



Diagnóstico por imagen. Influencia del diseño arquitectónico de un departamento en sus costes operativos en un entorno temporal de diez años

García Ruiz JA

*Director de Alrad Consulting. Ingeniero Superior Industrial. Licenciado en Gestión Comercial y Marketing. Profesor de Planificación y Diseño de Departamentos de Diagnóstico por Imagen de la UOC.
jose.garcia@alrad.es*

Resumen

El diseño de departamentos de Diagnóstico por Imagen ha experimentado una extraordinaria complejidad durante los últimos 30 años. La introducción de los tomógrafos axiales computarizados en los años 70 y de las resonancias magnéticas en los 80, el crecimiento de las técnicas intervencionistas durante los 90, y la digitalización completa a final del siglo pasado han elevado los requisitos de planificación y diseño de los departamentos para minimizar los costes operativos en su funcionamiento diario. Se necesita un diseño arquitectónico que sea espejo riguroso de los procesos clínicos que se vayan a desarrollar en el departamento de imagen, para evitar los fuertes costes operativos adicionales que de otra forma se pueden originar. En el presente análisis se exponen los costes en que se incurre de forma común en muchos proyectos que en la actualidad se desarrollan en España, como consecuencia de un diseño arquitectónico que no sigue de forma adecuada los procesos clínicos que realiza el Departamento de Imagen. Los casos expuestos, basados en construcciones reales actuales, disponen de cuantificación de los costes parciales en que se incurre, de forma que se puede pormenorizar los gastos extra que habrá de soportar el departamento en el entorno de los diez años estudiados, si no se ponen soluciones correctivas o paliativas al diseño y posterior construcción arquitectónica realizada.

Palabras clave: Demanda, Frecuentación, Factor de utilización de sala (FOS), Modalidades, Procesos clínicos, Planificación y diseño.

Diagnostic Imaging. Influence of the Department Architectural Design in its operational costs in one temporal analysis of 10 years

Abstract

The Design of Diagnostic Imaging Departments has experienced an extraordinary complexity over the last thirty years. The introduction of the Computed

Tomography in 70ths, the Magnetic Resonance in the 80ths, Interventionist techniques in the 90ths and the full digitalization by the end of the last century have strength high requirements in the Planning and Design of the Departments to minimize operating costs in its daily operation. The architectural design must be a rigorous mirror of clinical processes performed in the Image Department, to avoid the strong operational costs otherwise originate. In the present analysis are depicted the costs that are incurred commonly in many projects currently developed in Spain, as a result of an architectural design that does not follow proper clinical processes carried out by the Department. Cases exposed, based on current real constructions, have quantification of individual costs which are incurred as extra expenses that will support the Department in the environment of the ten years studied, if no corrective or palliative solutions at the design and later construction.

Keywords: Demand, Frequency, Room utilization factor (RUF), Modalities, Clinical processes, Planning and design.



Figura 1. Sala de angiografía intervencionista

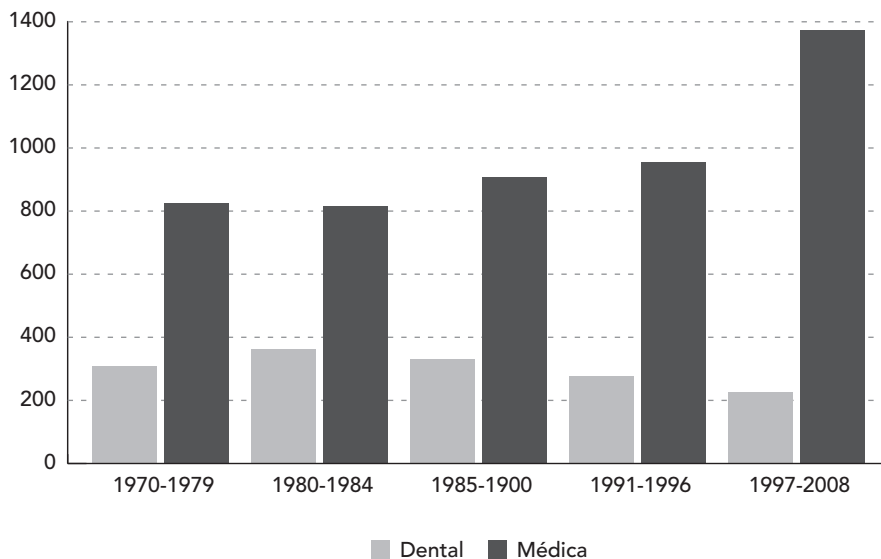


Figura 2. Evolución de la frecuentación radiológica.

Fuente: UNSCEAR y otros. Las columnas altas corresponden a la frecuentación radiológica médica (exam/1000 habitantes) y las bajas a la frecuentación médica dental

Introducción

La explosión de la demanda

Las frecuentaciones locales de exámenes de diagnóstico por imagen, expresadas de forma global, se han multiplicado en todos los países desarrollados, de una forma tal que departamentos que durante años funcionaron sin necesidad aparente de cambios se han visto desbordados en los últimos años en muchas técnicas diagnósticas.

Cuando se analizan los crecimientos individuales de las diferentes técnicas de imagen y de las modalidades que permiten hacer los exámenes correspondientes, se observa la pujanza de la resonancia magnética (RM), la tomografía axial computarizada (TAC) y la ecografía, sustituyendo técnicas radiológicas que durante más de 80 años

fueron la base del diagnóstico clásico⁴. No menos importante es el intervencionismo que está transformando los departamentos de imagen en unidades terapéuticas cada vez más potentes, y no solo en vascular y mamografía.

Las nuevas técnicas de Imagen Molecular dan signos evidentes que va a haber un mayor cambio en el Departamento de Imagen, no solo en los aspectos diagnósticos sino también en los terapéuticos. Un nuevo reto al planificador que hoy ya debe estudiar la integración de las modalidades necesarias en el espacio del futuro departamento, tanto en los aspectos funcionales y clínicos, como finalmente en los arquitectónicos (figura 3).

