

Implementación de un sistema de almacenamiento y distribución multi- centro, de imágenes médicas, mediante software libre

Trabajo de fin de grado de Ingeniería Informática

Consultor: Humberto Andrés Sanz

Alumno: Raúl Picado Alonso

Febrero 2015

"When I was 5 years old, my mother always told me that happiness was the key to life. When I went to school, they asked me what I wanted to be when I grew up. I wrote down 'happy'. They told me I didn't understand the assignment, and I told them they didn't understand life."

Origen incierto, atribuida a John Lennon

Agradecimientos

A todos los profesores que he tenido en las diferentes asignaturas que he cursado en la UOC, y en especial a mis tutores a lo largo de los cursos: Antonio Cauto Montiel, y en este Trabajo Final de Grado: Humberto Andrés Sanz. De todos ellos he aprendido que existe otra manera de aprender, con métodos modernos y contenidos actuales, fomentando el aprendizaje activo y práctico, sin necesidad de tener que retener contenidos de memoria. Hoy en día todos los libros de una carrera caben en una pequeña parte de una memoria USB, que se puede llevar en el llavero para su consulta. Lo que hace falta es saber aplicar esos contenidos.

A mi familia, que me ha soportado durante los momentos de estrés, me ha apoyado, y me ha dado todas las facilidades posibles para que pudiese llegar a todas y cada una de las entregas de pruebas, prácticas y finalmente, a los exámenes.

A mis compañeros de trabajo, con los que aprendo algo nuevo cada día, y con los que, pese a agentes externos, conseguimos mantener un ambiente cordial y amigable, que hace que vaya a trabajar con ganas a diario: Jero, Diego, Javi, Sonia, Raquel, David, Maca y Jesús. En especial a Ángel y José Antonio, con los que he discutido algunos de los términos de este proyecto.

Por último pero no menos importante, a mis amigos del grupo ATDP, que siempre están ahí para ayudarme a descargar el estrés, y pasar buenos momentos juntos, que me permiten desconectar cuando es necesario: Fer, Blas, Alber, Jonah, Nacho, David, Rodri, Carlos, Ana, Esther, Víctor y Álvaro.

Resumen de la memoria.

Este trabajo de fin de grado plantea probar la viabilidad de realizar un sistema de almacenamiento y distribución de imágenes médicas, utilizando únicamente software de código abierto, libre distribución, o gratuito.

Actualmente, en el mundo digitalizado en el que vivimos, es mucha la información digital que se genera. Muchas pruebas diagnósticas de pacientes son ya digitales, ofreciéndonos las ventajas que ello conlleva: que pueden ser distribuidas y almacenadas fácilmente, y que pueden mantenerse junto con el resto de la historia clínica electrónica del paciente. Esto no siempre es así, ya que aunque para la imagen radiológica, se lleva años haciendo, cada vez son más los departamentos hospitalarios que generan imagen clínica, y que no disponen de este tipo de soluciones.

El sistema que se presenta en este trabajo, trata de dar una solución a este tema y a la vez mantener unos costes muy reducidos, ya que el principal problema para la no implantación de estos sistemas, suelen ser los altos costes que plantean. Generalmente son soluciones comerciales con altos costes de implantación, adquisición de licencias, y mantenimiento.

El proyecto plantea también la posibilidad de ser un sistema multi-centro, pudiendo almacenar múltiples identidades del paciente (las propias de cada hospital, más otras como DNI, número de la S.S., etc.), sirviendo de repositorio centralizado de imágenes médicas, que luego se puedan consultar desde cada uno de los centros.

Durante la memoria, se ofrecerá una introducción al proyecto, motivando sus objetivos y justificándolo y se mostrará la planificación seguida durante este trabajo de fin de grado.

A continuación, se ofrecerá una pequeña introducción a los protocolos de comunicación sanitaria utilizados, para la comprensión de los capítulos siguientes.

Más adelante, se analizará el alcance del proyecto y sus requisitos. En torno a ellos se mostrará el diseño de la solución.

Por último, se ofrecerá una guía de la implementación realizada, y se mostrará una prueba del sistema sobre una maqueta en forma de máquina virtual (entregada junto con esta memoria), simulando un flujo de trabajo completo.

Tabla de contenido

Agradecimientos	2
Resumen de la memoria.	3
1. Introducción	8
1.1. Justificación del TFG y contexto en el cual se desarrolla: punto de partida y aportación del TFG.	8
1.2. Objetivos del TFG.....	10
1.3. Enfoque y método de trabajo.	10
1.4. Planificación del proyecto.....	12
1.5. Productos obtenidos	14
1.6. Breve descripción del resto de capítulos	15
2. Introducción a los conceptos fundamentales.....	16
2.1. Introducción al protocolo DICOM.....	16
2.1.1. Contenido de estándar.	16
2.1.2. Estructuras de datos DICOM.....	17
2.1.3. Servicios DICOM de red.....	19
2.1.4. Transmisión de información.....	20
2.1.5. Pliegos de conformidad	20
2.2. Introducción al protocolo HL7 (Health Level Seven).....	21
2.2.1. Mensajes HL7	21
2.2.2. Segmentos HL7	23
2.2.3. Caracteres de control.....	24
3. Gestión del alcance y requisitos del sistema	26
3.1. Introducción	26
3.2. Toma de requisitos.....	26
3.2.1. Registro de interesados.....	27
3.2.2. Registro de requisitos.	28
3.3. Definición del alcance.....	30
4. Diseño de la solución.....	32
4.1. Decisiones de diseño y justificación	32
4.2. Definición del flujo de información	34
4.3. Selección de los paquetes de software.....	37

5.	Implementación y pruebas del sistema.....	40
5.1.	Proceso de instalación.....	41
5.1.1.	Sistema operativo.....	41
5.1.2.	JBoss, dcm4chee y creación base de datos.....	42
5.1.3.	Instalación de los visores.....	44
5.1.4.	Configuraciones particulares.....	44
5.2.	Arranque de la máquina virtual y análisis de las herramientas.....	46
5.2.1.	Interfaz de administración de dcm4chee.....	46
5.2.2.	Interfaz de administración de JBoss.....	48
5.2.3.	Visor Weasis.....	50
5.2.4.	Visor Oviyam.....	50
5.2.5.	Visor para plataformas móviles iOviyam.....	51
5.3.	Proceso de pruebas.....	52
5.3.1.	Citación.....	54
5.3.2.	Creación del paciente y publicación de lista de trabajo (MWL).....	57
5.3.3.	Realización de la prueba y envío del estudio.....	59
5.3.4.	Visualización de la prueba.....	61
5.3.5.	Comprobación de la accesibilidad del paciente por sus múltiples identidades desde programas externos.....	62
6.	Conclusiones.....	64
7.	Glosario.....	65
8.	Referencias.....	67
9.	Anexos.....	69
9.1.	Anexo I: Contenido del fichero orm2dcm.xml, para configurar la entrada de los parámetros HL7.....	69

Índice de ilustraciones

Ilustración 1: Metodología de gestión de proyectos	11
Ilustración 2: Metodología de desarrollo de proyectos	11
Ilustración 3: primera estimación de la planificación	12
Ilustración 4: Planificación después de acotar especificaciones	13
Ilustración 5: Algunos de los principales atributos que componen una imagen DICOM 18	
Ilustración 6: Modelo jerárquico de estudios DICOM	19
Ilustración 7: Ejemplo de mensaje ADT^A01 en texto plano. Fuente: Wikipedia	24
Ilustración 8: Principios SMARTT	27
Ilustración 9: Diseño bottom-up de los componentes del sistema.....	33
Ilustración 10: Esquema de arquitectura	34
Ilustración 11: Esquema del flujo de información de la solución	35
Ilustración 12: Diagrama de secuencia del flujo de información.....	36
Ilustración 13: Diagrama de secuencia de la presentación de las imágenes al HCE...	36
Ilustración 14: diagrama de secuencia con dicomización de imágenes	37
Ilustración 15: Modelo de datos de la BD pacsdb utilizado por dcm4chee	43
Ilustración 16: Pantalla de administración de dcm4chee.....	47
Ilustración 17: Detalle de las opciones de visualización sobre los parámetros del paciente o del estudio.....	47
Ilustración 18: Configuración del resto de entidades DICOM.....	48
Ilustración 19: Información sobre la memoria java usada por el sistema. Parte de la información presente en la pestaña Dashboard	48
Ilustración 20: web de administración de JBoss.....	49
Ilustración 21: ejemplo de un estudio de angiografía multiframe, desde el visor Weasis 50	
Ilustración 22: Imagen angiográfica multiframe, desde el visor Oviyam.....	51
Ilustración 23: imagen de resonancia magnética desde el visor Oviyam	51
Ilustración 24: Mosaico de fondo de ojo visto desde el visor para plataformas móviles iOviyam.....	52
Ilustración 25: Diagrama de secuencia del ciclo de información	53
Ilustración 26: Esquema del flujo de información y pasos de las pruebas.	54
Ilustración 27: Mensaje HL7 ORM^O01 para las pruebas.....	55
Ilustración 28: Envío de mensaje HL7 desde la herramienta SmartHL7 Message Sender	56

Ilustración 29: Paciente creado en la base de datos a través de un mensaje HL7	57
Ilustración 30: Paciente en la base de datos, con sus múltiples identidades	57
Ilustración 31: lista de trabajo mostrando la cita para el paciente de prueba	58
Ilustración 32: Lista de trabajo con las propiedades del paciente desplegadas, mostrando la secuencia de identificadores alternativos	58
Ilustración 33: Resultados de la petición desde el emulador de DICOM MWL	59
Ilustración 34: Envío de las imágenes al PACS	60
Ilustración 35: Estudio almacenado en el PACS	60
Ilustración 36: Estudio con las propiedades del paciente desplegadas mostrando sus múltiples identidades.	60
Ilustración 37: Retinografía visualizada con Weasis	61
Ilustración 38: Retinografía visualizada con Weasis	61
Ilustración 39: Misma retinografía visualizada desde un SmartPhone mediante el visor para plataformas móviles.....	62
Ilustración 40: Petición DICOM Query mediante la herramienta dcmqr	63

Índice de tablas

Tabla 1: tipos de mensajes HL7 más comunes.....	22
Tabla 2: Segmentos HL7 más comunes.....	23
Tabla 3: caracteres de control comunes en HL7	24
Tabla 4: Registro de interesados.....	28
Tabla 5: Registro de requisitos	29
Tabla 6: Resumen de requisitos y posible cobertura.....	30

1. Introducción

A la hora de enfrentarme a la decisión de escoger un proyecto como conclusión al grado en Ingeniería Informática que estoy cursando, se me plantearon varias opciones, pero tenía claras dos premisas: que tuviese una aplicación práctica y útil, y que estuviese relacionado con el entorno sanitario, en el que me desenvuelvo profesionalmente. Por estos motivos me puse a pensar en las demandas que existían en este entorno, y que no se estaban pudiendo cubrir en su totalidad en estos momentos de restricción económica, tanto en la administración pública, como en la empresa privada. Finalmente me decante por este proyecto: “*Implementación de un sistema de almacenamiento y distribución multi-centro, de imágenes médicas, mediante software libre*”, que cumple con mis premisas, y que pasaré a justificar a continuación.

1.1. Justificación del TFG y contexto en el cual se desarrolla: punto de partida y aportación del TFG.

En la sociedad global en la que vivimos, cada vez es más importante el acceso a la información. En un entorno sanitario, es de vital importancia, el que los profesionales tengan acceso a la información del paciente desde cualquier lugar, aunque el paciente se haya realizado pruebas en diferentes centros, diferentes provincias, o incluso diferentes países.

Actualmente, la gran mayoría de la información clínica generada para un paciente, es digital, o se puede digitalizar, para incorporar a su historia clínica electrónica. Entre otras cosas, se puede incorporar a la información clínica de un paciente, sus analíticas, sus informes, y sus imágenes radiológicas, por ejemplo. Respecto a esto último, durante la última década, se ha conseguido que en casi todos los centros, las pruebas radiológicas de un paciente queden asociadas a su historia clínica. Esto se consiguió mediante la adopción, por parte de todos los fabricantes de hardware y software, de los mismos estándares, entre ellos el standard DICOM (*Digital Imaging and Communications in Medicine*) [\[Glosario\]](#) [\[7\]](#) [\[15\]](#) [\[26\]](#). Esto no suele ser así para pruebas de carácter no radiológico, donde el estándar DICOM no se ha aplicado desde hace tanto tiempo. Los centros hospitalarios, necesitan soluciones de almacenamiento y distribución de la imagen generada en departamentos como cardiología, oftalmología, dermatología, cirugía endoscópica...

Esta imagen almacenada, debe quedar asociada al historial del paciente, y ser además distribuible para que pueda ser consultada por los profesionales que lo necesiten, y por supuesto, salvaguardando también la seguridad de acceso a datos de pacientes. Esto que parece algo trivial, no es en realidad tan fácil: cada centro hospitalario mantiene históricamente su base de datos, con sus identificadores de pacientes, sus aplicaciones propias para la gestión de pacientes, citas... Por eso es necesario que las aplicaciones del centro se comuniquen entre sí, pero se guarden unos estándares y se adapten los sistemas para que sean capaces de comunicarse entre centros. Uno de los estándares de comunicación más empleado en la actualidad, que garantiza la interoperabilidad entre sistemas, es el HL7 (*Health Level Seven*) [\[Glosario\]](#) [\[22\]](#) [\[2\]](#) [\[10\]](#). El fin último es que si es necesaria la consulta de datos e imágenes del historial de un paciente, desde otro centro, exista esta posibilidad de forma sencilla.

Además, estos sistemas hasta ahora estaban en manos de grandes compañías. La implantación de un PACS (*Picture Archiving and Communication System*) [\[Glosario\]](#) en un centro hospitalario, suele implicar unos costes de inversión considerables. Desde hace unos años, se ha estado trabajando en una solución de software libre para PACS [\[4\]](#). No obstante, esta solución depende de más software: servidor de aplicaciones, bases de datos... y de un visor de imágenes DICOM que conecte con este sistema, y pueda servir las imágenes a los peticionarios. A su vez, se debe cerrar todo el circuito de trabajo, desde la citación, hasta que llega la imagen al PACS, pasando por las modalidades (equipos capaces de recibir la lista de citas, o *DICOM Worklist* [\[Glosario\]](#), generar imagen DICOM y transmitirla para su almacenamiento en un PACS). Por todo esto, no es una implantación trivial que se resuelva con una instalación por defecto de unos paquetes de software.

Por estos motivos, se cree necesario el estudio de este proyecto como trabajo de fin de grado; dotar de una solución de almacenamiento y distribución de imagen clínica, integrada con posibles aplicaciones de historia clínica, centralizada para su consulta desde múltiples centros, y realizada mediante software de libre distribución.

1.2. Objetivos del TFG.

Después de exponer la justificación y conveniencia del proyecto, se constituye como objetivo principal del presente trabajo, el diseño de un sistema centralizado de almacenamiento y distribución de imagen médica, con las siguientes características:

- Pensado para la imagen no radiológica de varios centros, conectados entre sí, aunque no está exento de poder extenderse a cualquier tipo de imagen DICOM generada en el entorno sanitario.
- Abordable mediante software disponible bajo licencias de libre distribución, siendo solo necesaria la inversión en hardware y recursos humanos, reduciendo los costes de implantación de un sistema comercial de estas características.
- Centralizado, recogiendo imágenes de varios centros médicos, y distribuyéndolas entre cualquiera de ellos, siendo un repositorio central, pero teniendo en cuenta las diferentes identidades de los pacientes entre los centros.
- Integrado con otros sistemas de información clínica y la historia clínica del paciente.

Como objetivo personal, se ha propuesto el realizar un proyecto de utilidad real para un entorno real, como es el sanitario, en el que actualmente hay escasez de inversiones, y en el que es importante ofrecer nuevas soluciones y alternativas de mejora, conteniendo los costes de inversión, y mejorando la calidad de la información relativa a los pacientes.

Por último, pero no menos importante, el objetivo final es aprovechar el trabajo para aprender sobre este entorno, y poder aportar estos nuevos conocimientos adquiridos para mejorarlo, de cara al futuro.

1.3. Enfoque y método de trabajo.

El enfoque y metodología a seguir durante este trabajo, estará guiado por una serie de entregables, que vendrán estipulados en el calendario de la asignatura. Estos entregables coincidirán con las fases metodológicas típicas de la gestión de proyectos. Con un proceso iterativo en las fases de planificación, ejecución y control, de tal manera que si se aprecian desviaciones o mejoras, se puedan implementar en una siguiente iteración.



Ilustración 1: Metodología de gestión de proyectos

En cuanto a la ejecución del proyecto, seguirá la metodología clásica de desarrollo de proyectos.



Ilustración 2: Metodología de desarrollo de proyectos

Esta metodología se particularizará para este proyecto en concreto, ya que el diseño de la infraestructura es algo ya pensado de antemano por los creadores de los paquetes de software involucrados, y a los flujos de trabajo pensados para un sistema

de almacenamiento y distribución de la imagen médica, por lo que en este sentido, los requisitos están ya establecidos.

1.4. Planificación del proyecto

A lo largo del desarrollo del proyecto, se desarrollaron dos planificaciones: una primera estimación, que fue completada con otra posterior a la toma de requisitos, donde ya se pudo concretar más adecuadamente. Adicionalmente, desde el comienzo del trimestre, se han marcado una serie de hitos que han ayudado al desarrollo del mismo.

Durante la primera fase de estimación de la planificación, se realizaron los siguientes hitos:

- PEC1: Introducción del proyecto y desarrollo del plan de trabajo – 13/10/14

En este desarrollo del plan de trabajo se realizó una primera estimación, de manera más gruesa, a la espera de acotar especificaciones y requisitos. El resultado de esta primera planificación se reflejó en un primer diagrama de Gantt.

