

# Anàlisi i disseny dels Sistemes d'Informació i la Infraestructura Tecnològica associada pel Sistema de Imatge Diagnòstica (PACS) d'un Hospital Universitari.

**Xavier Grau i Corral**

Màster Interuniversitari d'Enginyeria de Telecomunicació (UOC, URL)  
Sistemes de Comunicació

**Raúl Parada Medina**

**Carlos Monzo Sánchez**

10 de Gener del 2019



Aquesta obra està subjecta a una llicència de [Reconeixement-NoComercial-SenseObraDerivada 3.0 Espanya de Creative Commons](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/es/)

## FITXA DEL TREBALL FINAL

<b>Títol del treball:</b>	<i>Anàlisi i disseny dels Sistemes d'Informació i la Infraestructura Tecnològica associada pel Sistema de Imatge Diagnòstica (PACS) d'un Hospital Universitari</i>
<b>Nom de l'autor:</b>	<i>Francisco Javier Grau Corral</i>
<b>Nom del consultor/a:</b>	<i>Raúl Parada Medina</i>
<b>Nom del PRA:</b>	<i>Carlos Monzo Sánchez</i>
<b>Data de lliurament (mm/aaaa):</b>	<i>01/2019</i>
<b>Titulació o programa:</b>	<i>Màster Interuniversitari d'Enginyeria de Telecomunicació (UOC, URL)</i>
<b>Àrea del Treball Final:</b>	<i>Sistemes de Comunicació</i>
<b>Idioma del treball:</b>	<i>Català</i>
<b>Paraules clau</b>	<i>PACS, DICOM, HL7, WADO, IHE</i>

**Resum del Treball (màxim 250 paraules):** *Amb la finalitat, context d'aplicació, metodologia, resultats i conclusions del treball*

Tal com va passar amb els rodets de fotografia, la pel·lícula radiogràfica va anar desapareixent substituïda per una sèrie d'ingenis digitals dins els aparells de rajos-X, fins el moment actual, en que es fan servir detectors de Gadolini o Cesi. Tots aquets sistemes creen unes imatges, en format DICOM, aptes pel diagnòstic.

Aquestes imatges han de ser emmagatzemades i transmeses, per la seva visualització i arxiu, mitjançant els anomenats PACS, "Picture Archiving and Communication Systems". Els PACS varen ser departamentals al principi (radiologia), però amb el temps es van estendre per tot l'hospital i Centres de Primària, on el Metge Referent podia consultar les imatges, amb menys resolució, conjuntament amb l'informe del radiòleg.

Aquests sistemes tenen tres components bàsics: adquisició, arxiu, i visualització. Per implantar-los i fer-los efectius, els Sistemes de Comunicació prenen una importància fonamental: les exigències dels protocols DICOM o WADO, i l'extensió geogràfica delimitaran les xarxes de comunicació necessàries: dedicada / compartida, Internet, VPNs, enllaços de fibra, etc.

Aquest projecte s'enfoca en l'anàlisi de necessitats i el disseny d'un d'aquests sistemes (PACS) pel cas d'un Hospital Universitari del Sistema Públic de Salut, i les possibles connexions amb d'altres Centres, el Hospital Universitario Central de Asturias.

Es valora l'ús de sistemes de codi obert i comercials, però el fet que es tracta de Dispositius Mèdics, "*Medical Devices*", per tant susceptibles d'afectar a la salut de les persones, i que són regulats per la Unió Europea, fa que no es contempli la possibilitat de desenvolupar-ne un de nou.

**Abstract (in English, 250 words or less):**

As it happened with photo rollers, the radiographic film started disappearing replaced by a series of digital engines placed within X-ray devices, up to the present, when Gadolinium or Cesium detectors are used. All these systems create images, in DICOM format, apt for the diagnosis.

These images must be stored and transmitted, for their viewing and archiving, through the so-called PACS, "*Picture Archiving and Communication Systems*". The PACS were departmental at the beginning (radiology), but with the time they were extended throughout the Hospital and Primary Centres, where the Referent Physician could consult the images, with less resolution, together with the report of the radiologist.

These systems have three basic components: acquisition, archiving, and display. To implement and make them effective, the Communication Systems are of fundamental importance: the requirements of the DICOM or WADO protocols, and the geographical extension will delimit the necessary communication networks: dedicated / shared, Internet, VPNs, fiber links , etc.

This project focuses on the analysis of needs and the design of one of these systems (PACS) for the case of a University Hospital of the Public Health System, and the possible connections with other Centres, the University Hospital Central of Asturias, in Spain.

The use of open source and commercial code systems is valued, but the fact that they are considered "Medical Devices", which are therefore likely to affect people's health, and which are regulated by the European Union, does not allows the possibility of developing a new one.

# Índex

1	Introducció .....	1
1.1	Context i justificació del Treball .....	1
1.2	Objectius del Treball.....	2
1.3	Enfocament i mètode seguit .....	3
1.4	Planificació del Treball.....	3
1.5	Breu sumari de productes obtinguts .....	4
1.6	Breu descripció dels altres capítols de la memòria.....	5
2	Aproximació a la Solució, Estat de l'Art.....	6
2.1	Els inicis.....	6
2.2	Estandardització .....	7
2.2.1	La necessitat d'un estàndard de Comunicació .....	8
2.2.2	DICOM.....	8
2.2.3	HL7 (Health Level Seven).....	10
2.2.4	IHE (Integrating the Healthcare Enterprise).....	11
2.3	Estat del art actual.....	12
2.3.1	Open Source.....	13
2.3.2	Solucions comercials .....	15
2.4	Elecció de la solució .....	17
3	Situació Actual i Anàlisi de Necessitats .....	19
3.1	Situació Actual.....	19
3.1.1	Projecte EDESIS .....	19
3.1.2	Situació Hospital antic .....	20
3.2	Justificació de la necessitat d'un Projecte PACS.....	20
3.3	Components bàsics del Sistema PACS a implantar .....	22
3.3.1	Arquitectura del PACS.....	22
3.3.2	Descripció dels components del PACS .....	23
3.3.3	Connectivitat.....	25
3.3.4	Servidors addicionals.....	26
3.3.5	Visionat.....	27
3.4	Requeriments de Comunicacions.....	32
3.4.1	Requeriments per al PACS.....	33

3.4.2	Requeriments per als visors .....	35
3.4.3	Resultats en Laboratori.....	36
3.4.4	Conclusions i recomanacions .....	40
3.5	Alta Disponibilitat i Recuperació de Desastres .....	41
3.5.1	Descripció dels components HA.....	42
3.5.2	VMware HA.....	43
3.5.3	DR, conceptes i components .....	44
4	Premisses i Solució Proposada .....	46
4.1	Tria de components.....	46
4.2	Anàlisi inicial del volum anual d'estudis .....	47
4.3	Suposicions per el Disseny dels mòduls del PACS .....	49
4.4	Suposicions per el Disseny de la infraestructura del PACS.....	51
4.5	Tràfic de dades previst pel PACS.....	52
5	Disseny final del PACS .....	54
5.1	Arquitectura del Nucli IMPAX proposat .....	54
5.2	Dotació de Servidors .....	55
5.3	Comunicacions entre Components.....	57
5.4	Comunicacions entre Centres .....	58
5.5	Configuració de flux DICOM.....	60
5.5.1	Funcionament del arxiu DICOM.....	61
5.5.2	Funcionament de la consulta d'estudis DICOM .....	63
5.5.3	Funcionament de la consulta d'estudis <i>Wavelet</i> .....	63
5.5.4	Emmagatzemament necessari .....	64
5.6	Dotació de Clients del PACS .....	64
5.7	Serveis Professionals per a la implantació .....	65
5.8	Riscos identificats.....	65
5.9	Components i responsabilitats.....	66
6	Valoració Econòmica .....	68
7	Conclusions .....	70
7.1	Conclusions Principals .....	70
7.1.1	Projecte no trivial .....	70
7.1.2	Importància del seguiment durant la implantació.....	70
7.1.3	Importància de fer pilots i proves .....	71
7.1.4	Importància d'establir de forma objectiva els terminis .....	71
7.2	Futur .....	71

7.2.1	Arxius Neutres Regionals (VNAs).....	71
7.2.2	“Enterprise Imaging” .....	72
7.2.3	Nous Estàndards .....	73
8	Glossari.....	75
9	Bibliografia .....	77

## Llista de figures

Figura 1: Diagrama de Gantt.....	4
Figura 2: Comparativa d'ofertes comercials a Espanya [32] .....	16
Figura 3: Impacte en la instal·lació [33].....	17
Figura 4: Base instal·lada per fabricant [35].....	18
Figura 5: Sistema existent al antic HUCA .....	20
Figura 6: Àrees Sanitàries a Astúries [37].....	21
Figura 7: Nou HUCA [39] .....	21
Figura 8: Components típics d'un PACS .....	23
Figura 9: Motor de Connectivitat PACS/RIS [41].....	26
Figura 10: Tipus de visors PACS .....	28
Figura 11: Visor diagnòstic d'Agfa HeathCare [27].....	29
Figura 12: Aplicació Clínica per 3D a partir d'un TAC [27] .....	30
Figura 13: Visor empresarial d'IMPAX [27].....	31
Figura 14: Visor Web [27].....	32
Figura 15: Volums típics per tipus d'estudi i modalitat [42].....	34
Figura 16: Ample de banda necessari típic pels clients visualitzadors [42] .....	35
Figura 17: Ports susceptibles de ser balancejats en un PACS [42].....	35
Figura 18: Entorn de test d'IMPAX 6 [43] .....	37
Figura 19: Resultats del test en relació a la latència [43] .....	37
Figura 20: Resultats del test per la visualització d'IMPAX [43].....	38
Figura 21: Resultats del test per a DICOM Store a IMPAX [43].....	39
Figura 22: Conclusions i recomanacions del test .....	41
Figura 23: Equipament i activitat del Hospital antic. ....	48
Figura 24: Memòria del SESPA del 2008.....	49
Figura 25: Activitat prevista per el nou Hospital .....	49
Figura 26: Emmagatzemament necessari pel nou Hospital .....	50
Figura 27: Paràmetres de disseny.....	50
Figura 28: Anàlisi de càrrega per mòdul del PACS .....	51
Figura 29: Màquines necessàries pel PACS .....	52
Figura 30: Simulació d'ample de banda .....	53
Figura 31: Dotació de servidors pel PACS .....	55
Figura 32: Diagrama de blocs dels Servidors.....	57



Figura 33: Connexions entre els Servidors .....	58
Figura 34: Recomanació d'Ample de Banda intercentres .....	60
Figura 35: Diagrama de flux DICOM .....	62
Figura 36: Aproximació econòmica del Projecte .....	68
Figura 37: Resultat per partides econòmiques del Projecte .....	69
Figura 38: Enterprise Imaging d'Agfa HealthCare [27] .....	73

# 1 Introducció

A continuació es presenten els motius que donen peu al plantejament del treball. Fonamentalment venen condicionats per la pròpia evolució tecnològica de les diferents solucions que s'han anat adoptant al llarg del temps per resoldre unes necessitats molt concretes dins el diagnòstic mèdic, com ho son els PACS, que consisteixen en un sistema d'arxiu i comunicació d'imatges diagnòstiques, l'ús del qual ja s'ha consolidat mundialment en els hospitals.

També s'identifiquen els objectius que es volen assolir i que, encara que es puguin anar realitzant en passos successius, s'enfoquen en una prioritat: la substitució de la pel·lícula radiogràfica pel medi digital mitjançant la implementació d'un projecte de PACS.

Aquest Projecte descriu, al cap i a la fi, com dissenyar un d'aquests sistemes.

## 1.1 Context i justificació del Treball

Tal i com va passar amb els rodets de fotografia, que varen ser substituïts per les màquines digitals, la pel·lícula radiogràfica va anar desapareixent paulatinament, primer, cap el any 2000, substituïda pels CRs (Computerized Radiography) que la substituïa per unes IPs (Image Plates) que es situaven dins dels "cassetes" compatibles amb els de pel·lícula, després pels DRs (2008, Digital Radiography) [1], que ja incorporaven un "sensor" permanent dins els aparells de rajos, fins el moment actual, en que es fan servir els "Detectors" [2] (de Gadolini o Cesi).

Tots aquets sistemes creen unes imatges d'alta resolució, en format DICOM, aptes pel diagnòstic, sempre que siguin visualitzades mitjançant monitors de qualitat diagnòstica (caríssims).

Aquestes imatges han de ser emmagatzemades per la seva visualització (diagnòstica i clínica) i arxiu. Així neixen els PACS [3], *Picture Archiving and Comunication Systems*.

Els PACS varen ser departamentals al principi (radiologia), però amb el temps es van estendre per tot l'hospital i Centres de Primària, on el Metge Referent podia consultar les imatges (amb menys resolució) conjuntament amb l'informe del radiòleg.

Cap el 2010 es van començar a unir els sistemes de diferents hospitals mitjançant els VNAs (Vendor Neutral Archive [4]) que permetien l'arxiu de les imatges independentment del fabricant del PACS.

També es varen crear i afegir altres PACS (com els de Cardiologia) i, amb el temps altres “-ologies” (com Dermatologia, Anatomia Patològica, etc...) que estan conformant el que s'està venint a anomenar “Enterprise Imaging”.

Aquests sistemes tenen tres components bàsics: El primer s'encarrega de l'adquisició i identificació (WiFi incorporada als “Detectors”, consoles, "dicomització",...), el segon és l'arxiu (Bases de Dades i Sistemes d'arxiu o Cloud) i finalment tindrem el sistema de visualització (on el post-processament d'imatge per diagnosi ha fet grans avenços, sobre tot en 3D).

Per implantar-los fer-los efectius, hi ha diverses estratègies, i es aquí on els Sistemes de Comunicació prenen la principal importància (protocols WADO<sup>1</sup>, xarxa dedicada/compartida, Internet, VPNs, enllaços de fibra obscura, etc.).

Aquest projecte s'enfoca en l'anàlisi de necessitats, el disseny, la planificació, implantació i posada en servei d'un d'aquests sistemes (PACS) pel cas d'un Hospital Universitari del Sistema Públic de Salut, i les possibles connexions amb d'altres Centres, el “*Hospital Universitario Central de Astúrias*” (en endavant, HUCA).

## 1.2 Objectius del Treball

La proposta deu, principalment, donar suport a les següents funcionalitats:

- ✓ Visualització d'imatge eficient dins l'Hospital i des de fora dels centre.
- ✓ Solució escalable per incorporació de nous centres.
- ✓ Solució compatible amb els sistemes i fluxos de treball d'imatge i informat actuals del Centre.
- ✓ Configuració i gestió de fluxos centralitzada.
- ✓ Facilitat per a l'establiment d'integracions més enllà de l'àmbit de radiologia.

Es persegueix, a més, aconseguir els següents objectius a l'entorn del Centre, per a la consecució de les perspectives plantejades:

- ✓ Millorar els fluxos de treball, tant pel que fa a eficiència com eficàcia, comportant la reducció dels temps associats als processos afectats.

---

<sup>1</sup> Web Access to DICOM Persistent Objects

- ✓ Reduir costos, tant pel que fa als costos deguts al temps emprat com als intrínsecs al procés (distribució, informació ...) i com als directes, durant la mateixa operació del servei.
- ✓ Millorar la disponibilitat de la informació. El projecte haurà d'aconseguir facilitar i agilitzar l'accés a tota la informació de Radiologia, tant en temps com en forma.

### **1.3 Enfocament i mètode seguit**

Aquest projecte s'enfoca en l'anàlisi de necessitats i el disseny (parametrització i elecció de components segons la arquitectura triada) d'un sistema PACS pel cas d'un Hospital Universitari del Sistema Públic de Salut, de tercer nivell, i les possibles connexions amb d'altres Centres, lligats a ell, o pertanyents a tercers.

Es valoren l'ús de Aplicatius de codi obert i comercials, però no es valora dissenyar-ne un de nou, ja que el fet de que un PACS sigui considerat un Producte Sanitari ("*Medical Device*"), classificat com de Classe I per als Aplicatius de Servidor, i de Classe IIa per als Aplicatius de Visor i Aplicacions Clíniques segons la ISO 13485, el fa susceptible d'afectar la salut i cura de les persones.

Així doncs, el fet de que ens cal que el producte estigui certificat en el compliment de la ISO 13485, norma específica de qualitat per a productes sanitaris, necessària per complir amb la directiva europea 93/42/EEC per a productes sanitaris i amb el Reial Decret 1591/2009 de 16 d'octubre, actualitzat al 2017 i derivat de la Directiva pel qual es regulen els productes sanitaris a Espanya, fa que el fabricant tingui responsabilitats legals pel que fa al seu desenvolupament, i no es contempla, per tant, la possibilitat de desenvolupar-ne un de nou.

Tanmateix, pel que fa a la implementació, també ens caldrà que l'empresa encarregada estigui certificada en el compliment del Sistema de Gestió de Qualitat ISO 9001 aplicable al subministrament, implantació i manteniment de solucions d'imatge mèdica i sistemes d'informació assistencial, així com distribució i postvenda de productes d'ús quirúrgic.

El que es pretén es, doncs, fer un anàlisi de la situació actual i futura del Centre i triar d'entre les diferents opcions existents, comercials o de codi obert, la més adequada a les necessitats identificades, per després fer el disseny de les infraestructures de Sistemes d'Informació i de Comunicacions necessàries per assolir els objectius, tot complint amb els requeriments i normatives legals existents.

### **1.4 Planificació del Treball**

Per fer el projecte cal seguir els passos següents:

1. Labor d'investigació de l'estat del Art
2. Comparació i anàlisi de la informació obtinguda
3. Anàlisi de la situació actual del Centre
4. Anàlisi de les necessitats identificades
5. Utilització d'eines de parametrització (calculadores, simuladors, etc.)
6. Dimensionament del Sistemes i determinació de les seves característiques.
7. Dimensionament dels Sistemes de Comunicació
8. Disseny
9. Construcció de la Solució

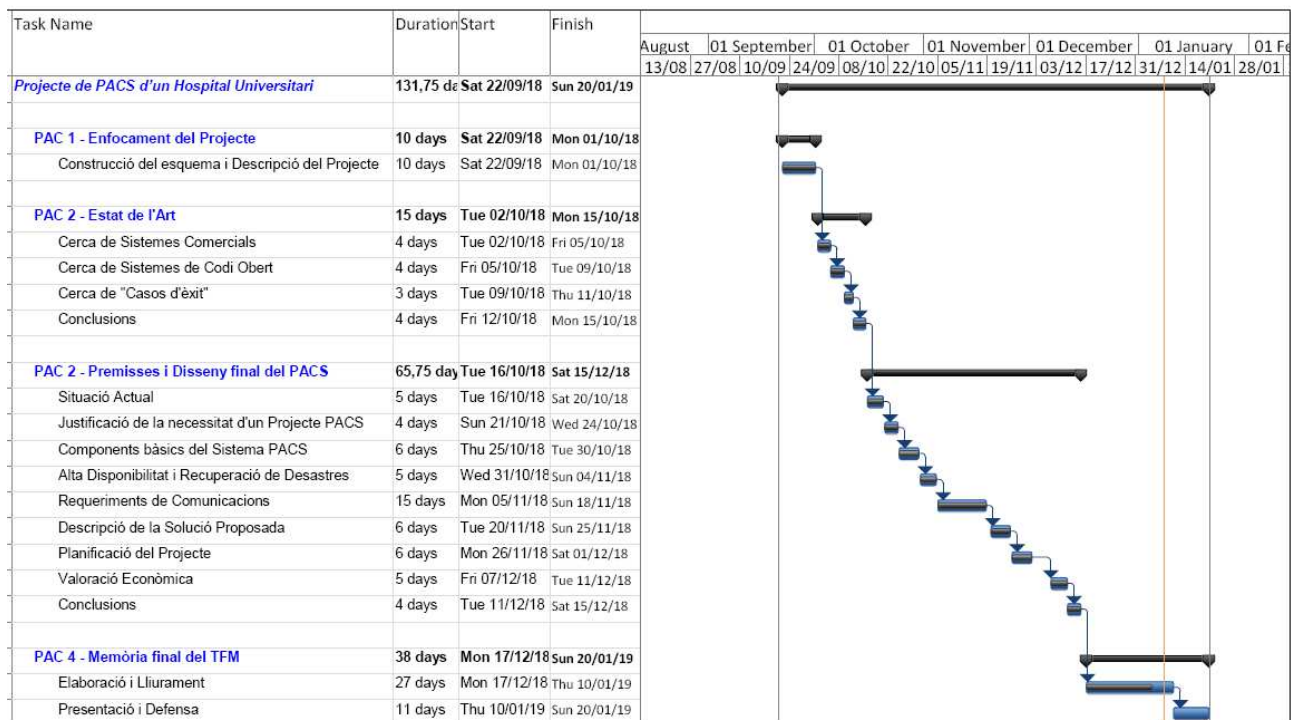


Figura 1: Diagrama de Gantt

## 1.5 Breu sumari de productes obtinguts

El projecte persegueix concretar un projecte de PACS per a un Hospital Universitari dels mes grans existents a l'actualitat.

El disseny obtingut permet assolir els objectius plantejats per les necessitats identificades, un sistema PACS pel HUCA, i el que es mes important, deixa les portes obertes a un possible, i mes que probable, creixement tan orgànic com funcional del sistema implantat, tot permetent la incorporació d'altres centres, la seva possible redefinició com a repositori regional d'imatge diagnòstica i la

incorporació de noves aplicacions verticals, concretes per a cada especialitat.

## **1.6 Breu descripció dels altres capítols de la memòria**

Durant els diferents capítols es va fer una aproximació a la solució, tot estudiant l'estat de l'art dels sistemes PACS des dels inicis, al capítol 2, passant per la necessitat d'estandardització i fins arribar a les possibilitats actuals.

A partir d'aquí, al capítol 3, es procedeix a l'elecció de la solució partint de la base de la situació inicial del Centre objectiu i es fa un anàlisi de necessitats que porten a justificar el fer un Projecte per a la implantació d'un PACS.

Un cop identificada la necessitat es fa una descripció genèrica dels components bàsics d'un Sistema PACS, la seva arquitectura i la descripció dels diferents components. S'estableixen les possibilitats de connectivitat, d'incorporació de servidors i de visionat. Mes tard s'aborden els requeriments de comunicacions per al PACS i per als visors. Es mostren els resultats en laboratori obtinguts per una firma comercial, i se'n treuen conclusions i recomanacions.

Mes tard es considera la conveniència d'incorporar alta disponibilitat i un mecanisme de recuperació de desastres al sistema. Es fan descripcions dels conceptes i components per tal d'establir les premisses i poder proposar la solució idònia.

A continuació, al capítol 4, es procedeix a la tria dels components tot fent un anàlisi inicial del volum anual d'estudis que permetin el disseny dels mòduls i de la infraestructura del PACS necessaris.

Posteriorment es fa una simulació del tràfic de dades previst que ens portarà al disseny final al capítol 5. Aquest inclou la arquitectura del nucli, la dotació de servidors, i les comunicacions entre components, tot estructurant el flux DICOM pel correcte funcionament del arxiu i la consulta d'estudis. També es considera el emmagatzemament necessari i es fa una previsió de la dotació de clients optima.

A demés es valoren els serveis professionals per a la implantació i els riscos identificats per tal de poder aproximar una valoració econòmica del Projecte al capítol 6.

Finalment, al capítol 7, se'n treuen les principals conclusions i es mira cap el futur, fent una petita introducció als nous estàndards com *Enterprise Imaging*.

## 2 Aproximació a la Solució, Estat de l'Art

En aquest capítol farem primer un repàs ràpid a l'història d'aquests sistemes, per més tard aprofundir en la seva estandardització, i finalment fer una exposició del "l'estat del art actual", tant comercial com "open-source".

### 2.1 Els inicis

Un informe de 1979 [5], escrit pel Prof. Heinz Lemke, es reconeix avui en dia com una de les primeres publicacions en descriure el concepte de PACS, una xarxa d'estacions mèdiques de treball integrat i comunicació d'imatge per a la medicina clínica.

Malgrat l'optimisme de Lemke al 1979, el terme "arxiu d'imatges i sistema de comunicacions" no va aparèixer fins a sis anys més tard. Es citava a conferències, laboratoris i departaments d'IT hospitalaris, però la tecnologia PACS estava lluny del que ha esdevingut avui en dia a mitjans dels anys vuitanta, i el seu futur a Europa semblava incert [6].

