

Artículo especial

Criterios de gestión de activos tecnológicos de imagen cardiovascular



Ignacio Fernández Lozano^{a,*}, Eduardo Pozo Osinalde^b, Ignacio García Bolao^c, Soledad Ojeda Pineda^d, Luis Rodríguez Padial^e y Andrés Íñiguez Romo^f

^aServicio de Cardiología, Hospital Puerta de Hierro, Majadahonda, Madrid, España

^bUnidad de Imagen Cardiovascular, Servicio de Cardiología, Hospital Clínico San Carlos, Centro Nacional de Investigaciones Cardiovasculares Carlos III (CNIC), Madrid, España

^cServicio de Cardiología, Clínica Universitaria de Navarra, Pamplona, Navarra, España

^dServicio de Cardiología, Hospital Universitario Reina Sofía, Córdoba, España

^eServicio de Cardiología, Hospital Virgen de la Salud, Toledo, España

^fServicio de Cardiología, Complejo Hospitalario de Vigo, Vigo, Pontevedra, España

Historia del artículo:

On-line el 22 de abril de 2018

Palabras clave:

Tecnología
Equipamiento
Renovación
Imagen cardiaca

Keywords:

Technology
Equipment
Renovation
Cardiac imaging

RESUMEN

En cardiología, es esencial disponer de tecnología adecuada, actualizada y en buenas condiciones de funcionamiento. En España, el marco económico ha impactado fuertemente en los programas de renovación de tecnología y la obsolescencia es un problema creciente. El actual informe trata de dar respuesta al momento y las condiciones que deben concurrir para plantear la actualización, el reemplazo o la adopción de nuevas tecnologías en el ámbito de la cardiología.

© 2018 Sociedad Española de Cardiología. Publicado por Elsevier España, S.L.U. Todos los derechos reservados.

Criteria for the Management of Technological Assets in Cardiovascular Imaging

ABSTRACT

Adequate, updated and functional technology is essential in cardiology. In Spain, the economic scenario has strongly impacted technology renewal programs and obsolescence is a growing problem. The current report attempts to describe the current situation and the conditions that must concur to update, replace or adopt new technologies in the field of cardiology.

Full English text available from: www.revespcardiol.org/en

© 2018 Sociedad Española de Cardiología. Published by Elsevier España, S.L.U. All rights reserved.

Abreviaturas

COCIR: *European Coordination Committee of the Radiological, Electromedical and Healthcare IT Industry*

CRM: *cardiorresonancia magnética*

DICOM: *Digital Imaging and Communications in Medicine*

Fenin: *Federación Española de Empresas de Tecnología Sanitaria*

IVUS: *ecografía intravascular*

TC: *tomografía computarizada*

INTRODUCCIÓN

Pocas especialidades como la cardiología emplean tanta tecnología para el diagnóstico y el tratamiento de sus pacientes. La disponibilidad de la tecnología adecuada y su correcta

manipulación y funcionamiento son esenciales para la práctica de la cardiología moderna. El actual marco económico ha impactado fuertemente en los programas de renovación de tecnología y la obsolescencia es un problema creciente en el ámbito sanitario europeo, como se refleja en los últimos informes disponibles al respecto^{1,2}.

El actual informe del Comité Ejecutivo de la Sociedad Española de Cardiología trata de dar respuesta al momento y las condiciones que deben concurrir para plantear la actualización, el reemplazo o la adopción de nuevas tecnologías en el ámbito de la cardiología. Precisamente para mantener la calidad asistencial, buscar la eficiencia, no comprometer la seguridad de las actuaciones médicas y facilitar la innovación en un marco de sostenibilidad del sistema sanitario, apoyándonos en criterios de evidencia científica que proporcionen elementos objetivos para la toma de tales decisiones.

FUNDAMENTOS

La Agencia Española de Medicamentos y Productos Sanitarios (AEMPS) recoge en su circular 3/2012 las recomendaciones aplicables a la asistencia técnica de productos sanitarios en los centros sanitarios³ basadas en la legislación europea (Directivas

* Autor para correspondencia: Unidad de Arritmias, Hospital Puerta de Hierro, Manuel de Falla 1, 28222 Majadahonda, Madrid, España.

Correo electrónico: iflozano@secardiologia.es (I. Fernández Lozano).

90/385/CEE⁴, 93/42/CEE⁵ y 98/79/CE⁶). Establece que «los productos sanitarios no deben comprometer la salud ni la seguridad de los pacientes, usuarios o terceras personas cuando se encuentren correctamente instalados y mantenidos, y se utilicen según su finalidad prevista» y que «corresponde a las autoridades sanitarias de los Estados miembros adoptar las medidas necesarias y realizar el oportuno seguimiento para que estas garantías sean satisfechas de forma efectiva por los productos que son comercializados, puestos en servicio, instalados, mantenidos y utilizados en sus territorios». En cuanto al mantenimiento de los equipos, dictamina que «los productos deberán estar correctamente instalados y ser mantenidos adecuadamente de forma que se garantice que, durante su período de utilización, conservan la seguridad y prestaciones previstas por su fabricante».

Al respecto, la *Canadian Association of Radiologists* emitió unas recomendaciones sobre la vida útil de los equipos de imagen basada en una revisión exhaustiva de la literatura disponible⁷. Así, de manera genérica no se recomienda un uso clínico superior a los 15 años de ninguna tecnología. Se realiza además una estimación de la durabilidad de los equipos en función de su grado de utilización, que se divide en alto (24 h 5 días/semana o 750 turnos de 8 h/año), medio (16 h 5 días/semana o 500 turnos de 8 h/año) y bajo (8 h 5 días/semana o 250 turnos de 8 h/año). Por último, se puntualiza que los equipos de ultrasonidos pueden experimentar una obsolescencia acelerada, dado que en ellos una óptima actualización tecnológica es esencial para mantener un alto rendimiento diagnóstico. De la misma manera, el comité de expertos de la SEC ha establecido unas recomendaciones de longevidad de equipos empleados en procedimientos diagnósticos cardiológicos en función de su utilización (tabla 1).

Por otro lado, el *European Coordination Committee of the Radiological, Electromedical and Healthcare IT Industry* (COCIR), en representación de la industria de tecnología médica en Europa, recomienda para el óptimo funcionamiento del equipamiento médico la adhesión a sus «reglas de oro» (*Golden Rules*)¹, que aconsejan lo siguiente:

- Al menos el 60% del equipo instalado debe de tener menos de 5 años: estos equipos reflejan adecuadamente el estado actual de la tecnología.
- No más del 30% del equipo instalado debe tener una antigüedad de entre 6 y 10 años: aunque estos equipos son todavía adecuados para su propósito, se debe considerar su futura renovación.

- No más del 10% del equipo instalado debe tener más de 10 años: esta tecnología médica está desfasada y es complicado mantenerlo y repararlo.

Además, da unas recomendaciones generales:

- Reemplazar equipo obsoleto que no se pueda actualizar.
- Utilizar nuevos modelos de financiación con el apoyo de la *European Fund for Strategic Investments* para convertir la inversión en innovación tecnológica en salud en un aspecto estratégico para incrementar la eficiencia y la accesibilidad de los sistemas sanitarios y mejorar los resultados clínicos.
- Adoptar una posición centrada en el paciente para reducir y optimizar la dosis de radiación administrada.

La Sociedad Española de Cardiología considera muy razonables estas recomendaciones y asume que su adopción garantiza el correcto estado de las instalaciones, su uso adecuado, la calidad asistencial, la adecuación al tratamiento y la seguridad de los pacientes.

IMAGEN CARDIACA

Ecocardiografía

Relevancia y situación tecnológica actual en España

Al tratarse de una técnica de imagen de fácil acceso, inocua y dependiente del explorador, las innovaciones tanto en el *hardware* como en el *software* adquieren mayor relevancia y hacen que las recomendaciones de renovación se reduzcan a los 5-7 años. Esto resulta de vital importancia en el caso de la ecocardiografía, que ha visto que la generalización de su acceso en los últimos años la ha convertido en una prueba imprescindible para el tratamiento del paciente cardiológico, y su indicación ha aumentando de manera exponencial.

España está lejos de cumplir los estándares de las *Golden Rules* en lo que respecta a renovación de equipos, y se observa que 1 de cada 3 ecógrafos se encuentra obsoleto, con una antigüedad de más de 10 años (figura 1)².

Es también preocupante el escaso mantenimiento de los equipos de ecografía. Más de 2 tercios no están sometidos a

Tabla 1
Longevidad esperada de los equipos de radiodiagnóstico en función de su uso

Tipo de equipo	Expectativa de vida en función de uso* (años)			Uso (exámenes/año)		
	Alto	Medio	Bajo	Alto	Medio	Bajo
Radiografía portátil	11	13	15	> 6.000	3.000-6.000	< 3.000
Fluoroscopia radiográfica	9	11	13	> 4.000	2.000-4.000	< 2.000
Fluoroscopio en arco integrado para intervencionismo	9	11	13	> 4.000	2.000-4.000	< 2.000
Fluoroscopio en arco móvil	9	11	13	> 2.000	1.000-2.000	< 1.000
Angiografía intervencionista	7	10	12	> 4.000	2.000-4.000	< 2.000
Sala de hemodinámica	7	10	12	> 3.000	1.500-3.000	< 1.500
Sala de electrofisiología	7	10	12	> 3.000	1.500-3.000	< 1.500
TC cardiaca	9	11	13	> 15.000	7.500-15.000	< 7.500
CRM	9	11	14	> 8.000	4.000-8.000	< 4.000
Ecocardiografía	9	10	12	> 4.000	2.000-4.000	< 2.000

CRM: cardiorresonancia magnética; TC: tomografía computarizada.

