



TESIS DOCTORAL

IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE INFORMACIÓN  
RADIOLÓGICA Y DE ARCHIVO DE IMAGEN MÉDICA PARA EL  
SERVICIO EXTREMEÑO DE SALUD: PROYECTO ZURBARÁN

JUAN PABLO ALEJO GONZÁLEZ

DEPARTAMENTO DE TERAPÉUTICA MÉDICO-QUIRÚRGICA.

2015



TESIS DOCTORAL

IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE INFORMACIÓN  
RADIOLÓGICA Y DE ARCHIVO DE IMAGEN MÉDICA PARA  
EL SERVICIO EXTREMEÑO DE SALUD: PROYECTO  
ZURBARÁN

JUAN PABLO ALEJO GONZÁLEZ

DEPARTAMENTO DE TERAPÉUTICA MÉDICO-QUIRÚRGICA.

Conformidad de los Directores

Fdo: JOSÉ CARLOS MILLÁN PALOMINO Fdo: MIGUEL CHAVARRÍA DÍAZ

2015

## DEDICATORIA

Para Ana,

“No me ruegues que te deje y que me aparte de ti; porque a donde tú vayas,  
yo iré; y donde tú vivas, yo viviré”

Rut 1,16

Para Blanca y Manuel,

“Yo quiero que el agua se quede sin cauce.

Yo quiero que el viento se quede sin valles.”

Federico García Lorca

## AGRADECIMIENTOS:

Esta tesis es fruto de la ayuda y colaboración de muchas personas, con las que he compartido mi vida personal, profesional o académica. Estos párrafos pretenden ser un resumen, sin duda torpe, de la inmensa gratitud que a todos debo, pues su acompañamiento me ha permitido llevar a buen puerto este trabajo.

El primer agradecimiento es para mi familia: Ana (mi "Ruth"), Blanca y Manuel (que desbordaron mi vida); para mis padres, y especialmente Manolo, guía para que mi trabajo fuera siempre honesto y laborioso; para mis hermanos por su apoyo, que incluso desde la lejanía (alemana) me han animado a seguir trabajando.

A los amigos del "pestillo", que fueron quienes me convencieron para continuar con los trabajos que había comenzado, "a los que espero no decepcionarles con esta tesis, aunque me consuela saber que sus expectativas sobre mi son muy pobres". ;-)  
(Nota: Adaptado de Sheldon Cooper).

A todos los compañeros con los que he trabajado en estos casi veinticinco años de profesión, algunos de los cuales se han convertido en amigos especiales (M<sup>a</sup> Ángeles, Paco, Santiago); a la Subdirección de Sistemas de Información, los equipos directivos del SES y de la Junta de Extremadura, que me permitieron desarrollar un gran proyecto. A Francisco José, por su ánimo.

Por supuesto agradecer a los directores de la tesis su guía y consejo; a Carlos por su disponibilidad, sabiduría y laboriosidad; a Miguel por su cercanía y amabilidad.

Finalmente agradecer especialmente a Miguel su saber "estadístico"; sin duda sin su capacidad los resultados de esta tesis no hubieran sido tan elocuentes.

## ÍNDICE

ÍNDICE .....	1
PREÁMBULO .....	3
1. INTRODUCCIÓN .....	5
1.1. PROYECTOS DE DEPARTAMENTOS DIGITALES. ....	6
1.2. EVALUACIÓN DE SISTEMAS DE INFORMACIÓN CLÍNICOS:.....	22
2. OBJETIVOS .....	36
2.1. IMPLEMENTACIÓN PROYECTO ZURBARÁN.....	36
2.2. ADECUACIÓN AL MODELO DEL P.S.I .....	37
2.3. EVALUACIÓN.....	38
3. MATERIAL Y MÉTODO .....	39
3.1. CREACIÓN DEL SISTEMA PACS (PROYECTO ZURBARÁN). ....	39
3.2. EVALUACIÓN DEL SISTEMA. ....	51
3.3. METODOLOGÍA ESTADÍSTICA. ....	60
4. RESULTADOS .....	62
4.1. CREACIÓN DEL SISTEMA PACS (PROYECTO ZURBARÁN) .....	62
4.2. EVALUACIÓN DEL SISTEMA. ....	69
5. DISCUSIÓN .....	82

5.1.	CREACIÓN DEL PROYECTO ZURBARÁN.....	82
5.2.	DISCUSIÓN DIMENSIÓN TECNOLÓGICA: .....	92
5.3.	DISCUSIÓN EVALUACIÓN ACEPTACIÓN CLÍNICA: .....	93
5.4.	DISCUSIÓN EVALUACIÓN ORGANIZATIVA: .....	98
6.	CONCLUSIONES .....	103
6.1.	IMPLEMENTACIÓN DEL PROYECTO ZURBARÁN .....	103
6.2.	ADECUACIÓN AL MODELO DEL P.S.I. ....	103
6.3.	EVALUACIÓN.....	104
7.	BIBLIOGRAFÍA.....	106
8.	ANEXOS: .....	123
8.1.	GLOSARIO DE ABREVIATURAS: .....	123
8.2.	ÍNDICE DE FIGURAS.....	127

## PREÁMBULO

La Radiología, que también se ha llamado Diagnóstico por la Imagen o Radiodiagnóstico, es una especialidad médica en evolución constante. En 1895 Wilhelm Röntgen detectó una nueva forma de radiación proveniente de un tubo de rayos catódicos. Desde este inicio, nuevas técnicas de imagen han aparecido y se han diversificado utilizando como fuente, no sólo radiaciones ionizantes sino también, los ultrasonidos y la resonancia magnética nuclear para formar imágenes del cuerpo humano. La aparición de la ecografía, la tomografía computada o la resonancia magnética han permitido un mejor y más rápido diagnóstico del enfermo, visualizando estructuras anatómicas de difícil acceso hasta su aparición, lo cual ha llevado al desarrollo de pautas terapéuticas más eficientes y sencillas.

La Radiología es, pues, la especialidad médica que tiene como fin el diagnóstico y tratamiento de las enfermedades, utilizando como soporte técnico fundamental las imágenes y datos funcionales obtenidos por medio de radiaciones ionizantes, no ionizantes y otras fuentes de energía. Comprende el conocimiento, desarrollo, realización e interpretación de las técnicas diagnósticas y terapéuticas. Este amplio catálogo de servicios que prestan los radiólogos hace que nuestra especialidad, bien administrada, puede dar grandes rendimientos en la atención a los pacientes.

La utilización de tecnologías en los departamentos de Radiología se ha implementado bajo una concepción parcial de los diferentes procesos asistenciales, careciendo de una visión integral e integradora en relación a la atención óptima de nuestros pacientes.

Debemos recordar que la misión de un servicio de Radiología es la realización e interpretación de pruebas radiológicas de forma integrada y secuencial para conseguir una orientación diagnóstica de los pacientes y, en ocasiones, la aplicación de tratamientos guiados por la imagen. Además de realizar exploraciones e informes, el

radiólogo se implica cada vez más en el proceso asistencial por una parte, asumiendo el papel de consultor y asesor del clínico indicando la prueba radiológica más efectiva y eficiente y, por otra, realizando los procedimientos intervencionistas; en definitiva, interviniendo en el manejo asistencial del paciente.



## 1. INTRODUCCIÓN

La lectura de pilas de placas, la pelea con los negatoscopios y las grabadoras son un recuerdo lejano para los radiólogos... Los radiólogos, los clínicos y los pacientes se han acostumbrado a las eficiencias increíbles que han resultado de la utilización progresiva de nuevas técnicas basadas en las tecnologías de la información y la comunicación (TIC)<sup>1</sup>.

El desarrollo tecnológico que acontece, tanto en nuestra sociedad como en las diferentes modalidades diagnósticas presentes en los servicios de Radiología (Tomografía Computada, Imagen por Resonancia Magnética, etc) han hecho que, desde ya mucho antes de la introducción de la informática en nuestra vida cotidiana<sup>2</sup>, los radiólogos nos hayamos propuesto como reto mejorar nuestra actividad mediante la introducción de nuevas tecnologías. Estas tecnologías, entre otros aspectos, han permitido el desarrollo explosivo de las modalidades antes referidas y de sistemas de información sanitaria (SIS) basados en TIC, como los Hospital Information System (HIS), los Radiology Information System (RIS) o los Picture Archiving and Communication System (PACS) que han incrementado la eficiencia de los procesos administrativos así como de los procesos departamentales de un departamento de Radiología.

Como veremos en capítulos posteriores, esta denominación clásica de RIS y PACS, aunque sigue sobreviviendo en la actualidad, ha quedado superada y cuando hablamos de SIS del ámbito radiológico nos referimos a ellos principalmente con el término PACS. El desarrollo de estos sistemas ha sufrido tal avance en los últimos años que se ha venido a considerar a la Informática de Imagen ("Imaging informatics") como una sub-especialidad radiológica<sup>2</sup>.

## 1.1. PROYECTOS DE DEPARTAMENTOS DIGITALES.

### 1.1.1. *Historia, concepto y definición*

Como hemos referido anteriormente, ya desde la segunda mitad del siglo XX, los radiólogos muestran interés y exploran nuevos métodos de transmitir las imágenes generadas en nuestro departamento tanto con fines diagnósticos como educativos<sup>3-7</sup>, usando la tecnología disponible en ese momento: circuitos cerrados de televisión (Figura 1.1). Sin embargo, con la creciente incorporación de ordenadores en hospitales de EEUU ya desde el año 1966, encontramos soluciones computarizadas para desarrollar soluciones de citas, informado y facturación, aunque aún de forma muy incipiente<sup>8</sup>.

En este sentido, el naciente desarrollo de sistemas digitales permite, en el comienzo de la década de los años 70<sup>9</sup>, el diseño y construcción de un sistema para procesar y digitalizar radiografías médicas (Figura 1.2); al mismo tiempo nace el proyecto "Missouri Automated Radiology System" (MARS), que podemos considerar el primer RIS<sup>10</sup> y que utiliza un lenguaje de programación informático ideado "ad hoc", el "Massachusetts General Hospital Utility Multi-Programming System (MUMPS).

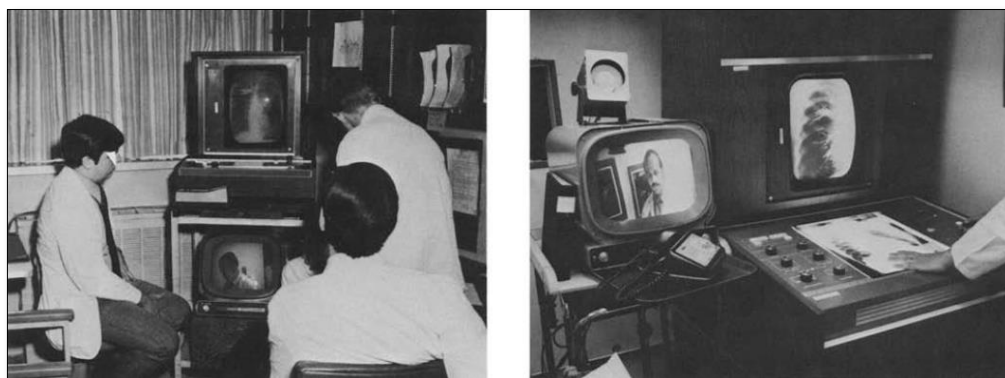


Figura 1.1 Consolas de TV emisora (izquierda) y receptora (derecha) en la UCLA Center for Health Sciences para realizar sesiones clínicas a distancia. Tomada de Steckel, 1972. Radiology<sup>4</sup>

No es hasta la década de los años 80 cuando, junto con la introducción de las computadoras en las unidades de Medicina Nuclear para el procesamiento de la

información dinámica de estudios gammagráficos<sup>11</sup> y la gestión de la actividad administrativa de un servicio y la aparición de nuevas técnicas diagnósticas (modalidades) radiológicas originalmente "digitales" como la Tomografía Computada (TC) o la Imagen por Resonancia Magnética (IRM), los investigadores se plantean la necesidad, utilidad y el coste de sistemas digitales para procesar y archivar este tipo de imágenes<sup>12</sup>.

El profesor Lemke es el primero en introducir el concepto de presentación y comunicación de imágenes digitales en una conferencia en la Universidad de Berlín en el año 1979<sup>13</sup> como embrión de los actuales sistemas PACS. En el año 1982 se celebra en California la primera conferencia sobre sistemas PACS<sup>14</sup>.

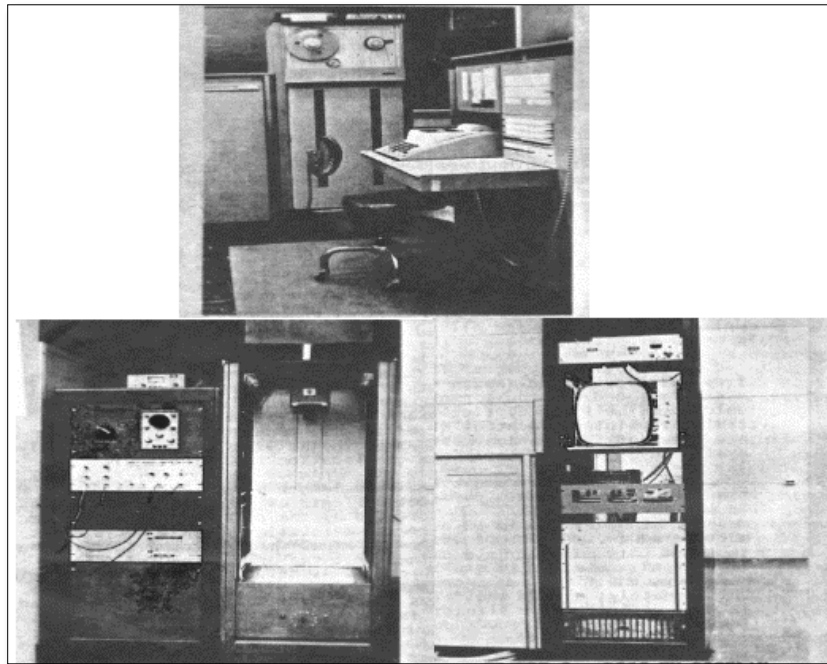


Figura 1.2 Primer sistema de digitalización. Tomada de Ausherman et al. 1971. Houston Conference on Computer and System Sciences Proceedings<sup>9</sup>.

Podemos considerar la década de los 80 como la década de oro de nuestra especialidad; desde entonces la Radiología pasa a ser uno de los corazones de la atención médica impulsada no solo por el florecimiento tecnológico de las nuevas modalidades diagnósticas (TC, IRM, etc) sino también por la aparición de nuevos

contrastes radiológicos, de medicina nuclear, cateterismo, etc.<sup>15</sup> En este nuevo entorno, en el que la incorporación de la TC y la IRM con imagen digital nativa representando ya el 25% de la actividad de un departamento de Radiología, los radiólogos exploran el uso de estas nuevas tecnologías, con un objetivo final: convertir a un departamento de Radiología en TOTALMENTE digital. Es en estos años 80 cuando surgen, a la sombra de múltiples congresos y reuniones científicas, muchos trabajos en los que ya se habla formalmente de sistemas PACS y RIS<sup>16</sup>. Sin embargo, incluso desde estos inicios, autores como Bauman et al.<sup>17</sup> plantean lo inapropiado del término PACS usado para designar al conjunto de tecnologías que servirán para gestionar un departamento íntegramente digital, puesto que es demasiado vago y no incluye siquiera una referencia a la única y más importante función realizada en nuestro departamento: la interpretación de las imágenes digitales.

Sea como fuere, el término ha acabado imponiéndose con éxito en la literatura, pero las ventajas descritas por los diferentes autores en cuanto a la gestión digital han permanecido más o menos inalteradas: recuperación de imágenes de forma rápida, transmisión de las imágenes a donde se solicitan, representación de las imágenes donde se necesitan, uso simultáneo en múltiples áreas, disposición inmediata de las imágenes tras su adquisición por el personal autorizado e incluso disponibilidad de estudios e informes recientes de los pacientes.

En los años 80 las capacidades de las TICs permiten realizar las primeras implementaciones de estos sistemas<sup>18</sup> pero, como establecen Cox et al.<sup>19</sup> las limitaciones de estas tecnologías hacen necesario revisar algunos aspectos tecnológicos (fundamentalmente en los sistemas de redes y representación de imágenes) que hay que tomar en consideración para desarrollar sistemas eficientes; otros autores establecen que, de forma realista, solo están en el comienzo de comprender los requerimientos de los sistemas que componen un PACS<sup>20</sup> o RIS<sup>21</sup>, por lo que no se está preparado para implementar un sistema que pueda gestionar los requerimientos de un gran departamento de imagen; no obstante encontramos reflexiones, recurrentes también en

la literatura actual, sobre el peligro que conllevan estos sistemas por la posible reducción en la interacción con los especialistas <sup>22</sup>. Todos estos proyectos luchan, por un lado, contra las limitaciones tecnológicas del hardware poco capaces de gestionar la información generada por casi un 75% de placa simple o analógica del total de la actividad de un departamento de Radiología y, por otro, con la falta de entendimiento de los programadores de software de cuál es el funcionamiento real de un servicio de Radiología <sup>21</sup>. Por ello, la industria comienza a desarrollar sistemas que hagan desaparecer la placa convencional, haciendo disponible Fuji el primer sistema de Radiografía Computadorizada (CR) comercial en 1983 <sup>23</sup> (Figura 1.3).

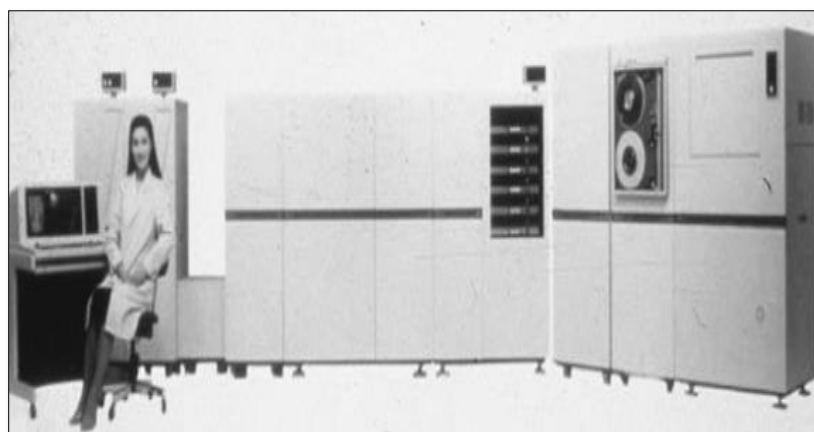


Figura 1.3 Primer CR comercial vendido por Fuji en 1983. Tomado de Huang, 2010. PACS and Imaging Informatics Basic Principles and Applications<sup>26</sup>

Sin embargo, lo cierto es que, en esta década el número de unidades CR en Japón apenas llegará a ser de 256, mientras que en Europa y en EEUU sobrepasarán con dificultad las 35 y 30 unidades respectivamente<sup>24</sup>. Además, los usuarios también tratan de participar creando grupos de trabajo (como el "Radiology Information Systems Consortium") para desarrollar guías de implementación a los programadores de software que permitan cubrir los requerimientos específicos de los departamentos de Radiología<sup>25</sup>.

La madurez de estas tecnologías no es total y los diferentes proyectos siguen encontrándose con serias dificultades en su implementación realizando proyectos muy

modulares y realmente experimentales<sup>26</sup>, sufriendo un porcentaje importante de ellos un estancamiento que hace dudar de la bondad de su relación coste-beneficio<sup>27</sup>.

Aún con el pesimismo de estas pruebas iniciales, en los primeros años de la década de los 90 bastantes instituciones se interesan en la puesta en marcha de proyectos de PACS; estos proyectos abarcan desde planes de "largo alcance", que surgen con el propósito de afectar a todo un departamento de radiología (los menos), hasta proyectos de "menor" alcance en los que se trata de explorar la tecnología disponible para una pequeña sección (radiología pediátrica, de urgencias, etc)<sup>28</sup>. La disparidad de propósitos o alcance de estos proyectos hacen necesaria aclarar una definición de estos sistemas<sup>29</sup> que Greinacher establece como aquel que consta de al menos una o de varias modalidades, una red de comunicación, un sistema de almacenamiento intermedio y/o a largo plazo y una estación de revisión (y/o postproceso). Esta definición es considerada ya desde entonces de mínimos (no por las dificultades en su implementación sino por el alcance y por la visión de los mismos); en este mismo artículo Bauman defiende la clasificación en proyectos de miniPACS y en PACS de larga escala y realiza un estudio para, a nivel mundial, identificar entre 85 instituciones la implementación de PACS de larga escala ("large PACS"). En este estudio concluyen que a finales del 95 existen hasta 23 "large PACS"(Figura 1.4), habiéndose casi "doblado en tan breve espacio de tiempo" el número de instalaciones tomando como referencia un estudio que realizaron en el año 93.

Para estos autores un "large PACS" es aquel q.e dispone de los siguientes elementos: operación de una forma diaria, conexión al PACS tres o más modalidades y que existan terminales de revisión tanto dentro como fuera del departamento de Radiología. Estos requerimientos tan poco exigentes para la consideración de "large PACS" se deben a que todavía la tecnología hardware necesaria para propuestas más amplias está poco desarrollada; como botón de muestra existen varios artículos en los que se reflexiona sobre la topología de red como uno de los aspectos a tener en cuenta, puesto que al ser la espina dorsal de un PACS es la que condiciona su rendimiento o flexibilidad<sup>30,31</sup>.

En nuestro entorno más próximo, Europa, el proyecto del hospital del Danubio-SMZO (Viena) es el que tiene una concepción más ambiciosa de una implementación PACS, situándose en un concepto más complejo como es el hospital “todo digital”<sup>32</sup> o lo que posteriormente se ha conocido como “filmless”. Sin embargo, tras arrancar en el año 1992, cinco años después, se publica la revisión de este proyecto que nos revela el verdadero alcance del mismo (analizando la organización del trabajo, el uso del sistema en rutina diaria, la percepción de los radiólogos y médicos y las ventajas e inconvenientes del sistema, etc.). El proyecto presta servicio a una plantilla no muy amplia (21 radiólogos y 41 técnicos, en un Hospital de 853 camas), la IRM se integra 3 años después del comienzo del proyecto, existe un gran porcentaje de imagen radiológica analógica (posteriormente digitalizada), solo a unos pocos clínicos externos al departamento de radiología se les permite el acceso a las imágenes del PACS, para acabar concluyendo que ni tan siquiera se puedan probar beneficios económicos<sup>33</sup>.

Large PAC Systems		
1993		
1988	Yes	University Hospital Graz
1989	Yes	Hokkaido University Hospital
1989		The Credit Valley Hospital
1992	Yes	Danube Hospital—SMZO
1992	Yes	Free University of Brussels, PRIMIS
1992	Yes	Madigan Army Medical Center
1992	Yes	UCLA Health Sciences Center
1992	Yes	University Hospital of Geneva
1992	Yes	University of Florida
1992	Yes	Wright Patterson AFB Medical Center
1993	Yes	Baltimore VA Medical Center
1993	Yes	Brooke Army Medical Center
1993	Yes	University of Pittsburgh
1993		Viborg County Hospital
1994		Brigham & Women's Hospital
1994		Conquest Hospital
1994		Houston VA Medical Center Hospital
1994		Osaka University Hospital
1994		Samsung Medical Center
1994		Toshiba Hospital
1994		Univ. of California San Francisco
1994		University of Virginia
1995		Hospital of the Univ. of Pennsylvania

Figura 1.4: Tabla tomada de Bauman, 1996. *Journal of Digital Imaging*<sup>29</sup>.

En España durante estos años surgen las primeras experiencias en el uso de sistemas PACS en los hospitales Vall d'Hebron de Barcelona y Príncipe de Asturias de Alcalá de

Henares <sup>30,34-36</sup>; en ambos casos las conclusiones son similares: los resultados preliminares demuestran una serie de ventajas funcionales, pero el elevado coste de adquisición y mantenimiento, junto con algunos problemas técnicos hacen pensar a los autores que la implantación como sistema de uso generalizado para todas las modalidades de imagen no pueda ser una realidad a corto plazo en la mayoría de los centros.

En este contexto, y si atendemos a la procedencia geográfica de los diferentes investigadores de esta tecnología, podemos observar que el desarrollo de los proyectos de PACS es diferente en los EEUU, Europa y Asia<sup>16</sup>. En los EEUU el desarrollo e investigación se realiza fundamentalmente por agencias gubernamentales y por los fabricantes. En Europa los equipos de investigación, dada su dificultad para conseguir los componentes (fabricados en Asia o en los EEUU), dedican sus esfuerzos a probar los elementos tecnológicos de un PACS<sup>37,38</sup> pero sobre todo al modelado del mismo: el proyecto MIMOSA<sup>39</sup> surge porque “aunque haya gente que no esté de acuerdo en el modelado de la gestión de la imagen, debe resultar claro para todo el mundo (usuarios y también la industria) que, en una gran extensión, el concepto de PACS no ha tenido éxito como se esperaba hace 10 años. La principal razón para explicar esto se asocia con la gran variedad de expectativas de usuarios, el foco en los aspectos tecnológicos antes que en los requerimientos de usuarios, la falta de estándares adecuados y el hiato entre las necesidades de los usuarios y las capacidades de los sistemas”. En Asia es Japón quien lidera el desarrollo e investigación y lo hace desde una concepción de proyecto nacional pero muy ligado al fabricante, de tal forma que los investigadores tienen poca oportunidad de intervenir en el modelado o modificación de las especificaciones técnicas del sistema. La realidad de la instalación de estos sistemas es que a finales del siglo pasado tan solo encontramos apenas 30 sistemas que pudiéramos considerar “Enterprise”, es decir aquel que se instala en organización de más de un hospital, con ambulatorios<sup>40</sup>.



No es hasta la llegada del nuevo milenio cuando comienzan a aparecer y generalizarse los proyectos de PACS, aunque para algunos autores siguen existiendo ciertas limitaciones, sobre todo en el lado de la presentación de las imágenes y del software <sup>41</sup>. Pero, en este comienzo del siglo XXI, ya existen proyectos que evalúan como positivo el coste eficacia de estos sistemas <sup>42,43</sup>; aunque lo que verdaderamente impulsa su desarrollo tecnológico es la aparición de dos elementos en la “escena” radiológica: Internet y el TC helicoidal.

La revolución digital que genera Internet, producto de la masiva aceptación tanto del público en general como de los investigadores en particular de la World Wide Web<sup>44,45</sup>, supone la llegada del “futuro digital” tanto a nuestros hogares como a las instituciones académicas. Los radiólogos, médicos por excelencia muy “tecnológicos” no asisten como sujetos pasivos a esta revolución sino que quieren participar en y de ella.

Por otra parte la tecnología de TC helicoidal, que nos ofrece una mejora sustancial en nuestros diagnósticos (por la mayor rapidez, resolución espacial y cobertura anatómica), plantea el reto de la gestión de un número de imágenes sustancialmente superior<sup>46,47</sup>. Para enfrentarse con la gran cantidad de imágenes que proporciona el TC helicoidal el radiólogo debe pasar inevitablemente a la revisión de los estudios en formato electrónico (en modo “apilado”), dejando atrás el tradicional modo de revisión en “mosaico” <sup>48</sup>; además, esta nueva forma de adquisición permite nuevos métodos de estudio gracias a las reconstrucciones multiplanares, volumétricas, etc., imposibles de acometer con el método tradicional <sup>49,50</sup>.

Es por ello que los investigadores concluyen que las ventajas del departamento de radiología digital son arrolladoras: el proceso es eficiente, poderoso y fundamentalmente científico; no existen contras, tan solo retos que hay que enfrentar, el principal: la inercia <sup>45</sup>. El desarrollo tecnológico ya posibilita subir al nuevo escalón: el registro médico electrónico (Electronic Patient Record: ePR) integrado<sup>51-54</sup> y la creación de sistemas PACS de alcance “wide” (amplio), empresarial (“Enterprise”) o regional <sup>29,52,55-60</sup>. En este sentido podemos considerar, por sus dimensiones y pretensiones como proyectos “Enterprise”, al

del Departamento de Asuntos de Veteranos estadounidense <sup>61</sup> y al de la Autoridad Hospitalaria de Hong Kong <sup>62,63</sup>. El proyecto "Veterans Affairs Healthcare Enterprise" (VAHE) se puso en marcha en el año 2000 e involucra a una red de 172 hospitales de veteranos y numerosas clínicas ambulatorias para 25 millones de veteranos. El proyecto de la Autoridad Hospitalaria de Hong Kong comprende una red de 43 hospitales públicos para 7 millones de personas comienza como un proyecto piloto en el año 2002. Ambos se pueden considerar el embrión de esta nueva etapa en los sistemas PACS, en los que su principal característica es su carácter "empresarial", lo que lleva aparejado importantes esfuerzos de integración.

Para ello la industria, los usuarios y las organizaciones científicas se agrupan para crear una iniciativa que permita, en un marco tecnológico, el desarrollo de proyectos más ambiciosos: es la iniciativa "Integrating the Healthcare Enterprise"<sup>64</sup>. Algunos exploran de forma limitada la utilización de tecnologías de Internet (servidores WWW) para su uso en la distribución de las imágenes alojadas en los sistemas PACS<sup>53,65-71</sup>, protocolo que finalmente es aceptado por el estándar DICOM e incorporado como parte del mismo<sup>70,72,73</sup>. De entre estos proyectos, en Europa, destacan por sus dimensiones dos que son contemporáneos al nuestro: "Pax Vobiscum" y el "HUSPACS". El Pax Vobiscum<sup>66</sup>, desarrollado en una provincia sueca, es una empresa conjunta de 5 servicios de radiología, uno de tamaño medio y cuatro de pequeño tamaño, que realizan 185000 estudios al año, en 48 salas radiológicas, integrando los sistemas RIS y PACS y distribuyendo fuera del servicio los resultados de imagen e informes; el segundo, HUSPACS, desarrollado en el distrito finlandés de Helsinki y Uusimaa, constituyéndose como uno de los mayores PACS del mundo al incluir 21 hospitales, 9 hospitales de "atención primaria", 53 centros de atención primaria que atienden a 1.400.000 ciudadanos, gestionándose 20 TB de datos de aproximadamente 1 millón de exámenes anuales e implementado bajo el modelo "Application Service Provider" (ASP), para los archivos de largo plazo y el sistema de respaldo.

En España los primeros proyectos que nacen compartiendo la filosofía de amplio alcance en los primeros años del siglo XXI son el proyecto Zurbarán del Servicio Extremeño de Salud (SES) <sup>74</sup>, iniciativa que surge en el año 2003 y que tiene como alcance todas las áreas de salud del mismo y el proyecto Ykonos, también comenzado en el año 2003 por iniciativa del SESCAM que, aunque se origina con una visión global similar, se implementa en una primera fase implicando 4 de las 8 gerencias de atención especializada<sup>75</sup>. Debido a la dificultad de un proyecto de esta envergadura otros servicios de salud, como la Comunidad Valenciana, optaron en el año 2000, por la implantación por fases : digitalización de los servicios de radiología, implantación de sistemas PACS en cada uno de los hospitales para luego converger, ya en 2013, en un modelo de amplio alcance que afecta a 22 hospitales y 18 unidades de prevención de cáncer de mama como hemos podido comprobar en el proyecto GIMD (Gestión de Imagen Médica Digital) en la Comunidad Valenciana, para cuya implantación se establece una duración de cuatro años <sup>75</sup>.

En el año 2005 surge otro gran proyecto, el “National Programme for IT”, el NPfIT<sup>76</sup> que también podemos considerar Enterprise. Dicho proyecto abarca a todo el Reino Unido agrupado por regiones y entre sus objetivos destacan: la creación de un repositorio centralizado de resúmenes de historia clínica de pacientes, la elección y citación de personal asistencial, la creación de un sistema electrónico de prescripción, la implementación de una red nacional de telecomunicaciones, el desarrollo de PACS regionales (que se espera que estuviera completado a lo largo del año 2009), sistemas de ayuda a atención primaria, correo electrónico y el “Health Space”, un sitio en Internet seguro, que da acceso a los pacientes a su Registro Resumen de Atención<sup>77</sup>. Este proyecto comparte el modelo con nuestro proyecto Zurbarán siendo, obviamente, de una dimensión mayor.