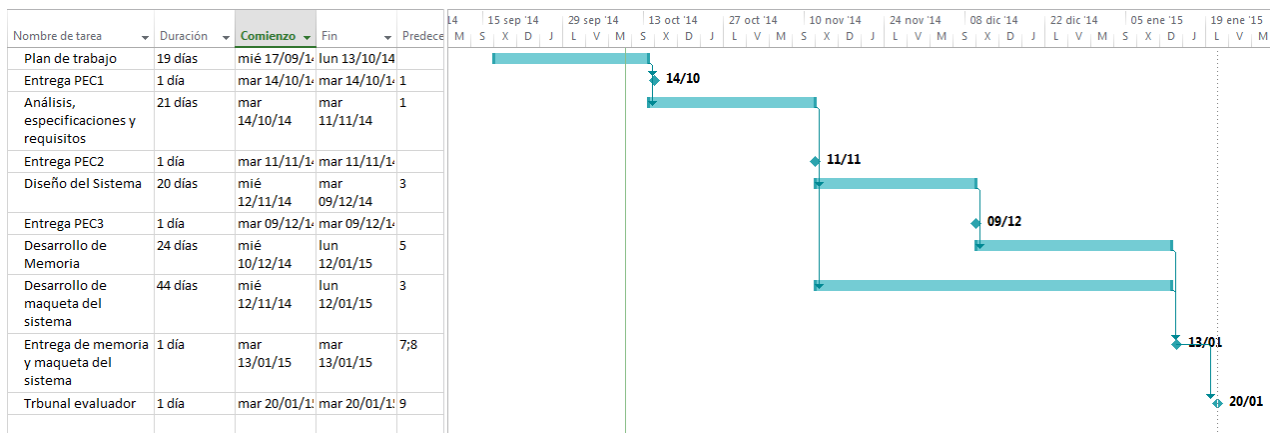


Ilustración 3: primera estimación de la planificación

- PEC2: Análisis, especificaciones y requisitos – 11/11/14

En el segundo hito, se realizó una fase de análisis exhaustivo, y por lo tanto se concretaron las especificaciones y requisitos [Cap 3], surgiendo una nueva planificación:

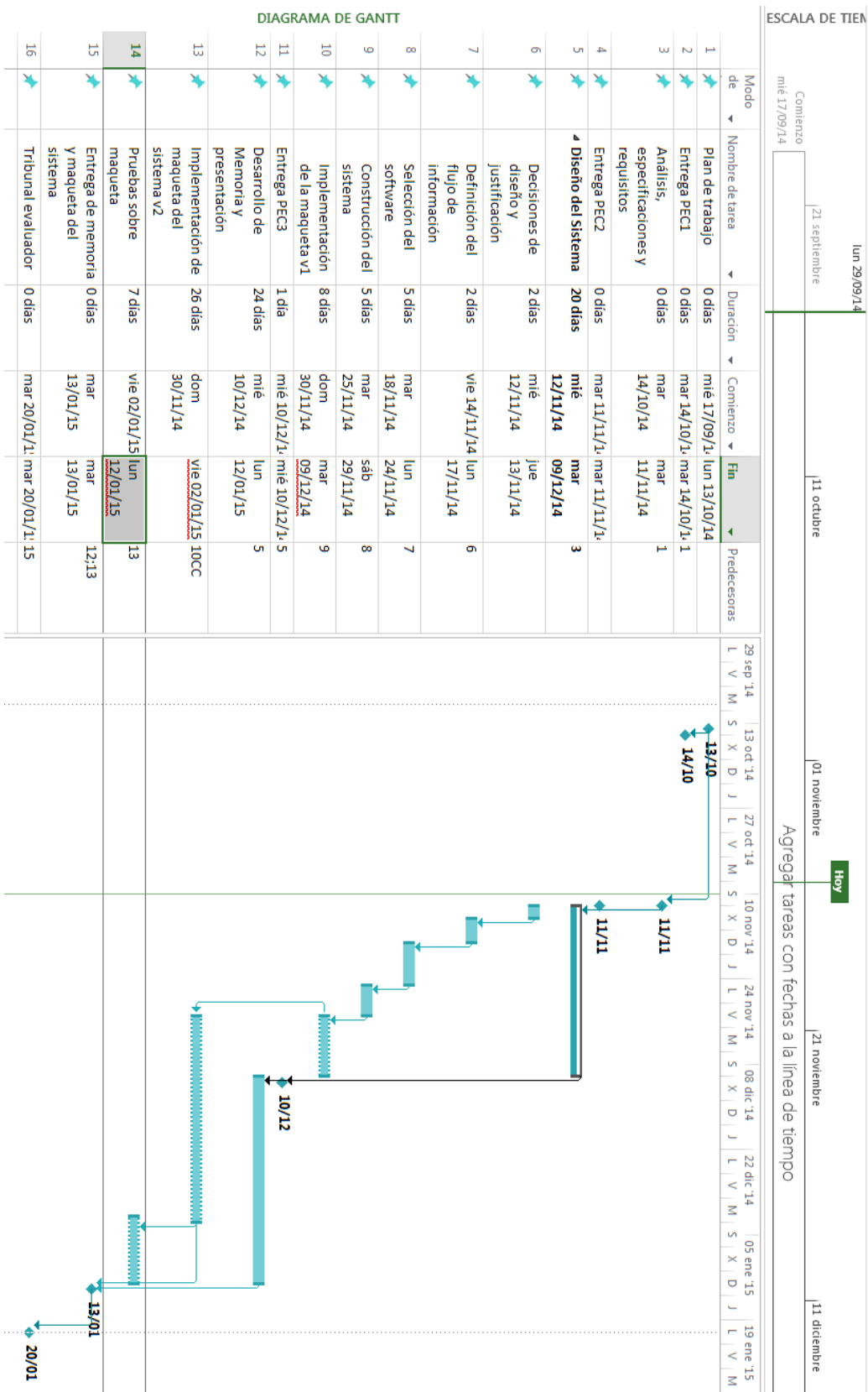


Ilustración 4: Planificación después de acotar especificaciones

Al ser un trabajo de fin de grado individual, toda la carga va a recaer sobre la misma persona, por lo que no tiene mucho sentido asignar tareas a un único recurso.

Los hitos posteriores a esta planificación fueron los siguientes:

- Entrega de la PEC3 (09/12/14) Donde se entregaría la documentación con las características, justificación y diseño del sistema, así como una primera versión de una maqueta operativa.

Para el cumplimiento de este hito, se deberían haber realizado las siguientes tareas:

- Decisiones de diseño, y justificación.
 - Definición del flujo de información.
 - Selección de los paquetes software.
 - Construcción del sistema en estrategia *bottom-up* [24]
 - Implementación en una primera versión de la maqueta.
- Entrega de la Memoria (13/01/15)

Igualmente, para el cumplimiento de este hito, se deberían haber realizado las siguientes tareas:

- Pruebas funcionales del sistema.
- Implementación de la versión final de la maqueta.
- Entrega de la presentación

1.5. Productos obtenidos

Aunque el alcance del proyecto se definirá más adelante [Cap 3.3], Ahora se enumeran brevemente los productos finales que se entregarán, a modo de referencia:

- Memoria del proyecto, conteniendo la planificación, diseño del sistema completo, implementación y pruebas realizadas.
- Maqueta, en formato de máquina virtual, conteniendo el sistema central del proyecto, sobre el que se realizarán las pruebas de concepto:
 - Sistema de almacenamiento de imágenes.
 - Herramienta de administración.
 - Visores web para consultar los estudios desde diferentes plataformas.

- Módulo de integración con otros sistemas de gestión hospitalaria, fundamentalmente para la recepción de citas, y gestión de pacientes.

1.6. Breve descripción del resto de capítulos

En los siguientes capítulos se continuará con la metodología ya presentada.

- En el capítulo 2 se realizará una breve introducción a los conceptos que se consideran fundamentales en el proyecto, para su comprensión en los capítulos sucesivos.
- En el capítulo 3 se expondrá un análisis de las especificaciones y requisitos que ha de tener nuestro proyecto.
- En el capítulo 4 se ofrecerá el diseño completo del sistema, y la explicación de las decisiones tomadas para llegar a esa solución.
- Por último, en el capítulo 5, se mostrará la implementación de parte del sistema sobre una maqueta en forma de máquina virtual, y se desarrollarán las pruebas necesarias para comprobar su funcionamiento y ofrecer la certeza de que los conceptos planteados funcionan.

2. Introducción a los conceptos fundamentales.

En este capítulo se explica una breve introducción a los protocolos DICOM y HL7, que serán fundamentales más adelante, y que son necesarios entender.

2.1. Introducción al protocolo DICOM

El protocolo DICOM es un conjunto de especificaciones que intervienen en la creación, transmisión y almacenamiento de imagen médica. En los años 70, con el comienzo de la tomografía computerizada (CT: lo que hoy conocemos como escáneres o TAC (tomografía axial computerizada)), se empezaron a generar las primeras imágenes médicas digitales. A partir de entonces empezaron a surgir las primeras soluciones sobre cómo manejar y almacenar estas imágenes, y se observó la dificultad que representaba comunicar dispositivos de varios fabricantes distintos, a la hora de transmitirse esta información. Por este motivo, se creó en 1983 un grupo encargado de elaborar un estándar, con miembros del *American College of Radiology* (ACR) y la *National Electrical Manufacturers Association* (NEMA). Este estándar no consiguió ser un éxito, pero sí que estableció los pilares de lo que más adelante fue el protocolo DICOM (*Digital Imaging and Communications in Medicine*). El principal objetivo del estándar DICOM fue el de crear una plataforma abierta (independiente de fabricantes) para comunicar y almacenar imágenes médicas y sus datos. Se publicó en 1993 y desde entonces se ha seguido desarrollando y garantizando la interoperabilidad en las comunicaciones y transmisiones de imagen médica entre diferentes sistemas y fabricantes.

2.1.1. Contenido de estándar.

DICOM va más allá de ser un conjunto de definiciones para el intercambio de información. Además de eso, define:

- Las estructuras de datos y formatos de las imágenes médicas y la información que va asociada a ellas.
- Los servicios orientados a las comunicaciones mediante redes de datos:
 - Trasmisión de imágenes.
 - Peticiones a los servidores de imágenes (PACS [\[Glosario\]](#))
 - Impresión y copia de imágenes.
 - Integraciones entre RIS [\[Glosario\]](#), PACS [\[Glosario\]](#) y Modalidades [\[Glosario\]](#).

- Formatos para el almacenamiento de las imágenes.
- Requisitos y pliegos de conformidad para que el hardware y software que intervienen en el flujo de información DICOM, cumplan los estándares.

2.1.2. Estructuras de datos DICOM

Una imagen DICOM se compone de un listado de elementos de datos, también llamados atributos o incluso etiquetas (*DICOM tags*), que contienen la información relativa a la imagen. Esta información puede contener datos relativos tanto al paciente (nombre, identificación, edad, sexo...), como a la modalidad y procedencia de la imagen (parámetros con los que se ha realizado la prueba, dosis de radiación suministrada, tipo de contraste utilizado...) o de la imagen en sí (resolución, niveles de brillo y contraste, información sobre la escala de grises o colores utilizada...), entre otros.

Para cada modalidad, el protocolo DICOM define que atributos son obligatorios y cuales pueden omitirse. Esta flexibilidad es a la vez parte del éxito del protocolo DICOM, pero también una de sus debilidades, ya que los fabricantes, tienden a no incluir la información al completo, limitándose tan sólo a la obligatoria, a la que añaden unos atributos usados a nivel interno de manera privada.

Los datos o atributos DICOM de la imagen, van encapsulados bajo una cabecera que los identifica. Algunos de estos atributos se muestran en la ilustración 5, a continuación:

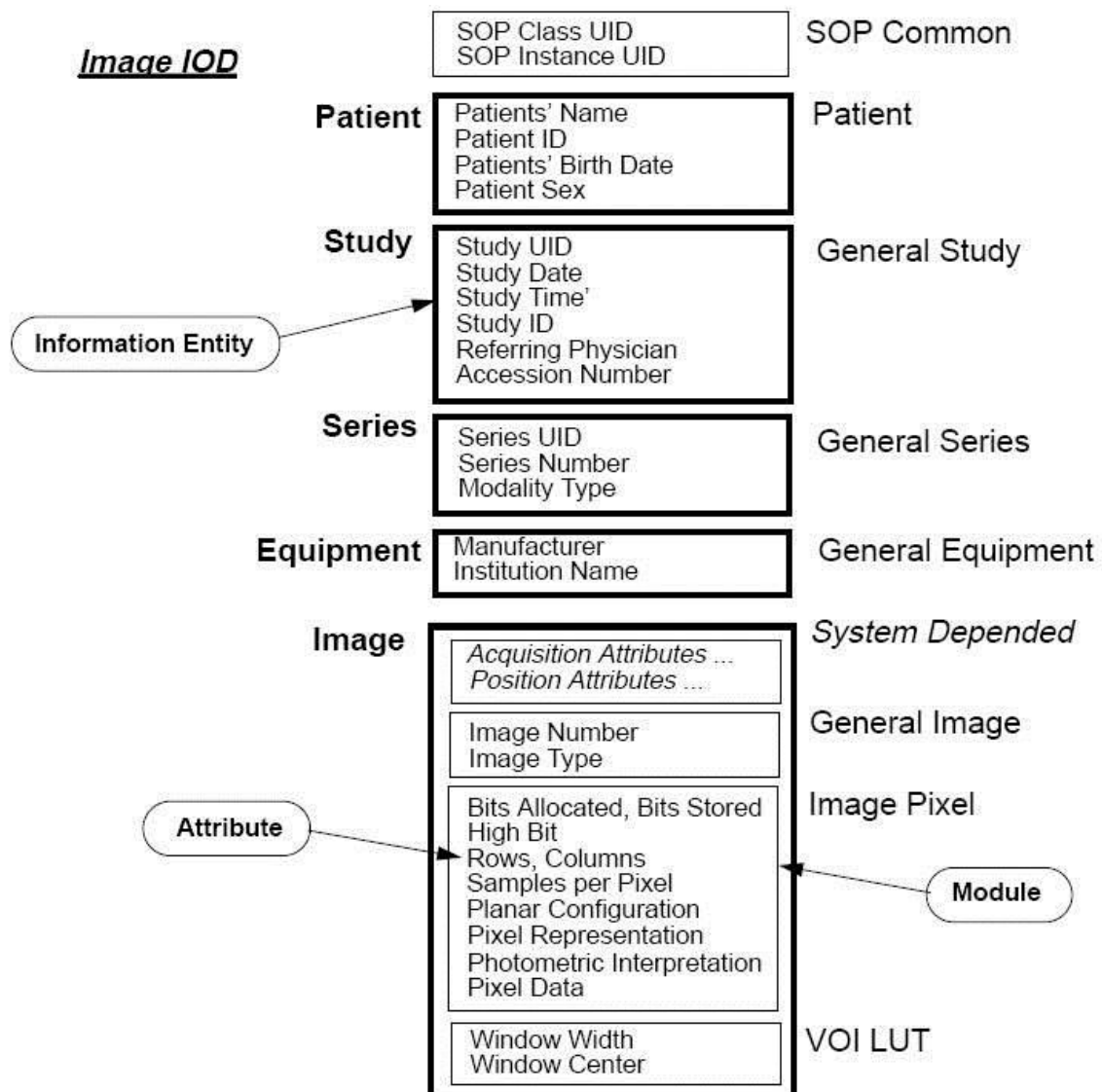


Ilustración 5: Algunos de los principales atributos que componen una imagen DICOM. Fuente: dcm4chee.org [7]

En el modelo DICOM, cada paciente puede tener de 1 a n estudios, cada estudio consistir en 1 a n series, y cada serie contener de 1 a n objetos DICOM (normalmente imágenes, pero también pueden ser informes, vídeos...). Estos estudios y sus elementos van ordenándose en un árbol jerárquico, tal y como se muestra en la siguiente ilustración:

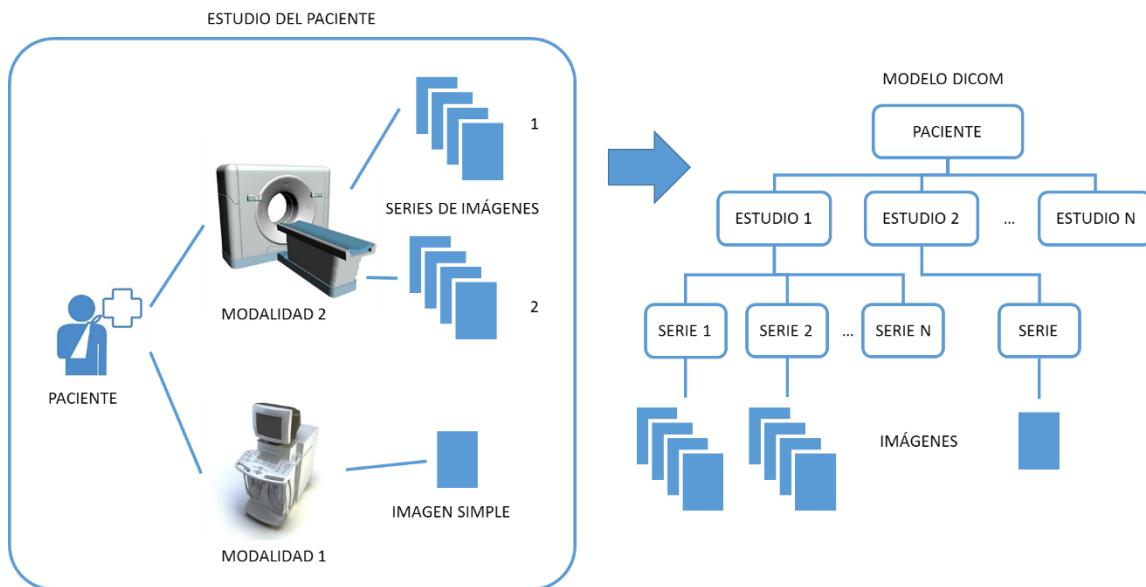


Ilustración 6: Modelo jerárquico de estudios DICOM

2.1.3. Servicios DICOM de red

Los servicios DICOM de red están basados en el concepto cliente / servidor. En el caso de que dos entidades DICOM quieran cambiar información, se debe establecer una conexión en la que se acuerden los siguientes parámetros:

- Quién es el cliente, y quién el servidor.
- Que servicios DICOM se van a usar.
- En que formato se va a intercambiar los datos (por ejemplo, comprimidos o sin comprimir).

Solo si ambas entidades están de acuerdo en los parámetros comunes, se puede establecer la conexión y comenzar la trasmisión de datos. El servicio DICOM más común es el de transmisión y almacenamiento de imágenes (DICOM storage: Storage Service Class), pero existen otros muchos, entre ellos, algunos básicos son:

- DICOM Query / Retrieve Service Class: que permite buscar imágenes en un PACS mediante ciertos criterios de búsqueda (identificador de paciente, fecha, tipo de modalidad...) y descargarse o transmitir esos estudios entre entidades DICOM.
- DICOM Modality Worklist: que permite servir listas de trabajo actualizadas a las modalidades, incluyendo los datos del paciente y de la prueba. De esta

forma las modalidades ya cuentan con los datos de los estudios que se van a realizar en ella, con anterioridad, y sin que haya que introducir ningún dato de forma manual.

- DICOM Print (Print Management Service Class): aunque actualmente en desuso, debido a la proliferación de las estaciones de diagnóstico, este servicio permite acceder a impresoras láser o cámaras, e imprimir imágenes DICOM desde múltiples modalidades, sobre una red TCP/IP.

2.1.4. Transmisión de información

Desde su nacimiento, el protocolo DICOM estuvo enfocado al intercambio de estudios entre entidades DICOM de muy diferente naturaleza. Imaginemos que una imagen DICOM puede generarse en una modalidad de la marca A, almacenarse mediante los servicios DICOM de un PACS de la marca B, en unos discos duros de marca C, y finalmente visualizarse con una estación de diagnóstico D, con un visor DICOM del fabricante E. Por esta razón había que asegurar desde el principio la compatibilidad e interoperabilidad entre los diferentes fabricantes y el intercambio de información. En este sentido, el estándar DICOM define:

- Qué tipo de imágenes van presentes en la transmisión.
- Qué formatos de codificación y esquemas de compresión se van a usar.
- Qué tipo de medio de almacenamiento se va a usar, en el caso de que se vayan a grabar en un DVD, por ejemplo.

Además de las imágenes DICOM, si estas se han descargado o grabado en un DVD, el protocolo incluye el llamado "Directorio DICOM, o DICOMDIR", que contiene información que permite navegar o buscar rápidamente entre las diferentes series e imágenes.

2.1.5. Pliegos de conformidad

El protocolo DICOM, requiere que para validar cada dispositivo, entidad DICOM, o software, se escriba un pliego de conformidad indicando que partes se cumplen del protocolo DICOM, y en qué términos. El formato de este pliego lo define el mismo estándar. En general, cada pliego de conformidad debe indicar que servicios y opciones DICOM cumple el dispositivo, que otras extensiones o particularidades ha implementado el fabricante, y como se comunica este dispositivo con otros sistemas DICOM. En teoría,

comparando los pliegos de conformidad DICOM de dos dispositivos, se puede establecer si se podrán comunicar entre sí, o no.

2.2. Introducción al protocolo HL7 (Health Level Seven)

HL7 es un lenguaje que permite el intercambio y el proceso uniforme, consistente y estándar de información médica entre dispositivos médicos, y organizaciones sanitarias. Actualmente se usa para comunicar desde citas, información demográfica de pacientes, resultados de analíticas... hasta para mandar información de gestión de materiales, o incluso facturas.

Health Level Seven, como organización, está acreditada por los estándares ANSI de desarrollo. Se constituyen comités de trabajo en los países del mundo que soportan el estándar, que velan por el cumplimiento y constante desarrollo de su normativa, llegando a consensos y generando la documentación adecuada para acreditar el intercambio de información entre aplicaciones sanitarias diferentes.

2.2.1. Mensajes HL7

Los mensajes HL7 transmiten datos entre dos sistemas diferentes entre sí. Un mensaje HL7 consiste en un grupo de segmentos, incluidos en una secuencia definida, pudiendo ser cada uno de estos segmentos, opcionales, obligatorios, o incluso repetibles.

