



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

Trabajo de fin de grado de Ingeniería Informática

Febrero 2015

Alumno: Raúl Picado Alonso

ÍNDICE

1. Introducción

- Motivaciones
- Objetivos
- Método de trabajo

2. Protocolos utilizados

- DICOM
- HL7

3. Análisis

- Requisitos
- Gestión del alcance

4. Diseño

- Estrategia de diseño
- Arquitectura
- Flujo de información

5. Pruebas

- Citación y grabación en BD
- Publicación de lista de trabajo y consulta
- Envío de imágenes al PACS
- Visualización del estudio
- Consulta desde aplicaciones externas

6. Conclusiones

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.

¿Qué Necesidades existen?

- ✓ Que toda la información del paciente, quede asociada a su historial, y no se pierda. Entre esta información, las imágenes médicas de cualquier especialidad.
- ✓ Que los profesionales sanitarios puedan acceder a la información diagnóstica de manera rápida.
- ✓ Que se disponga de las herramientas adecuadas para mejorar la atención al paciente.
- ✓ Centralizar recursos para disponer de soluciones comunes, en lugar de muchas particulares.
- ✓ Contención de costes, en épocas de poco poder inversor.

Introducción

Objetivos

¿Qué se pretende conseguir?: Se pretende demostrar las capacidades de una plataforma construida a partir de diferentes paquetes del software libre, para cubrir las necesidades de almacenamiento centralizado y distribución de imágenes, de uno o varios centros médicos, que cuente con las siguientes características:

- ✓ Pensado para la imagen no radiológica, aunque extensible.
- ✓ Abordable mediante software disponible bajo licencias de libre distribución.
- ✓ Centralizado: capaz de ser el repositorio de imágenes médicas de varios centros, y que desde cada uno se pueda consultar cualquier imagen del resto.
- ✓ Integrado con otros sistemas de información clínica.
- ✓ Con las herramientas necesarias para los profesionales sanitarios.

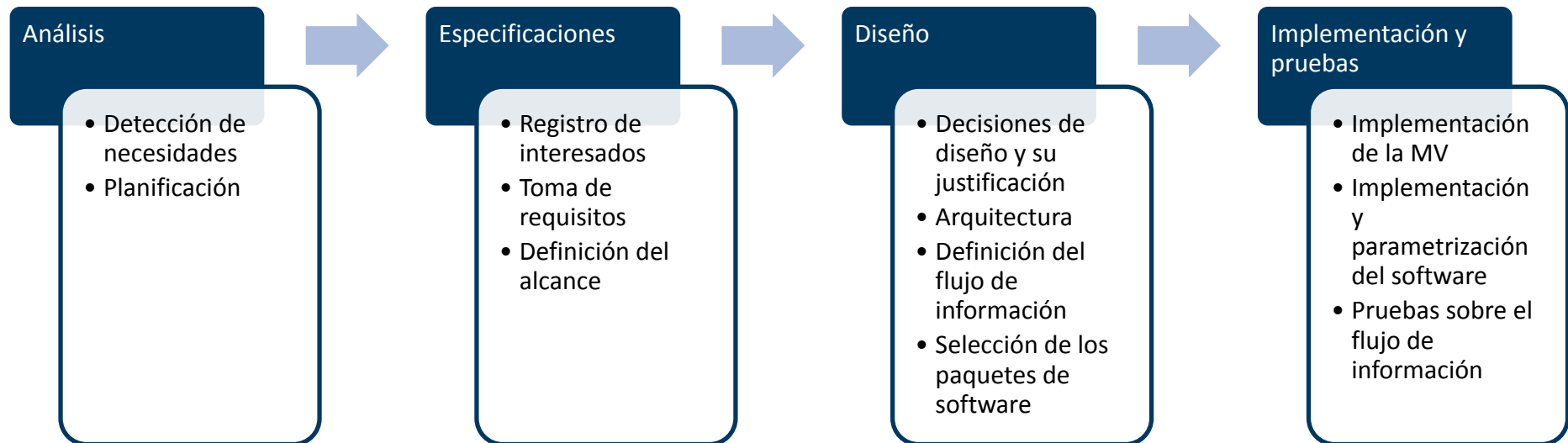
Objetivos personales:

- ✓ Realizar un proyecto de utilidad real, para un entorno real.
- ✓ Aprovechar el trabajo, para aprender de este entorno, y aportar mis conocimientos de cara al futuro.