Los proyectos de implementación PACS siguen su desarrollo hasta nuestro días pero, tal y como refieren Faggioni et al.<sup>78</sup>, la principal corriente es definirlos sistemas PACS como el componente multimedia del “futuro” registro médico electrónico. El intenso

desarrollo de los servicios disponibles en Internet hace que los ciudadanos consideren como el siguiente paso natural el acceso a sus datos de salud, por lo que el siguiente movimiento sería la creación de un portal radiológico; sin embargo, dada la especificidad y la alta tecnificación de los resultados radiológicos actuales, estos proyectos pasan, ineludiblemente, por evitar la posible malinterpretación o mal uso de las pruebas por parte de los pacientes<sup>79</sup>. El reto actual para los proyectos PACS es el de dar respuesta a la necesidad de compartición de imágenes entre diferentes empresas de salud por el aumento de la movilidad de los pacientes entre ellas<sup>72,80</sup>.

### 1.1.2. *Desarrollo Tecnológico*

El éxito de los sistemas PACS se debe a tecnologías "hardware" desarrolladas en la década de los 80 y, mayoritariamente, en la de los 90. Dichos sistemas se han venido beneficiando, tal y como se puede deducir de la famosa ley de Moore<sup>81</sup>, de la duplicación de la capacidad de los elementos computacionales cada dos años, lo que hace que la mayor parte de la tecnología utilizada en el momento actual haya superado con creces las capacidades de elementos pasados. A efectos de resumen histórico describiremos algunas de ellas:

- Digitalizadores de placa radiológica convencional: Desarrollados para el uso clínico por Kónica y Lumisys, son el embrión necesario para la total digitalización del departamento de Radiología aunque se encuentran actualmente en desuso.
- Los primeros dispositivos CR fueron creados por Fuji y aunque actualmente están siendo reemplazados por sistemas "Direct Radiography" (DR) son, sin duda, la razón del éxito de los primeros proyectos PACS<sup>82</sup>.
- Los dispositivos de almacenamiento se han clasificado tradicionalmente en 3 tipos: "online" o corto plazo (en línea y proporcionada por discos duros), "nearline" o largo plazo (casi en línea y proporcionada por discos ópticos o cintas almacenados en "jukebox" o armarios robotizados) y "off line" (fuera

de línea y proporcionada por discos o cintas almacenados en estanterías convencionales), en función de la disponibilidad medida en tiempo. El éxito de los sistemas PACS reside, en gran medida, en la elección equilibrada de los distintos tipos de almacenamiento. Además, la función de almacenamiento ha sido progresivamente mejorada por sistemas de discos NAS (Network Attachment Storage) y SAN (Storage Area Network), que posibilitan la descarga, en prácticamente tiempo real, de cualquier imagen (es lo que se conoce como archivo “vivo”); de entre aquellas dos, los sistemas SAN se adaptan mejor a los ingentes requerimientos de almacenamiento (de PBytes) de un sistema PACS de gran envergadura. Por otra parte, el acceso rápido a datos ha disminuido (sino prácticamente eliminado) el cuello de botella que suponía el almacenamiento en sistemas de archivo de armarios robotizados (“jukeboxes”); estos sistemas, aunque de gran capacidad y bajo coste, tenían el inconveniente de una baja velocidad de recuperación de los estudios, lo que obligaba a utilizar complejos algoritmos de “prefetching” (precarga)<sup>83,84</sup> en el software de los sistemas PACS, para disponer de todas las imágenes de los pacientes que iban a ser sometidos a una exploración y así posibilitar comparaciones entre estudios previos y actuales.

- Dispositivos de visualización: Los primeros monitores presentaban una resolución de apenas 0,5 megapíxeles (Figura 1.5), adecuados para visualizar solo imágenes de “baja” resolución espacial, como los TC e IRM. En los inicios del proyecto nos encontramos con monitores de hasta 5 megapíxeles de resolución, con entornos de escritorio en los que el radiólogo se “mueve” en 3 monitores diferentes. Tras los primeros análisis de los aspectos tecnológicos de los sistemas PACS, en la literatura se intentó diferenciar entre estaciones de diagnóstico primario y estaciones de revisión, intentando distinguir su uso por radiólogos y por clínicos respectivamente. Sin embargo, posteriores estudios revelaron que las diferencias entre ellas eran fundamentalmente de comodidad, puesto que no existía diferencia en la

capacidad diagnóstica entre estaciones conformadas por PC comunes y estaciones elaboradas ad hoc para puestos radiológicos, lo que se conoce como “estaciones de trabajo”<sup>85</sup>.



Figura 1.5: Prototipo de sala de estaciones de trabajo en UCLA. Tomada de Huang, 2003. *Computerized Medical Imaging and Graphics*<sup>16</sup>

- Dispositivos de redes: A finales de los años 90 ya empiezan a usarse redes locales con “alta capacidad”<sup>86</sup> para transmitir grandes cantidades de información: redes Ethernet, fibra (FDDI) y una desaparecida tecnología denominada UltraNet<sup>87</sup>, la de más capacidad. Las redes “Asynchronous Transfer Mode” (ATM) permiten por primera vez en el año 1995 la interconexión de “redes amplias” (WAN) con redes locales (LAN) para transmitir radiografías digitalizadas y TAC entre la Universidad de California y el Hospital Monte Sinaí de San Francisco<sup>88</sup>.
- Dispositivos de computación: Es indudable que el desarrollo de los proyectos digitales en los departamentos de Radiología ha ido acompasado con el desarrollo de la computación. La computación ha sufrido un desarrollo espectacular desde la llegada a los hogares de los sistemas PC, como por ejemplo los: Commodore VIC-2 de 1980; PC IBM 5150 de 1980; Sinclair ZX Spectrum de 1982. Desde entonces la capacidad de estos sistemas ha avanzado de tal forma que los ámbitos empresarial y doméstico han acabado

fundiéndose, llegando incluso a validarse sistemas de “tabletas” para la visualización de imágenes médicas por parte de la FDA en el año 2011<sup>89</sup>.

### 1.1.3. *Desarrollo de Estándares*

Aunque sin duda el desarrollo tecnológico fue el que contribuyó al éxito de los sistemas PACS, no es menos cierto que el desarrollo de estándares es el que ha contribuido a su expansión. De entre estos estándares queremos destacar: Internet, Digital Imaging and Communication in Medicine (DICOM), Integrating the Healthcare Enterprise (IHE) y Health Level 7 (HL7).

De la misma forma que el desarrollo tecnológico de los 90 permitió, en el mundo de la telemática, el aumento espectacular del número de redes informáticas para formar lo que hoy conocemos como Internet, no debemos olvidar que, sin la estandarización de la comunicación entre ordenadores mediante el protocolo TCP/IP, aquella no hubiera sufrido una expansión tan importante. Aunque Internet inicialmente surgió con fines militares y de investigación, la utilización que se hace de la red ha trascendido con creces estos fines originales y es utilizada con múltiples propósitos<sup>90-92</sup>, de tal forma que se ha convertido actualmente en el estándar de facto en la comunicación telemática. Desde entonces se comenzó a utilizar con múltiples propósitos en el área de la Radiología, comenzando en el Annual R.S.N.A. Meeting de 1992<sup>93</sup>. En nuestro ámbito, los primeros trabajos desarrollados sobre los posibles usos de Internet<sup>94</sup> y la implementación de un servidor WWW radiológico con fines docentes<sup>95</sup> corresponden a este autor siendo elaborados en los años 1994 y 1996.

La generalización de redes de interconexión entre dispositivos (de diferente naturaleza) solo garantiza el intercambio de datos, pero no asegura que estos sean realmente utilizables. Es por eso que se necesita un compromiso de interoperabilidad para que los diferentes dispositivos sean capaces de utilizar la información. Esta tarea fue acometida conjuntamente por el American College of Radiology (ACR) y la National Electrical Manufacturers Association (NEMA) creando, y posteriormente evolucionando,

un estándar desarrollado conjuntamente. Así nacieron dos versiones sucesivas: la primera, denominada ACR-NEMA Standards Publication No. 300-1985 y la segunda, ACR-NEMA Standards Publication No. 300-1988 que mejoraba la anterior y cuyos objetivos fundamentales eran los siguientes:

- Promover la comunicación de información de imagen digital sin importar el formato de la fuente que lo genere o el proveedor de la máquina.
- Facilitar el desarrollo y expansión de los P.A.C.S., que también pueden estar conectados con otros sistemas de información hospitalaria como el H.I.S. o el R.I.S.
- Permitir la creación de bases de datos de información diagnóstica que puedan ser interrogados por una gran cantidad de máquinas distribuidas geográficamente.

Este estándar ha evolucionado para ser llamado en la actualidad D.I.C.O.M.<sup>96</sup> (Digital Imaging and Communications in Medicine), y añade a los objetivos de las dos versiones previas estas características:

- Es aplicable a un entorno de redes informáticas. Las anteriores versiones solamente eran aplicables a un entorno "punto a punto".
- Especifica cómo las máquinas que guardan un estado de conformidad con el estándar deben reaccionar ante comandos y datos que están siendo intercambiados.
- Concreta niveles de conformidad. Las versiones previas tan sólo especificaban un nivel mínimo de conformidad.

La importancia de este estándar no reside sólo en los objetivos que se ha propuesto sino, también, en que se trata de un esfuerzo cooperativo de organizaciones mundiales, destacando en Europa el C.E.N. TC251 y en Japón el JIRA (Japan Industries Association of Radiation Apparatus). Esta característica es muy importante al permitir que el objetivo



de desarrollarse en un entorno de W.A.N.s (Wide Area Network: Redes de gran área) sea realizable.

El estándar HL7, es un estándar que hace referencia al nivel 7 (nivel de aplicación) del modelo Open Systems Interconnection (OSI), propuesto por la International Standard Organization (ISO); su objetivo fundamental es simplificar el intercambio de datos entre aplicaciones médicas de múltiples vendedores, enfatizando en el formato en el que los datos deben ser traspasados de unos sistemas a otros.

Aunque estos estándares tecnológicos facilitan el intercambio intensivo de datos entre sistemas informáticos<sup>97</sup>, estos no consiguen impedir “escenarios perversos”<sup>64</sup> que arruinan la necesaria coordinación entre los diferentes actores del proceso asistencial. Para mejorar la relación entre los diferentes sistemas o servicios de la “Empresa de Salud” surge la iniciativa IHE<sup>98-103</sup> como marco de encuentro entre investigadores, fabricantes, administraciones y sociedades científicas, en el que se consensua un modelo de integración que optimice la atención a los pacientes. Esta iniciativa, en principio limitada al marco de la Radiología, se extenderá progresivamente a más “dominios”, abarcando prácticamente todos los que podamos contemplar en la empresa de salud: laboratorio, cardiología, oncología radioterápica, etc. En España la primera institución que adopta las especificaciones elaboradas por esta iniciativa es el SES, haciéndola referencia fundamental en su Plan de Sistemas de Información (PSI)<sup>104,105</sup> y aplicándola, no solo a sus proyectos de Radiología sino, también a los proyectos Cornalvo y Jara.

Estos estándares e iniciativas no son sino la respuesta a la necesidad creciente, que tienen clínicos, gestores o autoridades sanitarias, de conseguir servicios de intercambio de información sanitaria (conocidos por “Health Information Exchanges” (HIE)<sup>106</sup> que permitan una mejor atención, evitando las tradicionales islas de información en las que se han convertido la gran mayoría de los departamentos clínicos.

## *1.2. EVALUACIÓN DE SISTEMAS DE INFORMACIÓN CLÍNICOS:*

Varios estudios apuntan que la implantación de cualquier Sistema de Información Clínico (CIS), que en último término reportan mejoras muy importantes en la calidad de la atención a los pacientes, de forma “sorprendente” solo una minoría de proyectos de implantación informan que se pueden considerar un completo éxito<sup>107</sup>. Además, la evaluación de un proyecto de Sistemas de Información se ha considerado y se considera un aspecto relevante en su implantación, entre otras razones, por el coste económico.

Pero la gran dificultad estriba en qué aspectos de la implementación de un sistema PACS evaluar: su utilidad, su uso, su calidad, el retorno de la inversión que proporciona, etc.<sup>108</sup> Diferentes trabajos han hecho énfasis en analizar aspectos individuales de su implementación como la eliminación de la placa radiológica, la disminución del espacio necesario para archivarlas, la mejora en el acceso a las imágenes e informes o la capacidad operacional del sistema. Este énfasis en aspectos individuales, hace que se hayn publicado muy pocos trabajos que lo hagan desde una visión holística o global<sup>109,110</sup>.

Además en los primeros artículos se valoraban fundamentalmente las barreras a su implantación, entre las que destacaban la resistencia de los clínicos a la implantación de las tecnologías de la información<sup>110</sup> y la complejidad del sistema, producto de la variedad de perfiles profesionales implicados, de la dificultad técnica y de la poca uniformidad organizativa de los departamentos<sup>111</sup>.

Lo que sí podemos afirmar es que nos encontramos ante el reto de valorar unos sistemas “difíciles”, tanto de implantar como de evaluar<sup>112</sup>, no existiendo en la literatura un método único que nos permita realizarla desde una aproximación holística. Podríamos disponer de una visión global mediante la agregación del análisis de varios aspectos individuales (Tabla 1.1).

- a) La evaluación tecnológica, que tiene en consideración las características operacionales del sistema (capacidad de almacenamiento, capacidad de integración de modalidades, etc.).
- b) La aceptación clínica cuyo foco es evaluar el impacto percibido por los usuarios al utilizar el sistema.
- c) La evaluación organizativa o transaccional, que se orienta a valorar la repercusión del sistema en la productividad tanto individual como colectiva.
- d) La aproximación económica cuyo interés fundamental es valorar el coste económico y financiero del proyecto.

Tipo de Barrera	Proceso Innovación en la Organización						
	Inicio	Toma de decisión Adquisición PACS	Redefinición	Puesta en marcha PACS	Clarificación	Rutina	
Económica	x						
Técnica			x			x	
Organizativa			x			x	
Humana						x	x

Tabla 1.1

(Adaptada de Paré et al.2007. Int J Med Inform.<sup>111</sup>)

### 1.2.1. *Evaluación Tecnológica.*

En los inicios de los proyectos PACS una gran cantidad de autores evalúan el rendimiento de los elementos tecnológicos puesto que estos se muestran como un claro factor limitante para el desarrollo de los mismos: se valora su capacidad de almacenamiento<sup>46,83,113,114</sup>, la velocidad de trasmisión de imágenes en redes locales o redes interhospitalarias, capacidad de proceso de las estaciones de trabajo<sup>88</sup>, etc.

La madurez actual de las tecnologías hace que estos trabajos hayan quedado obsoletos puesto que lo realmente importante es disponer de indicadores que nos permitan hacernos una idea, aunque sea de forma somera, de las dimensiones del proyecto posibilitando así su encuadre en las categorías anteriormente mencionadas "small", "large" o "Enterprise" PACS.

No existen autores que propongan sistematizar para evaluar las dimensiones o capacidades tecnológicas de un proyecto PACS; tan solo algún autor, como Inamura et al. en su revisión de los proyectos PACS asiáticos<sup>115</sup>, utiliza los siguientes indicadores: las dimensiones del hospital en el que se implanta, el número de terminales, el número de modalidades a integrar y el almacenamiento anual (en TB) del sistema.

### 1.2.2. *Evaluación Aceptación Clínica.*

Podemos definir “aceptación clínica” como el deseo demostrable de emplear un sistema de información para las tareas para las que se ha diseñado<sup>116</sup>. Aunque el desarrollo de los elementos hardware de los sistemas PACS ha madurado a lo largo de los años, parece que la evolución del software no ha sido similar, haciendo que algunos proyectos “fracasen” por falta de aceptación de los usuarios<sup>117</sup>. Es por ello que algunos autores consideran que la evaluación de la aceptación clínica es la más importante en un proyecto PACS<sup>109,118</sup>, para lo que se necesitan modelos que nos proporcionen el marco adecuado.

Aunque existen varios modelos utilizados para evaluar la percepción de los usuarios sobre la implantación de sistemas PACS, la realidad es que existen pocos trabajos que midan este aspecto. Por un lado nos encontramos con aquellos que valoran el éxito en su implantación según el modelo propuesto por Delon<sup>119</sup> y por otro nos encontramos con modelos de aceptación como la “Technology Acceptance Model” (TAM) o la “Unified Theory of Acceptance and Use of Technology” (UTAUT), variante desarrollada por Venkatesh<sup>120</sup> y que es el más utilizado<sup>108,118,121-123</sup>.

Estos modelos definen una serie de constructos<sup>a</sup> que se pueden clasificar, en función de su capacidad de “predecir” el uso del sistema, en determinantes (expectativa de desempeño, facilidad de uso, influencia social y condiciones facilitantes), condicionantes (ansiedad, eficacia propia y actitud para el uso) y moderadores (sexo, edad y experiencia laboral).

Estos modelos de “aceptación tecnológica” sugieren que las creencias sobre la expectativa de utilidad y la facilidad de uso determinan la propia intención del comportamiento en la adopción de una tecnología. Sin embargo en el ámbito sanitario parece ser que el factor más determinante es la expectativa de utilidad antes que la facilidad de uso.

Dicho modelo consta de varios constructos (Figura 1.6):

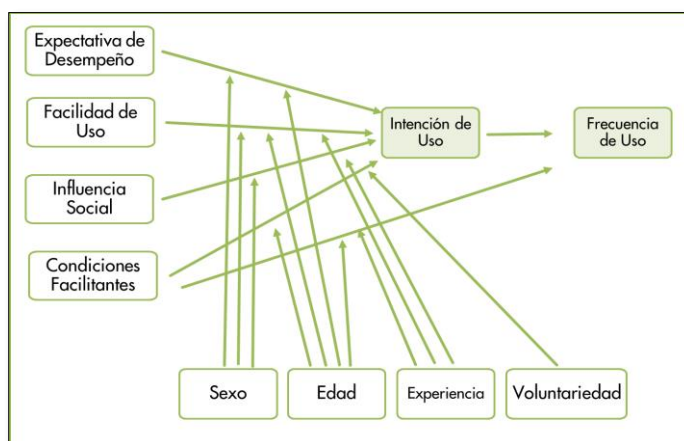


Figura 1.6: Esquema de relaciones de algunos constructos de la UTAUT.

<sup>a</sup> En Psicología, cualquier entidad hipotética de difícil definición dentro de una teoría científica; un constructo es algo de lo que se sabe que existe, pero cuya definición es difícil o controvertida (p.ej. inteligencia, personalidad, creatividad).

a) *Expectativa de Desempeño (PE)*

Se define como el grado en el que un individuo cree que el sistema le ayuda a obtener beneficios en el trabajo. Este constructo es considerado como uno de los principales determinantes a la hora de aceptar la incorporación de una TIC y parece estar moderado por la edad y el género<sup>124</sup>.

El modelo UTAUT<sup>120</sup> propone a modo de ejemplo una serie de ítems a evaluar por encuestados:

- encuentro útil el sistema en mi trabajo.
- el uso del sistema me permite realizar tareas más deprisa.
- el uso del sistema aumenta mi productividad.
- si usara el sistema mejoraría mis oportunidades de ascender.

b) *Facilidad de Uso (EE)*

La facilidad de uso se define como el grado de sencillez que proporciona el sistema para poder realizar las tareas encomendadas. Al igual que en el apartado anterior, la UTAUT establece que se encuentra moderada por el género y la edad.

La propuesta de ítems UTAUT para evaluar este constructo sería:

- mi interacción con el sistema es clara y comprensible,
- es fácil hacerse "hábil" con el sistema.
- es fácil de usar.

c) *Influencia social (SI)*

Se define por el grado en el que un individuo percibe que otros compañeros o superiores le "presionan" a usar el nuevo sistema. Su importancia es difícil de establecer

puesto que en lugares en los que existe una obligatoriedad de uso de la tecnología sólo parece ser importante en las primeras etapas. La UTAUT sugiere que la influencia social está moderada por el género.

La propuesta de ítems UTAUT para evaluar este constructo sería:

- personas que influyen en mi comportamiento piensan que debería usar el sistema.
- personas que son importantes para mí piensan que debería usar el sistema.
- en general la organización ha avalado el uso del sistema.

d) *Ansiedad (Anx)*

La utilización del sistema queda condicionada por la actitud con la que el usuario se “enfrenta” al sistema. Obviamente un grado de ansiedad alto contribuirá a una mala percepción del mismo.

La propuesta de ítems UTAUT para evaluarlo sería:

- me siento inseguro usando el sistema.
- me da miedo pensar que pueda borrar una gran cantidad de información.
- dudo en usar el sistema por si cometo errores que no pueda corregir.

e) *Actitud para el uso (ATT)*

Se define como una reacción afectiva generalizada al usar un sistema. Se corresponde con sentimientos positivos o negativos por parte de un individuo a la hora de realizar la tarea.

La propuesta de ítems UTAUT para evaluar este constructo sería:

- usar el sistema es una mala/buena idea.

- usar el sistema es una tontería/inteligente.
- usar el sistema me resulta desagradable/agradable.

f) *Condiciones facilitadoras (FC)*

La utilización del sistema puede ser influida por el contexto en el que se provee la atención al usuario; se define como el grado en el que un individuo cree que existe una infraestructura técnica y organizativa para prestar soporte al sistema. Este constructo parece estar condicionado por los moderadores edad y experiencia.

La propuesta de ítems UTAUT para evaluarlo sería:

- tengo los requisitos para usar el sistema.
- tengo el conocimiento necesario para usar el sistema.
- el sistema no es compatible con otros sistemas que uso.
- una persona específica o grupo está disponible para mi asistencia con las dificultades del sistema.

g) *Eficacia propia (SE)*

La eficacia propia sirve para valorar el grado en el que la persona se considera "hábil" en el uso de las tecnologías informáticas.

La propuesta de ítems UTAUT para evaluarlo sería:

- podría completar mi trabajo incluso si no existiera nadie alrededor que me ayudara con el sistema,
- podría completar mi trabajo usando el sistema si dispusiera de mucho tiempo para ejecutar el trabajo para el que está diseñado el software.



#### h) *Intención Conductual (BI)*

Se define como la probabilidad subjetiva de que un individuo se comprometerá con un comportamiento dado. Evalúa la intención de utilización del sistema (“Behavioral Intention”).

La propuesta de ítems UTAUT para evaluarlo sería:

- tengo intención de usar el sistema en los siguientes meses.
- predigo que usaré el sistema en los siguientes meses.

En el caso de implantación de tecnologías “obligatorias” desde el punto de vista institucional, las respuestas a las preguntas anteriormente formuladas son equivalentes a la frecuencia de uso del sistema, puesto que, aunque no existiera realmente “intención” de uso no existe más alternativa que su utilización. En por ello que consideramos más adecuado plantear en una encuesta un ítem que evalúe de forma más clara la intención real de uso del sistema, es decir no por “obligación”.

Las teorías anteriormente expuestas focalizan su evaluación en analizar cuál de los constructos estudiados son los realmente predictivos de la intención y frecuencia de uso de una tecnología que se implanta; no tratan de establecer cuál de ellos se pueden considerar escalas de éxito, estableciendo implícitamente que el éxito en la implantación de una tecnología es su frecuencia e intención de uso. Sin embargo Duyck et al.<sup>118</sup> sí independizan varios que consideran verdaderas **escalas de aceptación** de una tecnología a implantar: la expectativa de desempeño (PE), la facilidad de uso (EE), la actitud para el uso (ATT) y la ansiedad (ANX).

#### 1.2.3. *Evaluación Organizativa.*

Los sistemas PACS son sistemas diseñados para operaciones directas informáticas, pero su uso no ha contribuido en muchas instalaciones a mejorar los procesos asistenciales, ni aun habiendo conseguido la operación en modo “filmless” (sin

película)<sup>125</sup>. Por ello se hace necesario adoptar una metodología que permita evaluar la madurez de dichos sistemas en el sentido de adecuación a las diversas realidades organizativas y en la mejora de los procesos existentes.

No es hasta el final del siglo XX, cuando comienzan a existir SIS maduros desde el punto de vista tecnológico, en los que se intenta realizar una evaluación enfocada a los asuntos organizativos <sup>126</sup>. Autores fuera del sector de la salud, como Davenport <sup>127</sup>, establecen la necesidad de desarrollar índices que valoren la capacidad que tienen los SIS de transformar los procesos (industriales). Para ello proponen varios tipos de indicadores: de estructuración (p.ej. número de procesos desorganizados convertidos en transacciones rutinarias), geográficos (p.ej. número de procesos que hagan independientes las geografía de la realización del proceso, de automatización (p.ej. número de procesos en los que se reemplaza la labor humana) e indicadores de desintermediación (p.ej. número de procesos que permiten conectarse a dos agentes previamente “separados”). En el caso de un servicio de radiología podríamos identificar varios procesos en los que se puede intervenir, como por ejemplo las listas de trabajo que deben ser originadas para cada modalidad (con el objetivo último de evitar la captura de datos de forma manual) o los sistemas de revisión de estudios radiológicos previos <sup>128</sup>.

En el sector de la salud, y para los Sistemas de Información Hospitalarios (HIS), Haux <sup>129</sup> considera que se pueden suponer maduros si cumplen con una serie de características:

- Están contruidos sobre sistemas globales de información, al modo de “Cloud Computing”, frente a arquitecturas locales.
- Se produce un uso del SIS tanto por profesionales como de los pacientes.
- Se usan los datos no solo para propósitos administrativos y de atención del paciente, sino también para la investigación clínica y la planificación en salud.

- Se focalizan los objetivos del SI, no tanto en la resolución de problemas técnicos, como en la gestión del cambio y la información estratégica, usando lo que conocemos hoy por tecnología de “big data”<sup>130</sup>
- El cambio de gestión de datos, fundamentalmente alfanuméricos, a imágenes clínicas e incluso datos moleculares.

En este mismo sentido, la Healthcare Information and Management Systems Society (HIMSS) construye una buena herramienta para el análisis y clasificación de las funcionalidades de la Historia Clínica Electrónica (HCE) alcanzadas por las instituciones de salud: el Modelo de Adopción HIMSS. Con este modelo (de madurez) la HIMSS propone cuantificar el grado de avance HCE en las organizaciones Tabla 1.2. Como podemos ver, la presencia de un sistema de radiología digital con disponibilidad de imágenes en la HCE eleva la madurez de la organización hasta el nivel 6. En la encuesta realizada por dicha organización, en el año 2010 y en los Estados Unidos, solo el 20% de las instituciones encuestadas se encontraba en nivel 4 o superior <sup>131</sup>.

Nivel	Características de las funcionalidades alcanzadas
7	La organización no usa papeles en el contexto del uso de una HCE.
6	Implementación del ingreso de datos por medio de plantillas en al menos un área de Servicios. Posee un sistema de radiología digital con disponibilidad de imágenes en la HCE. La información clínica puede ser compartida por medio de estándares de intercambio de datos. Este estadio permite a las organizaciones intercambiar efectivamente los datos clínicos de sus pacientes con otras organizaciones. Posee bases de información que posibilitan la agregación de datos clínicos tanto en la captura como en el análisis Utiliza técnicas de inteligencia de negocios como data warehouse y minería de datos (data mining) para capturar y analizar los datos. Mejora los protocolos de atención por medio de soporte para la toma de decisiones.
5	Sistema de prescripción electrónica completamente implementado en al menos un servicio clínico. Cuenta con funcionalidades de autoidentificación por código de barras o radiofrecuencia en el contexto de un sistema de farmacia integrado para maximizar la seguridad de los pacientes.
4	Sistema estructurado de órdenes médicas implementado y almacenamiento de los informes en un repositorio de datos clínicos común. Segundo nivel de soporte para la toma de decisiones relacionado con protocolos de medicación implementado.
3	Sistema de documentación clínica implementado (por ejemplo, signos vitales, notas de enfermería, balance y prescripciones médicas) en al menos un servicio médico. Primer nivel de sistema de soporte para la toma de decisiones implementado en cuanto al chequeo de errores en el ingreso de las prescripciones (por ejemplo, detección de interacciones droga-droga, droga-enfermedad, droga-laboratorio, droga-alimentos, duplicaciones y otros). Algún nivel de acceso a radiología digital por medio de redes seguras o intranet institucional pero no integrado en la HCE.

2	Envío de informes de efectores de exámenes complementarios a un repositorio de datos clínicos común que permite el acceso de los profesionales. Soporte de toma de decisiones rudimentario (chequeo de duplicaciones). Utilización de terminologías clínicas controladas. La información escrita sobre imágenes se relaciona con el repositorio de datos clínicos (no las imágenes).
1	Sistemas departamentales instalados (laboratorio, radiología y farmacia, entre otros)
0	Sistemas departamentales no instalados

Tabla 1.2. Niveles de Madurez de la HIMSS

En el ámbito que nos ocupa, y para la implantación de sistemas PACS, Van de Wetering et al.<sup>132,133</sup> plantean un método de medida de la madurez de un sistema PACS, denominado PMM (“PACS maturity model”). Tras una exhaustiva revisión de la literatura, estos autores identifican 3 “tendencias” en los aspectos organizativos tras la implantación de un sistema PACS: mejora de procesos radiológicos-hospitalarios, integración-innovación y PACS de empresa-Historia Clínica Electrónica; planteando la existencia de 5 niveles de madurez (Figura 1.7):

a) *Nivel 1 (Infraestructura):*

El sistema tan solo provee de los niveles básicos de gestión de la imagen: adquisición, almacenamiento, distribución y presentación. En este nivel se presentan muchos problemas debido a la ausencia de estándares que permitan la transmisión de información. Sería, a nuestro modo de entender, un nivel de nula madurez, y solo podría explicarse en implementaciones que se hayan realizado en periodos anteriores a la adopción de estándares como DICOM y de iniciativas como IHE<sup>134</sup>.

b) *Nivel 2 (Procesos PACS):*

En este nivel se incluyen la optimización de las tareas básicas del nivel 1, incorporándose procesos de calidad y comienza la integración con otros sistemas fuera del departamento de radiología. Sin embargo, el foco del SIS está todavía en la gestión de las imágenes y se enfoca menos a la gestión de flujos intrahospitalarios. La transición a la operación “filmless” es poco efectiva.

c) *Nivel 3 (Capacidades clínicas)*

La madurez del sistema debe proporcionar el acceso a imágenes vía web a todo un hospital. Existe integración entre los sistemas PACS-RIS-HIS, se puede controlar el flujo de trabajo de las actividades realizadas sobre el paciente y existen herramientas de teleconferencia o consulta, así como de “e-learning”. La evolución a este nivel requiere que se extienda la visión más allá de los datos de imagen y el sistema PACS. Comienza a ser amortizado por la capacidad de ofrecer imágenes y documentación asociada a los clínicos, salas de cirugía y en algunos casos fuera de los límites del hospital.

d) *Nivel 4 (Integración, gestión innovación):*

En este nivel el sistema tiene mecanismos de control estadístico y cuantitativo, de ayuda al diagnóstico, permite el intercambio entre diferentes “empresas”, existe un inicio en la integración con el Registro Electrónico de Paciente o “electronic Patient Record” (ePR), se tienen herramientas de “data mining” y permite la colaboración clínica. Este nivel constituye realmente un puente entre la optimización de procesos clínicos del PACS y la adopción de más alcance que supondría la conexión ePR y el PACS “empresarial”.

e) *Nivel 5: (Cadena optimizada “en la empresa de salud”).*

En este nivel ya existe una integración completa con el ePR y existen procesos de mejora continua.