Ningú no estava segur de que els PACS obtindrien el suport suficient dels governs, gestors sanitaris, radiòlegs i fabricants perquè la tecnologia fos veritablement viable, però un cop apareguts els PC d'escriptori, els temors anaven disminuint i els projectes de xarxa que enllacen diverses computadores van començar a demostrar el poder de la comunicació digital.

Tanmateix, es va mantenir un obstacle significatiu, l'alt preu de la tecnologia, que va frustrar els primers intents dels estaments públics: el Juny del 1983 es va presentar a la universitat de Rennes (França) un dels primers projectes, anomenat "Sirene": Serveur d'Imagerie medicale accessible via un REseau Numerique Experimental, i la primera instal·lació real d'un PACS que es va planificar al St Mary's Hospital de Londres al 1985 [7] es va frustrar al quedar-se sense finançament, que es va retirar quan els promotors governamentals es van adonar que els sistemes de maquinari i programari essencials encara estaven en desenvolupament.

A partir d'aquest moment, grups de França, Alemanya, Àustria i Itàlia van, doncs, començar a treballar amb socis comercials en projectes PACS independents: el 1986, es va iniciar el projecte holandès PACS per avaluar un prototip a l'Hospital Universitari d'Utrecht [8] i el mateix any, l'Hospital Universitari de Brussel·les va inaugurar el primer projecte PACS "comercial" del món [9] (amb la col·laboració de l'indústria).

Aquets primers projectes van anar millorant i, a principis de la dècada de 1990, molts altres radiòlegs creien que els PACS podrien esdevenir una realitat pràctica. L'Hospital Danube de Viena es va convertir en la primera instal·lació europea a operar amb un departament de radiologia sense pel·lícula i totalment digital quan es va obrir el 1991 [10] i els plans per col·locar un PACS en un hospital de Londres finalment van rebre el suport total del govern el 1990 i, a la primavera de 1996, L'hospital de Hammersmith [11] ja no tenia pel·lícula.

Però els PACS canviarien la manera de fer i comunicar els diagnòstics, i la manera en que els radiòlegs interactuaven entre ells i amb els metges de referència. La aparició, al mateix temps, del maquinari d'imatges digitals o "modalitats" va causar molts menys trastorns que l'establiment d'una solució digital de gestió d'imatges, els escàners de Tomografia Computeritzada (TAC) varen revolucionar la visió de l'anatomia dels radiòlegs, però la pròpia tecnologia no variava els processos essencials dels fluxos de treball, cosa que si feien els PACS i que va resultar crucial en el seu èxit. Com els esforços es van centrar primordialment en desenvolupar la tecnologia i després es van enfrontar els problemes d'encaix als departaments convencionals, l'adopció dels mateixos es va veure enrederida.

Avui en dia, tot i que encara queden hospitals sense PACS, la digitalització completa de la radiologia sembla inevitable. L'acceptació del diagnòstic sense pel·lícula ha estat encoratjada per tendències similars en altres camps. Quan la tecnologia estava en la seva infantesa, els radiòlegs van afirmar que mai no llegirien imatges en cap altra cosa que els negatoscopis, però igual que molts altres professionals han descartat els procediments basats en "paper" a favor del flux de treball basat en software, els radiòlegs veuen ara els resultats de les proves mitjançant imatges a les pantalles de l'ordinador.

Els monitors de diagnòstic d'última generació ofereixen una millor resolució i funcionalitat, i els programaris específics per diferents "Aplicacions Clíniques" ajuden, efectivament, en els processos de diagnòstic mitjançant el post-processat d'imatge tot permetent fer, per exemple, reconstruccions 3D o ajudes CAD a la identificació de diferents tipus de Càncer amb la utilització d'histogrames informatitzats.

Segons dades de Market Research [12], el mercat de PACS va arribar a 5.400 milions de dòlars en escala global al 2017.

Un bon recull de informes i projectes duts a terme durant els inicis dels PACS es pot trobar a la web "PACS History" [13].

## **2.2 Estandardització**



Després de l'explosió d'aquests sistemes vora al any 2000, es va fer imprescindible normalitzar els formats i protocols de transmissió i emmagatzemament per tal de fugir de les solucions propietàries dels diferents fabricants.

### 2.2.1 La necessitat d'un estàndard de Comunicació

Durant les primeres dues dècades dels PACS, alhora que la informàtica es va anar convertint en una part integral de la radiologia, el format de sortida de les imatges de les modalitats (CRs, TACs, RMs) va esdevenir un format propietari, únic per proveïdor, que només permetia la visualització de les imatges mitjançant els PACS produïts per la mateixa marca comercial, per tal de protegir les vendes.

Conseqüentment, els centres mèdics no podrien prendre avantatge de les millores innovadores que ofereix la competència d'empreses, ni estaven en condicions de negociar preus amb els proveïdors originals i això va fer necessari el desenvolupament i la millora d'unes normes comuns que han donat a les institucions mèdiques la capacitat de comunicar-se internament i externament, independentment del tipus d'equip utilitzat. Com a resultat, els departaments s'han tornat més productius, la qual cosa es tradueix en una atenció sanitària d'alta qualitat i rendible.

### 2.2.2 DICOM



L'associació entre l'American College of Radiology (ACR) [14] i l'Associació Nacional de Fabricants Elèctrics (NEMA)

[15] va crear un conjunt de normes per a l'intercanvi i emmagatzematge de les imatges generades pels equips i també per uniformar la comunicació entre ells, denominades DICOM, *Digital Imaging and Communications in Medicine*, o Comunicació d'Imatges Digitals en Medicina.

DICOM és el estàndard reconegut mundialment per a l'intercanvi d'imatges mèdiques, pensat per a la seva gestió, visualització, emmagatzematge, impressió i transmissió. Inclou la definició d'un format de fitxer i d'un protocol de comunicació de xarxa [16].

Les diferents màquines, servidors i estacions de treball implicades en un PACS suportaran l'estàndard si venen acompanyades d'una **declaració de conformitat DICOM**, proporcionada pel fabricant, que estableix clarament les **classes DICOM** que suporten.

Aquest estàndard s'ha desenvolupat amb l'èmfasi en la imatge mèdica diagnòstica tal com es practica en radiologia, cardiologia, patologia, odontologia, oftalmologia i disciplines afins, i teràpies

basades en imatges com radiologia intervencionista, radioteràpia i cirurgia. També és aplicable a una àmplia gamma d'informació relacionada amb la imatge i la no-imatge intercanviada en entorns clínics, de recerca, veterinaris i d'altres mèdics [17].

Facilita la interoperabilitat dels sistemes que requereixen la conformitat en un entorn multi-fabricant, però no garanteix per si sola la interoperabilitat.

DICOM es diferencia d'altres fitxers de dades en què agrupa la informació dins d'un conjunt de dades. Per exemple, una radiografia de TORAX conté la identitat del pacient juntament amb ella, de manera que la imatge no pot ser separada per error de la seva informació.

### **Resum dels components principals:**

Els **fitxers** DICOM consisteixen en una capçalera amb camps estandarditzats i altres de format lliure (reservada per les innovacions pròpies de cada fabricant), i un cos amb les dades d'imatge. S'indexen mitjançant un **directori de contingut**, el fitxer DICOMDIR, que proporciona un índex i informació de resum per a cada un dels fitxers DICOM.

Un **objecte** DICOM simple pot contenir només una imatge, però aquesta imatge pot tenir múltiples "fotogrames", permetent l'emmagatzematge de blocs de cinema o qualsevol altra informació amb diversos fotogrames (les dades de la imatge en si poden estar comprimides utilitzant gran varietat de estàndards, inclosos JPEG, JPEG Lossless, JPEG 2000, LZW i propietàries dels fabricants)

El **protocol de comunicació** és un protocol d'aplicació que utilitza TCP/IP per a la comunicació entre sistemes on els fitxers DICOM poden intercanviar-se entre dues **entitats** que tenen capacitat de rebre imatges i dades de pacients en format DICOM, conformat principalment pels **serveis** que determinen la forma de transmissió de dades sobre la xarxa. Els principals són:

- ✓ **Dicom Store:** és usat per enviar imatges o altres objectes persistents (informes estructurats, etc.) a un PACS o a una estació de treball.
- ✓ **Storage Commitment:** es el servei DICOM que es fa servir per confirmar que una imatge ha estat permanentment emmagatzemada per un dispositiu.
- ✓ **Query/Retrieve:** permet que una estació de treball fer cerques d'imatges en un PACS i recuperar-les.
- ✓ **Dicom Worklist:** permet a un equip d'imatge (o modalitat) que inclogui aquesta funcionalitat llegir la "Llista de pacients

citats", obtenir els detalls sol·licitats electrònicament, evitant la necessitat d'introduir aquesta informació diverses vegades i els seus conseqüents errors.

- ✓ **Modality Performed Procedure Step:** es un servei complementari a la llista de treball, que permet a la modalitat remetre un informe sobre els exàmens mèdics realitzats incloent dades sobre les imatges adquirides, les dosis lliurades, etc.
- ✓ **DicomPrint:** aquest servei és usat per enviar imatges a una impressora DICOM, normalment per imprimir una placa de raigs-x.

La revisió completa més actual del estàndard es pot trobar al lloc web del mateix [18].

### 2.2.3 HL7 (Health Level Seven)



HL7 és la sigla de Health Level Seven Inc. La paraula "Salut" (Health) fa relació amb l'àrea de treball de l'organització i les paraules "Level Seven" (Nivell Set) fan referència al darrer nivell del model de comunicacions per a interconnexió de Sistemes Oberts (Open Systems Interconnection, OSI) de l'Organització Internacional per a la Estandarització (Organització Internacional per a la Estandarització, ISO). El "Level Seven" dins del model és el nivell d'aplicació, que es dedica a **la definició i estructura de les dades que es van a intercanviar** [19].

Fundada el 1987, Health Level Seven International (HL7) és una organització sense ànim de lucre, acreditada per ANSI en desenvolupament, i dedicada a proporcionar un marc integral i d'estàndards relacionats per a l'intercanvi, la integració, l'intercanvi i la recuperació de la informació mèdica electrònica que suporti la pràctica clínica i la gestió, lliurament i avaluació dels serveis de salut. HL7 compta amb el suport de més de 1,600 membres de més de 50 països, inclosos 500 membres corporatius que representen proveïdors d'atenció mèdica, grups d'interès del govern, contribuents, empreses farmacèutiques, venedors/proveïdors i consultores [20].

La seva inclusió dins el present projecte te a veure amb la integració dels PACS amb els RIS, *Radiological Information Systems*, que tot sovint es fan servir amb els primers per organitzar les citacions, llistes de treball - que es traslladen als PACS - i finalment l'informat per part dels radiòlegs de les proves que s'han dut a terme als pacients, mitjançant l'ús del marc establert per HL7.

Darrerament la tendència es a integrar els RIS dins dels PACS, terminant amb la dicotomia dels sistemes “PACS driven” o RIS driven” que dificultaven la integració amb altres sistemes hospitalaris com el HIS, *Hospital Information System*, amb qui compartien/disputaven funcionalitats, i, per tant, cada cop més els PACS, a demés de “parlar” DICOM, contenen “motors de missatgeria” que inclouen HL7.

Els estàndards HL7 s'agrupen en categories de referència:

- ✓ Secció 1: Estàndards primaris: els estàndards primaris es consideren els estàndards més populars per integracions del sistema i interoperabilitat.
- ✓ Secció 2: Estàndards Fundacionals: els estàndards fundacionals defineixen les eines fonamentals i els blocs bàsics dels estàndards.
- ✓ Secció 3: Dominis clínics i administratius: estàndards de missatgeria i documents per a especialitats i grups clínics.
- ✓ Secció 4: perfils d'EHR (Electronic Health Record): models funcionals i perfils que permeten construir Històries Clíniques Electròniques.
- ✓ Secció 5: Guies d'implementació.
- ✓ Secció 6: Normes i referències: especificacions tècniques i directrius per al desenvolupament de programari i estàndards.
- ✓ Secció 7: Educació i conscienciació: recursos i eines útils per complementar la comprensió i l'adopció d'estàndards HL7.

Una relació del estàndard HL7 Version 3 Product Suite es pot trobar al seu lloc web [21].

#### 2.2.4 IHE (Integrating the Healthcare Enterprise)



Integrating  
the Healthcare  
Enterprise

IHE és una iniciativa dels professionals de la salut i la indústria per **millorar la forma** en què els sistemes informàtics comparteixen la informació de salut. L'IHE promou l'ús coordinat d'estàndards establerts com DICOM i HL7 per abordar **necessitats clíniques específiques** en suport d'una atenció òptima del pacient. Els sistemes desenvolupats d'acord amb l'IHE es comuniquen millor entre ells, són més fàcils d'implementar i permeten als proveïdors d'atenció utilitzar la informació amb més eficàcia.

IHE millora l'assistència sanitària proporcionant especificacions, eines i serveis per a la interoperabilitat. L'IHE incorpora els metges, les autoritats sanitàries, la indústria i els usuaris per desenvolupar, provar i implementar solucions basades en estàndards per a les necessitats vitals d'informació sanitària [22].

IHE International, està patrocinada per la Societat de Sistemes de Gestió i Informació Sanitària (HIMSS) i la Societat Radiològica d'Amèrica del Nord (RSNA). L'IHE s'ha expandit contínuament i ha desenvolupat un fort suport internacional. L'IHE està organitzat per dominis clínics i operatius. En cada domini, els usuaris amb experiència clínica i operativa identifiquen les prioritats d'integració i d'intercanvi d'informació i els proveïdors dels sistemes d'informació rellevants desenvolupen consens i solucions basades en estàndards per abordar-los.

Aquesta normativa, que com acabem de veure descansa sobre les dues anteriors, el que pretén es, així, focalitzar les característiques intrínseques de cada especialitat o domini (Radiologia, Cardiologia, Anatomia Patològica, Oftalmologia, Odontologia etc.). Per exemple, a Cardiologia, un electrocardiograma en format d'ona, tindrà uns requeriments d'integració diferents que un estudi radiològic. La seva inclusió ve motivada pel fet d'incloure els PACS en uns àmbits d'aplicació mes amplis, que facilitin la posterior connexió amb altres sistemes d'abast mes ampli, que permetin, per exemple, la construcció de les Històries Clíniques Electròniques mitjançant el compliment dels anomenats "perfils" de IHE.

Una relació dels perfils pel cas concret de la Radiologia es pot trobar al lloc web de IHE [23] .

## **2.3 Estat del art actual**

Implantar un PACS és més que instal·lar un programari. S'han de tenir en compte diverses situacions en un projecte com aquest, com, per exemple, si els metges radiòlegs necessiten fer un informe fora de la institució, si s'utilitzarà impressió sota demanda, si es farà entrega per Internet, etc., i fins i tot quin és l'objectiu de l'adopció de la nova solució, com la reducció de costos o millora de processos interns, i si es farà servir una plataforma de màquines comuna o dedicada.

A més, com hem vist, el projecte tècnic ha de tenir en compte quines són les necessitats d'integració amb altres solucions que la clínica o l'hospital utilitzen, com per exemple, el RIS (Radiological Information System), LIS (Laboratory Information System), HIS (Hospital Information System), entre d'altres, i quines legislacions (Dispositius Mèdics, Lleis de Protecció de Dades) son d'obligat compliment. Això fa molt difícil el desenvolupament de solucions des de fora del àmbit empresarial, però, tot i així, hi ha diverses iniciatives de Codi Obert.

### 2.3.1 Open Source

Hi ha nombroses iniciatives open-source en l'univers PACS i també hi podem trobar diverses fonts de biblioteques que es poden incorporar a d'altres projectes de programació, però el fet de que un PACS sigui considerat un Producte Sanitari ("*Medical Device*"), classificat com de Classe I per als Aplicatius de Servidor, i de Classe IIa per als Aplicatius de Visor i Aplicacions Clíniques segons la ISO 13485, el que els fa susceptible d'afectar la salut i cura de les persones, fa que aquets projectes es limitin a una visió "referencial" (no diagnòstica) de les imatges i per tant en limita enormement el seu ús com ha sistema principal pel diagnòstic.

#### dcm4che [24]

**dcm4che.org** dcm4che o "Dicom for che" es la iniciativa més coneguda i utilitzada arreu. N'ha estat la base per molts altres desenvolupaments i segueix molt activa malgrat cada cop es veu més superada per les dimensions de les noves instal·lacions.

dcm4che és una col·lecció d'aplicacions i utilitats de codi obert per a l'entorn sanitari que han estat desenvolupades en el llenguatge de programació Java per al rendiment i la portabilitat, i suporten la implementació en JDK 1.6 i posterior.

En el nucli del projecte dcm4che hi ha una implementació sòlida de l'estàndard DICOM. La biblioteca i el "Toolkit" DICOM de dcm4che s'utilitza en moltes aplicacions en producció a tot el món i la versió actual (5.x) s'ha tornat a dissenyar per obtenir un més alt rendiment i flexibilitat.

També es troba dins del projecte dcm4che dcm4chee (l'extra 'e' significa 'empresa'). dcm4chee és un gestor de imatges/arxiu d'imatges (segons IHE). L'aplicació conté els serveis i interfícies DICOM, HL7 que es requereixen per proporcionar l'emmagatzematge, la recuperació i el flux de treball a un entorn de salut. dcm4chee està pre-empaquetat i desplegat dins del servidor d'aplicacions de JBoss. Aprofitant moltes de les funcions de JBoss (JMS, EJB, Servlet Engine, etc.), i assumint el paper de diversos actors de l'IHE en nom de la interoperabilitat, l'aplicació proporciona molts serveis robusts i escalables.

Disposa d'una Wiki que és una font d'informació i documentació per als diferents projectes creats per la comunitat dcm4che. La informació està orientada tant als usuaris com als desenvolupadors del programari.

El seu principal handicap es troba en la manca de visors (Clase IIa) i d'aplicacions clíniques de post-processat en els mateixos. Construir

un sistema open-source com aquest pot resultar molt gratificant, però el fet d'haver de triar un visor comercial de tercers pel diagnòstic (fet que moltes vegades comporta l'instal·li acció completa de tot el sistema d'aquests tercers), i el nivell i dedicació i coneixement que han de tenir els seus administradors per a mantenir el sistema dins un rendiment adequat, sovint comporta que es descarti en instal·lacions empresarials.

### **Orthanc, Horos, Dicoogle, etc.**

Moltes iniciatives venen de les mans de les universitats, com es el cas d' Orthanc, del Hospital Universitari de Liège, a Bèlgica, que tracta de deslligar fins i tot la base de dades dels productes comercials proposant un sistema simple, però robust i fàcil d'administrar pel arxiu de les imatges.

Altres, com Horos, es centren més en els visors, obrint el ventall a altre tipus de clients com els OS X (OsiriX).

També hi ha iniciatives focalitzades a una determinada comunitat, com Osimis, que promou l'ús dels PACS per estudis en malalties rares, proporcionant l'accés a especialistes dispersos geogràficament.

### **RAIM** [25]

Especial menció mereix aquest sistema impulsat pel Hospital Universitari Parc Taulí a casa nostre. La UDIAT (Unitat Diagnòstica d'Alta Tecnologia) d'aquest hospital, mitjançant el CIMD (Centre d'Imatge Mèdica Digital) fa més de dos dècades que es dedica al desenvolupament de RAIM, *Radiological Archive and Image Manager*.

Aquest sistema, si bé no es exactament de codi obert, si que es ofert en unes condicions molt atractives pel sector públic espanyol i conta amb el suport i impuls del Dr. Donoso, actual Cap de Servei de Diagnòstic per la Imatge del Clínic i ex-president de la Societat Europea de Radiologia.

El producte s'ofereix lliure de costos a canvi d'unes quotes pel seu manteniment i evolució, pel que actualment es troba en producció en els sistemes públics de Castella la Mancha, i en els Serveis de Salut de Cantabria, Navarra i Aragó i a casa nostre, a Catalunya.

Ha comptat amb el suport de l'industria (Indra, Alma IT, Agfa HealthCare, i Costaisa entre d'altres), però finalment es troba en la mateixa tessitura mencionada anteriorment: la manca de visors especialitzats i la evolució a la interconnexió amb sistemes més grans, esta fet que, malgrat el suport que té del sector públic motivat pels costos nuls d'adquisició, en el moment d'afrontar

projectes més ambiciosos, com el de la Història Clínica Compartida de Catalunya (HCCC) es troba amb que les inversions necessàries pel desenvolupament superen les ofertes comercials que algunes empreses estan disposades a presentar.

### **2.3.2 Solucions comercials**

La principal indústria que s'ha interessat per aquests sistemes ha estat, lògicament, la que fabrica les modalitats productores d'imatges. En podem distingir dos grups diferenciats: les que fabriquen les grans modalitats com els TACs o les Ressonàncies Magnètiques, es a dir General Electric o Siemens, i per altre banda les antigues fabricants de pel·lícula radiogràfica, com Fuji, Agfa o Kodak (ara anomenada Carestream) [26].

Així doncs ens centrarem a fer i mostrar una taula comparativa de les cinc propostes més importants al mercat espanyol:



Companyia	Agfa [27]	Carestream [28]	Fujifilm [29]	GE [30]	Siemens [31]
Nom del Producte	<b>Impax</b>	<b>Vue</b>	<b>Synapse</b>	<b>Centricity</b>	<b>syngo plaza</b>
Característiques Principals	Una base de dades per a radiologia, VNA, i EMR	multimodalitat, visor universal de Zero-footprint;	basada en estàndards, i connectors no DICOM	Base de dades única. Integrable amb Centricity RIS	EMPI per a la identitat del pacient amb múltiples PACS;
Compressió	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
Connectivitat VNA	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
Encapsulació DICOM	Sí	Sí	Sí	Sí	No
Emmagatzemament XDS (IHE)	Sí	Sí	Sí	Sí	Funció de l'ISA
Suport per IDs múltiples	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí, amb EMPI
Accés via DICOM	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
Accés via WADO	Sí	Sí	Sí	Sí	No
Accés via DICOM	Sí	Sí	Sí	Sí	No
Captura des de XDS	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
Captura des de disp. mòbils	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
Replicació d'emmagatzematge	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
Pot emmagatzemar al núvol	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí, amb VNA
Es pot moure de dispositiu	Sí	Sí, ILM	Sí	Sí	sistema HSM
Nombre d'integracions	~ 1,000	Més de 4.000	Nombroses	Sí	Confidencial
Suporta registre de pacient únic	Sí, PIX, eMPI	Sí, PIX, eMPI	Sí	Sí	Sí, eMPI
Xifra la comunicació	Sí	Sí	SSL, IPSEC,	Sí	cal VPN
Permet HIE sobre XDS	Sí	Sí	Sí	Sí	Funció de l'ISA
visor no-diagnòstic web natiu	Sí	Sí	opcional	Sí	opcional OEM
visor diagnòstic web natiu	Sí	Sí	opcional	Sí	Sí, opcional
visualització "zero-footprint"	Sí, FDA	Sí, FDA	és opcional	Sí	Sí
visualització Android nativa	Sí, FDA	Sí, FDA	és opcional	Sí	Sí
visualització nativa per a iOS	Sí, FDA	Sí, FDA	és opcional	Sí	Sí
importació/exportació CD/DVD	Sí	Sí	Sí	No	Sí
opcions de email i URL segurs	Sí	Sí	No	No	No
analítiques departamentals	Sí	Sí	pot integrar-se	Sí	Funció del RIS
migració disponible (sí / no)	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
Admet el model federat	Sí	Sí	Dependen	Sí	No
Admet base de dades única	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
Possibilitat de replicar	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí, part de HSM
Suporta infraestructura de 3rs	Sí	Sí, agnòstic	Sí	Sí	Sí
Compleix HIPAA	Sí	Sí	Sí	el client	no
ISO certifications (list)	ISO 13485	ISO27001	Sí	ISO 13485	N / S

**Figura 2: Comparativa d'ofertes comercials a Espanya [32]**

## 2.4 Elecció de la solució

Abans parlàvem de dos grups diferenciats d'empreses, les que fabriquen les grans modalitats (General Electric, Siemens, etc.) i els antics fabricants de pel·lícula radiogràfica (Agfa, Carestream, Fujifilm, etc.). El fet de que les del primer grup oferien aquests sistemes com un “afegit” a les seves ofertes de maquinari, ha fet que amb el temps les hagin anat descuidant per, finalment, separar el “negoci d'IT” en empreses separades, que no estan obtenint grans èxits tot i la seva associació amb els nouvinguts, grans empreses consultores de IT, mes centrades en els serveis, que veien un nou nínxol de mercat al Sector Salut.

