

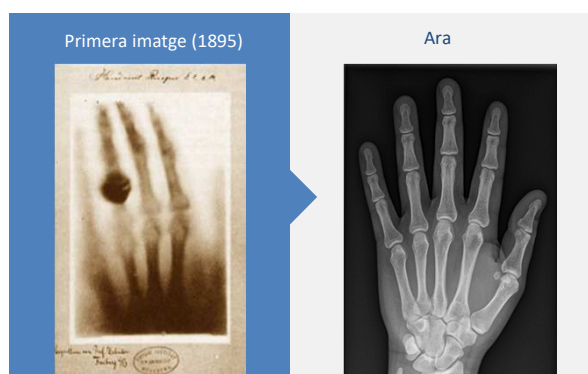
# TFM - Xavier Grau Corral

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

25/01/2019

## Que es un PACS?

- Tal com va passar amb els rodets de fotografia, la pel·lícula radiogràfica va anar desapareixent substituïda per una sèrie d'engins 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 (Digital Imaging & Communications in Medicine), 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".



25/01/2019

TFM Sistemes de Comunicació – Xavier Grau Corral

2

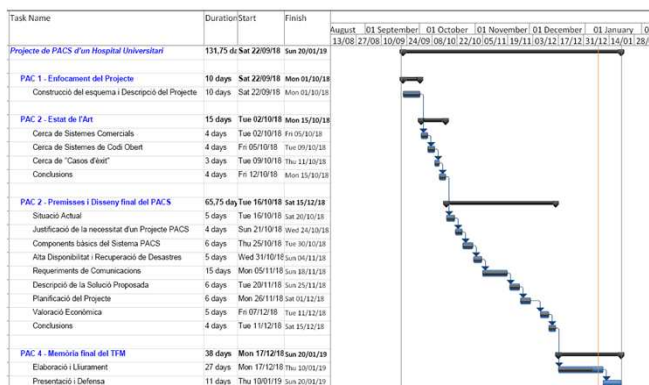
## Objectius del Projecte

- Aquest projecte s'enfoca en el disseny d'un d'aquests sistemes (PACS) pel cas d'un Hospital Universitari del Sistema Públic de Salut, el "Hospital Universitario Central de Asturias" (el HUCA).
- El Projecte deu, principalment, donar suport a les següents funcionalitats:
  - Visualització d'imatge dins l'Hospital i remotament.
  - Solució escalable.
  - Solució compatible amb els altres sistemes del nou Centre.
  - Configuració i gestió de fluxos centralitzada.
  - Facilitat 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.
  - Reduir costos.
  - Millorar la disponibilitat de la informació.



## Planificació del Treball

- Per fer el Projecte caldrà fer:
  - Labor d'investigació de l'estat del Art
  - Comparació i anàlisi de la informació obtinguda
  - Anàlisi de la situació actual dels antics Centres
  - Anàlisi de les necessitats identificades
  - Parametrització (calculadores, simuladors, etc.)
  - Dimensionament de la Plataforma necessària.
  - Dimensionament dels Sistemes de Comunicació
  - Disseny final



## Estat de l'Art

- Un informe de 1979, escrit pel Prof. Heinz Lemke, es reconeix avui en dia com una de les primeres publicacions en descriure el concepte de PACS. Però la tecnologia PACS estava lluny del que ha esdevingut avui en dia a mitjans dels anys vuitanta pel alt cost de la tecnologia.
- Els 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. A la primavera de 1996, L'hospital de Hammersmith va ser el primer sense pel·lícula química.
- 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, i llavors els radiòlegs van afirmar que mai no llegirien imatges en cap altra cosa que els negatoscopis.
- Avui en dia, tot i que encara queden hospitals sense PACS, la digitalització completa de la radiologia sembla inevitable.
- 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.
- L'associació entre l'American College of Radiology (ACR) i l'Associació Nacional de Fabricants Elèctrics (NEMA) van crear un conjunt de normes, denominades DICOM, Digital Imaging and Communications in Medicine.
- Fundada el 1987, Health Level Seven International (HL7), una organització sense ànim de lucre, acreditada per l'ANSI, es dedica a proporcionar un marc integral i d'estàndards relacionats per a l'intercanvi, la integració i la recuperació de la informació mèdica electrònica.
- 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.