* Uso alto: 24 h 5 días/semana o 750 turnos de 8 h/año. Uso medio: 16 h 5 días/semana o 500 turnos de 8 h/año. Uso bajo: 8 h 5 días/semana o 250 turnos de 8 h/año.

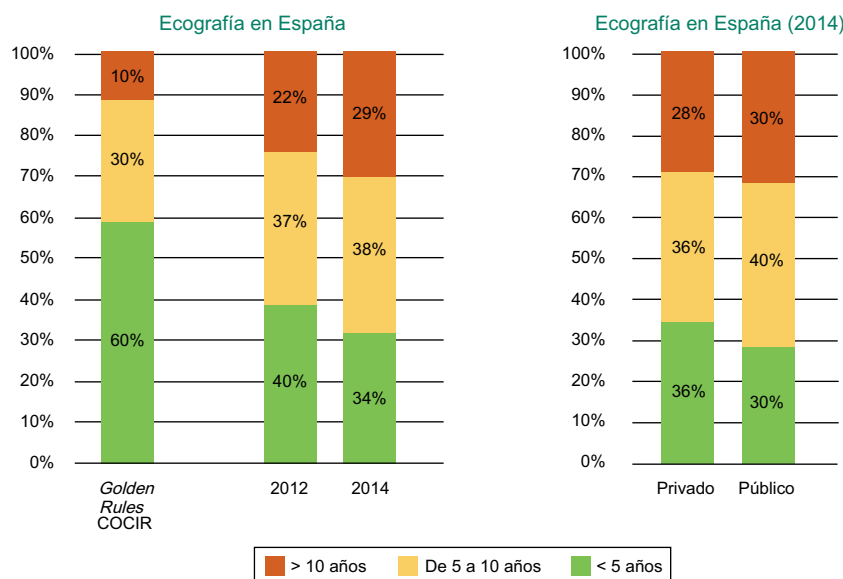


Figura 1. Antigüedad de los equipos de ecocardiografía instalados en España según el año (2012 frente a 2014) y según centros públicos o privados. COCIR: *European Coordination Committee of the Radiological, Electromedical and Healthcare IT Industry*. Reproducido con permiso de Federación Española de Empresas de Tecnología Sanitaria (Fenin)².

procedimientos de mantenimiento preventivo que garanticen su estado funcional, su calibración y, por lo tanto, la calidad y la precisión de la imagen^{2,8}.

Recomendaciones de recursos tecnológicos

La *American Society of Echocardiography* emitió en 2011 unas recomendaciones de calidad que los laboratorios de ecocardiografía deben seguir⁹. En primer lugar, se indica que los laboratorios deben estar acreditados por la *Intersocietal Commission for the Accreditation of Echocardiography Laboratories*. Los equipos de ecocardiografía deben ser capaces de realizar imágenes en modos M, bidimensional y Doppler color y espectral (tanto de flujo como tisular). Debe ser posible añadir al estudio los datos de filiación del paciente y las máquinas deben ser capaces de registrar tanto el electrocardiograma (ECG) como las fases respiratorias. Para los estudios transtorácicos, se debe disponer de transductores de alta y baja frecuencia, así como transductores Doppler ciegos, aunque estos se utilizan muy escasamente en la práctica clínica. En el caso de los estudios pediátricos, se debería disponer de transductores dedicados. La ecocardiografía transesofágica se debe realizar con sondas multiplanares¹⁰. En los últimos años se ha producido un importante desarrollo tecnológico de la ecocardiografía tridimensional. Esta herramienta se ha demostrado útil en estudios transtorácicos para el cálculo del volumen y la función ventriculares y, especialmente, en estudios transesofágicos, pues permite una detallada visualización de la anatomía valvular y aporta información relevante para la guía de procedimientos de intervencionismo estructural¹¹. Para su realización se necesita disponer de transductores matriciales transtorácicos y transesofágicos adecuados. Si bien esta técnica no es imprescindible en la práctica clínica habitual, es recomendable en centros que realicen intervencionismo estructural transcáteter¹². Finalmente, los equipos deben disponer de imagen armónica y otros instrumentos de ajuste que permitan la optimización de la imagen tanto basal como tras la administración de ecopotenciadores. En caso de que se realicen estudios de estrés, la máquina debe permitir también comparar las imágenes adquiridas en las diferentes fases.

Las imágenes diagnósticas deben almacenarse en formato DICOM (*Digital Imaging and Communications in Medicine*) durante el plazo establecido para su posterior revisión.

Se debe realizar una evaluación periódica de la precisión de los equipos de ecocardiografía y seguir las recomendaciones del fabricante en lo que respecta a mantenimiento preventivo. Del mismo modo, se debe guardar un registro documental de estas pruebas.

Por lo tanto, se contribuiría a asegurar la calidad asistencial si se efectuase la correspondiente valoración de sus potencialidades de cada equipo, según el tipo de uso que se vaya a hacer (tabla 2).

Tomografía computarizada cardiaca

Importancia de la innovación tecnológica

La tomografía computarizada (TC), como técnica de imagen que emplea radiación ionizante, está sujeta a un continuo desarrollo tecnológico dirigido a mejorar la calidad de imagen y reducir la exposición del paciente. En los últimos 30 años se ha reducido significativamente el tiempo de escaneado mediante el aumento de la velocidad de rotación del *gantry* y del número de detectores, así como con los nuevos protocolos de adquisición.

Situación tecnológica actual en España

Las medidas de contención del gasto sanitario, fruto de la situación económica en España, han resultado en una progresiva obsolescencia de los equipos de TC en los últimos años, que ha afectado a los centros de titularidad tanto pública como privada, según los datos de la Federación Española de Empresas de Tecnología Sanitaria (Fenin) (figura 2)².

En el último informe de COCIR de 2016¹, se pone de manifiesto un continuo incremento de la media de edad de los escáneres instalados en Europa occidental, con un aumento en el porcentaje de equipos de más de 5 años del 40% en 2008 al 53% en 2015. Este dato es especialmente preocupante en España, que persiste entre las últimas posiciones en lo que respecta a adhesión a las *Golden*

Tabla 2
Requisitos de un equipo de ecocardiografía en función de su uso

Características	Uso clínico habitual	Uso clínico de alta especialización
Imagen	Modos M, bidimensional y Doppler color y espectral (tanto de flujo como tisular) Imagen armónica	Modos M, bidimensional y Doppler color y espectral (tanto de flujo como tisular) Imagen armónica
Datos del paciente	Importación automática	Importación automática
Registro	ECG y fases respiratorias	ECG y fases respiratorias
Transductores	Alta y baja frecuencia Doppler ciego	Alta y baja frecuencia Doppler ciego Tridimensional Pediátricos
Transesofágico	Sonda multiplanar	Sonda multiplanar Tridimensional
Almacenamiento	Formato DICOM	Formato DICOM

DICOM: *Digital Imaging and Communications in Medicine*; ECG: electrocardiograma.

Rules (figura 3). Como consecuencia de ello, nuestro país presenta una mayoría de equipos que no pueden considerarse de «baja dosis», con el perjuicio que eso implica para la seguridad del paciente.

En lo que respecta al número de equipos, a pesar de que la densidad en Europa también se ha visto reducida, España se encuentra en una posición intermedia, con una media de 21,5 equipos por millón de habitantes. De este modo, se supera, aunque ligeramente, la recomendación mínima de 20 equipos por millón de habitantes (figura 4).

Recomendaciones de recursos tecnológicos

Recientemente la *Society of Cardiovascular Computed Tomography* ha realizado una actualización de *Guidelines for performance and acquisition of coronary computed tomographic angiography*¹³,

previamente publicadas en 2009, que recoge los últimos avances tecnológicos de esta herramienta diagnóstica.

En esta actualización de la guía, se recomienda que las instalaciones donde se realicen las pruebas cumplan con los estándares de acreditación publicados por la *ICACTL (Intersocietal Commission for the Accreditation of Computed Tomography Laboratories)* o el *ACR (American College of Radiology)*. En lo referente a los equipos de TC, los escáneres deben tener una rápida rotación del *gantry* (≤ 350 ms) para su uso en estudios cardiacos. Del mismo modo, se recomienda que los equipos tengan al menos 64 detectores (colimaciones de 32×2 o 64×1), con una anchura de los elementos de los detectores $\leq 0,625$ mm. En cuanto a los inyectores, aunque se considera suficiente la utilización de bombas de inyección monocabezal, es deseable que sean de 2 cabezales, de modo que permitan la realización de inyecciones bifásicas o trifásicas a altas velocidades.

