



FORO SOBRE PROTECCIÓN RADIOLÓGICA EN EL MEDIO SANITARIO

Medios humanos y materiales mínimos necesarios en los Servicios de Radiofísica Hospitalaria y Protección Radiológica

**Consejo de Seguridad Nuclear
Sociedad Española de Física Médica
Sociedad Española de Protección Radiológica**

CSN/SEFM/SEPR Mayo 2014

Autores:

- **Diego Burgos (Hospital San Cecilio. Granada) (*Coordinador del grupo*)**
- **Manuel Alonso (Hospital Marqués de Valdecilla. Santander)**
- **José Luis Carrasco (Hospital Virgen de la Victoria. Málaga)**
- **M^a Ángeles García (Hospital Universitario Araba. Vitoria-Gasteiz)**
- **Pilar Lorenz (Consejo de Seguridad Nuclear)**
- **Miguel Ángel Peinado (Hospital Central de Asturias. Oviedo)**
- **M^a Dolores Rueda (Consejo de Seguridad Nuclear)**
- **Isabel Sierra (Consejo de Seguridad Nuclear)**

1	INTRODUCCIÓN Y JUSTIFICACIÓN	4
2	DESARROLLO	5
2.1	Estudio de funciones de un SRPR	5
2.2	Medios humanos	5
2.3	Comprobación del método con casos reales	9
2.4	Medios materiales.....	10
3	REFERENCIAS	11
	Anexo 1. Tabla de tiempos anuales de profesionales, con la gestión añadida al equipo.	12
	Anexo 2. Tabla para el cálculo de personal del SRPR	15
	Anexo 3. Medios materiales para <i>Protección Radiológica</i>	17
	Anexo 4. Medios materiales para dosimetría física y control de calidad de equipos de rayos X	19
	Anexo 5. Medios materiales para <i>control de calidad en Medicina Nuclear</i>	34
	Anexo 6. Medios materiales para dosimetría física y control de calidad de aceleradores.	36

PREÁMBULO

El comité del Foro sobre la protección radiológica en el ámbito sanitario (en adelante Foro), constituido por el Consejo de Seguridad Nuclear (CSN) y las Sociedades Científicas de Física Médica (SEFM) y de Protección Radiológica (SEPR), acordó en su reunión de 5 de marzo de 2009 la constitución de un grupo de trabajo para la elaboración de un documento sobre “Medios humanos y materiales de los Servicios de Protección Radiológica (SPR)” y nombró a los componentes del grupo de trabajo, que quedó formado por tres personas propuestas por cada una de las tres organizaciones que componen el Foro. Además se nombró un coordinador del grupo, nombramiento que recayó en uno de los representantes propuestos por la SEFM.

Una vez iniciado el trabajo el coordinador del grupo planteó al comité del Foro, en una reunión que tuvo lugar en noviembre de 2011, la posibilidad de ampliar el contenido del documento a otras tareas desarrolladas por los radiofísicos, dado que en la mayor parte de los casos los radiofísicos de los centros hospitalarios están integrados en un único servicio, bajo la denominación de *Servicio de Radiofísica Hospitalaria y Protección Radiológica* (o Servicio de *Protección Radiológica y Radiofísica Hospitalaria*, según el caso). Tras analizar la propuesta se concluyó incluir en el documento todas las actividades que puede realizar un servicio de este tipo. Así se amplió a aspectos de dosimetría física y clínica y a controles de calidad de diversos equipos.

Esta decisión adoptada por el comité del Foro llevó a modificar el título del documento, que pasó a denominarse “Medios humanos y materiales necesarios en los Servicios de Radiofísica Hospitalaria y Protección Radiológica”.

Para la elaboración del mismo cada componente del grupo de trabajo ha aportado sus conocimientos y experiencia en la/s materia/s de su competencia, con el objetivo de conseguir un documento de carácter recomendatorio, lo más amplio posible, que pueda servir de referencia o consulta a cualquier persona o institución interesada en el tema.

1 INTRODUCCIÓN Y JUSTIFICACIÓN

El objetivo del presente trabajo es analizar los medios humanos y materiales mínimos necesarios para el correcto funcionamiento de un servicio de Radiofísica Hospitalaria y Protección Radiológica (en adelante SRPR). Si bien inicialmente se consideró la posibilidad de separar estas dos partes, Radiofísica por un lado y Protección Radiológica por otro, se desestimó esta opción dado que la mayoría de centros hospitalarios los radiofísicos están integrados en un único servicio y en su labor cotidiana no distinguen entre estos dos grupos de tareas. En todo caso, cada servicio puede elegir las tareas que realice y obviar el resto, para poder utilizar el presente trabajo.

Este análisis se hace necesario dado que la mayoría de los informes y recomendaciones, tanto nacionales como internacionales, están anticuados o se encuentran incluidos en recomendaciones más generales y por ello menos desarrollados.

Por otra parte, en los últimos tiempos se ha extendido el uso de nuevas técnicas y procedimientos, que no están incluidas en la mayoría de las recomendaciones disponibles. Los aspectos de los que se encarga el personal que trabaja en los SRPR (en general, radiofísicos hospitalarios, técnicos y administrativos) han cambiado bastante, debido al aumento considerable de elementos a controlar y a la complejidad de estos.

Además, se han tenido en cuenta algunos aspectos como la docencia, la investigación, la selección de equipos, la frecuencia de repetición anual de las tareas, la realización de programas de garantía de calidad o protección radiológica, la pertenencia a comisiones de calidad de las distintas instalaciones y los periodos de obsolescencia del equipamiento, entre otros. Todo ello se ha intentado estudiar desde un punto de vista cuantitativo con el fin de poder establecer de una forma real los trabajadores necesarios para el desarrollo actual de las funciones de los SRPR.

Para realizar este trabajo se han analizado los datos aportados en las referencias del apartado 3, y la experiencia profesional de los autores. Además, se ha recabado información de otros profesionales de la especialidad, para ajustar los tiempos asignados a cada función estudiada.

En general, tras el análisis de la bibliografía se ha observado una cierta disparidad en varios aspectos, como los distintos apartados a estudiar (muy escuetos en algunos casos y más amplios en otros). Además, se han podido observar las diferencias en los periodos asignados a las distintas tareas, según la referencia estudiada. Este aspecto se reproduce al realizar comparaciones entre los distintos servicios.

En este documento no se han tenido en cuenta las actuaciones en equipos de diagnóstico por imagen y de terapia basados en el uso de radiaciones no ionizantes, aunque los SRPR se están implicando cada vez más en el control de dichos equipos.

Para la determinación de los medios materiales mínimos necesarios se ha analizado la normativa vigente aplicable en esta materia, detallándose en cuatro anexos (3, 4, 5 y 6) cada uno de los materiales y equipos, genéricos y necesarios, para llevar a cabo las distintas tareas propias de los SRPR.

2 DESARROLLO

2.1 Estudio de funciones de un SRPR

Las funciones de un SRPR son las que se han desglosado en el anexo 1. Han sido divididas en tres grandes grupos:

- Controles de calidad de equipamiento.
- Dosimetría clínica.
- Protección Radiológica.

Se ha considerado que estas son las tres grandes áreas en las que se agrupa el trabajo de los SRPR y que cualquier función realizada puede encuadrarse en ellas. De esta forma, se cambia la clasificación típica de las tareas en las que se usa los servicios a los que se presta apoyo.

En el área de controles calidad de equipamiento se incluyen multitud de equipos, que pueden pertenecer a una gran variedad de servicios, dentro de centros hospitalarios o de atención primaria. La dosimetría clínica afecta fundamentalmente a servicios que administren tratamientos oncológicos, aunque puede aplicarse a otros servicios, al calcular dosis impartida a pacientes en la realización de cualquier tipo de estudio que use radiaciones ionizantes. La Protección Radiológica afecta a todos los servicios anteriores, desde un punto de vista de instalación y no de paciente o de equipamiento.

En la clasificación anterior se han analizado aspectos referentes a la dosimetría física y clínica de tratamientos oncológicos, aunque se considera que la disparidad en las técnicas, los medios y los procedimientos empleados en la realización de los tratamientos a estos pacientes es tan diversa que dificulta la inclusión de este apartado. Sin embargo, dado que actualmente la mayoría de servicios agrupan a todos los radiofísicos, independientemente de su cometido específico en terapia o diagnóstico por imagen, no tendría sentido no incluir estas funciones pues iría en detrimento de la aplicabilidad y funcionalidad del presente trabajo.

En las funciones se incluyen tareas relacionadas con las instalaciones radiológicas y radiactivas a las que se puede prestar apoyo. Se han intentado agrupar y simplificar lo más posible para facilitar el manejo de las tablas y que la relación no resulte demasiado exhaustiva y por lo tanto difícil de manejar. Sin embargo, la excesiva simplificación proporcionaba la omisión de algunas tareas clave, aparte de complicar demasiado la asignación de tiempos, eliminaba aspectos que harían poco reales los valores obtenidos para el número de personas trabajadoras.

Para enumerar las tareas de los servicios se han usado los reales decretos sobre protección sanitaria contra radiaciones ionizantes, sobre instalaciones nucleares y radiactivas, el de instalación y utilización de aparatos de rayos X con fines de diagnóstico médico y los de garantía de calidad en Radioterapia, Medicina Nuclear y Radiodiagnóstico [10, 11, 12, 13, 14, 16], así como los distintos protocolos españoles de control de calidad. El resto de la bibliografía del apartado 3 se ha utilizado para analizar las distintas tareas y para comparar los tiempos asignados a cada una de ellas.

En un futuro, como ampliación de este trabajo, las anteriores tareas podrían ampliarse a aspectos relacionados con el control de radiaciones no ionizantes.