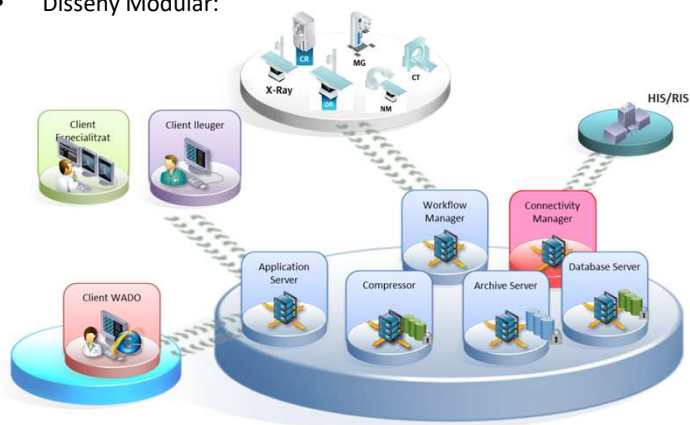
## Estat de l'Art – Alternatives i Tria

- Open Source:
  - Dcm4che
  - Orthanc, Horos, Dicoogle, etc.
  - RAIM
- Solucions comercials:
  - Fabricants de les grans modalitats com els TACs o les Ressonàncies Magnètiques (Siemens, General Electric, Philips, Toshiba)
  - Antics fabricants de Pel·lícula (Kodak, Fuji, Agfa, Konika)
  - Grans Consultores Informàtiques (Cerner, Indra, Acens)
- Tria:
  - Ens cal un «medical device»
  - Solució Comercial amb base instal·lada i recursos a la zona (Concurs Públic)
  - Suposem Agfa HealthCare

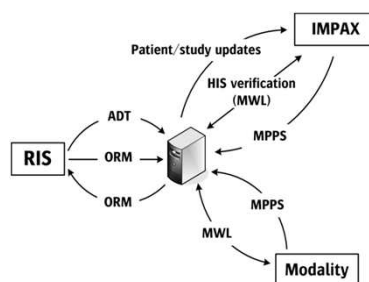
Companyia	Acta (07)	Carestream (08)	Fujifilm (09)	GE (10)	Siemens (11)
Nom del Producte	Ampax	Vue	Synapse	Centricity	syngo pitax
Característiques Principals	Una base de dades per a radiologia, VNA, EMR	multimodala i visor universal de zero footprint;	basada en estàndards i connectors no DICOM	Base de dades única integrable amb Centricity RIS	EMR per a la salut del pacient amb múltiples PACS.
Compressió	SI	SI	SI	SI	SI
Connectivitat VNA	SI	SI	SI	SI	SI
Encapsulació DICOM	SI	SI	SI	SI	No
Emmagatzemament XDS (IHE)	SI	SI	SI	SI	Funció de l'ISA
Soport per EDs múltiples	SI	SI	SI	SI	SI amb EMR
Accés via DICOM	SI	SI	SI	SI	SI
Accés via WADO	SI	SI	SI	SI	No
Accés via DICOM	SI	SI	SI	SI	No
Captura des de XDS	SI	SI	SI	SI	SI
Captura des de diag. mòbil	SI	SI	SI	SI	SI
Realització d'emmagatzem	SI	SI	SI	SI	SI
RIS emmagatzemat al nivell	SI	SI	SI	SI	SI amb VNA
Es pot moure de dispositiu	SI	SI, ILM	SI	SI	sistema HES
Número d'integracions	~ 1.000	Més de 4.000	Nombroses	SI	Confidencial
Soporta registre de pacient únic	SI, PK, eMR	SI, PK, eMR	SI	SI	SI, eMR
Xifra la comunicació	SI	SI	SSL, IPSEC	SI	cal VPN
Plenat IHE sobre XDS	SI	SI	SI	SI	Funció de l'ISA
visor no-diagnòstic web natiu	SI	SI	opcional	SI	opcional OR
visor diagnòstic web natiu	SI	SI	opcional	SI	SI, opcional
visualització "zero-footprint"	SI, FDA	SI, FDA	és opcional	SI	SI
Visualització Android nativa	SI, FDA	SI, FDA	és opcional	SI	SI
Visualització nativa per a IOS	SI, FDA	SI, FDA	és opcional	SI	SI
Importació/exportació CD/DVD	SI	SI	SI	No	SI
opcions de email i URL segurs	SI	SI	No	No	No
anàlisis departamental	SI	SI	pot integrar-se	SI	Funció del RIS
migració disponible (si / no)	SI	SI	SI	SI	SI
Admet el model federal	SI	SI	Dependent	SI	No
Admet base de dades única	SI	SI	SI	SI	SI amb de IBM
Possibilitat de replicar	SI	SI	SI	SI	SI amb de IBM
Soporta infraestructura de 3rs	SI	SI, agnòstic	SI	SI	SI
Complex HIPAA	SI	SI	SI	el client	no
ISO certificacions (ISO)	ISO 13485	ISO 27001	SI	ISO 13485	N / S

## Components i Operació típics d'un PACS

- Disseny Modular:



- Motor d'Integració:



## Situació Actual i Anàlisi de Necessitats

- Projecte EDESIS, Estrategia per al Desarrollo del Sistema de información Sanitaria , del Gobierno del Principado.
- Al antic Hospital Central ja existia un petit PACS, d'Agfa HealthCare, en forma d'arxiu DICOM, que funcionava al Servei d'Urgències.
- El nou HUCA ha de concentrar tota l'Area IV i ser referència per tot el Principat.
- Alta Disponibilitat i Recuperació de Desastres: Virtualització i dos DataCenters (Actiu-Stand-by).