Introducción

Método de trabajo

- ✓ Planificación guiada por una serie de integrables intermedios en forma de PEC
- ✓ Proceso iterativo en las fases de planificación, ejecución y control
- ✓ La ejecución del proyecto seguirá la metodología clásica del desarrollo de proyectos:



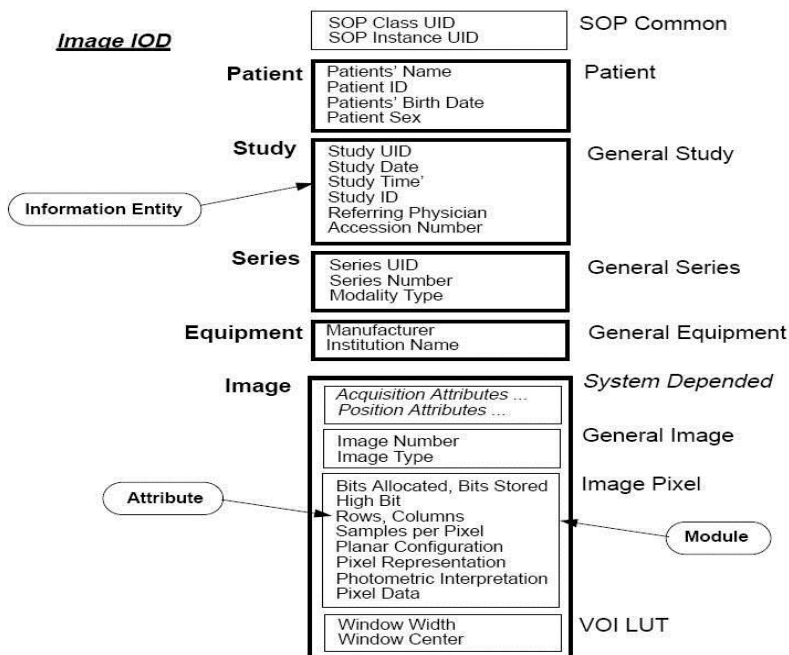
- ✓ El producto final será una máquina virtual con una maqueta del sistema, que simulará la parte central de la solución planteada.

Protocolos utilizados

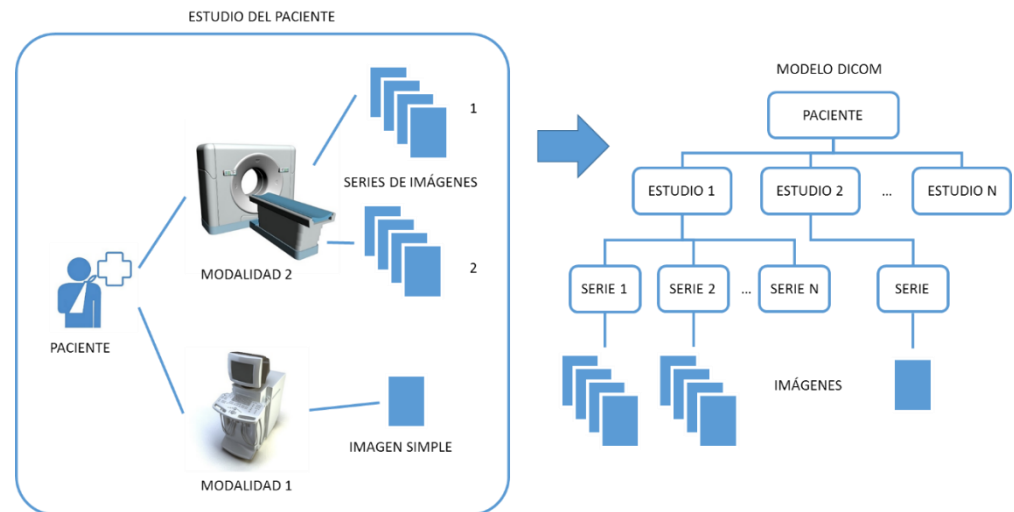
DICOM (*Digital Imaging and Communications in Medicine*)

- ✓ El protocolo DICOM es un conjunto de especificaciones que intervienen en la creación, transmisión y almacenamiento de imagen médica.
- ✓ Su principal objetivo es crear una plataforma abierta (independiente de fabricantes) para comunicar y almacenar imágenes médicas y sus datos.