Por tanto el reto, apasionante, hoy es aún mayor en la planificación y en el diseño. Se ha incrementado la demanda, se han desarrollado buen número

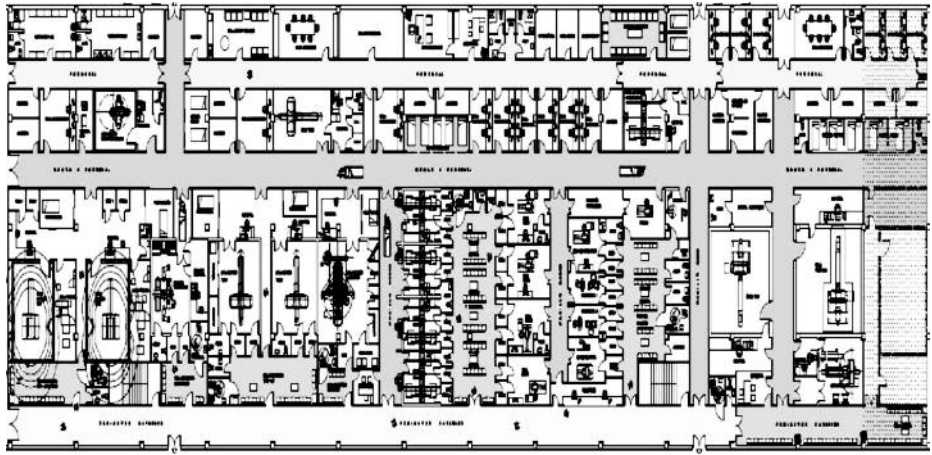


Figura 3. Departamento de Diagnóstico por Imagen para 230 000 exámenes anuales. Imagen Molecular está ya integrada en la misma zona

de modalidades por parte de los fabricantes para adquirir los exámenes, y se han integrado múltiples nuevas técnicas de imagen y, además, el departamento es más quirúrgico, no solo es diagnóstico, sino también terapéutico. A esto debemos añadir los nuevos perfiles profesionales que se están generando, con nuevas demandas en la planificación.

Evolución de la tecnología

Todas las modalidades diseñadas recientemente y las actuales en desarrollo han introducido avances que mejoran sus prestaciones diagnósticas. En RM la introducción de máquinas con 3T permite mejor calidad de imagen, reducción de tiempos de examen y nuevas técnicas de adquisición¹. Asimismo, las mejoras de las máquinas abiertas abre un nuevo segmento con aplicaciones clínicas específicas en extremidades y algunas en cráneo y columna. La TAC ha entrado en el área del corazón, adquiriendo el órgano cardiaco completo en menos de un ciclo de electrocardiograma (ECG) e incrementando aplicaciones en el

área del cerebro con las técnicas de perfusión¹⁵. La ecografía ha alcanzado mayores prestaciones en los equipos de sala y ha adquirido dimensiones parecidas al fonendoscopio, en sus aplicaciones portátiles, si bien aún es de esperar que sus costes se reduzcan (figura 4).

Los negatoscopios están desapareciendo de las salas de informes y poco a poco de todos los hospitales, y se están sustituyendo por monitores LCD gracias a las técnicas de archivos de imágenes y almacenamiento en ordenadores (PACS) y sistemas de información radiológica (RIS) introducidas en más de la mitad de los hospitales actuales. Y los equipos híbridos en medicina nuclear comienzan a ser herramientas básicas del diagnóstico oncológico³. Se anuncian nuevas modalidades donde la combinación de técnicas de imagen las hace más complejas de instalación y donde la planificación debe hacerse con mayor detalle arquitectónico¹⁶, de forma que su factor de ocupación alcance las mejores cotas posibles para que sus elevados costes de adquisición y manteni-

A**B**

Figura 4. A. Sala de tomografía multicorte. B. Ecógrafos

miento se compensen con óptimas rentabilidades económicas y sociales. Es el objetivo de este análisis mostrar con cálculos la influencia del diseño en los costes operativos del departamento a lo largo del primer tramo de su vida.

Los costes de un departamento de imagen diagnóstica pueden tipificarse en varias categorías, de acuerdo con su naturaleza. En la tabla 1 podemos ver una forma de agrupación muy útil para los cálculos de costes que iremos desarrollando.

Disponemos de una asignación de costes por categoría y relacionadas con las técnicas de imagen, las salas y el personal según la demanda de exámenes existente¹⁹.

Técnicas de planificación

Muchos departamentos carecen de una estructura arquitectónica adecuada a su función y realizan las tareas con dificultades, bien sea para los pacientes o para el personal. Se diseñaron con insuficiente espacio, impre-

visión en el diseño de las circulaciones, salas pequeñas, inapropiada tecnología, ubicación inadecuada en el hospital en relación con entradas, accesos de pacientes y personal, distancias a otros servicios como consultas externas y urgencias, y en general imprevisión en su crecimiento futuro. Escasos departamentos no cumplen estas reglas y las obras de adaptación son visibles en la mayoría de los centros a los pocos años de su apertura a los pacientes. Unidades nuevas con costes estructurales aplazados a los pocos años.

Hoy se dispone de herramientas para planificar a medio-largo plazo que ayudan en la mejora de la precisión de las previsiones y permiten a los planificadores cálculos de espacios, salas, personal, costes y resultados económicos a medio-largo plazo, que aseguren el funcionamiento del departamento optimizando sus costes durante al menos diez años, con una satisfactoria atención a los pacientes. Es en esta fase donde se comienza a determinar la futura estructura productiva del departamento y donde los errores de planifi-

cación se pagarán con errores de diseño y errores arquitectónicos que lasstrarán al departamento durante toda su vida. En definitiva, y como afirman

expertos en el tema, la calidad de un Departamento de Imagen se empieza a generar en el momento en que planifica y se diseña.