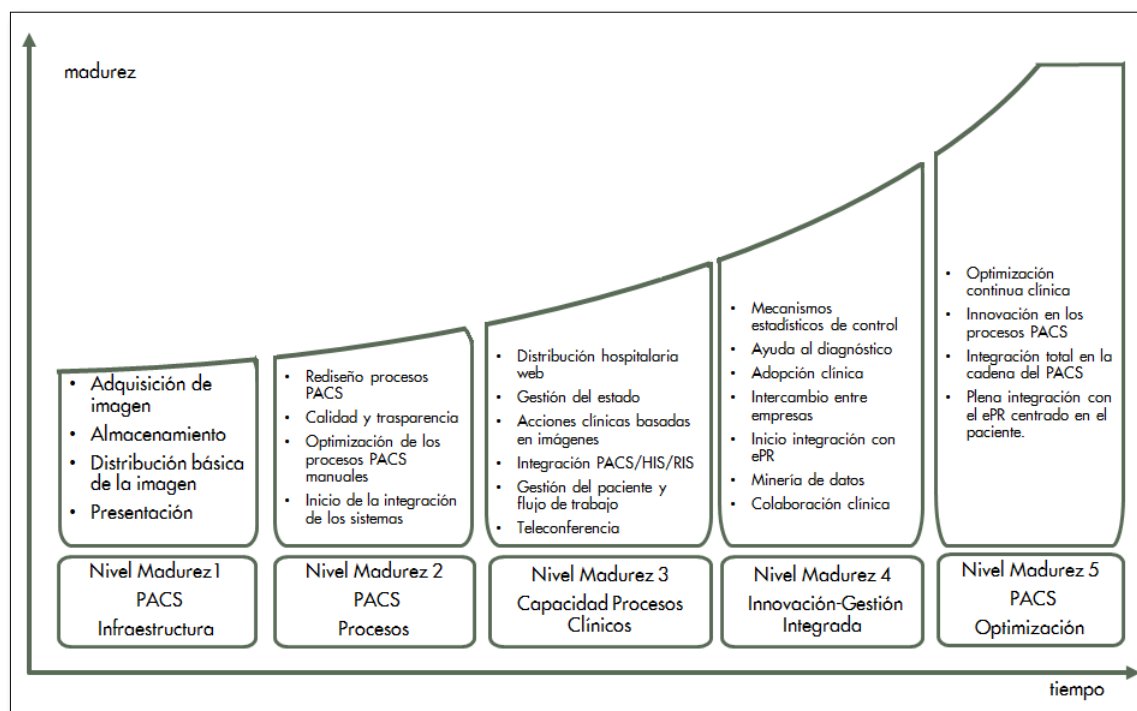


Figura 1.7 Gráfico de Escala de Madurez. Adaptada de Van de Wetering, 2009. International journal of medical informatics<sup>132</sup>.

#### 1.2.4. Evaluación Económica.

La evaluación de los costes económicos de un proyecto de sistemas PACS fue un objeto de importante interés para los diferentes investigadores en los inicios de los años 90 del pasado siglo XX<sup>135</sup>. En este sentido se recogen bastantes trabajos en los años sucesivos en los que se demuestra que la implantación de estos sistemas es coste-efectiva, al producirse un ahorro significativo en los costes derivados del uso de la placa radiológica convencional<sup>42,43,136-139</sup>. Algún autor informa que los costes operativos de un PACS son discretamente mayores que los de la era tradicional, aunque acaba concluyendo que los beneficios van más allá de los medibles financieramente: mejora de la eficiencia, mejora de la productividad, etc.<sup>140,141</sup>; sin embargo, existen trabajos que demuestran la coste-efectividad de este tipo de proyectos calculando el ahorro que produce la disminución de la estancia media hospitalaria por la mejor eficacia de los procesos extradepartamentales<sup>142</sup>.

Pero la realidad actual nos demuestra que la evolución tecnológica hace que hoy día sea imposible adquirir sistemas radiológicos “analógicos” (de la misma forma que se hace muy difícil adquirir cámaras fotográficas convencionales) y que la decisión de instalar un PACS se ha convertido en una decisión estratégica, tanto para entidades privadas (que quieran mantenerse en el mercado de salud) <sup>128</sup> como para entidades públicas (que quieran ofertar servicios sanitarios a poblaciones con alto grado de dispersión).

Por tanto debemos considerar que la evaluación económica de estos proyectos se debe realizar en la fase de toma de decisión y no a posteriori), por los altos costes financieros del proyecto <sup>111</sup>.

## 2. OBJETIVOS

A finales del año 2001 se crea el Servicio Extremeño de Salud (SES) como organismo autónomo de la Junta de Extremadura para ejercer las competencias en materia de prestación de servicios sanitarios que le sean encomendadas bajo los principios de economía, eficacia, eficiencia, jerarquía, desconcentración y descentralización, coordinación, armonización, solidaridad, participación y equidad <sup>143,144</sup>. Estos principios orientan todas sus estrategias e incluyen a los Sistemas de Información, por lo que en el año 2002 se decide acometer la tarea de adaptarlos utilizando como mecanismo un Plan de Sistemas de Información (PSI) <sup>145</sup>. Este plan se constituye como el medio que identifica el soporte tecnológico y elabora el modelo bajo el que integrar todos los subsistemas existentes en la organización. En él se dejó definido un plan de acción de entre cuyos objetivos destacamos el proyecto de transformación digital de los servicios de Radiodiagnóstico de nuestra comunidad: proyecto Zurbarán <sup>74</sup>.

Es en este marco en el que construimos los 3 objetivos primordiales de esta Tesis:

- a) Implementación del proyecto Zurbarán.
- b) Adecuación del proyecto Zurbarán al modelo general propuesto en el PSI.
- c) Evaluación de los aspectos tecnológicos, de aceptación de usuarios <sup>120</sup> y de madurez <sup>132</sup>.

### *2.1. IMPLEMENTACIÓN PROYECTO ZURBARÁN.*

- Adecuación de todos los servicios de Radiodiagnóstico a la era digital, esto es, convertir todas las modalidades diagnósticas en generadoras de imagen en formato DICOM, incluyendo a la radiología convencional.
- Implantación de los elementos hardware y software imprescindibles para poner en marcha un sistema de información de Radiología, tanto en lo que



atañe a la gestión de los procesos como a la gestión de las imágenes generadas en dicho departamento.

- Adecuación de toda la infraestructura de red de telecomunicaciones del SES para soportar la transmisión de imágenes médicas.

## *2.2. ADECUACIÓN AL MODELO DEL PLAN DE SISTEMAS DE INFORMACIÓN*

En el modelo lógico del Plan de Sistemas de Información del SES se describían como objetivos los siguientes:

- Consecución de: a) una Historia Clínica Electrónica (HCE) única por paciente del SES, b) accesible para todos los profesionales (independientemente del nivel asistencial y de la unidad organizativa en la que presten servicio) y c) disponible según los criterios de consulta y visualización que se establezcan para cada uno de los perfiles de usuarios. El paciente deberá ser único para el sistema y, también, la organización deberá ser única para el paciente.
- Un dato determinado sólo deberá ser introducido una vez en un Sistema de Información, haciéndolo disponible al resto de sistemas que lo precisen sin necesidad de que se vuelva a introducir de nuevo. Del mismo modo, el dato sólo debe mantenerse (actualización o borrado) en un solo sistema.
- Deberá estar normalizado en la identificación:
  - De pacientes
  - De pruebas radiológicas
  - De materiales
  - De productos farmacéuticos
- Deberá adoptar la iniciativa “Integrating the Healthcare Enterprise” (IHE) como marco de interoperabilidad entre los propios subsistemas del SES y sistemas externos.
- Deberá considerar a cada Servicio de Radiodiagnóstico como un servicio para su Área de Salud y para la región.

### *2.3. EVALUACIÓN*

Se evaluarán los diferentes aspectos del proyecto una vez concluida su implantación y transcurrido un tiempo importante (de 2004 hasta 2014). Esto nos permitirá hacernos una idea de aspectos tan relevantes como: la implantación tecnológica, la aceptación por parte de los usuarios y la madurez del sistema de información.

### 3. MATERIAL Y MÉTODO

#### 3.1. CREACIÓN DEL SISTEMA PACS (PROYECTO ZURBARÁN).

En el año 2003, la Subdirección de Sistemas de Información del SES, de la cual yo era Subdirector, presentó a la Gerencia del SES un proyecto PACS “Enterprise” cuyos objetivos eran los avanzados anteriormente y que consistían básicamente en la implementación de un proyecto denominado “Proyecto Zurbarán”, bajo las premisas del Plan de Sistemas de Información del SES.

En el primer trimestre de 2003 la Junta de Extremadura formalizó el contrato de servicios y adquisición tecnológica para el SES para el desarrollo de dicho proyecto. El pliego de prescripciones técnicas se estructuró en dos grandes apartados: la adquisición e implantación de hardware y software por un lado y, por otra, la realización de servicios de integración de dicho proyecto con los Sistemas de Información Sanitario del SES. El montante total del proyecto ascendía a casi 6.000.000 €. La decisión de dicha adquisición se consideró de carácter estratégico por la Dirección Gerencia del SES.

En este pliego se hacían expresos, por vez primera en España, requerimientos de interoperabilidad IHE (Figura 3.1).

**REQUERIMIENTOS DE INTEROPERABILIDAD**  
**FORMULARIO DE CARACTERÍSTICAS IHE**

**Compañía:** Representante de la Compañía: Tel: Fax:

**Dirección:** Persona de Contacto Compañía en España: Tel: Fax:

**E-mail:** Persona de Contacto de IHE en España: Tel: Fax:

1. Por favor, indique la información necesaria de los sistemas / productos que son objeto del pliego.

Perfil	Estabilidad	Patient Information Workflow	Consent Management	Presentation of Grouped Images	Access to Radiology Information	Key Image Views	Single Image and Volume Report	Post Processing	Batch Security	Charge Posting
Image Create					YES					
Image Change			OK		YES	OK				
Image Manage / Archive	YES	YES								
DIR: Order Place										
DIR										
Report Create										
Order Place										
Post Composite										
Post Series										
Report Manage										
Report Retrieve							YES	YES		
Report Retrieve								YES		
External Report Repository										
Enterprise Report Repository										
Informal Procedure Step	YES	YES								

YES: Implementado hasta Conexión de este año OK: Soportado en último Conexión 2002 Octubre. Perfil no soportado según http://www.ihe.org

Figura 3.1: Documento de requerimientos IHE para adquisiciones del SES.

Los requisitos de cumplimiento IHE no solo se aplicaron a la compra de la tecnología del proyecto Zurbarán sino también a todas las modalidades diagnósticas del SES, adaptando todas a la era digital. Con motivo de un Plan Extraordinario de Adquisiciones, también se compraron 10 Computed Radiography (CR) y un Direct Radiography (DR), que junto con las unidades ya existentes en los servicios de Radiología de la región consiguieron digitalizar todas las salas de radiología convencional hospitalarias del SES.

### 3.1.1. Implementación Tecnológica

Para la implantación de todos los elementos hardware y software se elaboraría un cronograma de implantación del proyecto que contemplase tanto las acciones a desarrollar en los SSCC del SES como en los diferentes hospitales. (Figura 3.2).

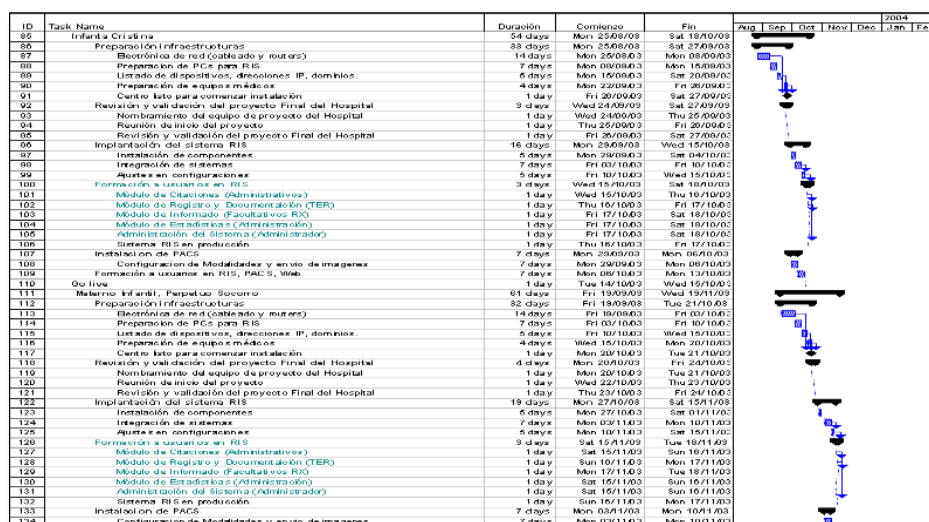


Figura 3.2: Cronograma de implantación Proyecto Zurbarán

En este sistema de implementación se deberían contemplar los siguientes aspectos:

- a) *Hardware y software:*

Los trabajos en SSCC del SES consistirían en la instalación y configuración de los servidores del proyecto en el Centro de Proceso de Datos (CPD). Este hardware debía estar contituido fundamentalmente por servidores PACS, servidores RIS, servidores de reconocimiento de voz y sistemas de almacenamiento.

El sistema de almacenamiento debía configurarse utilizando memorias a “corto plazo” y “largo plazo”. Para el “corto plazo” debíamos contar con un sistema SAN con capacidad de archivo de hasta 10 TB y un almacenamiento a “largo plazo” no robotizado de alta capacidad con escalabilidad hasta 5 PB (tipo Content Addressed Storage, CAS, Centera®). Esta memoria de “largo plazo”, presentaría dos características muy ventajosas para un proyecto PACS: a) es un sistema de almacenamiento con una velocidad de recuperación de estudios lo suficientemente rápida que evitara el engorroso “prefetching”<sup>83,84</sup> y b) sería lo suficientemente asequible para no encarecer el proyecto de forma inasumible financieramente. La configuración del sistema quedaría diseñada esquemáticamente como en la Figura 3.3 y la Figura 3.4.

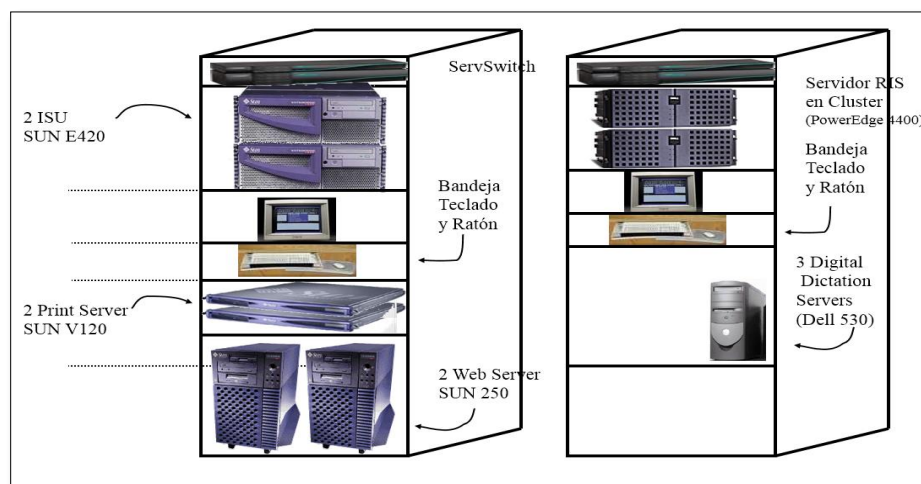


Figura 3.3. Configuración de 2 armarios con estanterías para servidores de software



Figura 3.4. Configuración en red de sistemas de almacenamiento

En cuanto a los trabajos desarrollados en los hospitales, éstos deberían consistir en: a) la preparación de la infraestructura, b) instalación de componentes (estaciones de trabajo y sistemas de conexión con el PACS), c) integración de modalidades diagnósticas con el sistema y d) en la formación de los usuarios.

b) *Sistemas de telecomunicación:*

El proyecto Zurbarán debía estar sincronizado con el proyecto IterSalud, también liderado por la Subdirección de Sistemas de Información Sanitaria, y cuyo objetivo principal es la renovación de los sistemas de redes WAN y LAN del SES.

Un resumen de este proyecto, que nos representa la dimensión del mismo, se expone en la Tabla 3.1.

ITERSALUD	
Redes LAN:	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Instalación de unos 1900 puntos de cableado estructurado de categoría 6 con instalación eléctrica dedicada en centros de salud (CCSS) y consultorios.</li> <li>• Mejora de electrónica de red en CCS (100 Mbps)</li> <li>• Mejora de electrónica de red en todos los Hospitales (1 Gbps)</li> </ul>

### Redes WAN:

- Conexión de CCSS con centro proceso de datos (CPD) de SSCC (2 Mbps).
- Conexión de hospitales con CPD (>34 Mbps, para originar el "backbone" del SES).

Tabla 3.1. Principales "hitos" de la red del SES.

Estos datos incrementarían el ancho de banda de los Centros de Salud 35 veces y 60 veces el ancho de banda de los Hospitales en comparación con la estructura de red que se heredaba del extinto Insituto Nacional de la Salud (INSALUD), al recibir las transferencias en materia sanitaria (Figura 3.5).

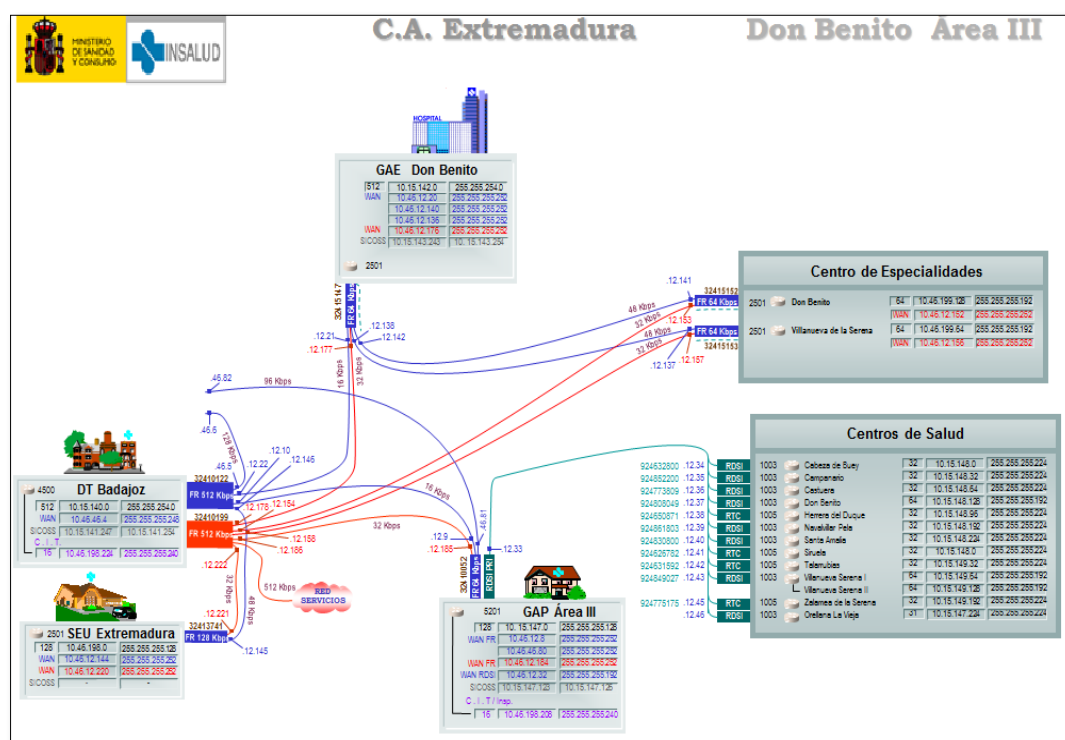


Figura 3.5. Esquema de conectividad del INSALUD para la gerencia de Área de D. Benito. Año 2001.

Para conseguir llegar al modo "filmless" se debía proceder a, mediante distintos proyectos, la compra e instalación de más de 6000 PCs, que renovarían el escaso y deteriorado parque existente y dotase de nuevos PCs a los lugares donde no existían.

### c) Gestión de las TICs

Finalmente, y como plan necesario para dar soporte a todos estos proyectos tecnológicos, la subdirección de Sistemas de Información creó el Centro Distribuido de Asistencia Técnica de Extremadura (CDATEX). Este proyecto debía poner en marcha todos los elementos necesarios para monitorizar y dar soporte a los usuarios en el manejo de las TICs, servicio totalmente necesario para la operación de cualquier sistema PACS<sup>147</sup>. Para este servicio se adoptó, como método, el denominado Information Technology Infrastructure Library (ITIL®), que es considerado un estándar mundial y comprende el conjunto de mejores prácticas para la administración de servicios de tecnologías de la información. El sistema se gestionaría con un “Service Level Agreement”<sup>146</sup>, dada la criticidad del mismo, para garantizar una disponibilidad mayor del 99%.



Figura 3.6. Esquema global en red del Proyecto Zurbarán.

El resultado final debía dar lugar a la creación de un sistema PACS “Enterprise” que diese servicio en toda la Comunidad Autónoma Extremeña (cuya extensión geográfica es de 42000 km<sup>2</sup>), y que abarcaría 12 hospitales, 98 centros de salud y 413 consultorios locales; tal y como queda reflejado en la Figura 3.6 (suprimiendo centros de salud y consultorios



### 3.1.2. *Interoperabilidad.*

La imposibilidad de crear un único sistema de información que diera satisfacción a cada una de las necesidades de gestión del SES hizo que en el Plan de Sistemas de Información se identificaran múltiples subsistemas (Figura 3.7).

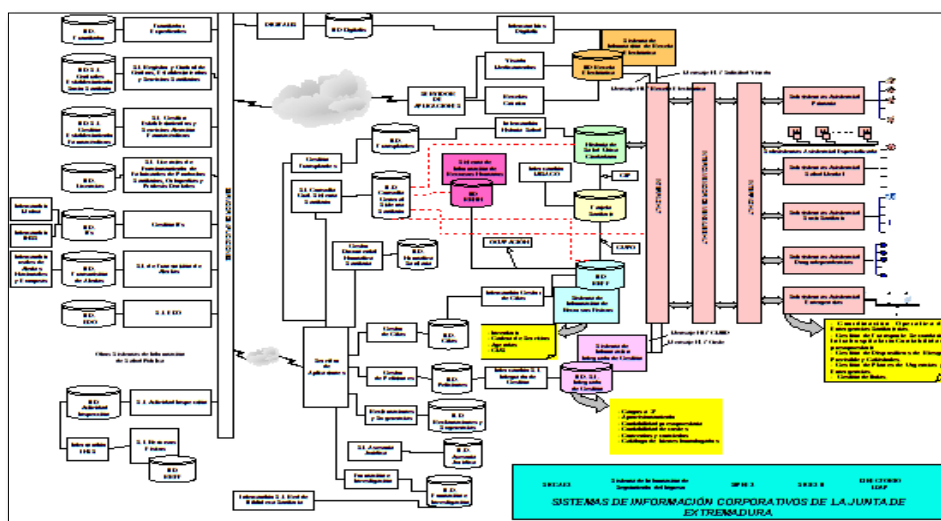


Figura 3.7: Esquema donde se representan los múltiples subsistemas detectados en el PSI del SES.

De entre los múltiples subsistemas identificados, la Historia Clínica Electrónica (HCE) es el principal y obviamente el más útil para la atención sanitaria. Aunque se puede afirmar que la HCE no es única, al estar compuesta por historias parciales distribuidas con una visión y un formato de acuerdo al origen <sup>148</sup>, no es menos cierto que debe ser única (al constar de datos únicos) por y para el paciente.

Para poder conseguir este objetivo se hizo necesaria la interoperabilidad que evitaría la duplicación de datos y que, además, permitiese la creación de nuevos flujos de trabajo e información tanto intra como interdepartamentales, mejorando la eficiencia de estos.

En este sentido, y dentro del ámbito de los departamentos de Radiología, la interoperabilidad debería facilitar la gestión de flujos de información de la cadena de generación de imágenes e informado; pero también, interactuando con subsistemas externos, teniendo la posibilidad de recibir directamente las solicitudes de dichos

procedimientos<sup>149-151</sup>. Es aquí donde la iniciativa IHE se convertiría en nuestro marco de referencia<sup>74,104,152</sup>.

Sin embargo la interoperabilidad no se consigue con la simple adopción de IHE como marco de trabajo. De hecho, la adopción de esta iniciativa marca el uso de dos normas de gran importancia en la informática médica actual: DICOM y Health Level 7 (HL7), pero obligando a las instituciones que las adopten a la “normalización” de ciertos datos (p. ej. la identificación de los pacientes). Es por ello, que se optaría por que la base de datos poblacional de la Consejería de Sanidad de Extremadura, denominada CIVITAS, se convirtiese en el sistema gestor de la identificación de pacientes. No obstante, la adopción de este sistema como gestor único de identificación de pacientes conllevaría dos problemas que debieran ser solventados en los inicios del proyecto:

- El identificador de paciente, denominado Código de Identificación Personal (CIP) consiste en una cadena alfanumérica de hasta 15 caracteres (en términos numéricos tendría una capacidad de archivar hasta 100 billones de historias clínicas). Esta longitud no estaría contemplada en el software de algunas modalidades diagnósticas (de fabricantes específicos), por lo que en principio no estaban preparadas para recibir la “lista de trabajo” o “DICOM worklist” desde un sistema externo. Sin embargo, en la definición del estándar DICOM<sup>153</sup>, se explicita con claridad que el “Patient ID” (Identificador de paciente) tiene un “VR=LO”, esto es, que admite hasta 64 caracteres..
- En España, se considera al segundo apellido como un atributo imprescindible (si lo hubiere) para la correcta identificación de los pacientes. Pero los estándares informáticos usados en la iniciativa IHE, fundamentalmente HL7, heredan el modelo anglosajón en el que no existe. Para solventar este problema, personal de la Subdirección de Sistemas de Información del SES participaría activamente en los grupos de trabajo de IHE España para, entre otros aspectos, determinar en qué campo se

incluiría el segundo apellido. Como resultado de este trabajo, la iniciativa incluyó en sus primeros documentos este importante requisito<sup>154</sup> (Figura 3.8).

	Identifier Type Code	Namespace ID	HL7 PI
PID-5 Patient Name	Family Name	Surname	Fernández
	Given Name		Manuel
PID-6 Mother's Maiden Name	Family Name	Surname	Ferrer
	Given Name		
PID-11 Patient Address	Street Address	Avenida Alange 8 4º-3ª Escalera B	
	Other Designation		
	City	06083	
	State or Province	06	

Figura 3.8: El segundo apellido se incorpora en el segmento "PID-6 Mother's Maiden Name". Véase que el ejemplo aportado pertenece a un hipotético paciente extremeño.

La configuración de interoperabilidad adoptada por el proyecto debería quedar construida para materializar el perfil "Scheduled Workflow" o flujo de Citación de IHE 63,80,99,98,101,155, que consiste en las tareas definidas en Figura 3.9; la implementación de este perfil mejoraría no solo la eficacia de los flujos de trabajo en el ámbito intradepartamental del servicio de Radiología sino también a nivel extradepartamental, intra o interhospitalario<sup>156</sup>.

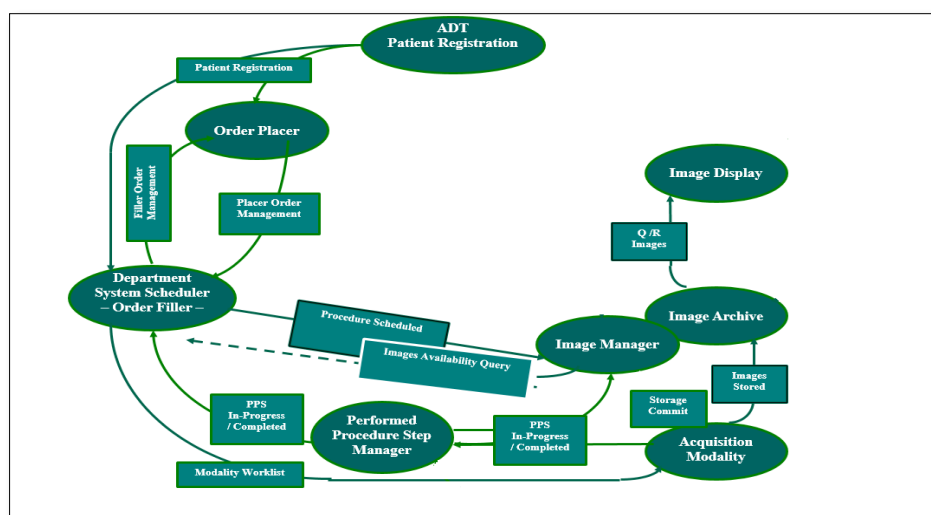


Figura 3.9: Diagrama del Perfil 1 IHE. IHE Radiology Technical Framework.

En IHE se definen actores y transacciones, pero se elude asignar a un SIS concreto (RIS, PACS, HCE, etc) qué actor le corresponde. En el proyecto Zurbarán se asignaría a cada sistema de información participante en este perfil (RIS, PACS, Jara, Civitas, Modalidad diagnóstica) un actor de IHE (Tabla 3.2).

Actor	Definición*	Sistema
Modalidad diagnóstica	Cualquier sistema que adquiere y crea imágenes médicas estando el paciente presente.	CT, MRI, US
Registro Paciente en Admisión	Sistema responsable de añadir y/o actualizar información demográfica del paciente y la nueva información encontrada.	CIVITAS, Jara
Emisor de órdenes	Un sistema de hospital o de empresa que genera órdenes para varios departamentos y las distribuye al departamento correcto.	Jara
Realizador de Órdenes	Realizador de órdenes clínicas para ser programadas	Jara
Repositorio de informes	Sistema que recibe la exportación de informes estructurados desde el Gestor de Informes y los almacena	Jara
Creador de Informes	Sistema que genera y transmite el borrador (y opcionalmente definitivo) informes de diagnóstico.	RIS (Zurbarán)
Archivo de imágenes	Sistema almacena a largo plazo objetos de evidencia tales como imágenes, estados de presentación, Anotaciones sobre Imágenes Clave y Documentos de Evidencia	PACS (Zurbarán)
Visualizador de imágenes	Sistema que ofrece visualización de estudios de pacientes. Además, puede soportar la recuperación y visualización de los objetos de evidencia seleccionados incluyendo conjunto de imágenes, estados de presentación, Anotaciones sobre Imágenes Clave, y/o Documentos de Evidencia.	PACS (Zurbarán)
Gestor de imágenes	Sistema que proporciona funciones relativas a almacenamiento seguro y gestión de los objetos de evidencia.	PACS (Zurbarán)
Gestión de pasos de los procedimientos realizados	Un sistema que redistribuye la información de los Pasos de Procedimientos Realizados de la Modalidad desde la Modalidad de Adquisición	RIS (Zurbarán)

Tabla 3.2. \*Adaptada de Chavarría, M. <sup>148</sup>

### 3.1.3. *Funcionalidades del sistema*

El sistema implantando debería proveer a los departamentos de Radiología del SES de herramientas para la citación, la realización de los exámenes, el almacenamiento de los estudios y el diagnóstico e informado de ellos.

El sistema debería proveer <sup>136</sup> los medios para a) gestionar las citas, planificar agendas y las distintas salas de un servicio de Radiología de un modo ágil, flexible y adecuado para cada servicio/usuario, b) integrar el módulo de informado y de dictado digital (o reconocimiento de voz), sin detrimento de la utilización de plantillas en el mismo informe, c) acceder a los informes históricos a tiempo real<sup>157,158</sup>d) ser capaz de monitorizar el estado de cada prueba en tiempo real: solicitud, cita, admisión, en curso y finalización del procedimiento, e) registrar fallos y anulaciones, f) anotar el personal responsable del proceso y el material consumido y, finalmente, g) proveer el informe radiológico final al SIS responsable de su almacenamiento y presentación.

En cuanto a la gestión de informes el sistema debía: a) controlar el proceso de informado (dictado, escritura, corrección y validación), b) permitir la utilización de informes tipo y la utilización de reconocimiento de voz y c) incluir sistemas de codificación para su posterior análisis.