Estructura de datos DICOM.



Modelo jerárquico de estudios.



Protocolos utilizados

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.

Tipos de mensaje

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	Detailed financial transaction: operaciones económicas.
MDM	Medical document management: gestión sobre los documentos médicos.
MFN	Master files notification: Notificaciones de ficheros maestros
ORM	Order: mensaje usado comúnmente para citaciones, y modificaciones, cancelaciones o reprogramaciones sobre las mismas.
ORU	Observation result (Unsolicited): Comunicaciones sobre resultados clínicos.
QRY	Query, original mode: Peticiones de datos.
RAS	Pharmacy/treatment administration: Administración de tratamientos farmacológicos
RDE	Pharmacy/treatment encoded order: peticiones codificadas sobre tratamientos farmacológicos.
RGV	Pharmacy/treatment give: grabación en historiales de medicación suministrada.
SIU	Scheduling information unsolicited: Gestión de citaciones no programadas (ej: urgencias)

Tipos de segmento

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

Protocolos utilizados

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.

Caracteres de control

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

Mensaje de ejemplo

```
MSH|^~\&|HL7_SENDER|HOSPITAL1|DCM4|CENTRAL_PACS|||ORM^001|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
```


- ✓ Se recoge la definición y documentación de las necesidades que, según los interesados (*stakeholders*) debería cubrir el proyecto.
- ✓ Se recopilan los principales interesados y sus requisitos.
- ✓ Se agrupan en una tabla requisitos comunes y las posibles soluciones que los cubran, a modo de resumen.

Requisitos	Descripción	Cobertura
PR1, M1, GH2, GR1, TG2, TG3	Poder disponer de el 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.

- ✓ Diseño de un proyecto piloto para demostrar las capacidades de una plataforma construida a partir de diferentes paquetes de software libre, para cubrir las necesidades de almacenamiento centralizado y distribución de imagen médica de uno o varios centros médicos.

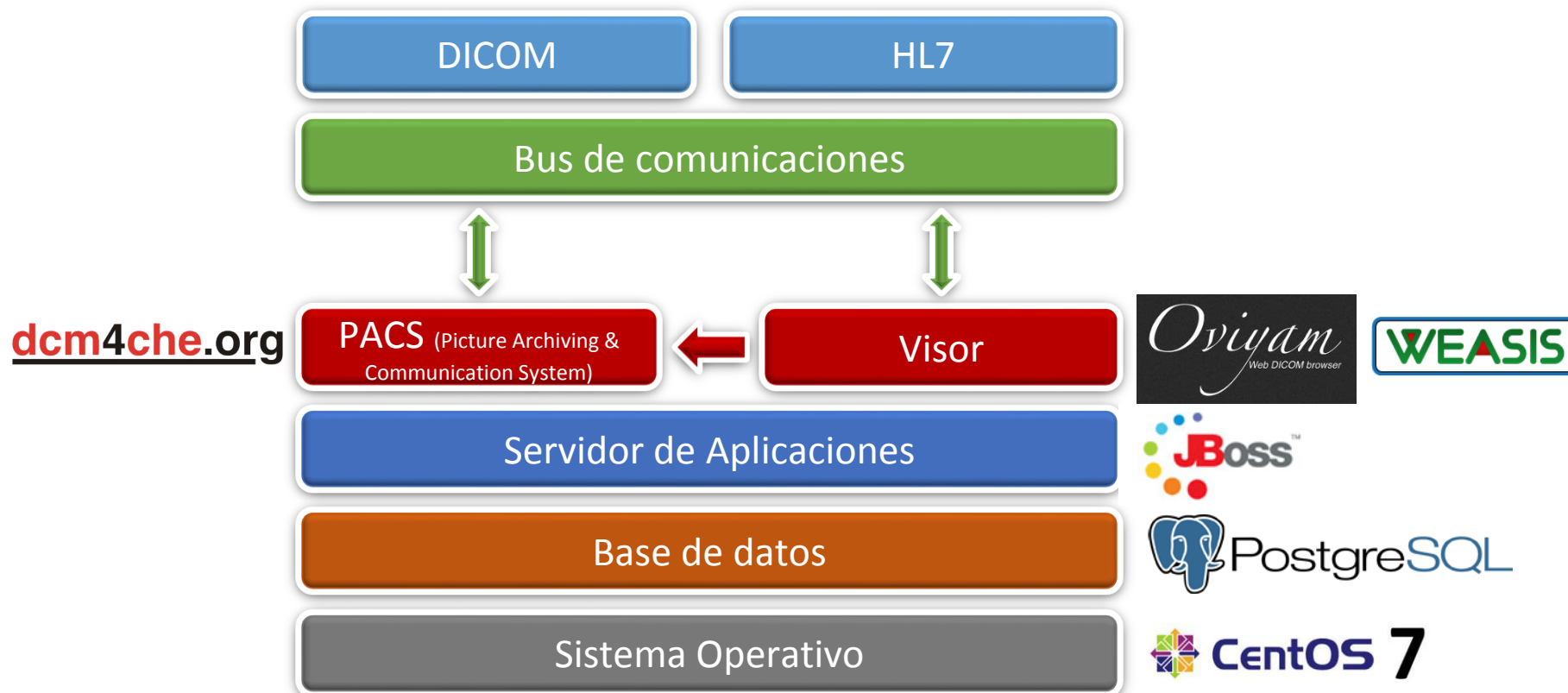
- ✓ Cubrir el flujo de trabajo completo y cerrado, ofreciendo pautas para la integración con aplicaciones de historia clínica electrónica.