Tabla 1. Ejemplo de costes de un departamento de imagen por categorías. A la izquierda se muestran los exámenes, las salas por modalidades y el personal por grupos

Modalidad	Exámenes		Salas N°	Personal		Equipos 5 años	Manten. K euros	Personal	Energía	Fármacos	Capital 5 años	Obra	Otros	
	Total	%												
RX digital	152 170	64	4	Rad.	27,6	160	82	1724,7	0,65	152	23	-	5	Pub.
Telemando	4555	2	1	-	-	60	31	-	0,23	105	8	-	-	-
Ortopanto	1950	1	1	Tec.	43,4	10	5	1128,2	0,03	6	1	-	-	-
Densitometría	2576	1	1	-	-	10	5	-	0,08	3	1	-	11	For.
Mamografía	7908	3	1	Enf.	9,8	46	23	304,6	0,001	24	6	-	-	-
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	69	262	-	-
TAC multicorte	18 938	8	2	Aux.	14,8	280	143	261,9	45,56	341	79	-	-	-
RM	12 464	5	2	-	-	360	184	-	18,45	224	101	-	21	Ofi.
Ecografía	33 145	14	4	Cela.	4,7	48	17	82,7	1,63	99	9	-	-	-
Vascular	2548	1	1	-	-	140	71	-	9,19	1333	20	-	-	-
				-	-	-	-	-	-	-	29	-	-	Fin.
				Adm.	9,6	-	-	200,6	-	-	-	-	94	Var.
RIS-PACS				Inf.	2,4	-	482	61,4	-	-	-	-	-	-
Otros				-	-	20	10	-	90,5	-	3	-	27	Alq.
				-	112,2	-	51	-	20,0	-	-	-	-	-
				12%	13,5	-	-	451,7	46,5	-	-	-	-	-
				-	-	-	-	-	4,2	-	-	-	-	-
	236 254	100	16	-	125,7	1134	1104	4216	237	2286	350	262	157	-

RIS-PACS: sistema de información radiológica-archivo de imágenes y almacenamiento en ordenadores; RM: resonancia magnética; RX: radiografía; TAC: tomografía axial computarizada.

Tabla 2. Cálculo del número de salas y de la superficie del departamento en función de la demanda de exámenes por modalidades

Población	Frecuentación	Modalidad	%	Exámenes	T. de examen Minutos	Produc. media Exámenes	Sala	Sala	Superficie media m²	Superficie total m²
Habitantes	Exam./1000									
	649	RD	66	149 187	4	36 750	4,1	4	20	80
230 000	19	RX fluoro	2	4466	15	9800	0,5	1	25	25
	8	Oropanto	1	1912	6	24 500	0,1	1	8	8
Frecuent.	11	Densitometría	1	2429	15	9800	0,2	1	15	15
Total zona	32	Mamografía	3	7314	10	14 700	0,5	1	12	12
1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1	76	TAC multicorte	8	17 516	15	9800	1,8	2	30	60
8	47	RM	5	10 910	25	5880	1,9	2	35	70
3	128	Ecografía	13	29 541	15	9800	3,0	3	15	45
		Vascular	1	2357	60	2450	1,0	1	35	35
	971	-	100	225 630	-	-	-	16	-	350

Superficie neta de examen 350
 Superficie total bruta del departamento Hospital General 2450

RD: radiodiagnóstico; RM: resonancia magnética; RX: radiografía; TAC: tomografía axial computarizada.

Tabla 3. Cálculo del número de salas y superficie en el momento inicial a diez años en función de la demanda y el crecimiento de cada modalidad. Parámetros de trabajo, examen y crecimiento

1) Según datos experimentales con equipos digitales					
Servicio (horas/día): 14	Hor. Lab. (h): 8	Urgencias: 24	Factor de ocupación: 0,7		
Servicio (días/año): 250	Días/año: 230	365	Número de camas: 280		
			Estancia media: 6,5		
2) Observar estadísticas para cada zona. Cálculo según años					
Crecimiento de la población (%): 1		Años de calculo de crecimiento: 10			
3) Observar estadísticas de zona e internacionales					
Tiempos de funcionamiento de las modalidades (h)		Tiempos de examen		Crecimiento de las modalidades	
RD-FL-MAM-ORT-DEN-ECO: 14		RD: 4	TMC: 15	MR: 6	RD: 0
TMC-RM-VAS: 14		FL: 15	RM: 25	TAC: 3	FL: 0
		ORT: 6	ECO: 15	ECO: 5	MAM: 3
		DEN: 15	VAS: 60	VAS: 3	DEN: 2
		MAM: 10			

DEN: densitometría; ECO: ecografía; FL: fluoro; MAM: Mamografía ORT: oropanto; RD: radiodiagnóstico; RM: resonancia magnética; RX: radiografía; TAC: tomografía axial computarizada; TMC: tomografía multicorte; VAS: vascular.

El ciclo de trabajo de diez años requiere la consideración de los datos de mercado necesarios para el cálculo. Los crecimientos de población en la zona de implantación del departamento están, en general, bien documentados. Los de incremento de la demanda de exámenes de las modalidades están menos elaborados, pero son fundamentales para el planificador. Ambos son definitivos para determinar, en primer lugar, los supuestos con los que planificar y así, en segundo lugar, determinar las salas de que debe disponer anualmente el departamento para satisfacer su demanda (tablas 2 y 3).

Procesos clínicos

Resumen las tareas que se realizan para poder efectuar un diagnóstico o una terapia en el departamento de imagen. Estas tareas las ejecuta diferente personal, cada uno con su función, de forma que su adecuada sincronización permite realizar el proceso clínico (diagnóstico o terapéutico). Este es la base de nuestro modelo de costes y de facturación, y por tanto debe ser la base para planificar y diseñar.

Ajustando el análisis al caso concreto de la resonancia magnética podemos ver en la figura 5 las posibilidades que presenta y el conjunto de personas que actúan, así como los tiempos que pueden emplear.

En este ejemplo, una decisión es establecer o no un área adicional en la zona de RM dedicada a la preparación de los pacientes. La decisión dependerá de la tipología de los exámenes que se van a realizar en esa modalidad y de sus porcentajes. Una máquina dedicada a Traumatología no requiere más espacio adicional, pero no disponer de espacio de preparación en una dedicada a Pediatría tendría una extraordinaria repercusión económica, y posiblemente social, para el centro donde así existiera.

Es en esta fase de diseño en la que definimos los procesos clínicos presentes o futuros que desarrollará el departamento, donde sentenciamos la estructura que se va a plasmar en los planos que con esta información adicional se van a dibujar y, por tanto, es en esta fase donde introducimos elementos adicionales que van a gravar los costes operativos del departamento.

