. Ingrese a la plataforma (Figura 2) con su respectivo usuario:

Dirección: <http://esalud.unicauca.edu.co/openmrs/index.htm>



Figura 2. Inicio de sesión.

Nombre de usuario: patricia_villa, mauricio_hurtado, fernando_lasso.

Clave: Admin123

2. Crear orden de radiología

Ir a Administración > Administrar Órdenes de Radiología (*Figura*):



Figura 3. Panel de administración.

Hacer clic en Agregar Orden de Radiología (Figura):

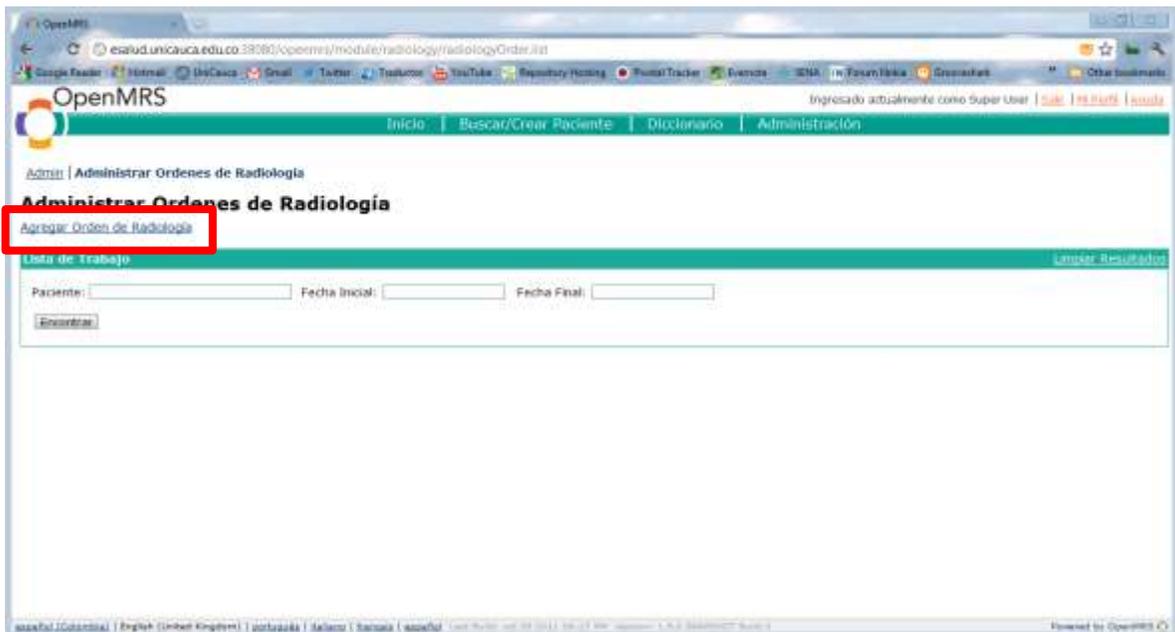


Figura 4. Administrar órdenes de radiología.

Se muestra el formulario para crear la orden de radiología (Figura):

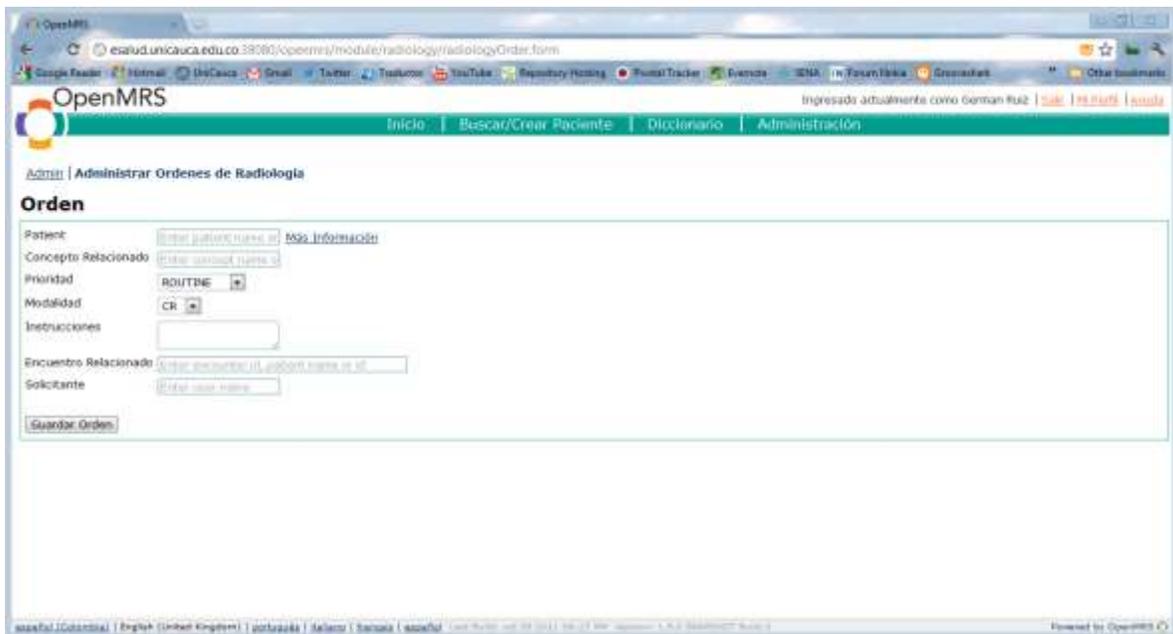


Figura 5. Formulario de orden de radiología.

Los campos deben llenarse con la siguiente información (diferente para cada uno de los expertos que realizan el experimento):

Doctora Patricia Villa:

Paciente: Juan David Pastas

Concepto relacionado: Síndrome de dificultad respiratoria

Prioridad: URGENTE

Modalidad: CR

Instrucciones: Tórax.

Encuentro: Buscar por el nombre del paciente (i.e. Juan David Pastas). Representa la cita médica asociada.

Solicitante: Patricia Villa

Doctor Mauricio Hurtado:

Paciente: Victor Andrés Cortes

Concepto relacionado: FRACTURE (Fractura)

Prioridad: RUTINA

Modalidad: CR

Instrucciones: Control osteosíntesis antebrazo izquierdo.

Encuentro: Buscar por el nombre del paciente (i.e. Victor Andrés Cortes). Representa la cita médica asociada.

Solicitante: Mauricio Hurtado

Ingeniero Fernando Lasso:

Paciente: María Fernanda Yepes

Concepto relacionado: Hysterectomy (Histerectomía)

Prioridad: MEDIA

Modalidad: CR

Instrucciones: Asintomática respiratoria. Consulta por hemorragia vaginal. Solicitud de tórax prequirúrgico (Histerectomía).

Encuentro: Buscar por el nombre del paciente (i.e. María Fernanda Yepes). Representa la cita médica asociada.

Solicitante: Fernando Lasso

Hacer clic en “Guardar orden”.

Nota: El especialista en radiología debe notificar (vía correo electrónico) al equipo evaluador sobre la creación de la orden de radiología, para que se pueda continuar con el experimento (paso 3).

3. Una vez creada la orden de radiología, el técnico almacena las imágenes correspondientes mediante el emulador de modalidad JDICOM y asigna el especialista en radiología encargado de la interpretación de los resultados. El especialista en radiología no interviene en este paso.

Nota: El técnico notifica a los especialistas (vía correo electrónico) cuando las imágenes hayan sido almacenadas y estén listas para su interpretación. Este paso puede tardar dependiendo de la disponibilidad de tiempo de todos los expertos que intervienen en el experimento.

4. Crear informe de radiología.

Ingresando a la página de administración de las órdenes de radiología (desde la interfaz de la *Figura*), se encuentra la lista de trabajo (*Figura*), donde el especialista en radiología puede buscar los estudios que le han sido asignados (columna Examinador). Los que tienen el estado “Realizada: TERMINADO” (i.e. ya fueron tomadas las imágenes) están listos para ser revisados. El especialista ingresa al formulario de informe haciendo clic en el identificador de la observación (recuadro verde).

Obs.	Id del Paciente	Nombre del Paciente	Prioridad	Residente	Clasificador	Técnico	Examinador	Fecha de la Cita	Modalidad	Estado	Instrucciones
1	11111	Dummy Foo	URGENTE	Medico General			Medico Especialista		CR	Programada: PROGRAMADA Realizada: TERMINADO	Realizar la...
2	676754	Maria Helena Martinez	ALTA	Medico General			Medico Especialista	2011-11-30 00:00:00.0	CT	Programada: PROGRAMADA Realizada: TERMINADO	Realizar la...
3	676754	Maria Helena Martinez	ROUTINA	Medico General			Medico Especialista	2011-12-01 00:00:00.0	MRI	Programada: PROGRAMADA Realizada: EN PROGRESO	Realizar la...
4	555666	Juan Sebastian Basto	MEDIA	Medico General			Medico Especialista	2011-12-03 00:00:00.0	MRI	Programada: PROGRAMADA Realizada: TERMINADO	Realizar la...
5	123456	Juan David Pastas	BAJA	Medico General			Mauricio Hurtado	2011-11-22 00:00:00.0	MRI	Programada: PROGRAMADA Realizada: SUSPENDIDO	Realizar la...
6	567890	Victor Andres Cortes	ROUTINA	Medico General			Patricia Villa	2011-11-27 00:00:00.0	MRI	Programada: PROGRAMADA Realizada: SUSPENDIDO	Realizar la...
7	642354	Maria Fernanda Yepes	MEDIA	Medico General			Fernando Lasso	2011-11-17 00:00:00.0	CR	Programada: PROGRAMADA Realizada: SUSPENDIDO	Realizar la...

Figura 6. Lista de trabajo de radiología.