En lo referente a la protección radiológica, se debe seguir de manera estricta el principio «tan bajo como razonablemente realizable» (*ALARA*, por sus siglas en inglés), que obliga a reducir la dosis de radiación al mínimo siempre que el rendimiento diagnóstico de las imágenes obtenidas no se vea perjudicado. En este sentido, algunos de los factores que determinan la dosis recibida por el paciente son fácilmente modificables en todos los equipos de TC (voltaje y corriente del tubo, área de escaneo, espesor de corte, etc.). Sin embargo, otros muchos factores, entre los que se encuentran el tipo de fuente (simple frente a dual), el tiempo de adquisición, la velocidad de rotación del *gantry*, el tipo de adquisición (prospectiva, retrospectiva, helicoidal de alto *pitch*), la modulación de dosis y los métodos de reconstrucción (*filtered back projection* frente a reconstrucción iterativa), están únicamente disponibles en los equipos de nueva generación. El informe de *COCIR* de 2016¹ hace especial énfasis en la utilización de las técnicas de modulación de dosis y los algoritmos de reconstrucción iterativa, que permiten una reducción de la radiación absorbida de hasta el 82%.

En este sentido, un cuarto de los equipos de TC instalados en Europa resultan demasiado antiguos para actualizarlos con estas tecnologías, y España se encuentra entre los países europeos con

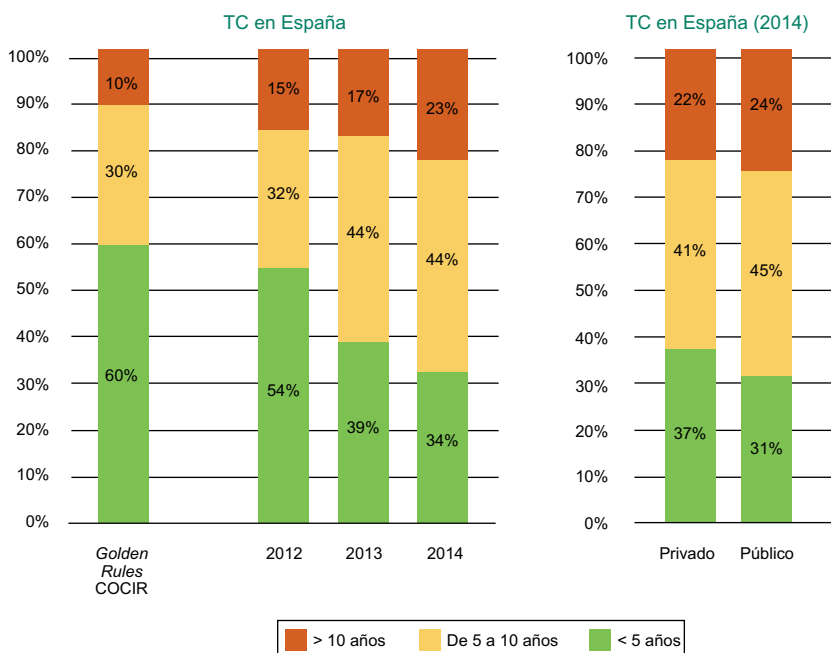


Figura 2. Antigüedad de los equipos de TC instalados en España según el año (2012-2014) y según centros públicos o privados. *COCIR: European Coordination Committee of the Radiological, Electromedical and Healthcare IT Industry*; TC: tomografía computarizada. Reproducido con permiso de Federación Española de Empresas de Tecnología Sanitaria (Fenin)².

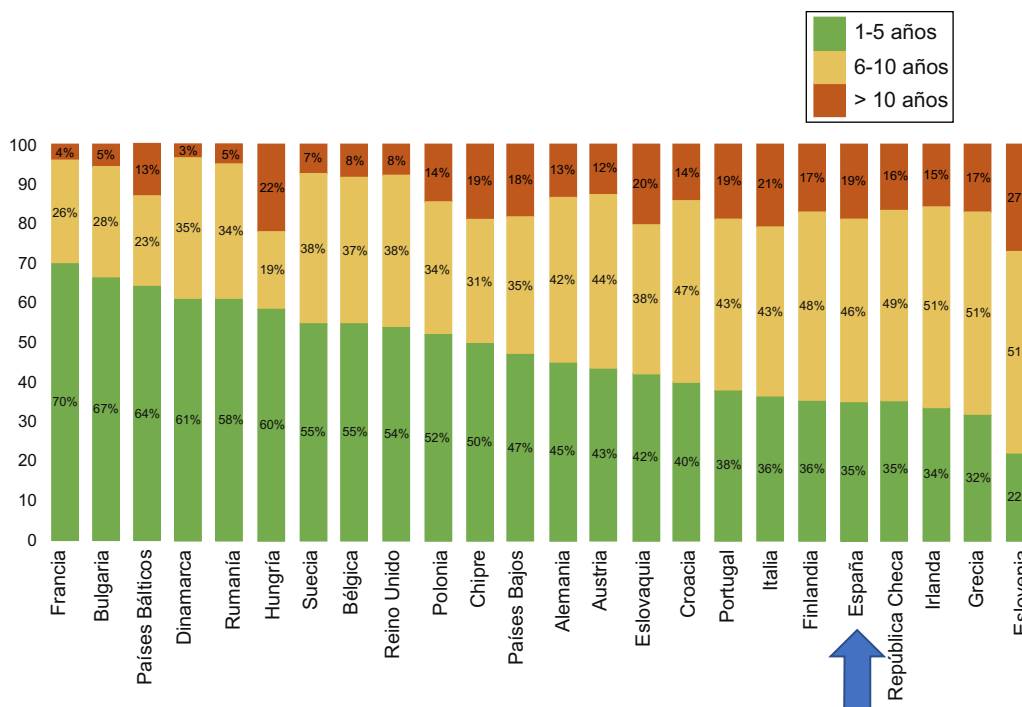


Figura 3. Grado de cumplimiento por países de las reglas de oro del European Coordination Committee of the Radiological Electromedical and Healthcare IT Industry (COCIR). Adaptado con permiso de European Coordination Committee of the Radiological Electromedical and Healthcare IT Industry¹.

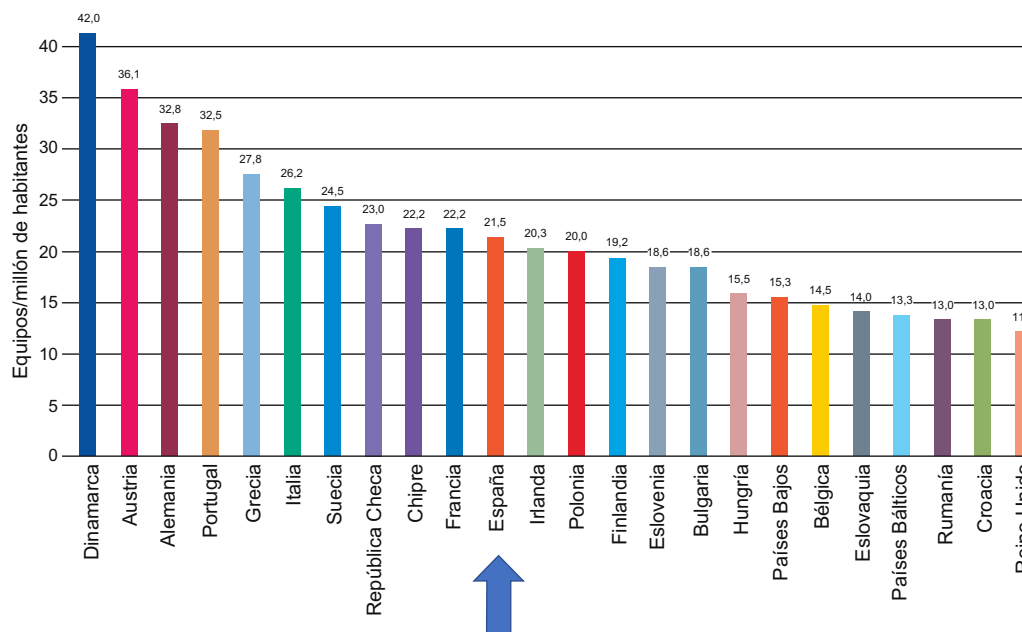


Figura 4. Densidad de equipos de tomografía computarizada por países. Adaptado con permiso de European Coordination Committee of the Radiological Electromedical and Healthcare IT Industry¹.

mayor proporción de estos equipos. Otro aspecto fundamental en el control radiológico es la realización de los preceptivos protocolos de mantenimiento. A pesar de la supervisión por un radiofísico acreditado, el informe de Fenin⁸ estima que hasta un 31% de los equipos no reciben un mantenimiento preventivo que permita certificar su estado de funcionalidad. Por último, se debe almacenar la información sobre la exposición a radiación de cada paciente en algún formato que después permita revisarlo y evaluarlo.

En lo que respecta al almacenamiento de las imágenes, debe ser en formato DICOM y se debe disponer de un sistema de archivo radiológico PACS (Picture Archiving and Communication System) o similar que permita el almacenamiento y la recuperación de todas las imágenes diagnósticas.

Finalmente, para el análisis y la interpretación de la TC cardiaca, deben utilizarse plataformas de software específicas que permitan evaluar las imágenes tridimensionales con sincronización cardiaca obtenidas en todos los formatos de reconstrucción convencionales:

Tabla 3
Requisitos de un equipo de tomografía computarizada cardiaca

Características	Uso clínico habitual
Rotación del gantry	≤ 350 ms
Detectores	Al menos 64 (colimaciones de 32 × 2 o 64 × 1) Anchura ≤ 0,625 mm
Inyectores	Monocabezal Deseable 2 cabezales
Informe de radiación	Obligatorio
Almacenamiento	Formato DICOM PACS
Interpretación	Sincronización cardiaca Imágenes transaxiales bidimensionales Reconstrucciones multiplanares Proyecciones de máxima intensidad Reconstrucciones multiplanares curvadas Reconstrucción volumétrica tridimensional

DICOM: Digital Imaging and Communications in Medicine; PACS: Picture Archiving and Communication System.

imágenes transaxiales bidimensionales, reconstrucciones multiplanares, proyecciones de máxima intensidad, reconstrucciones multiplanares curvadas y reconstrucción volumétrica tridimensional¹⁴.