2.2 Medios humanos

El método que se ha elegido para decidir el número de personas necesarias en un servicio ha sido el de calcular el número de horas necesarias para realizar cada función y el número de veces que se realiza anualmente. Posteriormente, multiplicando por el número de elementos a controlar se obtienen las horas necesarias [18]. Dividiendo los valores obtenidos por el número de horas de trabajo anual de un trabajador (1540 o 1650 horas anuales), se obtiene el número de trabajadores necesarios.

En la tabla del anexo 1 se han establecido los tiempos de radiofísico, técnico y administrativo, con el fin de obtener valores de cada categoría profesional implicada en el trabajo realizado en un SRPR. Los tiempos especificados son los calculados para un único equipo o tarea (caso de los equipos de rayos X) o grupos de ellos (caso de los cálculos dosimétricos de pacientes o de la gestión de la dosimetría individual). Por ello, para obtener el tiempo total necesario y así el número de personas que deberían formar un SRPR, deben multiplicarse por el número de equipos o instalaciones disponibles o la fracción correspondiente en el caso de agrupaciones de tareas.

En caso de que un equipo o tarea no esté incluido en alguno de los apartados de la tabla, se debe asimilar con un apartado que tenga características similares respecto al tiempo empleado en su control. No obstante, siempre es posible añadirlo a la tabla del anexo 2, para adecuar la tabla al cálculo específico de cada servicio.

Para el cálculo de tiempos se han considerado las nuevas tecnologías involucradas en cada apartado, especialmente las referentes a las puestas en marcha de equipamiento (tanto el tiempo invertido en el análisis previo de las nuevas tecnologías, como la demanda de mayor tiempo de control de equipamiento por mayor número y complicación de los controles de calidad pertinentes).

Las asignaciones de tiempos se han intentado ajustar a la realidad tomando tiempos intermedios, siendo conscientes de la disparidad en el tiempo empleado por cada servicio. Esta asignación de tiempos depende de múltiples variables, como la composición del propio servicio, la distancia del servicio a las instalaciones controladas, la frecuencia de realización de las tareas, la diferente profundidad del trabajo realizado, etc. No obstante, en un análisis completo de un servicio, estos valores medios irán compensando los excesos en el cálculo de tiempos asignados de unas tareas por los defectos temporales de otras.

Por otra parte, se han tenido en cuenta detalles fundamentales para el funcionamiento de las instalaciones, como son, entre otros:

- La participación en la confección de los programas de garantía de calidad y de protección radiológica de las instalaciones.
- La participación en las comisiones de garantía de calidad de las distintas instalaciones.
- El diseño de las instalaciones y la periodicidad en la que se realizan instalaciones nuevas o modificaciones de las existentes. Se han considerado 5 años como tiempo promedio en el que se declara una instalación de rayos X o se modifica una instalación radiactiva y 10 años como el tiempo en el que se diseña una instalación totalmente nueva.
- Los periodos de obsolescencia de los equipos, que en general, se ha fijado en 10 años.
- La distancia de las instalaciones al lugar de trabajo habitual. Para este caso se ha considerado 1.5 horas de trabajo para cubrir el desplazamiento de cada 100 km de distancia. Por ello, habrá que sumar todos los desplazamientos posibles (considerando la ida y la vuelta al lugar de trabajo) y multiplicar por este valor temporal.
- Las inspecciones o auditorías de las instalaciones o del SRPR, realizadas por el CSN o cualquier entidad acreditadora de la calidad.

Con el fin de simplificar el uso de la tabla y con ello el cálculo de los trabajadores necesarios en función del centro al que de cobertura el SRPR, el tiempo de control de cada tipo de equipo radiológico (desde equipos de rayos X, hasta detectores de radiación) se compone de dos partes:

- El tiempo necesario para la realización de la tarea, desglosado por cada categoría (radiofísico, técnico o administrativo).
- El tiempo, anual o ponderado por su periodicidad, que necesita para llevar a cabo la gestión de la tarea de forma adecuada.

De esta forma, el tiempo asignado a un equipo de rayos X simple es la suma de los siguientes tiempos

necesarios para:

- realizar su control anual.
- realizar el informe del control realizado.
- realizar el informe anual al CSN.
- estimar las dosis a pacientes.
- realizar las medidas de dosis ambientales.
- el cálculo de la dosis a mujeres gestantes. Se ha supuesto que esta operación tiene una frecuencia anual.
- realizar el estudio de seguridad de la instalación. Este tiempo se divide por 10, pues se supone que, en promedio, cada instalación se rediseña cada 10 años.
- realizar el manual de calidad y el programa de Protección Radiológica.
- la participación para realizar los pliegos de prescripciones técnicas necesarios para adjudicar la compra del equipo y en la toma de decisiones sobre el equipo a adquirir. Al igual que la anterior, este tiempo se divide por 10, pues se supone que la obsolescencia del equipamiento es de 10 años.
- la formación necesaria para el correcto manejo de los distintos equipos. Esta prueba es paralela a la anterior, luego se le adjudica una frecuencia de cada 10 años.
- realizar la acreditación o declaración del equipo. Este tiempo se divide por 5, pues suponemos que al tiempo de obsolescencia hay que sumarle el de cambio de tubo o generador, por lo que se suele realizar una nueva declaración o actualización cada 5 años.
- participar en las pruebas de aceptación y de conformidad de los equipos. Esta prueba es paralela a la anterior, luego se divide por 5.
- la realización de las pruebas de referencia de los equipos. De nuevo paralela a la anterior, luego se divide por 5.

Para entender lo anterior podemos expresar estos cálculos numéricos en un formato como el de la tabla siguiente.

Prueba	Tiempos (h)			F	Tiempos ponderados (h)		
	RF	TEC	AD		RF	TEC	AD
Control anual	3	2	1	1	3	3	1
Informe del control	1	1	0.5	1	1	0	0.5
Informe anual al CSN	1	1	0.5	1	1	1	0.5
Dosis paciente	1	15	1	1	1	15	1
Dosis ambiental	0.5	0.15	0.15	1	0.5	0.15	0.15
Dosis gestantes	1	0	0.5	1	1	0	0.5
Estudio de seguridad	10	0	0.5	0.1	1	0	0
Manual calidad y programa PR	1	0.2	0.2	0.1	0.1	0.02	0.02
Pliegos de compra del equipo	25	0	0.5	0.1	2.5	0	0.05
Declaración del equipo	4	0	0.5	0.2	0.8	0	0.1
Pruebas de aceptación	10	0.5	1	0.2	2	0.1	0.2
Formación previa	1	1	0	0.1	0.1	0.1	0
Total (h)	-	-	-	-	14	20.6	4

Las siglas **RF**, **TEC** y **AD**, corresponden a radiofísico, técnico y administrativo. **F** es el factor multiplicativo que representa la frecuencia anual de repetición de la tarea. Así, $F=1$ significa que se realiza una vez al año, $F=0.2$ representa una repetición cada 5 años y $F=52$ representa una tarea de realización semanal.

De la misma forma, para obtener el tiempo de una gammacámara se han considerado los mismos apartados que a un equipo de rayos X y se han añadido los tiempos de los distintos controles y los informes correspondientes (semanales, mensuales y anuales). Se han eliminado los tiempos para la realización del programa de Protección Radiológica, pues no procede en este tipo de equipos, y el

tiempo de los informes anuales al CSN, pues esto afecta a toda la instalación, no sólo a un equipo, y está incluido en la gestión de la instalación.

Paralelamente, la gestión de una instalación radiactiva consta de los siguientes apartados:

- Estudio de seguridad: periodicidad cada 10 años.
- Modificación de memorias: cada 5 años.
- Elaboración y revisión de procedimientos (incluye apartado específico del manual de protección radiológica, reglamento de funcionamiento y plan de emergencia): cada 5 años.
- Medida de niveles ambientales y de contaminación, con periodicidad bisemanal.
- Gestión de residuos, con periodicidad semanal.
- Las inspecciones e informes anuales del CSN.
- Señalización y mantenimiento de diarios de operación
- La pertenencia a la comisión de Garantía de Calidad correspondiente.

Usando este método de cálculo, se consigue que se contabilicen principalmente los equipos de que dispone el centro en sus distintas instalaciones de forma genérica, sin entrar en revisar todos los apartados necesarios para la correcta gestión y control de los mismos. Así se simplifica considerablemente el método de cálculo del personal necesario, en especial para personas que no estén muy acostumbradas a manejarse con las funciones específicas de un SRPR o simplemente personas que no manejen todos los apartados de la gestión completa del mismo.

Por otra parte hay aspectos que afectan a los profesionales y no a los equipos o instalaciones, como son:

- Docencia de todo tipo, que incluye cursos de:
 - o Acreditación y licenciamiento de operadores y directores/supervisores.
 - o Formación continuada.
 - o Garantía de calidad en instalaciones radiológicas.
 - o Simulacros de emergencia y prácticas de equipamiento.
 - o Formación, tutoría y evaluación de residentes.
 - o Docencia universitaria
 - o Auditorías
- El tiempo estimado para preparar una hora de clase se ha considerado de 3 h (19). Por ello, se multiplica por tres el tiempo de clases impartidas por curso para obtener el tiempo de radiofísico o técnico involucrado en la docencia. También se ha incluido el tiempo que necesita un administrativo para la realización de hojas informativas, protocolos, actas y diplomas del curso, así como la gestión del mismo.
- Se considera que para la autoformación continuada se necesita entre un 5 y un 10 % del tiempo trabajado, por lo que se añade un 7.5 % al número total de radiofísicos, técnicos y administrativos necesarios [19].
- Para evaluar el necesario tema de la investigación, se ha supuesto una hora semanal por radiofísico. Esto representa 50 horas anuales, o sea, el 3.25 % del trabajo total, por lo que se deberá aumentar en este tanto por cien el número total de radiofísicos resultante. Igualmente el valor estimado para los técnicos y administrativos es de 10 horas anuales, por lo que el factor multiplicativo de estos profesionales es 1.0065.