- Oracle sobre Solaris amb «zoning».
- VMWare sobre «blades HP»
- Storage sobre EMC VNX i Isilon



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 arxíu (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

## Parametrizació del Sistema - Plataforma

- Producció del antic Hospital Central (Memòria 2007) ----->
- Activitat prevista pel nou Hospital (segons dades del Àrea IV):

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>	

- Emmagatzemament necessari:

Nom	Estudis/any	Imatges per estudi	MB per 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
			<b>Total/any</b>	<b>97.839</b>

- Càrrega esperada:

	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 (AS)

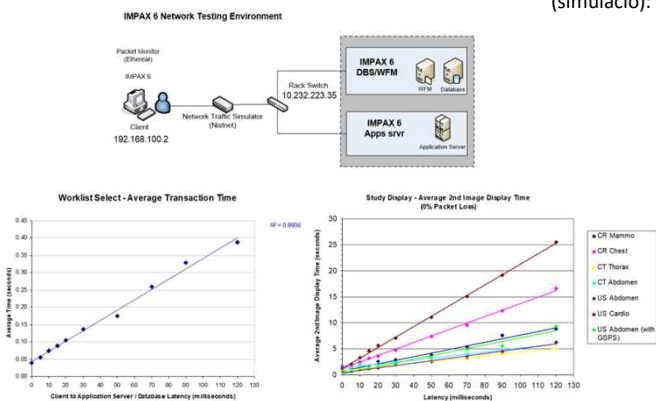
Radiodiagnòstic I	Any 2006	Any 2007
Radiologia simple	202.079	206.144
Rx Digestivo	1.578	1.265
Rx Genitourinari	913	982
T.A.C.	22.008	25.789
R.N.M.	5.514	6.551
Ecografias	31.969	31.324
Mamografias	13.208	14.053
Rx Intervencionista Mama	653	1.143
Rx Intervencionista Neuro. Dca. y Terapéutica	795	1.181
Rx Intervencionista Vascular	785	443
Otros	611	631
<b>TOTAL</b>	<b>280.103</b>	<b>289.506</b>

Radiodiagnòstic II	Any 2006	Any 2007
Radiologia simple	36.074	32.652
Rx Digestivo	608	399
Rx Genitourinari	405	288
T.A.C.	7.103	7.622
R.N.M.	4.827	5.000
Ecografias	6.804	6.660
Rx Intervencionista Vacular Diagnòstic	622	684
Rx Intervencionista Vacular Terapéutic	390	454
Otros	149	163
Neurovascular Diagnòstic	22	0
Neurovascular Terapéutic	23	5
<b>TOTAL</b>	<b>57.027</b>	<b>53.927</b>
<b>TOTAL</b>	<b>337.130</b>	<b>343.433</b>

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%

## Parametrizació del Sistema - Comunicacions

- Resultats de Laboratori (Agfa):
- Tràfic de dades previst pel PACS (simulació):



	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
<b>Modalitats</b>	<b>75</b>

Concurrencia 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

Concurrencia 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

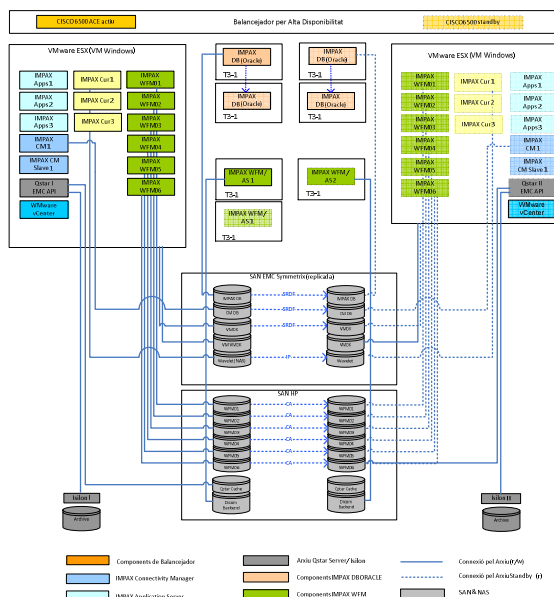
Tràfic total de PACS (Mbps)	
Pic	Mitja
<b>683,05</b>	<b>260,3</b>

## Disseny del PACS

- Es farà necessària la instal·lació dels següents mòduls de IMPAX:

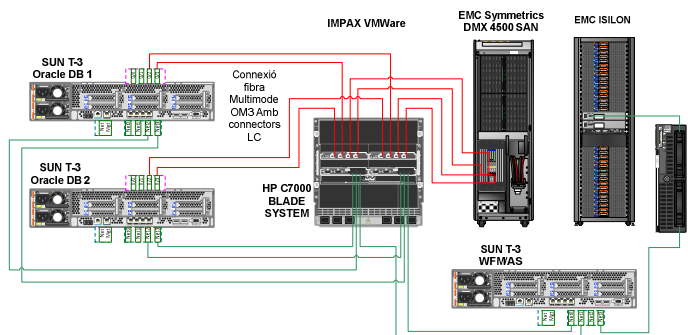
Servidors nuclears		Quantitat
IMPAX Core APS (Application Server)	3	
IMPAX Core WFM (FrontEnd)	6	
IMPAX Core WFM (BackEnd)	2	
IMPAX Core CURATOR	3	
IMPAX Core CM (Connectivity Manager)	3	
IMPAX DB	2	
Servidors addicionals		Quantitat
VMWare Virtual Center	1	
IMPAX Test	1	
IMPAX Integració (Integration)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

- 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.
- Per això resulta necessària l'existència d'un emmagatzemament compartit (HP) en tots dos Centres de Dades. La seva intenció, a més de proporcional Alta Disponibilitat, és que no existeixin 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'encarregarà, al seu torn, del fitxer definitiu als Servidors d'Arxius.

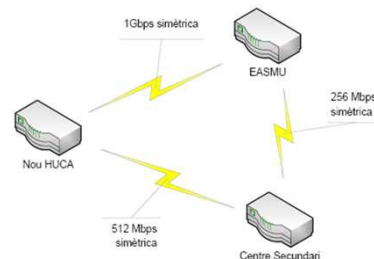


## Disseny del PACS (II)

- Comunicacions entre Components:

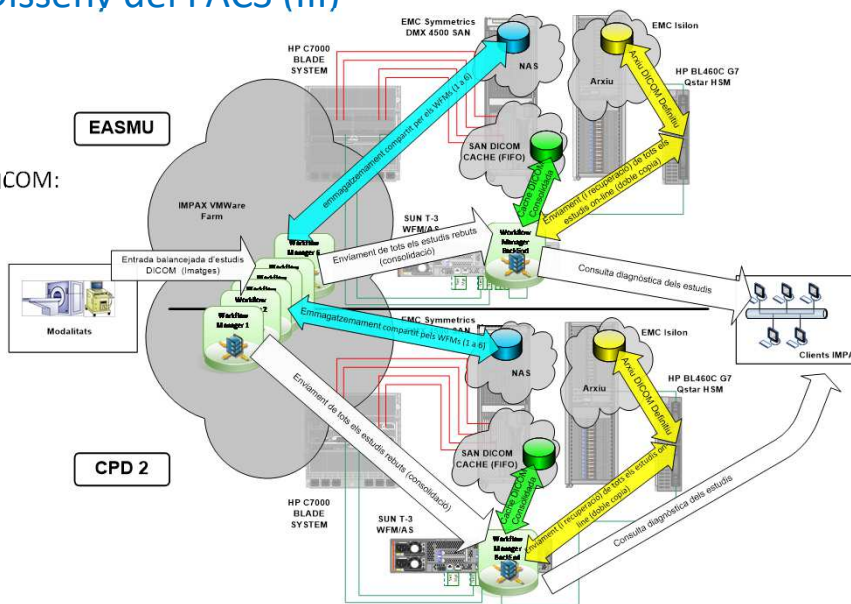


- Comunicacions entre Centres:



### Disseny del PACS (III)

- Configuració de flux DICOM:



### Valoració Econòmica

- Resum econòmic del Projecte (a la dreta):
- 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>

- 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.

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 (estudiari 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 Sclaris 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 Sclaris 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 (8eu 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>

## Conclusions

- **Conclusions Principals:**
  - **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".
  - **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. Aquets 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.
  - **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 per una visió, pot ser, massa ambiciosa al començament del mateix pel temps disponible al final.
  - **Importància del seguiment durant la implantació:** els Caps de Projecte seran els responsables d'anar adaptant el Projecte a les diferent variacions que, durant el període d'implantació del mateix vagin sorgint. Caldran equips multidisciplinaris, incloent professionals sanitaris, però principalment seran els enginyers qui 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.).

## Futur

- En un futur proper, l'evolució d'aquets tipus de sistemes esta anant cap a:
  - **Arxius Neutres Regionals (VNAs):** 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, alhora.
  - **"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. Han 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.
  - **Nous Estàndards com FHIR i HIE:** 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. La iniciativa HIE, Health information Exchange, o intercanvi d'informació de Salut (no confondre amb IHE, Integrating the HealthCare Enterprise), 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.