Por lo tanto, se contribuiría a asegurar la calidad asistencial si se efectuase la correspondiente valoración de potencialidades y elementos de imprescindible dotación de cada equipo (tabla 3).

Resonancia magnética cardiaca

Relevancia de la innovación tecnológica

La cardiorresonancia magnética (CRM) es una técnica de imagen no invasiva que no emplea radiación ionizante y permite una evaluación detallada de la anatomía y la función cardiaca sin limitaciones de ventana acústica y una caracterización tisular. Por

estos motivos, se ha establecido desde hace años como una herramienta diagnóstica de gran utilidad en la práctica clínica habitual¹⁵.

Situación tecnológica actual en España

El estudio COCIR 2016¹ recoge que, aunque el perfil de edad de los equipos de resonancia magnética no ha empeorado con respecto a la evaluación previa, sigue sin cumplir las recomendaciones de las Golden Rules. Al respecto, como en el caso de la TC, España se sitúa en las últimas posiciones, pues tiene un gran porcentaje de equipos de más de 5 años de antigüedad, e incluso ha empeorado discretamente con respecto a registros previos (figura 5 y figura 6).

En lo que respecta a la densidad de equipos de resonancia magnética, España se encuentra en buena posición respecto a los demás países europeos y cumple con la regla de más de 20 equipos por millón de habitantes (figura 7).

El aspecto positivo de esta técnica de imagen es que permite realizar actualizaciones relevantes conservando las partes más importantes del equipo (imán y sistema de aislamiento por jaula de Faraday) únicamente acometiendo modificaciones en otros elementos de hardware y en el software. Esto permite acondicionar máquinas no excesivamente antiguas a los estándares diagnósticos actuales. Sin embargo, se constata que el fabricante o un representante autorizado se encargan del mantenimiento de estos equipos solo en el 83% de los casos² y que el mantenimiento preventivo se limita al 77% de las resonancias⁸. Esto puede hacer que un porcentaje significativo de los equipos no se beneficien de las actualizaciones disponibles.

Recomendaciones de recursos tecnológicos

En el caso de la CRM, se requiere un equipo de resonancia magnética con un campo electromagnético de al menos 1,5 T¹⁶. Los equipos de 3 T presentan una mejor relación señal-ruido que permite una mejor evaluación de las secuencias de perfusión de

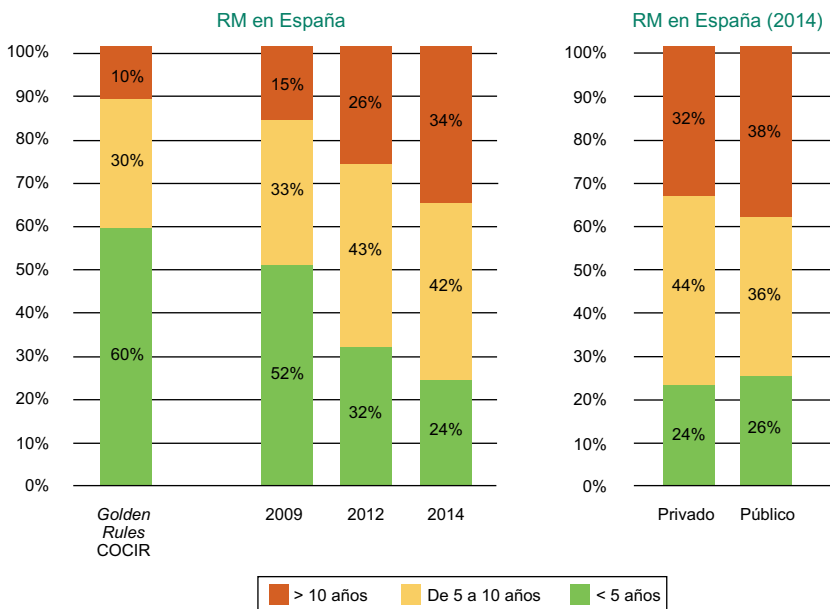


Figura 5. Antigüedad de los equipos de resonancia nuclear magnética instalados en España según el año (2009, 2012 y 2014) y según centros públicos o privados. COCIR: European Coordination Committee of the Radiological, Electromedical and Healthcare IT Industry; RM: resonancia magnética. Reproducido con permiso de Federación Española de Empresas de Tecnología Sanitaria (Fenin)².

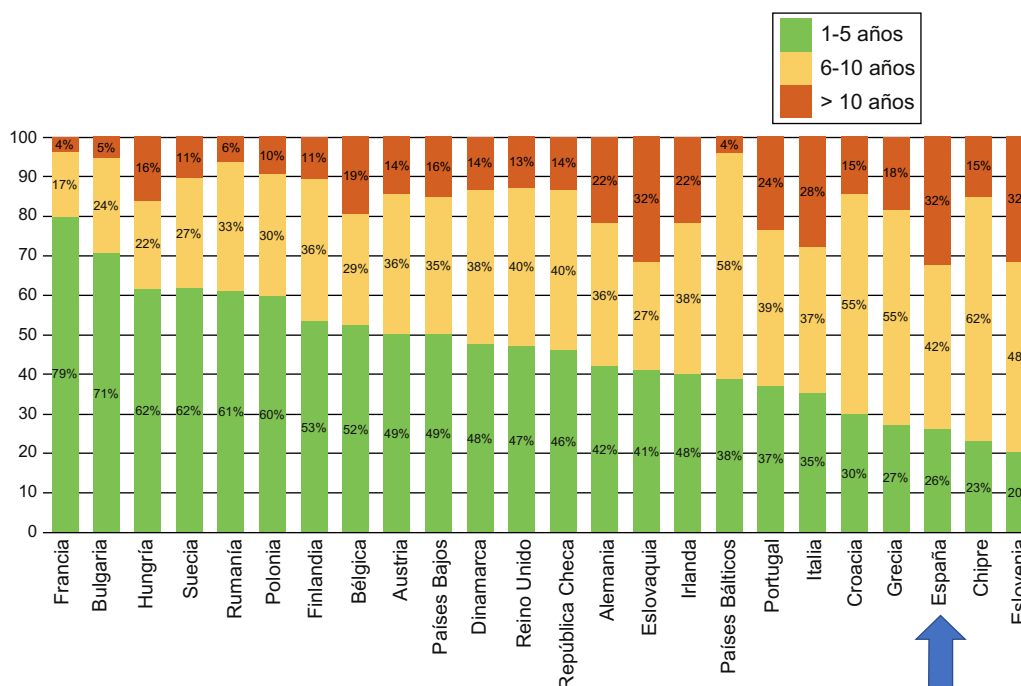


Figura 6. Grado de cumplimiento de las reglas de oro del European Coordination Committee of the Radiological Electromedical and Healthcare IT Industry (COCIR) en resonancia nuclear magnética. Adaptado con permiso de European Coordination Committee of the Radiological Electromedical and Healthcare IT Industry¹

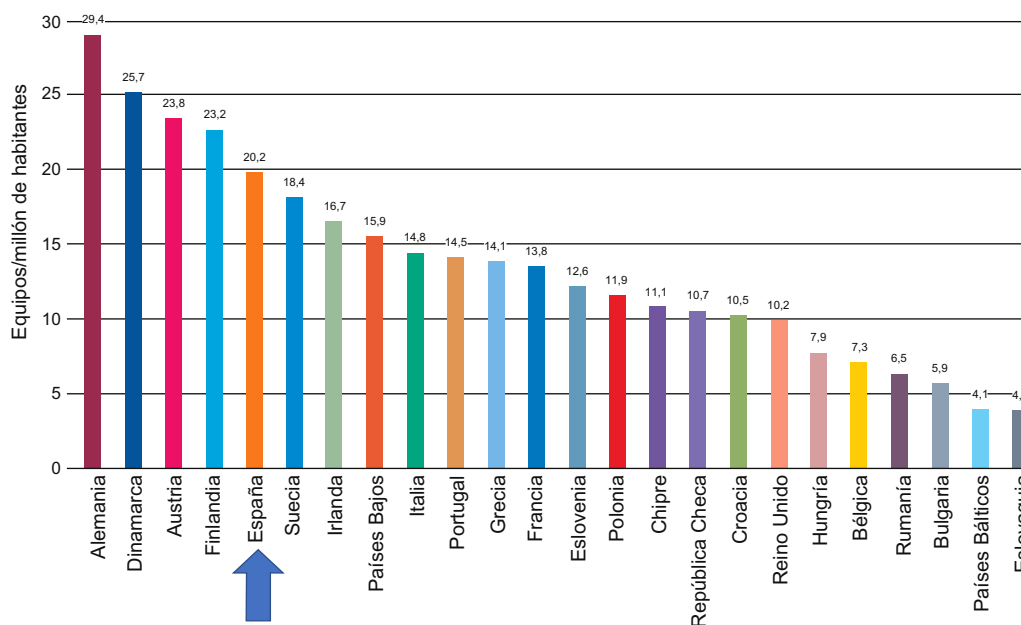


Figura 7. Densidad de equipos de resonancia nuclear magnética por países. Adaptado con permiso de European Coordination Committee of the Radiological Electromedical and Healthcare IT Industry¹.