El tipo de mensaje HL7 define el fin del mismo. Este tipo de mensaje se identifica por un código de tres letras en su cabecera (primer segmento: MSH). El envío del mensaje se inicia a partir de un evento disparado por la aplicación generadora, y que inicia el envío y la comunicación del mensaje, según sea el tipo del mensaje. Tanto el tipo del mensaje que es, como el evento que lo dispara, se encuentran en la posición 9 del segmento de cabecera MSH (referida como MSH.9). Por ejemplo, si el MSH.9 contiene el valor ADT^A01, significa que "ADT", es el tipo de mensaje (*Admit, Discharge, Transfer*), y A01 es el evento que lo dispara, en este caso, "A01" es la creación de un nuevo paciente. En el estándar HL7, al mensaje ADT^A01 se lo conoce como "*Patient Admit*".

Cada tipo de mensaje con su disparador, tienen un formato de segmentos que lo componen, que puede ser diferente entre sí. Por este motivo, al enviar o recibir mensajes, es crucial que se seleccione el tipo y el disparador adecuados, ya que si no,

no se dispararía el envío del mensaje en el momento correspondiente, o este no contendría los datos necesarios.

Los tipos de mensajes HL7 más comunes son:

Código	Uso
ACK	<i>General acknowledgement</i> : se utiliza como contestación general, a modo de acuse de recibo
ADT	<i>Admit discharge transfer</i> : para operaciones de entrada, modificación, fusiones o transferencia de pacientes.
BAR	<i>Add/change billing account</i> : operaciones sobre cuentas.
DFT	<i>Detailed financial transaction</i> : operaciones económicas.
MDM	<i>Medical document management</i> : gestión sobre los documentos médicos.
MFN	<i>Master files notification</i> : Notificaciones de ficheros maestros
ORM	<i>Order</i> : mensaje usado comúnmente para citas, y modificaciones, cancelaciones o reprogramaciones sobre las mismas.
ORU	<i>Observation result (Unsolicited)</i> : Comunicaciones sobre resultados clínicos.
QRY	<i>Query, original mode</i> : Peticiones de datos.
RAS	<i>Pharmacy/treatment administration</i> : Administración de tratamientos farmacológicos
RDE	<i>Pharmacy/treatment encoded order</i> : peticiones codificadas sobre tratamientos farmacológicos.
RGV	<i>Pharmacy/treatment give</i> : grabación en historiales de medicación suministrada.
SIU	<i>Scheduling information unsolicited</i> : Gestión de citas no programadas (ej: urgencias)

Tabla 1: tipos de mensajes HL7 más comunes

2.2.2. Segmentos HL7

Un segmento es un grupo de campos que contienen varios tipos de datos. Cada segmento es independiente y puede utilizarse en múltiples mensajes. En ocasiones, y dependiendo del tipo de mensaje, un segmento puede ser obligatorio u opcional.

Al igual que los tipos de mensaje, los segmentos se identifican por un código de tres letras, denominado “*Segment ID*”. Los “*Segment ID*” con código que empiezan por “Z”, están reservados para datos particulares que se escapen del estándar HL7.

El que un segmento particular se incluya en un determinado mensaje, no nos garantiza que esta información quede grabada en su destino. Ambos comunicantes, emisor y receptor, deben soportar el tratamiento de ese segmento, y de la información que contiene. Por eso es tan importante llegar a consensos sobre el intercambio de información, en una integración HL7.

Algunos de los segmentos más utilizados, son:

Código	Uso
DG1	<i>Diagnosis</i> : segmento para indicar resultados diagnósticos
EVN	<i>Event type</i> : segmento que incluye el tipo de evento
GT1	<i>Guarantor</i> : garante
IN1	<i>Insurance</i> : segmento para información sobre seguros
MSH	<i>Message header</i> : Cabecera del mensaje
NK1	<i>Next of kin / associated parties</i> : familiares o partes asociadas
NTE	<i>Notes and comments</i> : notas y comentarios
OBR	<i>Observation request</i> : petición de informe médico
OBX	<i>Observation result</i> : resultados o informes médicos
ORC	<i>Common order</i> : segmento que contiene la información de la cita
PID	<i>Patient Identification</i> : segmento que contiene los datos del paciente

Tabla 2: Segmentos HL7 más comunes

2.2.3. Caracteres de control

En un mensaje HL7 codificado como texto plano, existen unos caracteres de control codificados para construir los elementos del mensaje. Estos caracteres son de extrema importancia, ya que definen como se separan los datos dentro del mensaje HL7 completo:

Uso	Carácter
Separador de campos	Normalmente:
Separador de componentes	Normalmente: ^
Separador de subcomponentes	Normalmente: &
Indicador de repetición de campos	Normalmente: ~
Carácter de escape	Normalmente: \

Tabla 3: caracteres de control comunes en HL7

El siguiente es un ejemplo de mensaje HL7 en texto plano, con los separadores, y segmentos anteriormente mencionados. Este mensaje en concreto es un ADT^A01, como se puede ver en el campo MSH.9

```
MSH|^~\&|MegaReg|XYZHospC|SuperOE|XYZImgCtr|20060529090131-
0500||ADT^A01^ADT_A01|01052901|P|2.5
EVN||200605290901|||200605290900
PID|||56782445^^^UABH^^^3|||12345^MORGAN^REX^J^^MD^0010^UAMC^L||67
-9^^HL70005^RA99113^^XYZ|260 GOODWIN CREST
DRIVE^^BIRMINGHAM^AL^35209^^M~NICKELL'S PICKLES^10000 W 100TH
AVE^BIRMINGHAM^AL^35200^^O|||||0105I30001^^^99DEF^AN
PV1||I|W^389^1^UABH^^^3|||12345^MORGAN^REX^J^^MD^0010^UAMC^L||67
890^GRAINGER^LUCY^X^^MD^0010^UAMC^L|MED||||A0||13579^POTTER^SHERM
AN^T^^MD^0010^UAMC^L|||||||||||||||||||||200605290900
OBX|1|NM|^Body Height||1.80|m^Meter^ISO+||||F
OBX|2|NM|^Body Weight||79|kg^Kilogram^ISO+||||F
AL1|1|^ASPIRIN
DG1|1||786.50^CHEST PAIN, UNSPECIFIED^I9|||A
```

Ilustración 7: Ejemplo de mensaje ADT^A01 en texto plano. Fuente: Wikipedia [22]

La versión 3 del protocolo implementa los mensajes en formato XML, en los que los campos se referencian mediante etiquetas XML. Sin embargo, no está aún tan extendido ni soportado como las versiones 2.X, pese a llevar ya muchos años publicado. En este proyecto nos centraremos en la versión 2, que es la utilizada nativamente por la mayoría del software susceptible de ser utilizado en nuestro sistema.

3. Gestión del alcance y requisitos del sistema

3.1. Introducción

En esta parte de la documentación del Trabajo de Fin de Grado, se realizará fundamentalmente la gestión del alcance. Gestionar el alcance de un proyecto se refiere a definir y controlar lo que está incluido y lo que no, en él.

Esta planificación del alcance incluirá tres procesos:

1. Recogida de requisitos: la definición y documentación de las necesidades que según los interesados (*stakeholders*) debería cubrir el proyecto.
2. Definición detallada del alcance: descripción detallada del proyecto y de los entregables que de él se obtendrán. Parte de esta definición se ha realizado en la primera entrega: "Selección del proyecto y plan de trabajo", aunque aquí se extenderá.
3. Definición de hitos y distribución de la estructura del trabajo: dónde se dividirá el conjunto en partes o componentes menores. Dadas las características del proyecto, ya que el fin no es el desarrollo de una aplicación propiamente dicho, sino de ofrecer una solución mediante la parametrización, configuración e integración de diferentes paquetes de software libre ya disponibles, se seguirá una estrategia de diseño bottom-up [24], creando componentes desde abajo, para luego integrarlos en un sistema completo.

3.2. Toma de requisitos

Este proceso es muy importante, ya que gran parte del éxito o fracaso de los proyectos, reside en una correcta toma y acotación de los requisitos. Deberán incluir todos los aspectos necesarios para satisfacer las necesidades detectadas. Es importante también que cumplan los principios *SMARTT*:



Ilustración 8: Principios SMARTT

Para este proyecto, se ha tenido en cuenta la experiencia previa en el mundo sanitario, las conversaciones con diferentes interesados, y las necesidades reales de este entorno.

3.2.1. Registro de interesados.

El primer paso para comenzar con la toma de requisitos, será el de recopilar el registro de interesados (*stakeholders*). En un entorno sanitario el principal deberían ser los propios pacientes, aunque haya otros intereses que puedan resultar contrarios:

Interesados	Expectativas	Influencia	Interno / Externo
Pacientes	<ul style="list-style-type: none"> • Que se disponga de la mayor información en su historial clínico, para obtener la mejor atención sanitaria, y se acceda a ella rápidamente. • Que su información clínica esté disponible por si necesitan disponer de ella para una segunda opinión, o ante un problema sanitario fuera de su lugar de residencia. 	<ul style="list-style-type: none"> • Si están contentos, pueden ofrecer cierta publicidad positiva, sin embargo un descontento generalizado puede ser extremadamente negativo. 	Externo
Personal Médico	<ul style="list-style-type: none"> • Disponer de una manera rápida del historial completo del paciente, con sus las imágenes e informes de sus pruebas, independientemente de donde se las hayan hecho. • Poder incorporar nuevas pruebas al historial del paciente y compartir la 	<ul style="list-style-type: none"> • Gran influencia sobre la consecución de las características básicas. Pueden influir negativamente si el rendimiento no es el esperado, o no se cumplen sus expectativas. 	Interno

	información con otros médicos.		
Gerencia Hospital	<ul style="list-style-type: none"> • Ofrecer la mejor calidad asistencial con los medios disponibles. • Fomentar las mejoras en esta calidad asistencial. • Disponer de información completa y accesible acerca de sus pacientes. • Control de costes. 	<ul style="list-style-type: none"> • Gran influencia sobre el proyecto total, al ser la parte más influyente de cada uno de los nodos. 	Interno
TIC Hospital	<ul style="list-style-type: none"> • Seguridad en el acceso y distribución de la información. • Posibilidades de administración y control del sistema. 	<ul style="list-style-type: none"> • Influencia sobre la solución técnica a adoptar 	Interno
Dep. Jurídico	<ul style="list-style-type: none"> • Seguridad en los datos de pacientes y control sobre su acceso. 	<ul style="list-style-type: none"> • Si no se cumplen los términos legales se podría paralizar el proyecto hasta su cumplimiento. 	Interno
Gerencia Global	<ul style="list-style-type: none"> • Contención y control de costes. • Distribución y acceso a la información de los pacientes entre todos los centros. 	<ul style="list-style-type: none"> • Entidad aprobadora del proyecto y que da el visto bueno al proyecto. Influencia total. 	Interno
TIC Global	<ul style="list-style-type: none"> • Ofertar una solución común a todos los centros. • Distribución y acceso a la información de los pacientes entre todos los centros. 	<ul style="list-style-type: none"> • Establece los criterios técnicos generales, y es quién da su conformidad a nivel técnico y de recursos generales. Influencia total. 	Interno

Tabla 4: Registro de interesados

3.2.2. Registro de requisitos.

Los requisitos se presentan a modo de tabla, y serán el punto de partida del diseño posterior de la solución completa, tratando de cubrir todos sus aspectos.

ID	Interesado	Requisito	Tipo
P1	Paciente	Poder disponer de su historial clínico en cualquier centro al que vaya.	Funcional
P2	Paciente	Que los profesionales sanitarios que los tratan, puedan disponer de la mayor cantidad de información para diagnosticar correctamente.	No funcional
M1	Personal médico	Acceder al historial completo del paciente y a las pruebas de diagnóstico por imagen asociadas, se hayan realizado en su centro, o en otros.	Funcional
M2	Personal médico	Disponer de herramientas para realizar operaciones, transformaciones y mediciones sobre las imágenes.	Funcional
M3	Personal médico	El sistema debe ser sencillo de manejar.	Funcional
M4	Personal médico	El sistema debe responder con rapidez.	No funcional
GH1	Gerencia Hospital	Contención de costes	No funcional
GH2	Gerencia Hospital	Disponer de la información completa de sus pacientes, se haya realizado en su centro, o en otros.	Funcional
TH1	TIC Hospital	Distribución y acceso seguro a la información	No Funcional
TH2	TIC Hospital	Administración y control sobre el sistema sencilla e intuitiva	Funcional
TH3	TIC Hospital	Sistema y accesos correctamente dimensionados para ofrecer una experiencia de usuario adecuada.	No funcional
J1	Dep. Jurídico	Cumplimiento de la ley y normativa vigente en cuanto a protección de datos y seguridad de la información	No funcional
GR1	Gerencia Global	La información de los pacientes relativa a sus pruebas de diagnóstico por imagen, debe ser accesible desde cualquiera de los centros.	Funcional
GR2	Gerencia Global	Contención de costes	No funcional
TG1	TIC Global	Solución gestionable desde cada centro, pero también a nivel global.	Funcional
TG2	TIC Global	La solución debe ser común para todos los centros.	Funcional
TG3	TIC Global	Desde todos los centros se debe poder acceder a toda la información.	Funcional

Tabla 5: Registro de requisitos

Algunos de estos requisitos se repiten entre interesados, pudiéndose agrupar en el mismo. Podemos anticipar una aproximación para cubrir estos requisitos con nuestro proyecto, reduciendo estos requisitos a los apartados fundamentales que debe cubrir nuestro proyecto:

Requisitos	Descripción	Cobertura
PR1, M1, GH2, GR1, TG2, TG3	Poder disponer de su historial clínico en cualquier centro al que vaya.	Sistema centralizado, que identifique al centro emisor, pero se archive en el historial global del paciente.
PR2, M1	Que los profesionales sanitarios que los tratan, puedan disponer de la mayor cantidad de información para diagnosticar correctamente.	Visor de imágenes asociadas a los estudios del paciente. Integración entre las pruebas de diagnóstico por imagen y el sistema de información clínica.
M2	Disponer de herramientas para realizar operaciones, transformaciones y mediciones sobre las imágenes.	Visor de imágenes médicas, con herramientas clínicas.
M3, TH2	El sistema debe ser sencillo de manejar. Administración y control sobre el sistema sencilla e intuitiva	Elección de herramientas intuitivas y fáciles de manejar, con posibilidades de administración.
M4, TH3	El sistema debe responder con rapidez.	Correcta asignación de recursos y dimensionamiento del sistema.
GH1, GR2	Contención de costes	Selección de software con licencia abierta o libre.
TH1, J1	Distribución y acceso seguro a la información	Implementación de los controles de acceso y seguridad necesarios para las herramientas y la distribución de imagen.
TG1	Solución gestionable desde cada centro, pero también a nivel global	Herramientas de administración centralizadas, gestionadas por cada equipo local.

Tabla 6: Resumen de requisitos y posible cobertura

A continuación, y teniendo en cuenta estos requisitos, podemos definir el alcance del proyecto.

3.3. Definición del alcance.

La definición de los requisitos, nos permite transformar la definición inicial del proyecto, realizada en la fase previa, en una definición del alcance más detallada, que

se puede convertir en un plan de actuación. En este apartado se trata de clarificar hasta dónde va a llegar el proyecto. Qué es lo que se va a hacer. Qué apartados no son objetos de este proyecto, y cuáles van a ser los entregables finales.

Este proyecto se ha planteado como un piloto para una organización sanitaria de uno o varios centros hospitalarios. Se pretende con él demostrar las capacidades de una plataforma construida a partir de diferentes paquetes del software libre, para cubrir las necesidades de almacenamiento y distribución de imágenes de un hospital, proporcionar métodos de integración con otros elementos del entorno sanitario, y mostrar el flujo de trabajo completo y cerrado, sobre el que se centraría el trabajo diario. Para este proyecto, supondremos (y en la realidad será así con casi total seguridad) que los centros hospitalarios ya disponen de una aplicación gestora de la historia clínica electrónica del paciente. En ella quedarán registradas las citas, los estudios y los informes del paciente. Nuestro proyecto se integrará con esta aplicación para que las imágenes de pruebas diagnósticas, queden perfectamente relacionadas con los estudios.

Por lo tanto, los entregables de este proyecto, como ya se anticipó en el apartado [\[1.5\]](#), consistirán en:

- Memoria del proyecto, conteniendo la planificación, diseño del sistema completo, implementación y pruebas realizadas.
- Maqueta, en formato de máquina virtual, conteniendo el sistema central del proyecto:
 - Sistema de almacenamiento de imágenes.
 - Herramienta de administración.
 - Visor web para que la imagen pueda ser consultada.
 - Módulo de integración con otros sistemas de gestión hospitalaria, fundamentalmente para la recepción de citas, y gestión de pacientes.

No se desarrollará un sistema de información clínica del paciente, tan solo se darán las pautas sobre la integración con un sistema de estas características.

4. Diseño de la solución.

4.1. Decisiones de diseño y justificación

En este documento, se especificará el diseño adoptado para dar solución al proyecto definido, de acuerdo a los requisitos establecidos en la entrega anterior. Este diseño, tiene que responder y cubrir las principales necesidades del proyecto, como son:

1. Ha de ser un sistema centralizado, que permita el almacenamiento y distribución de las imágenes médicas entre los diferentes centros. Debe permitir almacenar y buscar por las posibles identidades que el paciente tenga en cada centro. Idealmente, si un conjunto de centros tiene planeado un sistema de información clínica centralizado, estas identidades de los pacientes deberían ser únicas, pero vamos a suponer que esto no es así.
2. Debemos dotar al sistema, de un visor de imágenes clínicas, que soporte los formatos médicos, y disponga de herramientas intuitivas, para realizar las operaciones de transformación sobre las imágenes, que requiera el personal médico para una correcta observación y diagnóstico. Este visor debe poder ser invocado desde los sistemas de información clínica.
3. El sistema debe poder ser administrado centralmente, o por el personal de los departamentos de sistemas de información de cada centro.
4. Debe estar correctamente dimensionado, de acuerdo al volumen esperado de imágenes, usuarios totales, accesos concurrentes...
5. Los costes de implantación han de ser reducidos. Lamentablemente, en el hardware, tanto para los servidores (sean virtualizados o no) como para las comunicaciones y el almacenamiento, se deberá invertir de acuerdo a las dimensiones esperadas. Sin embargo, podemos reducir costes en el apartado software, donde se puede optar por paquetes de software libre, que nos pueden ofrecer todas las características necesarias para cubrir las necesidades del proyecto, como veremos más adelante.
6. El sistema deberá disponer de los mecanismos de control adecuados, para permitir el acceso a la información al personal adecuado, pero negando datos, información e imágenes de pacientes a cualquier intento de acceso no autorizado.

Para el diseño de este proyecto, dadas sus características, se ha optado por seguir una estrategia de diseño bottom-up [\[24\]](#), según el cual, diseñaremos las partes

individuales en detalle, para integrarlas luego en el sistema completo. El esquema de las capas de diseño de estos componentes individuales, se detalla a continuación:

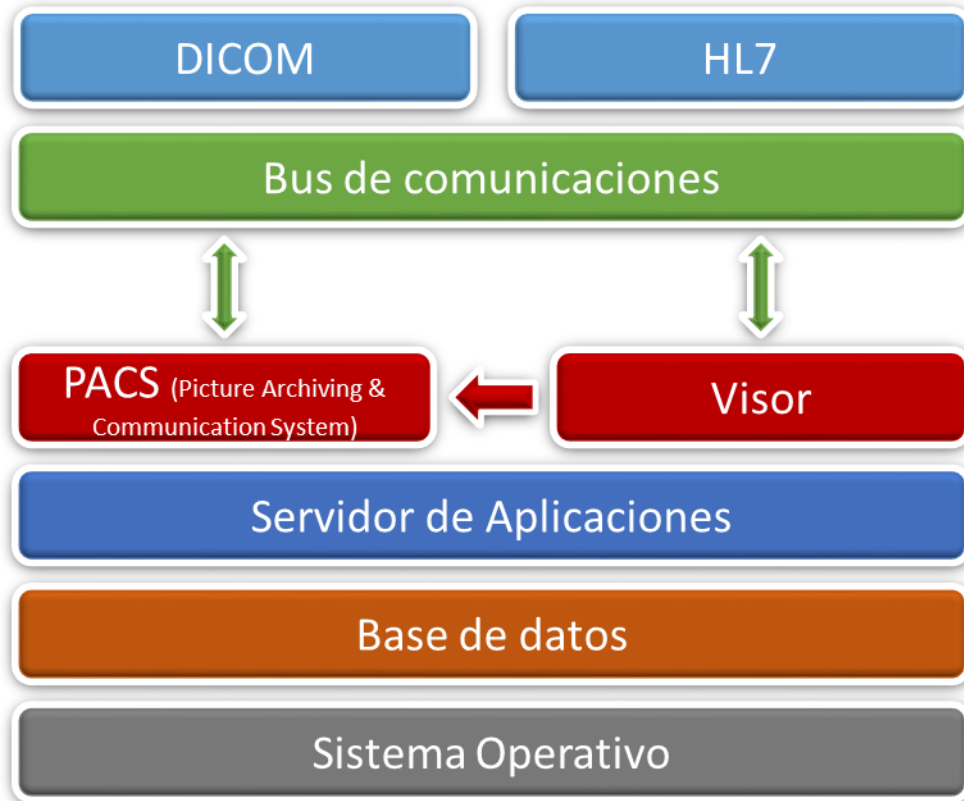


Ilustración 9: Diseño bottom-up de los componentes del sistema

La arquitectura del sistema, suele ser la que se muestra en la ilustración 10. El servidor PACS, está íntimamente relacionado con su servidor de bases de datos (generalmente en un servidor separado), con el servidor de aplicaciones que publica el frontal web del visor que permite el visualizado y manipulación de las imágenes, así como de las herramientas de administración del sistema, y por último, del almacenamiento donde residen los archivos que contienen a las imágenes y sus metadatos (etiquetas DICOM).