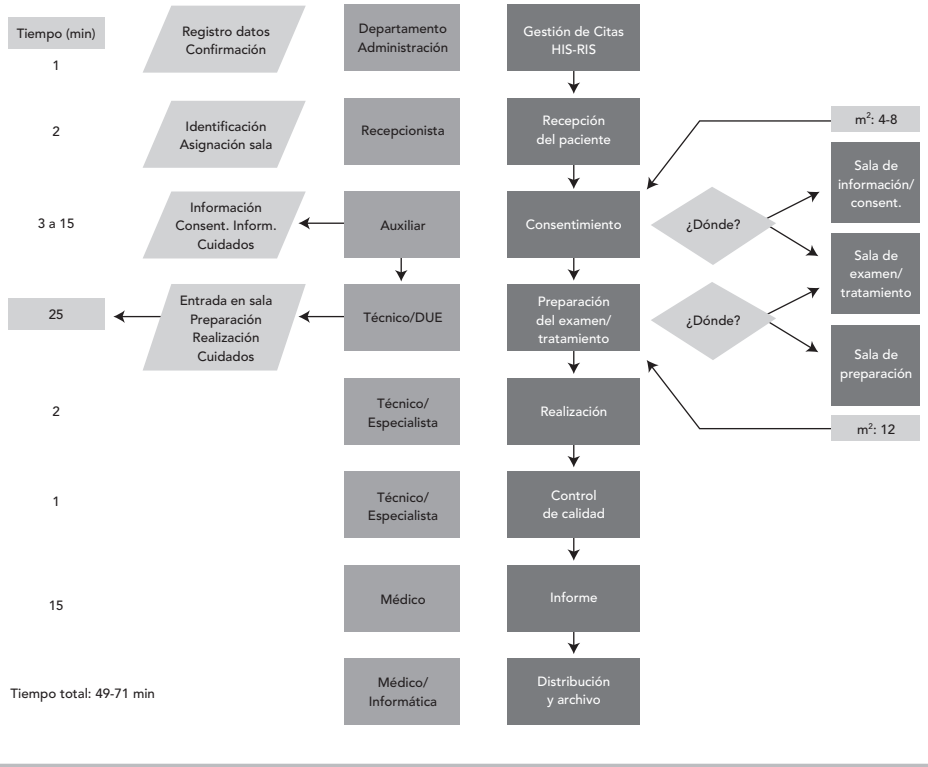


Figura 5. Diagrama de un proceso de resonancia magnética

Objetivos

La importancia de los costes asociados al diseño no es hoy un elemento de reflexión en los dirigentes sanitarios. Hay en general más preocupación por una fecha de terminación que por la calidad del acabado. La elevada duración de muchos proyectos, que frecuentemente supera los cinco años, lleva a pensar a gestores y planificadores que ellos no van a correr con las consecuencias. Indiscutiblemente, la fecha es un punto clave del proyecto, un hito expuesto en todos los planes de trabajo. Esto no debe interferir con la calidad del diseño ni de su grado de satisfacción con los procesos clínicos.

Parece fundamental más implicación de los dirigentes y los profesionales

en los proyectos de los departamentos de imagen, de forma que las conclusiones expuestas en los planos sigan las necesidades reales de los pacientes y las funciones diarias del personal. No deberían repetirse diseños donde dos resonancias magnéticas disponen de cinco cabinas para el cambio de ropa de los pacientes, y ninguna de ellas tiene sus puertas de la anchura suficiente para que pueda acceder un paciente con silla de ruedas.

Debe también mejorar la formación de planificadores, proyectistas y coordinadores de obras, de forma que se planifique con más longitud de miras, se dibuje según los procesos reales y se construya sin desviaciones finales los proyectos bien hechos.

La mayor parte del dinero invertido en estos departamentos es del contribuyente, y el resto lo paga en cada acto médico el usuario de los departamentos privados. Merece la pena un pequeño esfuerzo que mejore la utilidad de este dinero y que, por tanto, no se sobrecarguen los centros con costes que los lastren por ineficiencias en los proyectos.

Materiales y métodos

Los análisis que aquí se realizan están basados en proyectos reales de diseños que se están construyendo en este momento o bien que se han terminado en fechas cercanas. Por tanto el material es actual. No se precisa determinar los proyectos. Cualquiera con conocimiento es estas materias, o simplemente con suficiente espíritu observador, puede visualizar los problemas de diseño en la mayoría de nuestros centros sanitarios.

Para los numerosos cálculos que aquí se exponen se han utilizado los programas del Sistema de Panificación PlanDis. Este permite calcular desde las salas, la superficie de un departamento, el personal necesario, los costes anuales y los resultados operativos, basándose siempre en la demanda asistencial. Dos métodos de entrada al cálculo diferencian los programas: frecuentación y concertación, utilizándose ambos tanto en los proyectos privados como en los públicos.

El proceso de cálculo se sistematiza para cada año, de los diez que comprende el análisis, de forma que disponemos de resultados anuales tanto de costes en general, como de costes por examen, así como de facturación y resultados por modalidad.

Los programas del Sistema PlanDis están escritos en Excel y en Visual Ba-

sic y convertidos en ejecutables con el compilador Done.exe, de forma que las fórmulas están bien protegidas y el operador puede trabajar sin miedo a su destrucción por acciones inconsistentes.

Un dato imprescindible sin el que no se puede trabajar es la demanda. Su análisis es la clave de los resultados posteriores y aquí nuevamente hay que hacer un ejercicio de llamada a la responsabilidad de los directores de proyecto. No se estudia la demanda de forma seria y precisa. A la escasez de datos estadísticos y su dificultad para obtener los existentes se suma el descuido del personal planificador al conformarse con datos incorrectos e inseguros. Esto conduce a situaciones de sobre- e infradimensionamiento que estudiaremos en otro trabajo. Es una tarea adicional que requiere esfuerzos suplementarios pero con resultados económicos muy satisfactorios.

Diseño arquitectónico

Después de un correcto estudio de mercado y una detallada planificación, la fase arquitectónica, el diseño, es el eslabón donde se cierra el ciclo de producción en la elaboración del proyecto.

La ubicación del departamento dentro del hospital es el primer paso. La estrecha relación con Urgencias y Consultas Externas, que en la actualidad existe, induce a elegir un espacio próximo a estas zonas. Hospitales grandes pueden disponer de sus propias salas de imagen dentro del departamento de Urgencias. Radiología convencional, ecografía y tomografía multicorte son las técnicas prioritarias. En muchos hospitales españoles la mitad de todas las radiografías se hacen bajo el concepto de urgencias. Con técnica digi-



Figura 6. Esquema sencillo en 3D de un centro diagnóstico

tal, las imágenes están disponibles en el departamento central para su diagnóstico y esta ubicación puede ser un importante paso en la reducción de costes, al eliminarse tantos transportes como pacientes deberían desplazarse desde Urgencias hasta Imagen. El cálculo de costes es sencillo, definiendo las rutas de transporte hasta el departamento central, pues los recursos habituales necesarios para realizar estos desplazamientos están bien establecidos (figura 6).