- ✓ Como entregable del proyecto se proveerá de una maqueta en formato de máquina virtual, conteniendo el sistema central del proyecto:
 - ✓ Sistema de almacenamiento de imágenes.
 - ✓ Bases de datos que lo soportan.
 - ✓ Herramientas de administración.
 - ✓ Visores web para la distribución de la imagen médica.
 - ✓ Parámetros y pautas de integración con sistemas de información clínica electrónica

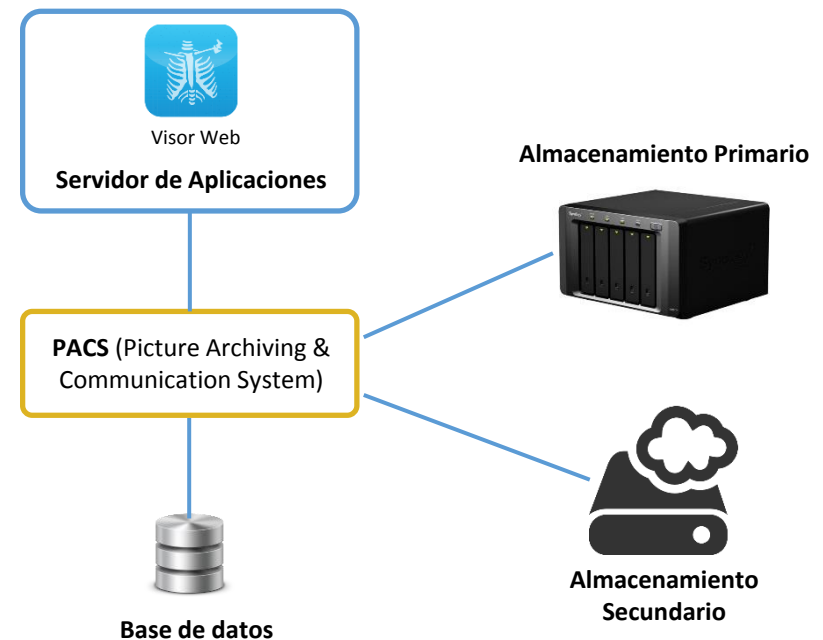
Diseño

Estrategia de diseño “Bottom-up”