D'aquesta manera les que agrupen mes quota de mercat son les darreres i, per tant, esdevenen les principals candidates a ser considerades. Aquestes empreses ofereixen conjuntament a la provisió del sistema la presència de personal tècnic qualificat tant per a la seva instal·lació com per a l'administració del sistema, el manteniment de bases de dades i la suport per a l'usuari. Aquest personal ha de procedir a la verificació sistemàtica, per detectar problemes que causen deficiència en l'atenció, ja que ara el PACS ha substituït a les plaques radiogràfiques i és l'únic mitjà que té el metge per realitzar la seva labor assistencial. Aquesta presència de tècnics qualificats ha esdevingut molt important per al clients [33] :

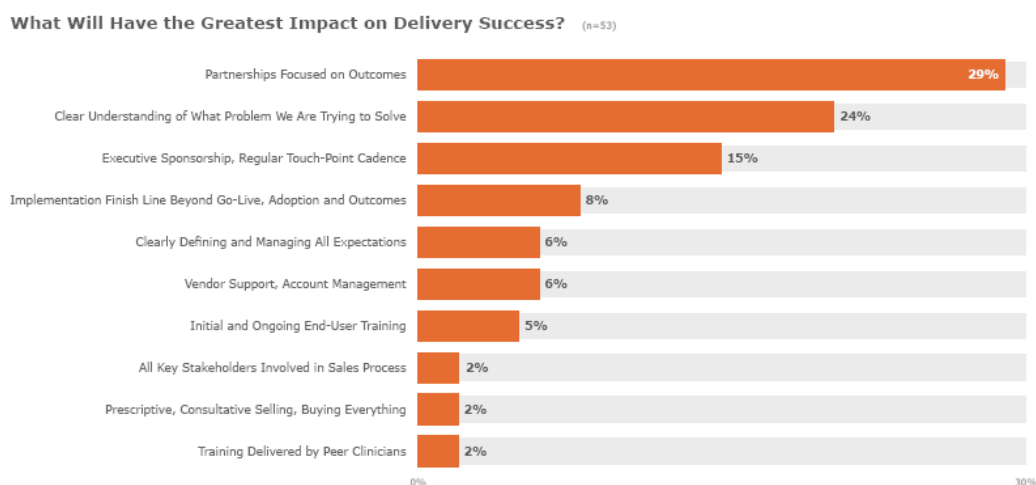


Figura 3: Impacte en la instal·lació [33]

A demés, a Espanya, la Comissió Nacional de la Competència ha redactat un document: “*Guía de Contratación y Competencia a los Procesos de Licitación para la Provision de la Sanidad Publica en España*” [34], on especifica una sèrie d'indicacions a seguir a les Licitacions Públiques on els PACS son tot sovint presents.

Per tant, considerant les restriccions tècniques i legals, les dimensions del Hospital objecte del projecte, que impossibiliten un projecte complet “open source” (no hi cap al mon d'aquestes

dimensions), i la quota de mercat de les diferents companyies, el mes adient sembla fer un Concurs Públic per licitar el projecte.

Donada la quota de mercat mundial de les principals empreses [35], la presència a Espanya i a Astúries (on pertany l'hospital en qüestió), i el fet de que el HUCA ja compte amb una petita instal·lació d'Agfa, no resultaria estrany que la empresa guanyadora del Concurs fos Agfa HealthCare.

Large Hospitals (>200 Beds)	Standard Evaluations	Estimated Customer Base
Fully Rated Vendors		
Agfa HealthCare IMPAX	29	Large
Carestream	15	Moderate
Fujifilm	30	Large
GE Healthcare Centricity PACS	31	Large
GE Healthcare Centricity PACS-IW [NP]	15	Moderate
INFINITT	15	Moderate
McKesson	36	Large
Merge, an IBM Company, Merge PACS	23	Moderate
Merge, an IBM Company, Unity PACS (DR Systems)	15	Moderate
Philips	31	Large
Sectra	20	Moderate
Vendors Below Confidence		
Cerner	12	Moderate
Novarad	6	Minimal
Siemens	9	Small
Other Validated Vendors		
Avreo	<6	Minimal
CoActiv [R]	<6	Minimal
Intelerad	<6	Minimal

[NP] Not Primary

[R] Regional

**Figura 4: Base instal·lada per fabricant [35]**

Així doncs la solució que es considerarà per la implantació d'un Sistema PACS al *Hospital Universitario Central de Asturias* serà la anomenada IMPAX© de la empresa Agfa HealthCare

## 3 Situació Actual i Anàlisi de Necessitats

Un cop finalitzat el procés d'assumpció de les transferències sanitàries per al Principat d'Astúries, es va constatar la necessitat de construir un sistema d'informació que atengués les necessitats d'un sistema sanitari situat al segle XXI, i que unifiqués els diferents proveïdors d'assistència sanitària existents al Principat.

### 3.1 Situació Actual

A partir de l'any 2004, la Conselleria de Salut i Serveis Sanitaris va identificar la importància de comptar amb una estratègia explícita que impulsés la modernització equilibrada dels sistemes de informació i establís les condicions perquè aquesta modernització s'orientés a les necessitats de la ciutadania, afavorint la qualitat assistencial i l'equitat en l'accés a les possibilitats que ofereixen les noves tecnologies aplicades a la sanitat. Aquest procés es va concretar en el Projecte EDESIS [36] (Estratègia per al Desenvolupament del Sistema d'Informació Sanitària), on el nou HUCA prendria una importància cabdal.

#### 3.1.1 Projecte EDESIS

El projecte EDESIS [36] pretén definir una estratègia global de Sistema d'Informació Sanitària (SIS) per al Principat d'Astúries. Dins d'aquesta estratègia destaquen projectes funcionals com el Sistema d'Informació Assistencial Integrat (SIAI) i el de Diagnòstic per la Imatge. El objectiu és dotar els professionals de la salut asturians d'un instrument uniforme de treball, que permeti la visualització de la història de salut de cada ciutadà des de la perspectiva específica de cada perfil professional.

El projecte de Diagnòstic per la Imatge pretén la implantació d'un sistema que permeti una gestió integral de les imatges. Afecta especialment, encara que no exclusivament, als serveis de radiodiagnòstic. Es va decidir la implantació d'un Sistema d'Informació de Radiologia (RIS) i un Sistema d'Emmagatzemament i Comunicació d'Imatges Radiològiques (PACS), ambdós sistemes hauran d'integrar-se plenament entre si, així com amb altres sistemes existents o desenvolupats paral·lelament a aquest projecte.

El projecte EDESIS es va articular mitjançant un Concurs Públic publicat pel SESPA<sup>2</sup>, i en què es van licitar els PACS per a tots els Hospitals del Principat a excepció del Central, que quedava pendent fins a la constitució del nou HUCA. Durant la evolució d'aquesta

---

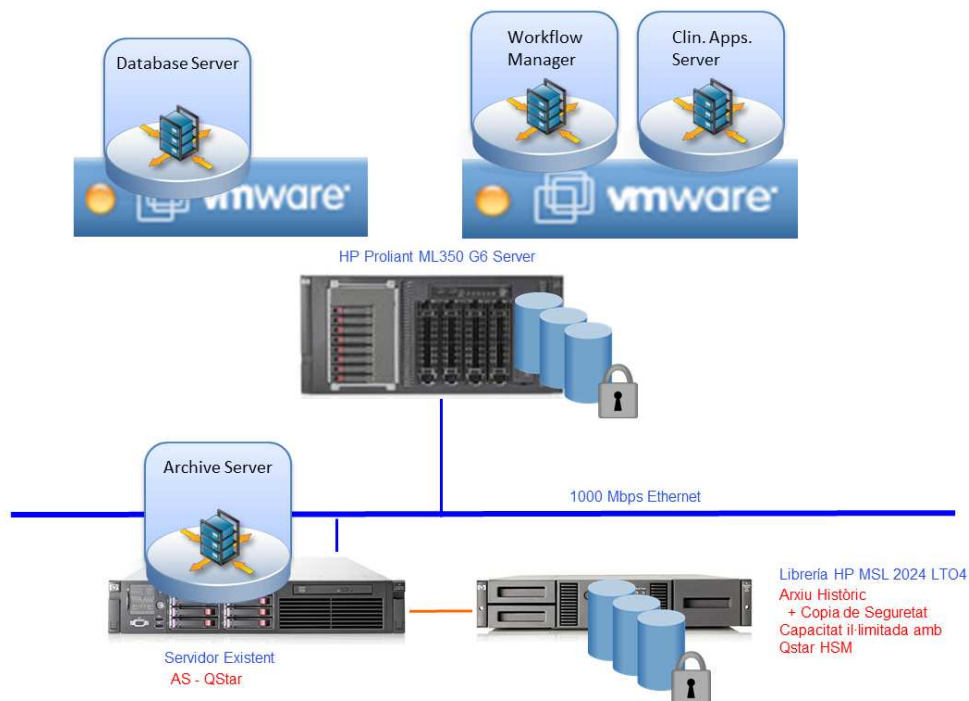
<sup>2</sup> Servicio de Salud del Principado de Asturias

primera licitació, el HIS va patir grans retards i el calendari del projecte va canviar per permetre que els RIS/PACS continués avançant.

Paral·lelament, la *Dirección General de Informática* va construir un gran edifici que conté un gran centre de dades governamentals, l'EASMU (*Edificio Administrativo de Servicios Múltiples*), i va donar l'ordre d'instal·lar-hi tots els PACS del Principat, incloent el futur per al HUCA, allà.

### 3.1.2 Situació Hospital antic

Al antic HUCA ja existia un petit PACS, d'Agfa HealthCare, en forma d'arxiu DICOM, que funcionava al Servei d'Urgències, amb la següent arquitectura:

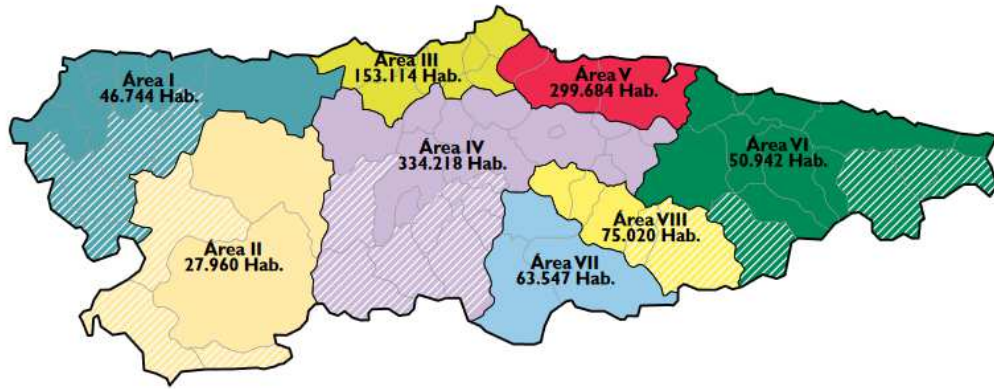


**Figura 5: Sistema existent al antic HUCA**

El projecte contemplarà, per tant, la migració dels estudis existents al nou sistema.

## 3.2 Justificació de la necessitat d'un Projecte PACS

El nou HUCA, inaugurat provisionalment al llarg del mes de juny del 2014, es un nou edifici que s'ha construït amb la idea de concentrar i substituir els cinc grans hospitals que hi havia al Àrea sanitària IV, a Oviedo: el Hospital Clínico, el Materno Infantil, el de la Silicosis, el Psiquiàtric, i l'antic Central de Asturias.



**Figura 6: Àrees Sanitàries a Astúries [37]**

Si tenim en compte la classificació dels Hospitals [38] on es distingeixen tres nivells, el primer dels quals serien el de Primària, que atenen necessitats com consultes generals, atenció d'urgències mitjanes, laboratori, etc., els de segon nivell, que son aquells en que el nivell de complexitat és mitjana i estan preparats per atendre qualsevol emergència en específic entre altres complicacions no tan greus, i els de tercer nivell, en el qual es reben als referits d'altres nivells per la seva alta complexitat o manca d'instruments necessaris per a intervencions quirúrgiques d'extrema urgència i que disposen de Serveis de totes les especialitats, veiem que el nou HUCA seria, per tant, un hospital de Nivell 3 i un dels Hospitals més grans d'Espanya, amb més de 1000 llits.



**Figura 7: Nou HUCA [39]**

Així, seguint amb el Projecte EDESIS, es fa totalment necessari dotar aquest nou Hospital d'un Sistema PACS que haurà de tenir, a demés de les característiques pròpies d'aquests sistemes, la particularitat d'haver-se d'integrar amb el sistema RIS existent al Principat, de la firma Software AG, i molt especialment, enfrontar el repte de que els equips estaran ubicats al edifici EASMU, a uns 3 Km de distància del Hospital.

### 3.3 Components bàsics del Sistema PACS a implantar

Un cop decidit que el PACS a implantar al nou HUCA serà el anomenat IMPAX® de Agfa HealthCare, haurem de estudiar i entendre la seva arquitectura.

Segons Agfa [27], IMPAX® és una solució integral per a Centres Sanitaris basada en tecnologies web, que combina de manera única informació i imatges des de la petició d'un estudi fins a la distribució dels resultats del mateix. És una solució escalable que permet adaptar-se a les necessitats tant de petits Centres Sanitaris com de grans Hospitals.

Per tant la arquitectura d'aquest PACS es la actualment compartida per la pràcticament totalitat dels fabricants, amb petites diferències de rendiment i característiques, i se'n pot fer servir una descripció genèrica.

#### 3.3.1 Arquitectura del PACS

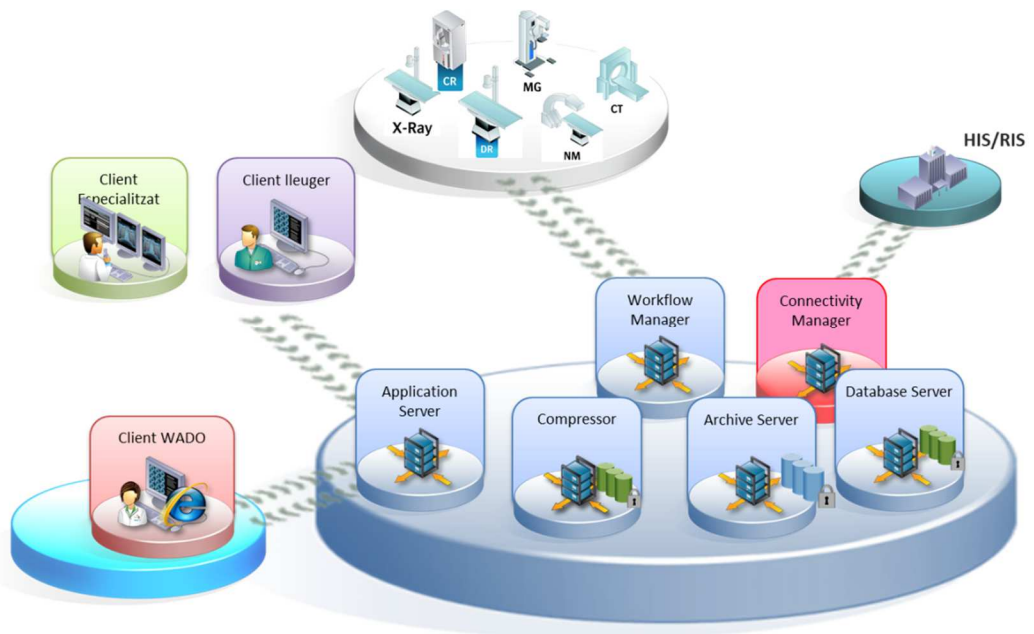
El PACS abastarà els dispositius d'emmagatzematge local de dades, els dispositius de visionat de la imatge, el programari de base de dades central i distribuït i les connexions als dispositius d'adquisició de la imatge i/o de dades de la imatge, connectats per les xarxes de dades. A més, podrà haver-hi una interconnexió a altres sistemes d'informació tals com el Sistema d'Història Clínica Electrònica (EHR), o el sistema d'informació de radiologia (RIS).

Cada instal·lació PACS està basada en alguns o tots els components següents:

- ✓ Servidor de Base de Dades (Oracle)
- ✓ Servidor de fluxos de treball (Workflow Manager )
- ✓ Arxiu
- ✓ Servidor d'aplicacions
- ✓ Servidor de connectivitat (Connectivity Manager)
- ✓ Servidors addicionals (per exemple compressors d'imatge)
- ✓ Clients - Locals i Remots

La suma d'aquests components és anomenada un clúster. Un clúster és el conjunt dels components principals del PACS, que conté una base de dades.





**Figura 8: Components típics d'un PACS**

Una configuració típica té un servidor de base de dades, un o més servidors d'Arxiu i un o més WorkFlow Managers.

Tant els clients locals com els clients remots es connecten a un o més Servidor d'Aplicacions, que actuen de manera semblant a un servidor intermediari, per gestionar la seguretat, l'autenticació i la comunicació amb els components del PACS.

### 3.3.2 Descripció dels components del PACS

#### Servidor de flux de treball

Per gestionar els senyals d'entrada, s'inclou el Servidor de flux de treball o Workflow Manager (WFM). S'encarrega principalment de les següents operacions:

- ✓ Rep els estudis enviats des dels equips de diagnòstic o Modalitats.
- ✓ Gestiona la compressió/descompressió de les imatges DICOM, i pot treballar amb compressió amb o sense pèrdua.
- ✓ Proporciona validació de les dades DICOM a través de la connexió al sistema d'informació (RIS/HIS).
- ✓ Permet configurar llistes de treball adaptades a cada usuari.
- ✓ Permet definir perfils d'usuari amb diferents nivells de privilegi, independentment de l'estació de treball en la qual es trobi l'usuari.



- ✓ Mitjançant la seva integració amb el RIS, es podran visualitzar documents digitalitzats, quan el radiòleg realitzi tasques de informat.
- ✓ Pot encarregar-se del routing automàtic enviant a les diferents estacions els estudis que es vagin produint.
- ✓ S'encarrega d'activar el prefetching o pre-càrrega d'estudis previs.
- ✓ Gestiona impressió segons protocol DICOM.
- ✓ Permet la definició de valors preajustats per a visualització.

### **Servidor de Base de Dades**

El servidor de base de dades, o Database Server (DBS), és el programari que s'encarrega de gestionar la base de dades del PACS:

- ✓ Organitza i controla les dades demogràfiques relatives a pacients i estudis.
- ✓ Assegura la informació pròpia del sistema (configuració) sobre estacions DICOM, la configuració de la xarxa PACS i el perfil de cada usuari.
- ✓ Totes les consultes, enviaments i peticions d'estudis es realitzen mitjançant transaccions entre els clients de la base de dades i el servidor.

### **Servidor d'arxiu**

El servidor d'arxiu, o Archive Server (AS), gestiona l'emmagatzematge de les imatges en els diferents dispositius físics d'arxiu connectats; es contemplen per tant els discs durs i les cabines existents en el sistema. L'usuari ha de preveure tots aquests elements com un conjunt transparent que gestiona automàticament la recuperació de l'estudi sol·licitat des de l'element més ràpid.

En un sistema PACS actual s'estableix que una imatge de CR resident al disc RAID del servidor ha de ser transferida a una estació de diagnòstic i visualitzada en un temps màxim de 2 segons.

A l'arxiu, els estudis seran emmagatzemats utilitzant sempre compressió reversible, sense pèrdues. Si resulta interessant, es pot aplicar compressió amb pèrdues per transmissió d'estudis a determinades estacions amb la finalitat de reduir l'ocupació de la xarxa, segons desig i necessitats dels hospitals, mitjançant els servidors addicionals adients (compressors wavelet).

## **Servidor d'Aplicacions (APS)**

El Servidor d'Aplicacions, o Application Server (APS), proporciona serveis de xarxa per als clients del PACS i per a tots els components integrats com ara RIS i aplicacions especials. Reemplaça les connexions directes actuant com a servidor intermedi i proporcionant serveis, com ara l'autenticació d'usuaris.

Es poden fer servir certificats SSL per:

- ✓ Xifrar i protegir qualsevol informació intercanviada entre els servidors i els clients en el clúster PACS, incloent informació d'usuari, dades d'imatges de pacients i informació de salut protegida.
- ✓ Xifrar i protegir qualsevol informació intercanviada entre l'Application Server i altres servidors de directori com ara els que estan situats fora del clúster PACS a la xarxa de l'hospital.

Per a sol·licitar i transmetre dades entre els clients i l'Application Server s'utilitzen els serveis web (web services). En utilitzar serveis web per transferir informació entre els clients i l'Application Server, el PACS pot utilitzar diverses sol·licituds simultànies sense afectar el seu rendiment o fiabilitat. Les dades transmeses a través dels serveis web estan normalment encriptades per augmentar la seguretat en la informació del pacient.

### **3.3.3 Connectivitat**

#### **Servidor Motor de Connectivitat**

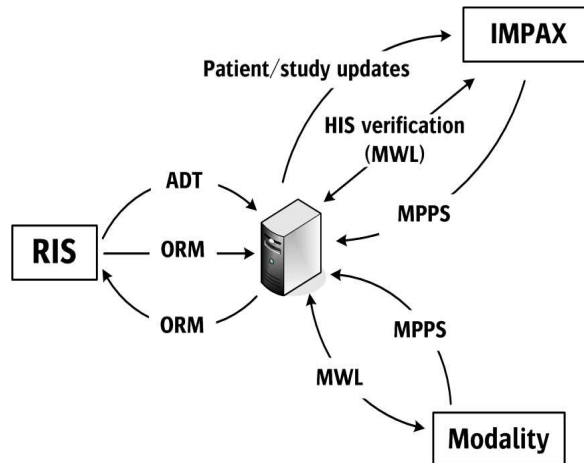
Un dels requisits principals de la integració en un hospital és connectar els sistemes d'informació de l'hospital, el PACS, i les modalitats. Aquests sistemes parlen sovint diversos protocols.

El PACS i les modalitats parlen típicament DICOM, mentre que els sistemes d'informació de l'hospital parlen generalment HL7. Molts d'aquests sistemes també utilitzen altres protocols, com ara SOAP (*Simple Object Access Protocol* [40]).

L'encarregat de la connectivitat del PACS és un motor de comunicació *middleware*, que actua en la integració entre els sistemes d'informació de l'hospital i altres departaments d'imatge de l'hospital, és el comunament anomenat Connectivity Manager (CM), i diferents firmes en ofereixen diferents productes. L'encarregat de la connectivitat del PACS també proporciona connectivitat a cada modalitat. Per la integració, el servei, i el personal administratiu s'utilitza el Connectivity Manager User interface, anomenat Service

Tools en el cas d'Agfa HealthCare, per configurar usuaris i dispositius. També es mantenen, supervisen, i localitzen les avaries del sistema fent servir les eines de servei.

Altre funció sol ser proporcionar les llistes del treball per a les diverses modalitats d'adquisició en el departament.



**Figura 9: Motor de Connectivitat PACS/RIS [41]**

Per a cada clúster PACS ens caldrà un Connectivity Manager per a la interfície amb el RIS. El protocol bàsic que serà utilitzat per a aquest interfície és HL7 v2.3.1, però normalment, els motors existents al mercat, poden treballar també amb altres protocols.

El Connectivity Manager proporcionarà la informació següent via la interfície a RIS:

- ✓ verificació de dades
- ✓ fusions d'estudis
- ✓ llistes de treball
- ✓ actualitzacions (Pacient-Informe-Estudis)
- ✓ informes (clínic)

És essencial en qualsevol substitució del RIS, que aquest estigui instal·lat i completament estable abans de la posada en marxa del PACS. El HIS i el PACS estan units a nivell de base de dades, de manera que qualsevol dada és compartida per tots dos.

### 3.3.4 Servidors addicionals

#### Compressor Wavelet

Quan s'accedeix a un PACS a través d'Internet, les velocitats de connexió són habitualment molt més lentes que aquelles

experimentades a la xarxa de l'hospital. Per minimitzar els efectes de la baixa velocitat en els usuaris, normalment s'incorpora al sistema un Servidor per a Compressió que crea imatges wavelet (comprimides sense perdre, per defecte), i les emmagatzema a la memòria cau web.