Los datos de planificación, donde los básicos son el número de salas de cada modalidad, la superficie total bruta del departamento y el número de personas de cada estamento que van a trabajar,

se complementan con los obtenidos mediante el análisis de los procesos clínicos y permiten comenzar el diseño arquitectónico del departamento. Existen diversas técnicas para ir distribuyendo los espacios en el plano en blanco, de pilares, con el se comienza el diseño, dependiendo de la complejidad, pero básicamente se inicia estableciendo las circulaciones. Una separación entre pacientes internos y externos es necesaria. El personal constituye el mayor coste anual de cualquier departamento, mayor que los equipos, su mantenimiento y los fármacos y necesita mantener suficiente productividad con circuitos individualizados y ágiles. En hospitales mayores, la superficie debe permitir una separación clara de circulaciones

Tabla 4. Costes, en kiloeuros, de un departamento que evoluciona desde 339 585 hasta 422 517 exámenes en diez años

Año	Total	Equipos	Manten.	Personal	Energía	Fármacos	Capital	Obra	Otros
1	8190	808	747	4504	316	1334	40	349	92
2	9568	898	1588	4791	379	1406	37	373	95
3	10 096	898	1714	5091	393	1479	39	384	98
4	10 711	988	1756	5404	460	1553	42	408	100
5	11 259	988	1880	5736	471	1629	44	408	102
6	11 838	988	1955	6165	492	1676	47	408	105
7	12 754	1064	2032	6657	605	1783	51	450	112
8	13 552	1064	2178	7159	642	1861	55	475	117
9	14 314	1064	2260	7683	678	1941	59	505	124
10	15 111	1082	2343	8229	723	2022	63	517	131
Total costes	117 393	9842	18 454	61 421	5160	16 685	478	4278	1075

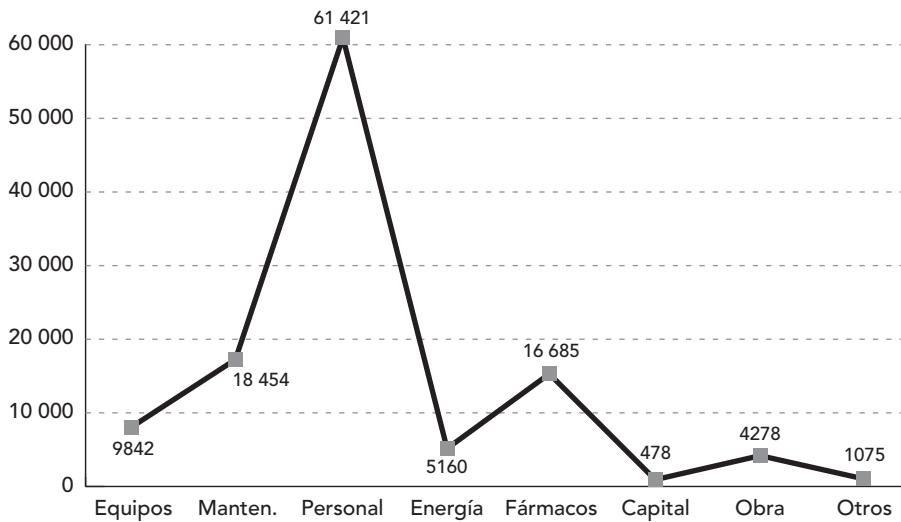


Figura 7. Hospital público. Compras de equipos con créditos administrativos y amortizados a diez años, en kiloeuros

de internos, externos, personal y urgencias. Solo de esta forma se eliminan los costes de las colisiones de flujos de trabajo de personal y flujos de pacientes internos (camas), pacientes externos y urgencias (tabla 4).

El diseño arquitectónico debe ser un fiel reflejo de los actos médicos que van a realizarse y este pensamiento debe estar en todo el equipo de planificación del departamento. En la actualidad es necesaria más implicación en estas tareas, ya que las deficiencias en origen pueden incrementar los costes operativos a entornos superiores al 12%-15% en el periodo de estudio de diez años (figura 7).

Costes del diseño incorrecto

Nuestro análisis se ciñe a los costes operativos adicionales consecuencia del diseño arquitectónico. Estos podemos dividirlos en diferentes categorías, según su procedencia:

- Ubicación.
- Circulaciones.
- Zonas.
- Modalidades.
- Tecnología.

Ubicación

Los costes que provienen de la colocación del departamento en el centro sanitario son los más fáciles de prevenir. Si bien el departamento se ubica en una estructura rígida, donde la selección de su localización, como ya vimos arriba, está condicionada. El cálculo de los costes derivados de la situación física es sencillo pues conocidos los exámenes anuales de Urgencias, la mayoría de los costes (por el concepto que analizamos) serán consecuencia de transportes. La mitad de estos transportes precisan celador y camilla y por tanto los costes son de tiempos de personal celador y de elementos de transportes. Otro asunto son los costes totales hospitalarios consecuencia de demoras en informes, tiempo de estan-

cia de pacientes en Urgencias, etc. El centro utilizado como referencia para el cálculo de costes en el apartado anterior tiene la urgencia integrada en el departamento central, a 60 metros del Departamento de Urgencias. Se esperan alrededor de 130 000 exámenes anuales de Urgencias, y aproximadamente 95 000 pacientes circulando (con acompañantes en algunos casos) entre Urgencias e Imagen. Dependiendo de la organización de personal se requerirán no menos de ocho personas de transporte (o acompañando) con unos costes en diez años que rondaran un mínimo de dos millones de euros.

Circulaciones

Los pasillos o espacios por donde circulan pacientes y personal juegan un papel importantísimo en la productividad del personal. El cálculo previo está hecho con una productividad de 0,8 que influye en el número de personas calculadas para el funcionamiento del departamento, que no olvidemos son los costes más altos de operación. Una selección inadecuada de circulaciones puede afectar, como mínimo, media décima en el factor de productividad,

por lo que en diez años tiene una repercusión próxima a los cinco millones de euros (tabla 5).

Los factores de funcionamiento del hospital en general, y del departamento de imagen en particular, están definidos en las tablas 6 y 7, donde también aparecen los supuestos de inflación para el cálculo de costes en diez años.