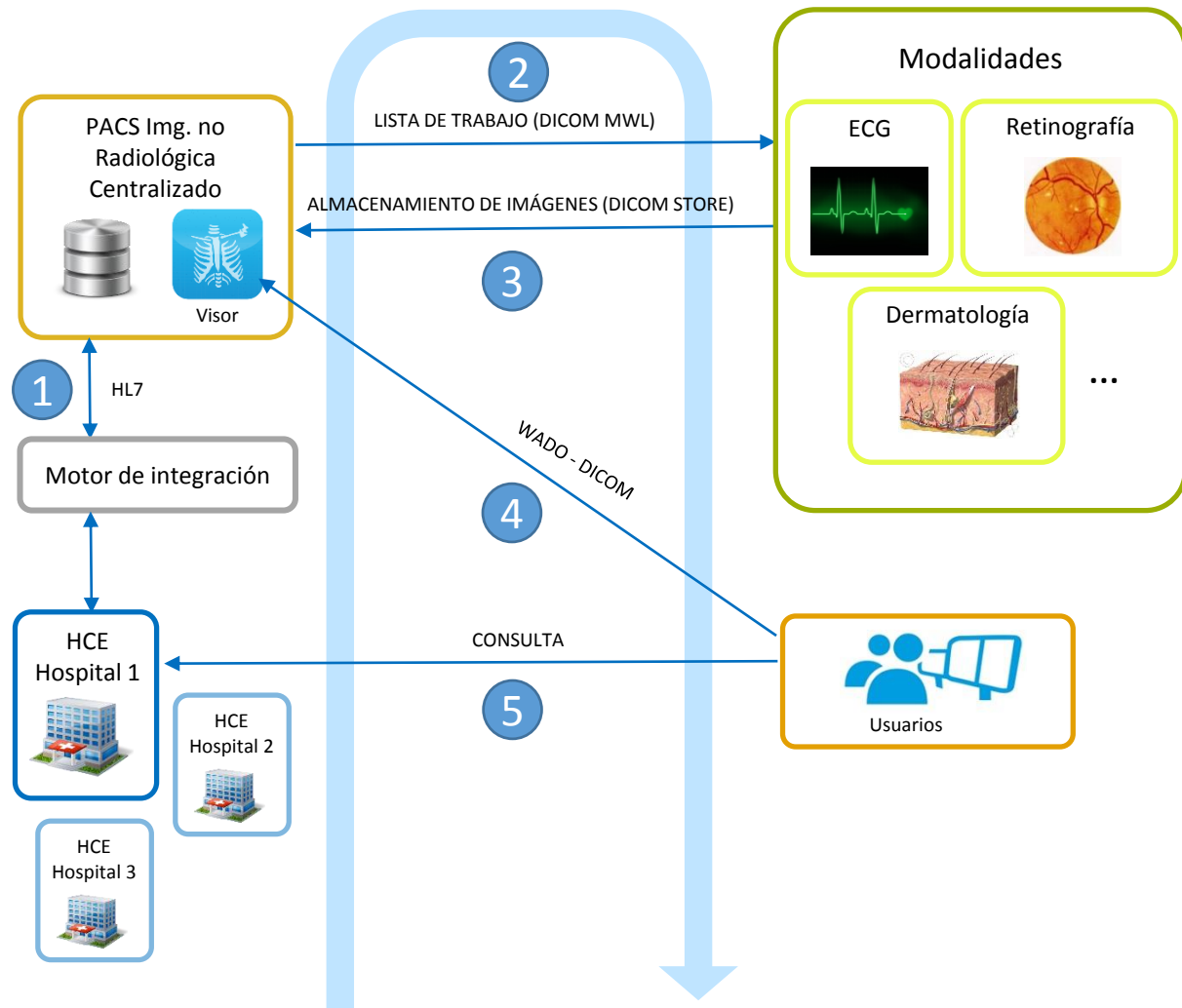
- ✓ Se diseñan las partes individuales en detalle, para integrarlas luego en el sistema completo



- ✓ El servidor PACS, esta soportado por un S.O. y la base de datos donde reside su información.
- ✓ El servidor de aplicaciones monta el visor y las herramientas de administración del PACS
- ✓ El sistema de almacenamiento guarda los datos en bruto de las imágenes médicas. Se distinguen dos tipos:
 - ✓ Primario: rápido y caro
 - ✓ Secundario: más lento pero más asequible
- ✓ Se establecen reglas de copiado y borrado entre ambos almacenamientos.