- Se ha tenido en cuenta el tiempo empleado en resolver consultas técnicas sobre el equipamiento, por lo que se incluye en los respectivos apartados de los equipos.
- Respecto al tiempo de trabajo anual necesario para obtener el número final de trabajadores, se asume que es de 1540 horas, aunque dado que de el actualmente en vigor, de 1645 horas [15], no se sabe la fecha de conclusión, incluimos ambos valores para obtener resultados. Este periodo de trabajo (1540 o 1650 horas) se refiere a horas sin contar el periodo vacacional (no consideramos los días de permiso, que suponemos son cubiertos por el resto de trabajadores del servicio), por ello, y teniendo en cuenta que cada trabajador tiene derecho a un mes de vacaciones anual, aumentaremos en un 8.5 % el número de trabajadores de cualquier cualificación.
- La gestión del servicio, labor realizada por el jefe de servicio o responsable del mismo, se considera de 40 % de la jornada (616 h). Asimismo, se incluyen 100 horas de técnico y administrativo para esta tarea.

2.3 Comprobación del método con casos reales

A modo de ejemplo, usando la tabla del anexo 2, se han analizado dos tipos de servicios:

- SRPR simple. Dispone de menor equipamiento (en número y complejidad) que el SRPR complejo y no realiza funciones de cobertura radiológica a otros centros sanitarios distintos al de su propia ubicación.
- SRPR complejo. Dispone de gran número de equipos e instalaciones y de cobertura radiológica.

Las características de cada uno de ellos son las siguientes:

Equipo	Número/Frecuencia	Número/Frecuencia
	Simple	Complejo
Aceleradores	1+1	1+2
Técnicas especiales	2	3
Planificadores	1	2
Equipos de rayos X simples	10	30
Equipos de rayos X medios	7	20
Equipos de rayos X complejos	5	20
CAE	4	8
Detectores de panel plano	5	10
Cone beam CT	-	1
CR	4	8
Monitores	15	25
Equipos de medida simples	15	20
Equipos de medida medios	10	15
Equipos de medida complejos	7	10
Gammacámaras	1	2
Gammacámaras +CT	1	2
PET	-	-
PET + CT	-	1
Terapia metabólica	-	1
Pacientes simples	300	500
Pacientes complejos	200	400
IMRT, ICT, SBRT, braquiterapia	-	2
Instalaciones radiactivas	3	7
Vigilancia dosimétrica	200	600
Residentes	-	3
Desplazamientos (km)	0	1000

Los resultados que se han obtenido han sido los siguientes:

Tipo de Hospital	Horas/año	Radiofísicos	Técnicos	Administrativos
Simple	1540	3.5	3.5	0.6
	1650	3.3	3.3	0.5
Complejo	1540	9	8.6	1.4
	1650	8.4	8	1.3

Estos resultados parecen bastante acordes con la realidad, teniendo en cuenta las características de los hospitales analizados, lo que indica que el método usado para confeccionar las tablas es fiable y puede representar un método adecuado de cálculo a la hora de analizar el número mínimo de personas que trabajan en un SRPR.

Hay que destacar la similitud entre el número de radiofísicos y de técnicos, aspecto que ya había sido constatado en anteriores recomendaciones, y que parece adecuado para el correcto funcionamiento de un servicio. Sin embargo, en ocasiones se ha observado que se suplen técnicos con físicos, con mayores posibilidades de trabajo, pero con mayor gasto económico.

2.4 Medios materiales

Para establecer los medios materiales necesarios para un SRPR, se han analizado los reales decretos de garantía de calidad en instalaciones [11, 13, 14], así como los protocolos españoles de control de calidad en aceleradores de uso médico, Medicina Nuclear y Radiodiagnóstico -revisión 2011- [2, 8, 9]. Además se considera que es necesario disponer del equipamiento de control de equipos que se describen en el Manual General de Protección Radiológica en el medio hospitalario editado por el Foro CSN-SEPR-SEFM en septiembre de 2002 [6].

Debe tenerse en cuenta que el material necesario se ha analizado sin tener en cuenta el número de equipos a controlar ni la dispersión geográfica de los mismos. Por ello, si cualquiera de estas situaciones (o las dos a la vez) obligan a que se deba medir dos equipos simultáneamente, se deberá contemplar la posibilidad de que el material de control de equipamiento se duplique, o incluso triplique, para poder dar cobertura a las instalaciones del SRPR.

En las tablas de los anexos 3, 4, 5 y 6 se especifica detalladamente el equipamiento necesario para cada una de las tareas a desarrollar por un SRPR.

3 REFERENCIAS

- 1) A grid to facilitate physics staffing justification. Eric E. Klein. Journal of Applied Clinical Medical Physics. Vol. 11, nº 1. Winter 2010.
- 2) Control de Calidad en aceleradores de uso médico. SEFM. 2009.
- 3) Criteria for the number of physicists in a Medical Physics Department. EFOMP. September 1991.
- 4) Encuesta Unidades docentes de RFH 2002. Ministerio de Sanidad y Consumo, Secretaría General de Especialidades, Comisión de Radiofísica Hospitalaria.
- 5) European Guidelines on Medical Physics Expert. Radiation Protection. Nº 174. 2014.
- 6) Manual General de Protección Radiológica en el medio hospitalario. 2002. CSN, SEFM, SEPR.
- 7) Medios mínimos humanos y materiales de las unidades de Radiofísica para Medicina Nuclear y Radiodiagnóstico. SEFM. Junio 2001.
- 8) Protocolo Español de Control de Calidad en Medicina Nuclear. SEFN, SEMN, SEPR. 1999.
- 9) Protocolo Español de Control de Calidad en Radiodiagnóstico. SEFM, SEPR, SERAM. Revisión 2011.
- 10) RD 1085/2009 por el que aprueba el reglamento de instalación y utilización de aparatos de rayos X con fines de diagnóstico médico.
- 11) RD 1566/1998, por el que se establecen los criterios de calidad en radioterapia.
- 12) RD 1836/1999, por el que se aprueba el reglamento de instalaciones nucleares y radiactivas.
- 13) RD 1841/1997, por el que se establecen los criterios de calidad en medicina nuclear.
- 14) RD 1976/1999, por el que se establecen los criterios de calidad en radiodiagnóstico.
- 15) RD 20/2011 de medidas urgentes en materia presupuestaria, tributaria y financiera para la corrección del déficit público.
- 16) RD 783/2001, por el que se aprueba el reglamento sobre protección sanitaria contra las radiaciones ionizantes.
- 17) Recommendations for the provision of a Physics Service to Radiotherapy. IPEM. July 2009.
- 18) Revisión de los medios humanos necesarios para el desarrollo de la actividad en un servicio de Radiofísica Hospitalaria. Comunicación al II Congreso Conjunto SEFM-SEPR. Sevilla. 2011.
- 19) Staffing levels and responsibilities of physicists in diagnostic Radiology. AAPM report nº 33.
- 20) The ABT Study of Medical Physicist Work Values for Radiation Oncology Physics Services: Round III. American College of Medical Physics. March 2008.
- 21) Unidades Relativas de valor de los Servicios de Radiofísica del Servicio Andaluz de Salud. Abril 2011.

ANEXO 1. TABLA DE TIEMPOS ANUALES DE PROFESIONALES, CON LA GESTIÓN AÑADIDA AL EQUIPO.

Tipo de tarea		Tiempo (horas)		
		Radiofísico	Técnico	Administrativo
Controles de calidad				
Acelerador	Monoenergético	703	726	11.6
	Multienergético	1135	818	11.6
	Con técnicas especiales (por técnica) (1)	20	20	1.1
Planificadores de tratamiento		199	286	0,2
Equipos de rayos X	Simples (2)	14	20.6	4
	Medios (3)	15.5	21.6	4.1
	Complejos (4)	17	22.6	4.1
CAE		1	1	0
Detector de panel plano		4	3	0
Cone beam CT		14.5	19.8	4
CR		3	2	1
Monitores de diagnóstico e impresoras láser		1	1	0.5
Equipos de medida	Simples (5)	2.8	1.4	0.1
	Medios (6)	5.8	5.9	2.6
	Complejos (7)	14.9	26.2	13.1
Gammacámaras	SPECT	313.3	301.4	40.8
	SPECT+CT	388	336.1	67.3
PET	Normal	401.7	321.5	40,9
	CT	524.5	404.3	67.5
Tratamiento imágenes clínicas		25	-	-
Vigilancia y control de la terapia metabólica (por cada 100 pacientes)	Paciente ingresado	575	325	50
	Paciente ambulatorio	200	100	0
Dosimetría clínica (por cada 100 pacientes)				
Simple		100	200	10
Complejo		160	470	10
IMRT, ICT, SBRT o braquiterapia		640	630	10
Braquiterapia prostática o irradiación total con electrones		500	400	10
Protección Radiológica				
Gestión instalaciones radiactivas (8)		189.5	299.2	16.7
Vigilancia dosimétrica TE (personal, rotatoria, área, ...) (9)		24	36	600
Gestión SRPR (10)		616	100	100
Docencia general (11)		390	56.5	11.5
Formación de residentes (12)		650	250	5
Desplazamientos (por cada 100 km) (13)		1.5	1.5	0