Amb aquestes imatges Wavelet, el PACS pot mostrar imatges de baixa resolució molt ràpidament i actualitzar-les automàticament amb més alta resolució a mesura que la informació es transmet per la xarxa fins que arribi al nivell de resolució requerit. Els clients poden accedir a les imatges wavelet de manera local a la xarxa o a través d'Internet.

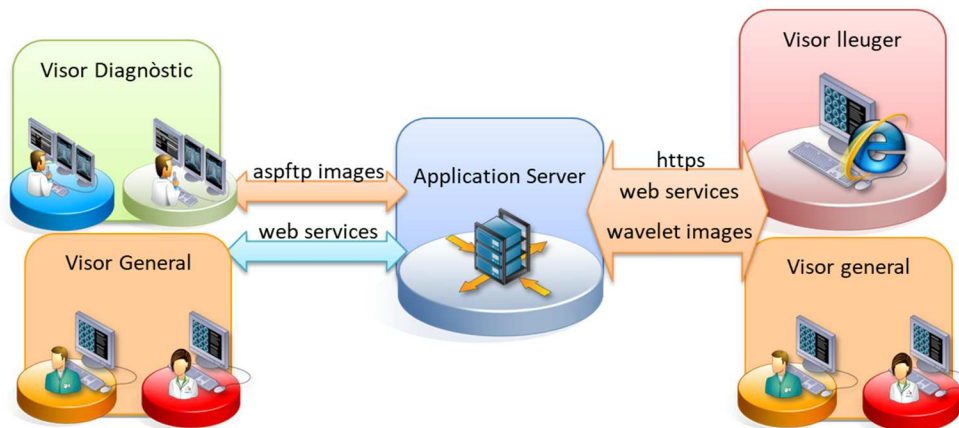
Encara que normalment es treballa amb compressió sense pèrdua d'informació (lossless), per minimitzar la mida dels arxius i accelerar la transmissió, les imatges es poden emmagatzemar amb compressió amb pèrdua d'informació (lossy). Es per això que les imatges wavelet no son valides per el diagnòstic i estan fora del estàndard DICOM.

En el cas d'Agfa HealthCare, aquest servidor s'anomena "Curator", i es se'n afegeixen tants com a Servidors d'aplicacions incorpori el Sistema.

### **3.3.5 Visionat**

Al principi, els PACS, disposaven per la visualització d'unes estacions de treball molt potents i especialitzades (p. ex. Silicon Graphics), però amb l'increment de les prestacions dels PCs, es va anar estenent una altre esquema passant del client/servidor al anomenat client unificat. Aquest consisteix en un PC de grans prestacions que disposa de pantalles aptes per al diagnòstic (certificades DICOM), d'altíssima resolució i mot cares. El client unificat inclou normalment el anomenat visor diagnòstic i el visor "empresarial" o general.

Darrerament, i sobretot per poder incorporar les imatges a l'història clínica electrònica, estan surgint els anomenats "visors lleugers" o "visors web", que son molt menys exigents en termes d'ample de banda.



**Figura 10: Tipus de visors PACS**

### **Visor diagnòstic**

El Visor diagnòstic, o visor especialitzat, es, en general, una única aplicació de Client que proporciona les eines adequades a cada perfil d'usuari, independentment de l'estació de treball en què s'ha identificat i al grup d'usuaris a què pertanyi. Fa anys eren estacions de treball autònomes.

En funció del perfil de l'usuari registrat, el programari presentarà un conjunt més o menys d'eines (per exemple, per a un clínic que només requereixi consulta puntual d'exploracions el conjunt d'eines i funcions serà inferior al d'un radiòleg que ha de diagnosticar exploracions de múltiples modalitats diagnòstiques.

Es basen en rols. Un rol pot ser l'empresa, la institució, un departament, o un equip. Posseeix els permisos i preferències, així com les opcions de llicència. Les funcions poden contenir altres papers o usuaris. Per exemple, el paper de Radiologia poden contenir sub-funcions, com ara:

- ✓ Radiologia
- ✓ Radiologia General
- ✓ Resident
- ✓ Imatges de mama
- ✓ Tècnics de Radiologia

Els administradors del PACS poden crear rols de funcions creuades, com un equip de l'UCI, que podria incloure els usuaris com infermeres, metges de medicina interna, i radiòlegs. Els administradors del PACS modelen el sistema basant-se en les necessitats del Centre. No obstant això, un conjunt predeterminat de funcions es sol presentar com a punt de partida,



**Figura 11: Visor diagnòstic d'Agfa HealthCare [27]**

Els usuaris representen a persones, com un radiòleg o clínic. Quan es crea un usuari, aquest haurà de pertànyer almenys a un paper, un rol primari. Un usuari també podrà pertànyer a altres rols secundaris.

Els usuaris hereten les seves llicències i permisos dels rols a què pertanyen. Els usuaris també hereten les preferències, com les opcions de llistes de treball, les configuracions per a la presentació d'informes i la configuració de la barra d'eines, dels rols mestres.

També es poden modificar les preferències d'un usuari específic fent un usuari genèric. Això és molt útil per als usuaris, com ara radiòlegs, que tenen necessitats específiques.

Els permisos, que es basen en els rols, controlen l'accés a la funcionalitat del sistema. Quan els administradors del PACS defineixen els permisos als diferents usuaris del sistema, han d'equilibrar dues necessitats:

- ✓ Flux de treball. Cada usuari PACS ha de tenir les eines necessàries per completar el seu treball, per mantenir tant el servei de Radiologia com els serveis prestats als usuaris de radiologia clínica funcionant sense problemes. Per exemple, els clínics necessiten tenir accés a només un subconjunt de les eines que els radiòlegs disposen.
- ✓ Seguretat. Cada vegada més, els Centres s'han d'ajustar a les normes de seguretat i privacitat que poden ser perjudicials per al flux de treball si s'apliquen indegudament. Per exemple, en cas d'emergència un radiòleg pot necessitar

l'accés a un estudi que normalment se li negaria basant-se en les normes de privacitat.

A més, a cada usuari se li presentarà la informació de la forma més adequada, útil i senzilla per al desenvolupament de les seves funcions. Per exemple, un radiòleg disposarà del llistat d'exploracions prèvies al costat de la informació clínica i als informes, mentre que un clínic veurà de forma destacada l'informe i les imatges clau.

Amb l'eclosió de les anomenades “aplicacions clíniques”, que son un conjunt d'eines especialitzades segons el diagnòstic que es vol fer, i que poden incloure components de CAD (Computed Aided Detection, que fan servir histogrames obtinguts digitalment per detectar microcalcificacions que escaparien al ull humà en el cas del càncer de mama), o aplicacions d'intel·ligència artificial (AI) per, per exemple, localitzar lesions fent colonoscòpies virtuals a partir de les imatges provinents d'un TAC o simular la possible afectació d'un atac de cor, els “clients diagnòstics” han esdevingut un dels principals fronts de competència entre els diferents fabricants.

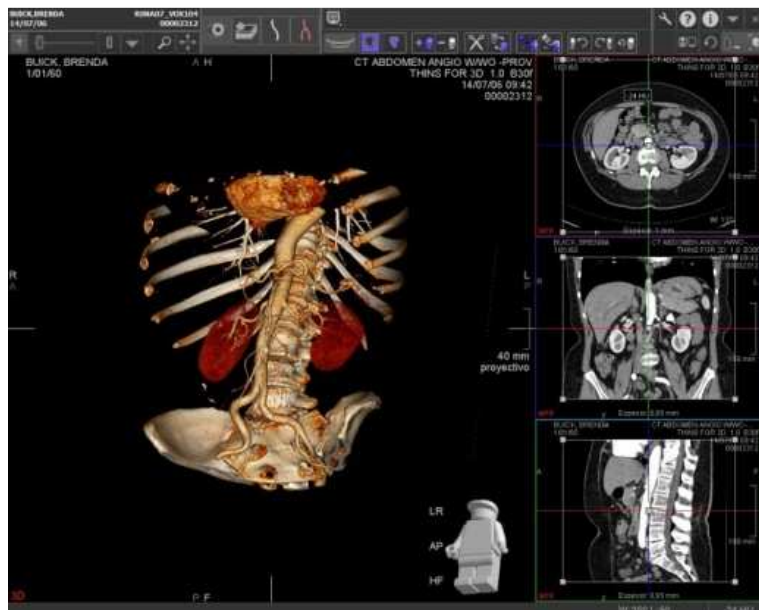


Figura 12: Aplicació Clínica per 3D a partir d'un TAC [27]

### Visor General

Es l'anomenat també “visor empresarial” o “visor clínic” i es el mateix visor anterior, però amb menys eines i amb un caràcter més general, de consulta. S'acostuma a emprar dins el recinte hospitalari ja que treballa amb imatges wavelet en lloc de DICOM.



Figura 13: Visor empresarial d'IMPAX [27]

### Visor lleuger

El client lleuger, també anomenat visor web, té el seu principal camp d'aplicació a la integració amb l'història clínica electrònica i a la visualització per part dels metges referents. Basats en web 2.0, permeten la visualització de tota la informació emmagatzemada en el sistema via un visor WEB "pur" WADO (Web Access to DICOM Objects).

Aquest tipus de visor, denominat IMPAX Xero en el cas d'Agfa HealthCare, permet visualitzar imatges i informes DICOM (DICOM Structured Reports, o informes estructurats DICOM) en qualsevol client independentment de la plataforma tecnològica (PC-Windows, Linux, Mac) i per tant funciona sobre qualsevol navegador web (Internet Explorer, Firefox, Safari, etc.). Per això se'ls anomena "zero foot print".





**Figura 14: Visor Web [27]**

Pot ser executat dins o fora de l'hospital i en múltiples plataformes tecnològiques. El visor funciona normalment en un sol monitor. En accedir als estudis, les imatges clau definides pel radiòleg es mostren primer. Si cal, el clínic pot tenir accés a totes les imatges i informes radiològics.

Els facultatius clínics sol·licitants poden accedir als seus pacients i als seus informes i imatges utilitzant aquets visors. El metge sol·licitant pot buscar qualsevol pacient que hagi estat enviat a l'hospital. El senzill interfície d'usuari fa molt fàcil el seu ús per la qual cosa no és necessària una formació específica.

El visor lleuger, com qualsevol pàgina web, pot ser "incrustat" directament en qualsevol aplicació que utilitzi HTML. Les aplicacions que no estan basades en web poden integrar el visor mitjançant una crida a un URL. Requereix (i utilitza), per tant, molt poc ample de banda. També funciona bé en xarxes amb problemes de latència. Agfa HealthCare recomana 1 Mbps com a mínim i una latència de menys de 250 ms, però normalment també funcionarà en una xarxa pitjor [41].

El Agfa HealthCare, Xero, inclou una utilitat a la pàgina de log-in que permet a l'usuari verificar les característiques de la connexió des del seu PC al servidor.

### **3.4 Requeriments de Comunicacions**

Com veurem, els servidors estaran típicament connectats a un switch gigabit, per a la seva connexió a la xarxa de l'Hospital.

Per a la resta de components (estacions de treball, PC clínics, etc.), es descriuen a continuació, de forma genèrica, els requeriments de xarxa per a un projecte de les característiques de l'Hospital Central de Astúrias. També s'inclouen consideracions d'interconnexió entre centres, que ens caldran en la connexió amb el datacenter situat dins del edifici EASMU.

### 3.4.1 Requeriments per al PACS

En un sistema PACS s'estableix que una imatge de, per exemple, 10 MB de grandària, resident al disc RAID del servidor de Workflow Manager/Archive Server o en la SAN ha de ser transferida a una estació de diagnòstic i visualitzada en un temps màxim de 2 segons, pel que la xarxa ha de haver-la transferit en 1 segon.

Per a això és necessari disposar de:

- ✓ Gran ample de banda entre el servidor WFM/AS i les estacions de diagnòstic per a grans volums de dades.
- ✓ Gran ample de banda entre el servidor WFM/AS, les estacions de diagnòstic i el Servidor de base de dades per a transferències petites de dades (trànsit base de dades).
- ✓ Una bona segmentació de la xarxa, separant en la mesura del possible el trànsit generat entre el servidor WFM i les estacions de diagnòstic, de la resta de la xarxa.
- ✓ Accés ràpid als discs del sistema d'arxiu.

Així doncs, els requeriments de xarxa per els servidors depenen en gran mesura del nombre de modalitats a connectar i del volum d'informació generats per cada modalitat (cal considerar els pics i les mitjanes) i del nombre d'usuaris concurrents, a nivell d'estacions de diagnòstic i de visualització clínica.

Agfa HealthCare [27] recomana per a la connexió entre elements pertanyents a un mateix clúster IMPAX, com a mínim, una xarxa de 34 Mbits. Per sota d'aquesta velocitat, s'han d'instal·lar servidors de WFM en els diferents centres amb capacitat d'arxiu raonable per a les estacions de diagnòstic connectades als mateixos (en el cas de connexions entre edificis pertanyents al mateix campus, per exemple).

Per a una connexió òptima entre centres, i tenint en compte un model centralitzat, és indispensable que la xarxa de comunicacions sigui absolutament fiable i estable. És recomanable l'existència d'una línia de backup de baixa velocitat que garanteixi l'accés al servidor de base de dades, tot i que reduint el temps de resposta; en cas de caiguda de la xarxa, els hospitals accedirien a les imatges del seu

propi WFM, però necessitarien la línia de backup per a accés a la base de dades.

### Transaccions cap el PACS

Son principalment les provinents de les Modalitats generadores d'imatges. Veiem un exemple d'ingesta, o transacció DICOM Store, per 440.000 estudis any [42]:

Imaging	Total Images	MB/image	MB/study (RAW)	Number of studies/year	Storage per study type (MB)
Cardiology imaging device	22	22.11	486.42	10,000	4,864,200
CT – Multi-slice imaging device	400	0.52	208.00	20,000	4,160,000
CT – 64-slice imaging device	2000	0.51	1020.00	100,000	100,000,000
CT – 128 -slice imaging device	4000	0.51	2040.00	200,000	200,000,000
Fluoroscopy imaging device	24	1.96	47.04	50,000	2,352,000
Mammography imaging device	4	26.00	104.00	20,000	2,080,000
MRI - Magnetic resonance imaging device	400	0.18	72.00	10,000	720,000
Ultrasound imaging device	40	0.75	30.00	30,000	900,000
			Total	440,000	315,076,200

**Figura 15: Volums típics per tipus d'estudi i modalitat [42]**

En aquest exemple tenim un requisit d'emmagatzematge anual nou de 315TB, que equival a 863GB per dia, o una taxa de dades d'entrada de 1.9GB/s. Aquest càlcul s'haurà de fer per a cada cas concret.

Aquest grup de transaccions DICOM es defineixen com tot tipus d'activitat de xarxa que es realitza per transferir imatges i estudis mèdics mitjançant el protocol DICOM, o "DICOM Store". Això inclou els següents:

- ✓ Modalitats enviant estudis al IMPAX mitjançant DICOM (C\_STORE)
- ✓ El PACS enviant estudis a destinacions DICOM externes (com impressores de pel·lícules o altres PACS) (C\_MOVE / C\_STORE)
- ✓ El PACS utilitzant DICOM Store&Remember per arxivar els estudis a un node central com un VNA (C\_STORE)

- ✓ Les estacions de treball DICOM externes (autònomes) que realitzen l'arxiu de seguretat al PACS (consultes/recuperació, o seqüències C\_FIND/C\_MOVE)

### 3.4.2 Requeriments per als visors

En un gran entorn hospitalari típic, els volums de trànsit de recuperació d'imatges poden ser de més de 5 vegades el volum de trànsit d'emmagatzematge. Així doncs, reprenent el anterior exemple, el trànsit de recuperació superarà els 11GB/s. Aquest càlcul s'haurà de fer per a cada cas concret.

	Number of stations	Studies/hour	Study size MB (avg)	Data rate Mbit/s
Reporting stations traffic	45	100	1020	10,200
Concurrent users traffic	1000	10	30	667
CDR PACS users	600	40	60	533
			Total traffic	11,400

**Figura 16: Ample de banda necessari típic pels clients visualitzadors [42]**

Per afrontar aquests reptes es molt normal, en instal·lacions grans, posar uns balancejadors de càrrega per optimitzar el tràfic. La taula següent mostra els ports/serveis típics que són balancejats [42] :

Port	Protocols	Use
104	TCP/DICOM	Exchange of images and related information
11112	TCP/DICOM	Exchange of images and related information
2575	TCP/HL7/MLLP	Communication between healthcare IT systems
443	TCP/HTTPS	Client viewer connectivity
17035	TCP/XDS/SOAP/XML	XDS repository/registry

**Figura 17: Ports susceptibles de ser balancejats en un PACS [42]**

La velocitat mínima acceptada per a les estacions de diagnòstic es normalment de 100 Mbps Ethernet, i pel visor lleuger un mínim de 10 Mbps.

### Transaccions cap els visors

Son principalment dos tipus: selecció de llista de treball i visualització d'estudis.

La selecció de llista de treball és un exemple típic d'una consulta de base de dades iniciada per una estació de treball PACS. Consisteix en la selecció de la llista de treball del radiòleg i es tracta de la presentació d'una consulta d'un visor a la base de dades del PACS local o remot, i la devolució d'una llista de x estudis coincidents. S'utilitzen quèries SQL i els serveis web. El temps de visualització es mesura des del moment que l'usuari final completa la selecció de la consulta fins que el darrer resultat sigui visible al dispositiu de visualització.

Una visualització d'estudi és la selecció i visualització (en el visor) d'un estudi disponible ubicat a un Workflow Manager local o remot, a través de FTP. El temps de visualització és el temps que es triga a mostrar la segona imatge d'un estudi. La visualització d'imatges ha de contemplar les següents possibilitats en totes les estacions de treball de diagnòstic i revisió clínica:

- ✓ qualsevol imatge que s'ha capturat o visualitzat en les darreres x setmanes i que està emmagatzemada en línia.
- ✓ qualsevol imatge adquirida i emmagatzemada en línia en un pacient per al qual es va programar un estudi abans de les 23:00 del dia anterior (és a dir, un estudi previ).
- ✓ qualsevol imatge adquirida i emmagatzemada en línia a l'arxiu d'un pacient per al qual s'hagi produït una activitat no programada que haurà de ser recuperable en un termini de 10 minuts després de la seva sol·licitud (és a dir, consultes ad-hoc en un estudi que no s'ha programat)

Per ambdues es consideren com a rangs de valors típics:

- ✓ Per a una WAN: Pèrdua de paquets màxima del 0,5% i latència de 10ms a 120ms.
- ✓ Per a una LAN: Pèrdua de paquets del 0%, i latència de 0ms a 15ms

### **3.4.3 Resultats en Laboratori**

Per el cas concret del PACS que es vol implantar, IMPAX, de Agfa HealthCare es disposa d'una sèrie de resultats de Laboratori proporcionats pel mateix fabricant [41]. L'ús d'aquest entorn de Laboratori va ser exclusiu durant l'execució de proves, és a dir, no es va enviar cap altre trànsit a la xarxa.

## IMPAX 6 Network Testing Environment

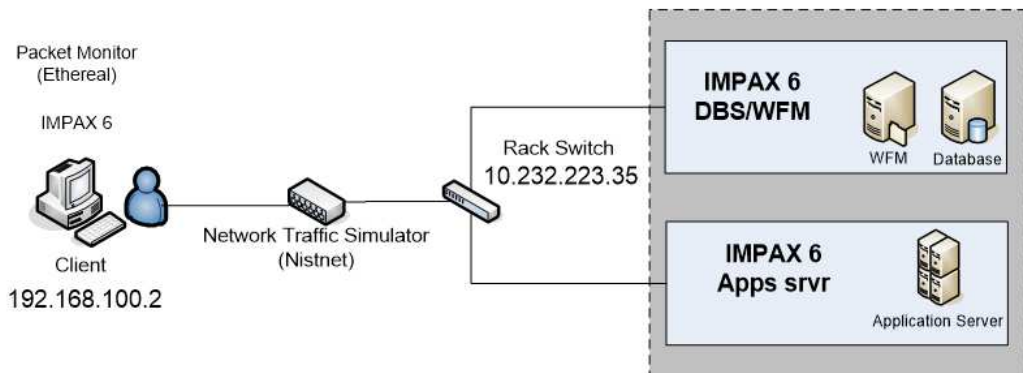


Figura 18: Entorn de test d'IMPAX 6 [43]

En les proves, el client IMPAX 6 es posa en contacte amb la base de dades Oracle IMPAX a través del servidor d'aplicacions IMPAX. La base de dades i el servidor d'aplicacions es van col·locar de manera que el temps de xarxa entre ells fos insignificant. El temps registrat va ser el temps entre el primer paquet enviat des del client al servidor d'aplicacions i l'últim paquet enviat des de la base de dades al client.

## Worklist Select - Average Transaction Time

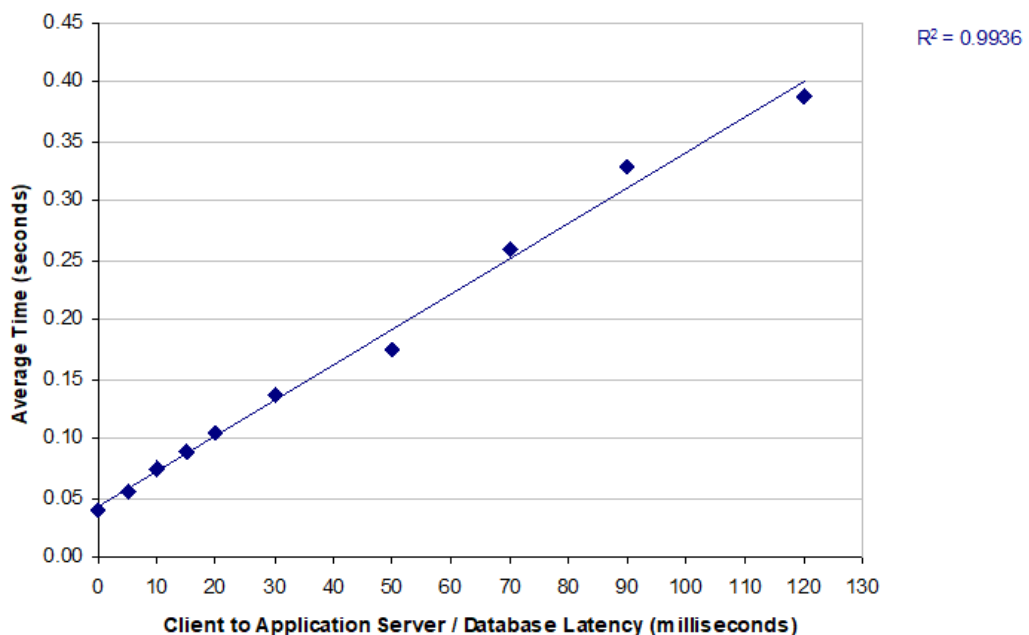


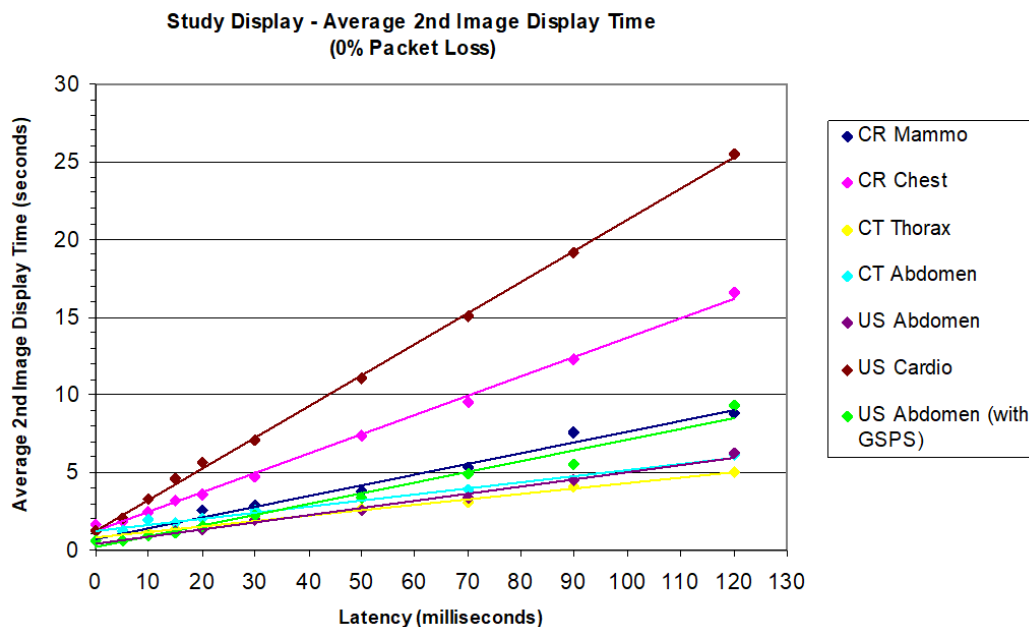
Figura 19: Resultats del test en relació a la latència [43]

Per a la transacció de selecció de llista de treball, i per a totes les latències, incloent-hi fins a 120 mil·lisegons, el temps mitjà de transacció de la xarxa es va situar per sota de 0,4 segons. A la gràfica es pot veure que el valor del coeficient de correlació  $R^2$  per a

les dades és molt proper a 1, la qual cosa indica que el temps mitjà de transacció augmenta linealment amb la latència:

A IMPAX 6, el Client es connecta al Servidor d'Aplicacions, que realitza tots els estats d'Oracle SQL necessaris en nom seu. Això comporta una reducció del temps de resposta del client.