Este almacenamiento se suele dividir en dos:

- Almacenamiento primario: de acceso rápido para lectura/escritura, es donde se escriben los estudios con acceso más frecuente (generalmente los últimos) ya que tiene unos tiempos de recuperación mejores que el secundario. Por el contrario, este almacenamiento suele ser mucho muy caro y se suele

dimensionar para contener solo unos meses de estudios. Suelen ser cabinas SAN (*storage área network*) conectadas por canal de fibra óptica al servidor del PACS.

- **Almacenamiento secundario:** Este es un almacenamiento más barato, que contiene el histórico de estudios de todos los años que se hayan ido almacenando. Es mucho más barato y fácilmente ampliable. Suelen ser equipos NAS (*Network Attached Storage*) o almacenamiento en nube.

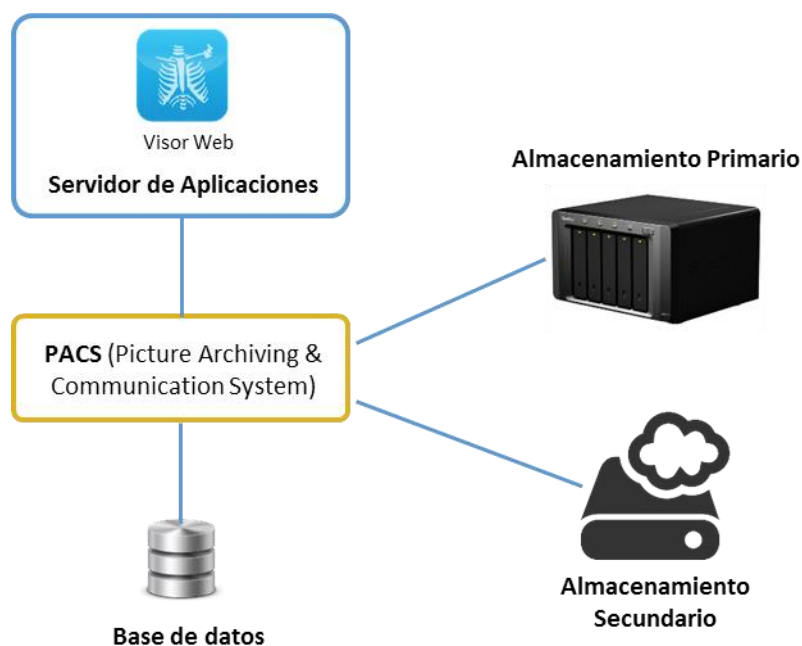


Ilustración 10: Esquema de arquitectura

4.2. Definición del flujo de información

El flujo de información se iniciará con una cita en el sistema de información clínica o historia clínica electrónica de los pacientes (en adelante HCE), y terminará cuando el personal médico pueda acceder a las imágenes del paciente, como parte de su historial clínico. Este proceso se ve reflejado esquemáticamente en la ilustración 11, y se explica detalladamente a continuación:

1. Desde el sistema de citación, de la aplicación de historia clínica electrónica, se selecciona un paciente, cuyos datos ya residen en una base de datos, ya porque el paciente estuviese creado, o porque se han insertado desde el departamento de admisión. Con estos datos de paciente, se crea una nueva cita.

- Hay aplicaciones de historia clínica electrónica que pueden generar mensajería HL7, pero por lo general no es así, y será necesaria la intervención de un motor de integración. Estos motores de integración son capaces de leer tablas y monitorizar inserciones en ellas, o convertir en mensajería HL7 otros formatos como el XML, etc... En definitiva, a su salida se obtendrá un mensaje HL7 del tipo "nueva cita" (ORM^O01).

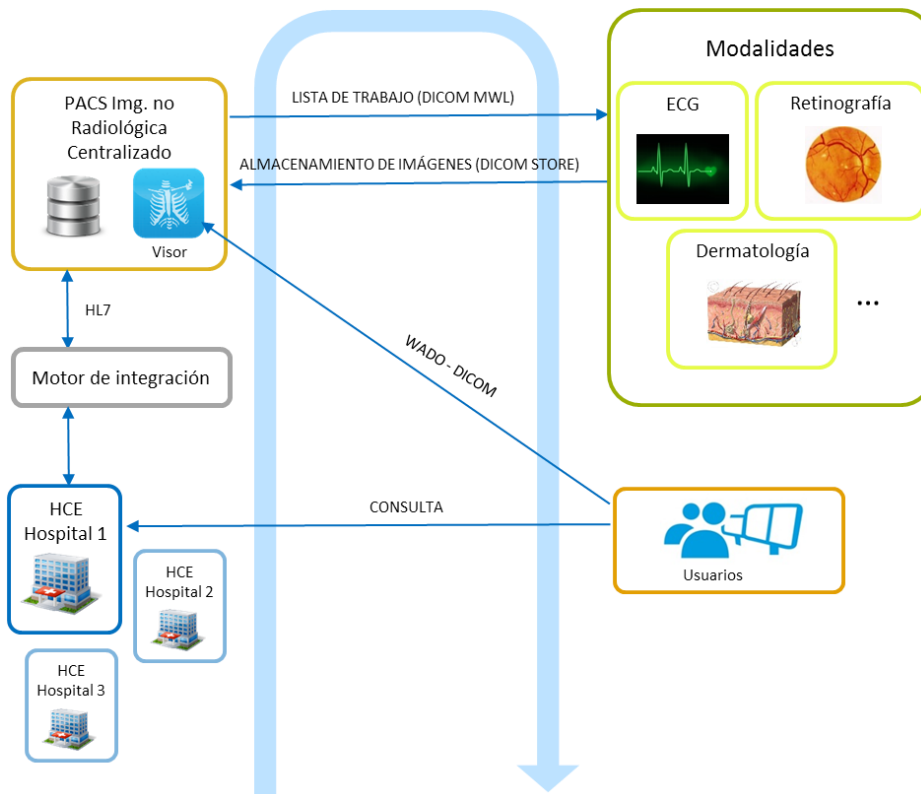


Ilustración 11: Esquema del flujo de información de la solución

- Las modalidades [\[Glosario\]](#) (sistemas donde se realizan las pruebas diagnósticas), piden la lista de pacientes activa para ese momento, y se importarán la cita del paciente con sus datos.
- Se realizará la prueba diagnóstica, y se enviarán las imágenes al PACS [\[Glosario\]](#). Estas imágenes ya contendrán en sus metadatos (etiquetas DICOM) la información tanto del paciente, como de la prueba realizada.
- Cuando el PACS reciba estas imágenes, notificará a la aplicación HCE su disponibilidad mediante un mensaje HL7 del tipo ORU.
- Los usuarios, consultarán el historial del paciente mediante la aplicación HCE, y podrán desde ella invocar a un visor de imágenes DICOM que les permita visualizar las imágenes de pruebas diagnósticas.

Además del esquema ya presentado, un diagrama de secuencia de este flujo, puede verse representado en la figura 12:

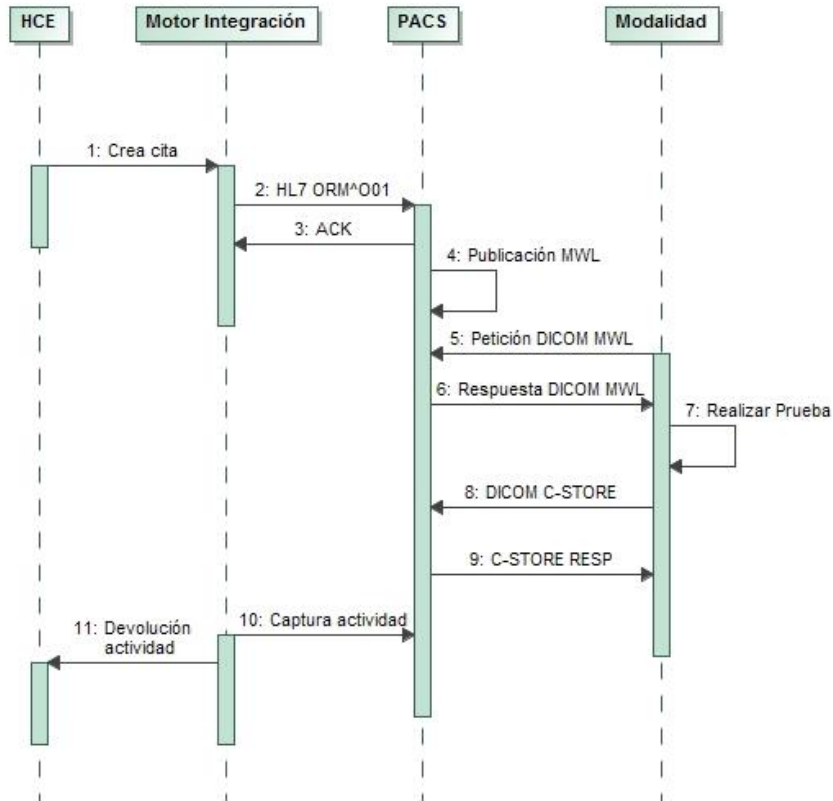


Ilustración 12: Diagrama de secuencia del flujo de información

Adicionalmente, cuando el usuario pide las imágenes desde la aplicación HCE, se presenta el siguiente diagrama de secuencia:

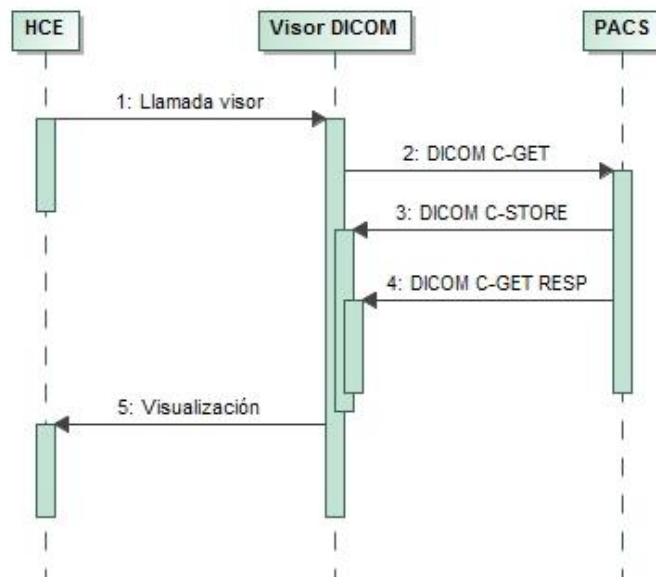


Ilustración 13: Diagrama de secuencia de la presentación de las imágenes al HCE

Por lo general, cuando se implanta una digitalización de esta envergadura, se requiere que todos los equipos susceptibles de generar imagen diagnóstica (modalidades) cumplan con el protocolo adecuado, en este caso el DICOM. En los equipos modernos esto suele ser así. Puede ocurrir que haya equipos antiguos que no lo cumplan. Si este es el caso se puede optar por incorporar un elemento dicomizador, lo cual originaría un proceso con el diagrama de secuencia siguiente:

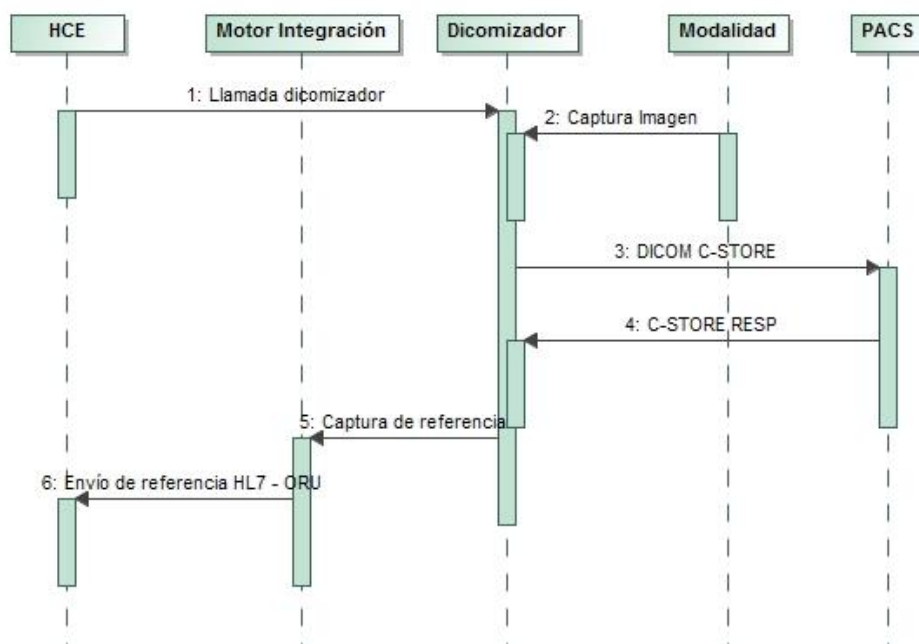


Ilustración 14: diagrama de secuencia con dicomización de imágenes

Se ha de tratar que esto no ocurra, y si ocurre, tratar de sustituir la modalidad antigua, o realizar la exploración en una nueva, ya que este proceso implica un componente manual humano que puede llegar a introducir errores en el flujo de información.

4.3. Selección de los paquetes de software

Siguiendo con la estrategia de diseño *bottom-up* [24], el paso natural siguiente es decidirse por los elementos de software que conformarán nuestra solución. Como ya se ha dicho, intentando que el coste de estos elementos sea el mínimo posible, se optará por soluciones de software con licencia abierta o libre, evitando así pagar costosas licencias, lo que repercutirá en unos costes mucho más reducidos. Empezando desde abajo, estos elementos serán:

- **Sistema Operativo:** Se ha optado por la distribución Linux CentOS, en su versión 7 [1]. Se ha elegido esta distribución por su amplio soporte de futuro

(se asegura soporte para 10 años) y las novedades que implementa, como la inclusión de *systemd* [23] como gestor de arranque, adopción del sistema de archivos *XFS* [25] como sistema por defecto, etc...

- **Base de datos:** Se ha elegido la base de datos PostgreSQL [17], en su versión 9.2, por su carácter de código abierto, su potencia y versatilidad, y por su compatibilidad tanto con el sistema operativo como con el resto de las capas software.
- **Servidor de aplicaciones:** En este caso nos vemos limitados por los requisitos de la aplicación elegida como servidor PACS, ya que su versión estable actual solo está disponible para los servidores de aplicaciones JBoss 4.2.3 GA [12] [21]. En cualquier caso, es un servidor de aplicaciones de código abierto desarrollado por Red Hat, con lo que seguimos manteniéndonos en nuestros requisitos.
- **PACS (Picture Archiving & Communications System):** Aquí se ha elegido a la aplicación dcm4chee [4], debido a su robustez, el ser de código abierto, su gran comunidad de usuarios, y sus probados casos de éxito. *Dcm4chee* es un gestor y archivo de imágenes médicas. Contiene servicios para la gestión de comunicaciones DICOM y HL7, e interfaces para proveer al entorno sanitario de características de almacenamiento y recuperación de imágenes clínicas, así como la definición de flujos de trabajo.
- **Visor:** En este aspecto, podría haber varios candidatos, ya que es donde más variedad hay en el mercado, tanto comercial como de código abierto. Se ha seleccionado el visor Oviyam 2.0 [19], por estar desarrollado en código HTML5, que no exige ninguna configuración ni instalación por parte del usuario final. Además, dispone de las herramientas necesarias y exigibles por el personal médico, para la manipulación de las imágenes, y se puede integrar en el mismo servidor de aplicaciones JBoss, que *dcm4chee*. También se evaluará la inclusión del visor Weasis [5], debido a su alta integración con el frontal web de *dcm4chee*. Este es un visor web desarrollado en java, que exige la instalación del JRE (Java Runtime Environment) en los equipos cliente.
- **Bus de comunicaciones / motor de integración:** En este apartado se ha optado por el motor de integración de código abierto Mirth Connect [14]. Dispone de todas las características y herramientas necesarias para hacer de puente entre las aplicaciones de historia clínica electrónica (HCE) y el interface HL7 del *dcm4chee*. Debido a la dificultad de simular una aplicación

de historia clínica electrónica, que no es objeto de este proyecto, se simularán directamente los mensajes HL7 contra el interfaz del *dcm4chee*, para la creación de listas de trabajo DICOM.

- **Otras herramientas:** Se usarán otras herramientas con el fin de completar el flujo de la información, como son la versión Open Core de Ginkgo CADx [\[13\]](#), o las herramientas de la organización Dvtk [\[6\]](#). Estas herramientas serán muy útiles durante las pruebas, y la simulación de un flujo completo del entorno hospitalario. Ginkgo CADx también puede actuar como *dicomizador*, en el supuesto que los equipos no cumplan el protocolo DICOM de forma nativa.

5. Implementación y pruebas del sistema.

Como se ha expuesto en capítulos anteriores, el producto final de este Trabajo de Fin de Grado, junto con esta documentación, consiste en una maqueta, en forma de máquina virtual, que pretende demostrar la viabilidad del proyecto. Obviamente, no se puede simular el entorno completo que nos podemos encontrar en un nodo de hospitales, pero si los conceptos fundamentales, que permitirán probar que su funcionamiento es extensible a una escala mayor.

Esta máquina virtual, ha sido creada con vmWare, y debido a su tamaño, ha sido subida a un almacenamiento en nube accesible a través del siguiente link:

<http://www.jottacloud.com/p/rpicado/38fcaca7472a4f6794530034027ccc4e>

Se ha exportado también a un formato de máquina virtual abierto (OVF) con las herramientas de conversión de línea de comandos (las únicas que se pueden usar de manera gratuita) de vmWare. Se ha observado que con esta conversión, la máquina virtual no es exportable a todos los gestores de máquinas virtuales que admiten el formato OVF. Por este motivo se aconseja correrla en vmWare con los archivos suministrados en el primer enlace. La máquina en formato OVF se encuentra en:

<http://www.jottacloud.com/p/rpicado/30f198ab912f4d37a93362b2238611b2>

Los requisitos de esta máquina virtual para pruebas, son bastante contenidos: 1,5GB de RAM y 30GB de disco duro (ofrecido en modo provisión, no se ocupa ese espacio hasta que la máquina virtual no vaya creciendo). Esta máquina virtual contiene los siguientes elementos:

- Sistema operativo CentOS 7, en instalación mínima, sin entorno gráfico, con las librerías necesarias para el proyecto, y la configuración de red y cortafuegos necesaria para un entorno de pruebas. El usuario administrador del sistema operativo es “root”, con contraseña: “uoc_tfg”. La máquina virtual tiene configurada la dirección de red IP: 192.168.1.102. Tiene abiertos varios puertos para ejecutar herramientas y pruebas desde la 192.168.1.101.
- Base de datos PostgreSQL, en su versión 9.2, con la configuración necesaria, y la base de datos para albergar la aplicación dcm4chee creada. El usuario administrador es “postgres”, con la contraseña “uoc_psql”, y la base de datos creada “pacddb”.