El sistema también debería proporcionar sistemas de facturación (para contabilidad analítica) y los datos necesarios para la elaboración de un cuaderno de mandos.

Además de todas estas funcionalidades, que son comunes a todos los RIS, el sistema debería garantizarlas para poder ejecutarlas en un entorno de departamentos de Radiología situados en diferentes hospitales; por ejemplo, un radiólogo del Complejo hospitalario de Badajoz (CHUB) debería poder trabajar con listas de trabajo diferentes cuando ejerza su actividad en el Hospital Infanta Cristina o en el Hospital Perpetuo Socorro. También deberá permitir que cualquier radiólogo autorizado actúe como tal para otro hospital del SES si así se acuerda (para permitir por ejemplo el informado de estudios urgentes en aquellos hospitales deficitarios de personal).

Obviamente, el sistema también debería permitir la gestión de las imágenes radiológicas. Para ello, el proyecto proporcionaría a los clínicos hardware con capacidad suficiente (con pantallas con una resolución de serie superior a 1 megapíxel) <sup>159</sup> para ejecutar el software con las funcionalidades básicas (Figura 3.10): operaciones de escala

de grises, de Zoom, de “lupa”, medidas en Regiones de Interés (ROI), distancias y ángulos, anotación e identificación de la imagen. No obstante, debían tenerse en cuenta casos especiales que requieren pantallas especiales, como las consultas de algunas especialidades, quirófanos o salas de sesiones clínicas.



Figura 3.10. Cliente PACS con funcionalidades básicas para la revisión de imágenes radiológicas

En el ámbito de las estaciones de diagnóstico primario se debía proveer monitores suficientes para realizar tareas de informado y de revisión de imágenes simultáneos, así como las aplicaciones debían permitir la denominada Sincronización de Contexto. La sincronización de contexto establece el método en el que aplicaciones diferentes se conectan entre sí (transmitiéndose datos de identificación del paciente o estudio) haciendo transparente al usuario la presentación de la información pertinente; un ejemplo de ello es la propuesta del “Clinical Context Object Working” (CCOW)<sup>160</sup> (Figura 3.11).



Figura 3.11 Estación de diagnóstico primario, con monitores de alta resolución y otro para uso RIS.

Los monitores debían tener resoluciones de hasta 5 Mpx, que permitiesen la revisión, sin pérdida de información, de mamografías digitales <sup>161</sup>. Las estaciones de diagnóstico incorporarían el software adecuado para realizar manipulaciones habituales sobre la imagen: presentación ordenada de las imágenes en función del tipo de estudio, paginado de imágenes, operaciones sobre la escala de grises, orientación de la imagen, zoom, pan, lupa, ROIs, medidas de distancia y ángulos, anotación sobre imágenes, identificación de imágenes clave (“Key images”) y procesado 3D básico (reconstrucciones multiplanares y volumétricas).

### *3.2. EVALUACIÓN DEL SISTEMA.*

En el capítulo introductorio ya comentábamos la falta de estudios que en este ámbito abordaran el éxito de este tipo de proyectos desde un punto de vista holístico <sup>109,110</sup>. Por ello, en este trabajo hemos optado por utilizar este método global, evaluando los aspectos tecnológicos, organizativos y de aceptación clínica del proyecto, puesto que creemos nos permitirán definir mejor el éxito de la implantación.

### 3.2.1. *Aspectos Tecnológicos.*

Como el objetivo principal de la valoración tecnológica es evaluar el rendimiento (operacional) del sistema PACS implantado, hemos adaptado los indicadores presentados por Inamura et al.<sup>115</sup>, recogiendo los siguientes índices como evaluadores de las dimensiones del proyecto y de la carga a la que son sometidos los diferentes elementos tecnológicos del sistema.

- a) *Almacenamiento total acumulado en el sistema.*
- b) *Almacenamiento anual (medido en Gb).*
- c) *Número de pacientes/año.*
- d) *Número de exploraciones/año.*
- e) *Número de exploraciones/día.*
- f) *Número de usuarios sanitarios/día que acceden al sistema.*
  - o *Clínicos*
  - o *Radiólogos*
  - o *TER*
- g) *Número de modalidades.*

La recogida de datos para la obtención de estos indicadores se ha realizado consultando las bases de datos del sistema PACS (proyecto Zurbarán) y recopilando información del proyecto. Si bien, para la variable número de usuarios/día que acceden al sistema se ha utilizado una estimación consistente en el producto del número de usuarios existentes por cada fase de implantación del proyecto corregido con un factor derivado del porcentaje de respondientes del ítem de la encuesta (frecuencia de uso autorreportada)<sup>118</sup>.



### 3.2.2. *Aceptación Clínica.*

#### a) *Modelo de Constructos:*

El modelo adoptado para evaluar la aceptación clínica del proyecto ha sido el modelo propuesto por la UTAUT<sup>120</sup>. Dicho modelo consta de los constructos ya referidos, pero que hemos adaptado a nuestra realidad cultural y social, de tal forma que para cada uno de los constructos hemos elaborado los siguientes ítems, que posteriormente se incorporarán a una encuesta enviada a los usuarios:

- *Expectativa de Desempeño (PE).*

“Considera necesaria la implantación de un sistema de radiología digital que facilite su actividad asistencial habitual.”

- *Facilidad de Uso (EE).*

“El programa informático está correctamente diseñado para facilitarme mi actividad asistencial habitual.”

- *Influencia social (SI).*

“La utilización del Proyecto Zurbarán se ha debido en gran parte a la influencia que han tenido en mi mis superiores y/o compañeros.”

- *Ansiedad (Anx).*

“La utilización del sistema me causa actualmente una reacción psicológica próxima a la ansiedad.”

- *Actitud para el uso (ATT).*

“Al comenzar el Proyecto Zurbarán me sentía francamente predispuesto a utilizar un sistema de radiología digital.”

- *Condiciones facilitadoras (atención usuario) (FC).*

"El sistema de soporte a usuarios es adecuado para resolver los problemas que se producen en la operación diaria del mismo."

- *Eficacia propia (SE).*

"Tengo una gran habilidad en el uso de herramientas informáticas."

- *Intención Conductual (BI).*

Como apuntábamos en la introducción, en este constructo hemos preferido reelaborar los ítems evaluadores de tal forma que consigamos discriminar de forma más precisa la intención real de los participantes en el proyecto. En este sentido el ítem elegido fue: "A día de hoy considero que es necesaria la implantación sistemas informáticos que gestionen la radiología digital y me prestaría de manera voluntaria a participar en proyectos que mejoren el mismo."

#### b) *Encuesta:*

Para la evaluar la percepción de los usuarios del proyecto se elaboró una encuesta cuya población objetivo consistía en los 3910 usuarios del sistema, en todas sus vertientes.

Para ello se solicitó permiso, del Director Gerente del SES, para la publicación de la misma en el "Portal del SES" (Portal del Empleado). Esta se realizó mediante la cumplimentación de los formularios ofrecidos por la plataforma Formularios de Google® (Figura 3.12: Primera pantalla del formulario de la encuesta publicado en el portal del SES.Figura 3.12 y Figura 3.13). Aunque los ítems de la encuesta eran iguales, se decidió publicar cuatro categorías diferentes en función del perfil del encuestado: médicos de atención primaria (AP), médicos de atención especializada (AE), radiólogos (RX) y

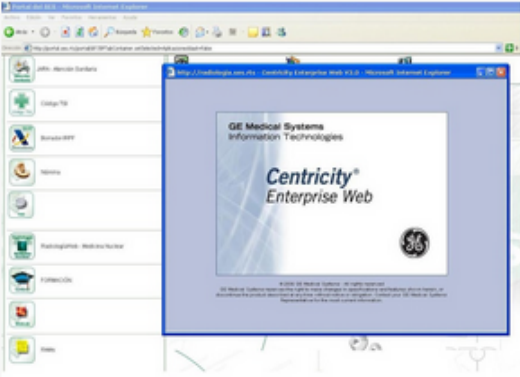
Técnicos de Radiodiagnóstico (TER). La encuesta se publicó el 1 de noviembre de 2014 y cesó la recogida de datos el 30 de noviembre de 2014.

## ENCUESTA DE USO DEL PROYECTO ZURBARÁN

GRACIAS por realizar esta encuesta. No tardará más de cinco minutos en completarla y nos será de gran ayuda para mejorar. Los datos que en ella se consignen se tratarán de forma anónima

La encuesta tiene por fin evaluar una de las herramienta informáticas que el SES pone actualmente a su disposición, que bajo el denominado PROYECTO ZURBARÁN, permite a nuestros profesionales el acceso y la gestión de las imágenes generadas por los distintos servicios de Radiología del SES.

**\*Obligatorio**



Antes de comenzar, por favor, especifique las siguientes cuestiones \*

Mujer

Hombre

¿Cuántos años lleva accediendo a imágenes digitales radiológicas del Proyecto Zurbarán? \*

< 2 años

2 a 4 años

4 a 6 años

6 a 8 años

8 a 10 años

¿Cuál es su edad? \*

50% completado

Figura 3.12: Primera pantalla del formulario de la encuesta publicado en el portal del SES.

ENCUESTA DE USO DEL PROYECTO ZURBARÁN

\*Obligatorio

### ENCUESTA ATENCIÓN ESPECIALIZADA

Clasifique su nivel de satisfacción de acuerdo con las siguientes afirmaciones:

1 = Totalmente en desacuerdo  
 2 = Bastante en desacuerdo  
 3 = En desacuerdo  
 4 = Indiferente  
 5 = De acuerdo  
 6 = Bastante de acuerdo  
 7 = Muy de acuerdo

**1. Considero necesaria la implantación de un sistema de radiología digital (proyecto Zurbarán) para facilitar mi actividad asistencial habitual \***

1 2 3 4 5 6 7

---

Totalmente en desacuerdo        Totalmente de acuerdo

**2. El programa informático del proyecto Zurbarán está correctamente diseñado para facilitarme mi actividad asistencial habitual. \***

1 2 3 4 5 6 7

---

Totalmente en desacuerdo        Totalmente de acuerdo

**3. La utilización del Proyecto Zurbarán se ha debido en gran parte a la influencia que han tenido en mi mis superiores y/o compañeros**

1 2 3 4 5 6 7

---

Totalmente en desacuerdo        Totalmente de acuerdo

**4. El sistema de soporte a usuarios o de gestión de incidencias (CDATEX-Radiología) es adecuado para resolver los problemas que se producen en la operación diaria del mismo.**

1 2 3 4 5 6 7

---

Totalmente en desacuerdo        Totalmente de acuerdo

Figura 3.13: Segunda pantalla del formulario con los ítems definidos para su contestación con la escala de Likert de 7 niveles.

El cuestionario (Figura 3.12 y Figura 3.13) constaba de dos partes: la parte “A”, en la que se incluyen preguntas acerca de las características del encuestado: edad, sexo, y

experiencia de uso del sistema PACS; siendo las siguientes opciones para cada una de ellas: edad (abierto con límites entre los 18-70 años), sexo (mujer, hombre) y experiencia de uso del sistema PACS (<2 años, 2-4 años, 4-6 años, 6-8 años y 8-10 años).

La parte B incluye una sección con preguntas cuya contestación se limita a otorgar una puntuación de 1-7, de acuerdo a la escala Likert; siendo:<sup>122,162-164</sup>

- 1 = Totalmente en desacuerdo.
- 2 = Bastante en desacuerdo.
- 3 = En desacuerdo.
- 4 = Indiferente.
- 5 = De acuerdo.
- 6 = Bastante de acuerdo.
- 7 = Muy de acuerdo.

En la encuesta se incorporó el ítem que recogía la frecuencia de uso autorreportada (con el ítem "Actualmente uso el sistema diariamente"), que si bien no es un constructo propiamente dicho, permite establecer relaciones con los demás constructos y también estimar el uso diario del sistema.

Además, para su posterior análisis por software y mejor representación gráfica, se obtuvieron los valores inversos del constructo ansiedad<sup>162-164</sup>.

### 3.2.3. *Aspectos Organizativos.*

Para la evaluación de los aspectos organizativos del proyecto hemos adaptado el modelo de madurez tecnológica PMM de Van de Wetering et al.<sup>132</sup>. Estos autores representan la relación entre los niveles de madurez tecnológica y los procesos principales asociados mediante una curva (Figura 1.7); sin embargo creemos que se puede representar de forma más eficaz mediante la elaboración de una matriz (Tabla 3.3) en la

que quedarán reflejados los ítems propuestos por estos autores y su equivalencia con el nivel de madurez.

Los ítems recogidos en esta matriz no pueden ser considerados constructos (tal y como abordamos en la evaluación clínica), sino que deben ser considerados requisitos “técnicos” objetivos que se cumplen o no por parte del proyecto. Por ello, la matriz se cumplimentará, tras realizar un análisis pormenorizado de las características del proyecto, representando con un signo positivo el cumplimiento de cada requisito o viceversa. Como se puede observar es un modelo puramente descriptivo, y aunque puede ser interpretado como una acumulación secuencial de “logros”, no define qué pasos deben haber sido dados para superar dichos niveles<sup>165</sup>, aunque sí refleja de forma gráfica la alineación estratégica entre el “negocio” y la tecnología.

	NIVEL 1	NIVEL 2	NIVEL 3	NIVEL 4	NIVEL 5
Adquisición de imágenes					
Almacenamiento					
Distribución de imágenes					
Presentación de imágenes					
Rediseño de tareas básicas					
Optimización de procesos manuales					
Rediseño de procesos con PACS					
Inicio integración con otros sistemas					
Distribución imágenes a nivel hospitalario					
Gestión de carpetas de paciente					
Decisiones clínicas por acceso a imágenes					
Integración HIS/RIS/PACS					
Gestión de flujos de trabajo					
E-learning/Teleconferencia					
Control estadístico					
Ayuda a la decisión					
Intercambio PACS en toda la empresa					
Inicio integración PACS/HCE					
Data Mining					

Colaboración Clínica

Optimización Clínica Continua

Innovación Procesos PACS

Integración plena con HCE

Tabla 3.3. Matriz de tabla de madurez

### *3.3. METODOLOGÍA ESTADÍSTICA.*

Para establecer la fiabilidad de la consistencia interna de la encuesta elaborada, (usando una escala tipo Likert) se utilizó el coeficiente Alfa de Cronbach. En general se considera bueno si es mayor de 0,7, aceptable cuando se encuentra entre 0,6 y 0,7 y nunca debe ser inferior a 0,35<sup>166,167</sup>.

Inicialmente se realizó un análisis descriptivo de todas las variables, utilizándose media  $\pm$  la desviación típica (SD) como estadísticos para describir las variables cuantitativas, mientras que las variables cualitativas (o factores) se describieron mediante frecuencias absolutas y relativas, o tablas de contingencia. Para una mayor claridad en la presentación de los resultados, aparte de las categorías ya establecidas en las encuestas (médicos de atención primaria, médicos de atención especializada, radiólogos y TER) se realizó otra categorización por edad de los encuestados, agrupándolos en 3 tramos: menores de 36 años, de 36 a 50 años y mayores de 50 años.

Posteriormente se llevó a cabo un estudio inferencial, en el que las tablas de contingencia fueron analizadas mediante el test chi-cuadrado de Pearson o el test exacto de Fisher, si las condiciones de validez del primero no se verificaban. La comparación de variables cuantitativas entre diferentes categorías (dadas por un factor) se realizó mediante el test no paramétrico de Kruskal-Wallis, con un estudio posterior de comparaciones múltiples, con cálculo del p-valor ajustado mediante el método “false discovery rate” (FDR) de Benjamini y Hochberg.

Todos los contrastes de hipótesis realizados para establecer comparaciones entre las poblaciones han sido bilaterales.

Finalmente, se estudió la relación entre variables cuantitativas realizándose para ello un análisis de correlación, basado en el coeficiente de Spearman, y el ajuste de modelos de regresión lineal múltiple, con la metodología “backward” de selección de variables.



También se analizó la posible influencia de factores en la relación entre variables cuantitativas mediante análisis de la covarianza.

En los análisis inferenciales de datos, y en base a las definiciones de los constructos establecidos por la UTAUT, se consideraron variables dependientes la Intención de Uso y la Frecuencia de Uso Autorreportada, y variables independientes el resto de constructos, así como las variables moderadoras de la UTAUT (sexo, edad y experiencia de uso).

Todos los análisis realizados se llevaron a cabo mediante el software estadístico IBM SPSS Statistics for Windows, Version 19.0. (Armonk, NY: IBM Corp) y R versión 3.0.1. En todos ellos se consideró un resultado estadísticamente significativo si el p-valor fue inferior o igual a 0,05 ( $p \leq 0,05$ ).

## 4. RESULTADOS

### 4.1. CREACIÓN DEL SISTEMA PACS (PROYECTO ZURBARÁN)

El proyecto Zurbarán, presentado en los comienzos del año 2003<sup>74,105,152</sup>, constituye sin duda uno de los primeros proyectos PACS de alcance global o “Enterprise” de toda España, y se situó también entre los de mayor alcance entre sus objetivos y dimensiones finales en toda Europa en sus inicios.

Aunque como hemos comentado el proyecto constaba de una sola fase, la realidad es que durante los once años que han transcurrido desde el inicio del proyecto se han ido sumando hospitales, centros de salud y consultorios de manera progresiva, hasta la estabilización de las dimensiones del proyecto, tanto por la incorporación sucesiva de áreas de salud como de nuevas modalidades diagnósticas, equipamiento para estaciones de diagnóstico y la creación de dos nuevos hospitales.

#### 4.1.1. *Implementación Tecnológica.*

##### a) *Hardware y software*

Actualmente el proyecto Zurbarán consta de un grupo de servidores, situados en el CPD del SES (Figura 4.1) que ejecutan servicios RIS y PACS. Como aspectos más relevantes y destacables del proyecto en su configuración actual (Figura 4.2) queremos señalar la existencia de 6 servidores Web DICOM y la sustitución de la cabina de corto plazo por una cabina NAS (EMC VNX 5500) con capacidad de hasta 12 TB.

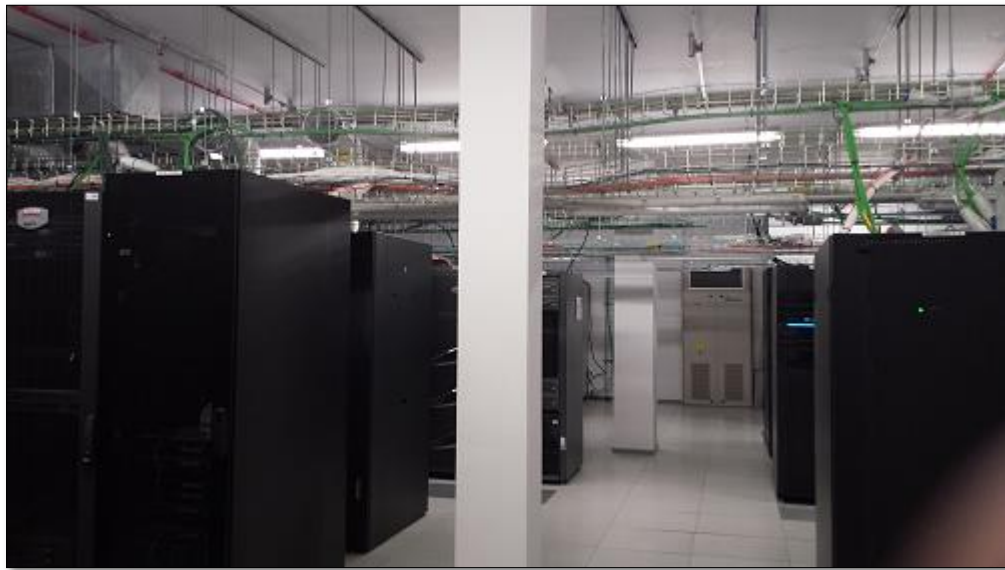


Figura 4.1. CPD de SSCC del SES.

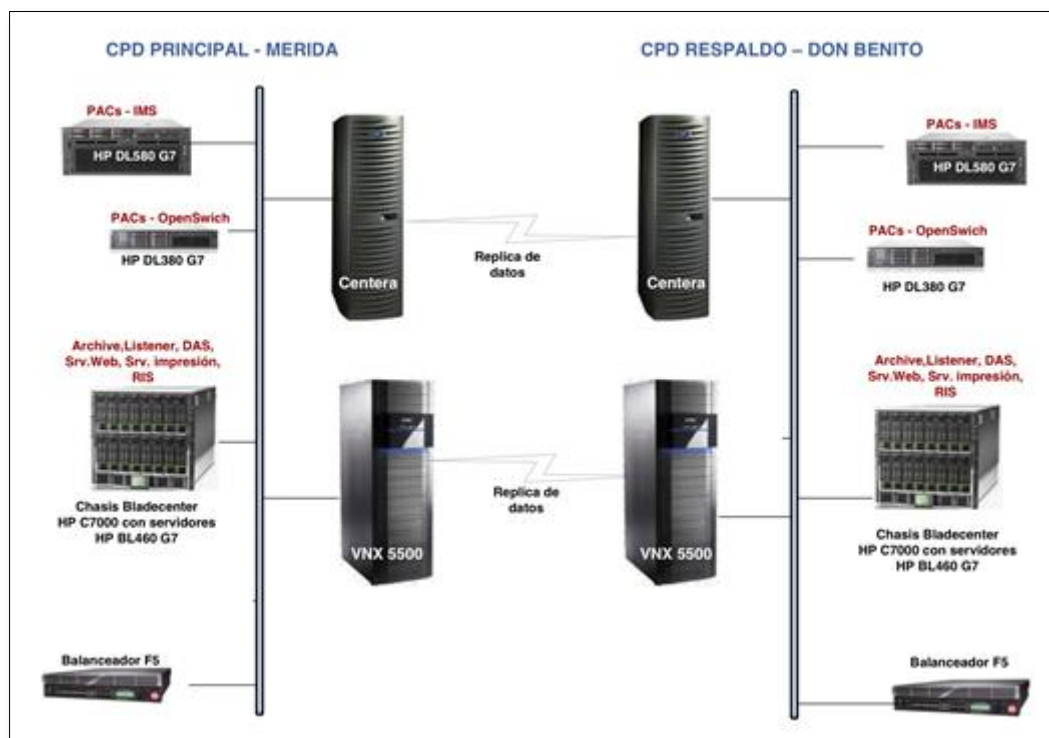


Figura 4.2. Esquema CPD en SSCC y respaldo en FEVAL.

Como se puede observar en el esquema de la Figura 4.2 se ha construido un centro de respaldo situado en la población de Don Benito (instalaciones de FEVAL) (Figura 4.3)

que consigue una configuración de alta disponibilidad para el proyecto. La réplica es síncrona y en configuración activo/pasivo que gestiona el mismo aplicativo a través de 2 servidores (“openswitch”), ubicado uno en cada CPD. El Centro de respaldo, además de pertenecer a la red del SES, está unido al CPD de SSCC por un doble camino de fibra dedicada de 10 GB con conectividad Ethernet y “Fiberchannel”.



Figura 4.3. Centro de respaldo. Instalaciones FEVAL. Don Benito.

b) *Sistemas de telecomunicación:*

De la misma forma que el proyecto Zurbarán ha evolucionado en sus aspectos tecnológicos y funcionales, el proyecto Itersalud ha sufrido importantes mejoras que siguen permitiendo la transmisión de la información generada por el proyecto de forma óptima. En el esquema actual de nuestra red de telecomunicaciones (Figura 4.4) es de destacar la presencia de una red troncal de hasta 10 Gbs, que dada su alta capacidad permite la transmisión de imágenes de forma eficaz.

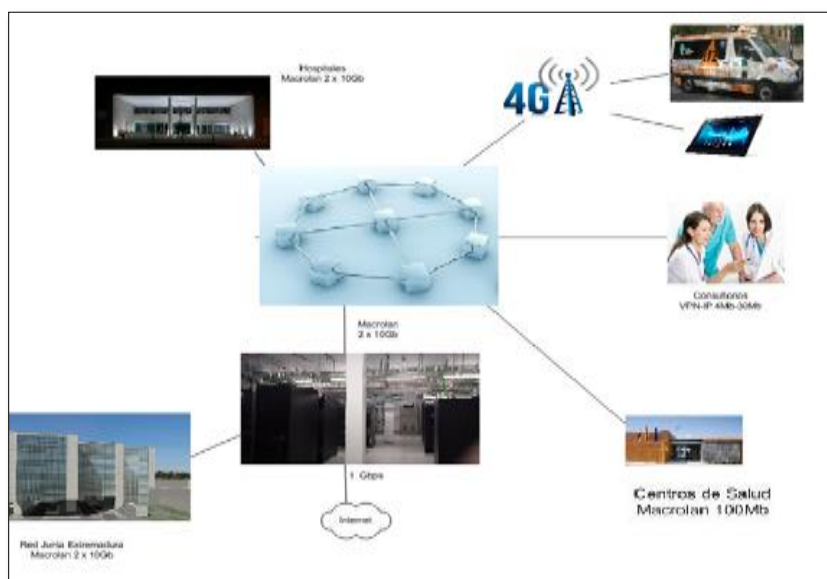


Figura 4.4. Esquema de Red ITERSALUD. Año 2015.

Como resultado de todas estas mejoras el sistema provee actualmente servicio a 14 hospitales, 108 centros de salud y 412 consultorios locales (Figura 4.5).



Figura 4.5. Esquema actual del proyecto Zurbarán.

#### 4.1.2. *Interoperabilidad.*

Como exponíamos en el capítulo de interoperabilidad, esta era un requisito a la hora de construir el proyecto, entre otros aspectos, para evitar duplicidad de datos y mejorar los flujos intra e interdepartamentales.

En este sentido el proyecto ha conseguido la ejecución completa del perfil 1 de IHE, por lo que se ha conseguido no solo la supresión de la película (“filmless”) sino también la supresión del papel como único medio de transmisión de información entre los diferentes subsistemas (Figura 3.9) del SES. La consecución de este “hito”, considerado el eje vertebral de la iniciativa IHE, permite la integración del registro, la citación, los flujos de adquisición y la gestión de la imagen. Este “cierre del circuito” permite:

- Garantizar la integridad de datos demográficos (al desaparecer la entrada de datos incorrectos, entrando una sola vez y pasando de un sistema a otro).
- Mejorar la eficiencia de los flujos de trabajo (por el uso de listas de trabajo que disminuyen el tiempo malgastado en entrar datos y permite semi-automatismos en la elección de protocolos de exploración en la modalidad)<sup>168</sup> (Figura 4.6).

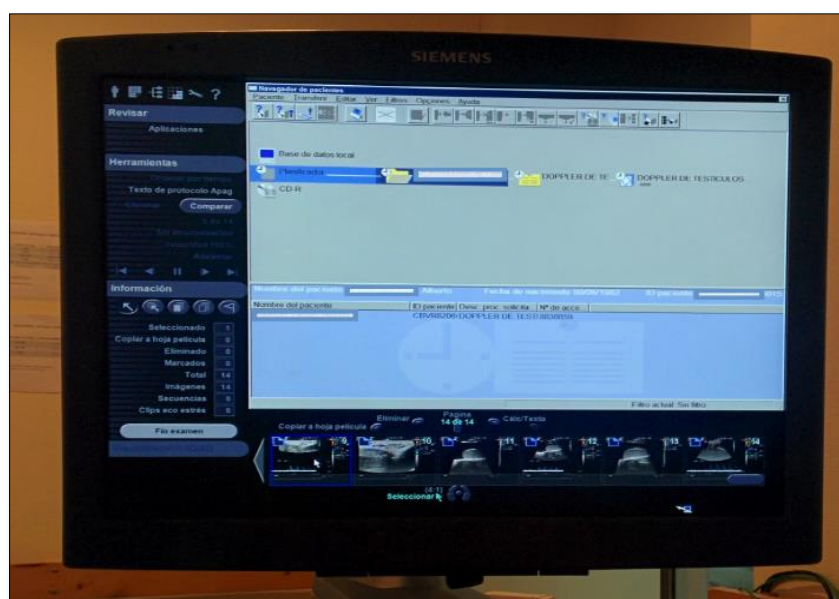


Figura 4.6. Lista de trabajo en un ecógrafo originada por Jara

- Conseguir un almacenamiento “fiable” de las imágenes obtenidas (por el uso del servicio DICOM “Storage Commitment”)
- Mejora de la gestión de las solicitudes realizadas al servicio de radiología mediante el análisis de peticiones, introducción de mecanismos ayuda a la decisión, etc.<sup>169</sup>

#### 4.1.3. *Funcionalidades del Sistema.*

Como resultado del proyecto, todas las funcionalidades descritas en el apartado 3.1.3 se han venido usando a lo largo de esta década. Sin embargo, nos gustaría destacar como aspectos más relevantes en este apartado los siguientes:

- Mejora del módulo RIS.
- Mejora y evolución del software de revisión de imágenes. (Figura 4.7).



Figura 4.7. Pantalla actual de Interfaz de Usuario para acceso de imágenes.

- Mejora y evolución de las estaciones de diagnóstico primario reemplazando todos los monitores CRT (“Cathode-Ray Tube”) por monitores planos (Figura 4.8).



- Informado de estudios de pacientes urgentes del Hospital de Coria por parte del Radiólogo de Guardia presencial del Hospital de Don Benito-Villanueva. En este sentido, comentar que tras un acuerdo entre los radiólogos del Hospital de Don Benito y las gerencias respectivas, aquellos realizaron el informado (y dirección) de 2370 estudios urgentes del hospital de Coria entre los años 2007 y 2012 (Figura 4.9).