primer paso, así como de las secuencias de *tagging* y las técnicas de flujo de 4 dimensiones, pero tienen más susceptibilidad a artefactos, por lo que pueden presentar dificultades en la adquisición de secuencias SSFP. Por estos motivos, aunque ambos campos son admisibles para realizar estudios de CRM, los equipos de 1,5 T continúan siendo el estándar. Otros elementos de *hardware* necesarios son una antena de radiofrecuencia multielemento de tórax y un sistema de monitorización por ECG compatible con resonancia magnética. De igual manera que en la TC, se precisa una inyectora que sea idealmente de doble cabezal y permita una

inyección a alta velocidad. El aspecto más importante para la realización de un estudio de CRM es que el equipo disponga del paquete de *software* necesario. Debe constar al menos de las secuencias necesarias para realizar estudios clínicos: cine (SSFP, ecocardiografía de gradiente), caracterización tisular (secuencias potenciadas en T1 y T2, secuencia T2*), evaluación de flujo (secuencias de contraste de fase), perfusión miocárdica (secuencias de saturación-recuperación) y realce tardío de gadolinio (secuencia inversión-recuperación potenciada en T1). Además, para la realización de estudios de aorta y de coronarias, se precisan

secuencias de angiorresonancia magnética tridimensional con o sin contraste, que en el segundo caso precisan de navegador. Por lo tanto, el equipo de resonancia magnética que se destine a estudios cardíacos debe disponer de todas estas secuencias o tener los requisitos físicos que permitan su actualización a ellas. En los últimos tiempos se está produciendo un importante desarrollo de nuevas técnicas de evaluación del espacio intersticial miocárdico mediante el mapeo en T1 y T2¹⁷. Estas nuevas herramientas requieren secuencias, protocolos y *software* de análisis específicos¹⁸, con unos requisitos tecnológicos no disponibles en los equipos de resonancia más antiguos. Sin embargo, actualmente estos protocolos no son parte integral de los estudios clínicos habituales. Por lo tanto, aunque su desarrollo es deseable, su disponibilidad aún no es obligatoria para la práctica clínica habitual.

Del mismo modo que con las demás técnicas de imagen cardíaca, se recomienda que los datos obtenidos se almacenen en formato DICOM para su análisis y posteriores revisiones.

Para el análisis de las imágenes de CRM, se debe utilizar *software* y *hardware* que respeten unos requisitos mínimos según la *Society for Cardiovascular Magnetic Resonance*¹⁹. Se requiere una estación de trabajo y una pantalla con adecuadas especificaciones y suficiente resolución. El *software* de análisis debe permitir la visualización simultánea de todos los ejes cortos y el trazado de los bordes endocárdico y epicárdico, así como la selección del segmento más basal para el análisis de volúmenes y función ventricular. También debe permitir las referencias cruzadas para confirmar la posición de corte. Debe tener la posibilidad de comparar el mismo corte en diferentes secuencias, cortes en eje largo y corto, y diferentes estudios del mismo paciente simultáneamente. Debe tener además la posibilidad de realizar análisis semicuantitativos de intensidad de señal. En caso de que se realicen estudios vasculares, debe permitir también la sustracción previa y posterior al contraste y reconstrucciones multiplanares, de máxima intensidad y de reconstrucción volumétrica tridimensional.

Por lo tanto, se contribuiría a asegurar la calidad asistencial si se efectuase la correspondiente valoración de las potencialidades y los elementos de imprescindible dotación de cada equipo (tabla 4).

Hemodinámica

La generación de imágenes en las salas de hemodinámica emplea básicamente equipos de rayos X. Esta tecnología genera radiación ionizante, está sujeta a una fuerte regulación relacionada con la seguridad y deberá adecuarse a la normativa de seguridad europea, la Directiva 2013/59/EURATOM²⁰, que será transpuesta y aplicable en abril de 2018.

Equipamiento para el tratamiento percutáneo de lesiones coronarias

El tratamiento percutáneo de lesiones coronarias representa actualmente la actividad principal de los laboratorios de hemodinámica. Para abordar esta afección, es importante disponer de equipos radiológicos que generen una imagen de calidad suficiente para llevar a cabo una correcta intervención.

Además de equipos que proporcionen una calidad de imagen óptima, se recomienda disponer de técnicas de diagnóstico intracoronario adyuvantes:

- Reserva fraccional de flujo (FFR): actualmente es la técnica de elección para analizar la gravedad funcional de lesiones coronarias angiográficamente intermedias, pues evita revascularizaciones innecesarias en lesiones que no son significativas desde un punto de vista fisiológico. Las guías de práctica clínica recomiendan la utilización de esta técnica para identificar

Tabla 4

Requisitos de un equipo de resonancia magnética para diagnóstico cardiológico

Características	Uso clínico habitual
Campo electromagnético	Al menos 1,5 T
Antena	Antena de radiofrecuencia multielemento de tórax
Monitorización	Compatible con resonancia magnética
Inyectores	Monocabezal Deseable 2 cabezales
Almacenamiento	Formato DICOM PACS
<i>Software</i>	Cine (SSFP, eco de gradiente) Caracterización tisular Evaluación de flujo Perfusión miocárdica Realce tardío de gadolinio
Estudios de aorta y coronarias	Secuencias de angiorresonancia magnética tridimensional
Interpretación	Sincronización cardíaca Trazado de bordes Análisis de volúmenes y fracción de eyección Análisis de intensidad de señal Sustracción previa y posterior al contraste Reconstrucciones multiplanares Proyecciones de máxima intensidad Reconstrucción volumétrica tridimensional

DICOM: Digital Imaging and Communications in Medicine; PACS: Picture Archiving and Communication System; SSFP: Steady-state Free Precession.

lesiones hemodinámicamente relevantes en pacientes estables (indicación de clase I, nivel de evidencia A)²¹. Por lo tanto, esta técnica debería estar disponible en todos los laboratorios de hemodinámica.

- Ecografía intravascular (IVUS) y tomografía de coherencia óptica: ambas técnicas de imagen permiten valorar con detalle la morfología de las lesiones coronarias, así como optimizar y analizar el resultado tras el implante del *stent*. La tomografía de coherencia óptica tiene mayor resolución espacial que la IVUS y permite una detección más exacta de estructuras intraluminales. Asimismo es superior a la IVUS para valorar la mala aposición del *stent*, el prolapso de trombo o placa y las disecciones y estudiar los mecanismos de fallo del *stent*. Según las guías de revascularización miocárdica²¹, ambas técnicas son útiles para estudiar los mecanismos de fallo del *stent* (IIa B) y optimizar el implante del *stent* (IIa B para la IVUS y IIb C para la tomografía de coherencia óptica). Además, la IVUS se recomienda para estudiar la gravedad de las lesiones del tronco de la coronaria izquierda y optimizar el resultado (IIa B). Es recomendable disponer de alguna de ellas para el abordaje de lesiones complejas.

Equipamiento para el intervencionismo estructural

En el tratamiento percutáneo de la enfermedad estructural valvular y no valvular, la imagen radiológica tiene un papel menos destacado que en el tratamiento de la enfermedad coronaria. La mayoría de estos procedimientos se guían fundamentalmente mediante ecografía transesofágica, y la visualización radiológica queda en un segundo plano. Por ello, para realizar la mayoría de estos procedimientos es imprescindible un ecocardiograma transesofágico bidimensional. En algunos casos, como con

MitraClip o el cierre de fugas perivalvulares, el ecocardiograma transeofágico tridimensional en tiempo real proporciona ventajas en diferentes etapas del procedimiento, por lo que es preciso disponer de esta herramienta en los centros donde se atienden estas lesiones²².

Actualmente se dispone, además, de una innovadora tecnología que permite la fusión de imágenes de escopia por rayos X y de ecocardiografía en 2 y 3 dimensiones en tiempo real^{23,24}. El movimiento del arco de rayos X se sincroniza con la sonda transeofágica del ecocardiograma, y se cortan automáticamente los distintos planos ecocardiográficos según la posición del tubo de rayos X. Esto permite integrar ambas imágenes, lo que facilita algunas de las etapas de procedimientos como el implante de MitraClip, el cierre de la orejuela o el cierre de fugas perivalvulares.

Requisitos de la unidad de hemodinámica e intervencionismo cardiaco

El documento de estándares que definen de manera integral los requisitos de carácter organizativo, estructural y de recursos de una unidad de hemodinámica e intervencionismo cardiaco datan de 2001²⁵. Aunque han pasado muchos años, muchas de estas recomendaciones siguen teniendo validez actual, y su cumplimiento asegura las adecuadas calidad asistencial y seguridad en las actuaciones clínicas e intervencionistas.

Durante los últimos años se han publicado nuevas recomendaciones tanto de la Sociedad Española de Cardiología²⁶ como del American College of Cardiology²⁷.

Ciclo de la vida de las salas de radiología para uso en hemodinámica y cardiología intervencionista

Como otras técnicas de imagen, las salas de intervencionismo tienen una expectativa de vida basada no solo en los años, sino también en el grado de su utilización. Otros factores que considerar serían el mantenimiento, la posibilidad de reemplazar partes o los requisitos para determinado tipo de tratamiento.