- Servidor de aplicaciones JBoss 4.2.3 GA.
- Aplicación dcm4chee, en su versión 2.18 (última estable hasta la fecha) que se encuentra bajo el directorio /opt/dcm4chee montada como aplicación JBoss.
- Utilidades de línea de comandos dcm4che-2.0.28, que se encuentran en el directorio /opt/dcm4tools
- Visor DICOM Oviyam, implementado en el mismo servidor de aplicaciones JBoss, que dcm4chee. Accesible mediante la url: <http://192.168.1.102:8080/oviyam2/> , con usuario admin/admin
- Visor DICOM iOviyam, para plataformas móviles, instalado en el mismo servidor de aplicación JBoss. Accesible desde la URL: <http://192.168.1.102:8080/iOviyam2/> desde un dispositivo móvil.
- Visor DICOM Weasis, integrado con la herramienta de administración de dcm4chee.

5.1. Proceso de instalación

5.1.1. Sistema operativo

Se ha instalado la última versión a la fecha de instalación, de CentOS 7 (CentOS Linux release 7.0.1406) <http://www.centos.org/download/> , en su instalación mínima sin entorno gráfico, en la configuración predeterminada de servidor PostgreSQL para que viniesen los paquetes de este servidor de base de datos ya instalados.

Se han actualizado todos los paquetes de software (incluidos los de PostgreSQL) a su versión más reciente mediante la herramienta de gestión de paquetes (yum), que proporciona CentOS.

Se han instalado además las librerías JDK de java 1.7, para algunas de las herramientas necesarias más adelante.

```
yum search java | grep -i --color JDK
yum install java-1.7.0-openjdk java-1.7.0-openjdk-devel
```

Y hay que añadir las siguientes líneas en el fichero /etc/profile

```
export JAVA_HOME=/usr/lib/jvm/java-1.7.0-openjdk-1.7.0.71-2.5.3.1.e17_0.x86_64/
export JRE_HOME=/usr/lib/jvm/java-1.7.0-openjdk-1.7.0.71-2.5.3.1.e17_0.x86_64/jre/
export PATH=$JAVA_HOME/bin:$PATH
```

El usuario administrador del sistema operativo es “root”, con contraseña: “uoc_tfg”.

La máquina virtual tiene configurada la dirección de red IP: 192.168.1.102

5.1.2. JBoss, dcm4chee y creación base de datos

Para el proceso de instalación se ha seguido la guía de instalación oficial [9], con consultas a otras documentaciones encontradas en internet [16].

En primer lugar se configura la base de datos. Al usuario administrador de la misma: “postgres” se le pone la contraseña “uoc_psq1”, y mediante este usuario se inicializa el gestor de base de datos:

```
su postgres
bash-4.2$ initdb -E UTF8 -D /var/lib/pgsql/data
```

A continuación, nos bajamos los ficheros comprimidos de la instalación de dcm4chee, desde su repositorio:

<http://sourceforge.net/projects/dcm4che/files/dcm4chee/2.18.0/>

Y la distribución de JBoss 4.2.3 GA del suyo:

<http://sourceforge.net/projects/jboss/files/JBoss/JBoss-4.2.3.GA/>

Ambos ficheros comprimidos, se descomprimen en el directorio /opt

Una vez descomprimidos, ya se tiene el script proporcionado por dcm4chee para la creación de la base de datos. Se crea la base de datos, y se ejecutan los comandos necesarios para importar el esquema de dcm4chee.

```

su -l postgres
-bash-4.2$ export PGUSER=postgres
-bash-4.2$ export PGDATA=/var/lib/pgsql/data/
-bash-4.2$ createdb pacsdb -E 'LATIN1' -O postgres
-bash-4.2$ psql pacsdb -f /opt/dcm4chee-2.18.0-psql/sql/create.psql
    
```

El modelo de datos de esta base de datos es público [8], y se puede consultar en el siguiente enlace:

<http://www.dcm4che.org/confluence/display/ee2/Database+Schema+Diagram>

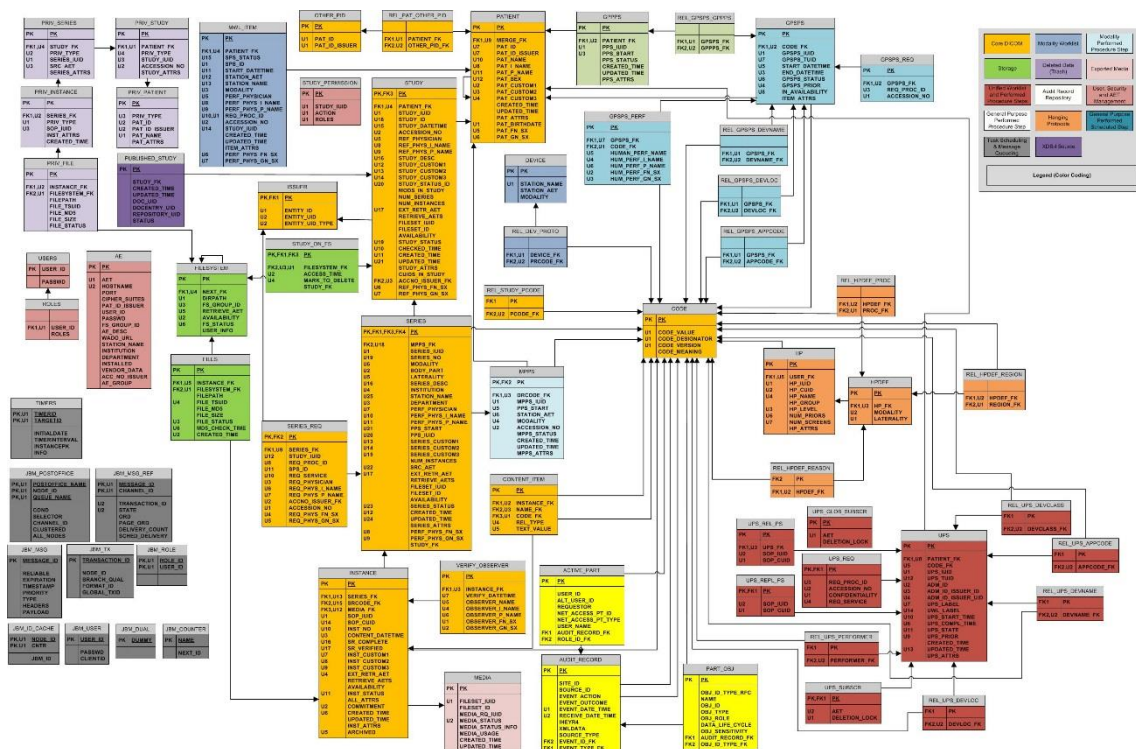


Ilustración 15: Modelo de datos de la BD pacsdb utilizado por dcm4chee

A continuación se siguen los pasos de las guías para la instalación del servidor de aplicaciones JBoss y la aplicación dcm4chee. Básicamente, para desplegar la aplicación dcm4chee en el servidor de aplicaciones JBoss, estando ambos descomprimidos sobre /opt, desde el directorio /bin de dcm4chee se ejecuta el siguiente comando:

```

./install_jboss.sh ../../jboss-4.2.3.GA/
    
```

5.1.3. Instalación de los visores

Se instalan los siguientes visores, todos ellos desplegando el archivo con extensión .war, con el servidor de aplicaciones JBoss, colocando dicho archivo bajo el directorio /opt/dcm4chee-2.18.0-psql/server/default/deploy

- Oviyam 2.0 [19]: visor web desarrollado en HTML5, que permite explorar el directorio de pacientes, visualizar imágenes, y realizar operaciones de transformación, mejora y medida sobre las imágenes.
- iOviyam 2.0 [18]: desarrollo del visor anterior para su ejecución sobre plataformas móviles (Smartphones y Tablets)
- Weasis [5]: Visor desarrollado en Java, que permite su integración con la interfaz web de dcm4chee, y da una mayor comodidad a la hora de administrarlo, siendo además una segunda opción para los usuarios.

5.1.4. Configuraciones particulares.

Para poder conectarnos a la base de datos desde aplicaciones en el propio servidor, como desde gestores de base de datos (p.e: pgadmin) desde otros equipos hay que editar dos ficheros de configuración.

- En el fichero /var/lib/pgsql/data/postgresql.conf, hay que des-comentar la línea: listen_addresses y cambiar "localhost" por ""
- En el fichero /var/lib/pgsql/data/pg_hba.conf, se añade la siguiente línea, para permitir la conexión a la base de datos, desde la IP 192.168.1.101. Para permitir conexiones desde otros equipos, habría que añadir sus direcciones IP igualmente a este archivo de configuración:

```
host all all 192.168.1.101 255.255.255.0 trust
```

Para crear un script automático de inicio del servicio dcm4chee, se crea el siguiente fichero: /lib/systemd/system/dcm4chee.service, con la siguiente configuración:

```
[Unit]
Description=dcm4chee PACS server
After=syslog.target network.target
postgresql.service

[Service]
Type=oneshot
User=root
Group=root
RemainAfterExit=yes
ExecStart=/opt/dcm4chee/bin/run.sh &
ExecStop=/opt/dcm4chee/bin/shutdown.sh

[Install]
WantedBy=multi-user.target
```

A continuación se habilita el servicio:

```
systemctl enable dcm4chee
```

Y a partir de entonces ya se puede arrancar, parar, o monitorizar el servicio mediante los siguientes comandos:

```
systemctl start dcm4chee
systemctl stop dcm4chee
systemctl status dcm4chee
```

También se han de abrir en el cortafuegos del sistema operativo, los puertos necesarios para acceder a las interfaces web (8080), la conexión DICOM (11112), el puerto de escucha HL7 (2575), y el acceso desde a la base de datos desde otros equipos (5432), por comodidad (recordemos que más arriba solo se lo hemos permitido al equipo con la IP 192.168.1.101). Esto se hace en CentOS 7 con los siguientes comandos.

```
firewall-cmd --zone=public --add-port=8080/tcp --permanent
firewall-cmd --zone=public --add-port=5432/tcp --permanent
firewall-cmd --zone=public --add-port=2575/tcp --permanent
firewall-cmd --zone=public --add-port=11112/tcp --permanent
firewall-cmd --reload
```

Para la configuración de los mensajes HL7 entrantes, se han de realizar modificaciones sobre las plantillas de aceptación de los mensajes. Se ha modificado el fichero `/opt/dcm4chee-2.18.0-psql/server/default/conf/dcm4chee-hl7/orm2dcm.xml` para que a través de los mensajes ORM de entrada, se almacene al paciente con sus múltiples identidades en la base de datos, y pase estas múltiples identidades a la lista de trabajo de las modalidades. Se ha realizado otra modificación para incluir en la lista de trabajo los campos `"Scheduled Station Name"` y `"Scheduled Station AETitle"`. De esta forma la modalidad podrá interrogar a la lista de trabajo por los pacientes que existen para su sala, mientras que de otra forma tendría que hacer una petición de información de citas más genérica.

Ya que esta modificación es poco común y no estaba documentada, se adjunta como ha quedado el fichero: [\[Anexo I\]](#)

5.2. Arranque de la máquina virtual y análisis de las herramientas

Al arrancar la máquina virtual, se han configurado los servicios para que auto arranquen. No obstante, el arranque de la aplicación dcm4chee tarda bastante, y conviene esperar 5 minutos antes de comenzar a hacer pruebas. Los servicios también se pueden monitorizar y arrancar o parar manualmente si es necesario:

```
systemctl start/stop/status postgresql
systemctl start/stop dcm4chee
```

5.2.1. Interfaz de administración de dcm4chee

Una vez arrancado, se puede acceder a la consola de administración de dcm4chee mediante la siguiente URL: <http://192.168.1.102:8080/dcm4chee-web3/>

El usuario y contraseña son admin/admin

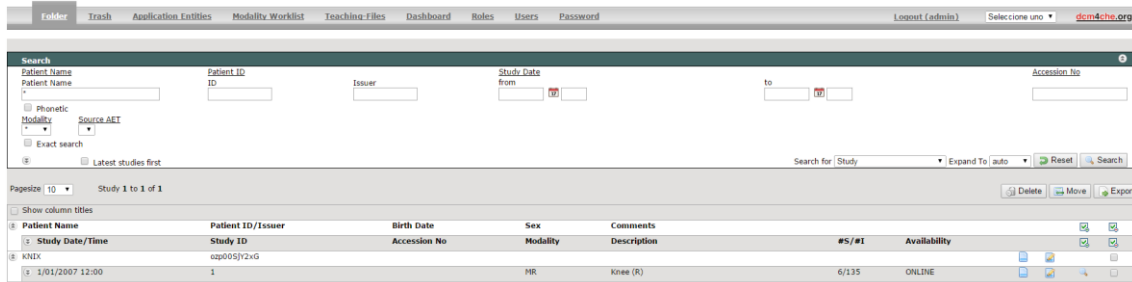


Ilustración 16: Pantalla de administración de dcm4chee

Esta interfaz web tiene varias pestañas que nos llevan a los diferentes apartados de administración. Los más importantes son:

- **Folder:** ventana principal desde donde se puede realizar una consulta por varios parámetros (identificador del paciente, nombre, fecha del estudio...) y se obtendrá un listado con los pacientes y sus estudios que correspondan con la consulta realizada. Desde esta misma ventana se pueden ver (icono de la página en blanco) o editar (icono de la página con lápiz) las propiedades DICOM (etiquetas) del paciente o del estudio, así como invocar al visor web (Weasis) que se integra con este interfaz web (icono del ojo), para visualizar las imágenes DICOM.








Sex	Comments	
Modality	Description	#S/#I Availability
F		  
DX	TIBIA-PERONE AP Y LAT	1/3 ONLINE    

Ilustración 17: Detalle de las opciones de visualización sobre los parámetros del paciente o del estudio

- **Trash:** permite gestionar la papelera de reciclaje y recuperar estudios o pacientes borrados desde la pestaña de folder por un administrador
- **Application Entities:** Pestaña muy importante donde se configuran el resto de entidades DICOM con las que se va a comunicar dcm4chee. Los parámetros importantes que dcm4chee tiene que conocer de estas entidades son su nombre dentro de la red DICOM (DICOM AETitle [\[Glosario\]](#)), su dirección de red, y su puerto abierto para la comunicación. En la siguiente ilustración se

pueden observar los nodos creados para este entorno de pruebas. Los dos primeros los crea por defecto dcm4chee tras su instalación:

Title	Type	Host	Port	Description
CDRECORD		localhost	10104	Media Creation Server (part of dcm4chee)
DCM4CHEE		localhost	11112	This dcm4chee archive instance
GINKGO	-	192.168.1.101	11112	
MODALITY	-	192.168.1.101	104	Modality Emulator
OVIYAM2	-	localhost	1025	Oviyam web viewer

Ilustración 18: Configuración del resto de entidades DICOM

- **Modality Worklist:** Pestaña desde la que se puede interrogar, mediante diversos criterios de consulta, a la lista de trabajo DICOM: pruebas que el servidor devuelve a las modalidades cuando estas preguntan por las pruebas que hay para ellas.
- **Dashboard:** ofrece una versión general de la situación al administrador sobre varios aspectos clave del sistema.

Java memory	Type	Initial	Used	Committed	Maximum
Code Cache	Non-heap memory	2,438 MB	6,284 MB	6,438 MB	48 MB
Eden Space	Heap memory	34,125 MB	4,252 MB	63,25 MB	136,5 MB
Survivor Space	Heap memory	4,25 MB	3,45 MB	7,875 MB	17,062 MB
Tenured Gen	Heap memory	85,375 MB	90,703 MB	157,699 MB	341,375 MB
Perm Gen	Non-heap memory	20,75 MB	82,294 MB	82,438 MB	128 MB

Name	Value
Operating system	
Architecture	amd64
Name	Linux
Version	3.10.0-123.9.3.el7.x86_64
Java	
Version	1.7.0_71

Ilustración 19: Información sobre la memoria java usada por el sistema. Parte de la información presente en la pestaña Dashboard

- **Roles:** pestaña donde se pueden establecer roles de usuario para poder dar agrupar permisos, y darlos de manera más fácil a los usuarios.
- **Users:** pestaña donde se crean los usuarios y se les asignan roles.

5.2.2. Interfaz de administración de JBoss

También se puede acceder a la web de administración de JBoss, y configuraciones por tanto de dcm4chee, en la siguiente URL:

<http://192.168.1.102:8080/jmx-console/>

El usuario y contraseña también son admin/admin



JMX Agent View

dcm4tfg (0.0.0.0) - default

ObjectName Filter (e.g. "jboss:*", "*:service=invoker,*") :

Catalina

- [type=Server](#)
- [type=StringCache](#)

JMImplementation

- [name=Default.service=LoaderRepository](#)
- [type=MBeanRegistry](#)
- [type=MBeanServerDelegate](#)

com.arjuna.ats.properties

- [module=arjuna](#)
- [module=jta](#)
- [module=txoj](#)

dcm4chee.archive

- [group=LOSSY_STORAGE.service=FileSystemMgt](#)
- [group=NEARLINE_STORAGE.service=FileSystemMgt](#)
- [group=ONLINE_STORAGE.service=FileSystemMgt](#)
- [name=AttributesModificationScu.service=Queue](#)
- [name=DeleteStudy.service=Queue](#)
- [name=ExportManager.service=Queue](#)
- [name=FileCopy.service=Queue](#)
- [name=FileMove.service=Queue](#)
- [name=HL7Send.service=Queue](#)
- [name=IANScu.service=Queue](#)
- [name=MCMScu.service=Queue](#)
- [name=MPPScu.service=Queue](#)
- [name=MoveScu.service=Queue](#)
- [name=PPSExceptionMgt.service=Queue](#)
- [name=PPScu.service=Queue](#)
- [name=Prefetch.service=Queue](#)
- [name=RejectionNoteStored.service=Queue](#)
- [name=Sendmail.service=Queue](#)
- [name=StgCmtScuScp.service=Queue](#)
- [name=StudyMgtScu.service=Queue](#)
- [name=UPSScp.service=Queue](#)
- [name=UpgradeToEnhancedMF.service=Queue](#)
- [name=WadoPrefetch.service=Queue](#)
- [service=AE](#)

Ilustración 20: web de administración de JBoss

Aquí se pueden realizar las configuraciones más complejas de dcm4chee. Hacer una guía sobre todos los parámetros posibles sería muy extenso. Se puede encontrar una referencia a todos estos servicios en el siguiente enlace:

<http://www.dcm4che.org/confluence/display/ee2/Services+%28MBeans%29#Services+%28MBeans%29-DICOM>

5.2.3. Visor Weasis

Este visor está integrado, como se ha dicho anteriormente en el interfaz de administrador de dcm4chee. Por eso es útil para los administradores a la hora de comprobar, si es necesario, algún estudio. Para los usuarios comunes es algo más complejo ya que por cada llamada exige descargar un fichero jnlp que hay que ejecutar para abrir el estudio, siendo más conveniente para estos la otra opción de visor DICOM que se ha instalado: Oviyam.