1. Por cada técnica especial que realice el centro. Las técnicas especiales que se han tenido en cuenta son las siguientes:
 - a. EPID, dispositivo electrónico de imagen portal.
 - b. IGRT, Radioterapia con imagen guiada.
 - c. GATING respiratorio.
 - d. ICT o IST, irradiación corporal total o Irradiación Superficial Total.
 - e. RIO, Radioterapia intraoperatoria.
 - f. SBRT, Radiocirugía.
 - g. IMRT, Radioterapia con intensidad modulada.
 - h. IMRT rotacional.
2. Equipos de grafía, portátiles, dentales y ortopantomográficos.
3. Arcos quirúrgicos y telemandos.
4. Mamógrafos, tomógrafos computarizados y equipos de intervencionismo.
5. Representa equipos que no necesitan ni calibración ni verificaciones (tipo maniqués).
6. Representa equipos que precisan calibración y verificaciones con no excesiva frecuencia (una calibración y cuatro verificaciones anuales). Serían los de tipo multímetros, detectores, cámaras de dosis a paciente (con su correspondiente electrómetro), sondas de captación intraoperatoria, etc.
7. Representa equipos que precisan verificaciones con elevada frecuencia (activímetros, detectores fijos en Medicina Nuclear, etc.).
8. Incluye el tiempo dedicado a:
 - a. Estudio de seguridad de la instalación.
 - b. Modificaciones de la instalación.
 - c. Procedimientos operativos y desarrollo del manual de PR.
 - d. Medida de niveles ambientales y de contaminación.
 - e. Gestión de residuos.
 - f. Informes e inspecciones del CSN.
 - g. Señalización y mantenimiento de diarios de operación.
 - h. Pertenencia a comisiones de garantía de calidad.
9. Incluye la gestión de los dosímetros, la comunicación de las lecturas a los trabajadores expuestos, las altas y bajas de usuarios, el mantenimiento de la base de datos, los informes pertinentes y la resolución de incidencias.
10. Incluye todas las labores de la gestión del servicio, desde la distribución de tareas, guardias o vacaciones, pasando por el análisis de los objetivos del servicio, hasta la pertenencia a comisiones hospitalarias distintas a las de garantía de calidad.

11. En este apartado se incluye la realización de todo tipo de cursos de acreditación y licenciamiento de instalaciones, así como otro tipo de cursos de formación continuada, las auditorías docentes y la formación universitaria de pregrado.
12. Se entiende que es por el hecho de tener residentes en formación y no por su número.
13. Deben sumarse los kilómetros de ida y vuelta al lugar donde se realice el desplazamiento.

ANEXO 2. TABLA PARA EL CÁLCULO DE PERSONAL DEL SRPR

Tipo de tarea	Tiempo (horas)			N/F (1)	Tiempo resultante(horas) (2) (3)		
	R	T	A		R	T	A
Controles de calidad							
Acelerador	Monoenergético	703	726	11.6			
	Multienergético	1135	818	11.6			
	Con técnicas especiales	20	20	1.1			
Planificadores de tratamiento		199	286	5.6			
Equipos de rayos X	Simple	14	20.6	4			
	Medios	15.5	21.6	4.1			
	Complejos	17	22.6	4.1			
CAE		1	1	0			
Detector de panel plano		4	3	0			
Cone beam CT		14.5	19.8	4			
CR		3	2	1			
Monitores de diagnóstico e impresoras láser		1	1	0.5			
Equipos de medida	Simple	2.8	1.4	0.1			
	Medios	5.8	5.9	2.6			
	Complejos	14.9	26.2	13.1			
Gammacámaras	SPECT	313.3	301.4	40.8			
	SPECT+CT	388	336.1	67.3			
PET	Normal	401.7	321.5	40.9			
	CT	524.5	404.3	67.5			
Tratamiento imágenes clínicas		25	-	-			
Terapia metabólica (por cada 100 pacientes)	Paciente ingresado	575	325	50			
	Paciente ambulatorio	200	100	0			
Dosimetría clínica (por cada 100 pacientes)							
Simple		100	200	10			
Complejo		160	470	10			
IMRT, ICT, SBRT o braquiterapia		640	630	10			
Braquiterapia prostática o irradiación total con electrones		500	400	10			
Protección Radiológica							
Gestión instalaciones radiactivas		189.5	299.2	16.7			
Vigilancia dosimétrica TE (personal, rotatoria, área, ...)		24	36	600			
Gestión SRPR		616	100	100			
Docencia general		390	56.5	11.5			
Formación de residentes		650	250	5			
Desplazamientos (por cada 100 km)		1.5	1.5	0			

1. N/F = número de equipos, pacientes o kilómetros (en fracciones de 100) o frecuencia anual de la tarea.
2. El número total de de horas de trabajo (o el de trabajadores) debe ser aumentado por los factores de investigación (1.0325 para RF y 1.0065 para técnicos y administrativos) y autoformación (1.075). Por ello, el tiempo total debe multiplicarse por los valores:
 - a. Radiofísicos. El resultado se multiplicará por 1.11.
 - b. Técnicos y administrativos. El resultado se multiplicará por 1.082.
3. El número total de horas de trabajo (o el de trabajadores) debe multiplicarse por 1.085, para tener en cuenta el periodo vacacional.
4. El número de horas de trabajo obtenido debe dividirse por 1540 o 1650 para obtener el número de trabajadores necesario.

ANEXO 3. MEDIOS MATERIALES PARA PROTECCIÓN RADIOLÓGICA

Tarea general	Referencia/prueba	Comentario / Tarea específica	Equipamiento
Vigilancia dosimétrica de trabajadores expuestos	Art. 28, RD 783/2001	Trabajadores expuestos de categoría A: – Dosímetros individuales – Dosímetros de muñeca, anillo o cristalino – Riesgo de contaminación interna	– TLD, DLD – TLD, DLD – Bioensayo
Vigilancia ambiente de trabajo	Art 26, RD 783/2001	Trabajadores expuestos de categoría B:	– Monitores de radiación ambiental (fijos o portátiles) – TLD, DLD – Dosímetros de extremidades
Vigilancia y gestión de los residuos radiactivos	Título V, RD 783/2001	Protección radiológica de la población	– Detectores de radiación y/o contaminación – Balanzas (residuos sólidos) – Contadores de pozo (residuos líquidos)
Vigilancia ambiental	Art. 18, RD 783/2001	Radiación externa Contaminación superficial Contaminación atmosférica	– Detectores de radiación ambiental (incluso de neutrones) – Detectores GM, contadores proporcionales o contadores de centelleo (sólido o líquido) para medidas indirectas – Muestreadores de aire y monitores de contaminación – Espectrómetro (identificación del contaminante)
Gestión y control de fuentes y equipos		Niveles de radiación o contaminación Pruebas de hermeticidad	– Detectores de radiación o contaminación – Contador de pozo – Monitor de contaminación o radiómetro – Pinzas, algodón, alcohol, papel de filtro...
Detectores y equipos de medida		De área Monitores ambientales portátiles De contaminación De control de rayos X Contadores <i>in vitro</i>	– Fuentes patrón
Instalaciones de rayos X		Declaración e informe de blindajes	– Detector de radiación.
Medios adicionales de protección radiológica			– Carteles indicativos de zonas con riesgo radiológico – Prendas de protección frente a la radiación: Delantales, guantes y gafas plomados, protectores tiroideos...

Resumen del equipamiento necesarios para procedimientos de Protección Radiológica

- Para el desarrollo de los procedimientos de protección radiológica, habituales en los SRPR hospitalarios, son necesarios (en función del ámbito de actuación):
 - o Balanza.
 - o Carteles indicativos de zonas con riesgo radiológico.
 - o Contador de pozo.
 - o Detector de contaminación.
Instrumentación recomendada:
 - . Contaminación alfa y beta → Detectores proporcionales.
 - . Partículas beta de baja energía, electrones y rayos X → Contadores de centelleo líquido.
 - . Fotones con energía superior a 3 keV y partículas beta → Detectores de semiconductor.
 - . Radiación gamma y X con diseños especiales para rangos de baja energía → Detectores de INa.
 - o Detector de radiación.
Instrumentación recomendada:
 - . Propósito general → GM compensados en energía.
 - . RX y Gamma de baja energía → GM compensados en energía con ventana delgada
 - . Altas tasas de dosis y campos pulsados → Cámaras de ionización
 - . Medidas medioambientales → Cámaras de ionización a alta presión y centelleo de NaI o plástico de gran tamaño.
 - . Para radiación Beta → GM con ventana delgada y cámaras de ionización
 - . Para neutrones → Proporcional de BF₃ con moderador esférico, Proporcional de ³He con moderador esférico, Centelleo de yoduro de litio con moderador esférico, Proporcional de BF₃ con moderador cilíndrico.
 - o Dosímetros de solapa individuales TLD.
 - o Dosímetros de extremidades (de muñeca y/o anillo).
 - o Dosímetros individuales de lectura directa DLD.
 - o Dosímetros de cristalino.
 - o Dosímetros de área (TLD).
 - o Espectrómetro.
 - o Fuentes radiactivas de referencia (generalmente de ¹³⁷Cs).
 - o Fuentes patrón.
 - o Material adicional para pruebas de hermeticidad (pinzas, algodón, alcohol, papel de filtro, etc.).
 - o Medios para la realización de bioensayos.
 - o Muestreadores de aire.
 - o Prendas de protección frente a la radiación (delantales, guantes y gafas emplomados, protectores tiroideos, etc.).
 - o Soporte informático adecuado.