La transacció de visualització d'estudi, "Study Display", es va comprovar per a set tipus d'estudi diferents. Es va registrar el temps que va trigar a mostrar la segona imatge i es va registrar el temps que va trigar a transferir totes les dades d'imatge. A més de l'estudi de referència de CR, les proves de DICOM Store també es van realitzar per a diferents tipus d'estudi a partir del conjunt de referència. A continuació es mostren els resultats obtinguts (sense pèrdua de paquets):



**Figura 20: Resultats del test per la visualització d'IMPAX [43]**

Quant a les transaccions cap el PACS, o "DICOM Store", els gràfics mostren els temps de transferència d'una transacció de DICOM Store per a diferents dels estudis de la llista d'estudis de referència.

La transacció es va mesurar en diferents latències amb una pèrdua de paquets del 0% i del 1%. Com que el protocol DICOM ha demostrat ser bastant xerrador, l'impacte d'una xarxa de baixa qualitat (pèrdua de paquet elevada) en els temps de transferència és força dramàtica.

El pitjor cas va ser per l'estudi d'ultrasons (US) de Cardio, que té una mida de fitxer de 273 MB.

Per a una transacció “DICOM Store”, 10 minuts seria una suposició raonable de temps màxim acceptable per transferir un estudi. En general, això es pot aconseguir en 2 o 3 minuts.

L'especificació de xarxa necessària per aconseguir el temps de rendiment objectiu de 10 minuts és:

Latència	Pèrdua de Paquets
<30 msec	<0.1 %

El temps de transferència de 10 minuts per al conjunt d'estudis de referència només es pot aconseguir amb una latència inferior a 30 msec. i una pèrdua de paquets per sota del 0,1%. Alguns resultats es poden veure a continuació:

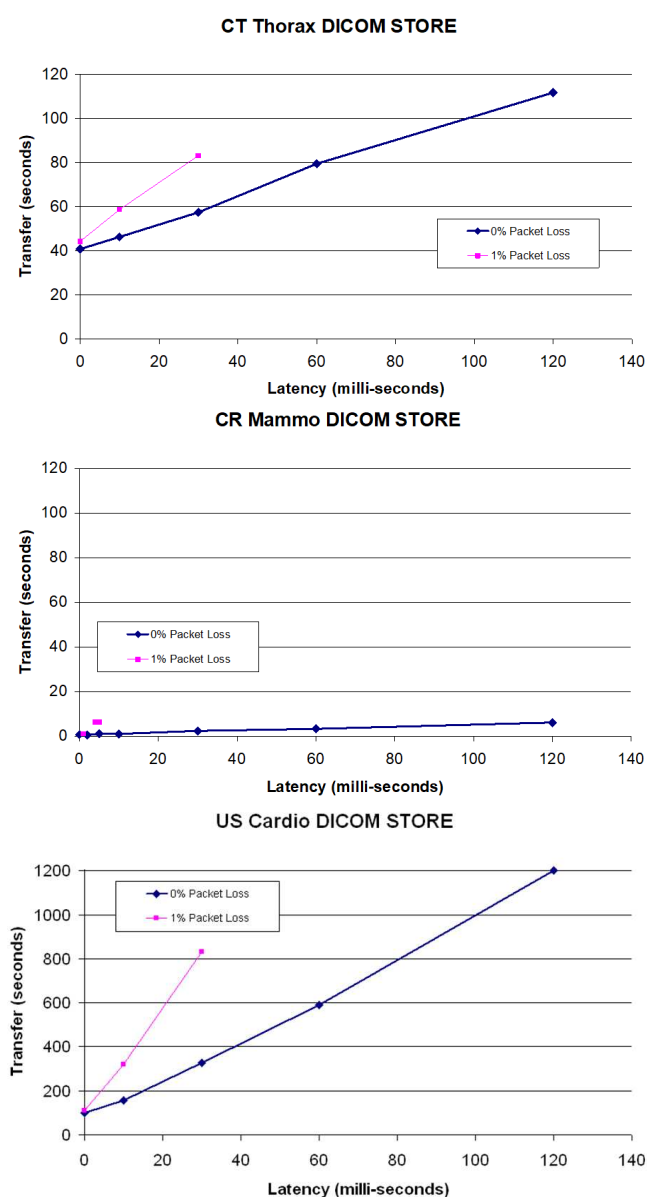


Figura 21: Resultats del test per a DICOM Store a IMPAX [43]



Durant les proves de WAN, es van fer observacions de rendiment de la xarxa addicionals per al trànsit de DICOM en l'entorn del laboratori, és a dir, típicament entre les modalitats DICOM i IMPAX WFM, i entre la transacció IMPAX WFM i l'arxiu central i el pitjor resultat va ser en la transmissió del CR de Thorax, on la quantitat total de dades transferides a la xarxa va ser de +/- 9 MB; i el màxim ample de banda observat que DICOM consumia en una línia de 100 Mbps amb aquesta sintaxi de transferència va ser de 25Mbps.

### 3.4.4 Conclusions i recomanacions

Conclusió	Recomanació
La funció de selecció de la llista de treball és altament sensible a la latència.	Si es requereix un SLA de 2 segons, fins i tot en ocasions d'ús del servidor molt pesat, es necessitarà una xarxa capaç de tenir <10 ms de latència. Assegureu-vos de tenir una xarxa d'alt rendiment. Alternativament, relaxar l'SLA per reduir el requisit de rendiment de la xarxa.
L'acció de la transacció DICOM Store per a un estudi CR Chest no té SLA associat. Tanmateix, el temps de transferència està ben dins del temps de rendiment objectiu de 10 minuts.	No es requereix cap acció.
La transacció més important per visualitzar una imatge, només es trobarà dins el SLA en una xarxa de latència baixa. La majoria dels tipus d'estudi es realitzaran dins del SLA per a la '2a Mostra d'imatges' només en una xarxa amb una latència de menys de 10 msec. El SLA per un CR de 3 segons només es pot satisfer amb baixa latència de la xarxa. Una imatge estàndard d'Agfa CR Chest és de 12 MB.	Un WFM instal·lat a cada sub-entitat reduirà la dependència de la xarxa per mostrar imatges. Instal·leu WFM locals. A més, una xarxa capaç de sub-30 msec. de latència permetrà que la majoria dels estudis superin el SLA només en uns segons. Relaxar el SLA si no és possible tenir una xarxa ràpida.
La transferència i visualització de grans estudis i estudis que contenen algunes imatges grans a través d'una xarxa d'especificacions baixa és lenta.	Afegiu maquinari per mantenir imatges locals a les sub-entitats durant el temps necessari per al diagnòstic: Proporcioneu una petita estació de treball autònoma amb una memòria cau d'imatge local suficient per al diagnòstic local Introduïu un servidor WFM petit i de baix cost amb discs locals, dedicat a les modalitats CR introduïu un servidor WFM independent més gran (en el cas d'un Centre més gran, amb diverses modalitats)

**Figura 22: Conclusions i recomanacions del test**

### **3.5 Alta Disponibilitat i Recuperació de Desastres**

Un pla de recuperació de desastres (DRP), de vegades conegut com un pla de continuïtat del negoci (BCP) o pla de contingència de processos de negoci (BPCP), descriu com enfronta una organització possibles desastres.

Així com un desastre és un esdeveniment que impossibilita la continuació de les funcions normals, un pla de recuperació de desastres es compon de les precaucions preses perquè els efectes

d'un desastre es redueixin al mínim i l'organització sigui capaç de mantenir o reprendre ràpidament funcions de missió crítica.

La recuperació de desastres s'està convertint en un aspecte cada vegada més important de la informàtica empresarial. Com els dispositius, sistemes i xarxes es tornen cada vegada més complexos, simplement hi ha més coses que poden sortir malament. Com a conseqüència d'això, els plans de recuperació s'han tornat més complexos.

Un principi important de l'estratègia de continuïtat de negoci és la distinció entre la alta disponibilitat (HA) i la recuperació de desastres (DR), tots dos aspectes s'han de considerar en una estratègia BCDR general.

### 3.5.1 Descripció dels components HA

L'alta disponibilitat proporciona una commutació automàtica per causa d'error de la solució ("failover"), principalment dins el mateix Centre de Dades, en moments d'incidents tècnics petits o de manteniment planificat en components individuals.

L'Alta Disponibilitat està coberta principalment per:

- ✓ **Disseny** de components de maquinari redundants:
  - Dissenyat sense un sol punt de falla (SPOF),
  - N + 1 servidors redundants
- ✓ **Emmagatzemament:** Totes les dades dels components d'emmagatzematge han d'estar protegits per nivells de RAID, tal com es defineixen en els diferents nivells d'emmagatzematge del PACS (RAID-10, RAID 5, RAID 6, etc.); Per a un sistema SAN (Storage Area Network), els controladors d'emmagatzematge o switches SAN ha de ser redundants, amb rutes de dades redundants des del servidor fins a l'emmagatzematge. Per a un sistema NAS (Network Attached Storage), ha d'existir una infraestructura de xarxa redundat (targetes de xarxa redundants i NAS "heads").
- ✓ **Infraestructura de virtualització (p.ex. VMware) subjacent:** Tots els components del PACS s'han de executar en un entorn virtualitzat i hereten les funcions HA de la plataforma subjacent, VMware pel cas del PACS IMPAX cobreix el *failover* automatitzat en cas de problemes tècnics de la plataforma (fallada del sistema operatiu, descomposició del servidor, descomposició de HBA i NIC, fallada de la xarxa i rutes de dades d'emmagatzematge, etc.).

- ✓ **Redundància de bases de dades:** En escenaris on la base de dades, per exemple Oracle, s'executa en maquinari natiu (bare metal), l'alta disponibilitat pot ser coberta per Oracle RAC (Oracle Real Application Clusters [44] ). Oracle RAC garanteix una commutació per error transparent de les transaccions entre els dos nodes del clúster. Quan es lliura com una solució claus en mà, RAC es desplega en Oracle Database Appliance (ODA).
- ✓ **Components de programari redundants:** Normalment s'hi incorporen diverses instàncies dels components de servidor del PACS per a aconseguir redundància. No obstant això, fins i tot quan només n'hi ha un, els components s'executen per defecte a la plataforma de virtualització, heretant les capacitats HA de la plataforma de virtualització i els components HW redundants.
- ✓ **Balanceig:** Els components del servidor PACS poden ser balancejats per la tecnologia de maquinari o programari, que sempre forma part de la infraestructura principal del PACS. El "Load Balancer" [42] s'encarregarà del failover continu dels components redundants, de manera que la interrupció mínima en els serveis és experimentada pels usuaris finals.

### 3.5.2 VMware HA

El sistema PACS d'Agfa HealthCare, fabricant del PACS que instal·larem, com la immensa majoria de les cases comercials, utilitza VMWare [45] com a plataforma de virtualització.

VMware HA és un component de la plataforma vSphere™ [46] de la Companyia VMware.

VMware High Availability (HA) ofereix alta disponibilitat per a aplicacions que s'executen en màquines virtuals. VMware HA monitoritza contínuament tots els servidors virtualitzats en una agrupació de recursos i detecta falles en el servidor físic i en el sistema operatiu:

- ✓ Fallada físic del servidor:
  - HA detecta errors físics del servidor i reinicia la màquina virtual en un servidor físic diferent en el grup de recursos sense intervenció humana. Les màquines virtuals afectades es reinicien automàticament en altres servidors de producció amb capacitat disponible.
  - Per supervisar servidors físics, un agent de cada servidor manté un batec amb els altres servidors en el conjunt de recursos, de manera que una pèrdua de

batec inicia automàticament el reinici de totes les màquines virtuals afectades en altres servidors del conjunt de recursos.

- ✓ **Error del sistema operatiu:** En cas de fallada del sistema operatiu, VMware HA reinicia la màquina virtual afectada en el mateix servidor físic. Per supervisar les falles del sistema operatiu, VMware HA supervisa la informació de batec proporcionada pel paquet "VMware Tools" instal·lat a cada màquina virtual del clúster VMware HA. Les falles es detecten quan no es rep cap batec d'una màquina virtual donada dins d'un interval de temps especificat per l'usuari.

### 3.5.3 DR, conceptes i components

El disseny de Recuperació de Desastres és el següent pas important que cal tenir en compte en l'estratègia de Continuïtat de negoci (BC) del PACS.

Alguns dels components de recuperació de desastres són solucions estàndard de la indústria de TI com VMware SRM (*Site Recovery Manager*), Oracle Data Guard, etc. Però, a més, el PACS per si mateix pot comptar amb funcions de DR pròpies que poden protegir inherentment per a esdeveniments de desastre.

Quan es descriuen els escenaris de Recuperació de Desastres d'un PACS, amb dos Centres de Dades, es consideren els següents tipus d'infraestructures:

- ✓ **Actiu - Passiu (AP):** El centre de dades principal és Actiu, mentre que l'altre centre de dades és Passiu i no contribueix a la càrrega de treball, flux de treball o servei als usuaris finals (Exemple: el lloc passiu en una configuració de VMware, protegit per VMware SRM)
- ✓ **Actiu - en espera (Active-Standby):** El segon centre de dades s'executa en mode d'espera, executa el servidor d'Oracle Data Guard replicat (i alguns serveis d'aplicació mínims del PACS) i és supervisat pel procés Watch Dog del PACS. Els serveis PACS en els servidors en espera s'inicien quan la base de dades del centre de dades local es converteix en la base de dades activa. Els serveis del PACS s'aturen per al Centre de Dades que allotja el servidor de bases de dades no actiu.
- ✓ **Actiu - Actiu (A-A):** Tots dos centres de dades estan contribuint activament al maneig de la càrrega de treball de l'aplicació i estan atenent activament als usuaris finals. És la solució més cara i complicada.

- ✓ **“Stretched Clúster”** (o clúster “estirat”) [47] : Els components actius són, de vegades transparentment, distribuïts en dos centres de dades o sales d'ordinadors, normalment quan tots dos estan en la mateixa LAN de baixa latència.

En el cas del PACS d'Agfa HealthCare, a demes, es proposen les següents possibilitats [41]:

- ✓ **Replicació d'emmagatzematge:** Hi ha un component d'aplicació, la Gestió d'Emmagatzematge Jeràrquic (HSM - Hierarchichal Storage Management) [48], que escriu les imatges adquirides en les diferents ubicacions d'emmagatzematge definides. Aquest component extraurà les dades de la ubicació d'emmagatzematge local i els escriurà en el grup d'emmagatzematge remot. Les regles d'emmagatzematge de l'aplicació de determinar quan i on s'escriurà la informació. Aquest servei s'executa en SMB o NFS i introdueix muntatges creuats de sistemes d'arxius en els Centres de dades. Per tant, les latències per a aquest escenari de solució haurien de ser el més baixes possible, i resultarà necessària l'optimització de la finestra TCP a la xarxa d'emmagatzematge per latències majors (mida de finestra TCP, marcs Jumbo, etc.).
- ✓ **Servei d'emmagatzematge distribuït per l'aplicació:** (futures versions). Les dades d'ingesta DICOM es repliquen en els centres de dades directament pels servidors principals del PACS. El protocol és http(o https). El anomenat “Storage Server” manega els estudis a través de WADO i escriu en les ubicacions locals d'emmagatzematge. La replicació en el segon centre de dades dels serveis d'emmagatzematge està controlada per cues d'aplicacions i garanteix una replicació de dades coherent. El benefici adicional del servei d'emmagatzematge és que es pot utilitzar l'emmagatzematge DAS o SAN, en lloc de NAS compartit (més lent).

## 4 Premisses i Solució Proposada

L'objectiu principal del projecte és la implantació i posada en marxa del Sistema Integrat de Gestió, Emmagatzematge i Distribució d'informes i imatges mèdiques, PACS, per a l'HUCA (Hospital Universitario Central de Asturias).

Així, les fites principals del projecte són tres: proporcionar un Sistema PACS i una infraestructura adequada per a suportar aquest sistema, migrar els estudis del "mini" PACS existent al nou sistema, i suportar la Solució aportada durant el temps establert. A continuació es descriu una possible solució per assolir aquest objectiu.

### 4.1 Tria de components

Com es veurà mes endavant, la solució proposada constarà d'una instal·lació centralitzada d'un Sistema d'Informació de gestió d'imatge (IMPAX PACS) a un Centre de Dades (anomenat AsturCon, dins el edifici EASMU, a Oviedo) situat a uns 3 kilòmetres del Hospital, i la seva replicació a un segon Centre de Dades (a determinar).

Veient les conclusions a que es pot arribar després d'estudiar l'estat del art i l'entorn del HUCA, es considera la utilització de:

- ✓ El sistema PACS d'Agfa Healthcare: IMPAX PACS
- ✓ Les "Aplicacions Clíniques" d'Agfa Healthcare: IMPAX Clinical Applications
- ✓ Els sistemes HardWare basats en la plataforma Wintel del fabricant Hewlett-Packard, i en la plataforma UNIX (Solaris) de SUN Microsystems.
- ✓ Virtualització de la Solució IMPAX d'Agfa mitjançant VMWare per a Alta Disponibilitat.
- ✓ Utilització d'Oracle com a motor de Base de Dades.
- ✓ Emmagatzematge de les imatges "on-line" mitjançant les infraestructures proposades per la *Dirección General de Informática del Gobierno del Principado* (EMC o HP).
- ✓ Emmagatzematge del arxiu històric i còpia de seguretat de les imatges (segona còpia i recuperació de desastres) basat en el sistema HSM de la firma QStar [49], validada i recomanada per Agfa HealthCare i en mitjançant infraestructures proposades per la *Dirección General de Informática del Gobierno del Principado* (EMC Isilon [50]).

Així doncs, la solució estarà certificada en el compliment de la ISO 13485, norma específica de qualitat per a productes sanitaris necessàries per complir amb el Reial Decret 1591/2009, de 16 d'octubre, derivat de la Directiva europea 93/42/EEC, (i que es modificarà abans de que sigui d'aplicació, a partir del 26 maig 2020, la nova directiva 2017/745/EEC), pel qual es regulen els productes sanitaris a Espanya.

En ser IMPAX un Producte Sanitari ( "Medical Device"), classificat com de Classe I per als Aplicatius de Servidor, i de Classe IIa per als Aplicatius de Visor i Aplicacions Clíniques segons la ISO 13485, que és susceptible d'afectar la salut i a cura de les persones, Agfa Healthcare té responsabilitats legals pel que fa a la fabricació del mateix.

La plataforma de màquines (hardware) serà adaptada als estàndards actuals del Principat, ja que amb això es permetrà l'homogeneïtzació dels sistemes amb la resta d'Aplicacions que l'CGSI (*Centro de Gestión de Sistemas Informáticos del Principado*), dependent de la DGTIC (*Dirección General de Tecnologías de la Información i Comunicaciones del Principado*), que serà qui haurà, al cap i a la fi, d'administrar i operar el Sistema.

Les Xarxes de Dades, subministrades pel Principat, sobre les que haurà de desplegar la solució IMPAX, "... hauran de ser de prou capacitat com per garantir l'eficiència en l'ús ..." de IMPAX (ISO 13485).

També es convenient ressaltar que un cop validada la instal·lació, no es podrà utilitzar la plataforma sobre la qual s'haurà instal·lat IMPAX per a cap altra aplicació o configuració aliena al Sistema IMPAX (màquines físiques i/o virtuals dedicades), ni es podran modificar les seves característiques de configuració o operació.

## 4.2 Anàlisi inicial del volum anual d'estudis

Per a calcular el volum d'informació a emmagatzemar en el PACS tindrem en compte de les dades obtingudes de:

1.- l'activitat de imatge diagnòstica de l'antic Hospital Central obtinguda de la memòria de l'any 2007 del mateix, que dona, resumidament, el següent resultat:

Equipament		
TAC helicoidal: <b>4</b>	Planificador: <b>3</b>	Ecógrafo en Rx: <b>14</b>
RNM: <b>2</b>	Simulador: <b>2</b>	Ecógrafo en otros Serv.: <b>14</b>
Litotriector: <b>1</b>	Riñones Artificiales: <b>40</b>	Mamógrafo: <b>2</b>
Angiógrafo digital: <b>2</b>	Equipo de Cobaltoterapia : <b>1</b>	Sala convencional de Rx: <b>21</b>
Sala Hemodinámica: <b>2</b>	Gammacámara: <b>3</b>	Tórax automático: <b>7</b>



Sala Electrofisiología: <b>1</b>	RX portatiles: <b>9</b>	Telemando Rx: <b>5</b>
Acelerador Lineal: <b>3</b>	Alta tasa: <b>2</b>	Arco Multifuncional de Rx: <b>1</b>
Radioterapia Superf: <b>1</b>	Ecocardiografos: <b>6</b>	Radioquirúrgico: <b>8</b>

<b>Radiodiagnòstic I</b>	<b>Any 2006</b>	<b>Any 2007</b>
Radiología simple	202.079	206.144
Rx Digestivo	1.578	1.265
Rx Genitourinario	913	982
T.A.C.	22.008	25.789
R.N.M.	5.514	6.551
Ecografías	31.959	31.324
Mamografías	13.208	14.053
Rx Intervencionista Mama	653	1.143
Rx Intervencionista Neuro. Dca. y Terapéutica	795	1.181
Rx Intervencionista Vascular	785	443
Otros	611	631
<b>TOTAL</b>	<b>280.103</b>	<b>289.506</b>
<b>Radiodiagnòstic II</b>	<b>Any 2006</b>	<b>Any 2007</b>
Radiología simple	36.074	32.652
Rx Digestivo	608	399
Rx Genitourinario	405	288
T.A.C.	7.103	7.622
R.N.M.	4.827	5.000
Ecografías	6.804	6.660
Rx Intervencionista Vacular Diagnóstico	622	684
Rx Intervencionista Vacular Terapéutico	390	454
Otros	149	163
Neurovascular Diagnóstico	22	0
Neurovascular Terapéutico	23	5
<b>TOTAL</b>	<b>57.027</b>	<b>53.927</b>
<b>TOTAL</b>	<b>337.130</b>	<b>343.433</b>

**Figura 23: Equipament i activitat del Hospital antic.**

2.- La activitat prevista a abastar pel nou Hospital (resultat de la unió dels Hospitals comentada anteriorment), basant-nos a l'activitat per a l'Àrea IV apareguda a la memòria del 2008 del SESPA (Servicio de Salud del Principado de Asturias) i extrapolar la activitat per a Raigs-X, tot considerant una relació de  $\frac{3}{4}$  de l'activitat total (mesura empírica aproximada obtinguda de les mitjanes americanes i europees d'activitat en grans centres hospitalaris).