Zonas

La distribución de los espacios funcionales, definiendo las ubicaciones de las salas de lectura, los despachos, los vestuarios y demás dependencias del personal tienen asimismo un impacto en la productividad, fundamentalmente de los radiólogos. Las salas de lectura deben estar próximas a las salas de examen, sobre todo en las modalidades donde los técnicos precisan consultas regulares a los radiólogos y donde estos deben hacer parte del control de calidad de determinados exámenes. La formación óptima del personal técnico atenúa estos costes al requerir menos apoyo médico. Los costes de reducir la productividad de los radiólo-

Tabla 5. Costes de personal totales y costes de los radiólogos

0,75		0,8		0,70		0,80
Costes (ke)	Año	Costes (ke)		Costes (ke)	Año	Costes (ke)
5848	1	5482		1921	1	1691
6206	2	5818		2051	2	1805
6579	3	6168		2187	3	1925
6969	4	6533		2329	4	2049
7384	5	6922		2478	5	2180
7721	6	7241		2673	6	2351
8537	7	8002		2894	7	2545
9165	8	8591		3120	8	2743
9820	9	9204		3356	9	2950
10 502	10	9843		3603	10	3167
78 731	4925	73 805		26 611	3206	23 405

Izquierda: costes de personal totales. Influencia de la caída en 0,05 de la productividad del personal.

Derecha: costes de los radiólogos. Influencia de una caída de 0,1 en su productividad.

ke: kiloeuros.

Tabla 6. Factores de cálculo del Departamento de Imagen

Hospital		Departamento de diagnóstico por imagen	
Numero de camas	600	Horario laboral (h)	7
		Días/año	230
Estancia media	6,5		
		Servicio (horas/día)	14
Factor de ocupación	0,7	Servicio (días/año)	250
Productividad	0,8	Urgencias	24
			365
Vida de los equipos	10	Tipo de interés	0,0%
Inflación (%)	2	Amortización (años)	10
	4		

gos en una décima en el ejemplo de costes propuesto alcanza un incremento de más de tres millones de euros.

Modalidades

Precisan su propio diseño, cada cual según su estructura básica y según su

configuración. El seguimiento preciso de las especificaciones de instalación de los fabricantes es la primera premisa del diseñador, que debe recoger los estudios de los procesos clínicos para definir los complementos de espacios que deben añadirse al requerido por cada modalidad para

Tabla 7. Costes de los recursos utilizados en los cálculos de las tablas de este análisis

				(precios)	años	Tipo de interés	(Kva)
Personal	ke/año	Energía	Equipos	ke	10	0,0%	Potencias
Radiólogos	50	El (e/kw) 0,1	RD	200	65		100
Técnicos	20	Ag(e/m³) 2,0	Fluoro	300	98		100
Enfermeros	30	Gas(e/m³) Ortopanto	50	16		2	
Auxiliares	15	Gerencia 50	Densitometría	50	16		2
Celadores	12	Potencia kW	Mamografía	230	75		5
Administrativos	20	Instalada TMC1	800	261		150	
Informáticos	30	Equipos 1394	TMC2	700	228		150
Fármacos	ke/año	Alumbrado 139	RM1	1400	456		150
Cont. MR	20	Aire acondicionadp 174	RM2	900	293		130
Cont. TMC	20	Informática 7	RM3	1300	423		150
Otros Cont.	10	Otros 204	ECO	80	26		1
Lencería	1	Total KW 1873	Vascular	700	228		150
Otros	1		RIS-PACS	2			
Catéteres	500		Otros	100	33		
Alquiler local	euros/m²	Total/año	Mantenimiento	%			
M²			General		10		Valor
personalizado							
3474		5	17 370	Eco	7		
			Edificio		20	e/m²	10

Adicionalmente están los costes de construcción y los de proyecto, no representados en esta tabla

ECO: ecografía; ke: kiloeuros; RD: radiodiagnóstico; RIS-PACS: sistema de información radiológica-archivo de imágenes y almacenamiento en ordenadores; RM: resonancia magnética; TMC: tomografía multicorte.

Tabla 8. Coste en resonancia magnética por disminución del factor de utilización de sala

	Año 1	Año 10	Costes adicionales (ke)
Exámenes	11 960	24 769	
Equip. FOS 0,70	2	5	
Equip. FOS 0,56	3	6	
Personal	13	26	
Costes (ke)	23 297	26 961	3664
Costes/examen	128	149	

FOS: factor de utilización de sala; ke: kiloeuros.

completar adecuadamente el proceso clínico.

Un ejemplo de incremento claro de costes lo tenemos en el diseño de una sala de RM donde no se proyecta con sala de preparación del paciente. En el

caso de Neurología, Cardiología y Oncología, la mayoría de los pacientes precisan la introducción de una vía en el vaso donde se le va a inyectar el contraste al paciente. Aún es más penoso en Pediatría, donde hay que preanestesiarse a muchos pacientes y se pre-

Tabla 9. Cálculo de los costes anuales en resonancia magnética

FOS 0,56									
Año	Total (kiloeuros)	Equipos	Manten.	Personal	Energía	Fármacos	Capital	Obra	Otros
1	1711	540	15	454	166	185	234	41	75
2	2039	546	231	509	183	210	235	41	83
3	2447	726	238	567	235	236	272	82	91
4	2637	726	315	628	256	263	272	82	95
5	2783	746	321	692	278	292	275	82	98
6	2513	380	342	774	350	328	80	131	128
7	2784	396	427	862	385	367	81	131	136
8	2776	216	457	954	422	408	44	131	144
9	3470	516	466	1053	515	451	103	180	185
10	3800	516	641	1113	540	479	100	221	190
Total costes	26 961	5308	3453	7606	3331	3219	1699	1119	1225

FOS 0,7									
Año	Total (kiloeuros)	Equipos	Manten.	Personal	Energía	Fármacos	Capital	Obra	Otros
1	1449	460	10	454	100	185	136	33	71
2	1907	546	194	509	128	210	158	65	96
3	2027	546	232	567	140	236	158	65	82
4	2136	546	237	628	152	263	158	65	86
5	2.271	566	242	692	165	292	160	65	89
6	2141	280	260	774	222	328	61	105	112
7	2295	216	342	862	244	367	42	105	119
8	2486	216	368	954	267	408	42	105	126
9	3138	516	374	1053	342	451	98	144	160
10	3449	516	547	1113	358	479	95	177	163
Total costes	23 297	4408	2806	7606	2.120	3219	1.106	929	1104

cisan dos salas, una de preparación y otra de recuperación (también en Vascular-Intervencionismo). El ejemplo indicado de RM (tabla 8) está calculado para una demanda inicial de 11 960 exámenes anuales con un crecimiento de población del 1% y un crecimiento de demanda de la modalidad del 10% (bajo en muchas áreas de población). Al no disponer de sala de preparación, esta se hace dentro de la sala de resonancia. Si el tiempo de colocar la vía es de cinco minutos y el de examen de 25, el factor de utilización de sala cae de un normal calculado de 0,7 a otro menor de 0,56.