ANEXO 4. MEDIOS MATERIALES PARA DOSIMETRÍA FÍSICA Y CONTROL DE CALIDAD DE EQUIPOS DE RAYOS X**– Equipos de Grafía**

Referencia / Prueba	Comentario / Tarea específica	Equipamiento
Parámetros geométricos	DG004. Alineación y centrado campo luz-radiación-registro	– Maniquí de colimación o marcadores radio-opacos – Sistema de imagen
	DG006. Ortogonalidad del haz de rayos X y del receptor de imagen	– Cilindro de comprobación.
Calidad del haz	DG007. Exactitud de la tensión	– Kilovoltímetro, Multímetro
	DG008. Repetibilidad y reproducibilidad de la tensión.	– Kilovoltímetro, Multímetro
	DG009. Filtración. Capa hemirreductora.	– Detector de radiación. Filtros de aluminio de pureza superior a 99.5%.
Tiempo de exposición	DG011. Exactitud del tiempo de exposición	– Material Medidor de tiempos de exposición
	DG012. Repetibilidad y reproducibilidad del tiempo de exposición	– Medidor de tiempos de exposición
Rendimiento	DG013. Valor del rendimiento	– Detector de radiación y electrómetro
	DG014. Repetibilidad del rendimiento	– Detector de radiación y electrómetro
	DG015. Variación del rendimiento con la corriente y con la carga	– Detector de radiación
CAE en película-pantalla	DG019. Ajuste del CAE para la posición central del selector de densidades. Repetibilidad del CAE	– Espesor equivalente paciente, película, chasis y máscaras de plomo
	DG020. Homogeneidad entre las cámaras	– Espesor equivalente paciente, película, chasis y máscaras de plomo
	DG022. Compensación del CAE para distintos espesores y tensiones	– Espesor equivalente paciente, película, máscaras de plomo y chasis
CAE sistemas digitales	DG023. Ajuste del CAE para la posición central del selector. Repetibilidad del CAE	– Espesor equivalente a paciente, programa apropiado en la estación de trabajo o detector de radiación
	DG024. Homogeneidad entre las cámaras	– Espesor equivalente a paciente, programa apropiado en la estación de trabajo o detector de radiación
	DG026. Compensación del CAE para distintos espesores y diferentes tensiones	– Espesor equivalente a un paciente, programa apropiado en la estación de trabajo o detector de radiación
Sistemas digitales de registro de panel plano	DG028. Uniformidad de la imagen.	– Programa apropiado
	DG030. Función de respuesta del detector	– Programa apropiado y cámara de ionización o detector
	DG032. Resolución espacial	– Patrón de barras de plomo de al menos 8 pl/mm, detector. Para la medida de la MTF, objeto de ensayo conteniendo un borde de tungsteno de 1 mm de espesor, filtros de aluminio y programa apropiado para el cálculo

	DG034. Umbral de sensibilidad contraste-tamaño del detalle	- Objeto de ensayo conteniendo objetos de bajo contraste de diferentes tamaños y contrastes calibrados y espesor de cobre o material atenuador según datos de calibración del ensayo
	DG035. Ruido	- Filtros de aluminio y programa apropiado para el cálculo
	DG036. Artefactos en la imagen	- Láminas de cobre
	DG037. Calibración del indicador de dosis del detector	- Programa apropiado en la estación de trabajo, cámara de ionización o detector y filtración añadida en función de lo establecido por el fabricante

- Equipos fluoroscópicos

Parámetros geométricos	DE001. Mínima distancia foco-piel	- Cinta métrica
	DE003. Tamaño del campo de entrada del detector de imagen	- Retícula metálica de espaciado conocido o regla de plomo
	DE004. Distorsión geométrica	- Retícula metálica de espaciado conocido
	DE006. Coincidencia del campo de radiación con el área visualizada del detector	- Chasis cargado con película de rayos X, o pantalla de CR, o sistema de imagen similar
Rendimiento	DE008. Valor del rendimiento	- Detector de radiación y electrómetro, maniquí de atenuación equivalente a paciente de cobre o aluminio
	DE009. Repetibilidad del rendimiento	- Detector de radiación y electrómetro, maniquí de atenuación equivalente a paciente de cobre o aluminio
Control automático de intensidad	DE010. Tasa de dosis / dosis por imagen en el plano de entrada del sistema de imagen	- Detector de radiación y electrómetro, láminas de PMMA u otro maniquí adecuado
	DE011. Repetibilidad de la tasa de dosis / dosis por imagen en el plano de entrada del sistema de imagen	- Detector de radiación y electrómetro, filtro de cobre, láminas de PMMA u otro maniquí adecuado
	DE012. Compensación del CAI para distintos espesores	- Detector de radiación y electrómetro. Distintos espesores de PMMA u otro material equivalente
Dosis al paciente	DE013. Tasa de dosis al paciente	- Detector de radiación y electrómetro. Maniquí de atenuación equivalente a paciente. Material de alto Z para obturar el detector de imagen
	DE014. Dosis por imagen al paciente	- Detector de radiación y electrómetro. Maniquí de atenuación equivalente a paciente
	DE015. Verificación del funcionamiento del sistema de medida o estimación del producto dosis-área	- Conjunto cámara de transmisión y electrómetro
Calidad de imagen	DE018. Resolución espacial.	- Patrón de barras de plomo con espesor comprendido entre 50 y 100 μm , conteniendo grupos de pares de línea, con 5 pares de línea en cada grupo y resoluciones comprendidas entre 0.5 y 5 pl/mm. Para la medida de la MTF, objeto de ensayo que contenga un borde de tungsteno de 1 mm de espesor, filtros de aluminio y programa apropiado para el cálculo

	DE020. Umbral de sensibilidad a bajo contraste	– Objeto de ensayo conteniendo discos de, al menos, 1 cm de diámetro y bajo contraste con contrastes calibrados comprendidos entre 1 y 20 %. Maniquí de atenuación.
Angiografía con sustracción digital	DE022. Límite de resolución espacial para la imagen sustraída	– Objeto de pares de líneas de hasta 5 pl/mm, y espesor no superior a 0.1 mm de Pb. Maniquí de PMMA de espesor equivalente a paciente
	DE023. Umbral de sensibilidad a bajo contraste para la imagen sustraída	– Material: Maniquí para angiografía con sustracción digital (ASD) → Maniquí que deberá contener al menos siete escalones de igual espesor de material, para cubrir un rango dinámico de al menos 1:15 con una tensión de 70 kV. Esto puede alcanzarse con siete láminas de 0.2 mm de cobre sobre 57 mm de PMMA. También deberá contener objetos para simular vasos sanguíneos. Los objetos deberán simular contraste en el rango de 5 - 10 mg/cm ² de tintura de yodo y ser lo suficientemente grandes para que su detección no se vea significativamente afectada por la resolución espacial. Esto se conseguirá generalmente si la dimensión menor cubre al menos cinco píxeles de la imagen. Para realizar ensayos de la compensación de atenuación (usualmente compresión logarítmica), el maniquí de ASD deberá contener un escalón de atenuación importante donde el más fino de las siete capas del objeto de ensayo del rango dinámico está duplicado inmediatamente adyacente a la capa más gruesa
	DE027. Artefactos en la imagen sustraída	– Maniquí de PMMA equivalente a paciente. Placa metálica multiperforada

– **Equipos de mamografía analógicos**

Parámetros geométricos	MA002. Coincidencia campo de radiación - película	– Marcadores radio-opacos y regla. Dos chasis cargados
	MA004. Artefactos del equipo	– Placas de PMMA y chasis cargado
Calidad del haz	MA006. Exactitud y repetibilidad de la tensión	– Kilovoltímetro específico para mamografía calibrado para los distintos tipos de ánodos (Mo, Rh, W)
	MA007. Filtración. Capa hemirreductora	– Hojas de aluminio de pureza > 99.5 % (ISO 2092) con espesores de 0.3, 0.4 y 0.5 mm respectivamente y una exactitud mejor que el 1%. Dosímetro
Tiempo de exposición	MA008. Tiempo de exposición	– Medidor de tiempos de exposición adecuado para mamografía; 4.5 cm de PMMA
Rendimiento	MA009. Valor del rendimiento y de la tasa de dosis en condiciones de referencia	– Dosímetro
	MA010. Valor del rendimiento en condiciones clínicas	– Dosímetro
	MA011. Repetibilidad y reproducibilidad del rendimiento	– Dosímetro
	MA012. Linealidad del rendimiento con la carga del tubo	– Dosímetro
Rejilla	MA015. Artefactos de la rejilla	– Espesores de PMMA de 2, 4.5 y 6 cm respectivamente, chasis y películas

CAE	MA016. Ajuste del CAE para la posición central del selector de densidades	– PMMA de 4.5 cm de espesor, espaciadores de poliestirén, chasis, películas y densitómetro
	MA018. Repetibilidad del CAE	– PMMA de 4.5 cm de espesor, espaciadores de poliestirén, chasis, películas y densitómetro
	MA019. Compensación del CAE con el espesor, la tensión y los modos de operación	– Placas de PMMA para formar espesores de 2, 3, 4, 4.5, 5, 6 y 7 cm con dimensiones transversales que cubran la película (18 cm x 24 cm), espaciadores de poliestirén, chasis, películas y densitómetro
	MA020. Evaluación semanal del CAE	– PMMA de 3, 4.5 y 6 cm de espesor, espaciadores de poliestirén, chasis, películas y densitómetro
Sistema de compresión	MA022. Exactitud del espesor medido	– Maniquí de PMMA
	MA023. Deformación, alineación y atenuación del compresor	– Bloques rectangulares de gomaespuma de 10 a 12 cm de lado y con espesores entre 2 y 7 cm de grueso, regla, monedas
	MA024. Fuerza de compresión	– Báscula de baño u otro tipo de dinamómetro para medir la fuerza de compresión. Bloque de gomaespuma de 2 a 5 cm de espesor y con dimensiones transversales de 10 o 12 cm
Calidad de imagen	MA025. Resolución espacial	– Patrón o patrones de resolución (hasta 20 pl/mm), placas de PMMA y lupa
	MA027. Umbral de sensibilidad a bajo contraste	– Maniquí de calidad de imagen que incluya objetos de bajo contraste con un tamaño parecido al dado en las tolerancias
	MA028. Visibilidad de pequeños objetos o microcalcificaciones	– Maniquí de calidad de imagen que contenga detalles de alto contraste semejantes a microcalcificaciones con distintos tamaños y espesores
Dosimetría	MA030. Kerma en aire en la superficie de entrada del maniquí estándar	– Dosímetro, láminas de PMMA para obtener los espesores en cm de 2, 3, 4, 4.5, 5, 6 y 7, chasis cargado y densitómetro
	MA031. Dosis glandular promedio	– Dosímetro, láminas de PMMA para obtener los espesores en cm de 2, 3, 4, 4.5, 5, 6 y 7
Negatoscopios	MA032. Inspección visual	– Ninguno
	MA033. Luminancia	– Medidor de Luminancia o fotómetro calibrado para medir luminancia
	MA034. Uniformidad de la luminancia	– Medidor de Luminancia o fotómetro calibrado para medir luminancia
	MA035. Iluminación ambiental	– Luxómetro
Cartulinas y chasis	MA036. Contacto cartulina-película. Artefactos debidos a las cartulinas	– Malla de contacto con al menos 20 líneas/cm
	MA037. Diferencias de sensibilidad entre las cartulinas y de atenuación entre los chasis	– Maniquí patrón, densitómetro, chasis y películas
Procesadoras	MA039. Temperatura de procesado	– Termómetro digital o de alcohol, nunca de mercurio
	MA040. Sensitometría	– Sensitómetro, densitómetro y películas
	MA042. Artefactos debidos a la procesadora	– Maniquí patrón