Figura 4.8. Estación actual de diagnóstico primario

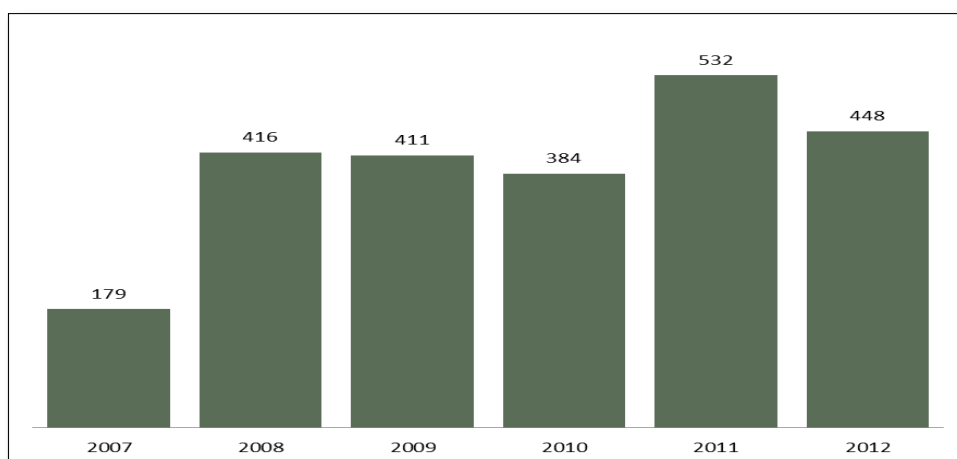


Figura 4.9. Estudios anuales informados por radiólogos del H. de Don Benito al Hospital de Coria



## 4.2. EVALUACIÓN DEL SISTEMA.

### 4.2.1. Resultados Dimensión Tecnológica.

Los resultados que exponemos en este apartado dan valor a los indicadores establecidos en el apartado en el que expusimos el método de evaluación tecnológica, a saber:

a) Almacenamiento Total Acumulado (100,6 TB)

b) Almacenamiento anual (Figura 4.10))

c) Número de pacientes/año (Figura 4.11)

d) Número de exploraciones/año (Figura 4.12)

e) Número de exploraciones/día (Figura 4.13)

f) Número de clínicos/día (Figura 4.14)

g) Número de Radiólogos (Figura 4.15)

h) Número de TER (Figura 4.16)

i) Número de Modalidades (Figura 4.17)

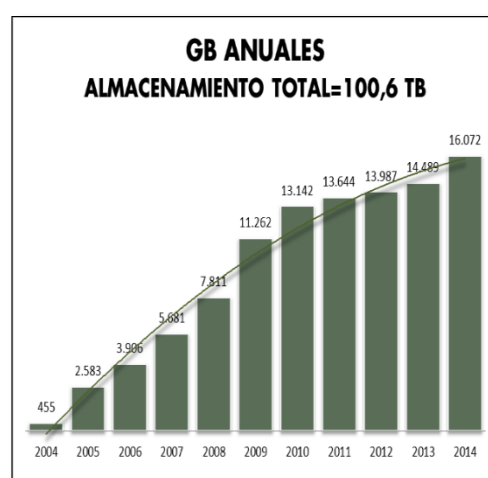


Figura 4.10

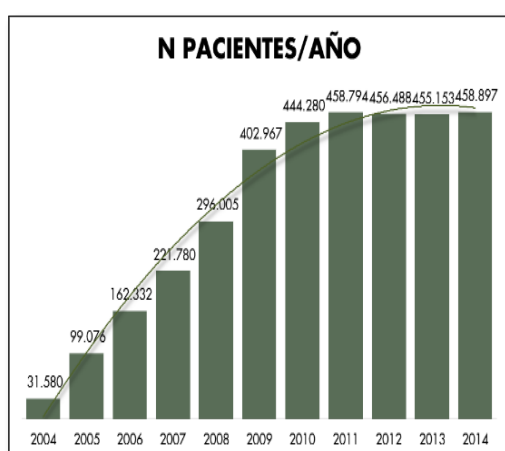


Figura 4.11. Pacientes Anuales



Figura 4.12. Exploraciones Anuales

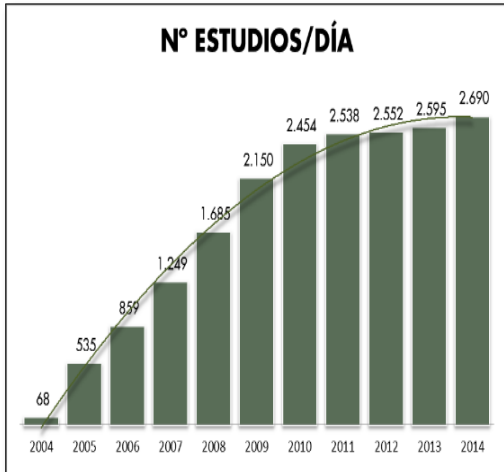


Figura 4.13. Estudios diarios

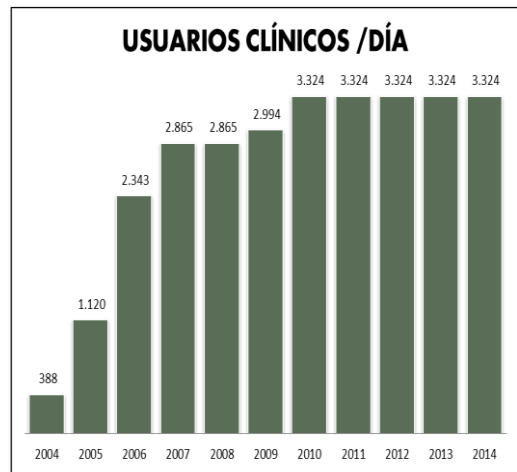


Figura 4.14. Usuarios diarios

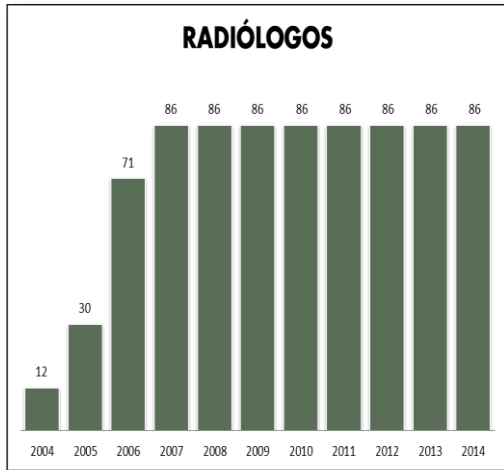


Figura 4.15. Radiólogos diarios

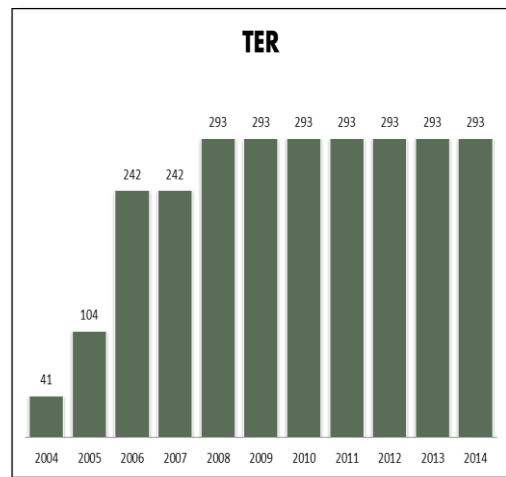


Figura 4.16. TER diarios

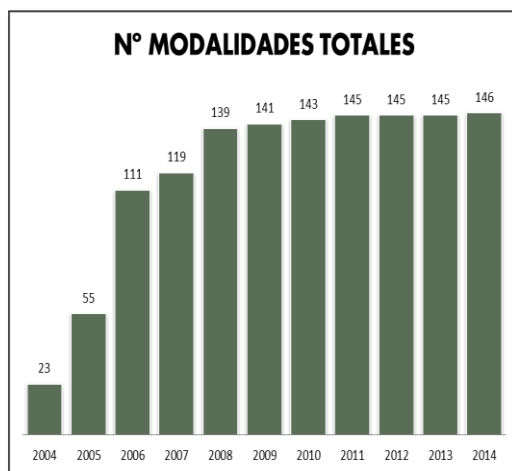


Figura 4.17. Modalidades totales

En estas gráficas se puede observar el incremento anual en todos los ítems evaluados, en correspondencia clara con el cronograma establecido en el diseño del proyecto (Figura 3.2), alcanzándose una meseta a partir de los 5 años del proyecto, sobre todo en el número de usuarios del sistema.

#### 4.2.2. *Resultados Aceptación Clínica.*

##### a) *Fiabilidad de la Encuesta:*

El coeficiente alfa de Cronbach, ha sido de 0,642, situándose en el rango recomendado por Nunnally para dar validez a la encuesta<sup>166</sup>.

##### b) *Análisis Estadístico:*

###### o *Encuesta:*

Se recibió respuesta de 1040 de 3910 profesionales de la salud, lo que supone un 27% de la población objetivo.

###### o *Características de los encuestados*

La edad media de la población ha sido de 46 años. El porcentaje de hombres y mujeres que contestó fue del 52,7 y 47,3%, respectivamente. Por grupos de edad la distribución ha sido la siguiente: 198 (19%) participantes menores de 36 años, 437 (42%) entre los 36 y 50 años y 405 (39%) mayores de 50 años. Se recibió respuesta de 599 médicos de AP (58% del total de encuestados), 336 médicos de AE (32% del total de encuestados), 62 radiólogos (6%) y 43 TER (4%); por grupos de edad los resultados quedan agrupados en la Tabla 4.1

	<36	36-50	>50	TOTAL
AP*	8%	23%	27%	58%
AE**	8%	15%	10%	32%
RADIÓLOGOS	2%	3%	2%	6%
TER	2%	2%	0%	4%
TOTAL	19%	42%	39%	100%

\*Médicos de Atención Primaria

\*\*Médicos de Atención Especializada

**Tabla 4.1. Resultados agrupados por edad y ámbito laboral.**

Los resultados de media y desviación estándar se exponen por cada una de las categorías previamente establecidas (Tabla 4.2).

	AP		AE		RX		TER		TOTAL	
	Media	SD*	Media	SD*	Media	SD*	Media	SD*	Media	SD*
Expectativa Desempeño	6,60	0,87	6,61	0,88	6,98	0,13	6,56	0,77	6,62	0,85
Facilidad de Uso	5,51	1,29	5,03	1,57	5,97	1,01	5,53	1,32	5,39	1,40
Actitud para el Uso	5,87	1,36	5,88	1,44	5,97	1,49	5,60	1,51	5,87	1,40
Ansiedad	5,90	1,54	6,04	1,53	6,29	1,40	5,86	1,58	5,97	1,53
Frecuencia de Uso	6,18	1,35	6,41	1,21	6,92	0,42	6,37	1,20	6,30	1,28
Intención de Uso	4,97	1,69	4,99	1,79	6,11	1,47	5,81	1,53	5,08	1,73
Condiciones Facilitadoras	5,10	1,42	4,70	1,61	5,37	1,47	5,47	1,40	5,00	1,50
Eficacia propia	4,64	1,49	5,07	1,51	5,00	1,38	5,51	1,05	4,84	1,50
Influencia Social	3,33	1,82	3,21	1,91	4,08	2,01	4,72	1,43	3,39	1,87

\*Desviación Estándar

**Tabla 4.2. Media y Desviación Estándar por constructo y grupo.**

La representación gráfica de estos valores (Figura 4.18 y Figura 4.19) nos permite una comparación más simple de estos resultados. En este caso, para mejor visualización hemos separado los grupos "radiológicos" de los "no radiológicos".

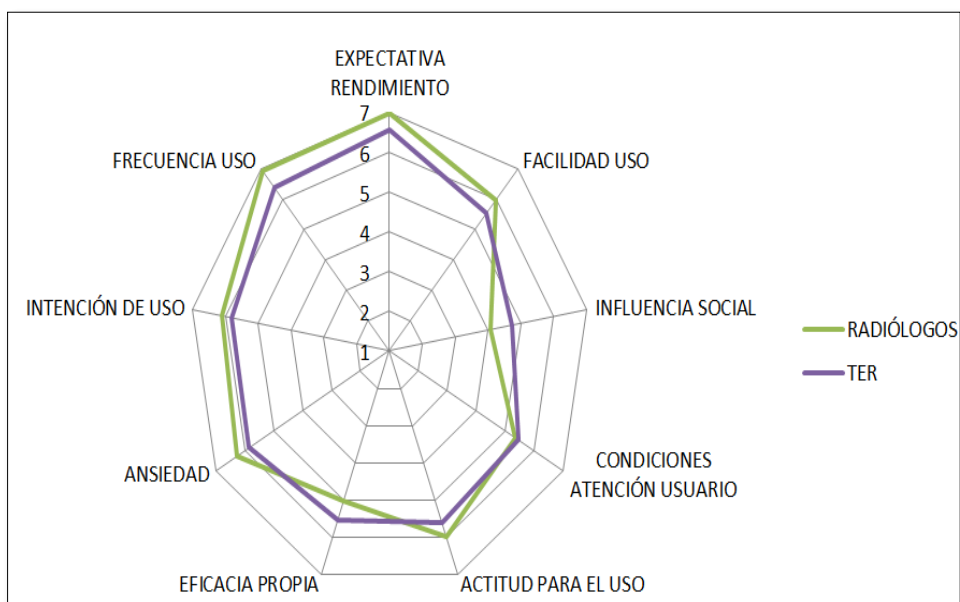


Figura 4.18. Gráfica comparativa en el grupo "radiológico"

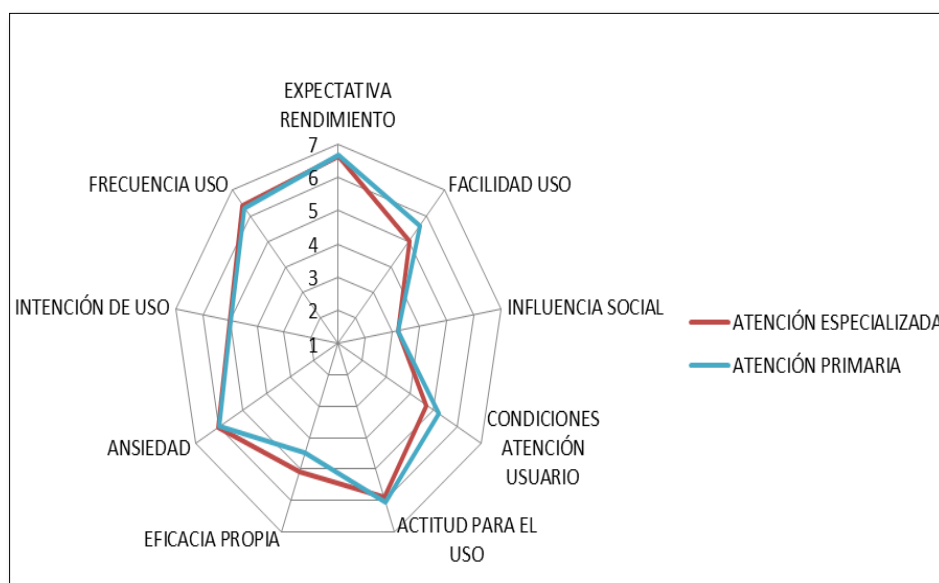


Figura 4.19. Gráfica comparativa en el grupo "clínicos".

Los resultados en el grupo de constructos que constituyen la llamada escala de aceptación (expectativa de desempeño, facilidad de uso, actitud para el uso y ansiedad) presentan una media superior a 5 (sobre 7), llegando a estar próximos a 6; también podemos observar que la Frecuencia de Uso Autorreportada presenta un valor medio,

para cada grupo y para todo el proyecto en su conjunto, de 6. También es importante resaltar en estos resultados la media del constructo Intención de Uso, que a pesar del importante cambio en el enunciado de dicha variable, presentan una media cercana a 5 (expresando acuerdo) destacando la media de los radiólogos (cercana a 6).

Se han comparado las variables cuantitativas recogidas en la encuesta (PE, EE, ATT, etc) entre las cuatro categorías (RX, TER, AE, AP). El análisis se ha realizado mediante un test no paramétrico de Kruskal-Wallis con comparaciones múltiples y corrección del p-valor mediante el método FDR (False Discovery Rate) obteniéndose los resultados de la Tabla 4.3.

	AP		AE		RX		TER		p valor
	Media	SD	Media	SD	Media	SD	Media	SD	
Expectativa Desempeño	6,60	0,87	6,61	0,88	6,98	0,13	6,56	0,77	<0,001
Facilidad de Uso	5,51	1,29	5,03	1,57	5,97	1,01	5,53	1,32	<0,001
Actitud para el Uso	5,87	1,36	5,88	1,44	5,97	1,49	5,60	1,51	0,315
Ansiedad	5,90	1,54	6,04	1,53	6,29	1,40	5,86	1,58	0,019
Frecuencia de Uso	6,18	1,35	6,41	1,21	6,92	0,42	6,37	1,20	<0,001
Intención de Uso	4,97	1,69	4,99	1,79	6,11	1,47	5,81	1,53	<0,001
Condiciones Facilitadoras	5,10	1,42	4,70	1,61	5,37	1,47	5,47	1,40	<0,001
Eficacia propia	4,64	1,49	5,07	1,51	5,00	1,38	5,51	1,05	<0,001
Influencia Social	3,33	1,82	3,21	1,91	4,08	2,01	4,72	1,43	<0,001

Tabla 4.3. Comparación de medias por test no paramétrico de Kruskal-Wallis

El análisis de las diferencias existentes entre categorías por cada uno de los constructos queda reflejado en la Tabla 4.4. En estos resultados podemos observar que la categoría que más frecuentemente aparece es la de radiólogos; resultado por otra parte esperable debido a la consideración del proyecto Zurbarán como “propio” por parte de los compañeros radiólogos.

VARIABLE	GRUPO	p-valor
Expectativa de Desempeño	TER-RX	0,005
	AE-RX	<0,001
	AP-RX	0,001
Facilidad de Uso	AP-AE	<0,001
	AP-RX	0,036
	AE-RX	<0,001
Influencia Social	AE-TER	<0,001
	AE-RX	0,007
	AP-TER	<0,001
	AP-RX	0,029
Condiciones Facilitantes	AE-AP	0,001
	AE-TER	0,010
	AE-RX	0,007
Eficacia Propia	AP-TER	0,001
	AP-AE	<0,001
Intención Conductual	AE-TER	0,001
	AE-RX	0,000
	AP-TER	0,004
	AP-RX	0,001
Frecuencia de Uso	AE-AP	0,001
	AE-RX	0,002
	AP-RX	<0,001
	RX-TER	0,026
Ansiedad	AP-RX	0,049

Tabla 4.4. Comparación grupo a grupo por variable analizada

La representación de estos datos en forma de tabla de frecuencias (Tabla 4.5), agrupando a radiólogos y TER en el grupo Radiología, y los médicos de Atención Primaria y los de Atención Especializada en el grupo Clínicos, nos revela resultados excelentes con una aprobación (puntuación > 4)<sup>118</sup>, en la mayor parte de los constructos de más del 80% de la población encuestada, excepto, y solo para el grupo de “clínicos”, en los ítems “Intención de Uso” y “Condiciones de Atención a Usuarios”.

	Radiólogos	Clínicos	p-valor
	% de respondientes con puntuación >4		
Expectativa Desempeño	99%	97%	0,51**
Facilidad de Uso	88%	78%	0,04*
Actitud para el Uso	84%	85%	0,94*
Ansiedad	86%	83%	0,55*
Frecuencia autorreportada	96%	90%	0,05*
Intención de Uso	85%	62%	<0,001*
Condiciones de Soporte	79%	64%	0,002*
Eficacia Propia	79%	63%	0,002*
Influencia Social	49%	26%	<0,001*

\*test Chi-cuadrado de Pearson

\*\*test exacto de Fisher

**Tabla 4.5. Tabla de frecuencias comparando grupo "Radiólogos" vs "Clínicos".**

Es llamativo en todo caso, y que para los dos grupos, el porcentaje de frecuencia de uso autorreportada, que va del prácticamente 100% del grupo de "Radiología" al 90% del grupo de "Clínicos", nos hace inferir un uso diario por prácticamente todo el colectivo encuestado. También es de reseñar los porcentajes tan importantes en cuanto a Expectativa de Desempeño (tal y como apuntábamos era lo ya establecido en estudios previos para el colectivo sanitario) y la actitud para el uso.

Si analizamos si existen diferencias significativas entre los dos grupos (Tabla 4.5) se observa que solo existe diferencia significativa en el constructo de escala de aceptación Facilidad de Uso, con mejores resultados para el grupo Radiológico. En el resto de constructos existen diferencias significativas en todos los casos, aunque fundamentalmente por los buenos resultados del grupo de Radiólogos.

#### o *Correlaciones entre variables*

Las correlaciones entre variables nos permiten, no tanto evaluar la aceptación del sistema en la población estudiada, sino evaluar las variables que influyen en dicha aceptación. En base a las definiciones de los constructos establecidos por la UTAUT, se consideraron para VARIABLES DEPENDIENTES la Intención de Uso y la Frecuencia de Uso Autorreportada, y VARIABLES INDEPENDIENTES o explicativas el resto de



constructos, así como las variables moderadoras de la UTAUT (sexo, edad y experiencia de uso).

Para evaluar qué variables se comportan según la teoría UTAUT, realizamos un análisis, estableciendo su correlación estadísticamente significativa, de correlaciones entre variables (bivariadas) para: Edad, Experiencia Laboral, Expectativa Desempeño, Facilidad de Uso, Influencia Social, Condiciones Facilitantes (Tabla 4.6).

	Edad	Experiencia	Expectativa Desempeño	Facilidad de Uso	Influencia Social	Condiciones Facilitantes
Edad	1	NA	-0,05	0,02	-,123**	-0,01
Experiencia Laboral	NA	1	0,078*	0,077*	-0,01	0,02
Expectativa Desempeño	-0,05	0,078*	1	0,327**	-0,03	0,205**
Facilidad de Uso	0,02	0,077*	0,327**	1	0,204**	0,474**
Influencia Social	-0,123**	-0,01	-0,03	0,204**	1	0,224**
Condiciones Facilitantes	-0,01	0,02	0,205**	0,474**	0,224**	1

\* La correlación es significativa al nivel 0,05 (bilateral).

\*\* La correlación es significativa al nivel 0,01 (bilateral).

**Tabla 4.6. Correlaciones bivariadas entre constructos y variables.**

Estas correlaciones nos indican que existe una asociación estadísticamente significativa, pero con correlación baja, entre la edad y la influencia social, entre la experiencia laboral y la expectativa de desempeño, entre la expectativa de desempeño y la facilidad de uso, entre la experiencia laboral y la facilidad de uso, entre la facilidad de uso y la influencia social; de igual forma se observa que existe una asociación estadísticamente significativa, con correlación moderada, entre la facilidad de uso y las condiciones facilitantes.

A continuación realizamos un estudio de la relación entre, por un lado, la Intención Conductual (BI) y la frecuencia de uso (USO) y, por otro, las variables explicativas: PE,

EE, SI, FC y las diferentes CATEGORÍAS de personal analizados (clínicos de Atención Primaria, de Atención Especializada, radiólogos y TER):

- Como paso previo, se realiza un análisis de la covarianza para determinar el efecto de la variable CATEGORÍAS en la relación entre la variable dependiente (BI) y las independientes cuantitativas (PE, EE, SI, FC), obteniéndose un resultado no significativo (CATEGORÍAS:  $p$ -valor=0.75; CATEGORÍAS\*PE:  $p$ -valor=0.68; CATEGORÍAS\*EE:  $p$ -valor=0.57; CATEGORÍAS\*SI:  $p$ -valor=0.81; CATEGORÍAS\*FC:  $p$ -valor=0.17). En este mismo sentido se hace para la variable dependiente Frecuencia de Uso y las independientes cuantitativas (PE, EE, SI, FC), obteniéndose igualmente un resultado no significativo (CATEGORÍAS:  $p$ -valor=0.823; CATEGORÍAS\*PE:  $p$ -valor=0.485; CATEGORÍAS\*EE:  $p$ -valor=0.677; CATEGORÍAS\*SI:  $p$ -valor=0.895; CATEGORÍAS\*FC:  $p$ -valor=0.489).
- Posteriormente se ajusta un modelo de regresión lineal múltiple con selección de variables mediante el método "backward" (hacia atrás), para determinar la relación entre las variables independientes significativas (PE, EE y FC) y las dependientes cuantitativas (BI y frecuencia de uso); para la variable dependiente BI la IS resultó no significativa ( $p=0,321$ ), obteniéndose para el resto de variables independientes el resultado mostrado en la Tabla 4.7. Estos resultados obtenidos revelan que el factor más importante que representa la varianza fue el constructo Expectativa de Desempeño ( $\beta=0,265$ ;  $p<0,001$ ). Para la variable dependiente USO (Frecuencia de Uso), el modelo de regresión múltiple con método "backward" resultaron no significativa el constructo IS ( $p=0,899$ ) y el constructo EE ( $p=0,216$ ), obteniéndose para el resto de variables independientes el resultado mostrado en la Tabla 4.8. Los datos obtenidos revelan que el factor más importante que representa la varianza fue, de nuevo, el constructo Expectativa de Desempeño ( $\beta=0,335$ ;  $p<0,001$ ), con mayor influencia incluso que sobre la Intención de Uso.

	BI	P valor
PE	0,265	<0,001
EE	0,074	0,04
FC	0,088	0,01
R2	0,113	
Modelo	P<0,0001	

**Tabla 4.7. Análisis de Regresión Lineal\***

\*Los valores obtenidos son los coeficientes de regresión beta estandarizados

	USO	P valor
PE	0.332	<0,001
FC	0,077	0,011
R2	0,127	
Modelo	P<0,0001	

**Tabla 4.8. Análisis de Regresión Lineal\***

\*Los valores obtenidos son los coeficientes de regresión beta estandarizados

o *Hipótesis*

Aunque el objetivo de nuestro trabajo no era plantear hipótesis sobre cómo afectan los diferentes constructos a la frecuencia de uso (USO) y a la intención de uso (BI) del sistema propuesto por nuestro proyecto, podemos, a la vista de los datos obtenidos, plantearnos una serie de hipótesis que sugieran lo ya comprobado por la UTAT, esto es, que el constructo más determinante es la Expectativa de Desempeño (PE) y que, a diferencia de Ayal et al<sup>170</sup>, la satisfacción con el servicio PACS postimplantación se correlacionaba con el éxito con los proyectos de implantación. También es una buena oportunidad para comprobar si existen diferencias significativas, con respecto al grado de aceptación, entre las categorías profesionales encuestadas.

De las hipótesis planteadas (ver Tabla 4.9) el principal resultado que podemos destacar es la mayor frecuencia de uso por parte de los médicos de atención especializada frente a los médicos de atención primaria, debido muy posiblemente al mayor uso de pruebas diagnósticas en la atención especializada.

HIPÓTESIS		
H1	La PE será importante para predecir la frecuencia de uso	Soportada*
H2	La PE será importante para predecir la intención de uso	Soportada*
H3	La facilidad de Uso NO es predictora de la frecuencia de uso.	Soportada*
H4	La facilidad de uso NO es predictora de la intención de uso.	Soportada*
H5	Las Condiciones facilitantes predicen la frecuencia de uso.	Soportada*
H6	Las Condiciones facilitantes predicen la intención de uso.	Soportada*
H7	Los Radiólogos tendrán mejores puntuaciones en la escala de Condiciones Facilitantes que los TER.	No soportada**
H8	Los Radiólogos tendrán una actitud más positiva a usar el PACS que los TER.	No soportada**
H9	Los médicos de AP tienen una actitud más positiva a usar el PACS que los de AE.	No soportada**
H10	Los médicos de AP tienen una Intención de uso más positiva al usar el PACS que los médicos de AE.	No soportada**
H11	Los médicos de AE tienen una frecuencia de mayor que los médicos de AP.	Soportada**

\* Modelo de Regresión Múltiple hacia atrás

\*\*Test no paramétrico de Kruskal-Wallis

**Tabla 4.9. Tabla de Hipótesis**

#### 4.2.3. *Resultados Aspectos Organizativos.*

Como establecimos en el apartado de metodología, cumplimentamos una matriz (Tabla 4.10) para cualificar el grado de madurez del sistema<sup>132</sup>.

Un análisis de la matriz nos revela que el proyecto implementa más del 90% de los ítems propuestos; sólo el 8% (2) de ellos no se encuentran en nuestro entender implementados o correctamente desarrollados: “Data mining” e Innovación en Procesos PACS, encontrándose estos 2 procesos en los niveles superiores de madurez.

	NIVEL 1	NIVEL 2	NIVEL 3	NIVEL 4	NIVEL 5
Adquisición de imágenes	+	+	+	+	+
Almacenamiento	+	+	+	+	+
Distribución de imágenes	+	+	+	+	+
Presentación de imágenes	+	+	+	+	+
Rediseño de tareas básicas	+	+	+	+	+
Optimización de procesos manuales		+	+	+	+
Rediseño de procesos con PACS		+	+	+	+
Inicio integración con otros sistemas		+	+	+	+
Distribución imágenes a nivel hospitalario			+	+	+
Gestión de carpetas de paciente			+	+	+
Decisiones clínicas por acceso a imágenes			+	+	+
Integración HIS/RIS/PACS			+	+	+
Gestión de flujos de trabajo			+	+	+
E-learning/Teleconferencia			+	+	+
Control estadístico				+	+
Ayuda a la decisión				+	+
Intercambio PACS en toda la empresa				+	+
Inicio integración PACS/HCE				+	+
Data Mining				-	-
Colaboración Clínica				+	+
Optimización Clínica Continua					+
Innovación Procesos PACS					-
Integración plena con HCE					+

Tabla 4.10. Matriz de Madurez del Sistema

## 5. DISCUSIÓN

### *5.1. CREACIÓN DEL PROYECTO ZURBARÁN*

Incluso todavía en los primeros años del siglo XXI los gestores políticos se planteaban el contraste entre el desarrollo y velocidad de evolución de las TICs y su grado de incorporación al ámbito profesional y ciudadano<sup>171</sup>. En este informe del año 2006, la Fundación Telefónica identificaba a nivel estatal como proyectos relevantes en las CCAA de nuestro país tan solo 10 proyectos de Historia de Salud, 4 de Receta Electrónica y 3 de Imagen Digital; es decir, aproximadamente el 50% de las comunidades había realizado esfuerzos (presupuestarios y gestores) en el ámbito de la aplicación de las TICs pero apenas sí existían proyectos de TIC en los Servicios de Salud aplicados a la gestión de la imagen digital. Sin embargo, ya en esta década se considera a los sistemas PACS como indispensables para conseguir una funcionalidad total de la Historia de Salud Electrónica y la telemedicina<sup>138</sup>. La realidad en el escenario internacional en el primer decenio del siglo XXI, incluidos los EEUU, no dista mucho de esta situación, encontrándonos con porcentajes de implementación que llegan a un exiguo 1,5%<sup>172</sup>.

Este aparente contraste entre el desarrollo de las TICs y su incorporación al ámbito de salud no era más que el reflejo de las dificultades para su implantación y extensión. A 31 de diciembre de 2001, el proceso de informatización de Centros de Salud de TODO el extinto INSALUD había alcanzado a un total de 372 centros, de ellos 268 informatizados completamente (admisión y consultas) y 104 sólo admisión; de aquellos solo 8 correspondían a la comunidad autónoma de Extremadura<sup>173</sup>. Esta situación de "páramo" tecnológico fue asumida por el recién creado SES<sup>144</sup> como una oportunidad antes que una debilidad. Desde la Subdirección de Sistemas de Información Sanitaria del SES, en dependencia directa de la Dirección Gerencia del SES, se impulsaron múltiples proyectos en materia de aplicación de TICs al ámbito sanitario, entre los que destaca el proyecto Zurbarán. Este proyecto necesitó de otros proyectos simultáneos sin los cuales hubiera fracasado, puesto que podríamos considerar que el proyecto Zurbarán es el

“tejado de una casa”, de la que el resto de proyectos (ITERSALUD, Jara, CDATEX) son sus “cimientos”.

La ambición y visión del proyecto, que hemos expuesto en el apartado de objetivos de este trabajo, son la de crear un SIS que se integre completamente en la Historia Clínica Electrónica o ePR del SES (proyecto Jara); por lo tanto, en los términos expuestos anteriormente, el proyecto Zurbarán tiene desde su nacimiento la clara ambición de convertirse en lo que se ha denominado un “Enterprise PACS”, puesto que cumple con los requisitos formulados por varios autores:

- El modelo adoptado para el proyecto consiste en la integración total del sistema PACS con el proyecto Jara.
- La dimensión del proyecto es de una gran envergadura, puesto que está configurado para dar servicio a 520 dispositivos asistenciales de atención primaria (412 consultorios locales y 108 centros de salud) 14 hospitales y más de 3000 profesionales.
- La complejidad del mismo. El proyecto se encuadra en un proyecto de integración total tecnológica.
- El coste financiero es “extremadamente” alto.
- La dificultad de la implementación, puesto que involucra gestión del cambio, financiación, tiempos, migración de datos...

Podemos considerar al proyecto Zurbarán como una de las primeras iniciativas a nivel europeo de desarrollo de un Enterprise PACS. En este sentido es necesario también mencionar al proyecto Ykonos, que siendo contemporáneo del proyecto Zurbarán, y aun compartiendo una visión similar, difiere en sus inicios en que nuestro proyecto se ejecutó y presupuestó en una única fase, mientras que el proyecto Ykonos optó por comenzar por una primera fase de alcance no global, para dar cobertura a 4 de las 14 áreas del SESCAM y 6 del total de 16 hospitales del SESCAM<sup>75</sup>.