Se muestra el formulario para crear el informe de radiología (*Figura*):

Para abrir la imagen correspondiente, debe hacer clic en “Descargar”. Un archivo llamado *viewer.jnlp* es descargado en el equipo del especialista (se recomienda, aunque no es imprescindible, elegir el directorio de descarga, y sobrescribir los archivos de las imágenes anteriores). Ejecute el archivo *viewer.jnlp* haciendo doble clic sobre su ícono. A continuación, la imagen es mostrada en el visor de imágenes Weasis (*Figura*). Este procedimiento puede tardar varios minutos mientras el estudio de imágenes y el visor de imágenes es descargado por primera vez.

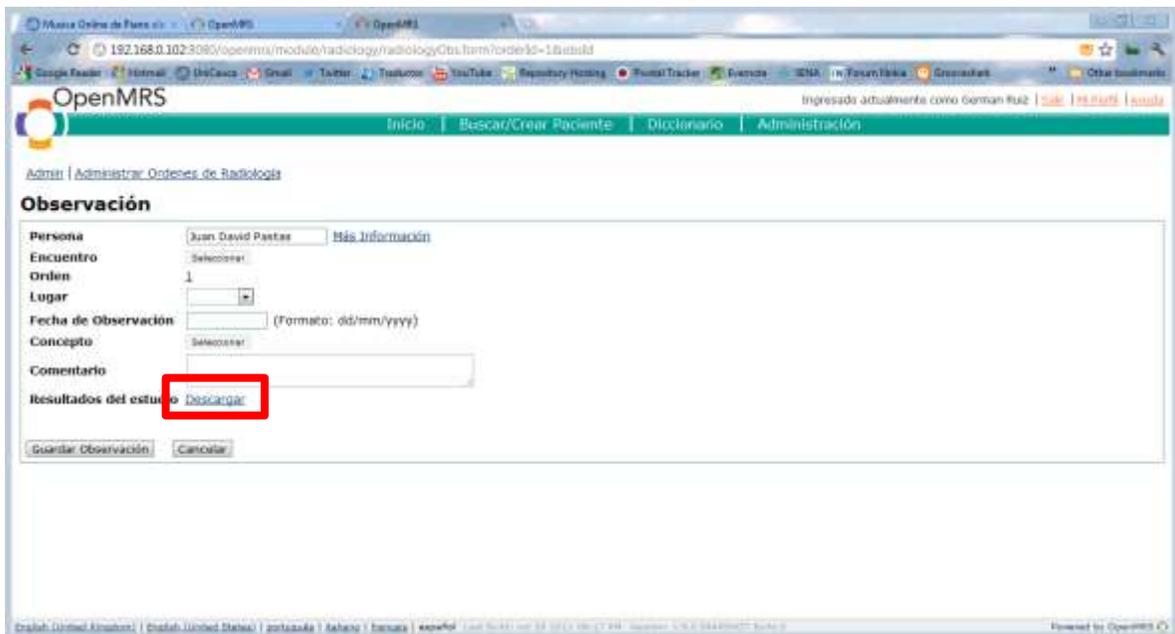


Figura 7. Formulario de informe de radiología.



Figura 8. Visor de imágenes Weasis.

Nota: La información relacionada con el manejo del visor puede ser vista en la guía de usuario (Radiology Module – User guide).

Los campos que se deben llenar en el formulario del informe de radiología (Figura 7) son Fecha de observación, Concepto y Comentario (diagnóstico), los cuales dependen de la interpretación de las imágenes por parte del especialista en radiología. Finalmente se guarda la observación (informe).

Nota: Es probable que el concepto relacionado con el diagnóstico no se encuentre en el diccionario de conceptos utilizado. Si lo considera necesario puede notificar al equipo evaluador para que el concepto sea agregado.

La información relacionada con el informe para el **Ingeniero Fernando Lasso** (quien no es especialista en radiología) es la siguiente:

Concepto: X-RAY, ARM

Valor: NORMAL

Comentarios: Los clavos se han ubicado de manera correcta en la diáfisis del radio del antebrazo izquierdo.

Las dudas que se hayan generado durante el experimento son resueltas por el equipo evaluador (estudiantes) y posteriormente se debe responder el cuestionario adjunto. Así finaliza el experimento.

Muchísimas gracias!

ANEXO D

CUESTIONARIO DE EVALUACIÓN FUNCIONAL

**CUESTIONARIO DE EVALUACIÓN FUNCIONAL
 MÓDULO DE RADIOLOGÍA**

Nombre:

Fecha:

El cuestionario de evaluación se divide en cuatro partes que evalúan las características principales del módulo de radiología en los roles de Médico General y Especialista en radiología.

Debajo de cada enunciado usted encontrará una escala de evaluación, por favor señale su respuesta como se indica en el siguiente ejemplo:

COMPLETAMENTE		EN ALTO GRADO		PARCIALMENTE		MUY POCO		NADA		NO SABE	
100	90	80	70	60	50	40	30	20	10		
	X										

PARTE A. Crear orden de radiología (rol: Médico general)

1. El formulario de creación de órdenes de radiología recoge la información necesaria:

TOTALMENTE		EN GRAN PARTE		PARCIALMENTE		MUY POCO		NADA		NO SABE	
100	90	80	70	60	50	40	30	20	10		

¿Qué información considera que hace falta?:

2. Considera útil la información adicional sobre el paciente (alergias y problemas) mostrada en la orden de radiología:

COMPLETAMENTE		EN ALTO GRADO		PARCIALMENTE		MUY POCO		NADA		NO SABE	
100	90	80	70	60	50	40	30	20	10		

3. Considera que las modalidades soportadas por la aplicación (MR, CT, US, CR y NM) son las requeridas para prestar servicios de telerradiología en hospitales rurales:

TOTALMENTE		EN GRAN PARTE		PARCIALMENTE		MUY POCO		NADA		NO SABE	
100	90	80	70	60	50	40	30	20	10		

¿Qué modalidades considera que hacen falta?

4. La creación de una orden de radiología en la aplicación es:

MUY FÁCIL		FÁCIL		NORMAL		DIFÍCIL		MUY DIFÍCIL		NO SABE	
100	90	80	70	60	50	40	30	20	10		

PARTE B. Manejo de lista de trabajo de órdenes de radiología (rol: Especialista en radiología.)

5. La lista de trabajo presenta la información necesaria:

TOTALMENTE		EN GRAN PARTE		PARCIALMENTE		MUY POCO		NADA		NO SABE	
100	90	80	70	60	50	40	30	20	10		

¿Qué información considera que hace falta?

6. Considera útil la búsqueda de órdenes de radiología por nombre del paciente, fecha, etc. en la lista de trabajo:

COMPLETAMENTE		EN ALTO GRADO		PARCIALMENTE		MUY POCO		NADA		NO SABE	
100	90	80	70	60	50	40	30	20	10		

7. Considera útil el ordenamiento de la información por cualquiera de las columnas y la capacidad de selección de las columnas que se muestran:

COMPLETAMENTE		EN ALTO GRADO		PARCIALMENTE		MUY POCO		NADA		NO SABE	
100	90	80	70	60	50	40	30	20	10		

PARTE C. Crear informe de radiología y visualizar imagen (rol: Especialista en radiología.)

8. El visor de imágenes ofrece las funcionalidades de visualización (e.g. ampliación, brillo y contraste, mediciones) necesarias:

TOTALMENTE		EN GRAN PARTE		PARCIALMENTE		MUY POCO		NADA		NO SABE	
100	90	80	70	60	50	40	30	20	10		

¿Qué funcionalidades considera que hacen falta?

9. El visor de imágenes muestra suficiente información relacionada con la imagen (e.g. información del paciente, información del equipo de adquisición):

COMPLETAMENTE		EN ALTO GRADO		PARCIALMENTE		MUY POCO		NADA		NO SABE	
100	90	80	70	60	50	40	30	20	10		

¿Qué información considera que hace falta?

10. El manejo de las funcionalidades del visor de imágenes es:

MUY FÁCIL		FÁCIL		NORMAL		DIFÍCIL		MUY DIFÍCIL		NO SABE	
100	90	80	70	60	50	40	30	20	10		

11. El procedimiento de descarga de imágenes es:

MUY FÁCIL		FÁCIL		NORMAL		DIFÍCIL		MUY DIFÍCIL		NO SABE	
100	90	80	70	60	50	40	30	20	10		

12. El formulario de creación de informes de radiología recoge la información necesaria:

TOTALMENTE		EN GRAN PARTE		PARCIALMENTE		MUY POCO		NADA		NO SABE	
100	90	80	70	60	50	40	30	20	10		

¿Qué información considera que hace falta?