Según la guía de 2013 de la Canadian Association of Radiologists⁷, la expectativa de vida de una sala de intervencionismo sería 8 años

si la utilización de la sala es alta (> 4.000 exámenes/año), 10 cuando es media (2.000-4.000 exámenes/año) y 12 años si es baja (< 2.000 exámenes/año). Sin embargo, las recomendaciones en cuanto a durabilidad de otras instituciones o Estados son diferentes; en España, en los estándares de las unidades asistenciales del área del corazón del Ministerio de Sanidad se recomienda la renovación de los equipos de hemodinámica cada 7 años²⁸.

Otro aspecto importante es el control y el mantenimiento de los equipos para asegurar un correcto funcionamiento y su durabilidad y evitar problemas derivados de fallos en el equipo que pueden ser importantes para el paciente y el personal sanitario. Sin embargo, a pesar de la importancia de este aspecto, según el informe sobre el perfil tecnológico sanitario en España de Fenin⁸, el grado de cobertura de los sistemas de mantenimiento preventivo para las salas de hemodinámica es anormalmente bajo (58%), con las implicaciones que esto puede conllevar.

Perfil tecnológico en España

El análisis del perfil tecnológico se basa en la metodología descrita en el estudio previo de Fenin «Perfil Tecnológico Hospitalario en España». Además, se ha utilizado el documento sobre el estado de obsolescencia de las tecnologías de imagen médica en Europa publicado por COCIR¹, lo que permite situar a España en el contexto europeo.

Según el informe de Fenin², el perfil tecnológico de las salas de intervencionismo instaladas en España dista mucho de las recomendaciones de COCIR. En 2014, solo el 27% de los equipos instalados tenían una antigüedad inferior a 5 años; el 35%, entre 6 y 10 años, y el 38%, más de 10. Asimismo, se reseña el deterioro progresivo producido en los últimos años, ya que en 2009 el 52% de las salas tenían menos de 5 años; el 29%, entre 6 y 10, y el 19%, más de 10, cifras todas ellas mucho más próximas a las reglas de COCIR (figura 8).

Dentro de España también hay una importante variabilidad. Castilla-La Mancha, Andalucía, Extremadura y Aragón son las comunidades autónomas con mayor grado de obsolescencia de este tipo de equipos (figura 9).

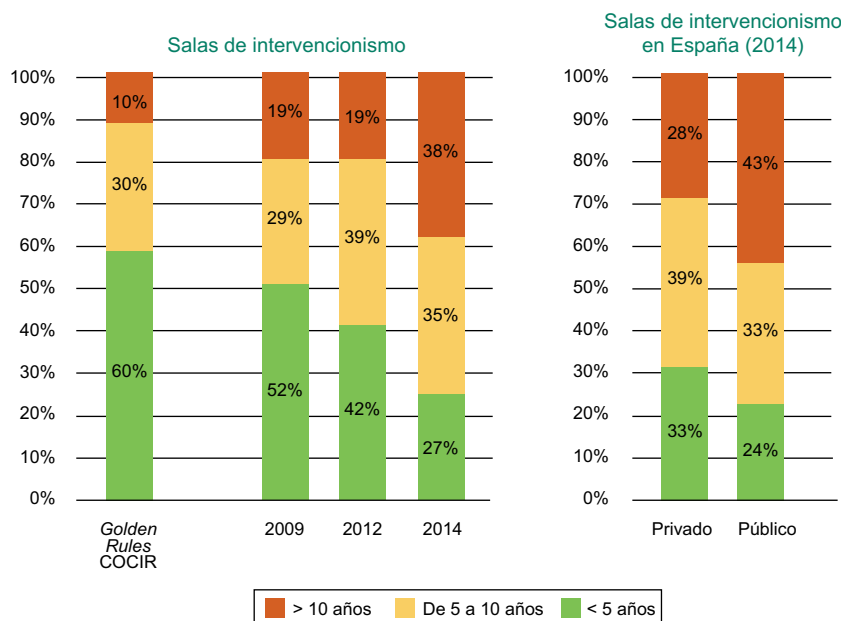


Figura 8. Antigüedad de los equipos de intervencionismo cardiaco instalados en España según el año (2009, 2012 y 2014) y según centros públicos o privados. COCIR: European Coordination Committee of the Radiological, Electromedical and Healthcare IT Industry. Reproducido con permiso de Federación Española de Empresas de Tecnología Sanitaria (Fenin)².

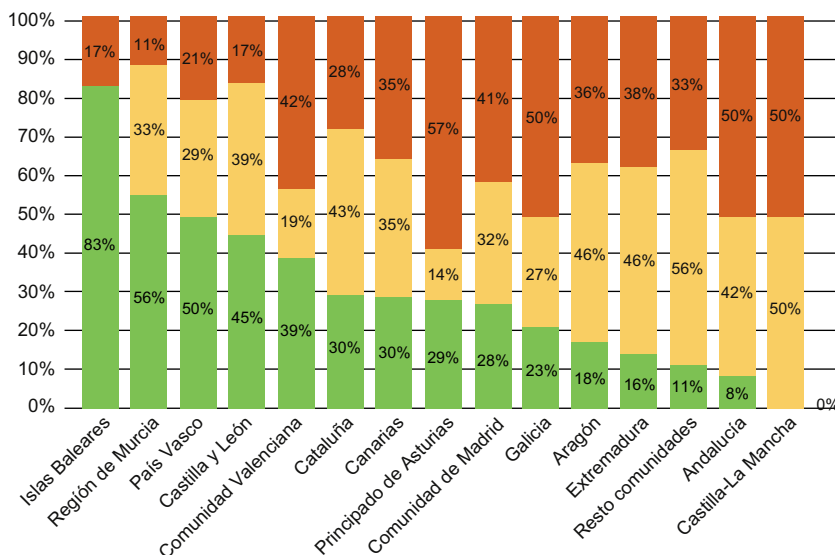


Figura 9. Distribución de los equipos de intervencionismo cardiaco instalados en España en el año 2014 por comunidades autónomas. Reproducido con permiso de Federación Española de Empresas de Tecnología Sanitaria (Fenin)².

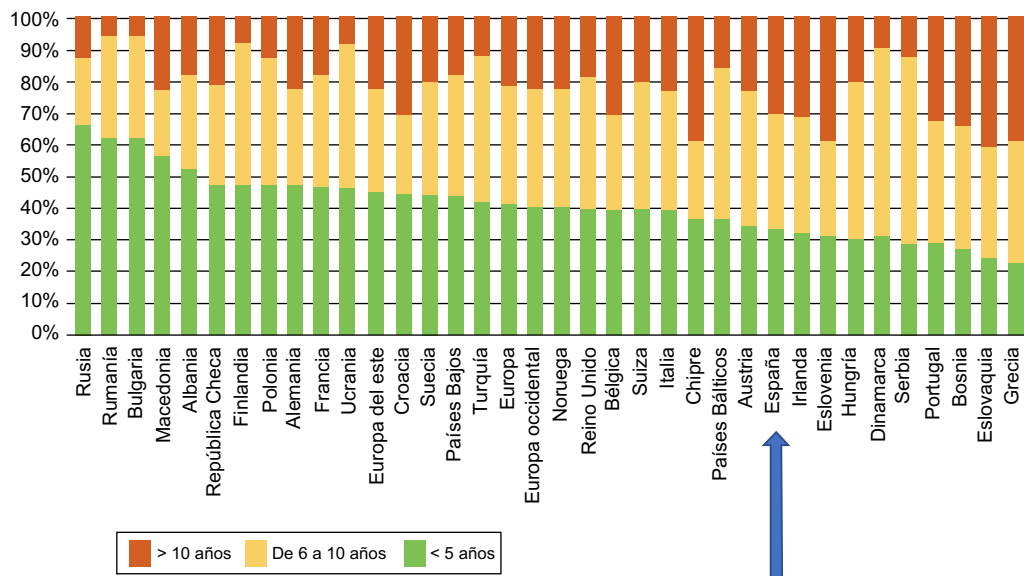


Figura 10. Antigüedad de los equipos de intervencionismo cardiaco en Europa en el año 2014. COCIR: *European Coordination Committee of the Radiological, Electromedical and Healthcare IT Industry*. Adaptado con permiso de Federación Española de Empresas de Tecnología Sanitaria (Fenin)².

En Europa, la tendencia ha sido similar y el perfil de edad de estas tecnologías también ha experimentado un deterioro progresivo respecto a años previos. Los equipos instalados de más de 6 años están sustancialmente por encima del 60% en muchos países; en Grecia, el 77,1%; en Portugal, el 70,7%; en Dinamarca, el 69,3%, y en España, el 66,7%² (figura 10).

Por lo tanto, se contribuiría a asegurar la calidad asistencial si se efectuase la correspondiente valoración de potencialidades y elementos de imprescindible dotación de cada equipo (tabla 5).

ELECTROFISIOLOGÍA

La práctica de la electrofisiología intervencionista ha experimentado un extraordinario avance durante los últimos 15 años debido a la expansión de los sistemas de navegación no fluoroscópica y el abordaje de sustratos complejos, como la

taquicardia ventricular o la fibrilación auricular. La elevada complejidad técnica de estos procedimientos es la causa de que el equipamiento material de los laboratorios de electrofisiología sea uno de los pilares para alcanzar la excelencia clínica en esta disciplina de la cardiología.