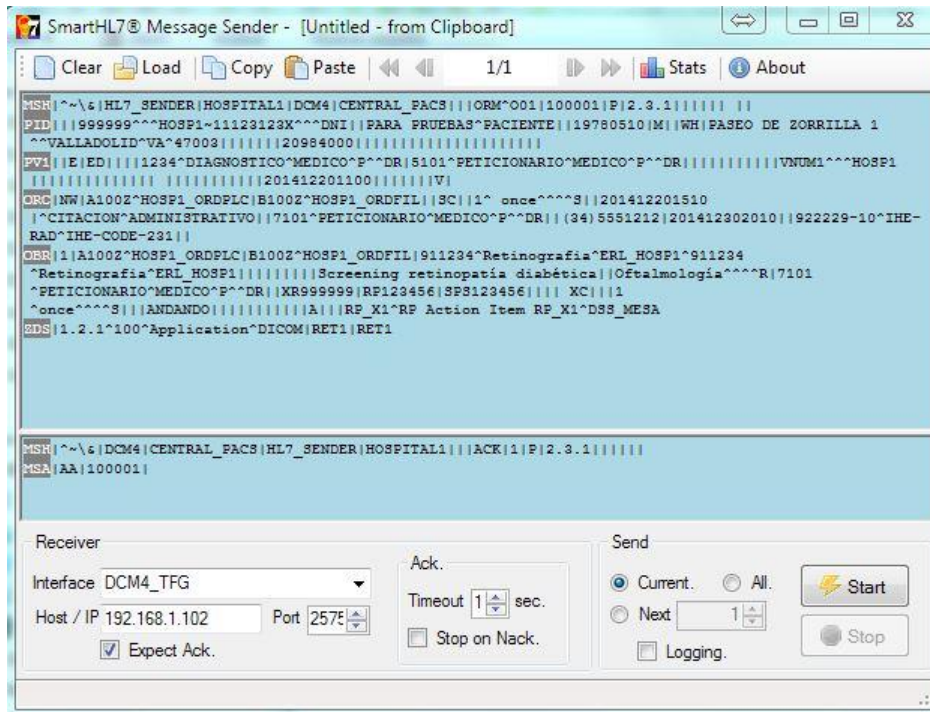
1. Generación de la cita y construcción y envío del mensaje HL7 (ORM^O01) notificándola
2. El PACS guarda el registro en su base de datos y publica la lista de trabajo DICOM (MWL) para su consulta. La modalidad preguntará por su lista de trabajo.
3. La modalidad realiza el estudio al paciente, y envía las imágenes de resultado al PACS, que las almacena asociándolas al resto de información del paciente y de la cita.
4. Los usuarios de cualquier centro, desde sus puestos podrían consultar directamente al visor de imágenes médicas.
5. O a través de la aplicación de historia clínica, consultar el resto de información médica del paciente, y que sea este el que invoque al visor de imágenes.