La demanda es fija, hay que colocar más máquinas a lo largo de los diez

años, más costes de mantenimiento, energía y costes de capital. Se ha supuesto el mismo coste de personal, puesto que son los mismos pacientes. Solo varía el factor de ocupación de sala (FOS), pero un diseño inadecuado conduce a más de tres millones de euros de costes en diez años (tabla 9).

Ciertamente, el personal creativo consigue atenuar parcialmente alguno de estos efectos adversos del diseño. En algunos departamentos se coloca la vía al paciente en la propia habitación, antes de llevarlo al Departamento de Imagen. No hay que olvidar los costes de desplazamiento del personal hasta las plantas y algunos riesgos por hacer

Tabla 10. Cálculos de costes en Ecografía durante diez años

FOS 0,7									
Año	Total (kiloeuros)	Equipos	Manten.	Personal	Energía	Fármacos	Capital	Obra	Otros
1	1056	60	4	785	19	61	29	26	70
2	1222	76	22	863	27	68	38	33	94
3	1305	76	28	948	28	74	38	33	80
4	1411	80	28	1036	30	81	39	33	83
5	1517	80	30	1129	31	89	39	33	86
6	1624	39	31	1251	41	98	14	41	108
7	1748	19	35	1381	43	108	5	41	115
8	1909	23	35	1518	46	119	5	41	122
9	2135	35	37	1663	57	131	10	50	153
10	2262	35	41	1749	58	137	10	76	156
Total costes	16 189	523	291	12 325	380	967	227	407	1068

FOS 0,5									
Año	Total (kiloeuros)	Equipos	Manten.	Personal	Energía	Fármacos	Capital	Obra	Otros
1	1056	60	4	785	19	61	29	26	70
2	1167	60	22	863	20	68	29	26	78
3	1246	60	23	948	22	74	29	26	63
4	1350	64	23	1036	23	81	30	26	66
5	1455	64	25	1129	24	89	30	26	68
6	1505	7	26	1251	26	98	1	26	70
7	1702	19	24	1381	35	108	5	34	94
8	1866	23	29	1518	38	119	5	34	99
9	2028	19	31	1663	40	131	5	34	105
10	2148	19	30	1749	41	137	5	61	106
Total costes	15 524	395	238	12 325	288	967	170	321	819

FOS: factor de utilización de sala.

Tabla 11. Costes en ecografía. Reducción del factor de utilización de sala

	Año 1	Año 10	Costes adicionales (ke)
Exámenes	20 470	36 699	
Equip. FOS 0,70	3	4	
Equip. FOS 0,54	4	6	
Personal	16	29	
Costes (ke)	15 524	16 189	665
Costes/examen	54	57	

FOS: factor de utilización de sala; ke: kiloeuros.

Tabla 12. Cálculos de reducción del FOS en una sala de tomografía multicorte

	Año 1	Año 10	Costes adicionales (ke)
Exámenes	24 610	41 310	
Equip. FOS 0,80	3	4	
Equip. FOS 0,54	4	6	
Personal	19	31	
Costes (ke)	25 739	30 350	4611
Costes/examen	78	92	

FOS: factor de utilización de sala; ke: kiloeuros.

esto, dependiendo de los casos, sin los recursos adecuados.

Las demandas adicionales de máquinas y mantenimientos, así como los mayores gastos de capital (cinco años al 5%), son los causantes de los incrementarse de costes. El personal también podría incrementarse, si bien para este cálculo lo hemos dejado constante (tabla 10).

En ecografía se observan diseños de salas con una sola cabina para cambiarse de ropa el paciente. Un diseño estándar precisa dos cabinas, y debe incluirse un aseo, aunque en algunos exámenes no se precise. El ejemplo siguiente está calculado para una demanda inicial de 20 470 exámenes. La población crece en el periodo de cálculo al 1,1% y la demanda de la modalidad al 7% anual. El tiempo calculado para hacer el examen es de 15 minutos y el tiempo calculado para quitarse la ropa es de 2, cinco minutos y otros tantos para vestirse. Con ello el factor de utilización estándar de 0,7

queda reducido a 0,56, por la falta de una segunda cabina. Este es un hecho que se da en la práctica con poca frecuencia, pero es real (tabla 11).

Las demandas adicionales de máquinas y mantenimientos, así como los mayores gastos de capital (cinco años al 5%), son los causantes de los incrementarse de costes. El personal también podría incrementarse si bien para este cálculo lo hemos dejado constante.

Exactamente el mismo procedimiento nos demuestra los costes añadidos en una sección de tomografía multicorte (tabla 12). El cálculo lo hacemos para una demanda inicial de 24 610 exámenes con unos crecimientos de población del 1% y de la demanda de la modalidad del 6% anual. El tiempo medio de examen es de 15 minutos. El tiempo de colocar la vía es de cinco minutos y al carecer de salas de preparación un factor de ocupación de 0,8 se convierte en 0,54. El cálculo es muy similar al de RM. Los costes totales inducidos en la práctica quedarán

reducidos al 40%, que son los pacientes medios en tomografía multicorte que precisan realmente contrastes, en el caso real analizado.

La misma metodología puede aplicarse al resto de las modalidades. El proceso es el mismo tanto en el diseño como el de cálculo.