– Equipos de mamografía digitales

Parámetros geométricos	MA002. Coincidencia campo de radiación - película	– Marcadores radio-opacos y regla. Dos chasis cargados
	MA004. Artefactos del equipo	– Placas de PMMA y chasis cargado
Calidad del haz	MA006. Exactitud y repetibilidad de la tensión	– Kilovoltímetro específico para mamografía calibrado para los distintos tipos de ánodos (Mo, Rh, W).
	MA007. Filtración. Capa hemirreductora	– Hojas de aluminio de pureza > 99.5 % (ISO 2092) con espesores de 0.3, 0.4 y 0.5 mm respectivamente y una exactitud mejor que el 1%. Dosímetro
Tiempo de exposición	MA008. Tiempo de exposición	– Medidor de tiempos de exposición adecuado para mamografía; 4.5 cm de PMMA
Rendimiento	MA009. Valor del rendimiento y de la tasa de dosis en condiciones de referencia	– Dosímetro
	MA010. Valor del rendimiento en condiciones clínicas	– Dosímetro
	MA011. Repetibilidad y reproducibilidad del rendimiento	– Dosímetro
	MA012. Linealidad del rendimiento con la carga del tubo	– Dosímetro
Rejilla	MA015. Artefactos de la rejilla	– Espesores de PMMA de 2, 4.5 y 6 cm respectivamente, chasis y películas
CAE	MA016. Ajuste del CAE para la posición central del selector de densidades	– PMMA de 4.5 cm de espesor, espaciadores de poliestirén, chasis, películas y densitómetro
	MA018. Repetibilidad del CAE	– PMMA de 4.5 cm de espesor, espaciadores de poliestirén, chasis, películas y densitómetro
	MA019. Compensación del CAE con el espesor, la tensión y los modos de operación	– Placas de PMMA para formar espesores de 2, 3, 4, 4.5, 5, 6 y 7 cm con dimensiones transversales que cubran la película (18 cm x 24 cm), espaciadores de poliestirén, chasis, películas y densitómetro
	MA020. Evaluación semanal del CAE	– PMMA de 3, 4.5 y 6 cm de espesor, espaciadores de poliestirén, chasis, películas y densitómetro
Sistema de compresión	MA022. Exactitud del espesor medido	– Maniquí de PMMA
	MA023. Deformación, alineación y atenuación del compresor	– Bloques rectangulares de gomaespuma de 10 a 12 cm de lado y con espesores entre 2 y 7 cm de grueso, regla, monedas
	MA024. Fuerza de compresión	– Báscula de baño u otro tipo de dinamómetro para medir la fuerza de compresión. Bloque de gomaespuma de 2 a 5 cm de espesor y con dimensiones transversales de 10 o 12 cm
Calidad de imagen	MA025. Resolución espacial	– Patrón o patrones de resolución (hasta 20 pl/mm), placas de PMMA y lupa
	MA027. Umbral de sensibilidad a bajo contraste	– Maniquí de calidad de imagen que incluya objetos de bajo contraste con un tamaño parecido al dado en las tolerancias
	MA028. Visibilidad de pequeños objetos o microcalcificaciones	– Maniquí de calidad de imagen que contenga detalles de alto contraste semejantes a microcalcificaciones con distintos tamaños y espesores
Dosimetría	MA030. Kerma en aire en la superficie de entrada del maniquí estándar	– Dosímetro, láminas de PMMA para obtener los espesores en cm de 2, 3, 4, 4.5, 5, 6 y 7, chasis cargado y densitómetro

	MA031. Dosis glandular promedio	– Dosímetro, láminas de PMMA para obtener los espesores en cm de 2, 3, 4, 4.5, 5, 6 y 7
Negatoscopios	MA032. Inspección visual	– Ninguno
	MA033. Luminancia	– Medidor de Luminancia o fotómetro calibrado para medir luminancia
	MA034. Uniformidad de la luminancia	– Medidor de Luminancia o fotómetro calibrado para medir luminancia
	MA035. Iluminación ambiental	– Luxómetro
Cartulinas y chasis	MA036. Contacto cartulina-película. Artefactos debidos a las cartulinas	– Malla de contacto con al menos 20 líneas/cm
	MA037. Diferencias de sensibilidad entre las cartulinas y de atenuación entre los chasis	– Maniquí patrón, densitómetro, chasis y películas
Procesadoras	MA039. Temperatura de procesado	– Termómetro digital o de alcohol, nunca de mercurio
	MA040. Sensitometría	– Sensitómetro, densitómetro y películas
	MA042. Artefactos debidos a la procesadora	– Maniquí patrón
Parámetros geométricos	MD002. Coincidencia campo de radiación – detector	– Reglas radiográficas, pantallas fluorescentes
	MD004. Artefactos del equipo	– Placas de PMMA (CR).
Calidad del haz	MD005. Exactitud y repetibilidad de la tensión	– Kilovoltímetro específico para mamografía calibrado para los distintos tipos de ánodos (Mo, Rh, W)
	MD006. Filtración. Capa hemirreductora	– Hojas de aluminio de pureza > 99.5 % (ISO 2092) con espesores de 0.3, 0.4, 0.5 y 0.6 mm respectivamente y una exactitud mejor que el 1 %. Dosímetro
Tiempo de exposición	MD007. Tiempo de exposición	– Medidor de tiempos de exposición adecuado para mamografía; 4.5 cm de PMMA
Rendimiento	MD008. Valor del rendimiento en condiciones clínicas	– Dosímetro
	MD009. Repetibilidad y reproducibilidad del rendimiento	– Dosímetro
	MD010. Linealidad del rendimiento con la carga del tubo	– Dosímetro
Rejilla (no en sistemas de barrido)	MD012. Artefactos de la rejilla	– Espesores de PMMA de 2, 4.5 y 6 cm respectivamente
CAE	MD013. Ajuste del CAE	– 4.5 cm y 5 cm de PMMA, maniquí contraste-detalle, dosímetro (placa CR)
	MD014. Repetibilidad del CAE	– Maniquí patrón, dosímetro, (placa CR), marcadores, programa de análisis de imágenes
	MD016. Compensación del CAE con el espesor y composición de la mama	– Siete placas de PMMA de 1 cm y una placa de 0.5 cm, lámina de 0.2 mm de Al y dimensiones de 10x10 mm ² , espaciadores de poliespán, (placa CR), software análisis de imágenes
	MD017. Prueba semanal de constancia del funcionamiento del CAE	– Bloques de PMMA de 3 cm, 4,5 cm y 6 cm. El bloque de PMMA deberá cubrir la superficie del detector (24x30 cm ² aproximadamente). Espaciadores de poliespán, programa de tratamiento imágenes, (placa CR)
Sistema de compresión	MD018. Exactitud del espesor determinado por el sistema de compresión	– Bloques de PMMA con espesores de 3, 4.5 y 6 cm, metro

	MD019. Fuerza de compresión y atenuación del compresor	- Balanza de baño, dosímetro
	MD020. Deformación y alineación del compresor	- Bloques rectangulares de gomaespuma de 10 a 12 cm de lado y con espesores entre 2 y 7 cm de grueso, regla, monedas
Detector	MD021. Función de respuesta del detector	- 4,5 cm de PMMA o 2 mm de Al, dosímetro, programa de análisis de imágenes, marcadores plomados
	MD022. Pérdida de imagen en la pared del tórax	- Maniquí que contenga marcadores radio-opacos con espaciado conocido o regla (alternativamente, monedas, clips, etc.)
	MD023. Diferencias de sensibilidad entre fósforos (sistemas CR)	- Maniquí patrón
	MD024. Uniformidad de la imagen	- Maniquí patrón que cubra el área completa del detector o lámina de 2 mm de Al colocada a la salida del tubo
	MD025. Constancia en la uniformidad de la imagen	- Maniquí patrón
	MD026. Barrido del láser (sólo CR)	- Regla metálica
	MD027. Artefactos en los CR	- Maniquí patrón, rejilla de contacto
	MD028. Artefactos y verificación de elementos defectuosos del detector sin corregir en los DR	- Maniquí patrón, rejilla de contacto
	MD029. Efectividad del ciclo de borrado (CR)	- Placas de CR
Calidad de la imagen	MD030. Umbral de sensibilidad contraste-tamaño del detalle	- Maniquí contraste-detalle (CD) específico para mamografía; programa de evaluación; placas de PMMA
	MD031. Constancia de la calidad de la imagen	- Maniquíes de calidad de la imagen (TOR (MAX), TOR(MAM), (ACR)); placas de PMMA y lupa
	MD033. Ruido	- 4.5 cm de PMMA, dosímetro, programa de tratamiento de imágenes, borde para la MTF, bloque de PMMA, programa de cálculo de la MTF, NPS y DQE
	MD035. Remanencia de la imagen previa	- Maniquí patrón, lámina de Al de 0.2 mm de espesor
Dosimetría	MD036. Dosis glandular promedio	- Dosímetro, maniquí patrón y maniquíes de PMMA con espesores entre 2 y 7 cm