Para acometer la tarea de implementación de un sistema PACS existen hasta 6 modelos diferentes: modelo "casero" o "cosecha propia", esfuerzo de dos equipos, modelo llave en mano, modelo de socio tecnológico, modelo de "Application Service Provider" (ASP) y Modelo de Código de Fuente Abierta <sup>175</sup>. Pues bien, aunque el proyecto Zurbarán comenzó realmente como un modelo llave en mano, lo que permitió un rápido despliegue de todos los elementos necesarios para su funcionamiento, se ha acabado convirtiendo en lo que se denomina "esfuerzo conjunto de dos equipos"; en este modelo el SES se ha ido encargando paulatinamente de aquellos elementos que le son propios, esto es, el hardware, para dejar en manos de la empresa suministradora (General Electric) los elementos correspondientes al software. En este sentido diferíamos del modelo "OpenSource" del proyecto Ykonos, en el que dicho Servicio de Salud se comprometía fundamentalmente con la creación mantenimiento del software (el RIS propio, DulcinGest y un PACS con acuerdo con Parc Taulí de Sabadell) y contrataba externamente con una empresa externa (Indra) los trabajos de instalación de los elementos software y hardware. Este modelo "OpenSource", que creemos muy interesante puesto que sus actividades las podemos enmarcar en actividades de I+D+i (imprescindibles para mantener viva a una organización), no lo podemos acometer en una organización con el tamaño del SES, y los recursos con los que contamos para este modelo fueron derivados a otro proyecto, también "opensource", que centralizaba todo el repositorio de datos analíticos de los laboratorios del SES y denominado proyecto Cornalvo <sup>175</sup>.

#### 5.1.1. *Discusión Implementación tecnológica:*

Huang <sup>176</sup> establece que un Enterprise PACS debe haber sido configurado con los requisitos tecnológicos que permitan su operación habitual, y en este sentido queremos resaltar que nuestro proyecto está correctamente dimensionado en todos sus aspectos:

- La red de telecomunicaciones es de alta capacidad (la configuración actual sobrepasa con creces los requisitos establecidos por Huang)



- La presentación de imágenes se realiza usando monitores con resoluciones “2K” y “1K” para las imágenes seccionales. En otras aplicaciones clínicas se realiza con monitores de “1k”. Todos nuestros monitores son “Liquid Crystal Display” (LCD)
- El almacenamiento está sobredimensionado. En nuestro proyecto, con la característica de escalabilidad de hasta 5 PB de nuestro sistema de almacenamiento, no necesitaremos modificarla hasta dentro de bastantes años.
- El CPD central ha sido diseñado con criterios de Disponibilidad Continua, con replica en CPD de respaldo en las instalaciones de la FEVAL.

La arquitectura tecnológica elegida para el proyecto Zurbarán fue lo que para aquella época se consideraba “centralizada”, frente a lo que seguía siendo la apuesta dominante en aquellos momentos que era la arquitectura distribuida, con tantos CPDs como hospitales existieran. Aunque la arquitectura distribuida era menos costo/eficiente que la “centralizada”, era menos dependiente de los elementos de telecomunicación, lo que la hacía en principio más “estable”. Sin embargo, el proyecto Zurbarán tomó la decisión estratégica de implementar una arquitectura centralizada pues contaba con el apoyo de una buena red de telecomunicaciones (Itersalud); esta decisión estratégica también ha sido tomada en proyectos de envergadura, como el proyecto de tecnológico de la Unidad Central de Radiodiagnóstico del Servicio Madrileño de Salud (SERMAS)<sup>177</sup> o el sistema PACS para el proyecto Diraya<sup>178</sup>.

Como vimos en los capítulos introductorios uno de los cuellos de botella más importantes en la operación de los sistemas que manejan imagen digital es la necesidad de realizar una adecuada gestión del “prefetching”: Pero, el almacenamiento a largo plazo elegido, la EMC Centera, evitó este cuello de botella puesto que el radiólogo o clínico siempre disponen, tras un tiempo de espera no superior a 15 segundos, de estudios previos del paciente necesarios para asistir al paciente. Y todo ello con costes asumibles financieramente por el proyecto y, no con altas inversiones en

almacenamientos tipo SAN. Estas características del almacenamiento del proyecto nos permiten responder a las recomendaciones del Royal College of Radiologist británico<sup>179</sup>.

### 5.1.2. *Discusión Interoperabilidad:*

Como venimos viendo en el objetivo final del proyecto Zurbarán siempre ha estado presente la necesidad de contribuir a la creación de la Historia Clínica Digital del paciente (electronic Patient Record o electronic Health Record)<sup>b148</sup>. Esta Historia Clínica Digital, que en el SES, se denominó, proyecto Jara (Asistencial) es un modelo que solo puede ser construido en base a criterios de interoperabilidad entre los múltiples subsistemas necesarios para construirlo.

En los años de creación del proyecto los estándares más pujantes en el ámbito de imagen médica eran HL7 y DICOM; pero la “conformidad” a estos estándares no garantizaba el necesario intercambio de información que permitiera la ejecución de flujos de trabajo tanto intra como extradepartamentales radiológicos. En los años del comienzo del proyecto Zurbarán, la iniciativa IHE<sup>64,80,98-103,155</sup> se configura como la respuesta a estas necesidades, convirtiéndose y convirtiendo a los estándares DICOM y HL7 en piezas elementales con las que construir verdaderos sistemas interoperables. Es por ello que la implicación de este ponente, ya sea de forma particular o como subdirector de Sistemas de Información del SES, es la actitud natural, concretándose en las siguientes actividades:

---

<sup>b</sup> Aunque no son exactamente sinónimos, la discusión de su diferencia sobrepasa con creces los objetivos de este trabajo.

- Como vocal de Informática de los Congresos Nacionales de la SERAM en los años 1998 y 2000, se nos encomendó la realización de los primeros “demostradores” DICOM realizados en España.
- Como subdirector de Sistemas de Información del SES, fuimos el primer representante español en participar en una reunión del comité IHE Europa (Bruselas, septiembre 2002) y promotores activos de dicha iniciativa en España hasta su constitución en el año 2005. En este sentido, fuimos promotores activos del primer documento de la iniciativa IHE a nivel nacional y fuimos la primera comunidad que exigía en el año 2003 perfiles de integración IHE en todas las adquisiciones de sistemas de información y de modalidades diagnósticas.
- En el ámbito del estándar HL7 hemos sido, desde el SES, muy activos desde el inicio siendo, incluso, referencia para ellos a nivel internacional <sup>180</sup>.

La interoperabilidad y el uso de estándares han sido “obligatorios” en todos los proyectos que se comenzaron en el SES; esto ha hecho que el SES se sitúe en una posición privilegiada en todos aquellos proyectos de interoperabilidad nacional, como puede ser el proyecto de Receta Electrónica del Ministerio de Sanidad <sup>181</sup>, o el resto de proyectos de Historia Clínica Digital del SNS (Informe Clínico de Alta Hospitalaria, Informe Clínico de Consulta Externa, Informe Clínico de Urgencias, Historia Clínica Resumida, Informe de Cuidados de Enfermería, Informe de pruebas de imagen) <sup>182</sup>. Sin embargo, es llamativo que todavía no exista un proyecto para intercambio de la imagen médica, en el que creo que el SES estaría de nuevo en una posición excelente para participar, puesto que ha utilizado los estándares necesarios, no solo de informática médica, sino lo que es más importante, en el ámbito de identificación de pacientes.

La utilización de CIVITAS como base de datos poblacional y por tanto la adopción del identificador CIP como único identificador, a nivel regional y nacional <sup>183</sup>, ha permitido a la mayor parte de los proyectos desarrollados por el SES simplificar de manera extraordinaria uno de los grandes problemas a los que se tiene que enfrentar

todo proyecto de índole regional: la identificación “cruzada” de pacientes. Aunque una buena aproximación para resolver este problema sería usar las recomendaciones del perfil IHE: Compartición de Documentos entre empresas o “Cross-Enterprise Document Sharing” (XDS)<sup>72,177,184–186</sup>, dicha solución la hemos reservado para la interoperabilidad con el SNS (Sistema Nacional de Salud).

El uso de la iniciativa IHE en nuestro proyecto ha sido clave para acabar de perfilar lo que el American College of Radiology (ACR) denomina circuito cerrado del departamento de Radiología<sup>187</sup>, implementándose la integración con el sistema Jara de Atención Sanitaria de la misma forma que recomienda el ACR, para que resulte práctico, escalable y en último término exitoso<sup>188</sup>. Esta tarea ha sido acometida gracias a la implementación del perfil 1 de IHE, que es considerado la piedra angular de la iniciativa IHE<sup>155</sup>. El proyecto Zurbarán se convierte en el primer proyecto de PACS “Enterprise” a nivel nacional en poder desarrollar este perfil, y acometer una integración real entre sistemas departamentales de radiología, modalidades diagnósticas y sistemas extradepartamentales (proyecto Jara y CIVITAS) (Figura 5.1)

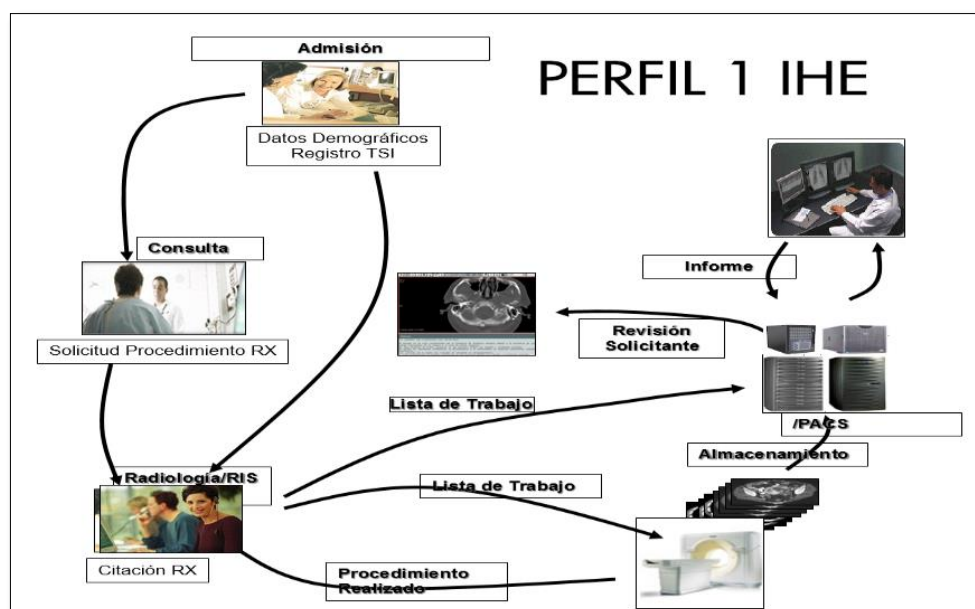


Figura 5.1 Perfil 1 IHE. Adaptado del “IHE Radiology Technical Framework” White Paper 2004–2005”

Es de destacar que el proyecto presenta como novedad, en la configuración de los “actores” que participan en este perfil 1 de IHE (ver Tabla 3.2), que no se ha seguido la distribución clásica; por ejemplo, hemos asignado los actores Emisor de Órdenes (“Order Filler”) y Realizador de Órdenes (“Order Placer”) al proyecto Jara, cuando clásicamente se hubieran asignado a un sistema RIS. Esto ha sido debido fundamentalmente a necesidades gerenciales, en las que ha primado la necesidad de control de las citaciones en los servicios de Radiología; sin embargo, este diseño no ha afectado en absoluto al funcionamiento habitual de los servicios de Radiología.

### 5.1.3. *Discusión Funcionalidades.*

Las funcionalidades implantadas por el proyecto, aportadas tanto por los elementos software (Centricity PACS® y Medora RIS®) como hardware, incorporaban ya desde el principio las que actualmente son recogidas por guías o estándares internacionales<sup>179,189</sup>.

En el ámbito concreto de nuestra especialidad, fue especialmente útil la Sincronización de Contexto y los sistemas de dictado digital y de reconocimiento de voz. La sincronización de contexto, soportada por el módulo Centricity Extend®, permite la sincronización del módulo RIS y del módulo PACS del proyecto, de tal forma que se evitan errores en el informado de los estudios. El sistema de dictado digital y la posterior incorporación del reconocimiento de voz creemos han sido indispensables para el éxito del proyecto en el ámbito radiológico, puesto que un número significativo de radiólogos utilizaba sistemas de dictado-transcripción antes del inicio del mismo. Pero todavía existe cierta controversia sobre la utilidad y tasa real de errores de estos sistemas<sup>190-193</sup> y aunque pensamos que en las nuevas generaciones de médicos acostumbrados por la era Internet a la escritura a máquina, no será tan relevante, sí es cierto que deberíamos considerar el impacto que un sistema u otro puedan tener sobre la aplicación de sistemas de procesado del lenguaje natural<sup>194</sup>.

Es también interesante comprobar que la preocupación por la resolución de las pantallas del proyecto, que ocurrió de forma puntual y en el comienzo del mismo, fue asunto que acabó desvaneciéndose de forma paralela a la aparición en la literatura de trabajos que demostraban la capacidad de estaciones “no radiológicas” para poder realizar diagnósticos certeros <sup>85</sup>, encontrándonos incluso finalmente con la autorización del uso del iPad® para el diagnóstico radiológico <sup>89</sup>. No obstante, para el trabajo radiológico diario se hace necesario seguir manteniendo monitores con una calidad suficiente que lo hagan cómodo, siendo los monitores de dos megapíxeles suficientes para la revisión radiológica general <sup>195</sup>.

Pero es la adecuación del proyecto a varios de los perfiles definidos por IHE, la creemos ha permitido un alto grado de funcionalidad del sistema:

- El Perfil 2 (Reconciliación de la Información del Paciente) ha conseguido disminuir el número de pacientes sin identificar (“John Doe” o “Juan sin Nombre”) almacenados en el sistema.
- El perfil 3 (Presentación Coherente de Imágenes) (Figura 5.2) ha permitido que el clínico que accede al estudio pueda revisarlo con los cambios de posproceso (ampliación, “pan”, volteado, cambios de ventana, etc.) realizados por el radiólogo.
- El perfil 6 (Anotación de imágenes clave) (Figura 5.3) permite desarrollar un mecanismo por el que el personal del servicio de radiología puede etiquetar imágenes como significativas y adjuntar un comentario a estas imágenes, para que el clínico que revisa el estudio identifique de forma más sencilla, de entre un conjunto de imágenes, aquellas que son significativas.



Figura 5.2. RX de pelvis (previa a uretrografía) tal y como se adquirió (lado izquierdo) y con magnificación y cambio de ventana deseado por el radiólogo que realiza el estudio.

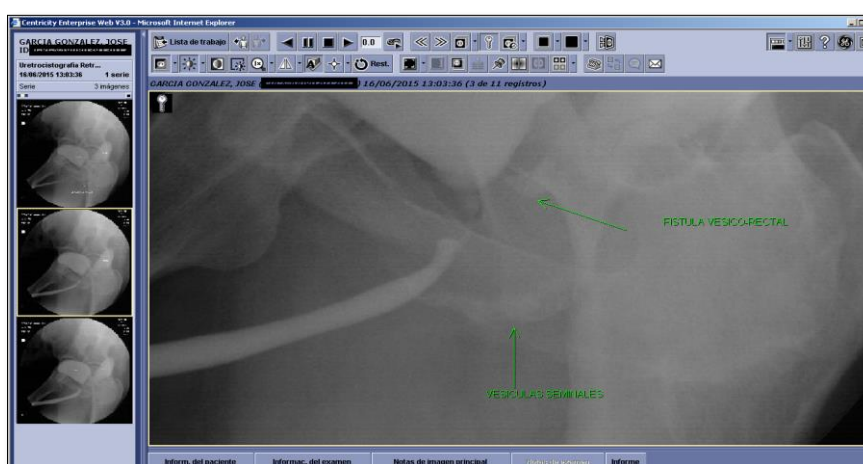


Figura 5.3. Mismo estudio con anotaciones realizadas por el radiólogo; obsérvese el símbolo llave sobre ella, representando la imagen clave ("key").

Como pudimos ver en el apartado de 4.1.3, las capacidades del software han permitido el informado de estudios urgentes en el hospital de Coria desde el Hospital de Don Benito. Esta funcionalidad del sistema es una buena oportunidad para, estructurada desde la gerencia del SES, constituir lo que podríamos llamar un Centro Virtual de Diagnóstico<sup>66,189,196,197</sup>, que dé soporte a las necesidades de informado radiológico en aquellas situaciones en las que se necesite, proporcionando un sistema de

Telerradiología interno. No obstante, como nueva forma de organización, este sistema no estaría exento de polémica<sup>198</sup>. Esta forma de compartir la información no solo disminuye los costes por una posible reducción de personal<sup>199</sup>, sino también porque se mejora la gestión de los flujos de pacientes: por ejemplo, se ha reducido significativamente el número de pacientes trasladados desde los hospitales del SES al servicio de Neurocirugía de referencia en el Hospital Infanta Cristina de Badajoz.

### *5.2. DISCUSIÓN DIMENSIÓN TECNOLÓGICA:*

Los 100,6 TB almacenados hasta finales de 2014 en los servidores del proyecto Zurbarán, que representan más de 7 millones de estudios, nos sitúan ante un proyecto “large” o “grande”, desde el punto de vista de las dimensiones tecnológicas. Aunque actualmente el proyecto Zurbarán está considerado en nuestro entorno como un proyecto “relevante”<sup>200</sup>, en los inicios del mismo “compite” en dimensiones tecnológicas con otros proyectos, como pueden ser los proyectos europeos Pax Vobiscum<sup>66,201</sup> y HUS-PACS<sup>202,203</sup> y el proyecto Ykonos. Todos estos proyectos tienen en común su objetivo de ser “regionales” y las dimensiones tecnológicas implementadas se corresponden con la población atendida. El proyecto Pax Vobiscum, considerado en los finales de los años 90 como una de las instalaciones más grandes de Europa y del mundo<sup>66,201,204</sup> es el de dimensiones más modestas (48 modalidades conectadas y 180000 estudios anuales), trataba de configurar un departamento de Radiología virtual para la región sueca de Örebro–Uppsala de 2 millones de habitantes; el proyecto HUS-PACS, que da servicio a la región de Helsinki y Uusimaa (que comprende 1,4 millones de habitantes) es de dimensiones tecnológicas similares al nuestro (20 TB de almacenamiento anual, 1 millón de estudios anuales, 200 modalidades conectadas y 120 estaciones de diagnóstico primario).

Desde el inicio del proyecto el sistema está dando respuesta a las necesidades de diagnóstico y estudios radiológicos solicitados y consultados por más de 3000 clínicos diarios, realizados por más 250 profesionales radiológicos concurrentes, estando todas



las dimensiones tecnológicas adecuadamente dimensionadas para proveer el servicio adecuado. Es en el ámbito del almacenamiento, con datos de crecimiento anual estimado de 20 TB, donde podríamos considerar que, dada la escalabilidad del sistema hasta 5 PB, la plataforma estaría bien dimensionada hasta dentro de unos 250 años. Sin embargo este aparente sobredimensionamiento de la plataforma no será tal si consideramos la natural evolución de los sistemas de almacenamiento hacia la nueva corriente en almacenamiento clínico: los sistemas de Almacenamiento Neutral de Vendedor o “Vendor Neutral Archive”, VNA)<sup>205-209</sup>. Estos sistemas VNA tienen como propósito principal convertirse en el almacén de toda la imagen médica de la Historia Clínica Electrónica, incluyendo lógicamente la de Anatomía Patológica. Esto haría que, aunque los precios de los sistemas de almacenamiento están decreciendo de manera exponencial<sup>210</sup>, la transformación del almacenamiento del proyecto Zurbarán, para albergar los siempre exigentes requerimientos de la imagen patológica<sup>211</sup>, sería de tal envergadura que estaríamos hablando de otro proyecto...

El análisis del número de estudios realizados anualmente registrados por el sistema nos confirma, no solo el correcto dimensionamiento tecnológico del proyecto sino, que la tasa de frecuentación radiológica estimada es la esperada para nuestra región, 889 (=984000/1108) exploraciones/año por mil habitantes. La frecuentación radiológica oscila en España entre 700 y 1.100 exploraciones/año por cada mil habitantes, con una cifra promedio anual cercana a las 800 exploraciones por mil habitantes<sup>212</sup>; en nuestro proyecto esta tasa regional quedaría ya más cercana a los 1100 si atendemos que no se contabilizan los estudios radiológicos realizados en el ámbito privado.

### *5.3. DISCUSIÓN EVALUACIÓN ACEPTACIÓN CLÍNICA:*

Los resultados obtenidos constatan con claridad que la aceptación del proyecto Zurbarán se puede considerar un éxito puesto que los resultados en el grupo de constructos que constituyen la escala de aceptación una media superior a 5 (sobre 7), llegando a estar próximos a 6. También es importante resaltar en estos resultados la

media del constructo Intención de Uso, que a pesar del importante cambio en el enunciado de dicha variable, presentan una media cercana a 5 (expresando acuerdo), destacando la media de los radiólogos (cercana a 6).

Otros resultados (Tabla 4.3) también revelan resultados excelentes con una aprobación, en la mayor parte de los constructos, de más del 80% de la población encuestada, excepto, y solo para el grupo de “clínicos”, en los ítems “Intención de Uso” y “Condiciones de Atención a Usuarios”; en estos casos se obtienen unos porcentajes que creemos deben ser tenidos en cuenta como oportunidad de mejora, aunque en todo caso presentan medias cercanas a 5, es decir en ningún caso llegamos a la indiferencia o la desaprobación. Incluso en el caso de colectivos como los TER las puntuaciones son bastante altas, a diferencia de lo expuesto por Aldosari et al.<sup>122</sup>

El análisis de los modelos de regresión, realizados sobre la datos de la encuesta, demuestran que en nuestra población estudiada se observan los mismos resultados que los expuestos por Pynoo et al.<sup>213</sup>, esto es, que la expectativa de desempeño es el constructo dominante.

Tal y como hemos expuesto ya con anterioridad existen pocos trabajos que nos permitan comparar nuestros resultados<sup>109,118,121,214</sup>, apareciendo de forma paralela estudios que exploran la satisfacción de usuarios pero no utilizan metodología reconocida y reconocible como la UTAUT<sup>215,216</sup>. Entre estos encontramos el trabajo de Bandon et al. en 2005<sup>217</sup> en el que hacen referencia, de forma superficial, pero por vez primera a datos de la aceptación clínica de su proyecto de PACS “Enterprise”; en este estudio el 77% de los clínicos usa regularmente el sistema y tienen un grado de satisfacción de 4,6. Para Tan et al.<sup>218</sup> los sistemas PACS se aceptan “generalmente bien” pero es necesario poner atención en el entrenamiento del uso, la calidad de los monitores y la fiabilidad. Fuera del ámbito de los departamentos de Radiología nos encontramos resultados con escalas de satisfacción de 5,39<sup>215</sup>. Como podemos observar los resultados de estos trabajos son semejantes e, incluso, inferiores a los resultados por nosotros obtenidos.

Comparando nuestros resultados con el trabajo de Duyck et al. <sup>118</sup>, que sí utiliza metodología psicométrica, observamos realidades muy semejantes. (Figura 5.4 y Figura 5.5).

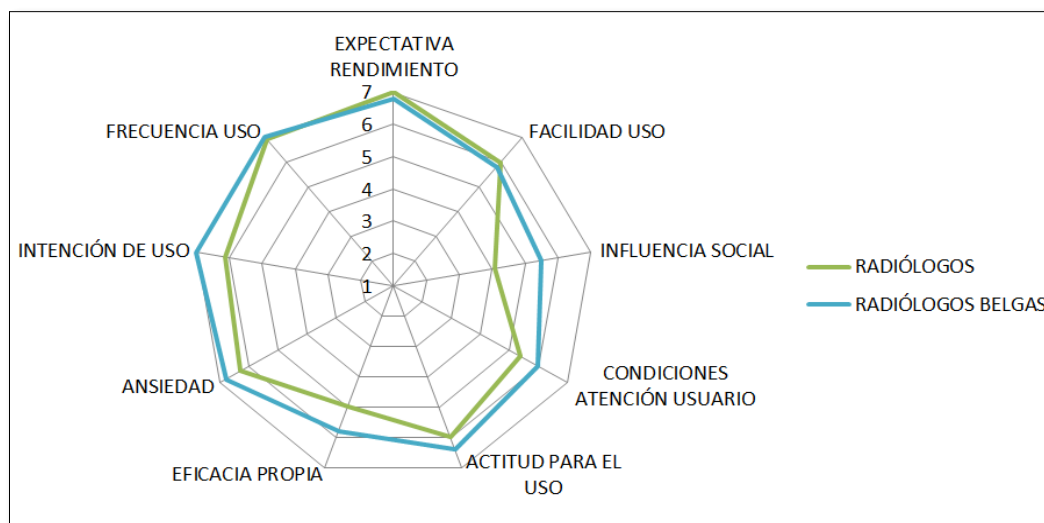


Figura 5.4: Gráfica comparativa entre radiólogos del proyecto Zurbarán y los del trabajo de Duyck.

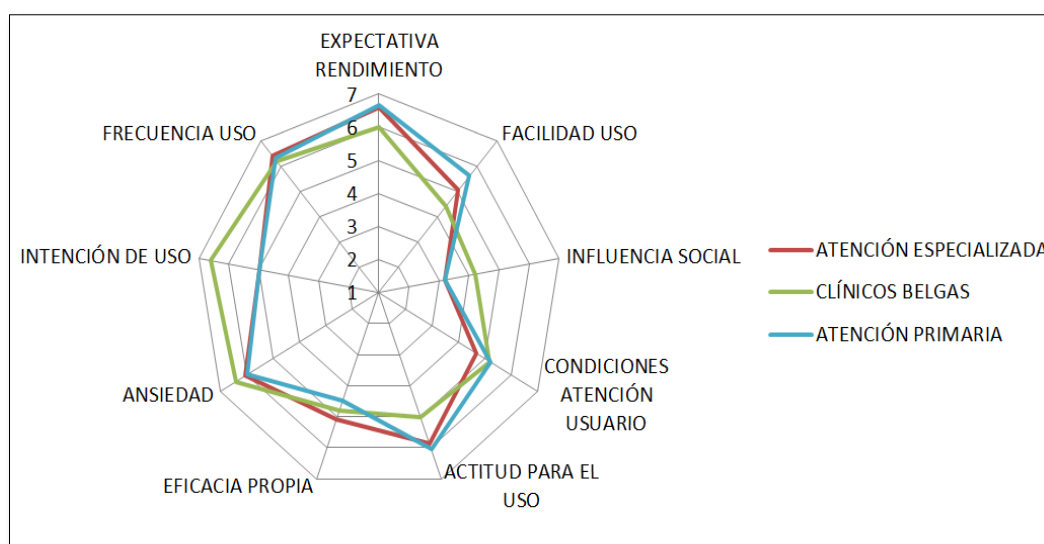


Figura 5.5: Gráfica comparativa los grupos de clínicos de nuestro proyecto y los del trabajo de Duyck.

El análisis detallado de estos resultados revelan algunos pequeños detalles que pueden ser significativos, tal y como exponemos en la Tabla de Frecuencias Comparadas

(Tabla 5.1), en la que hemos aplicado el mismo criterio de la tabla de frecuencias Tabla 4.5.

	% de respondientes con puntuación >4					
	RADIÓLOGOS ZURBARÁN	RADIÓLOGOS BELGAS	p-valor	CLÍNICOS ZURBARÁN	CLÍNICOS BELGAS	p-valor
Expectativa Desempeño	99%	100%	1**	97%	86%	<0,001*
Facilidad de Uso	88%	92%	1**	78%	84%	0,17
Actitud para el Uso	84%	100%	0,21**	85%	88%	0,38*
Ansiedad	86%	100%	0,12**	73%	98%	<0,001*
Influencia Social	54%	83%	0,07*	26%	53%	<0,001*
Condiciones Facilitadoras	79%	100%	0,12**	64%	93%	<0,001*
Eficacia propia	79%	83%	1**	58%	67%	0,43*
Intención de Uso	91%	100%	0,37**	62%	98%	<0,001*
Frecuencia de Uso	98%	100%	1**	90%	79%	<0,001*

\*test chi-2 de Pearson

\*\*test exacto de Fisher

**Tabla 5.1 Tabla de frecuencias comparadas.**

El análisis de esta tabla por grupos nos permite establecer que en el ámbito de los radiólogos no existen diferencias significativas en ninguno de los constructos evaluados, excepto en la influencia social en la que existe indicios de significación. En el grupo de radiólogos querríamos destacar la no existencia de diferencia significativa en la variable Intención de Uso, aun a pesar de que el ítem utilizado en la encuesta implicaba un mayor “compromiso” con el proyecto por parte del encuestado.

En el análisis comparado del grupo de colegas clínicos encontramos diferencias significativas, con mejores valores en el grupo de clínicos del proyecto Zurbarán en las variables Expectativa de Desempeño y Frecuencia de Uso. Se encuentran peores valoraciones (significativas estadísticamente) para los ítems Ansiedad y Condiciones Facilitadoras apuntando una oportunidad de mejora para el proyecto Zurbarán; en el caso de la Influencia Social encontramos también una peor valoración pero creemos es debida a una idiosincrasia cultural de nuestra población y también al propio origen de la muestra, con la presencia de muchos profesionales de Atención Primaria que prestan

sus servicios en condiciones reales de “aislamiento” profesional (véase consultorios locales). Finalmente, reflexionar también sobre la peor valoración de la variable Intención de Uso en los Clínicos del Proyecto Zurbarán, en gran medida creemos de nuevo que es debida a la pregunta realizada en la encuesta.

#### *5.4. DISCUSIÓN EVALUACIÓN ORGANIZATIVA:*

Aun a pesar de que en otros sectores (finanzas, empresas farmacéuticas, etc) el uso de las TICs había contribuido a mejorar los procesos de negocio, en el ámbito de la salud, y especialmente en el caso de los sistemas PACS, esto no había sido así. Probablemente esto sea debido a que la mayor parte de los esfuerzos (reflejados en la bibliografía publicada) estaban más dirigidos a probar la productividad individual que se derivaba del uso del sistema que a probar la mejora en la productividad de los procesos establecidos<sup>110</sup>; es decir, los sistemas “ayudaban” a realizar las mismas tareas pero de forma diferente. Además, a nadie escapa la dificultad en implementar proyectos TICs verdaderamente maduros en el sector salud cuando apenas el 20% de las instituciones americanas encuestadas en el año 2010 por la HIMSS se encontraba en un nivel de madurez organizativa alta <sup>131</sup>.

El análisis de madurez de nuestro proyecto nos sitúa en un nivel alto (Nivel 4-5), pues implementamos más del 90% de los ítems propuestos excepto los procesos de “Data mining” e Innovación en Procesos PACS. Algunas razones para que el proyecto no las haya podido implementar las podemos encontrar en las reflexiones aportadas por Scheper <sup>219</sup>; este autor establece que la alineación de las TICs con el “negocio” no solo está condicionada por los elementos hardware o software, sino también por otras dimensiones o factores igualmente importantes: la dimensión organizativa, la capacidad empresarial de monitorización, la estrategia empresarial y la cultura de recursos humanos.

En nuestro caso creemos que en el caso de la no implementación de la minería de datos se ha debido fundamentalmente a una falta de lo que podemos denominar “cultura” de monitorización empresarial en el SES. Consideramos, no obstante, imprescindible la realización de esta gestión de datos <sup>220</sup> puesto que permitirían realizar muchas mediciones, como por ejemplo: evaluar la productividad de los radiólogos, realizar auditorías de control de dosis de radiación, establecer controles de calidad o disponer de métricas de calidad general de los departamentos de Radiología.

Y en cuanto a la evaluación del ítem “innovación del sistema PACS” la hemos considerado deliberadamente negativa puesto que queremos partir una de posición más rigurosa que la aportada por van de Wetering y Batenbur. Creemos que se hace necesario este planteamiento porque la innovación es indispensable para el futuro y supervivencia de cualquier proyecto. Aunque en el desarrollo del proyecto se formó un Grupo de Usuarios, cuyo objetivo era, no solo plantear un seguimiento del proceso de implementación sino también, plantear nuevos retos que permitieran evolucionar al sistema, la realidad es que se convirtió más que nada en un grupo estratégico para la gestión del cambio y en un elemento añadido al sistema de soporte del mismo (en el que se analizan los requerimientos de número de estaciones de trabajo, diseño de procedimientos ante caídas del sistema, etc). Sin embargo, careció de la capacidad de proponer y desarrollar (incluso de forma autónoma) propuestas y objetivos que sirvieran para evolucionar el proyecto. Por todo esto no queremos desaprovechar esta ocasión para plantear 3 propuestas de innovación para el proyecto, que sirvan como futuro escenario de desarrollo del mismo.