Tecnología

La ubicación de la maquinaria de examen necesaria para el funcionamiento del departamento también influye muy apreciablemente en los costes operativos. El primer ejemplo es el de los PACS y RIS. Sin ellos no funciona un departamento moderno, y los que actualmente no los tienen los tendrán muy pronto, y el diseñador tiene que incluir sus necesidades de espacio en el proyecto. Las estaciones de trabajo precisan espacios diferentes a las grandes salas de lectura³. Despachos con dos personas, ergonomía en el diseño, estudio de la iluminación y de la acústica, influyen en la productividad de los radiólogos. La ubicación de los servidores puede estar fuera del departamento pero la ubicación del puesto de administrador del sistema debe estar en un lugar donde este pueda fácilmente reparar las inconsistencias en los datos introducidos o en los errores en las codificaciones de las imágenes. El coste del olvido del despacho del administrador tiene hoy un elevado impacto en la operación del departamento. ¿Dónde están los exámenes mal codificados? ¿Cuánto tiempo se emplea en buscarlos, si se encuentran? Este análisis nos llevaría a estudiar la productividad de los técnicos y radiólogos, así como los costes en discos y cintas de archivos que dejamos para un análisis completo de las instalaciones con PACS, pero su impacto es la operación del departamento es indudable.

Otros elementos tecnológicos, como electricidad, aire acondicionado, iluminación y seguridad contra incendios deben estar contemplados en los subproyectos¹⁷ que se hacen tras el diseño básico del departamento y sus necesidades de espacio deben estar incluidas por el diseñador en el plan básico. Averías eléctricas y de aire acondicionado son frecuentes. El mantenimiento dentro del cuadro eléctrico general del departamento es más sencillo que si está fuera, luego el espacio del cuarto eléctrico no debe obviarse por el diseñador.

Conclusiones

El Departamento de Diagnóstico por Imagen es el paradigma de los Departamentos centrales y, como tal, tiene una personalidad propia y diferente a todos los demás. Precisamente por esta complejidad requiere para su diseño el concurso de equipos multidisciplinarios donde los radiólogos juegan un papel esencial. Cada departamento es diferente, pero la metodología del cálculo puede hacerse a todos con las mismas herramientas y con los mismos criterios de planificación y diseño.

Un Departamento de Diagnóstico por Imagen requiere una disciplina de planificación y diseño para eliminar todos los posibles costes adicionales que provienen de un incorrecto proceso y, si bien no existe aún la necesaria implicación por parte de los directores de proyecto hospitalarios y dirigentes sanitarios sobre estos costes inducidos, no hay que olvidar que pueden representar un lastre para toda la vida del departamento incrementando gravemente los ya muy elevados costes operativos del diagnóstico por imagen, probablemente el departamento más costoso del hospital. Presupuestos anuales incrementados en el orden del 10% al 15% son las consecuencias.

En lo sucesivo, habremos de tener en cuenta, asimismo, otros aspectos que influyen decisivamente en la planificación, como son los nuevos aspectos organizativos del Diagnóstico por Imagen; la más que probable troncaldad de la especialidad, que añadirá un nuevo desafío con la inclusión de otros profesionales en los departamentos y, por supuesto, los cada vez más presentes sistemas de financiación público-privados. Se requiere profundizar en los estudios de mercado que proporcionen mejor análisis de la demanda, mejorar la formación del personal proyectista y aumentar la implicación de directivos y profesionales sanitarios en el diseño de estos departamentos de forma que sean confortables y atractivos al paciente, agradables al personal en su trabajo y lo más económicamente sostenibles en su operación.

Bibliografía

1. Oleaga L, Lafuente J. Aprendiendo los fundamentos de la Resonancia Magnética. Madrid: Editorial Médica Panamericana; 2007.
2. Castro-Beiras JM. Avances en Medicina Nuclear y Calidad Científico-Técnica. Comunidad de Madrid. Madrid: Consejería de Sanidad; 2002.
3. Martínez Serrano C. Salas de informes en los nuevos Servicios de Diagnóstico por Imagen. SEGECA. 2010. SERAM.
4. Krestel E. Bildgebende Systeme für die medizinische Diagnostik. Siemens; 1980.
5. Williams DG. Radiation Shielding for Diagnostic X-Rays. Report of a joint BIR/IPEM Working Party. Londres: BIR; 2000.
6. Busch HP, Georgi M (eds.). Digital Radiography: Quality Assurance and Radiation Protection. Konstanz: Schnetztor-Verlag; 1992.
7. Diebels JL. 25 years of changing how the world looks at MR. Philips Medical Systems; 2004.
8. Dixon RL, Simpkin DJ. Primary shielding barriers for diagnostic radiology facilities: a new model. Health Phys; 1998. p. 117-22.
9. Energy Agency, Panamerican health Organization, World Health. International Basic Standards for Protection against Ionization Radiation and for the Safety Of Radiation Sources. Vienna: Safety Series. IAEA; 1996.
10. Rostemberg B. Ergonomics straightens its posture at SCAT 2004. Diagnostic Imaging. 2004.
11. Castell M. Historia de la Medicina Nuclear en España. Cetir Centro Médico; 1993.
12. Fischer HW. Radiology Departments: Planning, Operation and Management. Ann Arbor, MI: Edwards Brothers, Inc.; 1982.
13. Stedeford B, Morgan HM, Mayles WPM (eds.). The Design of Radiotherapy Treatment Room Facilities. York: The Institute of Physics and Engineering in Medicine; 1997.
14. Rostemberg B. The architecture of medical imaging. Wiley & Sons Inc.; 1996.
15. Del Cura L, Pedraza S, Gayete A. Radiología Esencial. Madrid: Editorial Médica Panamericana; 2010.
16. Madrid García G. Planificar un nuevo servicio de Radiología. SEGECA. Gestión en Radiología. 2010. SERAM.

17. García JA. Planificación y Diseño de Departamentos de Diagnóstico por Imagen y radioterapia. Murcia: Ed. Diego Marín; 2009.
18. García JA. Planificación de Departamentos de Diagnóstico por Imagen. SEGECA. Gestión en Radiología. 2010. SERAM.
19. SERAM. Guía de Gestión de los Servicios de Radiología. Radiología. 2000;42(2).
20. Zamarriego Crespo J, Pérez Corral F. Nuevos paradigmas de la profesión médica para el próximo milenio. Ilustre Colegio Oficial de Médicos (ICONEM), 1999.
21. Muñoz F, Gómez F, Madrid G. Programas de comunicación para Servicios de Radiología. Todo Hospital. 2008;246:240-4.
22. Muñoz F, Gómez F, Madrid G. Programas de comunicación para Servicios de Radiología. Todo Hospital. 2008;246:240-4.
23. García Medina V, Soler García R. Análisis de Costes de los Servicios de Radiología. Gestión y Evaluación de Costes Sanitarios. 2004;5(1).