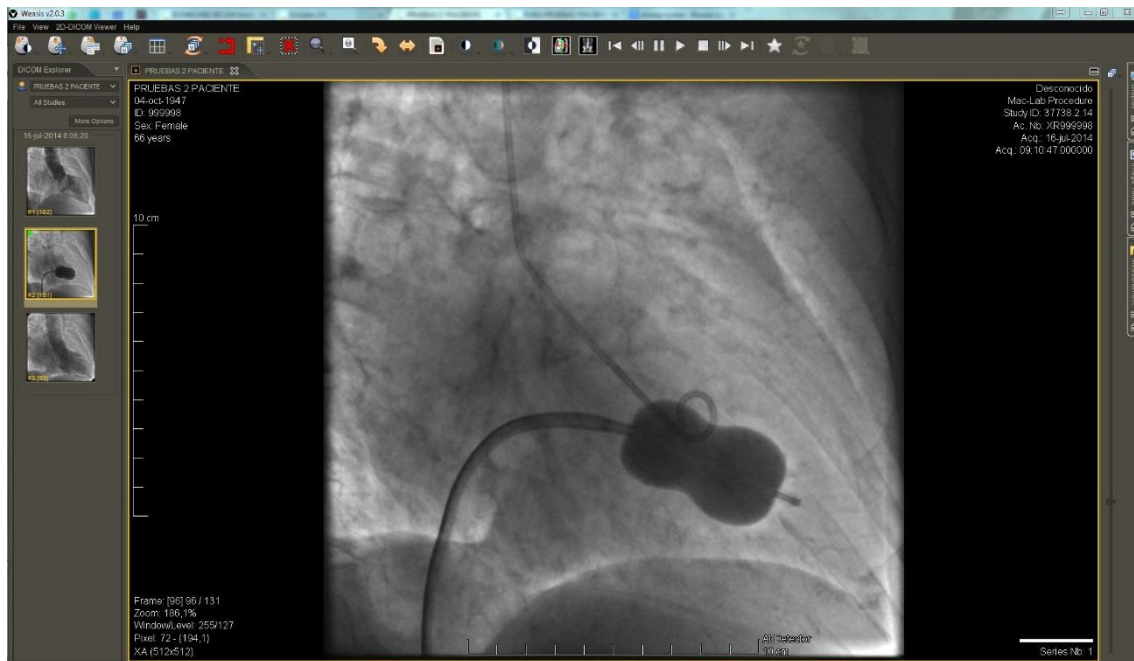


Ilustración 21: ejemplo de un estudio de angiografía *multiframe*, desde el visor Weasis

Este visor tienen las herramientas habituales para que el personal facultativo del centro pueda manipular las imágenes del estudio, realizar mediciones, variar el brillo y contraste de la imagen... etc

5.2.4. Visor Oviyam

A este visor se accede mediante la URL siguiente:

<http://192.168.1.102:8080/oviyam2/>

El usuario y contraseña de entrada son admin/admin.

Se trata de un visor desarrollado en HTML5 que no exige ninguna intervención por parte del usuario para ejecutarlo. Tiene al igual que Weasis, las herramientas necesarias para la manipulación de las imágenes del estudio por parte del personal médico.

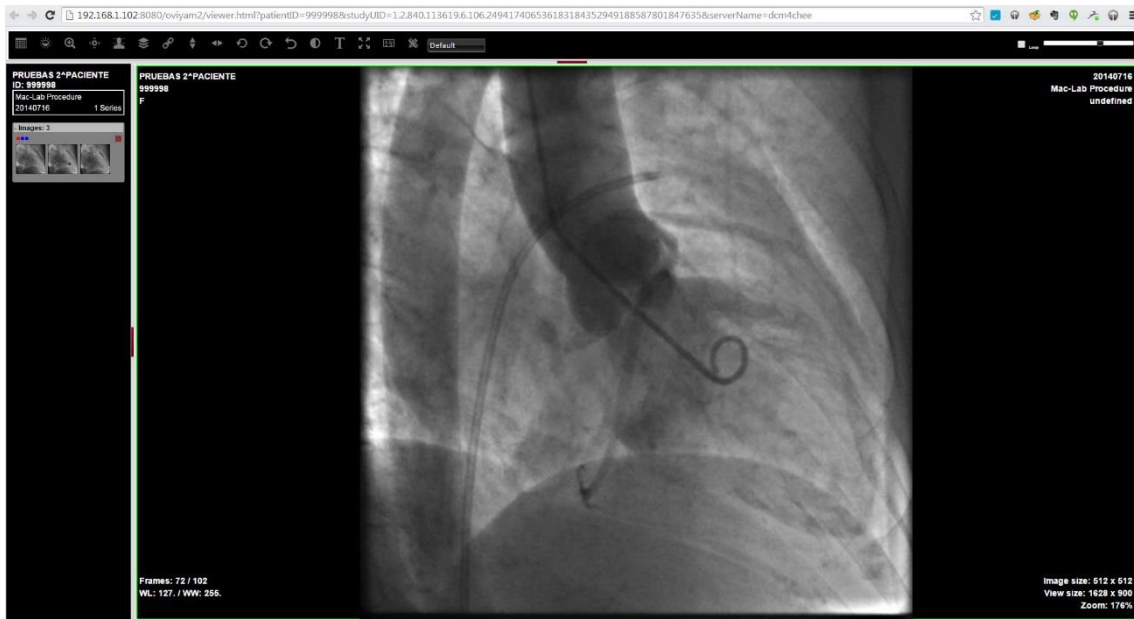


Ilustración 22: Imagen angiográfica *multiframe*, desde el visor Oviyam



Ilustración 23: imagen de resonancia magnética desde el visor Oviyam

5.2.5. Visor para plataformas móviles iOviyam

Se ha incluido adicionalmente, un visor para plataformas móviles. Actualmente está ya muy extendido su uso, y se ha creído conveniente su inclusión dada su utilidad cuando, por ejemplo, los médicos van pasando consulta por las habitaciones de los pacientes ingresados. De esta forma tendrían un visor en el que poder consultar al momento las pruebas de imagen diagnóstica realizadas a los pacientes.

Este visor es accesible mediante la siguiente URL:

<http://192.168.1.102:8080/iOviyam2>

Permite una manipulación básica de la imagen (zoom, rotaciones, ajustes de color) y de realización de mediciones sobre ella, suficiente para una consulta de apoyo durante las visitas médicas, por ejemplo.



Ilustración 24: Mosaico de fondo de ojo visto desde el visor para plataformas móviles iOviyam

5.3. Proceso de pruebas

A continuación se realizarán todas las pruebas necesarias para completar un ciclo completo del flujo de información. Este ciclo se pudo ver durante la fase del diseño. Se recuerda aquí su diagrama de secuencia.

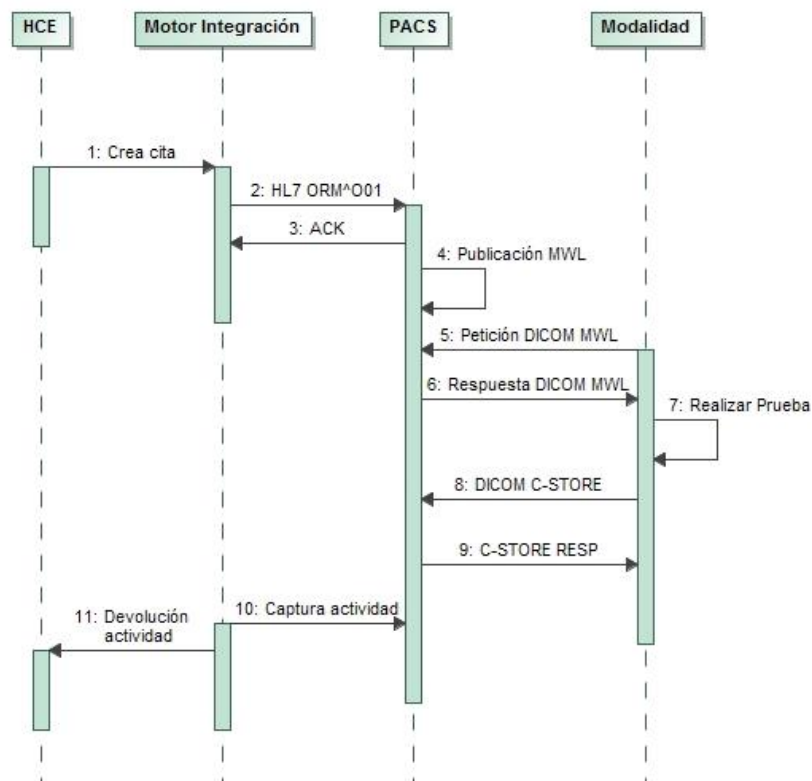


Ilustración 25: Diagrama de secuencia del ciclo de información

Las pruebas a realizar consistirán en:

1. Mandar una cita por mensajería HL7, simulando ser un programa de historia clínica electrónica (HCE). Este mensaje contendrá múltiples identidades del paciente, para que permita ser buscado tanto por el número de historia del hospital, como por otros parámetros: (DNI, Identificador sanitario CIP, número de la Seguridad Social... etc)
2. Comprobar que esa cita, nos crea el paciente en la base de datos del PACS, con las múltiples identidades, y que se publica la lista de trabajo, para que las modalidades puedan solicitarla.
3. La modalidad realizará la prueba, y enviará el estudio con referencia a esa cita. Esta es la parte más complicada de simular, ya que no se disponen de todos los elementos de un entorno real.
4. Los usuarios podrán consultar la prueba en los diferentes visores.
5. Por último, se comprobará que esta prueba es accesible externamente por alguno de los otros identificadores del paciente.

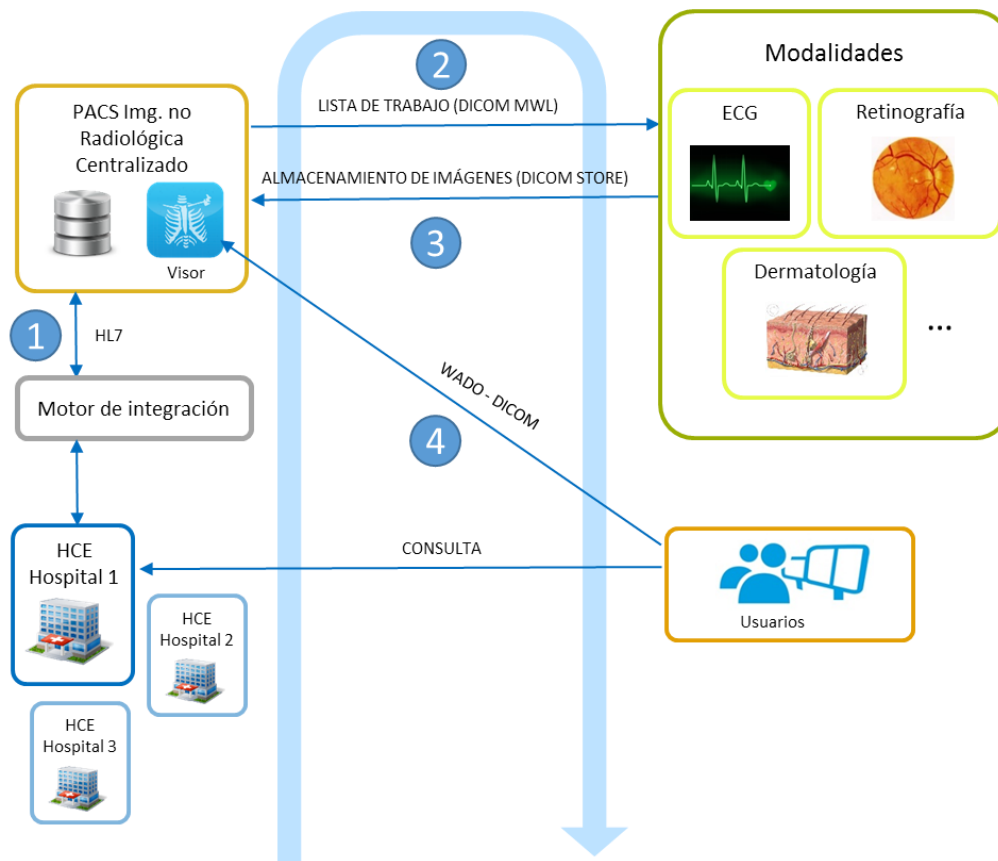


Ilustración 26: Esquema del flujo de información y pasos de las pruebas.

5.3.1. Citación

Para la realización de esta parte de la prueba, se enviará un mensaje HL7 del tipo ORM^O01, que es el usado para generar una cita. Se utilizará la herramienta gratuita *SmartHL7 Message Sender* para simular el envío desde una aplicación de historia clínica electrónica (HCE). Como se explicaba en la sección de configuraciones particulares [5.1.4], se ha tenido que adaptar la plantilla de mensajería para por un lado, recoger las múltiples identidades del paciente, con sus correspondientes garantes, y por otro, pasar a la lista de trabajo los parámetros de la sala donde se va a hacer la prueba (*scheduled station name, scheduled station aetitle*). Estas dos adaptaciones se salían del comportamiento estándar del servicio receptor de mensajería HL7. A continuación se presenta el mensaje de prueba utilizado.

```
MSH|^~\&|HL7_SENDER|HOSPITAL1|DCM4|CENTRAL_PACS||ORM^O01|100001|P|2.3.1||
|||
PID||999999^^^HOSP1~11123123X^^^DNI||PARA
PRUEBAS^PACIENTE||19780510|M||WH|PASEO DE ZORRILLA
1^^VALLADOLID^VA^47003|||20984000|||
PV1||E|ED||1234^DIAGNOSTICO^MEDICO^P^^DR|5101^PETICIONARIO^MEDICO^P^^DR|
|||VNUM1^^^HOSP1|||201412201100|||V|
ORC|NW|A100Z^HOSP1_ORDPLC|B100Z^HOSP1_ORDFIL||SC|1^
once^^^S||201412201510|^CITACION^ADMINISTRATIVO|7101^PETICIONARIO^MEDICO
^P^^DR||34)5551212|201412302010|922229-10^IHE-RAD^IHE-CODE-231|
OBR|1|A100Z^HOSP1_ORDPLC|B100Z^HOSP1_ORDFIL|911234^Retinografia^ERL_HOSP1^
911234^Retinografia^ERL_HOSP1|||Screening retinopatía
diabética|Oftalmología^^^R|7101^PETICIONARIO^MEDICO^P^^DR|XR999999|RP12
3456|SPS123456|||XC||1^once^^^S||ANDANDO|||A||RP_X1^RP
Action Item RP_X1^DSS_MESA
ZDS|1.2.1^100^Application^DICOM|RET1|RET1
```

Ilustración 27: Mensaje HL7 ORM^O01 para las pruebas

Aunque el fin de este proyecto no es la integración, de este mensaje es importante conocer algunos de los parámetros que puede generar una cita de un programa HCE, interpretada por un motor de integración. Para el resto de los parámetros del mensaje se puede consultar la documentación del estándar [\[11\]](#) [\[2\]](#) [\[3\]](#) [\[10\]](#).

- Se puede observar que el segmento MSH.9 contiene el tipo de mensaje, en este caso un ORM^O01. Los segmentos del mensaje se empiezan a contar desde la cabecera de cada sección, excepto en el caso de la cabecera, donde el parámetro MSH ocupa ya el primer segmento.
- En el segmento PID.3 aparece el ID de paciente, en la componente 1, y su garante en la componente 4. El separador ~, indica que el segmento se repite, y a continuación viene otro identificador distinto, junto a su correspondiente garante. Esta es la parte del mensaje donde se envían las identidades múltiples del paciente.
- En el segmento ORC.1 aparece el valor 'NW', esto indica que es una nueva cita. Otros posible valores podrían ser CA, para cancelar una cita existente, o PA, para reprogramarla.
- En el ORC.4 aparece el tipo de prueba que es, en este caso una retinografía.

- En los segmentos ZDS.2 y ZDS.3 aparecen respectivamente los valores para los parámetros DICOM *scheduled station name* y *scheduled station aetitle*. Estos valores, al salir más adelante publicados en la lista de trabajo, permitirán que cada modalidad interroge por la lista de trabajo generada para su sala, sin tener que traerse todas las pruebas del resto de salas.

A continuación se envía este mensaje con el *SmartHL7 Message Sender* (<http://smarthl7.com/tools.html>).

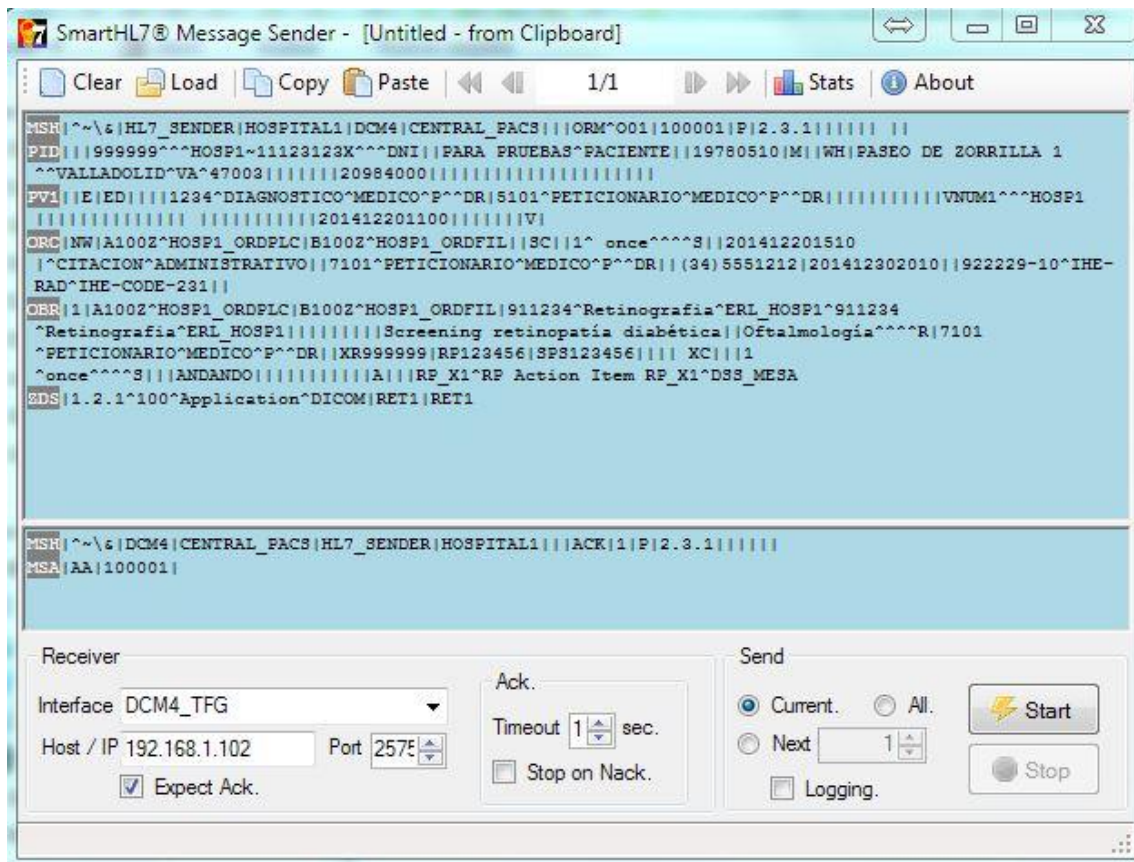


Ilustración 28: Envío de mensaje HL7 desde la herramienta SmartHL7 Message Sender

Se puede observar en la sección inferior la contestación del servicio HL7 que se encuentra escuchando en el servidor dcm4chee. En este caso un mensaje del tipo reconocimiento: *Acknowledgement* (ACK). El segmento MSA.1 nos indica que la recepción ha sido exitosa con el valor "AA".

5.3.2. Creación del paciente y publicación de lista de trabajo (MWL)

A continuación comprobaremos que el paciente se ha creado correctamente a través del mensaje HL7 en la base de datos, y que además está presente en el listado de trabajo, para que les aparezca a las modalidades cuando lo soliciten.