13. Considera útil la posibilidad de registrar varios informes de radiología para una misma orden:

COMPLETAMENTE		EN ALTO GRADO		PARCIALMENTE		MUY POCO		NADA		NO SABE	
100	90	80	70	60	50	40	30	20	10		

PARTE D. Características generales del módulo de radiología

14. El esfuerzo y tiempo requerido para el entrenamiento en el manejo de la aplicación es:

MÍNIMO		BAJO		MEDIO		ALTO		MUY ALTO		NO SABE	
100	90	80	70	60	50	40	30	20	10		

15. En términos generales, el uso del módulo de radiología es:

MUY FÁCIL		FÁCIL		NORMAL		DIFÍCIL		MUY DIFÍCIL		NO SABE	
100	90	80	70	60	50	40	30	20	10		

16. El flujo de trabajo clínico en radiología identificado es equiparable al de su práctica médica y experiencia:

TOTALMENTE		EN GRAN PARTE		PARCIALMENTE		MUY POCO		NADA		NO SABE	
100	90	80	70	60	50	40	30	20	10		

17. En términos generales, comparado con otras aplicaciones que haya utilizado, el módulo de radiología presenta las mismas funcionalidades:

COMPLETAMENTE		EN ALTO GRADO		PARCIALMENTE		MUY POCO		NADA		NO SABE	
100	90	80	70	60	50	40	30	20	10		

18. Considera útil el acceso a través de un navegador web a la aplicación desde cualquier lugar con conexión a Internet:

COMPLETAMENTE		EN ALTO GRADO		PARCIALMENTE		MUY POCO		NADA		NO SABE	
100	90	80	70	60	50	40	30	20	10		

19. Considera útil que varios especialistas puedan ver el mismo estudio de imágenes al mismo tiempo:

COMPLETAMENTE		EN ALTO GRADO		PARCIALMENTE		MUY POCO		NADA		NO SABE	
100	90	80	70	60	50	40	30	20	10		

20. La aplicación está en condiciones de ser utilizada en un ambiente real en hospitales rurales:

COMPLETAMENTE		EN ALTO GRADO		PARCIALMENTE		MUY POCO		NADA		NO SABE	
100	90	80	70	60	50	40	30	20	10		

Comentarios:

Muchísimas gracias por su colaboración!

ANEXO E

RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN FUNCIONAL

**CUESTIONARIO DE EVALUACIÓN FUNCIONAL
 MÓDULO DE RADIOLOGÍA**

Nombre: Mauricio Hurtado

Fecha: 19/01/12

El cuestionario de evaluación se divide en cuatro partes que evalúan las características principales del módulo de radiología en los roles de Médico General y Especialista en radiología.

Debajo de cada enunciado usted encontrará una escala de evaluación, por favor señale su respuesta como se indica en el siguiente ejemplo:

COMPLETAMENTE		EN ALTO GRADO		PARCIALMENTE		MUY POCO		NADA		NO SABE	
100	90	80	70	60	50	40	30	20	10		
	X										

PARTE A. Crear orden de radiología (rol: Médico general)

1. El formulario de creación de órdenes de radiología recoge la información necesaria:

TOTALMENTE		EN GRAN PARTE		PARCIALMENTE		MUY POCO		NADA		NO SABE	
100	90	80	70	60	50	40	30	20	10		
	X										

¿Qué información considera que hace falta?:

Entidad remitora.

2. Considera útil la información adicional sobre el paciente (alergias y problemas) mostrada en la orden de radiología:

COMPLETAMENTE		EN ALTO GRADO		PARCIALMENTE		MUY POCO		NADA		NO SABE	
100	90	80	70	60	50	40	30	20	10		
X											

3. Considera que las modalidades soportadas por la aplicación (MR, CT, US, CR y NM) son las requeridas para prestar servicios de telerradiología en hospitales rurales:

TOTALMENTE		EN GRAN PARTE		PARCIALMENTE		MUY POCO		NADA		NO SABE	
100	90	80	70	60	50	40	30	20	10		
		X									

¿Qué modalidades considera que hacen falta?

Por lo general los hospitales rurales no cuentan con equipos tan avanzados (CT) sino simplemente equipos de radiología convencional. Con el soporte para CR y US es suficiente.

4. La creación de una orden de radiología en la aplicación es:

MUY FÁCIL		FÁCIL		NORMAL		DIFÍCIL		MUY DIFÍCIL		NO SABE	
100	90	80	70	60	50	40	30	20	10		
	X										

PARTE B. Manejo de lista de trabajo de órdenes de radiología (rol: Especialista en radiología.)

5. La lista de trabajo presenta la información necesaria:

TOTALMENTE		EN GRAN PARTE		PARCIALMENTE		MUY POCO		NADA		NO SABE	
100	90	80	70	60	50	40	30	20	10		
X											

¿Qué información considera que hace falta?

6. Considera útil la búsqueda de órdenes de radiología por nombre del paciente, fecha, etc. en la lista de trabajo:

COMPLETAMENTE		EN ALTO GRADO		PARCIALMENTE		MUY POCO		NADA		NO SABE	
100	90	80	70	60	50	40	30	20	10		
X											

7. Considera útil el ordenamiento de la información por cualquiera de las columnas y la capacidad de selección de las columnas que se muestran:

COMPLETAMENTE	EN ALTO	PARCIALMENTE	MUY POCO	NADA	NO SABE
---------------	---------	--------------	----------	------	---------

		GRADO									
100	90	80	70	60	50	40	30	20	10		
X											

PARTE C. Crear informe de radiología y visualizar imagen (rol: Especialista en radiología.)

8. El visor de imágenes ofrece las funcionalidades de visualización (e.g. ampliación, brillo y contraste, mediciones) necesarias:

TOTALMENTE		EN GRAN PARTE		PARCIALMENTE		MUY POCO		NADA		NO SABE	
100	90	80	70	60	50	40	30	20	10		
X											

¿Qué funcionalidades considera que hacen falta?

9. El visor de imágenes muestra suficiente información relacionada con la imagen (e.g. información del paciente, información del equipo de adquisición):

COMPLETAMENTE		EN ALTO GRADO		PARCIALMENTE		MUY POCO		NADA		NO SABE	
100	90	80	70	60	50	40	30	20	10		
X											

¿Qué información considera que hace falta?

10. El manejo de las funcionalidades del visor de imágenes es:

MUY FÁCIL		FÁCIL		NORMAL		DIFÍCIL		MUY DIFÍCIL		NO SABE	
100	90	80	70	60	50	40	30	20	10		
	X										

11. El procedimiento de descarga de imágenes es:

MUY FÁCIL		FÁCIL		NORMAL		DIFÍCIL		MUY DIFÍCIL		NO SABE	
100	90	80	70	60	50	40	30	20	10		
											X

12. El formulario de creación de informes de radiología recoge la información necesaria:

TOTALMENTE		EN GRAN PARTE		PARCIALMENTE		MUY POCO		NADA		NO SABE	
100	90	80	70	60	50	40	30	20	10		
	X										

¿Qué información considera que hace falta?

13. Considera útil la posibilidad de registrar varios informes de radiología para una misma orden:

COMPLETAMENTE		EN ALTO GRADO		PARCIALMENTE		MUY POCO		NADA		NO SABE	
100	90	80	70	60	50	40	30	20	10		
X											

PARTE D. Características generales del módulo de radiología

14. El esfuerzo y tiempo requerido para el entrenamiento en el manejo de la aplicación es:

MÍNIMO		BAJO		MEDIO		ALTO		MUY ALTO		NO SABE	
100	90	80	70	60	50	40	30	20	10		
		X									

15. En términos generales, el uso del módulo de radiología es:

MUY FÁCIL		FÁCIL		NORMAL		DIFÍCIL		MUY DIFÍCIL		NO SABE	
100	90	80	70	60	50	40	30	20	10		
		X									

16. El flujo de trabajo clínico en radiología identificado es equiparable al de su práctica médica y experiencia:

TOTALMENTE		EN GRAN PARTE		PARCIALMENTE		MUY POCO		NADA		NO SABE	
100	90	80	70	60	50	40	30	20	10		
	X										

17. En términos generales, comparado con otras aplicaciones que haya utilizado, el módulo de radiología presenta las mismas funcionalidades:

COMPLETAMENTE		EN ALTO GRADO		PARCIALMENTE		MUY POCO		NADA		NO SABE	
100	90	80	70	60	50	40	30	20	10		
	X										

18. Considera útil el acceso a través de un navegador web a la aplicación desde cualquier lugar con conexión a Internet:

COMPLETAMENTE		EN ALTO GRADO		PARCIALMENTE		MUY POCO		NADA		NO SABE	
100	90	80	70	60	50	40	30	20	10		
X											

19. Considera útil que varios especialistas puedan ver el mismo estudio de imágenes al mismo tiempo:

COMPLETAMENTE		EN ALTO GRADO		PARCIALMENTE		MUY POCO		NADA		NO SABE	
100	90	80	70	60	50	40	30	20	10		
X											

20. La aplicación está en condiciones de ser utilizada en un ambiente real en hospitales rurales:

COMPLETAMENTE		EN ALTO GRADO		PARCIALMENTE		MUY POCO		NADA		NO SABE	
100	90	80	70	60	50	40	30	20	10		
X											

Comentarios:

Muchísimas gracias por su colaboración!

**CUESTIONARIO DE EVALUACIÓN FUNCIONAL
 MÓDULO DE RADIOLOGÍA**

Nombre: Fernando Lasso y Oria

Fecha: 19/01/2012

El cuestionario de evaluación se divide en cuatro partes que evalúan las características principales del módulo de radiología en los roles de Médico General y Especialista en radiología.

Debajo de cada enunciado usted encontrará una escala de evaluación, por favor señale su respuesta como se indica en el siguiente ejemplo:

COMPLETAMENTE		EN ALTO GRADO		PARCIALMENTE		MUY POCO		NADA		NO SABE	
100	90	80	70	60	50	40	30	20	10		
	X										

PARTE A. Crear orden de radiología (rol: Médico general)

1. El formulario de creación de órdenes de radiología recoge la información necesaria:

TOTALMENTE		EN GRAN PARTE		PARCIALMENTE		MUY POCO		NADA		NO SABE	
100	90	80	70	60	50	40	30	20	10		
		X									

¿Qué información considera que hace falta?:

Un campo de observaciones, donde se pueda poner por ejemplo, si el paciente tiene algún tipo de alergia conocida.

2. Considera útil la información adicional sobre el paciente (alergias y problemas) mostrada en la orden de radiología:

COMPLETAMENTE		EN ALTO GRADO		PARCIALMENTE		MUY POCO		NADA		NO SABE	
100	90	80	70	60	50	40	30	20	10		
	X										

3. Considera que las modalidades soportadas por la aplicación (MR, CT, US, CR y NM) son las requeridas para prestar servicios de telerradiología en hospitales rurales:

TOTALMENTE		EN GRAN PARTE		PARCIALMENTE		MUY POCO		NADA		NO SABE	
100	90	80	70	60	50	40	30	20	10		
		x									

¿Qué modalidades considera que hacen falta?