<b>EXPLORACIONES</b>		
Ecografías (H. + CEP)	35.036	36.383
Mamografías (H. + CEP)	14.053	13.298
TAC (H. + CEP)	33.411	38.920
TAC en C. Concertados	0	0
NM en Hospital	11.551	12.436
RNM en C. Concertados	2.159	2.395
Litotricias en Hospital (renales + ureterales)	1.009	822
Litotricias en C. Conc. (renales + ureterales)	0	0
<b>ACTIVIDAD AMBULATORIA</b>		
Consultas totales / día hábil	2.315,7	2.380,3
Relación sucesivas / primeras	2,1	2,1
Enfermos en diálisis	221	225
Ecografías totales / día hábil (H.+ CEP)	139,0	144,4
Mamografías totales / día hábil (H. + CEP)	55,8	52,8
TAC totales / día hábil (H. + CEP)	132,6	154,4
RNM totales / día hábil	45,8	49,3
Litotricias totales / día hábil	4,0	3,3

**Figura 24: Memòria del SESPA del 2008**

Així doncs, se'n obtindrien les següents dades (suma de les exploracions hospitalàries mes les ambulatories per 270 dies hàbils), que són les que donarem per bones:

Modalitat	Est./any	Estimació utilitzada
RX (Raigs-X)	635.025	=(CT+RM+US+MA+NM)*3
CT (Tomografia Axial Computeritzada)	80.608	=38920+(154,4*270)
MR (Ressonància Magnètica)	15.706	=2395+(49,3*270)
US (Ultrasons)	75.371	=36383+(144,4*270)
MAMMO (Mamografies)	27.554	=13298+(52,8*270)
NM (Medicina Nuclear)	12.436	=12436
<b>TOTAL:</b>		<b>846.700</b>

**Figura 25: Activitat prevista per el nou Hospital**

### 4.3 Suposicions per el Disseny dels mòduls del PACS

Per al disseny de l'Arquitectura de la Solució es consideren, doncs, els següents paràmetres, basats en l'activitat anterior i les especificacions necessàries pel PACS IMPAX.

Emmagatzemament necessari:

Nom	Estudis/any	Imatges per estudi	MB por imatge	GB Totals
RX	635.025	30	0,9	16.744
CT	80.608	1.200	0,51	48.176
RM	15.706	145	0,31	689
US	75.371	30	13	28.706
MAMMO	27.554	4	30	3.229
NM	12.436	64	0,38	295
Total/any				97.839

**Figura 26: Emmagatzemament necessari pel nou Hospital**

Suposem que s'estableixen també els següents paràmetres, consensuats amb els responsables del nou Hospital:

Paràmetre	Valor
Dies de treball per any	365
Hores de treball per dia	24
Estudis en dies no laborables (%)	30
Mesos al emmagatzemament	48
Mesos al emmagatzemament cau per a la web	48
Anys al arxiu (acostumen a ser per llei, o termini del Concurs Públic)	4
Nº d'entrades DICOM	75
Nº d'estacions diagnòstiques	33
Nº de clients WEB	200
Usuaris DICOM JPEG concurrents	40
Usuaris empresarials externs concurrents	50
Edat mitja dels estudis previs (dies)	250
Desviació estàndard de la edat dels previs (dies)	80
Percentatge mínim de previs a recuperar (%)	1
Percentatge de creixement anual (%)	3

**Figura 27: Paràmetres de disseny**

Amb les dades anteriors ja es pot fer una anàlisi de la càrrega que haurà de suportar el nou sistema PACS que es vol dissenyar. Per això es fa servir un full de càlcul creat expressament (adjunt), i basat en les especificacions del producte [41]:

	per hora	per dia	per any	Implicació
Estudis nous	97	2.320	846.700	
Volum (GB)	8	193	70.501	Càrrega dels Servidors de Flux (WFM)
Volum comprimit (GB)	3	78	28.502	Càrrega dels WFM (GB Comprimits)
Imatges noves	11.809	283.409	103.444.270	Càrrega de la BBDD
Estudis previs	126	3.016	1.100.710	Càrrega del Servidor d'Arxiu

Figura 28: Anàlisi de càrrega per mòdul del PACS

#### 4.4 Suposicions per el Disseny de la infraestructura del PACS

Com s'ha puntualitzat anteriorment, la plataforma del PACS ha de ser adaptada als estàndards actuals del Principat, ja que això permet l'homogeneïtzació dels sistemes amb la resta d'Aplicacions del CGSI (*Centro de Gestión de Sistemas Informáticos del Principado*).

Per tant, es el Client, la DGTIC (*Dirección General de Tecnologías de la Información i Comunicaciones del Principado*), qui proposarà el tipus i característiques de les màquines necessàries per a la implantació del PACS.

Suposem, en aquest cas, que per demanda expressa de la DGTIC, es diu que les plataformes disponibles han de ser:

- ✓ Màquines SUN Solaris per allotjar la Base de Dades, que es demana que sigui ORACLE sobre UNIX (Solaris)
- ✓ Màquines Wintel (Windows Server sobre processadors INTEL), del fabricant Hewlett Packard, i en format "Blade" per tal que es puguin incorporar a les ja existents per altres aplicacions.

A demés, tenint en compte els escenaris de Alta Disponibilitat i Recuperació de Desastres presentats anteriorment, es demana que:

- ✓ Es faci servir la plataforma de virtualització vSphere [46], de la firma VMWare, per les màquines Wintel.
- ✓ Es faci servir la virtualització per "zoning" [51] per la base de dades ORACLE dins d'un Clúster Solaris (dues màquines).

Partint d'aquestes premisses, es comprova que el fabricant del PACS les té certificades pel funcionament del seu sistema. No sols es així, sino que proporciona unes guies per a la seva instal·lació [41].

Així doncs, mitjançant un full de càlcul que s'ha dissenyat expressament partint de les indicacions del fabricant (adjunt), veurem l'envergadura de la plataforma necessària per suportar els diferents mòduls del sistema PACS. S'ajusta a:

Mòdul	Màquina Mínima	màxim Est. /Any	màxim Imatges /Any	MB/hora	GB comp. /dia	Màxim usuaris	Nº	Càrrega
DB	32 C 64 GB Solaris	1.000K					2	42%

DB	32 C 64 GB Solaris		100M			2	52%	
WFM	4C 8GB W2008			7.700		6	18%	
AS	2C 4GB W2008				400	1	20%	
APS	2 C 4 GB W2008					23.000	3	33%

Figura 29: Màquines necessàries pel PACS

## 4.5 Tràfic de dades previst pel PACS

Traslladant les dades d'usuaris proporcionades anteriorment a un simulador d'utilització de xarxa (full de càlcul), creat a partir de les especificacions del fabricant (adjunt), obtenim els resultats següents:

	Pic [Mbps]	Mitja [Mbps]
Tràfic de modalitats cap a IMPAX (DICOM)	30	12
Tràfic generat pels usuaris de diagnòstic IMPAX (protocol IMPAX ASPFTP)	80	30
Tràfic generat per la visualització d'IMPAX Enterprise (protocol HTTP (s))	50	20
Tràfic generat pel visor Xero (protocol HTTP)	50	20

Usuaris de diagnòstic (radiòlegs)	33
Usuaris clínics ( IMPAX )	200
Usuaris empresarials ( Xero )	50
Modalitats	75

Concurrència sistema	Percentatge d'us	usuaris concurrents
Dels 33 usuaris de diagnòstic (radiòlegs), se suposa que el següent percentatge està activament utilitzant IMPAX	60%	19,8
Dels més de 200 usuaris clínics (IMPAX), se suposa que el següent percentatge està utilitzant activament (connectat a) IMPAX	25%	50
Dels 50 usuaris empresarials (Xero), se suposa que el següent percentatge està utilitzant activament (connectat a) IMPAX	25%	12,5
De les més de 75 modalitats, el següent percentatge s'utilitza activament i simultàniament per als exàmens del pacient	60%	45

Concurrència xarxa	Percentatge d'us	usuaris concurrents
Usuaris de diagnòstic simultanis (radiòlegs) ASPFTP amb pics de 80Mbps	20%	3,96
Usuaris clínics simultanis ( IMPAX ) ASPFTP amb pics de 80Mbps	5%	2,5
Usuaris empresarials ( Xero ) simultanis HTTP(s) amb pics de 50Mbps	5%	0,625

Modalitats simultànies DICOM amb pics de 30Mbps	10%	4,5
<b>Tràfic total de PACS (Mbps)</b>		
	<b>Pic</b>	<b>Mitja</b>
	<b>683,05</b>	<b>260,3</b>

**Figura 30: Simulació d'ample de banda**

La xarxa és responsabilitat del Principado de Asturias. Hi ha un anell de fibra que dona connectivitat a tota la regió, Asturcon (Red Astur de Comunicaciones Ópticas Neutras). Les característiques més significatives de aquesta xarxa, segons el propi Principado de Asturias són les següents:

- ✓ Neutra: Pot ser utilitzada per diversos operadors de forma concurrent sense interferències ni comunicació entre els mateixos.
- ✓ Transparent: Per a tots els serveis finals que cada operador ofereixi als seus clients. Aquells, no hauran de modificar el seu catàleg bàsic de serveis pel fet d'utilitzar la xarxa Asturcon.
- ✓ Oberta: amb l'estàndard comú IP.
- ✓ Segura: El seu disseny permet oferir uns nivells de disponibilitat de xarxa que garanteixen als operadors clients una òptima prestació de serveis als usuaris finals.
- ✓ Flexible: Permet cobrir les necessitats dels operadors clients per a aquells nous serveis que requereixen un gran ample de banda.
- ✓ Escalable: Possibilitat d'augmentar les prestacions dels serveis (fonamentalment ample de banda, fins a 1Gb) o ampliar la xarxa sense necessitat de modificar el seu disseny
- ✓ De fàcil provisió: La instal·lació d'usuari és senzilla i àgil. El procés d'instal·lació el portarà a terme el mateix GIT, activant aquells serveis que l'operador hagi sol·licitat.
- ✓ Atractiva: Per als operadors clients en cost, qualitat, prestacions i facilitat d'explotació.

La recomanació mínima, com s'ha indicat anteriorment, és l'ús d'una xarxa dedicada de 1Gbps, simètrica, amb una latència inferior a 10ms. En qualsevol cas, ha d'existir visibilitat VLAN entre el Centre de Dades on es situarà el PACS (i el Centre Secundari) i el Hospital.

## 5 Disseny final del PACS

Després de tot lo vist en els apartats anteriors, s'encara finalment el disseny del PACS. Es comença per establir les característiques del nucli (o clúster, com també se'l diu) que hauran de donar resposta a les premisses que volem assolir, per passar immediatament a veure quines màquines podrien actuar com a plataforma física d'aquest.

Un cop delimitat aquest pas veurem com han de ser les comunicacions internes, o del *backbone*, com funciona la comunicació DICOM, i delimitarem la capacitat de les línies WAN necessàries pel seu funcionament. També s'estableixen els requisits de llicenciament del programari pels usuaris.

Finalment es fa una aproximació econòmica del Projecte i s'hi identifiquen els possibles riscos i responsabilitats del mateix.

### 5.1 Arquitectura del Nucli IMPAX proposat

Tenint presents les estimacions realitzades al capítol anterior i els desitjos dels responsables del Principat (suposats), les característiques per a la definició de l'arquitectura del sistema seran:

- ✓ La proposta d'arquitectura recull les necessitats a cobrir per la utilització de dos CPD (Centres de Processament de Dades): el principal (EASMU) i de suport (a determinar), garantint les condicions d'alta disponibilitat del servei al usuari i de replicació entre centres.
- ✓ Així, suposem, que per criteris econòmics i tècnics, i en estar el segon CPD per determinar, es decideix optar finalment per una arquitectura "Activa - en espera" (stand-by) entre tots dos CPD. Aquests no presentaran una capacitat de procés simètric, sent menor la del Centre secundari (per motius econòmics).
- ✓ Seguint amb la arquitectura "Activa - en espera" (stand-by), per a la capa frontal del sistema es proposen dos entorns VMWare diferenciats en cada CPD, més un tercer, en el principal, per albergar les màquines virtuals de prova, formació, integració i desenvolupament. Aquests entorns, a més, es distribuïran per petició expressa del Principado en dues cabines HP Blade System C7000 diferenciades en cada CPD (el seu estàndard).
- ✓ Les Bases de Dades dels dos Centres seran Oracle sobre Sun Cluster en màquines T-3 dedicades (amb *zoning*). La del principal de 128 GB de memòria i la del secundari de 64 GB.

- ✓ Les dades SAN seran proporcionades pel Principado, no sent part del projecte, i seran EMC® Symmetrix® VMAX™.
- ✓ Donat l'alt volum d'estudis previst, ambdós Centres comptaran amb un WFM de consolidació (Backend) independent, amb capacitats d'emmagatzematge en diferents SAN, per tal d'assegurar en tot moment la ingesta d'estudis, separant-la de la provisió dels mateixos. Els WFMs citats portaran associats dos sistemes de fitxer definitius constituïts pels components IMPAX AS + QStar pel sistema proporcionat per el Principado, EMC Isilon.

## 5.2 Dotació de Servidors

Per tal d'assolir aquestes premisses, i tal i amb els càlculs fets al capítol anterior, es farà necessària la instal·lació dels següents mòduls de IMPAX:

Servidors nuclears	Quantitat
IMPAX Core APS (Application Server)	3
IMPAX Core WFM (FrontEnd)	6
IMPAX Core WFM (BackEnd)	2
IMPAX Core CURATOR	3
IMPAX Core CM (Connectivity Manager)	3
IMPAX DB	2
Servidors addicionals	Quantitat
VMWare Virtual Center	1
IMPAX Test	1
IMPAX Integració (Integration)	1
IMPAX Desenvolupament (Development)	1
IMPAX Formació (Training)	1

**Figura 31: Dotació de servidors pel PACS**

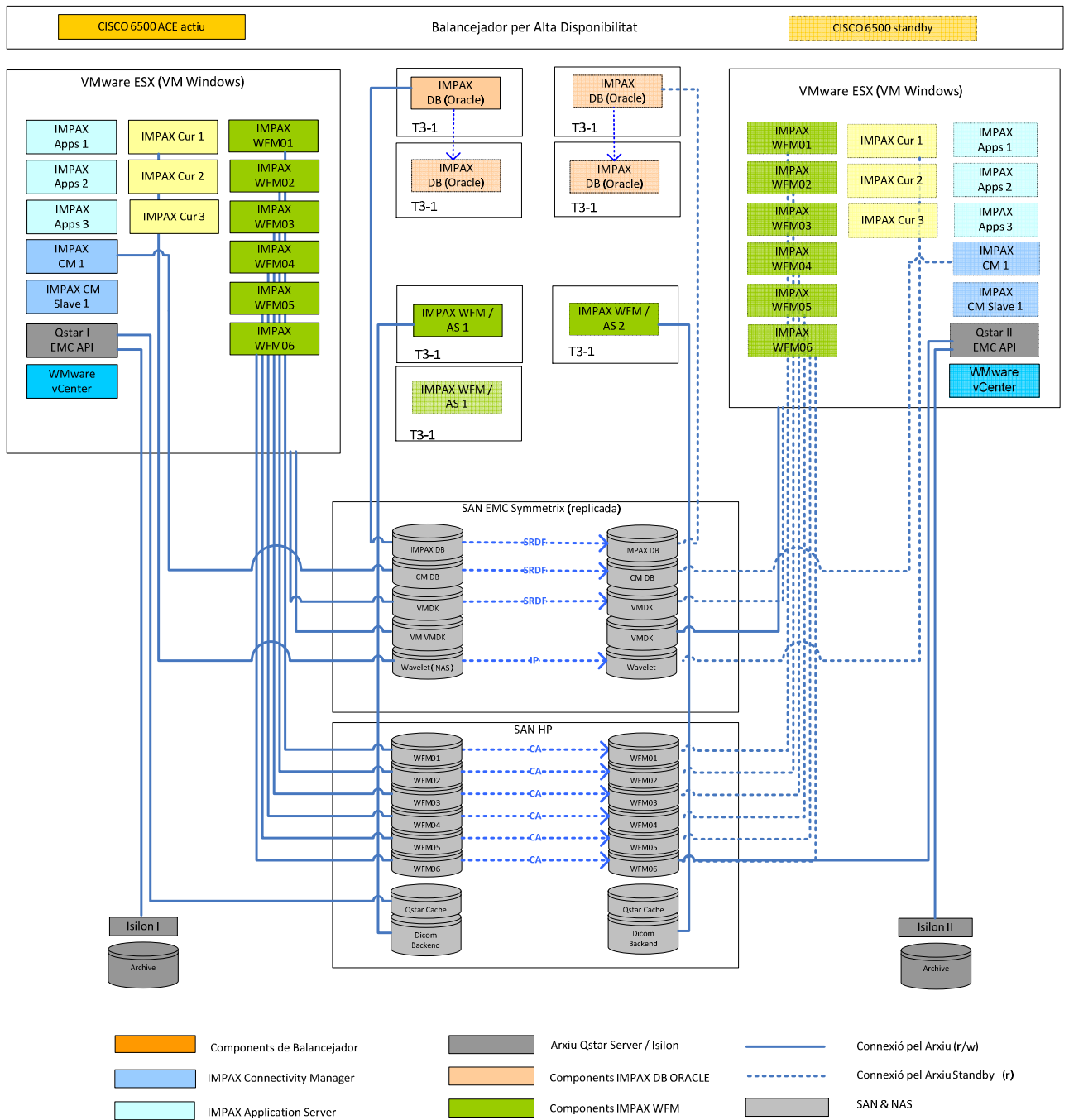
S'han previst 6 servidors WFM virtuals (VMWare), per a donar servei a les diferents modalitats que enviaran imatges, més 2 WFM addicionals no virtualitzats, ja que corren sobre Sun Solaris, per a la consolidació del arxiu (com s'ha indicat abans). Les modalitats enviaran els estudis als mateixos a través d'un Servei de Balancejador de càrrega proporcionat per un sistema Cisco 6500 existent.

Per això resulta necessària l'existència d'un emmagatzemament compartit, NAS, que proporcionarà el Principat en tots dos Centres



de Dades (es considera una NAS d'HP, amb format "blade", que s'incorporaria les cabines existents HP C7000).

Aquest emmagatzemament es temporal i de suport al front-end descrit i la seva intenció, a més de proporcionar Alta Disponibilitat, és que no existeixen colls d'ampolla en l'enviament d'imatges. Una vegada que els estudis hagin arribat a aquesta caché temporal, seran enviats per tots els WFM virtualitzats fins al WFM de consolidació de cada un dels dos Centres de Dades, que s'encarregaran, al seu torn, del fitxer definitiu als Servidors d'Arxius, a través del HSM QStar.

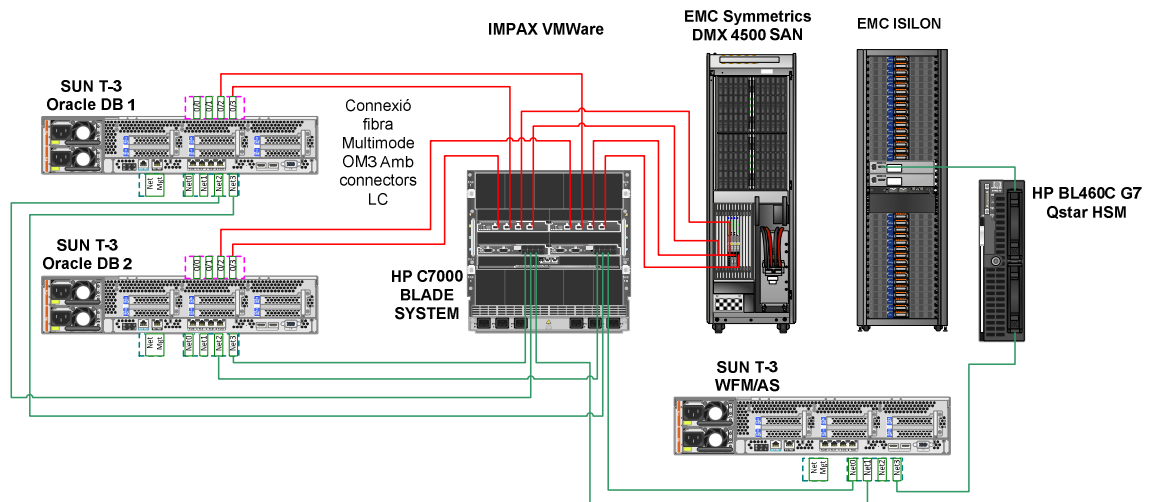


**Figura 32: Diagrama de blocs dels Servidors**

### 5.3 Comunicacions entre Components

Cada subsistema proposat es divideix en diversos serveis que s'agruparan en granges o clúster de treball, allotjats a les diferents màquines que conformaran la plataforma.

Així es té que, donada la configuració de màquines prevista, la comunicació dels servidors quedarà de la següent manera:



**Figura 33: Connexions entre els Servidors**

L'Arquitectura Lògica de Comunicacions haurà de contemplar com a mínim les següents xarxes:

- ✓ Xarxa pública de servidors IMPAX WFM, CM: destinada a la comunicació externa amb les modalitats i estacions de treball dels servidors del clúster de IMPAX.
- ✓ Xarxa pública de servidors d'Aplicacions IMPAX: destinada a la comunicació externa amb les estacions de treball dels servidors del clúster de IMPAX.
- ✓ Xarxa pública de servidors IMPAX Curator: destinada a la comunicació externa amb les estacions de treball i els equips personals dels clínics, dels servidors del clúster de IMPAX.
- ✓ Xarxa de gestió: xarxa comuna a tots els servidors dedicada a l'administració dels mateixos.
- ✓ Xarxa privada de *heartbeat*: destinada a la comunicació interna dels balancejadors per monitoritzar l'estat dels mateixos.
- ✓ Xarxa privada de servidors de base de dades ORACLE: destinada a la comunicació interna amb els servidors del clúster de IMPAX, i entre si, dels servidors del clúster de ORACLE de base de dades.
- ✓ Xarxa privada pel emmagatzemament: Xarxa per al trànsit intern dels nodes que formen part del clúster amb la SAN.

## 5.4 Comunicacions entre Centres

Al apartat 4.5 s'ha simulat el tràfic de dades previst pel PACS en la seva activitat quotidiana. Se'n conclou una necessitat total d'ample de banda de 683 Mbps de pic, amb una mitja de 260 Mbps per a les línies intercentres, es a dir, entre el edifici EASMU (o el Centre Secundari, en cas de fallida del ESMU) i l'Hospital. Per tant la recomanació d'una línia de 1Gbps simètrica sembla raonable.

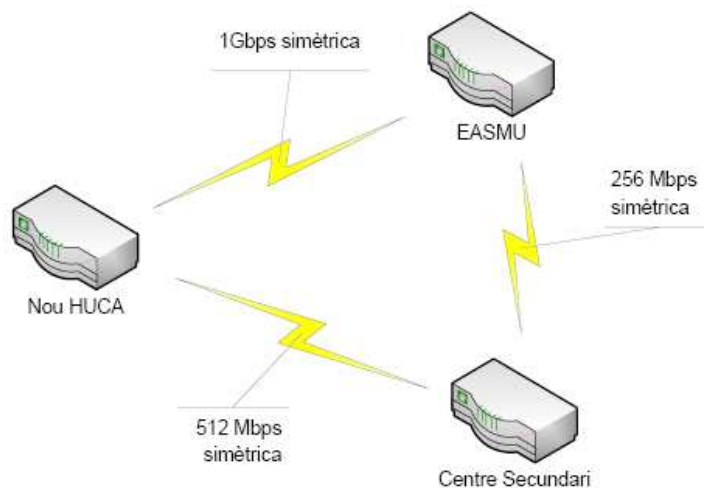
Per la connexió del EASMU amb el Centre Secundari, com la solució triada es "Activa - En espera", no caldrà tenir en compte el flux degut als usuaris, que durant el funcionament normal no es connectaran a aquest, i per tant es limitarà a poder mantenir una còpia del arxiu i els components del nucli, en espera per activar-se en cas d'una fallada del Centre Principal, l'EASMU.

En aquest cas, com es veu a la figura 27, ens caldrien només uns 135 Mbps de pic (30 Mbps per modalitat x una concurrència de 4'5), necessaris pel enviament de les imatges DICOM, si bé caldria considerar també els tràfics de sincronització i monitorització, per la qual cosa una xarxa amb una capacitat mínima de 256 Mbps semblaria una bona recomanació.