Realizando una consulta sobre la tabla “*patient*”, podemos observar que el paciente ha sido creado correctamente:

```
select * from patient
```

	pk bigint	merge_fk bigint	pat_id text	pat_id_issuer text	pat_name text	pat_fn_sx text	pat_gn_sx text	pat_i_name text	pat_p_name text	pat_birthdate text	pat_sex text
1	43		123124	HOSP1	TEST^PATIENT^^^	T230	P353			19420227	F
2	62		999999	HOSP1	PARA PRUEBAS^PACIENTE^^^	P616	P253			19780510	M

Ilustración 29: Paciente creado en la base de datos a través de un mensaje HL7

Además si cruzamos con la tabla que guarda otras identidades “*other_pid*”, podemos comprobar que esta otra identidad (su DNI), se ha grabado correctamente:

```
select p.pat_name, p.pat_id, p.pat_id_issuer, o.pat_id, o.pat_id_issuer
from patient p, other_pid o, rel_pat_other_pid r
where p.pk = r.patient_fk and o.pk = r.other_pid_fk
```

	pat_name text	pat_id text	pat_id_issuer text	pat_id text	pat_id_issuer text
1	TEST^PATIENT^^^	123124	HOSP1	71123123X	DNI
2	TEST^PATIENT^^^	123124	HOSP1	XAC987654321	CIPA
3	PARA PRUEBAS^PACIENTE^^	999999	HOSP1	11123123X	DNI

Ilustración 30: Paciente en la base de datos, con sus múltiples identidades

Mediante el interfaz web del administrador de dcm4chee, en la pestaña *Modality Worklist*, podemos comprobar que esta cita esta publicada como lista de trabajo para las modalidades:

Patient Name	Birthdate	SPS Description	Modality	SPS Status	Start date	Station AET	Station Name	Accession number
PARA PRUEBAS^PACIENTE	10/05/1978	Retinografia[911234]	XC		9/01/2015 11:47	RET1	RET1	XR999999

Ilustración 31: lista de trabajo mostrando la cita para el paciente de prueba

Además, esta prueba publicada en la lista de trabajo, también contiene ambas identidades del paciente:

Patient Name	Birthdate	SPS Description	Modality	SPS Status	Start date	Station AET	Station Name	Accession number	
PARA PRUEBAS^PACIENTE	10/05/1978	Retinografia[911234]	XC		9/01/2015 11:47	RET1	RET1	XR999999	
Specific Character Set						(0008,0005)	CS	10	ISO_IR 100
Accession Number						(0008,0050)	SH	8	XR999999
Referring Physician's Name						(0008,0090)	PN	24	PETICIONARIO^MEDICO^P^DR.
Patient's Name						(0010,0010)	PN	22	PARA PRUEBAS^PACIENTE
Patient ID						(0010,0020)	LO	6	999999
Issuer of Patient ID						(0010,0021)	LO	6	HOSP1
Patient's Birth Date						(0010,0030)	DA	8	19780510
Patient's Sex						(0010,0040)	CS	2	M
Other Patient IDs Sequence						(0010,1002)	SQ	-1	
>Item #1									
>Patient ID						(0010,0020)	LO	10	11123123X
>Issuer of Patient ID						(0010,0021)	LO	4	DNI
Medical Alerts						(0010,2000)	LO	32	Screening retinopatía diabética
Study Instance UID						(0020,000D)	UI	6	1.2.1
Requesting Physician						(0032,1032)	PN	24	PETICIONARIO^MEDICO^P^DR.
Requested Procedure Description						(0032,1060)	LO	20	RP Action Item RP_X1
Requested Procedure Code Sequence						(0032,1064)	SQ	-1	
>Item #1									
>Code Value						(0008,0100)	SH	6	RP_X1
>Coding Scheme Designator						(0008,0102)	SH	8	DSS_MESA
>Code Meaning						(0008,0104)	LO	20	RP Action Item RP_X1
Admission ID						(0038,0010)	LO	6	VNUM1

Ilustración 32: Lista de trabajo con las propiedades del paciente desplegadas, mostrando la secuencia de identificadores alternativos

Además, podemos emplear un emulador de modalidad. Existe alguno gratuito como el de Dvtk:

<http://dicom.dvtk.org/modules/wiwimod/index.php?page=Modality+Emulator&cme nu=products>

Mediante este emulador de modalidad, lanzamos una petición DICOM MWL (*Modality Worklist*), que es exactamente lo que hace una modalidad en el entorno real. Se ha ejecutado una consulta filtrando por la fecha del día, y el nombre de la sala (en la nomenclatura DICOM *scheduled station name*) para que se traiga todas las citas pendientes del día, para esa sala, en este caso el nombre de la sala es RET1. El paciente adicional que sale es un paciente falso (*dummy*) que presenta el emulador en todos los casos.

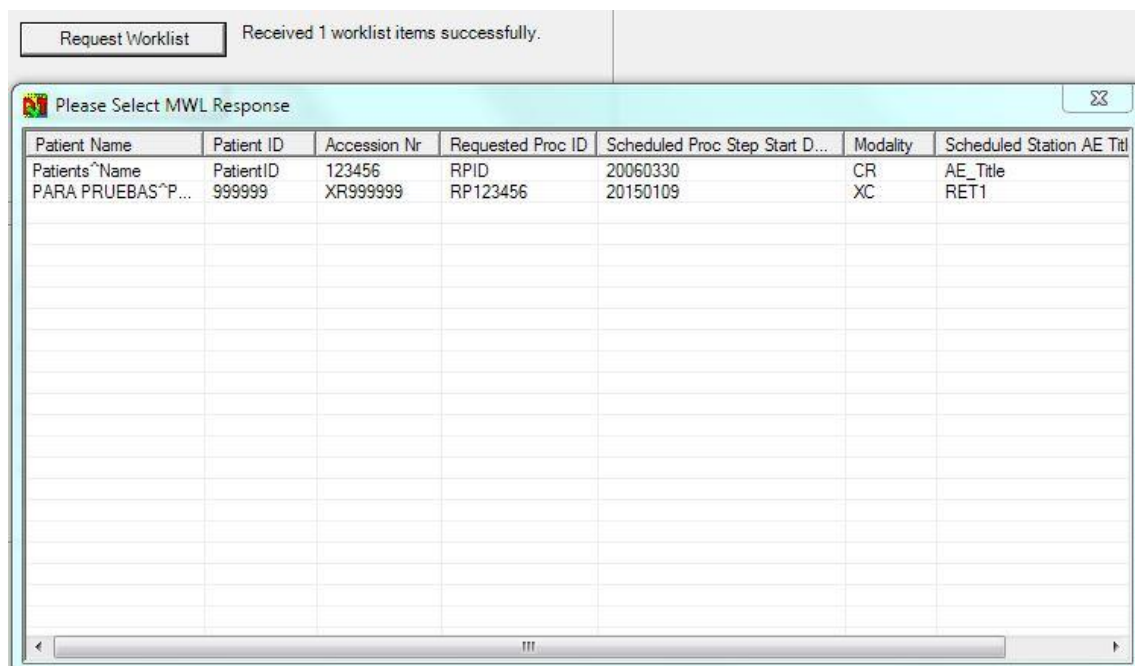


Ilustración 33: Resultados de la petición desde el emulador de DICOM MWL

5.3.3. Realización de la prueba y envío del estudio

Esta es la parte más complicada de simular, ya que no disponemos de un equipo diagnóstico, y se ha encontrado ningún software gratuito o con licencia abierta, que permita la recepción de lista de trabajo, generación de imagen asociada a dicha cita, y posterior envío.

Para la simulación supondremos que la modalidad ha recogido los datos de la lista de trabajo, y con ellos ha realizado la prueba diagnóstica al paciente, en este caso una retinografía. En este momento nos disponemos a enviarla a nuestro PACS. Para este envío se usa la versión Open Core del software Ginkgo [\[13\]](#).

	Nombre de paciente	Id del paciente	E...	Modali...	Fecha adquisición	Descripción	Fecha recepción	Accession number
⊞	Desconocido	Desconocido	0	OCT	19/12/2014 10:39:57		09/01/2015 11:35:18	14189820643042
⊞	Desconocido	Desconocido	0	OCT	19/12/2014 08:54:00		09/01/2015 11:35:22	14189757216720
⊞	PARA PRUEBAS^PACIENTE	999999	0	XC	19/12/2014 10:48:46		09/01/2015 11:35:27	XR999999
⊞	Desconocido	Desconocido	0	XC	19/12/2014 10:35:55		09/01/2015 11:35:28	14189817612740

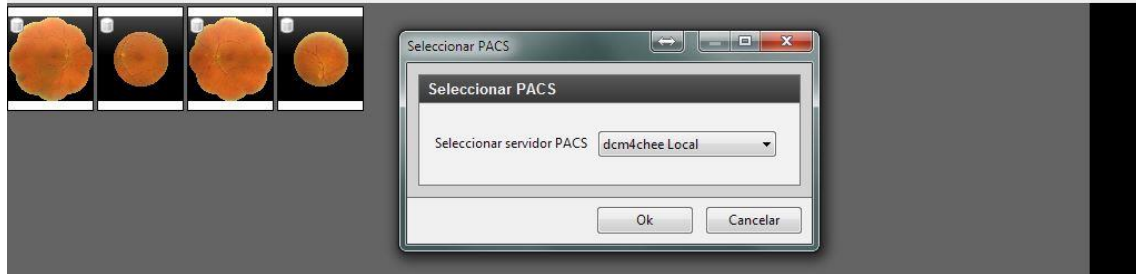


Ilustración 34: Envío de las imágenes al PACS

Desde la interfaz de administración de dcm4chee se comprueba que han llegado correctamente:

Patient Name	Patient ID/Issuer	Birth Date	Sex	Comments	#S/#I
PARA PRUEBAS^PACIENTE	999999	19/12/2014			
19/12/2014 10:48			XC		4/20
19/12/2014 10:48			XC		4/20
19/12/2014 10:48		GINKGO_101	XC	Ojo derecho	9
19/12/2014 10:48		GINKGO_101	XC	Mosaico ojo izquierdo	1
19/12/2014 10:48		GINKGO_101	XC	Ojo izquierdo	9
19/12/2014 10:48		GINKGO_101	XC	Mosaico ojo derecho	1

Ilustración 35: Estudio almacenado en el PACS

Y que contiene las múltiples identidades del paciente.

Patient Name	Patient ID/Issuer	Birth Date	Sex	Comments	#S/#I
PARA PRUEBAS^PACIENTE	999999 / HOSP1	10/05/1978	M		
Database Pk: 62					
Specific Character Set		(0008,0005)		CS 10	ISO_IR 100
Patient's Name		(0010,0010)		PN 22	PARA PRUEBAS^PACIENTE
Patient ID		(0010,0020)		LO 6	999999
Issuer of Patient ID		(0010,0021)		LO 6	HOSP1
Patient's Birth Date		(0010,0030)		DA 8	19780510
Patient's Sex		(0010,0040)		CS 2	M
Other Patient IDs Sequence		(0010,1002)		SQ -1	
> Item #1					
> Patient ID		(0010,0020)		LO 10	11123123X
> Issuer of Patient ID		(0010,0021)		LO 4	DNI
19/12/2014 10:48			XC		4/20

Ilustración 36: Estudio con las propiedades del paciente desplegadas mostrando sus múltiples identidades.

5.3.4. Visualización de la prueba

Vemos que el estudio es visualizable desde los tres visores instalados:



Ilustración 37: Retinografía visualizada con Weasis

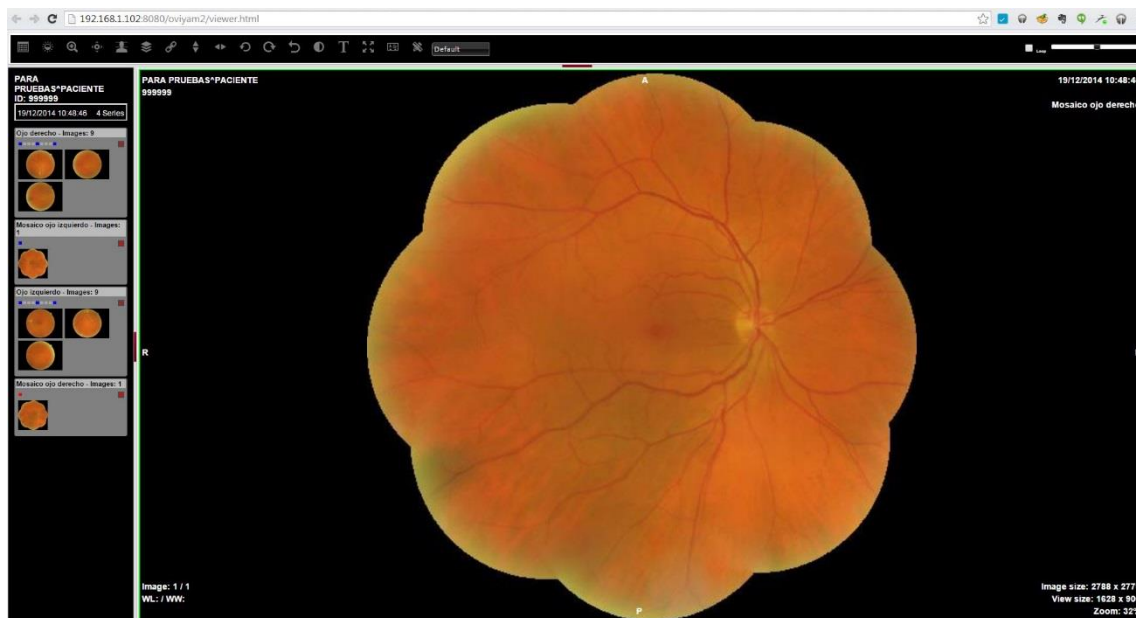


Ilustración 38: Retinografía visualizada con Weasis

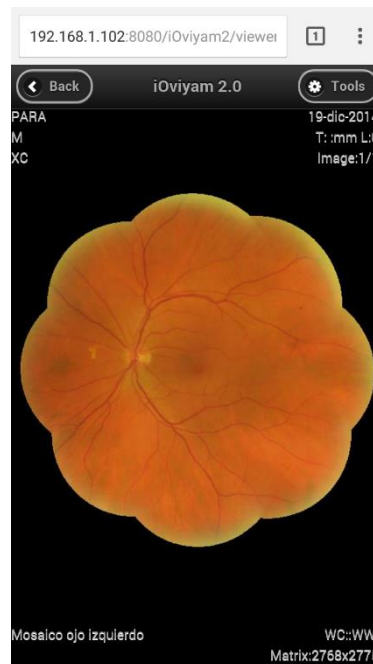


Ilustración 39: Misma retinografía visualizada desde un Smartphone mediante el visor para plataformas móviles

5.3.5. Comprobación de la accesibilidad del paciente por sus múltiples identidades desde programas externos.

Por último, podemos comprobar que podríamos acceder desde una aplicación externa, a los datos del paciente, interrogándolo por su identificador alternativo, para ello podemos utilizar la herramienta de línea de comandos dcmqr, suministrada por dcm4chee, que lo que hace es hacer una petición DICOM *query*, con los datos suministrados, en este caso solo vamos a pasar el DNI del paciente:


```
root@dcm4tfg/opt/dcm4tools/bin
[root@dcm4tfg bin]# pwd
/opt/dcm4tools/bin
[root@dcm4tfg bin]# ./dcmqr -L DCMQR DCM4CHEE@192.168.1.102:11112 -g00100020=11123123X -g00100021=DNI
18:05:59,391 INFO - Association(1) initiated Socket[addr=/192.168.1.102,port=11112,localport=42406]
18:05:59,414 INFO - DCM4CHEE(1): A-ASSOCIATE-RQ DCM4CHEE << DCMQR
18:05:59,738 INFO - DCM4CHEE(1): A-ASSOCIATE-AC DCMQR >> DCM4CHEE
18:05:59,756 INFO - Connected to DCM4CHEE@192.168.1.102:11112 in 0.727 s
18:06:00,198 INFO - Send Query Request using 1.2.840.10008.5.1.4.1.2.2.1/Study Root Query/Retrieve Information Model - FIND:
(0008,0020) DA #0 [] Study Date
(0008,0030) TM #0 [] Study Time
(0008,0050) SH #0 [] Accession Number
(0008,0052) CS #6 [STUDY] Query/Retrieve Level
(0010,0020) LO #10 [11123123X] Patient ID
(0010,0021) LO #4 [DNI] Issuer of Patient ID
(0020,000D) UI #0 [] Study Instance UID
(0020,0010) SH #0 [] Study ID
(0020,1206) IS #0 [] Number of Study Related Series
(0020,1208) IS #0 [] Number of Study Related Instances

18:06:00,235 INFO - DCM4CHEE(1) << 1:C-FIND-RQ[pcid=1, prior=0
cuid=1.2.840.10008.5.1.4.1.2.2.1/Study Root Query/Retrieve Information Model - FIND
ts=1.2.840.10008.1.2/Implicit VR Little Endian]
18:06:00,416 INFO - DCM4CHEE(1) >> 1:C-FIND-RSP[pcid=1, status=ff00H
cuid=1.2.840.10008.5.1.4.1.2.2.1/Study Root Query/Retrieve Information Model - FIND
ts=1.2.840.10008.1.2/Implicit VR Little Endian]
18:06:00,460 INFO - DCM4CHEE(1) >> 1:C-FIND-RSP[pcid=1, status=0H
cuid=1.2.840.10008.5.1.4.1.2.2.1/Study Root Query/Retrieve Information Model - FIND]
18:06:00,465 INFO - Query Response #1:
(0008,0005) CS #10 [ISO_IR 100] Specific Character Set
(0008,0020) DA #8 [20141219] Study Date
(0008,0030) TM #6 [104846] Study Time
(0008,0050) SH #8 [XR9999999] Accession Number
(0008,0052) CS #6 [STUDY] Query/Retrieve Level
(0008,0054) AE #8 [DCM4CHEE] Retrieve AE Title
(0008,0056) CS #6 [ONLINE] Instance Availability
(0010,0020) LO #10 [11123123X] Patient ID
(0010,0021) LO #4 [DNI] Issuer of Patient ID
(0020,000D) UI #58 [1.3.6.1.4.1.39470.1.1.3.2.1.2.398667823.524.1418982546.330] Study Instance UID
(0020,0010) SH #0 [] Study ID
(0020,1206) IS #2 [4] Number of Study Related Series
(0020,1208) IS #2 [20] Number of Study Related Instances
(0088,0130) SH #0 [] Storage Media File-set ID
(0088,0140) UI #0 [] Storage Media File-set UID

18:06:00,466 INFO - Received 1 matching entries in 0.717 s
18:06:00,466 INFO - DCM4CHEE(1) << A-RELEASE-RQ
18:06:00,482 INFO - DCM4CHEE(1) >> A-RELEASE-RP
18:06:00,484 INFO - DCM4CHEE(1): close Socket[addr=/192.168.1.102,port=11112,localport=42406]
18:06:00,494 INFO - Released connection to DCM4CHEE@192.168.1.102:11112
[root@dcm4tfg bin]#
```

Ilustración 40: Petición DICOM Query mediante la herramienta dcmqr

Aunque las aplicaciones de historia clínica electrónica, son las que deben mantener el maestro gestor de identidades, esto nos da la seguridad de que se podría llegar a preguntar a nuestro servidor, por las múltiples identidades que tiene un paciente, y recuperar imágenes invocándolo por cada una de ellas.

6. Conclusiones

Mediante este proyecto, se ha conseguido demostrar que el sistema presentado, podría ser viable para su implantación. Ofrecería una alternativa de bajo coste a opciones comerciales mucho más caras. Además, como se ha dicho al principio, las soluciones RIS-PACS están muy extendidas en el ámbito radiológico, pero no existen apenas soluciones PACS para fuera del entorno radiológico, y donde existen, son soluciones departamentales que se restringen a su ámbito (p.e: una aplicación para la cirugía endoscópica, suministrada por el proveedor de la torre de endoscopia, una solución para cardiología y hemodinámica... etc). Estas soluciones departamentales pueden llegar a tener la ventaja de disponer de herramientas optimizadas y más especializadas en su ámbito. Los visores gratuitos de hoy en día, cubren la casi totalidad de las necesidades generales, pero carecen de herramientas tan especializadas como las de algunas soluciones departamentales comerciales (superposición de capas de vídeo, navegación virtual por vasos sanguíneos, detección y coloración de tejidos o huesos...).

El mantenimiento de la solución presentada es realmente bajo, es de probada estabilidad y exigiría pocas tareas de administración, con lo que tampoco exigiría la contratación de personal adicional, o de una empresa externa.

Por lo tanto, podemos concluir que hemos presentado una solución viable para su implantación en centros sanitarios, que presentaría un ahorro de costes considerable frente a otras soluciones comerciales, y que ofrecería una ventaja sustancial para la atención al paciente, y la inclusión en su historia clínica de todos sus datos relevantes, incluidas sus pruebas de imagen diagnóstica.