La primera propuesta nace de la reciente idea de que los sistemas PACS se reconvertirán, de sistemas propios de los departamentos de Radiología, a sistemas de almacenamiento global de imagen médica. Dennison <sup>207</sup> plantea que el año 2018 será el de la “autopsia” de los sistemas PACS (Figura 5.6), que serán reemplazados por sistemas VNA. Aunque el sistema tiene desde sus inicios capacidad para almacenar imagen diferente de la radiológica, por ejemplo dermatológica (Figura 5.7), la realidad es que la incorporación de otros tipos de imágenes hubiera constituido otro proyecto en sí mismo, sobre todo por la necesidad de integrarse en el proyecto Jara.

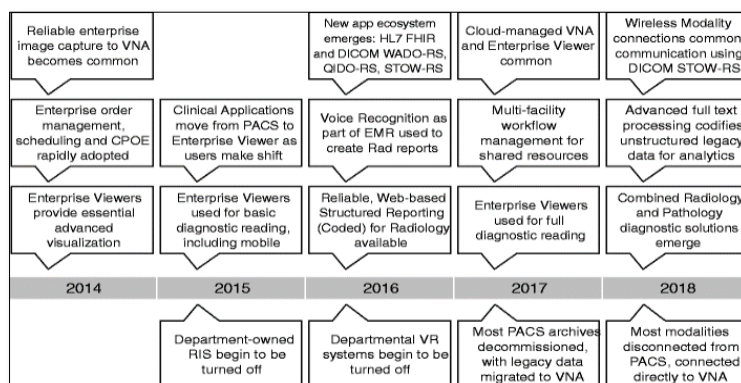


Figura 5.6. Cronograma de Dennison con desaparición del PACS y creación del VNA. Tomada de Dennison en Journal of Digital Imaging 2014<sup>207</sup>.

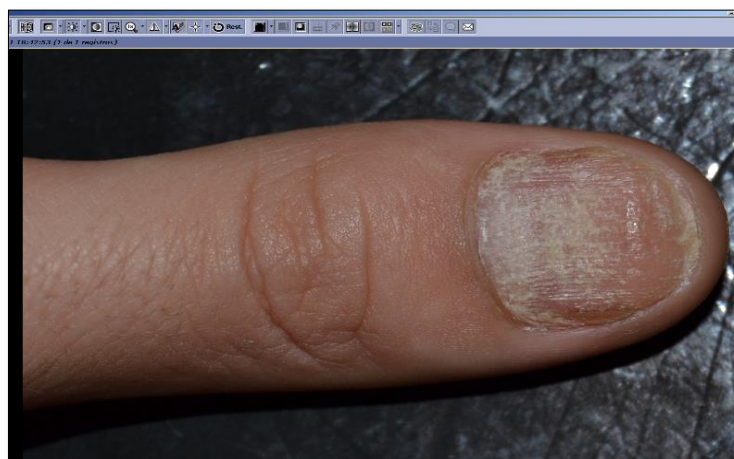


Figura 5.7. Fotografía de alta resolución de lesión ungueal hiperqueratótica almacenada en el proyecto Zurbarán.

Otros de los proyectos posibles que creemos necesario es implementar un historial de dosimetría radiológica personal de los pacientes. Ya en el año 2006, la Dirección General del Asistencia Sanitaria del SES creó el Programa de Control Radiológico Infantil de Extremadura-CRIE<sup>221</sup>, en ese momento innovador, puesto que se adelantaba a la directiva EurAtom del 2013<sup>222</sup>, que obliga, a partir de 2018, a todos los nuevos equipos radiológicos a transmitir y almacenar la información dosimétrica de los pacientes en su historial. La solución que se consideró fue la realización de una tarjeta cumplimentada a mano por los TER (Figura 5.8). Sin embargo, la implementación del estándar DICOM



(usando el servicio DICOM Modality Performed Procedure Step (MPPS) y el Objeto de Información “Radiation Dose Structured Report”)<sup>223</sup> y el perfil IHE “Radiation Exposure Monitoring”<sup>224</sup> permitirían realizar el Historial dosimétrico de todos los pacientes atendidos por nuestro proyecto integrándose con el proyecto Jara de forma totalmente automática y digital.



Figura 5.8. Modelo de tarjeta CRIE del SES

Finalmente, y como propuesta “irrenunciable” por nuestra vinculación con la docencia de la Facultad de Medicina, estaría el proyecto de creación de un sistema de archivo de casos de interés radiológico y clínico, que fuera accesible por los estudiantes de la Facultad de Medicina y por cualquier especialista (en formación o no) del SES. Este autor ha mostrado especial interés en la creación de este tipo de recursos educativos<sup>95</sup> y piensa que un sistema de archivo de casos de interés es una aplicación natural de la implementación de sistemas PACS<sup>225</sup>. Es cierto que en los inicios del proyecto ningún vendedor de sistemas PACS proporcionaba herramientas que permitieran la creación de este tipo de archivos<sup>226</sup> y en la actualidad su implementación requeriría un nuevo proyecto, lógicamente relacionándolo con la HCE de Jara, puesto que el aprendizaje radiológico se beneficia del conocimiento de la evolución clínica de los pacientes a los

que se les han realizado estudios <sup>227</sup>. Este nuevo proyecto tendría bastante camino allanado, pero quedarían nuevos retos, entre los que destacan la elección terminológica adecuada <sup>228</sup> y el ajuste de dicha solución con el flujo de trabajo del radiólogo <sup>229</sup>, mediante el uso de los perfiles IHE "Teaching File" y "Clinical Trial Export" <sup>230</sup>.

## 6. CONCLUSIONES

En el apartado 2 de objetivos establecíamos para nuestro proyecto los 3 siguientes: a) implementación del proyecto Zurbarán, b) adecuación del proyecto Zurbarán al modelo general propuesto en el PSI y c) evaluación de los aspectos tecnológicos, de aceptación de usuarios y de madurez.

### *6.1. IMPLEMENTACIÓN DEL PROYECTO ZURBARÁN*

En el marco del proyecto todos los servicios de Radiodiagnóstico del SES se han adaptado a la era digital, estando normalizada la incorporación de cualquier nueva modalidad diagnóstica al proyecto. En este sentido, habría que destacar que incluso sistemas externos al proyecto, como por ejemplo las mamografías realizadas (fuera del entorno hospitalario) para el Programa de Detección Precoz de Cáncer de Mama o las resonancias realizadas por empresas externas al SES, están actualmente almacenando sus estudios en nuestro sistema.

El proyecto ha instalado y renovado periódicamente todos los elementos hardware y software necesarios para el funcionamiento normal del mismo. Su gestión, mediante el modelo de "Service Level Agreement", ha permitido en todos estos años una disponibilidad del mismo mayor del 99%. En este mismo sentido, la red de telecomunicaciones del SES, Itersalud, ha dado el rendimiento esperado para una buena operación del sistema.

### *6.2. ADECUACIÓN AL MODELO DEL PLAN DE SISTEMAS DE INFORMACIÓN*

El proyecto Zurbarán se ha implementado de tal forma que ha contribuido a la creación de la Historia Clínica Electrónica (HCE) del paciente en el SES, permitiendo una sola historia por cada paciente. Gracias a ello, los Sistemas de Información Sanitaria del SES se han constituido como "una de las primeras Comunidades Autónomas de España

en aplicar las TIC para modernizar su Administración en orden a mejorar su relación con los ciudadanos<sup>231</sup>.

El proyecto Zurbarán, gracias a la implementación del perfil 1 de IHE, ha conseguido que “un dato determinado solo se introduzca una vez”. El proyecto ha utilizado el CIP como identificador normalizado de pacientes y los códigos del nomenclátor SERAM como identificador normalizado de pruebas radiológicas. Sin embargo, aunque en el SES normalizó el uso de códigos de fármacos (Nomenclator-Digitalis) y de material sanitario (Códigos del proyecto Jara-EcoFin) estos han sido poco usados en la operación diaria del sistema.

El proyecto ha adoptado la iniciativa IHE como marco de interoperabilidad, en la que se basará para poder continuar desarrollándose.

La implementación que se ha ejecutado ha permitido que cada departamento de Radiología hospitalario se haya convertido realmente en servicios para su Área de Salud y para todo el SES.

### *6.3. EVALUACIÓN*

La realización de esta tesis doctoral ha permitido la realización de la evaluación de los 3 aspectos más relevantes del proyecto.

La evaluación tecnológica del proyecto nos permite concluir que el mismo se encuentra entre los más relevantes a nivel europeo en el momento actual, siendo uno de los de dimensiones más amplias en cuanto a estudios registrados.

El análisis de la percepción por parte de los usuarios nos permite concluir que el mismo ha sido exitoso en términos de aceptación, con un nivel de aceptación comparable a otros proyectos europeos e incluso superior.

El análisis de la madurez organizativa del proyecto nos permite concluir que aunque hemos alcanzado los máximos niveles, existen oportunidades de mejora sobre todo en el

aspecto de la innovación que debemos tener en consideración para que el proyecto siga vivo.

## 7. BIBLIOGRAFÍA

1. Wald C, Patti JW, Tilkin M, Dreyer K. ACR Introduction to the ACR Imaging IT Reference Guide. *Journal of the American College of Radiology*. 2014;11(12):1195-6.
2. Branstetter IV BF. Basics of Imaging Informatics: Part 1. *Radiology*. 2007;243(3):656-67.
3. Miller ER, Mccurry EM, Hruska BB. Immediate Remote Access to Radiologists' Reports. *Radiology*. 1969;93(1):13-6.
4. Steckel RJ. Daily X-Ray Rounds in a Large Teaching Hospital Using High-Resolution Closed-Circuit Television. *Radiology*. 1972;105(2):319-21.
5. Davidson JK, Thomson GO. Closed-circuit television in teaching diagnostic radiology. *Br J Med Educ*. 1970;23-8.
6. Sorby WA, Gates S, Porti A. An evaluation of a high resolution closed-circuit television link in a hospital radiology department. *J Can Assoc Radiol*. 1975;158-61.
7. Miller ER, McCurry EM. Immediate Hospital-Wide Access to X-Ray Film Images. *Radiology*. 1969;92(2):225-30.
8. Lodwick GS, Taaffe JL. Radiology systems of the nineties: meeting the challenge of change. *Journal of digital imaging*. 1988;1(1):4-12.
9. Ausherman D, Dwyer 3rd SJ, Lodwick, G.S. GS. A system for the digitation, storage and display of images. En: *Third Annual Houston Conference on Computer and System Sciences*. Houston, TX; 1971.
10. Lehr J, Lodwick GS, Reichertz P. Experience with an on-line reporting system. En: *Proc Second Conf Comput Appl Radio*. Wash DC US Dep Health Educ Welf Food Drug Adm; 1970. p. 401-8.
11. Lasher JC, Blumhardt R, Lancaster JL. The digital computer: the role of functional imaging in radiology. *Radiology*. 1984;153(1):69-72.
12. Dwyer 3rd SJ, Templeton AW, Martin NL, Lee KR, Levine E, Batnitzky S, et al. The cost of managing digital diagnostic images. *Radiology*. 1982;144(2):313-8.
13. H.U. Lemke. *A Network of Medical Work Stations for Integrated Word and Picture Communication in Clinical Medicine*. Tech Rep Tech Univ Berl. 1979;
14. Duerinckx AJ, Dwyer III SJ, Prewitt JMS. Guest Editors' Introduction: Digital Picture Archiving and Communication Systems in Medicine. *Computer*. 1983;16(8):14-6.
15. Cho P, Huang H, Tillisch J, Kangaroo H. Clinical evaluation of a radiologic picture archiving and communication system for a coronary care unit. *American Journal of Roentgenology*. 1988;151(4):823-7.

16. Huang HK. Some historical remarks on picture archiving and communication systems. *Computerized Medical Imaging and Graphics*. 2003;27(2):93-9.
17. Bauman RA, Lodwick GS, Taveras JM. The digital computer in medical imaging: a critical review. *Radiology*. 1984;153(1):73-5.
18. Templeton AW, Dwyer 3rd SJ, Johnson JA, Anderson WH, Hensley KS, Rosenthal SJ, et al. An on-line digital image management system. *Radiology*. 1984;152(2):321-5.
19. Cox JR, Blaine GJ, Hill RL, Jost RG, Shum C-D. Some design considerations for picture archiving and communication systems. *Computer*. 1983;16(8):39-49.
20. Noz ME, Erdman WA, Maguire Jr GQ, Stahl TJ, Tokarz RJ, Menken KL, et al. Modus operandi for a picture archiving and communication system. *Radiology*. 1984;152(1):221-3.
21. Arenson RL. Automation of the radiology management function. *Radiology*. 1984;153(1):65-8.
22. Mezrich R. The implication of PACS for radiology practice. *American Journal of Roentgenology*. 1988;151(4):828-828.
23. Sonoda M, Takano M, Miyahara J, Kato H. Computed radiography utilizing scanning laser stimulated luminescence. *Radiology*. 1983;148(3):833-8.
24. Schmiedl U P, Rowberg A H. Literature review: Picture archiving and communication systems. *J Digit Imaging*. 1990;178-94.
25. Arenson RL. The formation of a radiology computer consortium. En: *Proceedings of the Seventh Conference on Computer Applications in Radiology, American College of Radiology*,. 1982. p. 75-86.
26. Bauman RA, Taaffe JL. Evolution of picture archiving and communication systems—1989. *Journal of digital imaging*. 1991;4(1):37-42.
27. Becker SH, Arenson RL. Costs and Benefits of Picture Archiving and Communication Systems. *Journal of the American Medical Informatics Association*. 1994;1(5):361-71.
28. Huang HK, Kangarloo H, Cho PS, Taira RK, Ho BK, Chan KK. Planning a totally digital radiology department. *AJR American journal of roentgenology*. 1990;154(3):635-9.
29. Bauman RA, Gell G, Dwyer SJ. Large picture archiving and communication systems of the world—Part 1. *Journal of Digital Imaging*. 1996;9(3):99-103.
30. Pardellans JP, Pedemonte J-CC, Layret JL. Sistema de Archivo y Comunicación de Imagen en Radiología. *Radiología*. 1994;67-76.
31. Bauman RA, Gell G, Dwyer SJ. Large picture archiving and communication systems of the world—Part 2. *Journal of Digital Imaging*. 1996;9(4):172-7.

32. Hruby W, Mosser H, Urban M, Ruger W. The Vienna SMZO-PACS-project: the totally digital hospital. *European Journal of Radiology*. 1992;16(1):66-8.
33. Wild C, Peissl W, Tellioglu H. An assessment of picture archiving and communication systems (PACS). The case study of the SMZO Project. *Socialmedizinisches Zentrum Ost. Int J Technol Assess Health Care*. 1998;14(3):573-82.
34. Carreo Pedemonte JC, Pardellans P. Implantaci3n de un sistema de Archivo y Comunicaci3n de Imagen (PACS) en la prctica clínica. *Radiología*. 1994;77-82.
35. Piqueras J, Carreo J-C. Data interface between a radiology information system and a computed radiography system using a personal computer and standard software. *AJR American journal of roentgenology*. 1993;161(6):1313-5.
36. Cruz MA, Martin-Santos FJ, Martel J, Izquierdo C, Fraile E, Montero MD, Escribano J. *Radiologia Digital: Conceptos generales*. *Radiologia*. 1992;461-71.
37. Giribona P, Bravar D, Stacul F, Ukovich W. PACS experiences in Trieste. *International Journal of Bio-Medical Computing*. 1992;30(3-4):285-93.
38. Wiltgen M, Gell G, Graif E, Stubler S, Kainz A, Pitzler R. An integrated picture archiving and communications system-radiology information system in a radiological department. *Journal of digital imaging*. 1993;6(1):16-24.
39. *European Integrated Picture Archiving & Communication Systems in the Hospital. MIMOSA FINAL REPORT*. 1995.
40. Bauman RA, Gell G. The reality of picture archiving and communication systems (PACS): a survey. *Journal of digital imaging*. 2000;13(4):157-69.
41. Bick U, Lenzen H. PACS: the silent revolution. *European Radiology*. 1999;9(6):1152-60.
42. Arenson RL. PACS: current status and cost-effectiveness. *European radiology*. 2000;10:S354-6.
43. Siegel EL, Reiner BI. Filmless radiology at the Baltimore VA Medical Center: a 9 year retrospective. *Computerized medical imaging and graphics*. 2003;27(2):101-9.
44. Maynard CD. *Radiology: Future Challenges 1*. *Radiology*. 2001;219(2):309-12.
45. Bryan RN. The Digital rEvolution: The Millennial Change in Medical Imaging. *Radiology*. 2003;229(2):299-304.
46. Rubin GD. Data explosion: the challenge of multidetector-row CT. *European Journal of Radiology*. 2000;36(2):74-80.
47. Tamm EP, Thompson S, Venable SL, McEnery K. Impact of multislice CT on PACS resources. *J Digit Imaging*. 2002;15 Suppl 1:96-101.



48. Mathie AG, Strickland NH. Interpretation of CT scans with PACS image display in stack mode. *Radiology*. 1997;203(1):207-9.
49. Andriole KP, Wolfe JM, Khorasani R, Treves ST, Getty DJ, Jacobson FL, et al. Optimizing analysis, visualization, and navigation of large image data sets: one 5000-section CT scan can ruin your whole day. *Radiology*. 2011;259(2):346-62.
50. Morin RL. Cross-Sectional Imaging: A Technology Crisis Upon Us. *Journal of the American College of Radiology*. 2006;3(3):218-9.
51. Fruehwald F, Lindner A, Mostbeck G, Hruby W, Fruehwald-Pallamar J. APPC—A new standardised coding system for trans-organisational PACS retrieval. *European Radiology*. 2010;20(9):2153-65.
52. Ratib O, Swiernik M, McCoy JM. From PACS to integrated EMR. *Computerized Medical Imaging and Graphics*. 2003;27(2):207-15.
53. Pilling J. Problems facing the radiologist tendering for a hospital wide PACS system. *European journal of radiology*. 1999;32(2):101-5.
54. Pilling JR. Lessons Learned from a Whole Hospital PACS Installation. *Clinical Radiology*. 2002;57(9):784-8.
55. Foord KD. PACS workstation respecification: display, data flow, system integration, and environmental issues, derived from analysis of the Conquest Hospital pre-DICOM PACS experience. *European radiology*. 1999;9(6):1161-9.
56. Lemke HU, Niederlag W, Heuser H. Specification and evaluation of a regional PACS in the SaxTeleMed project. 2002 [Consultado 8 de diciembre de 2014]. p. 1-6. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1117/12.466988>
57. Kinsey TV, Horton MC, Lewis TE. Interfacing the PACS and the HIS: Results of a 5-year Implementation 1. *Radiographics*. 2000;20(3):883-91.
58. Huang HK. Enterprise PACS and image distribution. *Computerized Medical Imaging and Graphics*. 2003;27(2-3):241-53.
59. Province-wide PACs: Prince Edward Island, Canada [Internet]. *Imaging Economics*. 2004 [Consultado 23 de noviembre de 2014]. Disponible en: <http://www.imagingeconomics.com/2004/05/province-wide-pacs-prince-edward-island-canada/>
60. Klose KJ, Schäfer C, Kail S, Röthke M, Zhang L. KIS-RIS-PACS-Integration: Der Marburger Weg. *Der Radiologe*. 2005;45(8):671-81.
61. Kuzmak PM, Dayhoff RE. The use of digital imaging and communications in medicine (DICOM) in the integration of imaging into the electronic patient record at the Department of Veterans Affairs. *Journal of Digital Imaging*. 2000;13(1):133-7.

62. Cheung N-T, Lam A, Chan W, Kong JHB. Integrating images into the electronic patient record of the hospital authority of Hong Kong. *Computerized Medical Imaging and Graphics*. 2005;29(2-3):137-42.
63. Huang HK. From PACS to Web-based ePR system with image distribution for enterprise-level filmless healthcare delivery. *Radiological Physics and Technology*. 2011;4(2):91-108.
64. Channin DS. M: I-2 and IHE: Integrating the Healthcare Enterprise, Year 2 1. *Radiographics*. 2000;20(5):1261-2.
65. Piraino D. The use of intranets and extranets in radiology. *J Digit Imaging*. 1997;10(Suppl 1):26-7.
66. Andersson, T. A county-wide virtual radiology department: the Pax Vobiscum project. *Medica Mundi (Philips)*. 2000;44(2).
67. Avrin D, Wiggins RH, Bahr C. Beyond PACS: getting images to referring physicians. *Seminars in Ultrasound, CT and MRI*. 2003;24(6):428-33.
68. De Backer AI, Mortelet KJ, De Keulenaer BL. Picture archiving and communication system—Part one: Filmless radiology and distance radiology. *JBR-BTR*. 2004;87(5):234-41.
69. Samei E, Seibert JA, Andriole K, Badano A, Crawford J, Reiner B, et al. AAPM/RSNA Tutorial on Equipment Selection: PACS Equipment Overview: General Guidelines for Purchasing and Acceptance Testing of PACS Equipment1. *RadioGraphics*. 2004;24(1):313-34.
70. Koutelakis GV, Lympieropoulos DK. PACS through web compatible with DICOM standard and WADO service: advantages and implementation. En: *Engineering in Medicine and Biology Society, 2006 EMBS'06 28th Annual International Conference of the IEEE [Internet]*. IEEE; 2006 [Consultado 26 de diciembre de 2014]. p. 2601-5. Disponible en: [http://ieeexplore.ieee.org/xpls/abs\\_all.jsp?arnumber=4462329](http://ieeexplore.ieee.org/xpls/abs_all.jsp?arnumber=4462329)
71. Toland C, Meenan C, Toland M, Safdar N, Vandermeer P, Nagy P. A Suggested Classification Guide for PACS Client Applications: The Five Degrees of Thickness. *J Digit Imaging*. 2006;19(Suppl 1):78-83.
72. Mendelson DS, Erickson BJ, Choy G. Image Sharing: Evolving Solutions in the Age of Interoperability. *Journal of the American College of Radiology*. 2014;11(12):1260-9.
73. Bergh B. Enterprise imaging and multi-departmental PACS. *European Radiology*. 2006;16(12):2775-91.
74. Alejo JP, Ramos, B. El Proyecto Zurbarán (Sistema de Información Radiológico para el Servicio Extremeño de Salud): implementación de la iniciativa «IHE». En: *XXVII Congreso Nacional de la SERAM Bilbao 2004 [Internet]*. Bilbao; 2004. Disponible en: <http://seram.pulso.com/modules.php?name=papers&file=preview&sec=7&idpaper=1668>
75. Aguilar, F. Proyecto Ykonos. *Informática y Salud*. 2003;42-4. Adquisición y gestión de imágenes médicas. Aplicación de las Tecnologías de la Información a los Departamentos

- de Radiología". Miguel Chavarría Díaz. Revista I+S INFORMÁTICA Y SALUD, N° 29, Enero-Febrero 2001. Hernández, C. 1; Rodríguez, R. 2; Sánchez, P. 3; Vilar, J. 4; Orduña, J. GIMD – Gestión de imagen médica digital en la Comunidad Valenciana. INFORSALUD 2014
76. Singh S, Gulati A, Harrison BD, Curtin JJ, Seaton D. Picture archiving and communications system (PACS): the benefits and problems of digital imaging in the NHS. *Clinical medicine*. 2007;7(2):202-3.
  77. NHS Connecting for Health Implementation Guidance team. The National Programme for IT Implementation. Guide Version 5 [Internet]. 2007 [Consultado 20 de diciembre de 2014]. Disponible en: [http://www.connectingforhealth.nhs.uk/systemsandservices/implementation/docs/national\\_programme\\_implementation\\_guide.pdf](http://www.connectingforhealth.nhs.uk/systemsandservices/implementation/docs/national_programme_implementation_guide.pdf)
  78. Faggioni L, Neri E, Castellana C, Caramella D, Bartolozzi C. The future of PACS in healthcare enterprises. *European Journal of Radiology*. 2011;78(2):253-8.
  79. Arnold CW, McNamara M, El-Saden S, Chen S, Taira RK, Bui AAT. Imaging informatics for consumer health: towards a radiology patient portal. *Journal of the American Medical Informatics Association*. 2013;20(6):1028-36.
  80. Mendelson DS, Bak PRG, Menschik E, Siegel E. Image Exchange: IHE and the Evolution of Image Sharing. *RadioGraphics*. 2008;28(7):1817-33.
  81. Moore, G I. Cramming more components onto integrated circuits. *Electronics*. 1965;38(8):56.
  82. Arreola M, Rill LN. Enterprise-Wide CR Implementation: The Shands Healthcare System Experience. *J Digit Imaging*. 2003;16(2):173-9.
  83. Okura Y, Matsumura Y, Harauchi H, Sukenobu Y, Kou H, Kohyama S, et al. An inductive method for automatic generation of referring physician prefetch rules for PACS. *J Digit Imaging*. 2002;15(4):226-31.
  84. Bui AAT, McNitt-Gray MF, Goldin JG, Cardenas AF, Aberle DR. Problem-oriented Prefetching for an Integrated Clinical Imaging Workstation. *Journal of the American Medical Informatics Association*. 2001;8(3):242-53.
  85. Doyle AJ, Le Fevre J, Anderson GD. Personal Computer versus Workstation Display: Observer Performance in Detection of Wrist Fractures on Digital Radiographs. *Radiology*. 2005;237(3):872-7.
  86. Huang HK, Lou SL, Cho PS, Valentino DJ, Wong AW, Chan KK, et al. Radiologic image communication methods. *American Journal of Roentgenology*. 1990;155(1):183-6.
  87. Beach B. UltraNet: an architecture for gigabit networking. En: , 15th Conference on Local Computer Networks, 1990 Proceedings. 1990. p. 232-48.

88. Huang HK, Arenson RL, Dillon WP, Lou SL, Bazzill T, Wong AW. Asynchronous transfer mode technology for radiologic image communication. *AJR Am J Roentgenol.* 1995;164(6):1533-6.
89. How the iPad radiology app MobileMIM became the first to get FDA approval: Interview with CTO Mark Cain [Internet]. *iMedicalApps.* [Consultado 10 de enero de 2015]. Disponible en: <http://www.imedicalapps.com/2011/04/how-the-ipad-radiology-app-mobilemim-became-the-first-to-get-fda-approval-interview-with-cto-mark-cain/>
90. Richardson ML. A World-Wide Web radiology teaching file server on the Internet. *AJR Am J Roentgenol.* 1995;164(2):479-83.
91. Sparacia G, Tartamella M, Finazzo M, Bartolotta T, Brancatelli G, Banco A, et al. Server World-Wide Web on the Internet for the provision of clinical cases and digital radiologic images for training and continuing education in radiology]. *Radiol Med.* 1997;93(6):743-50.
92. Channin DS. 1995 Joseph E. Whitley, MD, Award. A World Wide Web gateway to the radiologic learning file. *Acad Radiol.* 1995;2(12):1052-5.
93. Channin DS, Chang PJ. Primer on computers and information technology. Part three: Internets and intranets. *Radiographics.* 1997;17(5):1293-6.
94. Alejo, JP, Vega, J.M, Perez, R. Internet en la Radiología. En: XXII Congreso Nacional de la SERAM Santiago de Compostela, Septiembre de 1994. 1994.
95. Alejo, JP, Vega, J.M, Perez, R. Creación de un Módulo de Enseñanza Radiológica Multimedia de Acceso On-Line en Internet. *Radiologia.* 1996;33-6.
96. Horii SC. Primer on computers and information technology. Part four: A nontechnical introduction to DICOM. *RadioGraphics.* 1997;17(5):1297-309.
97. W. Dean Bidgood J, Horii SC, Prior FW, Syckle DEV. Understanding and Using DICOM, the Data Interchange Standard for Biomedical Imaging. *Journal of the American Medical Informatics Association.* 1997;4(3):199-212.
98. Siegel EL, Channin DS. Integrating the Healthcare Enterprise: A Primer: Part 1. Introduction 1. *Radiographics.* 2001;21(5):1339-41.
99. Channin DS. Integrating the Healthcare Enterprise: A Primer.Part 2. *RadioGraphics.* 2001;21(5):1343-50.
100. Channin DS, Parisot C, Wanchoo V, Leontiev A, Siegel EL. Integrating the Healthcare Enterprise: A Primer.Part 3. *RadioGraphics.* 2001;21(5):1351-8.
101. Henderson M, Behlen FM, Parisot C, Siegel EL, Channin DS. Integrating the Healthcare Enterprise: A Primer: Part 4. The Role of Existing Standards in IHE 1. *Radiographics.* 2001;21(6):1597-603.

102. Channin DS, Siegel EL, Carr C, Sensmeier J. Integrating the Healthcare Enterprise: A Primer. Part 5. The Future of IHE. *RadioGraphics*. 2001;21(6):1605-8.
103. Channin DS. Integrating the Healthcare Enterprise: A Primer: Part 6: The Fellowship of IHE: Year 4 Additions and Extensions1. *RadioGraphics*. 2002;22(6):1555-60.
104. Alejo, JP. IHE, el comienzo de la integración de la empresa de salud desde el servicio de Radiología. *Informática y Salud*. 2003;103-8.
105. Alejo, JP. Sistema de Información Departamental(Radiológico) del servicio extremeño de salud. En: 2n Seminari Internacional sobre imatge mèdica i les tecnologies de la informació [Internet]. Sabadell; 2003 [Consultado 5 de enero de 2015]. Disponible en: [http://www.sabadelluniversitat.org/SBD%20Universitat%20\(Cat\)/d/ALEJO.pdf](http://www.sabadelluniversitat.org/SBD%20Universitat%20(Cat)/d/ALEJO.pdf)
106. Flanders AE. Medical Image and Data Sharing: Are We There Yet? *RadioGraphics*. 2009;29(5):1247-51.
107. Kaplan B, Harris-Salamone KD. Health IT Success and Failure: Recommendations from Literature and an AMIA Workshop. *J Am Med Inform Assoc*. 2009;16(3):291-9.
108. Tzeng W-S, Kuo K-M, Lin H-W, Chen T-Y. A Socio-technical assessment of the success of picture archiving and communication systems: the radiology technologist's perspective. *BMC medical informatics and decision making*. 2013;13(1):109.
109. Paré G, Lepanto L, Aubry D, Sicotte C. Toward a multidimensional assessment of picture archiving and communication system success. *International Journal of Technology Assessment in Health Care*. 2005;21(04):471-9.
110. Buccoliero L, Calciolari S, Marsilio M, Mattavelli E. Picture, Archiving and Communication System in the Italian NHS: A Primer on Diffusion and Evaluation Analysis. *Journal of Digital Imaging*. 2009;22(1):34-47.
111. Paré G, Trudel M-C. Knowledge barriers to PACS adoption and implementation in hospitals. *Int J Med Inform*. 2007;76(1):22-33.
112. Keen J, Bryan S, Muris N, Weatherburn G, Buxton M. Evaluation of diffuse technologies: the case of digital imaging networks. *Health Policy*. 1995;34(3):153-66.
113. Larson DB, Froehle CM, Johnson ND, Towbin AJ. Communication in Diagnostic Radiology: Meeting the Challenges of Complexity. *American Journal of Roentgenology*. 2014;203(5):957-64.
114. Yoshinobu T, Abe K, Sasaki Y, Tabei M, Tanaka S, Takahashi M, et al. Data management solution for large-volume computed tomography in an existing picture archiving and communication system (PACS). *J Digit Imaging*. 2011;24(1):107-13.
115. Inamura K, Kim JH. History of PACS in Asia. *European Journal of Radiology*. 2011;78(2):184-9.