Para telerradiología son suficientes, aunque si fuera posible no estaría de menos incluir RF y DX

4. La creación de una orden de radiología en la aplicación es:

MUY FÁCIL		FÁCIL		NORMAL		DIFÍCIL		MUY DIFÍCIL		NO SABE	
100	90	80	70	60	50	40	30	20	10		
	x										

PARTE B. Manejo de lista de trabajo de órdenes de radiología (rol: Especialista en radiología.)

5. La lista de trabajo presenta la información necesaria:

TOTALMENTE		EN GRAN PARTE		PARCIALMENTE		MUY POCO		NADA		NO SABE	
100	90	80	70	60	50	40	30	20	10		
			x								

¿Qué información considera que hace falta?

El primer campo es el número de orden, que no es útil. Falta un campo que refleje el tipo de estudio (es decir, si es un RX Torax PA-LAT, RX muñeca, TAC abdomen Sin contraste,...) y este es el que debería contener el enlace a la información. También habría que incluir la fecha del estudio (día y hora)

6. Considera útil la búsqueda de órdenes de radiología por nombre del paciente, fecha, etc. en la lista de trabajo:

COMPLETAMENTE		EN ALTO GRADO		PARCIALMENTE		MUY POCO		NADA		NO SABE	
100	90	80	70	60	50	40	30	20	10		
			x								

Faltara incluir el campo id de paciente, que es muy útil por ser único y es posible incluirlo operando con un lector de código de barras (dicho código de barras suele ir incorporado al formulario de petición de cita). Asimismo considero útil incluir la búsqueda por modalidad, ya que facilitará utilizar la agenda como lista de trabajo para los tecnólogos y radiólogos (al no estar contemplada la sala, que suele ser lo habitual)

7. Considera útil el ordenamiento de la información por cualquiera de las columnas y la capacidad de selección de las columnas que se muestran:

COMPLETAMENTE		EN ALTO GRADO		PARCIALMENTE		MUY POCO		NADA		NO SABE	
100	90	80	70	60	50	40	30	20	10		
			x								

PARTE C. Crear informe de radiología y visualizar imagen (rol: Especialista en radiología.)

8. El visor de imágenes ofrece las funcionalidades de visualización (e.g. ampliación, brillo y contraste, mediciones) necesarias:

TOTALMENTE		EN GRAN PARTE		PARCIALMENTE		MUY POCO		NADA		NO SABE	
100	90	80	70	60	50	40	30	20	10		
			x								

¿Qué funcionalidades considera que hacen falta?
Información DICOM de las imágenes y ROI

9. El visor de imágenes muestra suficiente información relacionada con la imagen (e.g. información del paciente, información del equipo de adquisición):

COMPLETAMENTE		EN ALTO GRADO		PARCIALMENTE		MUY POCO		NADA		NO SABE	
100	90	80	70	60	50	40	30	20	10		
		x									

¿Qué información considera que hace falta?
Dosis de radiación ionizante

10. El manejo de las funcionalidades del visor de imágenes es:

MUY FÁCIL		FÁCIL		NORMAL		DIFÍCIL		MUY DIFÍCIL		NO SABE	
100	90	80	70	60	50	40	30	20	10		
	x										

11. El procedimiento de descarga de imágenes es:

MUY FÁCIL		FÁCIL		NORMAL		DIFÍCIL		MUY DIFÍCIL		NO SABE	
100	90	80	70	60	50	40	30	20	10		
	x										

12. El formulario de creación de informes de radiología recoge la información necesaria:

TOTALMENTE		EN GRAN PARTE		PARCIALMENTE		MUY POCO		NADA		NO SABE	
100	90	80	70	60	50	40	30	20	10		
		x									

¿Qué información considera que hace falta?

¿Cómo se puede imprimir un informe? Se podría hacer un template para para programar un diseño de informe (con logotipo de la Institución, por ejemplo).

13. Considera útil la posibilidad de registrar varios informes de radiología para una misma orden:

COMPLETAMENTE		EN ALTO GRADO		PARCIALMENTE		MUY POCO		NADA		NO SABE	
100	90	80	70	60	50	40	30	20	10		
x											

PARTE D. Características generales del módulo de radiología

14. El esfuerzo y tiempo requerido para el entrenamiento en el manejo de la aplicación es:

MÍNIMO		BAJO		MEDIO		ALTO		MUY ALTO		NO SABE	
100	90	80	70	60	50	40	30	20	10		
		x									

15. En términos generales, el uso del módulo de radiología es:

MUY FÁCIL		FÁCIL		NORMAL		DIFÍCIL		MUY DIFÍCIL		NO SABE	
100	90	80	70	60	50	40	30	20	10		
	x										

16. El flujo de trabajo clínico en radiología identificado es equiparable al de su práctica médica y experiencia:

TOTALMENTE		EN GRAN PARTE		PARCIALMENTE		MUY POCO		NADA		NO SABE	
100	90	80	70	60	50	40	30	20	10		
		x									

17. En términos generales, comparado con otras aplicaciones que haya utilizado, el módulo de radiología presenta las mismas funcionalidades:

COMPLETAMENTE		EN ALTO GRADO		PARCIALMENTE		MUY POCO		NADA		NO SABE	
100	90	80	70	60	50	40	30	20	10		
					x						

La entrada al módulo de radiología es complicada para una rutina de trabajo. Más bien es similar a un entorno de desarrollo, pero no para un usuario que esté dentro del circuito de paciente en Radiología.

18. Considera útil el acceso a través de un navegador web a la aplicación desde cualquier lugar con conexión a Internet:

COMPLETAMENTE		EN ALTO GRADO		PARCIALMENTE		MUY POCO		NADA		NO SABE	
100	90	80	70	60	50	40	30	20	10		
	x										

Pero el primera enlace como he dicho antes debería ser la entrada directa al módulo de radiología

19. Considera útil que varios especialistas puedan ver el mismo estudio de imágenes al mismo tiempo:

COMPLETAMENTE		EN ALTO GRADO		PARCIALMENTE		MUY POCO		NADA		NO SABE	
100	90	80	70	60	50	40	30	20	10		
x											

El único problema es que debería poder bloquearse para que diferentes especialistas no lo informaran simultáneamente. Esto se podría hacer con el método del “testigo”, como en las carreteras de relevos o poner a un usuario solo con permisos para informar. Por lo que respecta a trabajo cooperativo, es muy útil

20. La aplicación está en condiciones de ser utilizada en un ambiente real en hospitales rurales:

COMPLETAMENTE		EN ALTO GRADO		PARCIALMENTE		MUY POCO		NADA		NO SABE	
100	90	80	70	60	50	40	30	20	10		
				X							

Comentarios:

Para poderse utilizarse en explotación, debería tener un interfaz de usuario mucho más amigable, más sencillo de acceder y más claro. La utilización de iconos en el interfaz ayudaría en gran parte a ello

Muchísimas gracias por su colaboración!

**CUESTIONARIO DE EVALUACIÓN FUNCIONAL
 MÓDULO DE RADIOLOGÍA**

Nombre: Patricia Villa Maldonado

Fecha: 23/01/12

El cuestionario de evaluación se divide en cuatro partes que evalúan las características principales del módulo de radiología en los roles de Médico General y Especialista en radiología.

Debajo de cada enunciado usted encontrará una escala de evaluación, por favor señale su respuesta como se indica en el siguiente ejemplo:

COMPLETAMENTE		EN ALTO GRADO		PARCIALMENTE		MUY POCO		NADA		NO SABE	
100	90	80	70	60	50	40	30	20	10		
	X										

PARTE A. Crear orden de radiología (rol: Médico general)

1. El formulario de creación de órdenes de radiología recoge la información necesaria:

TOTALMENTE		EN GRAN PARTE		PARCIALMENTE		MUY POCO		NADA		NO SABE	
100	90	80	70	60	50	40	30	20	10		
		x									

¿Qué información considera que hace falta?:
 En la modalidad de imagen me parece que debería ir CR y el nombre del estudio, es decir, RX de columna, Mamografía, RM de hígado

2. Considera útil la información adicional sobre el paciente (alergias y problemas) mostrada en la orden de radiología:

COMPLETAMENTE		EN ALTO GRADO		PARCIALMENTE		MUY POCO		NADA		NO SABE	
100	90	80	70	60	50	40	30	20	10		
x											

3. Considera que las modalidades soportadas por la aplicación (MR, CT, US, CR y NM) son las requeridas para prestar servicios de telerradiología en hospitales rurales:

TOTALMENTE		EN GRAN PARTE		PARCIALMENTE		MUY POCO		NADA		NO SABE	
100	90	80	70	60	50	40	30	20	10		
					x						

¿Qué modalidades considera que hacen falta? Yo no creo que haga falta ninguna, por el contrario el grado de actualización tecnológica es muy bajo y debido a la baja complejidad en la atención de las instituciones de salud de las áreas rurales, ocasionalmente se encuentra un equipo de RX o un ecógrafo.
En un hospital de mayor complejidad, por ejemplo un segundo nivel, serían más adecuadas las diferentes modalidades, incluyendo la mamografía.

4. La creación de una orden de radiología en la aplicación es:

MUY FACIL		FACIL		NORMAL		DIFICIL		MUY DIFICIL		NO SABE	
100	90	80	70	60	50	40	30	20	10		
		x									

PARTE B. Manejo de lista de trabajo de órdenes de radiología (rol: Especialista en radiología.)