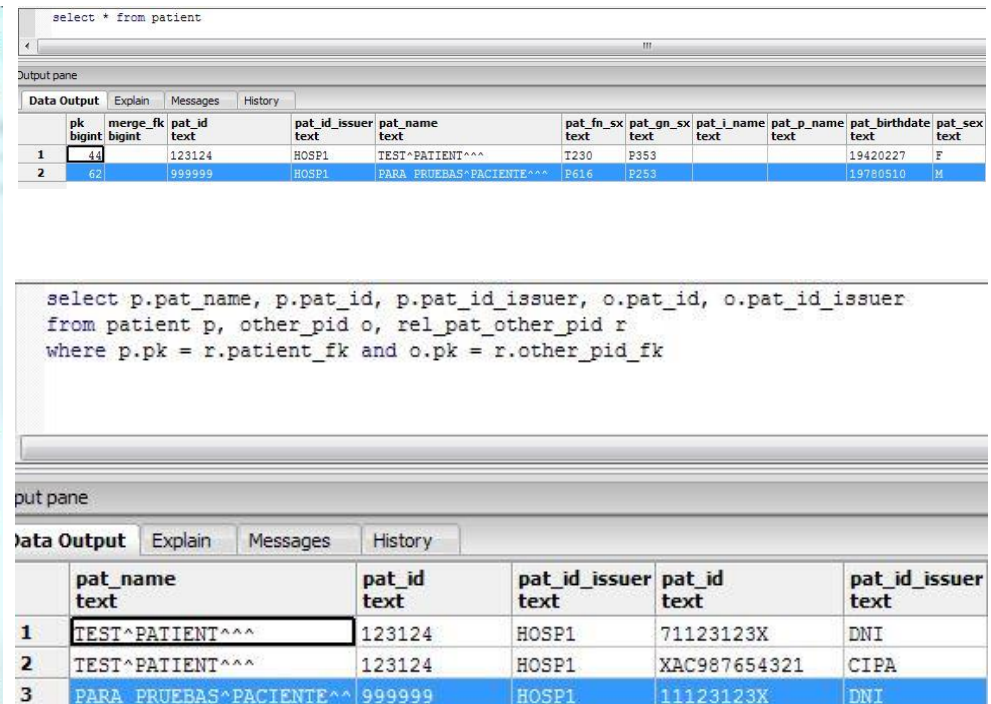
Pruebas

Citación y grabación en base de datos

- ✓ Envío del mensaje con recepción correcta



- ✓ Grabación en base de datos con múltiples identidades del paciente



Pruebas

Publicación de lista de trabajo (MWL) y consulta

- ✓ Publicación de lista de trabajo con múltiples identidades de paciente

- ✓ Petición correcta desde un emulador de modalidad

Search

Phonetic
Extended Search
Latest items first

Pagesize 10 Entry 1 to 1 of 1

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 retinopatia diabética
Study Instance UID					(0020,0000)	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	D55_MESA
>Code Meaning					(0008,0104)	LO	20	RP Action Item RP_X1
Admission ID					(0038,0010)	LO	6	VNUM1

Request Worklist Received 1 worklist items successfully.

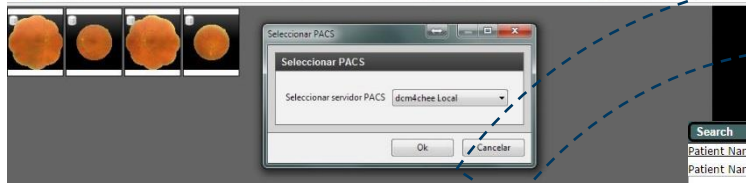
Please Select MWL Response

Patient Name	Patient ID	Accession Nr	Requested Proc ID	Scheduled Proc Step	Start D...	Modality	Scheduled Station AE Titl
Patients^Name PARA PRUEBAS^P...	999999	123456 XR999999	RPID RP123456	20060330	20150109	CR XC	AE_Title RET1

Pruebas

Envío de imágenes al PACS

Nombre de paciente	Id del paciente	E...	Modal...	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	14189817612714



✓ Envío del estudio

✓ Con múltiples identidades del paciente

Search

Patient Name: _____ Patient ID: _____ Study Date: from _____ to _____
 Patient Name: _____ Phonetic: _____ ID: 999999 Issuer: _____
 Modality: _____ Exact search: Source AET: _____
 Latest studies first Search for: [Study]