Aquest darrer paràmetre dona idea de la diferència de requeriments de comunicació de la solució triada envers, per exemple, una solució amb arquitectura "Activa-Activa", que faci servir un "Cluster Estirat" com *VMWare Stretched Cluster*, que necessita 10 Gbps simètrics amb una latència inferior a 2 msec entre els centres Principal i Secundari (de fet tots dos actuen com a Principals) [52].

La connexió entre l'Hospital i el Centre Secundari, com s'ha comentat, hauria de ser igual a la del Hospital i l'ESAMU, però, el fet de que aquest funcionament estigui previst només pel cas de contingència (es a dir, durant un temps limitat), facilitaria proposar una capacitat capaç d'absorbir la mitja obtinguda, de 260 Mbps, tot acceptant una minva en la qualitat del servei en hores pic, i tenint en compte que les modalitats solen tenir una capacitat de memòria cau suficient per a 2-3 dies d'estudis acumulats pendents d'enviament al PACS. Així 512 Mbps semblaria raonable.

Com s'ha indicat abans, les connexions WAN son responsabilitat del Principado de Asturias, mitjançant la xarxa Asturcon (Red Astur de Comunicaciones Ópticas Neutras), però donades les capacitats anteriorment esmentades, i el fet de que transmetran dades de nivell 3 (es a dir dades mèdiques) segons la llei de protecció de dades [53], es molt recomanable indicar la possibilitat de que el Principado contracti aquestes de forma aïllada a altres comunicacions que el nou Hospital necessiti. Per tant la recomanació seria l'ús d'una fibra obscura dedicada, amb possibilitat de *backup* automàtic i ample de banda variable de forma fàcil.



**Figura 34: Recomanació d'Ample de Banda intercentres**

El proveïdor habitual del Principado, i per tant d'Asturcon, és Telefónica de España, qui precisament té un Centre Frontal a escassos 50 metres del Centre de Dades situat al EASMU. Això fa que aquesta companyia sigui una clara candidata per fer-se càrrec de les comunicacions del projecte.

Inclús, en el futur, podria allotjar al esmenat Centre Frontal, el arxíu del Sistema PACS, en format núvol privat (*private cloud*), deslligant el seu manteniment (i la protecció de les dades) del Gobierno del Principado.

## 5.5 Configuració de flux DICOM

Com ja s'ha esmentat abans, s'han previst 6 servidors WFM virtuals (VMWare), de frontend, distribuïts en dos Centres de Dades, més 2 WFM addicionals, no virtualitzats (corren sobre Sun Solaris), de suport, per consolidació. Sota aquesta configuració, les modalitats enviaran els estudis als mateixos a través d'un Servei de Balanceig de càrrega proporcionat per un sistema Cisco 6500.

El balancejament es farà mitjançant "Round Robin" amb persistència de sessió, distribuint les modalitats per grups (Radiologia, medicina nuclear, grups de CRs, TACs d'última generació, etc.). Així, en cas de caiguda d'una màquina a nivell lògic (un nivell físic ja estaria protegit per la concurrència del sistema de virtualització VMWare), les altres assumirien el seu treball de forma automàtica.

Per això resulta necessària l'existència d'un emmagatzemament compartit, NAS, que s'incorporarà als dos Centres de Dades (blau en la Figura 34). Aquest emmagatzemament es temporal i de suport al *frontend* descrit, i la intenció, a més de proporcionar Alta Disponibilitat, és que no existeixen colls d'ampolla en l'enviament d'imatges. Una vegada que els estudis hagin arribat a aquesta cau

temporal, seran enviats per tots els WFM virtualitzats al WFM de consolidació de cada un dels dos Centres de Dades.

Aquests últims (WFM de consolidació) gestionaran el fitxer dels estudis, tant en la caché de gran rendiment, SAN, amb capacitat per a un any, com en el fitxer definitiu, EMC Isilon.

Cal destacar que es realitzarà una doble còpia en tots dos sistemes SAN i Isilon (verd i groc a la Figura 34). És a dir, la SAN (verd en el esquema) quedarà configurada com un sistema de gran rendiment que anirà esborrant els estudis més antics a mesura que s'integrin nous. Aquests mateixos estudis seran copiats immediatament (o en el moment programat si així es desitja, per la nit per exemple) en el fitxer definitiu, servidor IMPAX AS (Servidor d'Arxiu), constituït sobre EMC Isilon i que serà gestionat per l'HSM del sistema, del fabricant QStar (en groc).

### 5.5.1 Funcionament del arxiu DICOM

El dimensionament mínim recomanat per a la SAN és d'un any de producció, ja que està estadísticament demostrat que el 90% dels estudis es consulten durant aquest període de temps. No obstant pot ser major si així es desitja (pot inclòs coincidir amb el tamany del arxiu). Les dades d'activitat manegades per al futur HUCA donen una capacitat anual necessària (d'imatge conforme a la norma DICOM comprimida sense pèrdues) d'uns 30 TB.

El segon sistema (groc en la Figura 34) actua com a emmagatzematge definitiu i respatller del primer a la vegada. S'ha de configurar per al temps que es desitja conservar els estudis (per imposició legal, per exemple). S'han considerat 4 anys (els Concursos Públics acostumen a tenir aquest avast), que amb una producció prevista de 30 TB anuals serien un total de 120 TB.

IMPAX manega tots dos sistemes de forma totalment automàtica (*autopilot*), de manera que si es produeix un esborrat accidental d'un estudi, aquest serà recuperat des de la còpia guardada en l'arxiu, sense cap intervenció d'un operador.

Això proporciona una gran facilitat de recuperació del sistema en cas de desastre, ja que en cas que tot el sistema quedi inutilitzat (fins i tot en els dos Centres de Dades) i només sobrevisqui el sistema històric (AS + Qstar + Isilon), a més de poder-se consultar directament un estudi puntual (requeriment judicial, per exemple), gracies a la seva arquitectura estàndard *DICOM Directory*, en el moment en què es torni a disposar del sistema reconstruït es recuperaran gradualment a la memòria cau DICOM en la SAN aquells estudis sol·licitats, per que el sistema es reconstruirà paulatinament de forma automàtica.

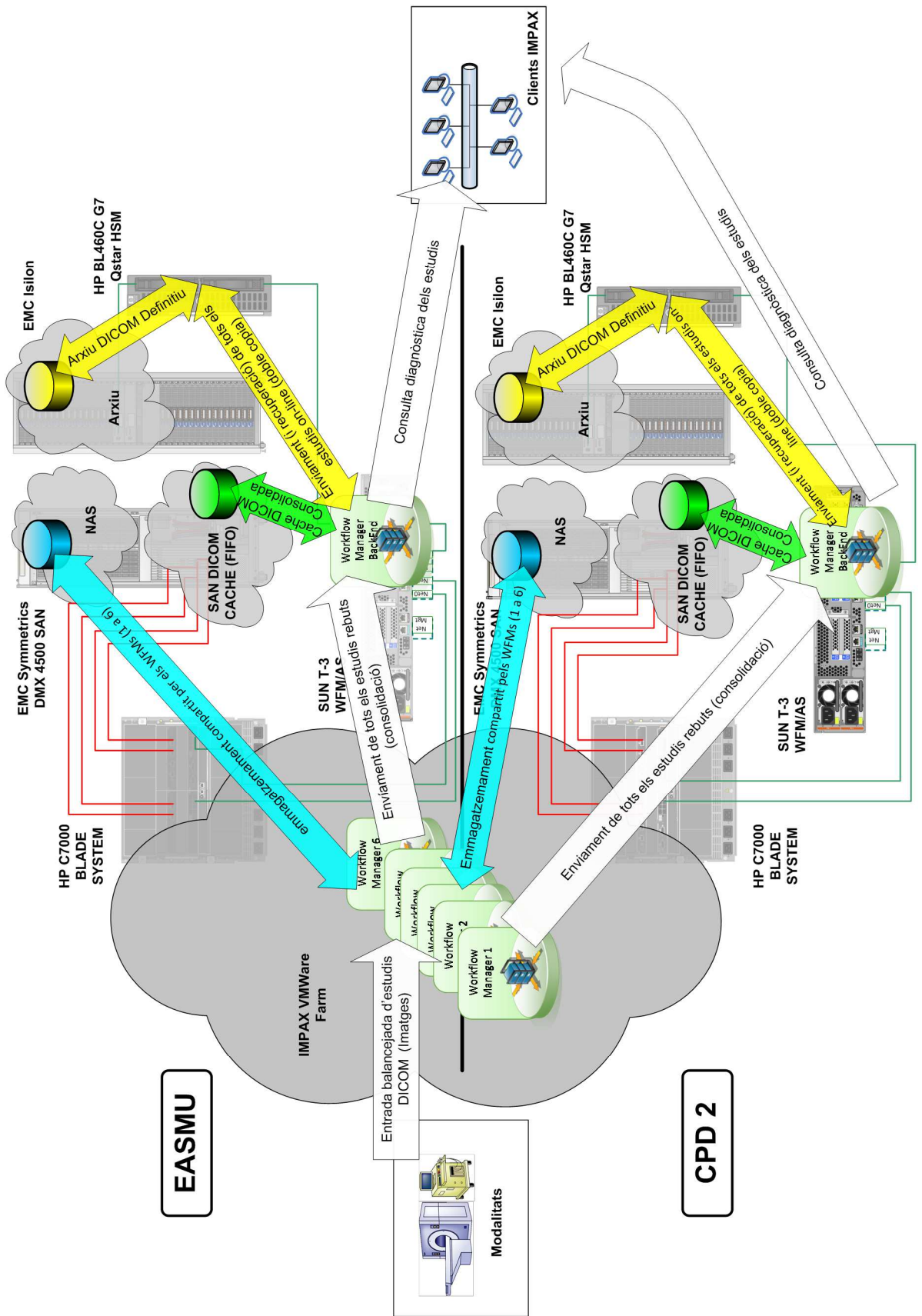


Figura 35: Diagrama de flux DICOM

És a dir, es guarden dues còpies dels estudis, una a la cau de gran rendiment (SAN en Symmetrics), que conserva el darrer any de producció (FIFO) i l'altra al Sistema d'arxiu històric (Isilon), que guardarà les imatges el temps que es decideix, inclosa la producció més recent. El fet de disposar de dos Isilon als dos Centres de Dades previstos en proporciona una doble còpia del Arxiu de imatges.

Una altra funcionalitat que proporciona aquest esquema és la recuperació d'estudis previs que siguin necessaris per a l'avaluació d'una evolució patològica o un estudi clínic, per exemple. Aquests estudis anteriors es copiaran temporalment a la SAN, tot i que podran ser anteriors a un any d'antiguitat.

### 5.5.2 Funcionament de la consulta d'estudis DICOM

Com s'ha indicat anteriorment, els WFM també gestionen la recuperació d'estudis per a la seva consulta, diagnòstic o de referència.

Els clients inicien sessió a través del Servidor d'Aplicacions que valida la mateixa, i els estudis es recuperen a través dels WFM.

En aquest disseny s'ha previst que el primer lloc on es busqui el estudi sol·licitat és a les WFM del *frontend*, ja que són els primers en rebre'ls, però es poden configurar els WFM de *backend* per a la mateixa funció en el cas dels clients que requereixen un alt rendiment (accés per blocs a la SAN), com reconstruccions 3D, etc, és a dir els clients diagnòstics molt especialitzats.

L'existència d'aquests WFM de consolidació o *backend* proporciona, al seu torn un nou sistema de protecció, ja que en cas de caiguda de tota la granja VMWare virtual, fins i tot en tots dos DataCenters, es podrien configurar per rebre els estudis, per la qual cosa no hi haurien interrupcions en el servei, encara que sí que podria baixar el rendiment.

### 5.5.3 Funcionament de la consulta d'estudis *Wavelet*

Per a l'HUCA s'han previst 3 servidors compressors, IMPAX Curator virtuals (VMWare), distribuïts en dos Centres de Dades, ja que s'ha determinat que la capacitat ha de ser paral·lela als WFM, si bé no es tracta d'un servei crític, també hi ha l'Alta Disponibilitat .

El funcionament es basa en la recerca en una *caché* dedicada als estudis sol·licitats (segona *caché* NAS). Si no es troba a la mateixa, el servidor IMPAX Curator recuperarà les imatges DICOM originals i les "curarà", és a dir, convertirà a format *wavelet*.

Es tracta, per tant, de trobar un equilibri entre la mida de la *caché* i la potència dels "Curators". Per a aquest disseny s'ha previst un



estàndard d'un any. Això demanda una capacitat de la NAS necessària de 26TB.

#### **5.5.4 Emmagatzemament necessari**

Si es guarden dos tipus d'imatges, les DICOM comprimides sense pèrdua de qualitat (per a diagnòstic) i les de format *wavelet* (pròpia de Agfa HealthCare i proporcionades pel mòdul "Curator"), s'han calculat les capacitats necessàries per a l'emmagatzematge per a uns períodes de temps d'un any en línia per a les DICOM i un any per a les *wavelet*, que han de ser proporcionats pel Principado. Si juntament amb aquesta capacitat, afegim la necessària per al fitxer definitiu (EMC Isilon), i les diferents capacitats per a les parts operatives (màquines virtuals, base de dades, etc.) obtenim que en caldrà un espai necessari per Centre de Dades de 30 TB d'imatge Dicom "en línia" en SAN i 120 TB per al fitxer definitiu de la mateixa als sistemes Isilon, com ja s'ha mencionat anteriorment.

### **5.6 Dotació de Clients del PACS**

#### **Llicències de Client de PACS**

Quant a les llicències de client, es consideren necessàries per a un Centre del tamany del HUCA les següents:

- ✓ Llicència d'Administrador: il·limitada.
- ✓ Llicència per Radiologia: il·limitada.
- ✓ Llicència per visualització clínica o empresarial: il·limitada.
- ✓ Llicència per visualització massiva web: il·limitada.

No s'inclouen dins del àmbit d'aquest projecte les estacions diagnòstiques necessàries per executar aquestes llicències de visors.

#### **Llicències d'Aplicacions Clíniques Especialitzades**

Quant a les llicències d'Aplicacions Clíniques Especialitzades, es consideren necessàries per a un Centre del tamany del HUCA com a mínim les següents:

- ✓ Visualització 3D: 10 llicències (tercera part dels radiòlegs).
- ✓ Visualització PET-CT: 10 llicències (tercera part dels radiòlegs).

No s'inclouen dins del àmbit d'aquest projecte les estacions diagnòstiques necessàries per executar aquestes llicències de visors.

## 5.7 Serveis Professionals per a la implantació

Es consideren els següents Serveis Professionals com a suficients per a la correcta realització del Projecte:

- ✓ Treballs de Consultoria PACS: 20 dies (Estat del Art)
- ✓ Disseny del projecte: 45 dies (temps dedicat en aquest TFM)
- ✓ Implementació en el lloc: 90 dies (3'75 dies/servidor)
- ✓ Migracions: 30 dies (mínim aplicable per incertesa del estat actual)
- ✓ Formació: 20 dies (en format "train the trainer")

## 5.8 Riscos identificats

A continuació es presenta una llista de desafiaments, identificats com els principals riscos per al projecte:

### HP Virtual Connect

De conformitat amb les demandes del Principat, s'ha de lliurar el sistema C7000, incloent els servidors blade i Virtual Connect d'HP de manera integrada als altres sistemes existents. Per tant, resultaria convenient sol·licitar l'ajuda d'HP Espanya, proveïdor habitual del Principat i coneixedor de l'entorn del Client.

### Servidors SPARC T-3

Es requereixen 4 d'aquests servidors en el primer CPD i 3 en el segon. El disseny s'ha fet suposant que la producció actual de dades. (1 milió d'exàmens l'any, 100 milions de imatges a l'any aprox.). Si en el futur es desitges fer servir aquest sistema com a l'únic per al Principado molt possiblement quedés petit, i la migració d'una base de dades d'aquesta grandària no es trivial.

### Bases de Dades

Les Bases de dades es configuren com a clúster HA en el CPD principal i com a "stand-by" en el secundari. Com combinar dos clústers en dos CPDs només es pot fer mitjançant ORACLE Dataguard, un sistema propietari d'ORACLE. Per tant, resultaria convenient sol·licitar l'ajuda de ORACLE Espanya, proveïdor habitual del Principat i coneixedor de l'entorn del Client.

### Connexions WAN

Com es requereix un mínim de 1 Gbps (simètric) per a la connexió del Hospital al Centre de Dades que allotjarà el PACS, ha de quedar

clarament exclosa del Projecte qualsevol responsabilitat en el rendiment de la mateixa.

### **Balanceig de Càrrega**

Degut a que no es contemplen les configuracions dels equipaments Cisco compartits, només es poden oferir les especificacions pels mateixos, però ni es subministraran equips ni es considera la seva configuració.

### **Instal·lació**

Tenint en compte que ja hi han dispositius ja existents, i els dispositius nous seran incorporats a aquests, es farà totalment necessària la participació dels tècnics del Principado a nivell local.

## **5.9 Components i responsabilitats**

A continuació s'inclou una descripció de qui es responsabilitza de cada component una vegada que el projecte s'hi iniciï i com es manejarà en el futur el manteniment i/o actualització.

### **Sistemes HP**

La configuració i documentació es durà a terme per HP Espanya, durant la instal·lació. L'administració posterior serà duta a terme pel CGSI (Centro de Gestión de Sistemas Informáticos) del Gobierno del Principado de Asturias.

### **VMware ESX**

La configuració i documentació es durà a terme per HP Espanya, durant la instal·lació. L'administració posterior serà duta a terme pel CGSI (Centro de Gestión de Sistemas Informáticos) del Gobierno del Principado de Asturias.

### **SPARC T3 Servers**

La configuració i documentació es durà a terme per ORACLE espanya. L'administració posterior serà duta a terme pel CGSI Centro de Gestión de Sistemas Informáticos) del Gobierno del Principado de Asturias.

### **Base de dades en HA**

La configuració i documentació es durà a terme per ORACLE espanya. L'administració posterior serà duta a terme pel CGSI Centro de Gestión de Sistemas Informáticos) del Gobierno del Principado de Asturias.

### **WFM/AS HA Cluster**

La configuració i documentació es durà a terme per Agfa Healthcare Espanya, durant la instal·lació. L'administració posterior serà duta a terme pel CGSI (Centro de Gestión de Sistemas Informáticos) del Gobierno del Principado de Asturias.

### **Connexions WAN**

La configuració i documentació es durà a terme pel Govern del Principat d'Astúries. L'administració posterior serà duta a terme pel CGSI (Centre de Gestió de Sistemes Informàtics) del Govern del Principat d'Astúries.

### **Integració amb el Backbone i balancejadors de càrrega**

Serà responsabilitat dels Administradors dels diferents CPDs. Agfa Healthcare podrà ajudar en aquesta integració i posarà a disposició dels responsables de comunicacions tota la informació i manuals que es disposi a la base de coneixements d'Agfa Healthcare

## 6 Valoració Econòmica

A continuació s'aproxima un resum econòmic del Projecte:

Concepte	Unitats	Preu unitat	Totals
<b>HUCA Nucli del PACS - EASMU</b>			
SW IMPAX Core CM Master	2	20.000,00 €	40.000,00 €
SW IMPAX Core APS (preu CD, inclòs a Site)	3	15,00 €	45,00 €
SW IMPAX Core WFM Front End (preu CD, inclòs a Site)	6	15,00 €	90,00 €
SW IMPAX Core WFM Back End (preu CD, inclòs a Site)	2	15,00 €	30,00 €
SW IMPAX Core CURATOR (preu CD, inclòs a Site)	3	15,00 €	45,00 €
SW IMPAX Client / Site license (estudis/any dividit per deu)	1	84.670,00 €	84.670,00 €
SW IMPAX Test (preu CD, inclòs a Site)	1	15,00 €	15,00 €
SW IMPAX Formació (preu CD, inclòs a Site)	1	15,00 €	15,00 €
SW IMPAX Integració (preu CD, inclòs a Site)	1	15,00 €	15,00 €
SW IMPAX Desenvolupament (preu CD, inclòs a Site)	1	15,00 €	15,00 €
SW IMPAX Aplicacions Clíniques	20	2.500,00 €	50.000,00 €
SW HP VMWare Virtual Center	1	4.208,23 €	4.208,23 €
SW QStar System for Isilon	1	inclòs a HW	inclòs a HW
SW HA Solaris Cluster	1	inclòs a HW	inclòs a HW
SUN T3 128GB HA cluster per a IMPAX DB	2	27.337,28 €	54.674,56 €
SUN T3 32GB HA cluster per a IMPAX BE WFM	2	21.913,84 €	43.827,68 €
HP BL460c G7 2CPU 48GB HUCA spec. VMWare Server	3	13.272,86 €	39.818,58 €
HP BL460c G7 W 1CPU, 16GB, BkUp TSM	1	3.259,89 €	3.259,89 €
HP Blades enclosure HP C7000	1	34.490,51 €	34.490,51 €
HP Rack Armari Servidors + KVM	1	1.304,36 €	1.304,36 €
Subtotal			<b>356.523,81 €</b>
<b>HUCA Nucli del PACS - CPD 2</b>			
SW IMPAX Core WFM BE (preu CD, inclòs a Site)	1	15,00 €	15,00 €
SW IMPAX Core CM 3 Slave	1	20.000,00 €	20.000,00 €
SW HA Solaris Cluster	1	inclòs a HW	inclòs a HW
SW QStar System for Isilon	1	inclòs a HW	inclòs a HW
HP Rack Armari Servidors + KVM	1	1.304,36 €	1.304,36 €
HP Blades enclosure HP C7000	1	34.490,51 €	34.490,51 €
HP BL460c G7 2CPU 48GB HUCA spec. VMWare Server	3	13.272,86 €	39.818,58 €
HP BL460c G7 W 1CPU, 16GB, BkUp TSM	1	3.259,89 €	3.259,89 €
SUN T3 64GB HA cluster per a IMPAX DB	1	48.033,62 €	48.033,62 €
SUN T3 32GB per a IMPAX BE WFM	1	28.099,49 €	28.099,49 €
Subtotal			<b>175.021,45 €</b>
<b>Serveis Professionals</b>			
Consultoria	20	1.135,00 €	22.700,00 €
Disseny	45	1.135,00 €	51.075,00 €
Implantació	90	1.135,00 €	102.150,00 €
Migració	30	1.135,00 €	34.050,00 €
Formació	20	1.135,00 €	22.700,00 €
Suport 4 anys (1 FTE a 50%)	4	25.000,00 €	100.000,00 €
HP Proactive Services Package (deu dies a 1.000€)	10	1.000,00 €	10.000,00 €
Subtotal			<b>342.675,00 €</b>
<b>Total sense IVA</b>			<b>874.220,26 €</b>

Figura 36: Aproximació econòmica del Projecte

S'han tingut en compte diferents preus de concursos públics adjudicats a les diferents empreses, de domini públic, així com diferents pressupostos obtinguts de configuradors web.

El resultat total per partida dona el següent:

Concepte	Totals
Llicències	199.163 €
Serveis Professionals	342.675 €
Hardware Core PACS	332.382 €
<b>Total</b>	<b>874.220 €</b>

**Figura 37: Resultat per partides econòmiques del Projecte**

La simple observació ens indica, si fem servir el criteri habitualment utilitzat en els projectes IT d'un 1/3 per partida, que segurament les llicències son massa barates. Però si tenim en compte que es tracta d'una configuració per a dos Centres de Dades és normal que s'incrementin els costos de plataforma i, a demés, els serveis professionals inclouen suport per a quatre anys, per tant el resultat es perfectament lògic si també tenim en compte que els aplicatius s'executaran en un entorn virtual, i per tant, no es dupliquen.

Finalment resulta curiós veure que es compleix la regla de "a ojo del buen cubero" que diu que aquest tipus de projectes solen sortir a un preu aproximat d'un euro per estudi/any.

## 7 Conclusions

Després de la realització del present Projecte, es mencionen a continuació les conclusions que es poden extreure del mateix.

### 7.1 Conclusions Principals

Hi ha unes conclusions immediates que es poden concloure a partir d'aquest projecte. Són les següents:

#### 7.1.1 Projecte no trivial

La principal conclusió que es pot extreure vistos els resultats i les premisses d'aquest Projecte es que no es tracta d'un projecte trivial. Amb les dimensions, tan econòmiques com humanes, que un projecte d'aquest abast requereix no es poden aplicar receptes repetibles en diferents escenaris, tot i que sí seria repetible una metodologia basada en les "bones practiques".