5. La lista de trabajo presenta la información necesaria:

TOTALMENTE		EN GRAN PARTE		PARCIALMENTE		MUY POCO		NADA		NO SABE	
100	90	80	70	60	50	40	30	20	10		
					x						

¿Qué información considera que hace falta? Me parece esencial priorización del estudio o procedencia del paciente, por ejemplo de urgencias, hospitalización o consulta externa. Debería tener alarmas de acuerdo con esta priorización.
Así mismo se debe tener acceso a la información completa del paciente, es decir motivo de consulta actual, antecedentes completos, examen físico, causa de solicitud de estudio.

6. Considera útil la búsqueda de órdenes de radiología por nombre del paciente, fecha, etc. en la lista de trabajo:

COMPLETAMENTE		EN ALTO GRADO		PARCIALMENTE		MUY POCO		NADA		NO SABE	
100	90	80	70	60	50	40	30	20	10		
x											

7. Considera útil el ordenamiento de la información por cualquiera de las columnas y la capacidad de selección de las columnas que se muestran:

COMPLETAMENTE		EN ALTO GRADO		PARCIALMENTE		MUY POCO		NADA		NO SABE	
100	90	80	70	60	50	40	30	20	10		
x											

PARTE C. Crear informe de radiología y visualizar imagen (rol: Especialista en radiología.)

8. El visor de imágenes ofrece las funcionalidades de visualización (e.g. ampliación, brillo y contraste, mediciones) necesarias:

TOTALMENTE		EN GRAN PARTE		PARCIALMENTE		MUY POCO		NADA		NO SABE	
100	90	80	70	60	50	40	30	20	10		
x											

¿Qué funcionalidades considera que hacen falta?

9. El visor de imágenes muestra suficiente información relacionada con la imagen (e.g. información del paciente, información del equipo de adquisición):

COMPLETAMENTE		EN ALTO GRADO		PARCIALMENTE		MUY POCO		NADA		NO SABE	
100	90	80	70	60	50	40	30	20	10		
				x							

¿Qué información considera que hace falta?
 A mí me gustaría saber con qué resolución fue tomado el estudio para prever la posibilidad de que se pasen algunos detalles.

10. El manejo de las funcionalidades del visor de imágenes es:

MUY FÁCIL		FÁCIL		NORMAL		DIFÍCIL		MUY DIFÍCIL		NO SABE	
100	90	80	70	60	50	40	30	20	10		
x											

11. El procedimiento de descarga de imágenes es:

MUY FÁCIL		FÁCIL		NORMAL		DIFÍCIL		MUY DIFÍCIL		NO SABE	
100	90	80	70	60	50	40	30	20	10		
						x					

12. El formulario de creación de informes de radiología recoge la información necesaria:

TOTALMENTE		EN GRAN PARTE		PARCIALMENTE		MUY POCO		NADA		NO SABE	
100	90	80	70	60	50	40	30	20	10		
					x						

¿Qué información considera que hace falta? La que enumeré en un ítem arriba, es necesario obtener la información completa del paciente en relación a la historia clínica

13. Considera útil la posibilidad de registrar varios informes de radiología para una misma orden:

COMPLETAMENTE		EN ALTO GRADO		PARCIALMENTE		MUY POCO		NADA		NO SABE	
100	90	80	70	60	50	40	30	20	10		
x											

PARTE D. Características generales del módulo de radiología

14. El esfuerzo y tiempo requerido para el entrenamiento en el manejo de la aplicación es:

MÍNIMO		BAJO		MEDIO		ALTO		MUY ALTO		NO SABE	
100	90	80	70	60	50	40	30	20	10		
			x								

15. En términos generales, el uso del módulo de radiología es:

MUY FÁCIL		FÁCIL		NORMAL		DIFÍCIL		MUY DIFÍCIL		NO SABE	
100	90	80	70	60	50	40	30	20	10		
		x									

16. El flujo de trabajo clínico en radiología identificado es equiparable al de su práctica médica y experiencia:

TOTALMENTE		EN GRAN PARTE		PARCIALMENTE		MUY POCO		NADA		NO SABE	
100	90	80	70	60	50	40	30	20	10		
					x						

17. En términos generales, comparado con otras aplicaciones que haya utilizado, el módulo de radiología presenta las mismas funcionalidades:

COMPLETAMENTE		EN ALTO GRADO		PARCIALMENTE		MUY POCO		NADA		NO SABE	
100	90	80	70	60	50	40	30	20	10		
		x									

18. Considera útil el acceso a través de un navegador web a la aplicación desde cualquier lugar con conexión a Internet:

COMPLETAMENTE		EN ALTO GRADO		PARCIALMENTE		MUY POCO		NADA		NO SABE	
100	90	80	70	60	50	40	30	20	10		
x											

19. Considera útil que varios especialistas puedan ver el mismo estudio de imágenes al mismo tiempo:

COMPLETAMENTE		EN ALTO GRADO		PARCIALMENTE		MUY POCO		NADA		NO SABE	
100	90	80	70	60	50	40	30	20	10		
x											

20. La aplicación está en condiciones de ser utilizada en un ambiente real en hospitales rurales:

COMPLETAMENTE		EN ALTO GRADO		PARCIALMENTE		MUY POCO		NADA		NO SABE	
100	90	80	70	60	50	40	30	20	10		
x											

Comentarios:

Es una herramienta muy útil que puede ser utilizada para apoyo directo a instituciones de salud de manera remota, optimizando la calidad en la atención y disminuyendo la brecha que hay en el déficit de especialistas.

Quedé sorprendida al ver la calidad de la imagen en el visualizador, y aunque pienso que se pudiera utilizar inmediatamente, a mí personalmente como radióloga, me gustaría hacer un estudio doble ciego para precisar la pérdida o no de información transmitida, no sé si ya lo habrán realizado, me gustaría conocerlo.

Muchísimas gracias por su colaboración!

ANEXO F

ARTICULO DE PUBLICACIÓN EN FORMATO IEEE

Módulo de radiología para OpenMRS

J.D. Pastás, V.A. Cortés, A. Rendón

Universidad del Cauca

Popayán, Cauca

juanpastas@unicauca.edu.co, vacortes@unicauca.edu.co, arendon@unicauca.edu.co

Resumen—Implementación de una plataforma de código abierto para prestar servicios de teleconsulta con apoyo de imágenes médicas bajo el estándar DICOM y soportado en el perfil de integración Flujo de Trabajo Programado (SWF) de la iniciativa Integrando las Empresas de Salud (IHE) haciendo uso de componentes de software de código abierto.

Palabras clave: Telemedicina, software decodigo abierto, IHE, DICOM.

I. INTRODUCCION

Uno de los principios que según la Ley 100 de 1993 [1], que creó el actual Sistema de Seguridad Social Integral, deben regir el servicio público esencial de seguridad social, es el de la Universalidad, definido como “la garantía de la protección para todas las personas, sin ninguna discriminación, en todas las etapas de la vida” (artículo 2, literal b).

En contraste con esta intencionalidad, muchas comunidades del país que viven en zonas de baja densidad muy apartadas o cuyas vías de comunicación son muy precarias, no cuentan con los mismos servicios de salud que los habitantes de los grandes centros poblados. Sus hospitales no cuentan con todos los especialistas, ni con todos los equipos necesarios para dar una atención completa e integral a los pacientes que requieran estudios y tratamientos especializados. Esta situación se da porque es muy costoso y poco práctico tener especialistas o equipos especializados en cada hospital, ya que su demanda es baja, y además sigue siendo costoso trasladar los mismos hasta los hospitales por las dificultades en las comunicaciones. Por consiguiente, la única alternativa disponible es trasladar al paciente, lo que implica generalmente el traslado también de un pariente, con el consiguiente impacto sobre la economía y la cotidianidad familiar, amén de que se podría poner en riesgo la vida o integridad del paciente en caso de necesite los servicios de manera urgente.

Una solución frente a este problema es la prestación de los servicios de telemedicina, que permiten el acceso remoto a los equipos y especialistas.

Teniendo como base una serie de experiencias en este campo realizadas en el país desde la década de los 90, el gobierno nacional ha venido adelantando en los últimos años acciones para promover la telemedicina en el país. Estas acciones han abarcado cuatro aspectos de fundamental importancia, léase pilares, para el establecimiento de estos

servicios: legislación, conectividad, sistemas de información, y educación. Gracias a estas acciones, en el 2010 ya se tenían 140 IPS públicas incorporadas al proyecto nacional de telemedicina, y estaban en marcha el programa de la Secretaría de salud del Meta y otras iniciativas de IPS privadas, pero muchos hospitales de la red pública no cuentan aún con este servicio.

Con el fin de contar con una herramienta para impulsar la puesta en marcha de servicios de telemedicina en hospitales públicos rurales, se ha desarrollado una plataforma de código abierto para la prestación de servicios de teleconsulta con apoyo de imágenes médicas bajo el estándar DICOM, cuyos resultados se presentan en este artículo. En la siguiente sección se presentan algunos conceptos como e-Salud y telemedicina, más el estándar DICOM, que sirven para entender y contextualizar el desarrollo; en la Sección III se expone un estudio realizado para identificar los componentes software que podrían ser utilizados para soportar los servicios requeridos; en la Sección IV se describe la implementación de la plataforma, la cual es evaluada en términos del servicio propuesto en la Sección V; finalmente, en la Sección VI se presentan las conclusiones del trabajo.

II. SALUD ELECTRONICA (E-SALUD)

La Sociedad de Sistemas de Información y Gestión en Salud (*Healthcare Information and Management Systems Society*, HIMSS) define la salud electrónica (e-Salud) como:

“La aplicación de la Internet y otras tecnologías relacionadas en la industria de la salud para mejorar el acceso, eficiencia, eficacia y calidad de los procesos clínicos y de negocio utilizado por las organizaciones de salud, los profesionales, pacientes y consumidores para mejorar el estado de salud de los pacientes” [2].