Pagesize: 10 Study 1 to 1 of 1

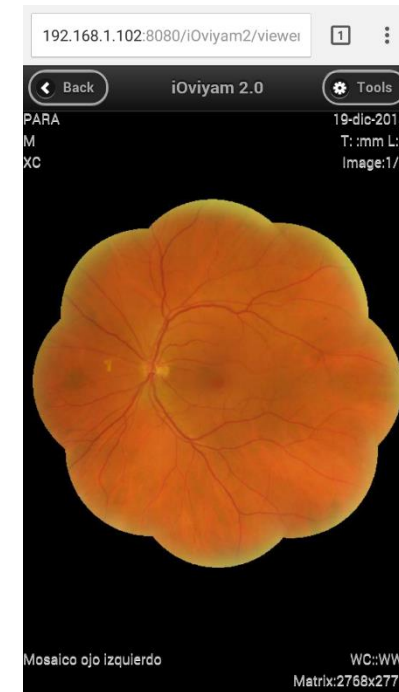
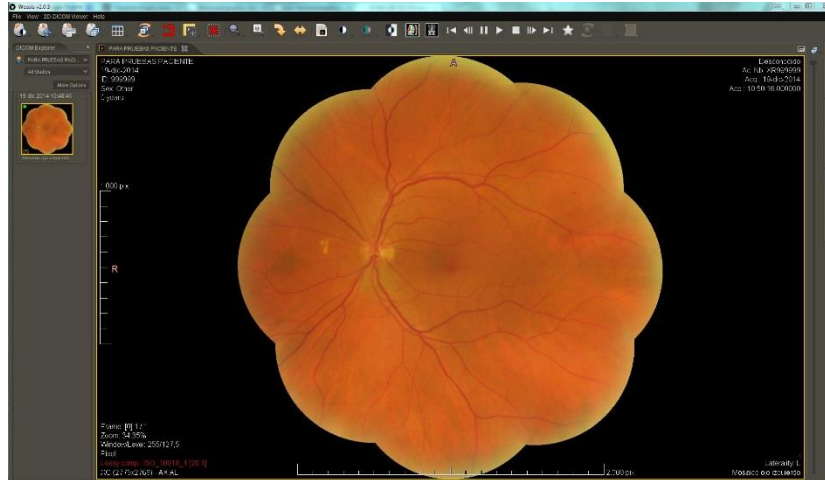
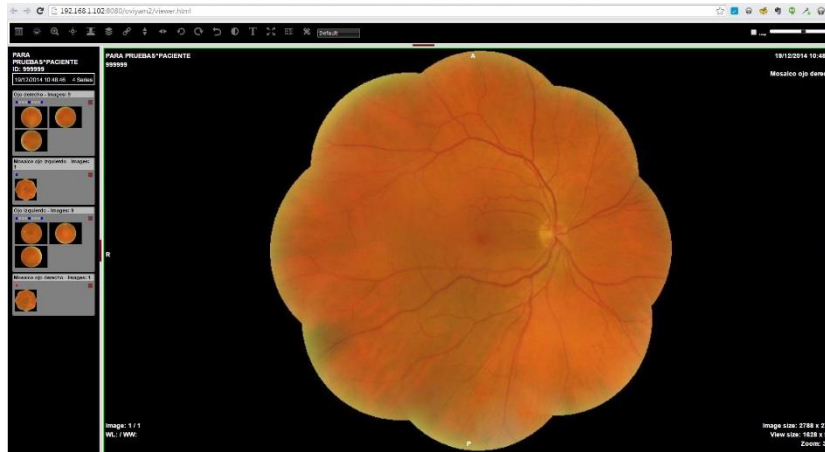
Study Date/Time	Study ID	Accession No	Modality	Description	#S/#I
19/12/2014 10:48	999999	19/12/2014	XC		4/20
19/12/2014 10:48		XR999999	XC		4/20
19/12/2014 10:48		GINKGO_101	XC	Ojo derecho	9
19/12/2014 10:48		GINKGO_101	XC	Mosaico ojo izquierdo	1
19/12/2014 10:48		GINKGO_101	XC	Ojo izquierdo	9
19/12/2014 10:48		GINKGO_101	XC	Mosaico ojo derecho	1

✓ Recepción del estudio

Study Date/Time	Study ID	Accession No	Modality	Description	#S/#I
19/12/2014 10:48	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		XR999999	XC		4/20

Pruebas

Visualización del estudio desde varias herramientas



- ✓ Se pueden realizar llamadas por métodos DICOM, para realizar consultas al PACS, por cualquiera de los identificadores del paciente.
- ✓ También se podría consultar su base de datos, si es necesario.
- ✓ 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 sistema, por las múltiples identidades que tiene un paciente, y recuperar imágenes invocándolo por cada una de ellas.

```
root@dcm4tfg/opt/dcm4tools/bin
[root@dcm4tfg bin]# pwd
/opt/dcm4tools/bin
[root@dcm4tfg bin]# ./dcmqr -L DCMQR DCM4CHEE@192.168.1.102:11112 -q00100020=11123123X -q00100021=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 [104946] Study Time
(0008,0050) SH #8 [XR999999] 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]#
```

Conclusiones

Conclusiones y trabajo futuro

- ✓ Mediante este proyecto, se ha conseguido demostrar que el sistema presentado, podría ser viable para su implantación.
- ✓ Ofrecería una alternativa de bajo coste a soluciones comerciales mucho más caras.
- ✓ No existen apenas soluciones fuera del ámbito radiológico, y donde existen, son soluciones departamentales que se restringen a su ámbito.
- ✓ Sistema de probada estabilidad y bajo mantenimiento.
- ✓ Ofrece una ventaja sustancial para la atención al paciente, y la inclusión en su historia clínica de todos los datos relevantes, incluidas sus pruebas de imagen diagnóstica.

Desventajas:

- ✓ Carece 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...).

Trabajos futuros:

- ✓ Desarrollar integraciones, junto con un motor de integración, para sistemas sin interfaz HL7.
- ✓ Desarrollo de herramientas especializadas.
- ✓ El código abierto del software empleado garantiza su adaptación a casi cualquier situación.



**Universitat Oberta
de Catalunya**

www.uoc.edu