– Equipos dentales intraorales

Parámetros geométricos	DL001. Tamaño del campo en el extremo del localizador	– Película de 18x24 cm ² y regla
	DL002. Mínima distancia foco-piel	– Cinta métrica
Calidad del haz	DL003. Exactitud de la tensión. Tensión mínima nominal	– Kilovoltímetro, Multímetro
	DL004. Repetibilidad y reproducibilidad de la tensión	– Kilovoltímetro
	DL005. Filtración. Capa hemirreductora	– Cámara de ionización, electrómetro y filtros de aluminio de pureza superior a 99.5 %.
Tiempo de exposición	DL007. Exactitud del tiempo de exposición	– Medidor de tiempos de exposición
	DL008. Repetibilidad y reproducibilidad del tiempo de exposición	– Medidor de tiempos de exposición
Rendimiento	DL009. Valor del rendimiento	– Cámara de ionización y electrómetro
	DL010. Repetibilidad del rendimiento	– Cámara de ionización/electrómetro
	DL011. Variación del rendimiento con la corriente y con la carga	– Cámara de ionización y electrómetro
Calidad de imagen en sistemas digitales	DL012. Calidad de imagen	– Maniqués de imagen para radiología dental intraoral
Sistemas convencionales de registro y almacenamiento	DL014. Cuarto oscuro y cubetas de revelado	– Densitómetro
Dosimetría	DL015. Kerma en aire a la entrada del paciente	– Cámara de ionización/ electrómetro

– Equipos dentales panorámicos y cefalométricos

Parámetros geométricos	PC002.- Alineamiento tubo – receptor de imagen	– Película y regla
Calidad del haz	PC003. Exactitud de la tensión	– Kilovoltímetro
	PC004. Repetibilidad y reproducibilidad de la tensión	– Kilovoltímetro
	PC005. Filtración. Capa hemirreductora	– Cámara de ionización, electrómetro y filtros de aluminio de pureza superior a 99.5 %
Tiempo de exposición	PC007. Exactitud del tiempo de exposición	– Medidor de tiempos de exposición
	PC008. Repetibilidad y reproducibilidad del tiempo de exposición	– Medidor de tiempos de exposición
Rendimiento	PC009. Valor del rendimiento	– Cámara de ionización y electrómetro
	PC010. Repetibilidad del rendimiento	– Cámara de ionización/ electrómetro
	PC011. Variación del rendimiento con la corriente y con la carga	– Cámara de ionización y electrómetro
Calidad de imagen en sistemas digitales	PC012. Calidad de imagen	– Maniqués de imagen para radiología dental intraoral

– Equipos dentales de tomografía computarizada de haz cónico (CBCT, “Cone-Beam Computed Tomography) o de imágenes volumétrica de haz cónico (CBVI, Cone-Beam Volumetric Imaging)

Parámetros geométricos	CB001. Tamaño del campo de radiación	– Película o pantalla fluoroscópica y regla
	CB002. Alineamiento de las luces de posicionamiento del paciente	– Marcadores y regla
Calidad del haz	CB003. Exactitud de la tensión	– Kilovoltímetro
	CB004. Repetibilidad y reproducibilidad de la tensión	– Kilovoltímetro
	CB005. Filtración. Capa hemirreductora	– Cámara de ionización, electrómetro y filtros de aluminio de pureza superior a 99.5 %
Tiempo de exposición	CB007. Exactitud del tiempo de exposición	– Medidor de tiempos de exposición
	CB008. Repetibilidad y reproducibilidad del tiempo de exposición	– Medidor de tiempos de exposición
Rendimiento	CB009. Valor del rendimiento	– Cámara de ionización y electrómetro
	CB010. Repetibilidad del rendimiento	– Cámara de ionización/ electrómetro
	CB011. Variación del rendimiento con la corriente y con la carga	– Cámara de ionización y electrómetro
Calidad de imagen	CB012. Ruido de la imagen	– Maniquí cilíndrico uniforme (de agua preferiblemente) de diámetro entre 15 cm y 20 cm, y espesor no inferior a 4 cm
	CB013. Verificación de la ausencia de artefactos en la imagen	– Maniquí de imagen
	CB014. Valor medio del número CT	– Maniquí cilíndrico uniforme (de agua preferiblemente) de diámetro entre 15 cm y 20 cm, y espesor no inferior a 4 cm
	CB015. Valores de los números CT en distintos materiales	– Maniquí con cilindros de diferentes plásticos (con coeficientes de atenuación lineal conocidos) en agua
	CB017. Resolución espacial	– Maniquí de resolución espacial. Contiene una serie de cilindros de alto contraste (diferencias con el medio superiores a 100 números CT) alineados en grupos de diámetro decreciente. Cada grupo consta de unos cilindros (5 ó 6) de igual diámetro, alineados y separados entre sí por un diámetro. Alternativamente, maniquí con inserción de láminas con pares de líneas de tamaño decreciente o maniquí con un hilo o una lámina muy delgada de metal o con un borde neto de separación entre metacrilato y agua
	CB018. Exactitud del medidor de distancias sobre las imágenes	– Maniquí con objetos radio-opacos colocados a distancias conocidas
Dosimetría	CB019. Descriptores de dosis	– Maniquí patrón de cabeza específico y equipo de medida de dosis, que puede incluir cámara de tipo "lápiz" o detector específico y electrómetro; alternativamente, cámara de transmisión para la medida del producto dosis por área

– Equipos de tomografía computarizada

Parámetros geométricos	TC001. Coincidencia entre los indicadores luminosos del plano externo e interno y el plano irradiado	– Películas radiográficas en sobres “ready-pack” o películas radio-cromáticas para exposición directa con un soporte rectangular plano. Bolígrafo de punta fina u otro instrumento punzante para perforar en la línea de proyección de la luz. Alternativamente, maniquí de imagen con objetos para comprobar su correcta posición
	TC005. Exactitud del desplazamiento de la mesa para exploraciones helicoidales	– Bloque rectangular de metacrilato con marcas radio-opacas
	TC007. Perfiles de sensibilidad (Espesor efectivo de corte)	– Maniquí con escala o maniquí con rampa de aluminio o cobre. Se puede hacer también con "escaleras" de plástico que endurecen menos el haz. Maniquí con una bola de alto contraste de diámetro menor de 1 mm o un disco de alto contraste de espesor menor que 1 mm
	TC008. Espesor de radiación. Eficiencia geométrica	– Películas radiográficas en sobres o películas radiocromáticas y microdensitómetro. Detector de semiconductor de pequeño tamaño y programa de análisis
	TC009. Exactitud en la medida de la distancia en la radiografía de planificación y en las imágenes axiales o helicoidales	– Maniquí de dimensiones conocidas
Calidad de imagen	TC012. Ruido de la imagen	– Maniquí cilíndrico uniforme (de agua preferiblemente) de diámetro entre 15 cm y 20 cm, y espesor no inferior a 4 cm. Si el equipo se dedica frecuentemente a exploraciones de cabeza, es conveniente añadir un anillo externo de unos 5 mm de espesor de material equivalente a hueso cortical (teflón, por ejemplo). Para las exploraciones de tórax y abdomen, es preferible utilizar un maniquí de diámetro entre 20 y 30 cm
	TC013. Verificación de la ausencia de artefactos en la imagen	– Maniquí de imagen
	TC014. Valor medio del número CT	– Maniquí cilíndrico uniforme (de agua, preferiblemente) de diámetro entre 15 cm y 20 cm, y espesor no inferior a 4 cm
	TC016. Valores de los números CT en distintos materiales. Linealidad y escala de contraste	– Maniquí con cilindros de diferentes plásticos (con coeficientes de atenuación lineal conocidos) en agua
	TC017. Resolución a bajo contraste (Resolución de contraste)	– Maniquí de un material dado, conteniendo objetos de tamaño variable contruidos con otro material de similar, aunque distinto, coeficiente de atenuación
	TC018. Resolución espacial	– Maniquí de resolución espacial. Contiene una serie de cilindros de alto contraste (diferencias con el medio superiores a 100 números CT) alineados en grupos de diámetro decreciente. Cada grupo consta de unos cilindros (5 ó 6) de igual diámetro, alineados y separados entre sí por un diámetro. Alternativamente, maniquí con inserción de láminas con pares de líneas de tamaño decreciente o maniquí con un hilo o una lámina muy delgada de metal o con un borde neto de separación entre metacrilato y agua
Sistemas de modulación de la dosis	TC019. Funcionamiento del sistema de modulación de corriente	– Idealmente, maniquí cónico de sección elíptica de PMMA. La utilización de los maniqués dosimétricos de cabeza y cuerpo colocados de forma contigua y

		centrados en el isocentro puede ser igualmente válida
Dosimetría	TC020. Índice de dosis en TC (CTDI)	– Maniquí específico y equipo de medida de dosis, que puede incluir cámara de tipo “lápiz” o detector específico y electrómetro, o sistema de dosimetría por termoluminiscencia (TLD)

– **Equipos de densitometría ósea**

Medidas de densidad mineral ósea	DO001. Exactitud de las medidas de densidad mineral ósea	– Maniquí simulando densidades minerales óseas de valores conocidos
----------------------------------	--	---

Resumen del equipamiento necesarios para procedimientos de control de calidad en equipos de rayos X

– **EQUIPOS DE GRAFÍA**

- Cámara de ionización.
- Cilindro de comprobación.
- Chasis.
- Electrómetro.
- Espesor equivalente a paciente.
- Filtros de aluminio de 1 a 5 cm de espesor.
- Filtros de aluminio de pureza superior a 99,5%.
- Kilovoltímetro.
- Láminas de cobre.
- Maniquí de colimación o marcadores radio-opacos.
- Máscaras de plomo.
- Medidor de tiempos de exposición.
- Objeto de ensayo conteniendo objetos de bajo contraste de diferentes tamaños y contrastes calibrados y espesor de cobre o material atenuador según datos de calibración del ensayo.
- Para la medida de la MTF, objeto de ensayo conteniendo un borde de tungsteno de 1 mm de espesor, filtros de aluminio y programa apropiado para el cálculo.
- Patrón de barras de plomo de al menos 8 pl/mm.
- Películas radiográficas.
- Programa apropiado.
- Sistema de imagen.