La informática de la salud y la telesalud son los principales sectores tecnológicos de la e-Salud, mientras que la telemedicina es el núcleo de la telesalud (Figura 1).

Este trabajo ha sido apoyado por OpenMRS LLC (USA) y la Universidad del Cauca (Colombia).

J.D. Pastás y V.A. Cortés son estudiantes del programa de Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones de la Universidad del Cauca, calle 5 No. 4-70, Popayán (Cauca), Colombia (correo e.: juanpastas@unicauca.edu.co y vacortes@unicauca.edu.co)

A. Rendón es profesor del Departamento de Telemática de la Universidad del Cauca, calle 5 No. 4-70, Popayán (Cauca), Colombia (correo e.: arendon@unicauca.edu.co).

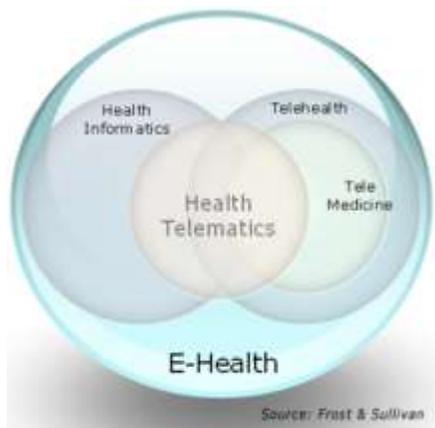


Figura 1. Áreas de la e-Salud. Tomada de [3].

A. Telemedicina

De manera muy simple, la telemedicina se define como la prestación de servicios de salud cuando los participantes están separados por tiempo o distancia, valiéndose del uso de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TIC). Su principal ventaja es el mejoramiento del acceso a la salud.

La telemedicina puede ser clasificada según la especialidad médica (Telerradiología, teledermatología, etc), según el tipo de servicio (Teleconsulta, telediagnóstico, entre otras) y según el tiempo de atención (Tiempo real y tiempo diferido).

La telerradiología es la transmisión electrónica de imágenes radiológicas desde un lugar a otro para los efectos de interpretación y/o consulta. Es una de las especialidades más utilizadas en telemedicina debido a que en general el radiólogo no tiene contacto directo con el paciente.

Teleconsulta básicamente significa la obtención de la opinión profesional de un proveedor de atención médica que no está presente físicamente en el mismo lugar del paciente, en general, con el propósito de diagnóstico o tratamiento.

B. Informática de la salud

La informática de la salud, también conocida como informática médica, es el campo que se interesa por el uso óptimo de la información y que utiliza la tecnología informática en la promoción de la salud.

Dentro de los sistemas tecnológicos de la informática médica se destacan los sistemas de Historia Clínica Electrónica: registro unificado y personal, multimedia, en el que se archiva en soporte electrónico toda la información referente al paciente y a su atención.

Uno de los componentes clave de los sistemas de Historia Clínica Electrónica son los componentes de radiología que utilizan los Sistemas de Información Radiológica (RIS), los cuales son comúnmente utilizados junto con los Sistemas de Almacenamiento y Distribución de Imágenes (PACS).

Un RIS es un sistema informático diseñado para soportar el flujo de trabajo clínico y de análisis de negocio dentro de un

departamento de radiología. Es el responsable de mantener los datos del paciente, el seguimiento de los mismos, programación de citas, información de resultados, información financiera, funciones de seguimiento de la imagen y las interpretaciones de los resultados de los exámenes.

Un PACS, por su parte, es un sistema informático integral para almacenamiento electrónico, recuperación, distribución, comunicación, visualización y procesamiento de imágenes médicas y datos asociados a ellas.

C. Estandarización

Es necesario que los sistemas de información que utilizan las instituciones de prestación de servicios de salud, implementen estándares informáticos internacionalmente reconocidos, con el fin de garantizar la integridad, legibilidad e intercambiabilidad de la información.

Alrededor del mundo existen organizaciones que buscan estandarizar los servicios de salud en las diferentes especialidades médicas desde el punto de vista técnico (redes, comunicaciones, infraestructura, aplicaciones, seguridad) y de la prestación de los servicios.

Integrando las Empresas de Salud (*Integrating the Healthcare Enterprise*, IHE) es una iniciativa que busca mejorar la manera en que los diferentes sistemas de información en salud intercambian información. Para ello, promueve el uso coordinado de los estándares *Health Level 7 (HL7)* y *Digital Imaging and Communication in Medicine (DICOM)* para garantizar la interoperabilidad de los sistemas.

IHE está organizado a través de comités técnicos y de planeación. Uno de sus comités es el de radiología, creado para abordar las cuestiones de interoperabilidad e intercambio de información que impactan la calidad de la atención en el tratamiento de imágenes.

El comité desarrolla un documento técnico (Marco técnico) que agrupa perfiles de integración, los cuales, precisan definiciones de cómo los estándares pueden ser implementados para satisfacer necesidades clínicas específicas. Cada perfil define actores, transacciones e información requerida frente a los casos de uso clínicos, referenciando los estándares de comunicación (DICOM, HL7) y seguridad apropiados. Los actores son sistemas de información o componentes de estos sistemas que producen, gestionan o actúan sobre la información asociada a las actividades operativas de la empresa, y las transacciones son interacciones entre los actores que transfieren la información requerida a través de mensajes basados en estándares.

DICOM es el estándar *de facto* reconocido mundialmente para el intercambio de imágenes médicas [4], concebido para el manejo, almacenamiento, impresión y transmisión. Incluye la definición de un formato de archivo y de un protocolo de comunicación de red.

DICOM define una serie de servicios que se basan en la

arquitectura cliente-servidor (en terminología del estándar el cliente se conoce como SCU y el servidor como SCP). Estos servicios son construidos a partir de un conjunto de elementos de servicio (*DICOM Message Service Elements*, DIMSE): C-STORE, C-FIND, N-CREATE, N-SET, N-ACTION, N-EVENT-REPORT, entre otros. Algunos servicios DICOM son:

- Lista de trabajo de la modalidad (*Modality Worklist*, MWL): Permite a los equipos de imagen (modalidad) solicitar información demográfica del paciente y detalles del estudio que se va a realizar.
- Paso del procedimiento realizado por la modalidad (*Modality Performed Procedure Step*, MPPS): Es ejecutada por una modalidad al inicio y al final de la adquisición de las imágenes para informar el estado del procedimiento (e.g. en ejecución).
- Consulta/Recuperación (*Query/Retrieve*): Permite a una estación de trabajo hacer búsquedas de imágenes en un PACS por ciertos criterios (paciente, fecha de creación, modalidad, etc.) y recuperarlas.
- Almacenamiento (*Storage*): Facilita la transferencia sencilla de imágenes. Le permite a una modalidad enviar imágenes para ser almacenadas.
- Confirmación de almacenamiento (*Storage Commitment*): Es usada para confirmar que una imagen ha sido almacenada permanentemente por un dispositivo.
- Acceso web a objetos persistentes DICOM (*Web Access to DICOM Persistent Objects*, WADO): Servicio basado en la web para acceder y presentar objetos persistentes DICOM (e.g. imágenes). Proporciona un mecanismo sencillo para acceder a los objetos desde páginas HTML a través del protocolo HTTP/HTTPS.

D. Código abierto

Existen componentes y sistemas de información en salud de código abierto que se basan en estándares y facilitan la prestación de servicios de telemedicina. El software de código abierto permite a cualquier usuario estudiar, modificar, mejorar y redistribuir una aplicación.

III. ESTUDIO

Se realizó un estudio a través de la Internet usando el motor de búsqueda de Google, con el fin de identificar los componentes software de código abierto necesarios para la implementación de la plataforma propuesta.

Debido a que el número de referencias obtenidas en una búsqueda es significativamente alto, se tuvieron en cuenta algunas reglas básicas a seguir (e.g. utilización de palabras clave) y se definieron unos criterios de inclusión (e.g. proyectos de código abierto) para los proyectos preseleccionados en dos categorías: Historia Clínica Electrónica (HCE) y visor de imágenes. Para cada categoría se aplican y valoran criterios de selección específicos. El proyecto

con el resultado mayor en la valoración ponderada es el seleccionado.

Los criterios de selección con más peso en la categoría de HCE fueron:

- Escalabilidad Un proyecto de código abierto escalable permite que sea fácilmente modificado y adaptado. Indica la habilidad para extender el margen de operaciones y funcionalidades sin perder calidad en los servicios ofrecidos y sin alterar el funcionamiento normal de la aplicación.
- Funcionalidad: Una aplicación de HCE como mínimo debe recolectar la información personal del paciente, la información clínica referente a medicamentos, alergias y problemas de salud, así como el control de las citas médicas, y las órdenes y los resultados de laboratorio.

De acuerdo con los resultados obtenidos en el estudio, la plataforma de Historia Clínica Electrónica seleccionada es OpenMRS⁴⁶ (*Open Medical Record System*).

OpenMRS fue creada en el 2004 como una iniciativa multiinstitucional, sin ánimo de lucro, liderada por el Instituto Regenstrief⁴⁷ en la Universidad de Indiana (USA) y la Organización No Gubernamental (ONG) estadounidense *Partners In Health*⁴⁸.

OpenMRS es una plataforma flexible de Historia Clínica Electrónica que puede ser adaptada a las necesidades de las instituciones de salud y las organizaciones de investigación. Una de sus principales características es su arquitectura modular que permite a través de módulos extender y agregar cualquier tipo de funcionalidad. Es utilizada alrededor del mundo por más de cien organizaciones para propósitos clínicos y de investigación. Tiene su propia licencia de software, la OpenMRS Public License 1.1 (OPL), la cual permite, entre otros, que el código fuente sea modificado y redistribuido mientras siga siendo abierto.