Les implicacions multidisciplinàries que té fan del tot necessària la concurrència de diferents professionals formant dos o més equips de treball: un per part del Client, especialitzat en la Assistència Sanitaria, i altre, o altres, per part dels proveïdors, especialitzats en les diferents àrees de les tecnologies de la informació que intervenen.

Des de les necessitats dels facultatius i del Sistema Sanitari, passant pel la millor adopció del "estat del art" de les tecnologies, tant en l'àmbit del Desenvolupament Informàtic, com en el de la Tecnologia de Sistemes i de Telecomunicacions, caldrà, des del principi, la concurrència de diferents professionals especialitzats en les diferent àrees: metges, informàtics, enginyers de telecomunicació, etc.

Tots ells hauran de treballar de forma coordinada seguint un pla de projecte no sols definit per "posar el millor disponible de tot", sino sota una òptica pertanyent clarament a l'enginyeria, es a dir, cercant el mes apropiat, en termes econòmics, per la solució i rendiment desitjats. Aquesta responsabilitat haurà de recaure primer en aquells enginyers que facin el disseny del Projecte.

#### 7.1.2 Importància del seguiment durant la implantació

Mes tard, i aquesta seria una segona conclusió, importantíssima també, intervindrien altre tipus de professionals, en el rol de Caps de Projecte. Aquets seran els responsables d'anar adaptant el Projecte a les diferent variacions que, durant el període d'implantació del mateix, vagin sorgint. De nou aquí, intervindrien equips multidisciplinaris, incloent professionals sanitaris, però principalment enginyers (de nou), que hauran d'intentar mantenir el Projecte dins els pressupostos establerts a priori pel mateix, i anar adaptant els

canvis (noves versions de programari, disponibilitat de nous equipaments, etc.)

### **7.1.3 Importància de fer pilots i proves**

No se'n ha fet una descripció detallada durant el curs del Projecte, però si s'han considerat sistemes fora del entorn de producció per a fer proves i pilots.

Aquests son indispensables en projectes d'aquest calat. L'assaig de noves versions del programari, les proves de tràfic de dades a les xarxes de comunicacions, les possibles integracions del Sistema dissenyat amb altres, etc. fan del tot necessària aquesta pràctica.

A demés, la seva realització influeix amb un altre aspecte troncal a contemplar, la gestió del canvi. El fet de que les proves es facin amb "usuaris reals", familiaritza a aquests amb el que ha de venir dissipant, en part la possible por i resistència que puguin tenir durant la seva adopció.

### **7.1.4 Importància d'establir de forma objectiva els terminis**

El temps dedicat al present Projecte de Disseny d'un PACS ha resultat en part insuficient. Donat l'abast del Projecte, hi així ho dicta l'experiència, un projecte d'aquest tamany requereix de mes de tres mesos per poder cobrir completament la totalitat d'aspectes que hi poden intervenir. No s'ha pogut, per exemple planificar la formació dels usuaris, ni fer un pla de Gestió del Canvi ordenat.

De la mateixa manera, una planificació pactada entre les parts, i raonable per les diferents fases necessàries (consultoria, disseny, pressupost, implantació, proves, posada en marxa, pla de suport al inici, etc.) es delata com a imprescindible per portar a bon port aquest tipus de projectes. No s'han pogut cobrir totes elles en el present Projecte per una visió, pot ser, massa ambiciosa al començament del mateix, pel temps disponible al final.

## **7.2 Futur**

A continuació s'esbossen algunes pinzellades del futur que podem esperar per aquets sistemes PACS.

### **7.2.1 Arxius Neutres Regionals (VNAs)**

Com s'ha anat descrivint al llarg del Projecte, els sistemes PACS comencen a estar consolidats a les diferents Institucions Sanitàries d'arreu. Al principi van donar servei als departament de Radiologia, però com també s'ha mencionat repetidament, el seu següent pas ha estat l'expansió a altres especialitats.



En el cas que ens ocupa, un Hospital Universitari com el HUCA, això ja s'ha contemplat al present Projecte, i un següent pas lògic seria, doncs, donar servei a altres Àrees Sanitàries del Principado de Asturias.

Per aconseguir-ho, tot i que ja s'ha insinuat diversos cops al llarg del Projecte però no se'n ha parlat en concret, entren en escena uns altres sistemes que, no només el HUCA, sinó altres hospitals i Departaments Regionals de Salut, estan valorant actualment: els VNAs (*Vendor Neutral Archive*).

Aquests sistemes no son altre cosa, com el seu nom indica, que uns sistemes d'arxiu "agnòstics" vers el fabricant. Com bé s'ha definit al apartat del "Estat del Art", hi ha una necessitat indiscutible d'estandardització dels sistemes en aquest sector. Dons bé, això ha donat peu a la concepció d'aquests "sub-sistemes" del PACS i el ha donat entitat pròpia.

No només es busca que estiguin aïllats de les característiques d'un fabricant en concret, sinó que també es pretén que puguin donar servei a diferents PACS, possiblement de diferents fabricants, ahora.

Es aquí on entra el concepte d'un Sistema Centralitzat d'Imatge Diagnòstica Regional, i diverses Comunitats Autònomes espanyoles estan, en l'actualitat, fent aproximacions a aquets sistemes.

Un exemples poden ser el "Anillo Radiologico de la Comunidad de Madrid" o la "Història Clínica Compartida de Catalunya", HCCC o "hac-c-cub". Però la que sense cap dubte ha esta la pionera, després d'un tímid intent de la Comunitat Valenciana amb General Electric, ha estat la Junta de Andalucía, que ja fa uns dos anys que està intentant implantar un sistema així, tot i que de la mà d'un únic fabricant, Carestream, i amb el suport de Red.es.

### **7.2.2 "Enterprise Imaging"**

Com no pot ser d'altre manera dins el sector tecnològic, la forta competència entre fabricants i les pretensions polítiques del governs, estan impulsant un altre tipus de sistema, que s'ha vingut a anomenar "Enterprise Imaging".

Els sistemes *Enterprise Imaging* pretenen posar el focus en l'Assistència integral, entesa aquesta com tot el que envolta la relació del "pacient", ara anomenat "usuari del Sistema de Salut" amb els proveïdors sanitaris.

Ha d'incloure els PACS, la imatge no radiològica (dermatologia, etc.), els resultats dels anàlisis de Laboratori, el Portal del Pacient, i tot el que pugui tenir relació amb el procés assistencial.

S'ha definit com "un conjunt d'estratègies, iniciatives i fluxos de treball implementats en una empresa sanitària per capturar, indexar, gestionar, emmagatzemar, distribuir, visualitzar, intercanviar i analitzar de forma coherent i òptima totes les imatges clíniques i continguts multimèdia per millorar registre de salut electrònica" [54]

Segons diu Agfa HealthCare: "Avui dia, els cuidadors i els proveïdors d'atenció han de poder veure, comunicar i arribar més enllà de les parets de la institució, abans que arribi l'usuari i després de que aquest hagi estat donat d'alta. Per afrontar els principals reptes demogràfics de la societat moderna i mantenir l'assistència sanitària sostenible es necessari l'ascens a les solucions d'atenció integrada. Aquestes solucions integren a tots els proveïdors sanitaris, les organitzacions assistencials, els pacients i altres grups d'interès de regions i països sencers en una xarxa virtual. En el futur, les solucions d'atenció integrada ajudaran a controlar els costos de salut, millorar l'eficiència operativa dels proveïdors d'atenció i millorar la cura i la satisfacció dels pacients." [27]

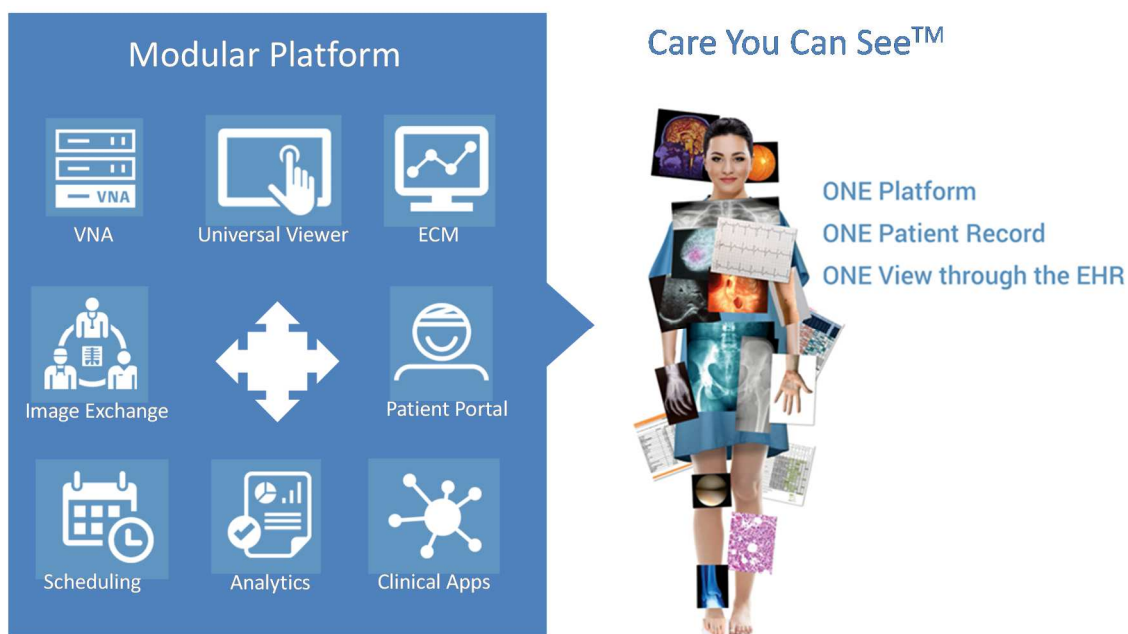


Figura 38: Enterprise Imaging d'Agfa HealthCare [27]

### 7.2.3 Nous Estàndards

Les pretensions pel futur vistes al apartat anterior han d'anar forçosament de la mà de nous estàndards pel Sector. Els mes sonors darrerament han estat aquets;

#### FHIR

FHIR són les sigles de *Fast Healthcare Interoperability Resources* (pronunciat com fire) i es tracta de l'últim estàndard desenvolupat i promogut per l'organització internacional HL7.

FHIR parteix del concepte fonamental des "Recursos", on un recurs és la unitat bàsica d'interoperabilitat, la unitat més petita que té sentit intercanviar. Els recursos són representacions de conceptes del món sanitari: pacient, metge, problema de salut, observació, etc. Tenen una sèrie de característiques comunes:

- ✓ Un petit conjunt de propietats principals que la gran majoria dels sistemes suporten actualment.
- ✓ Un mecanisme d'extensió que permet als implementadors afegir noves propietats de manera senzilla.
- ✓ Una identificació a través de la qual pot ser registrat, localitzat i recuperat.
- ✓ Un component que permet una visió llegible de les dades emmagatzemades en el recurs.

Els recursos es poden utilitzar en la seva forma més simple o agrupar-se en forma de missatges, a l'estil de les versions 2 i 3 d'HL7 (imitant els recursos als segments dels missatges), documents, de manera similar als documents CDA (com una col·lecció de recursos agrupats) o fins i tot en forma de serveis (emprant un o més recursos).

## **HIE**

La iniciativa HIE, *Health Information Exchange*, o intercanvi d'informació de Salut [55] (no confondre amb IHE, *Integrating the HealthCare Enterprise* [22]), es un conjunt de nous estàndards que proporcionen la capacitat de transferir electrònicament la informació clínica entre els diferents sistemes d'informació de l'atenció sanitària. L'objectiu de HIE és facilitar l'accés i recuperació de dades clíniques per proporcionar una atenció més segura i més oportuna, eficient, eficaç i equitativa centrada en el pacient. L'HIE també és útil per a les autoritats sanitàries públiques per ajudar a analitzar la salut de la població.

Els sistemes HIE faciliten els esforços d'atenció al pacient a través de la participació electrònica amb diversos proveïdors.

## 8 Glossari

ACR	American College of Radiology
APS	Application Server
AS	Archive Server
Asturcon	Red Astur de Comunicaciones Ópticas Neutras
BCP	Backup Contingency Plan
CAD	Computer Aided Detection
CGSI	Centre de Gestió de Sistemes Informàtics
CPD	Centre de Processament de Dades
CR	Computerised Radiology
DBS	Data Base Server
DGTIC	Dir. Gral. de Tecnologías de la Información i Comunicaciones del Principado
DICOM	Digital Imaging and Communications in Medicine
DRP	Disaster Recovery Plan
EASMU	Edificio Administrativo de Servicios Múltiples
EDESIS	Estrategia para el Desarrollo del Sistema de Información Sanitaria
EEC	European Economic Community
EI	Enterprise Imaging
FHIR	Fast Healthcare Interoperability Resources
GE	General Electric
HA	High Availability
HCCC	Història Clínica Compartida de Catalunya
HIE	Health information Exchange
HL7	Health Level Seven
HSM	Hierarchical Storage Management
HUCA	Hospital Universitario Central de Asturias
IHE	Integrating the Healthcare Enterprise
IP	Image Plate
ISO	International Standards Office
JPEG	Joint Photographic Experts Group
NAS	Network Attached Storage
NEMA	National Electronic Manufacturers Association
OSI	Open Systems Interconnection
PACS	Picture Archiving and Communication System
PET	Positron Emission Tomography
RAID	Redundant Array of Independent Disks
RAIM	Radiological Archive and Image Manager
RIS	Radiological Information System
RM	Ressonància Magnètica
SAN	Storage Area Network
SESPA	Servicio de Salud del Principado de Asturias
SPOF	Single Point of Failure

SSL	Secure Socket Layer
TAC	Tomografía Axial Computarizada
US	Ultra Sounds
VNA	Vendor Neutral Archive
WADO	Web Access for Dicom Objects
WFM	Work Flow Manager

## 9 Bibliografía

- [1] R. Colbeth, «Computed Radiography (CR) and Digital Radiography (DR): Which Should You Choose?,» 2012. [En línea]. Available: <https://www.vareximaging.com/computed-radiography-cr-and-digital-radiography-dr-which-should-you-choose>.
- [2] M. E. K. Mehmet E. Aksoy, «Evaluation and comparison of image quality for indirect flat panel systems with Csl and GOS scintillators,» April 2012. [En línea]. Available: [https://www.researchgate.net/publication/261483259\\_Evaluation\\_and\\_comparison\\_of\\_image\\_quality\\_for\\_indirect\\_flat\\_panel\\_systems\\_with\\_Csl\\_and\\_GOS\\_scintillators](https://www.researchgate.net/publication/261483259_Evaluation_and_comparison_of_image_quality_for_indirect_flat_panel_systems_with_Csl_and_GOS_scintillators).
- [3] Wikipedia, «Picture Archiving and Communication System,» [En línea]. Available: [https://en.wikipedia.org/wiki/Picture\\_archiving\\_and\\_communication\\_system](https://en.wikipedia.org/wiki/Picture_archiving_and_communication_system).
- [4] Wikipedia, «Vendor Neutral Archive,» [En línea]. Available: [https://en.wikipedia.org/wiki/Vendor\\_Neutral\\_Archive](https://en.wikipedia.org/wiki/Vendor_Neutral_Archive). [Últim accès: 2019].
- [5] H. Lemke, «A Network of Medical Work Stations for Integrated Word and Picture Communication in Clinical Medicine,» 1979. [En línea]. Available: [https://dl.dropboxusercontent.com/s/toesnw0iovyzrlw/Network%20of%20MedWorkStation%2031031979-HU\\_Lemke\\_OCR.pdf](https://dl.dropboxusercontent.com/s/toesnw0iovyzrlw/Network%20of%20MedWorkStation%2031031979-HU_Lemke_OCR.pdf).
- [6] Diagnostic Imaging, «History validates PACS' contribution to radiology,» 2005. [En línea]. Available: <http://www.diagnosticimaging.com/pacs-and-informatics/history-validates-pacs-contribution-radiology>.
- [7] P. Russo, «Handbook of X-ray Imaging: Physics and Technology,» CRC Press Taylor & Francis Group, 2018.
- [8] A. K. B. Adrian M. K. Thomas, «The History of Radiology,» de *The History of Radiology*, OXFORD University Press (ISBN: 978-0-19-963997-7).
- [9] O. R. A. B. G. W. H.K. Huang, «Picture Archiving and Communication Systems (PACS) in Medicine,» de *Picture Archiving and Communication Systems (PACS) in Medicine*, NATO ASI Series F: Computer and Systems Sciences, Vol.74, 1990.
- [10] H. K. Huang, «PACS-Based Multimedia Imaging Informatics,» de *PACS-Based Multimedia Imaging Informatics: Basic Principles and Applications*, Wiley Blackwell, 2010.
- [11] R. M. K. Eliot L. Siegel, «Filmless Radiology,» de *Filmless Radiology: The Hammersmith Solution*, Springer, 1998.

- [12] Market Research, «Global PACS and EMR Market 2018 by Manufacturers, Regions, Type and Application, Forecast to 2023,» 2018. [En línea]. Available: <https://www.marketresearch.com/GlobalInfoResearch-v4117/Global-PACS-EMR-Manufacturers-Regions-12010688/>.
- [13] PACS HISTORY, «List of Documents,» 2016. [En línea]. Available: <http://www.pacshistory.org/documents/index.html#dins>.
- [14] American College of Radiology, «American College of Radiology,» [En línea]. Available: <https://www.acr.org>.
- [15] NEMA, «National Electrical Manufacturers Association,» [En línea]. Available: <https://www.nema.org>.
- [16] Wikipedia, «Definició de DICOM,» [En línea]. Available: <https://es.wikipedia.org/wiki/DICOM>.
- [17] NEMA, «DICOM Standard,» 2018. [En línea]. Available: <http://dicom.nema.org/medical/dicom/current/output/pdf/part01.pdf>.
- [18] DICOM, «Standard DICOM,» [En línea].
- [19] Wikipedia, «HL7,» [En línea]. Available: <https://es.wikipedia.org/wiki/HL7>.
- [20] Health Level 7 Int., «hl7.org,» [En línea]. Available: <http://www.hl7.org>.
- [21] HL7, «HL7 Standard,» [En línea]. Available: <http://www.hl7.org/implement/standards>.
- [22] IHE. «IHE,» [En línea]. Available: <https://www.ihe.net>.
- [23] IHE International, «IHE Radiology Profiles,» [En línea]. Available: [https://wiki.ihe.net/index.php/Profiles#IHE\\_Radiology\\_Profiles](https://wiki.ihe.net/index.php/Profiles#IHE_Radiology_Profiles).
- [24] dcm4che, «dcm4che,» [En línea]. Available: <https://www.dcm4che.org/>.
- [25] C. P. T. «Centre d'Imatge Mèdica Digital,» [En línea]. Available: <https://www.tauli.cat/udiat/productes-cimd>.
- [26] DOTMED, «Comparison Chart for All PACS Models,» [En línea]. Available: <https://www.dotmed.com/news/digitaldigest/pacs/comparison/all#>.
- [27] Agfa HealthCare, «Agfa HealthCare,» [En línea]. Available: <https://global.agfahealthcare.com/>.
- [28] Carestream Health, «Carestream Health,» [En línea]. Available: <https://www.carestream.com>.
- [29] Fujifilm Healthcare, «Fujifilm Healthcare,» [En línea]. Available: <https://www.fujifilmhealthcare.com/>.
- [30] General Electric Healthcare, «GE Healthcare,» [En línea]. Available: <https://www.gehealthcare.com>.
- [31] Siemens Healthcare, «Siemens Healthcare,» [En línea]. Available: <https://www.healthcare.siemens.com/>.
- [32] Imaging Technology News, «PACS Systems Comparison,» [En

- línea]. Available:  
<https://www.itnonline.com/compare/69761/52214?products=2-8-12-13-32>. [Último acceso: May 25, 2018].
- [33] KLAS Research, «2018 KLAS enterprise Imaging trends,» 2018. [En línea]. Available: <https://klasresearch.com>.
- [34] C. N. d. I. C. [En línea]. Available: [https://www.cnmcc.es/sites/default/files/1296474\\_6.pdf](https://www.cnmcc.es/sites/default/files/1296474_6.pdf).
- [35] KLAS Research, «PACS 2017 Report,» [En línea]. Available: [www.KLASresearch.com](http://www.KLASresearch.com).
- [36] Consejería de Salud y Servicios Sanitarios, «Estrategia y visión de las TIC en la sanidad en la Comunidad,» Principado de Asturias.
- [37] Principado de Asturias. [En línea]. Available: <https://www.astursalud.es/documents/31867/36144/Memoria+SESPA+2015.pdf/fe72b1ce-04b0-87cf-bc82-b12cc9a63261>.
- [38] BOE, Mayo 1980. [En línea]. Available: <https://www.boe.es/boe/dias/1980/05/03/pdfs/A09549-09563.pdf>.
- [39] D. Espinosa. [En línea]. Available: <https://www.20minutos.es/imagen/792299>.
- [40] Wikipedia. [En línea]. Available: [https://es.wikipedia.org/wiki/Simple\\_Object\\_Access\\_Protocol](https://es.wikipedia.org/wiki/Simple_Object_Access_Protocol).
- [41] Agfa HealthCare, «IMPAX Knowledge Base,» 2012. Available: Impax Knowledge Base
- [42] LoadBalancer, «Load Balancing Medical Imaging Systems: PACS, VNA, DICOM, XDS & HL7,» 2018. [En línea]. Available: [www.loadbalancer.org](http://www.loadbalancer.org).
- [43] Agfa HealthCare. Available: Impax Knowledge Base.
- [44] ORACLE, «Oracle Real Application Clusters,» 2018. [En línea]. Available: <https://www.oracle.com/database/technologies/rac.html>.
- [45] VMWare, «VMWare,» [En línea]. Available: <https://www.vmware.com/>.
- [46] VMWare, «vSphere,» [En línea]. Available: <https://www.vmware.com/es/products/esxi-and-esx.html>.
- [47] Search Server Virtualization, «stretched cluster,» [En línea]. Available: <https://searchservervirtualization.techtarget.com/definition/stretched-cluster>.
- [48] Wikipedia, «Gestion de almacenamiento jerárquico,» [En línea]. Available: [https://es.wikipedia.org/wiki/Gestion\\_de\\_almacenamiento\\_jer%C3%A1rquico](https://es.wikipedia.org/wiki/Gestion_de_almacenamiento_jer%C3%A1rquico).
- [49] Qstar, «Archive Storage Manager,» [En línea]. Available:



- <http://www.qstar.com/>.
- [50] EMC, «EMC Isilon,» [En línea]. Available: <https://www.dellemc.com/es-es/storage/isilon/index.htm#collapse>.
- [51] ORACLE, «Descripción general de Oracle Solaris Zones,» 2012. [En línea]. Available: [https://docs.oracle.com/cd/E37929\\_01/html/E36580/zonesoverview.html](https://docs.oracle.com/cd/E37929_01/html/E36580/zonesoverview.html).
- [52] VMWare. [En línea]. Available: <https://docs.vmware.com/en/VMware-vSphere/6.0/com.vmware.vsphere.virtualsan.doc/GUID-FD6CD8A6-319B-434A-9E38-ACF4DD9136A4.html>.
- [53] BOE. [En línea]. Available: [https://www.boe.es/legislacion/codigos/codigo.php?id=055\\_Proteccion\\_de\\_Datos\\_de\\_Caracter\\_Personal&modo=1](https://www.boe.es/legislacion/codigos/codigo.php?id=055_Proteccion_de_Datos_de_Caracter_Personal&modo=1).
- [54] Wikipedia. [En línea]. Available: [https://en.wikipedia.org/wiki/Enterprise\\_imaging](https://en.wikipedia.org/wiki/Enterprise_imaging).
- [55] Wikipedia. [En línea]. Available: [https://en.wikipedia.org/wiki/Health\\_information\\_exchange](https://en.wikipedia.org/wiki/Health_information_exchange).
- [56] Computerized Radiography , «Radiopaedia.org,» [En línea].
- [57] Hospital Universitario Central de Asturias, «HUCA Área de Gestión,» [En línea]. Available: [http://www.hca.es/huca/web/main.asp?id\\_pagina=30](http://www.hca.es/huca/web/main.asp?id_pagina=30).
- [58] BARCO Medical, «Pantallas de Diagnóstico,» [En línea]. Available: <https://www.barco.com/es/products/diagnostic-displays>.