Equipamiento físico

Cualquier unidad de electrofisiología debiera contar con los siguientes requisitos y dependencias para cumplir una adecuada labor clínica:

- El espacio físico debe tener un acceso razonable a la unidad de cuidados intensivos, planta de hospitalización y quirófanos.
- Debe disponer de 1 o más salas de intervencionismo con dedicación exclusiva, con una superficie de al menos 30 m². Para

Tabla 5

Requisitos de equipamiento de un laboratorio de hemodinámica en función de sus características

Características	Uso clínico habitual	Uso clínico de alta especialización
Equipo de Rx	Equipo de angiografía digital fijo	Equipo de angiografía digital fijo
Datos de paciente	Importación automática	Importación automática
Cuantificación coronaria	Reserva fraccional de flujo	Reserva fraccional de flujo Ecografía intravascular o tomografía de coherencia óptica
Ecografía	Sonda multiplanar bidimensional	Sonda multiplanar tridimensional
Almacenamiento	Formato DICOM PACS	Formato DICOM PACS
Cirugía	Transferencia a hospital con CCV < 30 min	Bypass cardiopulmonar ≤ 90 min

CCV: cirugía cardiovascular; DICOM: *Digital Imaging and Communications in Medicine*; PACS: *Picture Archiving and Communication System*; Rx: radiodiagnóstico.

un volumen de ablaciones superior a 200 al año, se recomienda disponer de 2 salas.

- Las salas de electrofisiología deben disponer de los aspectos habituales de una unidad de intervencionismo, que incluyan acondicionamiento de aire estándar, tomas de oxígeno, aire y vacío, etc. No es necesaria su quirofanización, salvo que se emplee para el implante de dispositivos.
- Dada la necesidad de integración de imágenes (fundamentalmente los ECG intracavitarios, la imagen procedente de los sistemas de navegación no fluoroscópica y la fluoroscopia), es altamente recomendable que la sala disponga de una única pantalla que recoja la información proveniente de diversas fuentes.
- Una sala de control, dotada de pantallas esclavas para los sistemas de fluoroscopia, poligrafía y navegación no fluoroscópica, así como 2 estaciones de trabajo con acceso a los sistemas electrónicos de historia clínica del hospital.
- Se debe dotar a la unidad de un espacio físico dedicado a la preparación y/o recuperación del paciente o a la realización de técnicas sencillas, como cardioversiones eléctricas. Ello permite agilizar la rotación de los pacientes y optimizar los recursos más complejos.

Sistemas de radioscopia

En la electrofisiología cardiaca, tanto para ablación como para el implante de dispositivos, los sistemas de radioscopia tienen un papel menos destacado que en el tratamiento de la enfermedad coronaria. La mayoría de los procedimientos se guían por sistemas de navegación no fluoroscópica, pese a lo cual los sistemas de radioscopia son fundamentales para varias etapas del procedimiento.

- Cada sala de electrofisiología debiera estar dotada de un equipo de angiografía digital monoplano fijo con las capacidades básicas. Se debe considerar la opción de angiografía digital en los centros cuya disponibilidad de TC cardiaca y equipos con tecnología biplanar no sea la óptima, especialmente en caso de que se realicen regularmente procedimientos pediátricos.
- Cuando haya 2 salas y en una de ellas se realicen mayoritariamente implantes de dispositivos, puede considerarse que la segunda sala disponga de un equipo de radioscopia más sencillo, como un sistema portátil de última generación (arco C móvil con intensificador de imagen).

Sistemas de navegación no fluoroscópica

Los sistemas de navegación no fluoroscópica son esenciales no solo para la reducción de la radiación absorbida por los pacientes y

el personal sanitario, sino para asegurar el correcto posicionamiento tridimensional de los catéteres durante los procedimientos de mapeo intracardiaco y para la correcta localización de las lesiones generadas²⁹.

A la vista de su importancia, se considera que una sala de electrofisiología en la que se realicen procedimientos terapéuticos de ablación debe disponer de al menos un sistema de navegación no fluoroscópica.

La dotación de sistemas adicionales depende del volumen de la unidad y otras consideraciones, como la existencia de programas de investigación, etc., pero también se ha de tener en cuenta que no es conveniente la excesiva atomización de procedimientos con diferentes sistemas de navegación para asegurar una correcta experiencia entre los diferentes operadores. Se considera que, a partir de 100 procedimientos de ablación con navegación no fluoroscópica, se debe tomar en consideración instalar un sistema de navegación no fluoroscópica adicional.

Sistemas adicionales

Lo incluyen una serie de equipos necesarios para la realización de los procedimientos más frecuentes en electrofisiología clínica.

- Sistema de poligrafía. El análisis de los patrones de activación y secuencias de los electrogramas intracavitarios siguen siendo la base para el diagnóstico y la aproximación terapéutica. Cada sala de electrofisiología debe estar equipada con un sistema de poligrafía digital con un mínimo de 64 canales intracavitarios, ECG de superficie y módulo básico de hemodinámica para el registro de las presiones intracavitarias. Las señales intracavitarias son especialmente sensibles al ruido, por ello la sala debe disponer de una instalación de calidad que permita el correcto registro de múltiples señales sin interferencias.
- Equipo de crioablación. La crioablación aporta ventajas sobre la radiofrecuencia en vías parahisianas y taquicardias intranodulares en niños. Es muy recomendable que esté disponible en centros de más de 200 ablaciones al año. En la fibrilación auricular (FA) permite procedimientos con resultados similares a los de la radiofrecuencia, pero es una técnica menos exigente para el operador. Su incorporación es muy recomendable en centros con más de 50 ablaciones de FA al año. En cualquier caso, en los centros donde se realicen ablaciones de FA, siempre debe ser posible realizarlas mediante procedimiento de ablación punto a punto con guía mediante sistema de navegación no fluoroscópica.
- Fuente de radiofrecuencia. La unidad de electrofisiología debe disponer de al menos 2 fuentes de radiofrecuencia con sistemas compatibles de bomba de infusión para catéteres irrigados.
- Consola de ultrasonidos con capacidad para ecocardiografía transesofágica y ecografía intracardiaca. Disponer de un equipo básico de ecocardiografía es fundamental para la detección

Tabla 6

Requisitos mínimos de una sala de electrofisiología

	Uso clínico habitual
Aspectos generales	Filtros de aire HEPA Tomas de oxígeno, aire y vacío Acceso a hospitalización, UCI, quirófano, etc.
Sala de control	Pantallas esclavas para los sistemas de fluoroscopia, poligrafía y navegación no fluoroscópica Estaciones de trabajo con acceso a los sistemas electrónicos de historia clínica del hospital
Espacio antesala	Preparación y/o recuperación del paciente
Equipo de radiodiagnóstico	Equipo de angiografía digital fijo
Informe de radiación	Obligatorio
Almacenamiento	Formato DICOM PACS
Polígrafo	Poligrafía digital con un mínimo de 64 canales intracavitarios y ECG de superficie Módulo básico de presiones intracavitarias
Sistemas de navegación	Al menos un sistema de navegación no fluoroscópico (CARTO, NavX, Rhythmia)
Ecocardiografía	Ecocardiógrafo transtorácico y transesofágico Recomendable ecocardiógrafo intracardiaco

DICOM: *Digital Imaging and Communications in Medicine*; ECG: electrocardiograma; HEPA: *High Efficiency Particulate Air*; PACS: *Picture Archiving and Communication System*; UCI: unidad de cuidados intensivos.

precoz de las complicaciones, así como para el apoyo para técnicas sencillas, como la punción transeptal, o más sofisticadas, como la ecografía intracardiaca.

- Monitor/desfibrilador. Se debe disponer de un sistema de desfibrilación externa con disponibilidad de funcionamiento manual para cada una de las salas.
- Sistemas de navegación robótica. Los sistemas de navegación robótica son una herramienta de alto coste económico cuya utilidad práctica hoy está en discusión. Se puede considerar su adopción en unidades de alto volumen (más de 250 ablaciones anuales) que dispongan de más de una sala de electrofisiología y programas de investigación.

Por lo tanto, se contribuiría a asegurar la calidad asistencial si se efectuase la correspondiente valoración de potencialidades y elementos de imprescindible dotación de cada equipo (tabla 6).

CONCLUSIONES

La cardiología como disciplina médica ha experimentado un considerable avance durante las últimas 2 décadas, lo que ha permitido reducir significativamente la mortalidad de las principales enfermedades cardiovasculares. Esta increíble mejora no es ajena a la innovación tecnológica. El desarrollo de nuevos y mejores equipos ha permitido a los cardiólogos tratar a más pacientes y con mejores resultados. Mantener la innovación y mejorar la tecnología disponible de una manera razonable es esencial para continuar mejorando la práctica clínica y garantizar resultados en salud.

Este informe trata de ser una referencia para armonizar el tipo de tecnología necesaria en los principales procedimientos cardiológicos.

CONFLICTO DE INTERESES

No se declara ninguno.