Este proyecto se podría seguir trabajando en el futuro en varios frentes: por un lado, uniéndolo con un motor de integración y desarrollando integraciones para sistemas que no disponen de interfaz HL7, por ejemplo leyendo directamente de bases de datos y generando mensajes a partir de entradas de nuevos pacientes o citas. Por otro lado, se pueden desarrollar herramientas más especializadas, como las que se han nombrado anteriormente, que no están disponibles de forma gratuita y suelen ser parte de soluciones comerciales. Ya que todo el software que se ha utilizado dispone de acceso a su código fuente, se podrían llegar a implementar los cambios necesarios para llevar este sistema a cada situación particular que lo requiera.

7. Glosario.

- AETitle: Nombre que identifica a cada una de las entidades DICOM en una red de nodos DICOM. Este nombre ha de ser único en la red
- DICOM (*Digital Imaging and Communications in Medicine*): Protocolo de almacenamiento y comunicación de imágenes en medicina. [\[7\]](#) [\[15\]](#) [\[26\]](#)
- HCE: Historia Clínica Electrónica. Nos referimos a estas siglas para referenciar al software gestor de pacientes, sus citas y su historia clínica electrónica, que suele estar presente en los centros sanitarios, y que es el software que también debería realizar la llamada a nuestro sistema para notificar citas y para acceder a las pruebas de imagen clínica del paciente, desde su historial médico.
- HIS (*Hospital Information System*): Similar al anterior, pero con un alcance más amplio, un HIS controla los diversos sistemas de un hospital, desde la gestión de camas, las listas de espera... un aplicativo HCE puede ser parte del HIS, o si no es el caso, estar íntimamente relacionado con él.
- HL7 (Health Level 7): Protocolo de comunicaciones de parámetros sanitarios que actúa en el nivel 7 del modelo OSI (aplicación) y que permite transmitir información entre sistemas de diferente índole: desde gestión de citas, transmisión de pacientes, resultados de análisis... hasta regímenes alimenticios o prescripciones farmacológicas. [\[22\]](#) [\[2\]](#) [\[3\]](#) [\[10\]](#) [\[11\]](#)
- Modalidad: En el entorno DICOM, se denomina así a los equipos que finalmente hacen la prueba al paciente y generan la imagen médica. Puede ser un equipo de rayos digital, una resonancia magnética, un ecógrafo, un retinógrafo...
- MWL: *Modality Worklist*. Lista de trabajo DICOM que presenta a las modalidades cuando esta lo solicitan, un listado de las citas disponibles según los criterios que ha puesto la modalidad en su búsqueda. Lo normal es que cada modalidad pida la lista de las pruebas disponibles para hacer en ella misma a lo largo del día.
- PACS (*Picture Archiving and Communication System*): Sistema central de una infraestructura DICOM. Es el encargado de suministrar los servicios DICOM

esenciales para almacenar las imágenes, y servir las más adelante cuando sean solicitadas. Internamente y dependiendo de fabricantes se pueden encargar de tareas adicionales como la transferencia entre niveles de almacenamiento, colocar las imágenes con más probabilidades o más frecuentemente vistas en una caché de almacenamiento más rápido... etc

- **RIS (*Radiology Information System*):** Sistema informático departamental del servicio de radiología. Donde existe (no tiene por qué ser necesario), se encarga de gestionar las citas de radiología, el acceso a las imágenes médicas, y la gestión de los informes de paciente, de pruebas radiológicas.
- **TCP/IP:** conjunto de protocolos de redes de comunicaciones que permiten la comunicación entre dos elementos de la red (p.e. dos ordenadores)
- **WADO: *Web Access DICOM Objects*.** Protocolo para acceder mediante llamadas web, a imágenes DICOM. De esta forma el cliente que las solicita no tiene por qué ser un nodo más dentro de la red DICOM, y se pueden acceder a las imágenes desde una aplicación web que implemente este protocolo.

8. Referencias.

- [1] CentOS. (s.f.). *CentOS*. Recuperado el 23 de 11 de 2014, de centos.org: <http://www.centos.org/>
- [2] Chander, S. (s.f.). *The HL7 Survival Guide*. Recuperado el 28 de 12 de 2014, de Caristix: <http://caristix.com/blog/2012/11/the-hl7-survival-guide-introduction/>
- [3] Corepoint Health. (s.f.). *HL7 Messages*. Recuperado el 28 de 12 de 2014, de www.corepointhealth.com: <http://www.corepointhealth.com/resource-center/hl7-resources/hl7-messages>
- [4] dcm4chee. (s.f.). *Open Source Clinical Image and Object Management*. Recuperado el 08 de 12 de 2014, de dcm4chee.org: <http://www.dcm4chee.org/>
- [5] dcm4chee. (s.f.). *Weasis*. Recuperado el 08 de 12 de 2014, de dcm4chee.org: <http://www.dcm4chee.org/confluence/display/WEA/Home>
- [6] DVTK. (s.f.). *DVTK*. Recuperado el 08 de 12 de 2014, de dvtk.org: <http://www.dvtk.org/>
- [7] Evans, D., & Amorim, G. (s.f.). *A Very Basic DICOM Introduction*. Recuperado el 22 de 12 de 2014, de dcm4chee.org: <http://www.dcm4chee.org/confluence/display/d2/A+Very+Basic+DICOM+Introduction>
- [8] Evans, D., & Heiles, P. (16 de 12 de 2013). *Database Schema Diagram*. Obtenido de dcm4chee.org: <http://www.dcm4chee.org/confluence/display/ee2/Database+Schema+Diagram>
- [9] Evans, D., & Roduit, N. (13 de 09 de 2014). *DCM4CHEE 2.17.1 Installation Instructions*. Obtenido de dcm4chee.org: <http://www.dcm4chee.org/confluence/display/ee2/Installation>
- [10] HL7 International. (s.f.). *Introduction to Health Level 7*. Recuperado el 28 de 12 de 2014, de www.hl7.org: http://www.hl7.org/documentcenter/public_temp_B669E2A2-1C23-BA17-0C7A999023268366/training/IntroToHL7/player.html
- [11] hl7.org. (s.f.). *HL7 Messaging Standard Version 2.3.1*. Obtenido de hl7.org: http://www.hl7.org/implement/standards/product_brief.cfm?product_id=141
- [12] Jboss. (s.f.). *JBossDeveloper*. Recuperado el 8 de 12 de 2014, de jboss.org: <http://www.jboss.org/>
- [13] Metaemotion S.L. (s.f.). *Ginkgo CADx*. Recuperado el 8 de 12 de 2014, de ginkgo-cadx.com: <http://ginkgo-cadx.com/es/>

- [14] Mirth. (s.f.). *Mirth Connect*. Recuperado el 8 de 12 de 2014, de mirthcorp.org:
<http://www.mirthcorp.com/products/mirth-connect>
- [15] OFFIS. (s.f.). *Introduction to the DICOM Standard*. Recuperado el 22 de 12 de 2014, de dicom.offis.de: <http://dicom.offis.de/dcmintro.php.en>
- [16] Philip B., C. (11 de 4 de 2013). *Installing DCM4CHEE*. Obtenido de turnthecrank:
<https://code.google.com/p/turnthecrank/wiki/InstallingDCM4CHEE>
- [17] PostgreSQL. (s.f.). *PostgreSQL*. Recuperado el 08 de 12 de 2014, de postgresql.org:
<http://www.postgresql.org/>
- [18] Raster Images. (s.f.). *iOviyam. SmartPhone Viewer*. Recuperado el 18 de 12 de 2014, de oviyam.raster.in: <http://oviyam.raster.in/ioviyam2.html>
- [19] Raster Images. (s.f.). *Oviyam Web DICOM Browser*. Recuperado el 08 de 12 de 2014, de raster.in: <http://oviyam.raster.in/oviyam2.html>
- [20] Salud Castilla y León (Sacyl). (s.f.). *Estándares de Integración*. Recuperado el 28 de 12 de 2014, de www.saludcastillayleon.es:
<http://www.saludcastillayleon.es/empresas/es/estandaresint>
- [21] SourceForge. (s.f.). *JBoss Community - JBoss-4.2.3.GA*. Recuperado el 08 de 12 de 2014, de sourceforge.net: <http://sourceforge.net/projects/jboss/files/JBoss/JBoss-4.2.3.GA/>
- [22] Wikipedia. (s.f.). *HL7*. Recuperado el 05 de 10 de 2014, de Wikipedia:
<http://es.wikipedia.org/wiki/HL7>
- [23] Wikipedia. (s.f.). *systemd*. Recuperado el 8 de 12 de 2014, de Wikipedia:
<http://es.wikipedia.org/wiki/Systemd>
- [24] Wikipedia. (s.f.). *Top-down and bottom-up design*. Recuperado el 1 de 12 de 2014, de Wikipedia: http://en.wikipedia.org/wiki/Top-down_and_bottom-up_design
- [25] Wikipedia. (s.f.). *XFS*. Recuperado el 8 de 12 de 2014, de wikipedia.org:
<http://es.wikipedia.org/wiki/XFS>
- [26] Zaharia, R. (s.f.). *Introduction to DICOM*. Recuperado el 22 de 12 de 2014, de <http://dicomiseasy.blogspot.com.es/>:
<http://dicomiseasy.blogspot.com.es/2011/10/introduction-to-dicom-chapter-1.html>

9. Anexos

9.1. Anexo I: Contenido del fichero orm2dcm.xsl, para configurar la entrada de los parámetros HL7

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
<xsl:stylesheet xmlns:xsl="http://www.w3.org/1999/XSL/Transform" version="1.0">
  <xsl:output method="xml" indent="yes"/>
  <xsl:include href="common.xsl"/>
  <xsl:template match="/hl7">
    <dataset>
      <attr tag="00080005" vr="CS">ISO_IR 100</attr>
      <xsl:apply-templates select="PID"/>
      <!-- Other Patient Identification Sequence -->
      <attr tag="00101002" vr="SQ">
        <item>
          <xsl:apply-templates select="PID[1]" mode="sps"/>
        </item>
      </attr>
      <xsl:apply-templates select="PV1"/>
      <xsl:apply-templates select="ORC[1]"/>
      <xsl:apply-templates select="OBR[1]"/>
      <!-- Scheduled Procedure Step Sequence -->
      <attr tag="00400100" vr="SQ">
        <xsl:apply-templates select="ORC" mode="sps"/>
      </attr>
      <xsl:apply-templates select="ZDS"/>
    </dataset>
  </xsl:template>
  <xsl:template match="PID[1]" mode="sps">
    <xsl:call-template name="otherpid2attrs">
      <xsl:with-param name="idtag" select="'00100020'"/>
      <xsl:with-param name="istag" select="'00100021'"/>
      <xsl:with-param name="cx" select="field[3]/repeat[1]"/>
    </xsl:call-template>
  </xsl:template>
  <xsl:template name="otherpid2attrs">
    <xsl:param name="idtag"/>
    <xsl:param name="istag"/>
    <xsl:param name="cx"/>
    <attr tag="{idtag}" vr="LO">
      <xsl:value-of select="string($cx/text())"/>
    </attr>
  </xsl:template>
</xsl:stylesheet>
```

```
</attr>
<attr tag="{${istag}" vr="LO">
  <xsl:value-of select="string($cx/component[3]/text())"/>
  <xsl:if test="$cx/component[3]/subcomponent[1]">
    <xsl:text>&amp;</xsl:text>
    <xsl:value-of select="$cx/component[3]/subcomponent[1]"/>
    <xsl:text>&amp;</xsl:text>
    <xsl:value-of select="$cx/component[3]/subcomponent[2]"/>
  </xsl:if>
</attr>
</xsl:template>
<xsl:template match="PV1">
  <!-- Referring Physican Name -->
  <xsl:call-template name="cn2pnAttr">
    <xsl:with-param name="tag" select="'00080090'"/>
    <xsl:with-param name="cn" select="field[8]"/>
  </xsl:call-template>
  <xsl:call-template name="pregnancyStatus">
    <xsl:with-param name="ambulantStatus" select="string(field[15]/text())"/>
  </xsl:call-template>
  <!-- Admission ID, Issuer -->
  <attr tag="00380010" vr="LO">
    <xsl:value-of select="string(field[19]/text())"/>
  </attr>
  <xsl:variable name="issuerOfAdmissionID"
    select="string(field[19]/component[3]/text())" />
  <xsl:if test="$issuerOfAdmissionID">
    <!-- Issuer of Admission ID Sequence -->
    <attr tag="00380014" vr="SQ">
      <item>
        <!-- Local Namespace Entity ID -->
        <attr tag="00400031" vr="UT">
          <xsl:value-of select="$issuerOfAdmissionID" />
        </attr>
      </item>
    </attr>
  </xsl:if>
  <xsl:call-template name="cx2attrs">
    <xsl:with-param name="idtag" select="'00380010'"/>
    <xsl:with-param name="istag" select="'00380011'"/>
    <xsl:with-param name="cx" select="field[19]"/>
  </xsl:call-template>
```

```
</xsl:template>
<xsl:template name="pregnancyStatus">
  <xsl:param name="ambulantStatus"/>
  <xsl:if test="normalize-space($ambulantStatus)">
    <attr tag="001021C0" vr="US">
      <xsl:if test="$ambulantStatus = 'B6'">3</xsl:if>
    </attr>
  </xsl:if>
</xsl:template>
<xsl:template match="ORC[1]">
  <!-- Placer Order Number -->
  <xsl:call-template name="ei2attr">
    <xsl:with-param name="tag" select="'00402016'"/>
    <xsl:with-param name="ei" select="field[2]"/>
  </xsl:call-template>
  <!-- Filler Order Number -->
  <xsl:call-template name="ei2attr">
    <xsl:with-param name="tag" select="'00402017'"/>
    <xsl:with-param name="ei" select="field[3]"/>
  </xsl:call-template>
  <xsl:call-template name="procedurePriority">
    <xsl:with-param name="priority"
select="string(field[7]/component[5]/text())"/>
  </xsl:call-template>
</xsl:template>
<xsl:template name="procedurePriority">
  <xsl:param name="priority"/>
  <xsl:if test="normalize-space($priority)">
    <attr tag="00401003" vr="CS">
      <xsl:choose>
        <xsl:when test="$priority = 'S'">STAT</xsl:when>
        <xsl:when test="$priority = 'A' or $priority = 'P' or $priority =
'C' ">HIGH</xsl:when>
        <xsl:when test="$priority = 'R'">ROUTINE</xsl:when>
        <xsl:when test="$priority = 'T'">MEDIUM</xsl:when>
      </xsl:choose>
    </attr>
  </xsl:if>
</xsl:template>
<xsl:template match="OBR[1]">
  <!-- Accession Number -->
  <xsl:call-template name="attr">
```

```
<xsl:with-param name="tag" select="'00080050'"/>
<xsl:with-param name="vr" select="'SH'"/>
<xsl:with-param name="val" select="string(field[18]/text())"/>
</xsl:call-template>
<!-- Medical Alerts -->
<xsl:call-template name="attr">
  <xsl:with-param name="tag" select="'00102000'"/>
  <xsl:with-param name="vr" select="'LO'"/>
  <xsl:with-param name="val" select="substring(field[13]/text(),1,64)"/>
</xsl:call-template>
<!-- Requesting Physician -->
<xsl:call-template name="cn2pnAttr">
  <xsl:with-param name="tag" select="'00321032'"/>
  <xsl:with-param name="cn" select="field[16]"/>
</xsl:call-template>
<!-- Requested Procedure Description -->
<xsl:call-template name="attr">
  <xsl:with-param name="tag" select="'00321060'"/>
  <xsl:with-param name="vr" select="'LO'"/>
  <xsl:with-param name="val" select="field[44]/component[1]"/>
</xsl:call-template>
<!-- Requested Procedure Code Sequence -->
<xsl:call-template name="codeItem">
  <xsl:with-param name="sqtag" select="'00321064'"/>
  <xsl:with-param name="code" select="string(field[44]/text())"/>
  <xsl:with-param
                                name="scheme"
select="string(field[44]/component[2]/text())"/>
  <xsl:with-param
                                name="meaning"
select="substring(field[44]/component[1]/text(),1,64)"/>
</xsl:call-template>
<!-- Patient State -->
<xsl:call-template name="attr">
  <xsl:with-param name="tag" select="'00380500'"/>
  <xsl:with-param name="vr" select="'LO'"/>
  <xsl:with-param name="val" select="substring(field[12]/text(),1,64)"/>
</xsl:call-template>
<!-- Requested Procedure ID -->
<xsl:call-template name="attr">
  <xsl:with-param name="tag" select="'00401001'"/>
  <xsl:with-param name="vr" select="'SH'"/>
  <xsl:with-param name="val" select="string(field[19]/text())"/>
</xsl:call-template>
```



```
<!-- Patient Transport Arrangements -->
<xsl:call-template name="attr">
  <xsl:with-param name="tag" select="'00401004'"/>
  <xsl:with-param name="vr" select="'LO'"/>
  <xsl:with-param name="val" select="substring(field[30]/text(),1,64)"/>
</xsl:call-template>
</xsl:template>
<xsl:template match="ORC" mode="sps">
  <item>
    <!-- Scheduled Procedure Step Start Date/Time -->
    <xsl:call-template name="attrDATM">
      <xsl:with-param name="datag" select="'00400002'"/>
      <xsl:with-param name="tmtag" select="'00400003'"/>
      <xsl:with-param name="val"
select="string(field[7]/component[3]/text())"/>
    </xsl:call-template>
    <xsl:apply-templates select="following-sibling::OBR[1]" mode="sps"/>
    <xsl:apply-templates select="following-sibling::ZDS" mode="sps"/>
  </item>
</xsl:template>
<xsl:template match="OBR" mode="sps">
  <!-- Modality -->
  <xsl:call-template name="attr">
    <xsl:with-param name="tag" select="'00080060'"/>
    <xsl:with-param name="vr" select="'CS'"/>
    <xsl:with-param name="val" select="string(field[24]/text())"/>
  </xsl:call-template>
  <!-- Scheduled Performing Physican Name -->
  <xsl:call-template name="cn2pnAttr">
    <xsl:with-param name="tag" select="'00400006'"/>
    <xsl:with-param name="cn" select="field[34]"/>
    <xsl:with-param name="cn26" select="field[34]/subcomponent"/>
  </xsl:call-template>
  <!-- Scheduled Procedure Step Description -->
  <xsl:call-template name="attr">
    <xsl:with-param name="tag" select="'00400007'"/>
    <xsl:with-param name="vr" select="'LO'"/>
    <xsl:with-param name="val"
select="substring(field[4]/component[4]/text(),1,64)"/>
  </xsl:call-template>
  <!-- Scheduled Protocol Code Sequence -->
  <xsl:call-template name="codeItem">
```

```
<xsl:with-param name="sqtag" select="'00400008'"/>
<xsl:with-param name="code"
select="string(field[4]/component[3]/text())"/>
<xsl:with-param name="scheme"
select="string(field[4]/component[5]/text())"/>
<xsl:with-param name="meaning"
select="substring(field[4]/component[4]/text(),1,64)"/>
</xsl:call-template>
<!-- Scheduled Procedure Step ID -->
<xsl:call-template name="attr">
<xsl:with-param name="tag" select="'00400009'"/>
<xsl:with-param name="vr" select="'SH'"/>
<xsl:with-param name="val" select="string(field[20]/text())"/>
</xsl:call-template>
</xsl:template>
<xsl:template match="ZDS">
<!-- Study Instance UID -->
<xsl:call-template name="attr">
<xsl:with-param name="tag" select="'0020000D'"/>
<xsl:with-param name="vr" select="'UI'"/>
<xsl:with-param name="val" select="string(field[1]/text())"/>
</xsl:call-template>
</xsl:template>
<xsl:template match="ZDS" mode="sps">
<!-- Scheduled Station AE -->
<xsl:call-template name="attr">
<xsl:with-param name="tag" select="'00400001'"/>
<xsl:with-param name="vr" select="'AE'"/>
<xsl:with-param name="val" select="string(field[2]/text())"/>
</xsl:call-template>
<!-- Scheduled Station Name-->
<xsl:call-template name="attr">
<xsl:with-param name="tag" select="'00400010'"/>
<xsl:with-param name="vr" select="'SH'"/>
<xsl:with-param name="val" select="string(field[3]/text())"/>
</xsl:call-template>
</xsl:template>
</xsl:stylesheet>
```