Los criterios de selección con más peso en la categoría de visor de imágenes fueron:

- Conexión con PACS: Que el visor tenga la capacidad de hacer peticiones y consultas a servidores DICOM para solicitar las imágenes que se desean visualizar, haciendo uso de los mensajes o protocolos establecidos por el estándar.
- Implementación del estándar DICOM: Se requiere como mínimo que sea capaz de mostrar la información de la cabecera DICOM (metainformación) que contiene, entre otros, información del paciente, del procedimiento y de la modalidad.
- Formato de archivos: Es necesario como mínimo que sea capaz de leer imágenes en formato DICOM.

⁴⁶ <http://openmrs.org/>

⁴⁷ <http://www.regenstrief.org/>

⁴⁸ <http://pih.org/>

de software seleccionadas en el estudio y que permiten implementar la plataforma de código abierto para servicios de teleconsulta con soporte de imágenes médicas bajo el estándar DICOM. A continuación se describe cada una.

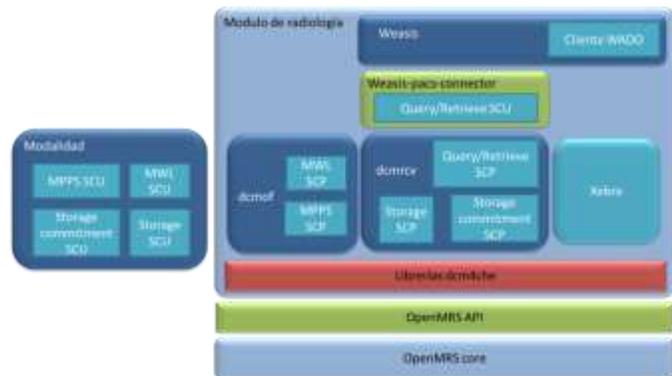


Figura 4. Arquitectura de la implementación de referencia.

OpenMRS: El módulo de radiología se soporta en el núcleo de OpenMRS (*OpenMRS core*) y se comunica con él a través de su API. El núcleo de OpenMRS le proporciona al módulo la información demográfica del paciente (*ADT Patient Registration* de IHE) y permite la creación de órdenes de radiología, laboratorio y medicamentos (*Order Placer* de IHE).

dcmof: Implementa las funcionalidades básicas de un RIS (servicios DICOM MWL y MPPS). Es una utilidad que hace parte del juego de herramientas DICOM *dcm4che2*. Contiene un servidor DICOM que escucha en el puerto 104 (puerto bien conocido de DICOM). Corresponde al actor *Order Filler* de IHE.

dcmrcv: Implementa las funcionalidades básicas de un PACS (servicios DICOM Storage y Storage Commitment). Es una utilidad que hace parte del juego de herramientas DICOM *dcm4che2*. Contiene un servidor DICOM que escucha en el puerto 1112 (puerto registrado por DICOM). Corresponde a los actores *Image Archive* e *Image Manager* de IHE.

Xebra: Implementa un servidor WADO que le permite a Weasis retornar las imágenes que van a ser visualizadas.

Weasis-pacs-connector: Este componente hace parte del proyecto Weasis y permite la conexión del visor con un PACS (*dcmrcv*), pues permite encontrar en el componente PACS el estudio que se va a mostrar.

Weasis: Es el visor de imágenes, el cual hace peticiones WADO a Xebra. Corresponde al actor *Image Display* de IHE.

Modalidad: Cualquiera de los diversos tipos de equipos o de sondas utilizadas para obtener imágenes del cuerpo. Es un componente externo que corresponde al actor *Acquisition Modality* de IHE.

De acuerdo a las transacciones tomadas de IHE y a la implementación de los servicios, se han definido dos escenarios del ambiente de ejecución donde se detalla la comunicación entre cada uno de los componentes en una situación sin errores: la adquisición de imágenes, y la visualización de las mismas. En estos dos escenarios se presenta la implementación del

estándar DICOM por parte del módulo de radiología, dentro del flujo de trabajo.

A continuación se describe la secuencia de acciones que se realizan durante el proceso de adquisición de imágenes (Figura 5):

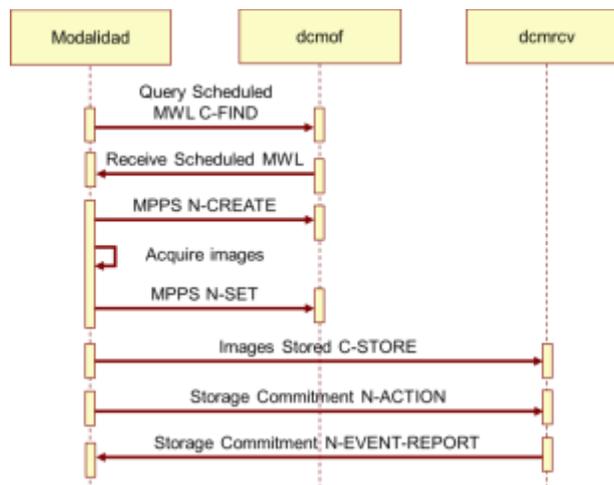


Figura 5. Interacción de componentes Proceso de adquisición de imágenes.

De acuerdo al flujo de trabajo, inicialmente se examina al paciente, se crea una orden y luego se programa la cita. Posteriormente se realiza el proceso de adquisición de las imágenes.

El proceso de adquisición inicia cuando el técnico o tecnólogo en radiología solicita a través de la modalidad, con un mensaje C-FIND al RIS (*dcmof*), una lista de trabajo programado (MWL) de acuerdo a ciertos parámetros de búsqueda (e.g. fecha de realización del estudio, id del paciente, entre muchos otros). La lista de trabajo garantiza la integridad de los datos al mapear la información del RIS a la metainformación DICOM de cada imagen.

La modalidad notifica con un mensaje N-CREATE el estado del proceso (*In progress*), se realiza la adquisición de las imágenes (*Acquire images*) y posteriormente se notifica la finalización del proceso con un mensaje N-SET enviando el estado completado (*Completed*).

Finalmente, la modalidad envía al PACS (*dcmrcv*), con un mensaje C-STORE, las imágenes para que sean almacenadas, y solicita notificación sobre la apropiación de las imágenes por parte del PACS con un mensaje N-ACTION, el cual responde éste con un mensaje N-EVENT-REPORT.

A continuación se describe la secuencia de acciones que se realizan durante el proceso de visualización de imágenes (Figura 6):

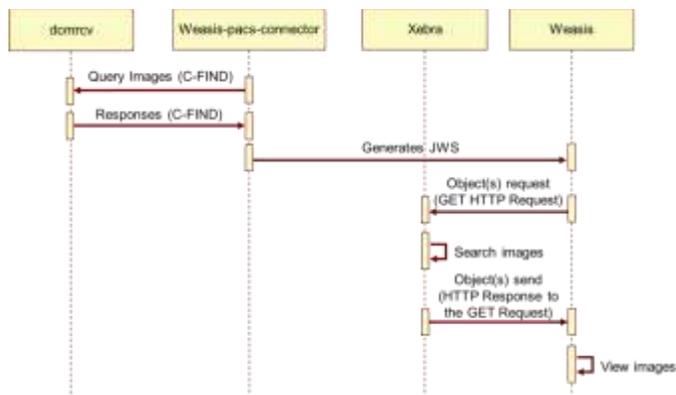


Figura 6. Interacción de componentes Proceso de visualización de imágenes.

Continuando con la ejecución de las tareas del flujo de trabajo, después de la adquisición de las imágenes, el especialista en radiología (radiólogo) accede a las imágenes (proceso de visualización de imágenes), diagnostica y genera un informe.

El proceso de visualización de imágenes inicia cuando un radiólogo solicita un estudio específico a través de la interfaz web del módulo de radiología, lo que produce un mensaje Query (C-FIND) enviado por Weasis-pacs-connector al PACS (dcmrcv), el cual le responde con un objeto DICOM que contiene la imagen y la metainformación asociada.

Entonces Weasis-pacs-connector crea un archivo JWS (*Generates JWS*) que contiene un archivo XML con identificadores (referencias) del objeto solicitado. El archivo JWS es descargado en la estación de trabajo del radiólogo y al ser ejecutado, Weasis (Cliente WADO) realiza una petición GET HTTP con los identificadores del objeto solicitado a Xebra (Servidor WADO). Xebra busca la ruta de las imágenes asociadas al objeto solicitado en la base de datos (*Search images*) de la plataforma y responde con el objeto DICOM correspondiente, que finalmente es mostrado en el visor Weasis (*View images*).

B. Interfaces graficas de usuario

El módulo de radiología tiene una interfaz gráfica de usuario (GUI) de configuración y cuatro principales, que soportan el flujo de trabajo clínico de un departamento de radiología.

GUI Configuración: La configuración del módulo de radiología se hace por medio de las propiedades globales (*Global Properties*) que hacen parte del núcleo de OpenMRS.

GUI Orden de radiología: Esta interfaz gráfica de usuario reutiliza código fuente de la orden del núcleo de OpenMRS y agrega nuevos campos. Presenta al médico un formulario con los campos requeridos para crear una orden de radiología.

GUI Lista de trabajo: Esta interfaz gráfica de usuario presenta una tabla con la lista de trabajo, que consiste en órdenes de radiología (elementos de la lista de trabajo) sobre las cuales gira todo el flujo del departamento de radiología.