116. Dillon, A. and Morris, M. (1996) User acceptance of new information technology: theories and models. In M. Williams (ed.) *Annual Review of Information Science and Technology*, Vol. 31, Medford NJ: Information Today, 3-32.
117. Flanders AE. Increasing User Satisfaction with Healthcare Software. *RadioGraphics*. 2008;28(5):1259-61.
118. Duyck P, Pynoo B, Devolder P, Voet T, Adang L, Ovaere D, et al. Monitoring the PACS Implementation Process in a Large University Hospital—Discrepancies Between Radiologists and Physicians. *Journal of Digital Imaging*. 2010;23(1):73-80.
119. DeLone WH, McLean ER. The DeLone and McLean model of information systems success: a ten-year update. *Journal of management information systems*. 2003;19(4):9-30.
120. Venkatesh V, Morris MG, Davis GB, Davis FD. User acceptance of information technology: Toward a unified view. *MIS quarterly*. 2003;425-78.
121. Duyck P, Pynoo B, Devolder P, Voet T, Adang L, Vercruyssen J. User Acceptance of a Picture Archiving and Communication System: Applying the Unified Theory of Acceptance and Use of Technology in a Radiological Setting. *Methods of Information in Medicine*. 2008;47:149-56.
122. Aldosari B. User acceptance of a picture archiving and communication system (PACS) in a Saudi Arabian hospital radiology department. *BMC Med Inform Decis Mak*. 2012;12:44.
123. Holder R, Karsh B-T. The Technology acceptance model: its past and its future in health care. *J Biomed Inform*. 2010;43(1):159.
124. González Arza E. Validación de la Teoría Unificada de Aceptación y Uso de la Tecnología UTAUT en castellano en el ámbito de las consultas externas de la Red de Salud Mental de Bizkaia. 2013 [Consultado 3 de marzo de 2015]; Disponible en: <http://openaccess.uoc.edu/webapps/o2/handle/10609/19284>
125. Siegel EL, Reiner B. Work Flow Redesign: The Key to Success When Using PACS. *Journal of Digital Imaging*. 2003;16:164-8.
126. Kaplan B. Addressing Organizational Issues into the Evaluation of Medical Systems. *Journal of the American Medical Informatics Association*. 1997;4(2):94-101.
127. Davenport, T., Short, J. The New Industrial Engineering: Information Technology and Business Process Redesign. En: *Sloan Management Review*, Summer. 1990. p. 11-27.
128. Dreyer KJ. *PACS a guide to the digital revolution*. New York: Springer; 2006.
129. Haux R. Health information systems – past, present, future. *International Journal of Medical Informatics*. 2006;75(3):268-81.
130. Murdoch TB, Detsky AS. The inevitable application of big data to health care. *JAMA*. 2013;309(13):1351-2.

131. Carnicero J, Fernández A, others. Manual de salud electrónica para directivos de servicios y sistemas de salud. 2012 [Consultado 20 de mayo de 2015]; Disponible en : <http://repositorio.cepal.org/handle/11362/3023>
132. van de Wetering R, Batenburg R. A PACS maturity model: A systematic meta-analytic review on maturation and evolvability of PACS in the hospital enterprise. *International Journal of Medical Informatics*. 2009;78(2):127-40.
133. van de Wetering R, Batenburg R, Oudkerk M, van Ooijen P, Brinkkemper S, Scheper W. A Situational Alignment Framework for PACS. *Journal of Digital Imaging*. 2011;24(6):979-92.
134. Osteaux M, Van den Broeck R, Verhelle F, de Mey J. Picture archiving and communication system (PACS): A progressive approach with small systems. *European Journal of Radiology*. 1996;22(3):166-74.
135. Langlotz CP, Seshadri S. Technology assessment methods for radiology systems. *Radiol Clin North Am*. 1996;34(3):667-79.
136. Martínez A, Chavarría M. Gestión de la imagen médica digital. En: Manual de salud electrónica para directivos de servicios y sistemas de salud [Internet]. 2012 [accedido 18 de noviembre de 2014]. p. 153-68. Disponible en: [http://eclacpos.org/publicaciones/xml/2/46012/Manual\\_de\\_salud\\_electronica\\_para\\_directivos\\_de\\_servicios\\_y\\_sistemas\\_de\\_salud.pdf#page=152](http://eclacpos.org/publicaciones/xml/2/46012/Manual_de_salud_electronica_para_directivos_de_servicios_y_sistemas_de_salud.pdf#page=152)
137. McGinty GB, Allen B, Geis JR, Wald C. IT Infrastructure in the Era of Imaging 3.0. *Journal of the American College of Radiology*. 2014;11(12):1197-204.
138. OECD. Improving Health Sector Efficiency [Internet]. OECD Publishing; 2010 [Consultado 12 de enero de 2015]. Disponible en : [http://www.keepeek.com/Digital-Asset-Management/oecd/social-issues-migration-health/improving-health-sector-efficiency\\_9789264084612-en#page1](http://www.keepeek.com/Digital-Asset-Management/oecd/social-issues-migration-health/improving-health-sector-efficiency_9789264084612-en#page1)
139. Napoli M, Nanni M, Cimarra S, Crisafulli L, Campioni P, Marano P. Picture archiving and communication in radiology. *Rays*. 2003;28(1):73-81.
140. MacDonald D, Neville D. Evaluating the Implementation of Picture Archiving and Communication Systems in Newfoundland and Labrador—a Cost Benefit Analysis. *J Digit Imaging*. 2010;23(6):721-31.
141. Hurlen P, Østbye T, Borthne A, Gulbrandsen P. Introducing PACS to the Late Majority. A Longitudinal Study. *Journal of Digital Imaging*. 2010;23(1):87-94.
142. Nitrosi A, Borasi G, Nicoli F, Modigliani G, Botti A, Bertolini M, et al. A Filmless Radiology Department in a Full Digital Regional Hospital: Quantitative Evaluation of the Increased Quality and Efficiency. *Journal of Digital Imaging*. 2007;20(2):140-8.
143. LEY 10/2001 de Salud de Extremadura. 2001.

144. DECRETO 209/2001 por el que se aprueban los Estatutos y Logotipo del Organismo Autónomo, Servicio Extremeño de Salud. 2001.
145. Planificación de Sistemas de Información (PSI) [Internet]. [Consultado 24 de marzo de 2015]. Disponible en: <http://manuel.cillero.es/doc/metrica-3/procesos-principales/psi>
146. Allison SA, Sweet CF, Beall DP, Lewis TE, Monroe T. Department of Defense Picture Archiving and Communication System Acceptance Testing: Results and Identification of Problem Components. *Journal of Digital Imaging*. 2005;18(3):203-8.
147. The Royal College of Radiologists. Service Level Agreements. [Internet]. 1995 [Consultado 19 de mayo de 2015]. Disponible en: <https://www.rcr.ac.uk/service-level-agreements>
148. Chavarría M. Tesis Doctoral. Radiología Digital: Modelado y Arquitectura de Integración en los Sistemas de Información de Radiodiagnóstico. 2005.
149. Seto B, Friedman C. Moving toward multimedia electronic health records: how do we get there? *Journal of the American Medical Informatics Association*. 2012;19(4):503-5.
150. Jensen TB. Design principles for achieving integrated healthcare information systems. *Health Informatics Journal*. 2013;19(1):29-45.
151. McEnery KW. Coordinating Patient Care Within Radiology and Across the Enterprise. *Journal of the American College of Radiology*. 2014;11(12):1217-25.
152. Alejo, JP, Cáceres, F, Rahms, H. El futuro digital de Extremadura: un modelo para Europa. SEDISA s.xxi. 2007;
153. Registry of DICOM Data Elements [Internet]. [Consultado 1 de febrero de 2015]. Disponible en: [http://medical.nema.org/dicom/2013/output/chtml/part06/chapter\\_6.html#table\\_6-1](http://medical.nema.org/dicom/2013/output/chtml/part06/chapter_6.html#table_6-1)
154. IHE Radiology Technical Framework Volume 4 National Extensions [Internet]. 2015 [Consultado 3 de marzo de 2015]. Disponible en: [http://www.ihe.net/uploadedFiles/Documents/Radiology/IHE\\_RAD\\_TF\\_Vol4.pdf](http://www.ihe.net/uploadedFiles/Documents/Radiology/IHE_RAD_TF_Vol4.pdf)
155. Moore SM. Using the IHE Scheduled Work Flow Integration Profile to Drive Modality Efficiency. *RadioGraphics*. 2003;23(2):523-9.
156. Barbarito F, Pincioli F, Mason J, Marceglia S, Mazzola L, Bonacina S. Implementing standards for the interoperability among healthcare providers in the public regionalized Healthcare Information System of the Lombardy Region. *Journal of Biomedical Informatics*. 2012;45(4):736-45.
157. Serrano CM. Sistemas de información radiológica. *Todo Hospital*. 2007;237:400-9.
158. Trapero Garcia MA, González Álvarez I, Albillos Merino JC. Capítulo 18 Gestión de Servicios de Diagnóstico por Imagen: a) Radiodiagnóstico. En: *Manual de Gestión Hospitalaria*. 4.º ed. MacGraw-Hill; 2010. p. 317-43.



159. Rojas de la Escalera D. La gestión de proyectos de imagen médica digital en los servicios de salud: lecciones aprendidas. *Radiología*. 2013;55(1):3-11.
160. Branstetter BF, editor. *Practical Imaging Informatics* [Internet]. New York, NY: Springer New York; 2010 [Consultado 21 de mayo de 2015]. Disponible en : <http://link.springer.com/10.1007/978-1-4419-0485-0>
161. Pisano ED, Zuley M, Baum JK, Marques HS. Issues to Consider in Converting to Digital Mammography. *Radiologic Clinics of North America*. 2007;45(5):813-30.
162. Branstetter BF, Humphrey AL, Schumann JB. The Long-term Impact of Preclinical Education on Medical Students' Opinions About Radiology. *Academic Radiology*. 2008;15(10):1331-9.
163. Gunderman RB, Chan S. The 13-Point Likert Scale. *Academic Radiology*. 2013;20(11):1466-7.
164. Pevnick JM, Herzik AJ, Li X, Chen I, Chithriki M, Jim L, et al. Effect of Computerized Physician Order Entry on Imaging Study Indication. *Journal of the American College of Radiology*. 2015;12(1):70-4.
165. van de Wetering R, Batenburg R, Lederman R. Evolutionistic or revolutionary paths? A PACS maturity model for strategic situational planning. *International Journal of Computer Assisted Radiology and Surgery*. 2010;5(4):401-9.
166. Nunnally JC. *Assessment of Reliability*. En: *Psychometric Theory*. New York: McGraw-Hill; 1978.
167. Chang I-C, Hwang H-G, Yen DC, Lian JW. Critical factors for adopting PACS in Taiwan: Views of radiology department directors. *Decision Support Systems*. 2006;42(2):1042-53.
168. Gale ME, Gale DR. DICOM modality worklist: an essential component in a PACS environment. *Journal of digital imaging*. 2000;13(3):101-8.
169. Branstetter BF. *Basics of Imaging Informatics: Part 2*. *Radiology*. 2007;244(1):78-84.
170. Ayal M, Seidman A. An Empirical Investigation of the Value of Integrating Enterprise Information Systems: The Case of Medical Imaging Informatics. *Journal of Management Information Systems*. 2009;26(2):43-68.
171. Fundación Telefónica. *Las TIC en la Sanidad del Futuro*. Ariel; 2006.
172. Jha AK, DesRoches CM, Campbell EG, Donelan K, Rao SR, Ferris TG, et al. Use of electronic health records in US hospitals. *New England Journal of Medicine*. 2009;360(16):1628-38.
173. *Memoria INSALUD 2001* [Internet]. 2001 [Consultado 5 de enero de 2015]. Disponible en : [http://www.ingesa.msc.es/estadEstudios/documPublica/Memoria\\_INSALUD\\_2001.htm](http://www.ingesa.msc.es/estadEstudios/documPublica/Memoria_INSALUD_2001.htm)

174. Inchingolo P, Beltrame M, Bosazzi P, Cicuta D, Faustini G, Mininel S, et al. O3-DPACS Open-Source Image-Data Manager/Archiver and HDW2 Image-Data Display: An IHE-compliant project pushing the e-health integration in the world. *Computerized Medical Imaging and Graphics*. 2006;30(6-7):391-406.
175. López Muñoz, JF. Proyecto cornalvo. En: II Foro de Normalización en Salud [Internet]. Universidad Politécnica de Valencia; 2005. Disponible en: [http://www.conganat.org/SEIS/normalizacion05/Taller\\_4\\_Servicios/JuanFranciscoLopez.pdf](http://www.conganat.org/SEIS/normalizacion05/Taller_4_Servicios/JuanFranciscoLopez.pdf)
176. Huang HK. *PACS and imaging informatics: basic principles and applications*. 2nd ed. Hoboken, N.J.: Wiley-Blackwell; 2010. 978 p.
177. Sánchez García, A GM A. Proyecto Athenea SERMAS. *Informática y Salud*. 2012;(92):28-33.
178. Pérez Tores, F. Proyecto Diraya. *Informática y Salud*. 2012;(91):24.
179. The Royal College of Radiologists. Picture archiving and communication systems (PACS) and quality assurance [Internet]. 2008 [Consultado 6 de junio de 2015]. Disponible en [http://www.rcr.ac.uk/docs/radiology/pdf/IT\\_guidance\\_QAApr08.pdf](http://www.rcr.ac.uk/docs/radiology/pdf/IT_guidance_QAApr08.pdf)
180. HL7 Spain. HL7 NEWS [Internet]. 2008 [Consultado 9 de junio de 2015]. Disponible en: [https://www.hl7.org/documentcenter/public\\_temp\\_7D56878E-1C23-BA17-0C69ED8539BE5E56/newsletters/HL7\\_NEWS\\_20080819.pdf](https://www.hl7.org/documentcenter/public_temp_7D56878E-1C23-BA17-0C69ED8539BE5E56/newsletters/HL7_NEWS_20080819.pdf)
181. Receta electrónica interoperable del Sistema Nacional de Salud [Internet]. 2015 [Consultado 6 de junio de 2015]. Disponible en: <http://www.redaccionmedica.com/noticia/extremadura-y-canarias-estrenan-la-receta-electronica-interoperable-del-sns-77183>
182. Las CCAA informan: Servicio Extremeño de Salud. *Informática y Salud*. 2013;(99).
183. Saywell WR. After picture archiving and communication systems: information technology in radiology. *BJR*. 2010;83(989):365-8.
184. Special Session on Enterprise PACS and Wide Area Image Management. *International Journal of Computer Assisted Radiology and Surgery*. 2010;5(S1):160-160.
185. Fernandez-Bayó J. IHE profiles applied to regional PACS. *European Journal of Radiology*. 2011;78(2):250-2.
186. Aryanto KYE, van de Wetering R, Broekema A, van Ooijen PMA, Oudkerk M. Impact of cross-enterprise data sharing on portable media with decentralised upload of DICOM data into PACS. *Insights Imaging*. 2014;5(1):157-64.
187. Weiss DL, Kim W, Branstetter BF, Prevedello LM. Radiology Reporting: A Closed-Loop Cycle from Order Entry to Results Communication. *Journal of the American College of Radiology*. 2014;11(12):1226-37.

188. Khorasani R. Can You Efficiently Incorporate Patient-Specific Electronic Medical Record Data Into Radiology Workflow? *Journal of the American College of Radiology*. 2012;9(12):862-3.
189. Unidad asistencial de diagnóstico y tratamiento por la imagen. Estándares y recomendaciones de calidad. INFORMES, ESTUDIOS E INVESTIGACIÓN 2013 [Internet]. Ministerio de Sanidad, Servicios Sociales e Igualdad; 2013 [Consultado 6 de junio de 2015]. Disponible en: [http://www.msssi.gob.es/organizacion/sns/planCalidadSNS/docs/Diagnostico\\_Imagen\\_Ey\\_R.pdf](http://www.msssi.gob.es/organizacion/sns/planCalidadSNS/docs/Diagnostico_Imagen_Ey_R.pdf)
190. Basma S, Lord B, Jacks LM, Rizk M, Scaranelo AM. Error rates in breast imaging reports: comparison of automatic speech recognition and dictation transcription. *AJR Am J Roentgenol*. 2011;197(4):923-7.
191. McGURK S, Brauer K, Macfarlane TV, Duncan KA. The effect of voice recognition software on comparative error rates in radiology reports. *BJR*. 2008;81(970):767-70.
192. Quint DJ. Voice Recognition: Ready for Prime Time? *Journal of the American College of Radiology*. 2007;4(10):667-9.
193. Prevedello LM, Ledbetter S, Farkas C, Khorasani R. Implementation of Speech Recognition in a Community-based Radiology Practice: Effect on Report Turnaround Times. *Journal of the American College of Radiology*. 2014;11(4):402-6.
194. Zheng K, Mei Q, Yang L, Manion FJ, Balis UJ, Hanauer DA. Voice-Dictated versus Typed-in Clinician Notes: Linguistic Properties and the Potential Implications on Natural Language Processing. *AMIA Annu Symp Proc*. 2011;2011:1630-8.
195. Hirschorn DS, Krupinski EA, Flynn MJ. PACS Displays: How to Select the Right Display Technology. *Journal of the American College of Radiology*. 2014;11(12):1270-6.
196. Sevilla, JM P JM. Diseño e implantación de una red de servicios de imagen médica digital entre hospitales de la comunidad de Castilla-La Mancha. En: XXIX Congreso Nacional de la SERAM. Sevilla; 2008.
197. Moreno EF, González MG, Velayos CL. Los Servicios de Radiología en Red: Unidad Central de Radiodiagnóstico de la Comunidad de Madrid. [Consultado 16 de junio de 2015]; Disponible en: [http://www.fundacionsigno.com/archivos/publicaciones/10\\_eduardo\\_fraile.pdf](http://www.fundacionsigno.com/archivos/publicaciones/10_eduardo_fraile.pdf)
198. Lores, ML. El anillo radiológico o la utilización «perversa» de la telerradiología. *Salud2000*. 2011;14-6.
199. Siegel EL, Reiner BI, Siddiqui KM. Ten filmless years and ten lessons: A 10th-anniversary retrospective from the Baltimore VA Medical Center. *Journal of the American College of Radiology*. 2004;1(11):824-33.

200. Estado del arte: eSalud & elInclusión [Internet]. Consejería de Economía, Innovación y Ciencia. Junta de Andalucía; 2011 [Consultado 6 de junio de 2015]. Disponible en: [http://www.juntadeandalucia.es/export/drupaljda/ESALUD\\_EstadoDelArte\\_3\\_Edicion.pdf](http://www.juntadeandalucia.es/export/drupaljda/ESALUD_EstadoDelArte_3_Edicion.pdf)
201. Andersson T. Pax Vobiscum--a Swedish large PACS project. *Comput Methods Programs Biomed.* 1998;57(1-2):35-9.
202. Pohjonen H, Kauppinen T, Ahovuo J. ASP archiving solution of regional HUSpacs. *European Radiology* [Internet]. 2004 [Consultado 18 de noviembre de 2014];14(9). Disponible en: <http://link.springer.com/10.1007/s00330-004-2291-7>
203. Harno K. UUMA. Regional eHealth services in the hospital district of Helsinki and Uusimaa (HUS). *Stud Health Technol Inform.* 2004;100:101-8.
204. Lemke HU. Short history of PACS (Part II: Europe). *European Journal of Radiology.* 2011;78(2):177-83.
205. Langer SG, Persons K, Erickson BJ, Blezek D. Towards a More Cloud-Friendly Medical Imaging Applications Architecture: A Modest Proposal. *J Digit Imaging.* 2013;26(1):58-64.
206. Joshi V, Narra VR, Joshi K, Lee K, Melson D. PACS Administrators' and Radiologists' Perspective on the Importance of Features for PACS Selection. *J Digit Imaging.* 2014;27(4):486-95.
207. Dennison D. PACS in 2018: An Autopsy. *Journal of Digital Imaging.* 2014;27(1):7-11.
208. Agarwal TK, Sanjeev. Vendor neutral archive in PACS. *Indian J Radiol Imaging.* 2012;22(4):242-5.
209. Warthen M. It's back to the future for storage of PACS images: the concept of a shared central repository has been a staple of information technology for decades. *Health Manag Technol.* 2011;32(8):20-1.
210. Bellon E, Feron M, Deprez T, Reynders R, Van den Bosch B. Trends in PACS architecture. *European Journal of Radiology.* 2011;78(2):199-204.
211. Liu Y, Wang J. PACS and digital medicine: essential principles and modern practice. Boca Raton: CRC Press, Taylor & Francis Group; 2011. 333 p.
212. Guía de Gestión de los Servicios de Radiología [Internet]. SERAM; 2000 [Consultado 4 de junio de 2015]. Disponible en: <http://seram.es/modules.php?name=webstructure&lang=ES&idwebstructure=331>
213. Pynoo B, Devolder P, Duyck W, van Braak J, Sijnave B, Duyck P. Do hospital physicians' attitudes change during PACS implementation? A cross-sectional acceptance study. *International Journal of Medical Informatics.* 2012;81(2):88-97.

214. Duyck P, Pynoo B, Devolder P, Voet T, Adang L, Vercruyse J. Möchten Krankenhausärzte wirklich auf digitale Systeme umsteigen? *RöFo - Fortschritte auf dem Gebiet der Röntgenstrahlen und der bildgebenden Verfahren*. 2008;180(7):631-8.
215. Sicotte C, Paré G, Moreault M-P, Lemay A, Valiquette L, Barkun J. Replacing an Inpatient Electronic Medical Record: Lessons Learned from User Satisfaction with the Former System. *Methods of Information in Medicine* [Internet]. 2009 [Consultado 18 de noviembre de 2014]; Disponible en: <http://www.schattauer.de/index.php?id=1214&doi=10.3414/ME0557>
216. Sicotte C, Paré G, Bini KK, Moreault M-P, Laverdure G. Virtual Organization of Hospital Medical Imaging: A User Satisfaction Survey. *J Digit Imaging*. 2010;23(6):689-700.
217. Bandon D, Lovis C, Geissbühler A, Vallée J-P. Enterprise-wide PACS: Beyond Radiology, an Architecture to Manage All Medical Images. *Academic Radiology*. 2005;12(8):1000-9.
218. Tan SL, Lewis RA. Picture archiving and communication systems: A multicentre survey of users experience and satisfaction. *European Journal of Radiology*. 2010;75(3):406-10.
219. Scheper WJ. Business IT alignment: solution for the productivity paradox. Deloitte & Touche; 2002.
220. Nance JW, Meenan C, Nagy PG. The future of the radiology information system. *AJR Am J Roentgenol*. 2013;200(5):1064-70.
221. Jimenez A, Gómez de Tejada E, Rebollo M, Gallardo MC, Bureo JC, Villalobos MA, et al. Programa de control radiológico infantil de Extremadura-CRIE. En: VIII Jornadas de Gestión y Evaluación de Costes Sanitario. Salamanca: Fundación Signo; 2006.
222. Directiva 2013/59/EURATOM [Internet]. 2013. Disponible en : <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/PDF/?uri=CELEX:32013L0059&qid=1435487639821&from=ES>
223. Ten J I, Vañó E. DICOM MPPS service as patient dose audit tool. En: European Congress of Radiology. ECR; 2010.
224. O'Donnell K. Radiation exposure monitoring: a new IHE profile. *Pediatr Radiol*. 2011;41(5):588-91.
225. Talanow R. Radiology Teacher: A Free, Internet-Based Radiology Teaching File Server. *Journal of the American College of Radiology*. 2009;6(12):871-5.
226. Khan KJ, Siddiqui M, Branstetter IV BF. Digital Teaching Files and Education. En: PACS a guide to the digital revolution. New York: Springer; 2006. p. 495.
227. Alkasab TK, Harris MA, Zalis ME, Dreyer KJ, Rosenthal DI. A Case Tracking System with Electronic Medical Record Integration to Automate Outcome Tracking for Radiologists. *Journal of Digital Imaging*. 2010;23(6):658-65.

228. Mendelson DS, Rubin DL. Imaging Informatics: Essential Tools for the Delivery of Imaging Services. *Acad Radiol*. 2013;20(10):1195-212.
229. Prevedello LM, Khorasani R. IT Tools Can Help «Harvest» Clinical Case Material From Your PACS. *Journal of the American College of Radiology*. 2012;9(8):543-4.
230. Teaching File and Clinical Trial Export [Internet]. [Consultado 7 de abril de 2015]. Disponible en: [http://wiki.ihe.net/index.php?title=Teaching\\_File\\_and\\_Clinical\\_Trial\\_Export](http://wiki.ihe.net/index.php?title=Teaching_File_and_Clinical_Trial_Export)
231. Martínez Ramos, C. Telemedicina en España. II. Comunidades Autónomas. Sanidad Militar, Marítima y Penitenciaria. *Proyectos Humanitarios*. 2009.

## 8. ANEXOS:

### *8.1. GLOSARIO DE ABREVIATURAS:*

ACR	American College of Radiology
ANX	Ansiedad
AP	Atención Primaria
AE	Atención Especializada
ASP	Application Service Provider
ATM	Asynchronous Transfer Mode
ATT	Actitud para el uso
BI	Intención Conductual
CCOW	Clinical Context Object Working
CDATEX	Centro Distribuido de Asistencia de Extremadura
CIP	Código de Identificación Personal
CIS	Clinical Information System (Sistema de Información Clínico)
CEN	Comité Europeo de Normalización
CPD	Centro de Proceso de Datos
CR	Radiología computerizada
CRIE	Control Radiológico Infantil de Extremadura
CRT	Cathode-Ray Tube- tubo de rayos catódicos-
CT	Tomografía computerizada
DICOM	Digital Imaging and Communications in Medicine
DR	Digital Radiography
EE	Facilidad de Uso
EHR	Electronic Health Record.
EPI	Electronic Portal Image
ePR	Electronic Patient Record.

FC	Condiciones Facilitadoras
FDA	Food and Drug Administration.
FDDI	Fiber Distributed Data Interface o Fibra óptica
FDR	False Discovery Rate
Gbs	Gigabites
GB	GigaBytes
HCE	Historia Clínica Electrónica.
HIMSS	Healthcare Information and Management Systems Society
HIS	Hospital Information System
HL7	Health Level 7
HSE	Historia de Salud Electrónica.
HUSPACS	PACS en el distrito finlandés de Helsinki y Uusimaa
ID	Identification
IHE	Integrating the Healthcare Enterprise
CHUB	Complejo Hospitalario Universitario de Badajoz
IMIA	International Medical Informatics Association
INSALUD	Instituto Nacional de la Salud
IRM	Imagen por Resonancia Magnética
ITERSALUD	Red de telecomunicaciones del SES.
ISO	International Standard Organization
ITIL	Information Technology Infrastructure Library
JIRA	Japan Industries Association of Radiation Apparatus
LAN	Local Area Network
LCD	Liquid Crystal Display-monitores de cristal líquido-
MARS	Missouri Automated Radiology System
Mpx	Megapíxeles
MPPS	Modality Performed Procedure Step
MUMPS	Massachusetts General Hospital Utility Multi-Programing System



MR	Resonancia magnética
NAS	Network Attached Storage
NEMA	National Electrical Manufacturers Association
NHC	Número de Historia Clínica
NHS	National Health Service. Servicio Nacional de Salud británico
NPfIT	National Programme for IT del NHS
OSI	Open Systems Interconnection
OT	Otros (Otras modalidades)
PACS	Picture Archiving and Communication System
PB	Petabyte
PC	Personal Computer
PE	Expectativa de desempeño
PMM	PACS Maturity Model
PSI	Plan de Sistemas de Información
ROI	Region of Interest
RSNA	Radiological Society of North America
RT	Radiotherapy
RIS	Radiology Information System
SAN	Storage Attached Network
SES	Servicio Extremeño de Salud
SESCAM	Servicio de Salud de Castilla la Mancha
SERMAS	Servicio Madrileño de Salud
SI	Influencia Social
SIS	Sistema de Información Sanitaria
SE	Eficacia propia
SERAM	Sociedad Española de Radiología Médica
SNOMED	Systematized Nomenclatura of Human and Veterinary Medicine
SNS	Sistema Nacional de Salud

SSCC	Servicios Centrales
TAM	Technology Acceptance Model
TB	Terabyte
TC	Tomografía Computada
TCP/IP	Transmisión Control Protocol/Internet Protocol
TER	Técnico Especialista en Radiología
TIC	Tecnologías de la Información y la Comunicación
UTAUT	Unified Theory of Acceptance and Use of Technology
VAHE	Veterans Affairs Healthcare Enterprise
VNA	Vendor Neutral Archive
WWW	World Wide Web
WAN	Wide Area Network.
XDS	Cross-Enterprise Document Sharing

## 8.2. ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Consolas de TV emisora (izquierda) y receptora (derecha).....	6
Figura 1.2 Primer sistema de digitalización.. .....	7
Figura 1.3 Primer CR comercial vendido por Fuji en 1983. ....	9
Figura 1.4: Tabla tomada de Bauman, 1996.....	11
Figura 1.5: Prototipo de sala de estaciones de trabajo en UCLA.....	18
Figura 1.6: Esquema de relaciones de algunos constructos de la UTAUT.....	25
Figura 1.7 Gráfico de Escala de Madurez.....	34
Figura 3.1: Documento de requerimientos IHE para adquisiciones del SES.....	39
Figura 3.2: Cronograma de implantación Proyecto Zurbarán .....	40
Figura 3.3. Configuración de 2 armarios con estanterías para servidores de software .....	41
Figura 3.4. Configuración en red de sistemas de almacenamiento.....	42
Figura 3.5. Esquema de conectividad del INSALUD gerencia de Área de D. Benito. Año 2001 .....	43
Figura 3.6. Esquema global en red del Proyecto Zurbarán. ....	44
Figura 3.7: Esquema donde se representan los múltiples subsistemas .....	45
Figura 3.8: El segundo apellido se incorpora. ....	47
Figura 3.9: Diagrama del Perfil 1 IHE. IHE Radiology Technical Framework.....	47
Figura 3.10. Cliente PACS con funcionalidades básicas .....	50
Figura 3.11 Estación de diagnóstico primario, con 2 monitores.....	51
Figura 3.12: Primera pantalla del formulario de la encuesta publicado en el portal del SES. ....	55
Figura 3.13: Segunda pantalla del formulario.....	56
Figura 4.1. CPD de SSCC del SES.....	63
Figura 4.2. Esquema CPD en SSCC y respaldo en FEVAL.....	63
Figura 4.3. Centro de respaldo. Instalaciones FEVAL. Don Benito. ....	64
Figura 4.4. Esquema de Red ITERSALUD. Año 2015.....	65
Figura 4.5. Esquema actual del proyecto Zurbarán.....	65

Figura 4.6. Lista de trabajo en un ecógrafo originada por Jara .....	66
Figura 4.7. Pantalla actual de Interfaz de Usuario para acceso de imágenes. ....	67
Figura 4.8. Estación actual de diagnóstico primario.....	68
Figura 4.9. Estudios anuales informados por radiólogos del H. Don Benito .....	68
Figura 4.10.....	69
Figura 4.11. Pacientes Anuales .....	69
Figura 4.12. Exploraciones Anuales .....	69
Figura 4.13. Estudios diarios .....	70
Figura 4.14. Usuarios diarios.....	70
Figura 4.15. Radiólogos diarios.....	70
Figura 4.16. TER diarios.....	70
Figura 4.17.Modalidades totales.....	70
Figura 4.19. Gráfica comparativa en el grupo "radiológico" .....	73
Figura 4.20. Gráfica comparativa en el grupo "clínicos".....	73
Figura 5.1 Perfil 1 IHE. Adaptado del "IHE Radiology Technical Framework .....	88
Figura 5.2. RX de pelvis (previa a uretrografía) .....	91
Figura 5.3. Mismo estudio con anotaciones .....	91
Figura 5.4: Gráfica comparativa entre radiólogos. ....	95
Figura 5.5: Gráfica comparativa .....	95
Figura 5.6. Cronograma de Dennison con desaparición del PACS.....	100
Figura 5.7. Fotografía de alta resolución de lesión ungueal. ....	100
Figura 5.8. Modelo de tarjeta CRIE del SES .....	101