BIBLIOGRAFÍA

1. European Coordination Committee of the Radiological Electromedical and Health-care IT Industry. Medical Imaging Equipment. Age Profile and Density. 2016 Edition. Disponible en: http://www.cocir.org/uploads/media/16052_COC_AGE_PROFILE_web_01.pdf. Consultado 25 Ene 2018.
2. Federación Española de Empresas de Tecnología Sanitaria. Estudio base 1-4: Perfil tecnológico hospitalario en España. Sector de Tecnología y Sistemas de Información Clínica, Abril 2015. Datos Diciembre 2014. Disponible en: http://panelfenin.es/uploads/fenin/documento_estudios/pdf_documento_27.pdf. Consultado 25 Ene 2018.
3. Ministerio de Sanidad, Servicios Sociales e Igualdad. Circular n.º 3/2012. Disponible en: https://www.aemps.gob.es/informa/circulares/industria/2012/docs/circular_3_2012.pdf. Consultado 25 Ene 2018.
4. Council of the European Union. Council Directive 90/385/EEC of 20 June 1990 on the approximation of the laws of the Member States relating to active implantable medical devices. Disponible en: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:31990L0385>. Consultado 25 Ene 2018.
5. Council of the European Union. Council Directive 93/42/EEC of 14 June 1993 concerning medical devices. Disponible en: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/HTML/?uri=CELEX:31993L0042>. Consultado 25 Ene 2018.
6. European Parliament, Council of the European Union. Directive 98/79/EC of the European Parliament and of the Council of 27 October 1998 on in vitro diagnostic medical devices. Disponible en: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/HTML/?uri=CELEX:31998L0079>. Consultado 25 Ene 2018.
7. Canadian Association of Radiologists. Lifecycle Guidance for Medical Imaging Equipment in Canada, 2013. Disponible en: <https://car.ca/wp-content/uploads/car-lifecycleguidance-mainreport.pdf>. Consultado 25 Ene 2018.
8. Federación Española de Empresas de Tecnología Sanitaria. Anexo: Perfil tecnológico hospitalario en España. Sector de Tecnología y Sistemas de Información Clínica, Enero 2015. Mantenimiento de la Tecnología Sanitaria en España. Disponible en: http://panelfenin.es/uploads/fenin/documento_estudios/pdf_documento_22.pdf. Consultado 25 Ene 2018.
9. Picard MH, Adams D, Bierig SM, et al. American Society of Echocardiography. American Society of Echocardiography recommendations for quality echocardiography laboratory operations. *J Am Soc Echocardiogr*. 2011;24:1-10.
10. Hahn RT, Abraham T, Adams MS, et al. Guidelines for performing a comprehensive transthoracic echocardiographic examination: recommendations from the American Society of Echocardiography and the Society of Cardiovascular Anesthesiologists. *Anesth Analg*. 2014;118:21-68.
11. Lang RM, Badano LP, Tsang W, et al. American Society of Echocardiography; European Association of Echocardiography. EAE/ASE recommendations for image acquisition and display using three-dimensional echocardiography. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging*. 2012;13:1-46.
12. Zamorano JL, Badano LP, Bruce C, et al. EAE/ASE recommendations for the use of echocardiography in new transcatheter interventions for valvular heart disease. *Eur Heart J*. 2011;32:2189-2214.
13. Abbara S, Blanke P, Maroules CD, et al. SCCT guidelines for the performance and acquisition of coronary computed tomographic angiography: A report of the society of Cardiovascular Computed Tomography Guidelines Committee; Endorsed by the North American Society for Cardiovascular Imaging (NASCI). *J Cardiovasc Comput Tomogr*. 2016;10:435-449.
14. Leipsic J, Abbara S, Achenbach S, et al. SCCT guidelines for the interpretation and reporting of coronary CT angiography: a report of the Society of Cardiovascular Computed Tomography Guidelines Committee. *J Cardiovasc Comput Tomogr*. 2014;8:342-358.
15. Hendel RC, Patel MR, Kramer CM, et al. American College of Cardiology Foundation Quality Strategic Directions Committee Appropriateness Criteria Working Group; American College of Radiology; Society of Cardiovascular Computed Tomography; Society for Cardiovascular Magnetic Resonance; American Society of Nuclear Cardiology; North American Society for Cardiac Imaging; Society for Cardiovascular Angiography and Interventions; Society of Interventional Radiology. ACCF/ACR/SCCT/SCMR/ASNC/NASCI/SCAI/SIR 2006 appropriateness criteria for cardiac computed tomography and cardiac magnetic resonance imaging: a report of the American College of Cardiology Foundation Quality Strategic Directions Committee Appropriateness Criteria Working Group, American College of Radiology, Society of Cardiovascular Computed Tomography, Society for Cardiovascular Magnetic Resonance, American Society of Nuclear Cardiology, North American Society for Cardiac Imaging, Society for Cardiovascular Angiography and Interventions, and Society of Interventional Radiology. *J Am Coll Cardiol*. 2006;48:1475-1497.
16. Kramer CM, Barkhausen J, Flamm SD, Kim RJ, Nagel E. Society for Cardiovascular Magnetic Resonance Board of Trustees Task Force on Standardized Protocols. Standardized cardiovascular magnetic resonance (CMR) protocols 2013 update. *J Cardiovasc Magn Reson*. 2013;15:91.
17. Salerno M, Kramer CM. Advances in parametric mapping with CMR imaging. *JACC Cardiovasc Imaging*. 2013;806-822.
18. Moon JC, Messroghli DR, Kellman P, et al. Society for Cardiovascular Magnetic Resonance Imaging; Cardiovascular Magnetic Resonance Working Group of the European Society of Cardiology. Myocardial T1 mapping and extracellular volume quantification: a Society for Cardiovascular Magnetic Resonance (SCMR) and CMR Working Group of the European Society of Cardiology consensus statement. *J Cardiovasc Magn Reson*. 2013;15:92.
19. Schulz-Menger J, Bluemke DA, Bremerich J, et al. Standardized image interpretation and post processing in cardiovascular magnetic resonance: Society for

- Cardiovascular Magnetic Resonance (SCMR) board of trustees task force on standardized post processing. *J Cardiovasc Magn Reson.* 2013;15:35.
20. Council of the European Union. Council Directive 2013/59/Euratom of 5 December 2013 laying down basic safety standards for protection against the dangers arising from exposure to ionising radiation, and repealing Directives 89/618/Euratom, 90/641/Euratom, 96/29/Euratom, 97/43/Euratom and 2003/122/Euratom. Disponible en: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/HTML/?uri=CELEX:32013L0059&from=En>. Consultado 25 Ene 2018.
 21. Windecker S, Kolh P, Alfonso F, et al. 2014 ESC/EACTS Guidelines on myocardial revascularization: The Task Force on Myocardial Revascularization of the European Society of Cardiology (ESC) and the European Association for Cardio-Thoracic Surgery (EACTS) Developed with the special contribution of the European Association of Percutaneous Cardiovascular Interventions (EAPCI). *Eur Heart J.* 2014;35:2541–2619.
 22. Cavalcante JL, Rodriguez LL, Kapadia S, Tuzcu EM, Stewart WJ. Role of echocardiography in percutaneous mitral valve interventions. *JACC Cardiovasc Imaging.* 2012;5:733–746.
 23. Giannopoulos AA, Gaemperli O. Hybrid Imaging in Ischemic Heart Disease. *Rev Esp Cardiol.* 2018. <http://dx.doi.org/10.1016/j.rec.2017.11.023>.
 24. García-Fernández MA, De Agustín A, Pérez de Isla L. Fusión eco-escopia en el cierre percutáneo de la orejuela. *Rev Esp Cardiol.* 2017;70:194.
 25. Moris de La Tassa C, Cequier Fillat AR, Moreu Burgos J, Perez Hernandez H, Aguirre Salcedo JM. Guías de práctica clínica de la Sociedad Española de Cardiología sobre requerimientos y equipamiento en hemodinámica y cardiología intervencionista. *Rev Esp Cardiol.* 2001;54:741–750.
 26. Valle Tudela V, Alonso García A, Arós Borau F, Gutierrez Morlote J, Sanz Romero G. Guías de práctica clínica de la Sociedad Española de Cardiología sobre requerimientos y equipamiento de la unidad coronaria. *Rev Española Cardiol.* 2001;54:617–623.
 27. Bashore TM, Bates ER, Berger PB, et al. American College of Cardiology. Task Force on Clinical Expert Consensus Documents. American College of Cardiology/Society for Cardiac Angiography and Interventions Clinical Expert Consensus Document on cardiac catheterization laboratory standards. A report of the American College of Cardiology Task Force on Clinical Expert Consensus Documents. *J Am Coll Cardiol.* 2001;37:2170–2214.
 28. Smith SCJ, Feldman TE, Hirshfeld JWJ, et al. American College of Cardiology/American Heart Association Task Force on Practice Guidelines; ACC/AHA/SCAI Writing Committee to Update the 2001 Guidelines for Percutaneous Coronary Intervention. ACC/AHA/SCAI 2005 guideline update for percutaneous coronary intervention: a report of the American College of Cardiology/American Heart Association Task Force on Practice Guidelines (ACC/AHA/SCAI Writing Committee to Update the 2001 Guidelines for Percutaneous Coronary Intervention). *J Am Coll Cardiol.* 2006;47:e1–e121.
 29. Álvarez M, Bertomeu-González V, Arcocha MF, et al. Ablación con catéter no guiada por fluoroscopia. Resultados de un registro prospectivo multicéntrico. *Rev Esp Cardiol.* 2017;70:699–705.