GUI Informe de radiología: Esta interfaz gráfica de usuario reutiliza código fuente de la observación (informe) del núcleo de OpenMRS y agrega nuevos campos. Presenta al médico

especialista (radiólogo) un formulario con los campos requeridos para crear un informe de radiología.

GUI Visor de imágenes Weasis: Esta interfaz gráfica de usuario corresponde al visor de imágenes DICOM Weasis, el cual tiene capacidades de visualización (e.g. ampliación, brillo, contraste, mediciones, etc.) y muestra la metainformación DICOM relacionada.

C. Diagrama de despliegue

La arquitectura física describe la configuración de la plataforma para la ejecución en un ambiente del mundo real, presentando la topología física de la implementación de los distintos nodos que intervienen con el sistema y los protocolos de comunicación empleados.

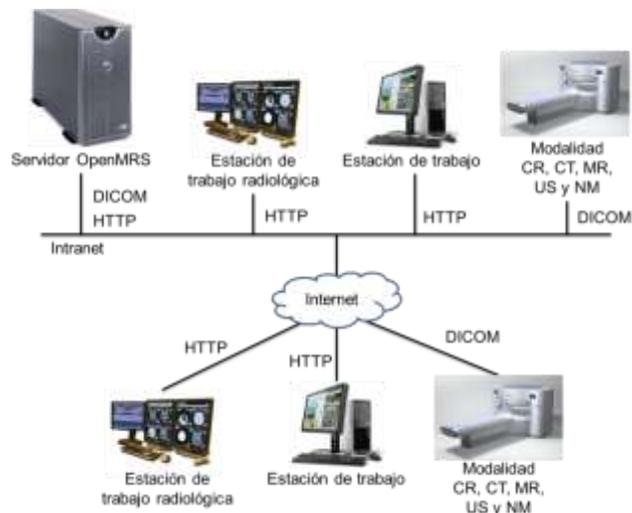


Figura 7. Flujo de trabajo en radiología.

Servidor OpenMRS: Servidor web y DICOM que contiene el módulo de radiología. Puede ser accedido desde la red interna (Intranet) o a través de la Internet.

Estación de trabajo: Computador con conexión de red (Internet y/o intranet) que permite el acceso al servidor OpenMRS a través de un navegador web.

Estación de trabajo radiológica: Estación de trabajo con características de hardware especializadas [9] para la visualización de imágenes DICOM.

Modalidad: Equipo de adquisición de imágenes médicas en formato DICOM en la especialidad de CR, CT, MR, US y NM.

V. EVALUACION

La evaluación del módulo de radiología se realiza por medio de un experimento cualitativo, de acuerdo con lo expuesto por el método DESMET [10]. La evaluación fue realizada por un grupo de tres expertos (dos Especialistas en Radiología y un Ingeniero en Biomédica y Telemedicina) que probaron la aplicación (módulo de radiología) siguiendo el flujo de trabajo en radiología y luego hicieron sus valoraciones resolviendo un cuestionario.

La evaluación se agrupó en cuatro partes: la creación de órdenes de radiología, el manejo de la lista de trabajo, la visualización de imágenes y creación de informes de

radiología, y las características generales del módulo de radiología.

La evaluación requiere un nivel de aceptación que indica si un método o herramienta puede ser aceptado, es decir, que desde el punto de vista funcional sirve para realizar las tareas para las cuales ha sido diseñado. Para esto se definieron algunos criterios de aceptación.

De las veinte preguntas del cuestionario, catorce tienen un nivel de aceptación del cien por ciento (100%) y las seis restantes tienen un nivel de aceptación del sesenta y seis por ciento aproximadamente (~66%). Con lo cual se puede afirmar que el módulo de radiología implementa las funcionalidades requeridas por una aplicación de este tipo.

VI. CONCLUSIONES

- Las comunidades de desarrollo de código abierto con las cuales se trabajó dan prioridad a los resultados que se obtienen al implementar una aplicación (desarrollo ágil) y prestan menos importancia a la planeación y la descripción formal con metodologías de desarrollo (e.g. UML) o diseño de arquitecturas.
- La documentación (wikis, guías de usuario, guías de instalación, etc.) y las herramientas colaborativas (foros, listas de correo, etc.) son fundamentales cuando se trabaja con herramientas de programación desarrolladas por otras personas, pues facilitan su entendimiento e implementación.
- Es indispensable el conocimiento del idioma inglés, ya que es el idioma predilecto de comunicación en todas las comunidades de desarrollo de código abierto con las que se trabajó, debido a su carácter multinacional.
- Es posible la integración de las funcionalidades de diferentes sistemas (i.e. EMR, RIS, PACS) que intervienen en el flujo de trabajo de un departamento de radiología, en un solo sistema que da soporte a las principales características, a través de la integración de componentes de software de código abierto desarrollado por diferentes equipos con distintas técnicas y tecnologías de programación.
- El estándar DICOM requiere de esfuerzo y mucho tiempo para su lectura y comprensión debido al lenguaje técnico que utiliza y a la extensión de la documentación. Esto debe ser tenido muy en cuenta al realizar la planeación de proyectos que lo implementen.
- Diseñar la arquitectura de referencia basada en el perfil de integración Flujo de Trabajo Programado de IHE permite satisfacer requerimientos funcionales cercanos a las necesidades de los diferentes usuarios tal como ha quedado demostrado por los resultados de las evaluaciones funcionales.
- La aplicación desarrollada es revisada por el mentor de la comunidad OpenMRS quien da el aval desde el punto de vista técnico. Se espera su mejoramiento y mantenimiento por parte de otros desarrolladores de la comunidad.
- El módulo de radiología está en condiciones de ser utilizado en un ambiente real en hospitales rurales, sin embargo se considera necesario realizar algunas

modificaciones de acuerdo con las sugerencias del grupo de expertos que participó en el experimento de evaluación funcional para que la aplicación sea 100% funcional.

REFERENCIAS

- Ley 100 de 1993. [En línea]. Secretaria del Senado, 2011. Disponible en: http://www.secretariassenado.gov.co/senado/basedoc/ley/1993/ley_0100_1993.html.
- HIMSS Special Interest Group (SIG). *HIMSS E-Health SIG White Paper*. [En línea]. Healthcare Information and Management Systems Society, 5 de Mayo de 2003. Disponible en: http://www.himss.org/content/files/ehealth_whitepaper.pdf.
- S Priyan. *Increasing scope of Telehealth markets in Europe - A Concise Analysis*. 27 de Mayo de 2009. Disponible en: <http://www.frost.com/prod/servlet/market-insight-top.pag?docid=168892280>.
- BJ Erickson, S Langer, P Nagy. *The role of open-source software in innovation and standardization in radiology*. [En línea]. National Center for Biotechnology Information, Noviembre de 2005. Disponible en: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/17411967>.
- Integrating the Healthcare Enterprise. *IHE Radiology Technical Framework Volume 1*. [En línea]. Integrating the Healthcare Enterprise, 18 de Febrero de 2011. Disponible en: http://www.ihe.net/Technical_Framework/upload/IHE_RAD_TF_Rev10-0_Vol1_2011-02-18.pdf.
- Fundacion Cardiovascular. *Telemedicina/Servicios/Teleradiologia*. s.f. Disponible en: <http://www.fcv.org/Portal/>.
- Radiological Society of North America. *Standard Radiology Report Headings*. [En línea]. Radiological Society of North America, s.f. Disponible en: http://reportingwiki.rsna.org/index.php?title=Standard_Radiology_Report_Headings.
- American College of Radiology. *ACR Practice Guideline for Communication of Diagnostic*. [En línea]. American College of Radiology, 2010. Disponible en: http://www.acr.org/secondarymainmenucategories/quality_safety/guidelines/dx/comm_diag_rad.aspx.
- American College of Radiology. *ACR Standard for Teleradiology*. 1 de Enero de 2003. Disponible en: http://imaging.stryker.com/images/ACR_Standards-Teleradiology.pdf.
- B Kitchenham. *DESMET: A method for evaluating Software Engineering methods and tools*. [En línea]. Department of Computer Science, University of Keele. Technical Report TR96-09. United Kingdom, Agosto de 1996. Disponible en: www.osel.co.uk/desmet.pdf.

ANEXO G

CONVERSACIÓN CON EL MENTOR DEL PROYECTO

Conversación (chat) sostenida entre el mentor del módulo de radiología PhD(c) Saptarshi Purkayastha (Saptarshi) y Juan David Pastas Rivera (me), uno de los autores de este trabajo de grado, el día miércoles primero de febrero de 2012 :

me: hi, have you seen the module?

Saptarshi: yes Juan
its wonderful
Im very impressed!!
although after clicking on the jnlp
I get a NPE
does that work for u??

me: could you try in another pc
it is an error of java

Saptarshi: does it work for u??

me: that we have can not solve till the moment

Saptarshi: yes

me: it would be more wonderful if that error could be solved
did you see the code?

Saptarshi: yes, I looked at the committed code
is that all the code?

me: yes
all the dependencies
are in the repo

Saptarshi: gr8...
I showed the module to a few fellow contributors
and every1 was impressed
only they wanted to see weasis working

me: the error is random in some pcs

Saptarshi: they asked me if you guys could also contribute to the Raxa project:
<https://wiki.openmrs.org/display/projects/Raxa+JSS+EMR>
List of contributors:<https://wiki.openmrs.org/display/projects/Raxa+JSS+EMR+People>
ok...
lemme try on another computer

me: I have a hypothesis of what it could be, it is about the strings handling, it seems that JVM puts extra characters in the url of the weasis config file,

Saptarshi: ohh... I will have a look at it
but have to run now...
going to a meeting

me: ok

Saptarshi: Please look at the Raxa-JSS project... they are very interested to implement your module at their rural hospital and enable telemedicine through it
will be a great contribution
talk to u later then
bye