– *EQUIPOS FLUOROSCÓPICOS*

- Cinta métrica.
- Conjunto cámara de transmisión y electrómetro.
- Chasis cargado con película de rayos X, o pantalla de CR, o sistema de imagen similar.
- Detector de radiación.
- Electrómetro.
- Filtro de cobre.
- Láminas de PMMA u otro maniquí adecuado.
- Maniquí de atenuación equivalente a paciente de cobre o aluminio.
- Maniquí para angiografía con sustracción digital (ASD): Maniquí que deberá contener al menos siete escalones de igual espesor de material, para cubrir un rango dinámico de al menos 1:15 con una tensión de 70 kV. Esto puede alcanzarse con siete láminas de 0,2 mm de cobre sobre 57 mm de PMMA. También deberá contener objetos para simular vasos sanguíneos. Los objetos deberán simular contraste en el rango de 5 - 10 mg/cm² de tintura de yodo y ser lo suficientemente grandes para que su detección no se vea significativamente afectada por la resolución espacial. Esto se conseguirá generalmente si la dimensión menor cubre al menos cinco píxeles de la imagen. Para realizar ensayos de la compensación de atenuación (usualmente compresión logarítmica), el maniquí de ASD deberá contener un escalón de atenuación importante donde el más fino de las siete capas del objeto de ensayo del rango dinámico está duplicado inmediatamente adyacente a la capa más gruesa.
- Material de alto Z para obturar el detector de imagen.
- Objeto de ensayo conteniendo discos de, al menos, 1 cm de diámetro y bajo contraste con contrastes calibrados comprendidos entre 1 y 20 %.
- Objeto de pares de líneas de hasta 5 pl/mm, y espesor no superior a 0,1 mm de Pb. Patrón de barras de plomo con espesor comprendido entre 50 y 100 μ m, conteniendo grupos de pares de línea, con 5 pares de línea en cada grupo y resoluciones comprendidas entre 0,5 y 5 pl/mm.
- Para la medida de la MTF, objeto de ensayo que contenga un borde de tungsteno de 1 mm de espesor, filtros de aluminio y programa apropiado para el cálculo.
- Placa metálica multiperforada.
- Retícula metálica de espaciado conocido o regla de plomo.

– *EQUIPOS DE MAMOGRAFÍA ANALÓGICOS*

- Báscula de baño u otro tipo de dinamómetro para medir la fuerza de compresión.
- Bloques rectangulares de gomaespuma de 10 a 12 cm de lado y con espesores entre 2 y 7 cm de grueso.
- Chasis cargados.
- Densitómetro.
- Dosímetro.
- Espaciadores de poliespán.

- Hojas de aluminio de pureza > 99,5 % (ISO 2092) con espesores de 0.3, 0.4 y 0.5 mm respectivamente y una exactitud mejor que el 1 %.
- Kilovoltímetro específico para mamografía calibrado para los distintos tipos de ánodos (Mo, Rh, W).
- Láminas de PMMA para obtener los espesores en cm de 2, 3, 4, 4.5, 5, 6 y 7, con dimensiones transversales que cubran la película (18 x 24 cm²).
- Lupa.
- Luxómetro.
- Malla de contacto con al menos 20 líneas/cm.
- Maniquí de calidad de imagen que contenga detalles de alto contraste semejantes a microcalcificaciones con distintos tamaños y espesores.
- Maniquí de calidad de imagen que incluya objetos de bajo contraste con un tamaño parecido al dado en las tolerancias.
- Maniquí de PMMA.
- Maniquí patrón.
- Marcadores radio-opacos.
- Medidor de Luminancia o fotómetro calibrado para medir luminancia.
- Medidor de tiempos de exposición adecuado para mamografía.
- Monedas.
- Patrón o patrones de resolución (hasta 20 lp/mm).
- Películas.
- Regla.
- Sensitómetro.
- Termómetro digital o de alcohol, nunca de mercurio.

– *EQUIPOS DE MAMOGRAFÍA DIGITALES*

- Balanza.
- Bloques rectangulares de gomaespuma de 10 a 12 cm de lado y con espesores entre 2 y 7 cm de grueso.
- Borde para la MTF.
- Cinta métrica.
- Dosímetro.
- Espesores de PMMA de 2, 3, 4.5 y 6 cm respectivamente. El bloque de PMMA deberá cubrir la superficie del detector (24x30 cm² aproximadamente).
- Kilovoltímetro específico para mamografía calibrado para los distintos tipos de ánodos (Mo, Rh, W).
- Lámina de Al de 0.2 mm de espesor y dimensiones de 5x5 mm².
- Láminas de 0.2 mm de Al y dimensiones de 10x10 mm².
- Láminas de aluminio de pureza > 99.5 % (ISO 2092) con espesores de 0.3, 0.4, 0.5 y 0.6 mm respectivamente y exactitud mejor que el 1 %.

- Lupa.
- Maniquí contraste-detalle (CD) específico para mamografía.
- Maniquí patrón que cubra el área completa del detector o lámina de 2 mm de Al colocada a la salida del tubo.
- Maniquí que contenga marcadores radio-opacos con espaciado conocido o regla (alternativamente, monedas, clips, etc.).
- Maniqués de calidad de la imagen [TOR (MAX), TOR (MAM), (ACR)].
- Marcadores.
- Medidor de tiempos de exposición adecuado para mamografía.
- Pantallas fluorescentes.
- Placas de CR.
- Placas de PMMA.
- Programa de cálculo de la MTF, NPS y DQE.
- Programa de tratamiento/análisis de imágenes.
- Regla metálica.
- Reglas radiográficas.
- Rejilla de contacto.

– *EQUIPOS DENTALES*

- Cámara de ionización.
- Cinta métrica.
- Densitómetro.
- Electrómetro.
- Filtros de aluminio de pureza superior a 99.5 %.
- Kilovoltímetro.
- Maniquí cilíndrico uniforme (de agua preferiblemente) de diámetro entre 15 cm y 20 cm, y espesor no inferior a 4 cm.
- Maniquí con cilindros de diferentes plásticos (con coeficientes de atenuación lineal conocidos) en agua.
- Maniquí con objetos radio-opacos colocados a distancias conocidas.
- Maniquí de resolución espacial. Contiene una serie de cilindros de alto contraste (diferencias con el medio superiores a 100 números CT) alineados en grupos de diámetro decreciente. Cada grupo consta de unos cilindros (5 ó 6) de igual diámetro, alineados y separados entre sí por un diámetro. Alternativamente, maniquí con inserción de láminas con pares de líneas de tamaño decreciente o maniquí con un hilo o una lámina muy delgada de metal o con un borde neto de separación entre metacrilato y agua.
- Maniqués de imagen para radiología dental intraoral.
- Marcadores.
- Medidor de tiempos de exposición.

- Pantalla fluoroscópica.
- Películas.
- Regla.

- *EQUIPOS DE TOMOGRAFÍA COMPUTARIZADA*
 - Bloque rectangular de metacrilato con marcas radio-opacas.
 - Bolígrafo de punta fina u otro instrumento punzante para perforar en la línea de proyección de la luz. Alternativamente, maniquí de imagen con objetos para comprobar su correcta posición.
 - Cámara lápiz.
 - Detector de semiconductor de pequeño tamaño y programa de análisis.
 - Electrómetro.
 - Maniquí cilíndrico uniforme (de agua preferiblemente) de diámetro entre 15 cm y 20 cm, y espesor no inferior a 4 cm. Si el equipo se dedica frecuentemente a exploraciones de cabeza, es conveniente añadir un anillo externo de unos 5 mm de espesor de material equivalente a hueso cortical (teflón, por ejemplo). Para las exploraciones de tórax y abdomen, es preferible utilizar un maniquí de diámetro entre 20 y 30 cm.
 - Maniquí con cilindros de diferentes plásticos (con coeficientes de atenuación lineal conocidos) en agua.
 - Maniquí con escala o maniquí con rampa de aluminio o cobre. Se puede hacer también con "escaleras" de plástico que endurecen menos el haz.
 - Maniquí con una bola de alto contraste de diámetro menor de 1 mm o un disco de alto contraste de espesor menor que 1 mm.
 - Maniquí cónico de sección elíptica de PMMA. La utilización de los maniquíes dosimétricos de cabeza y cuerpo colocados de forma contigua y centrados en el isocentro puede ser igualmente válida.
 - Maniquí de imagen.
 - Maniquí de resolución espacial. Contiene una serie de cilindros de alto contraste (diferencias con el medio superiores a 100 números CT) alineados en grupos de diámetro decreciente. Cada grupo consta de unos cilindros (5 ó 6) de igual diámetro, alineados y separados entre sí por un diámetro. Alternativamente, maniquí con inserción de láminas con pares de líneas de tamaño decreciente o maniquí con un hilo o una lámina muy delgada de metal o con un borde neto de separación entre metacrilato y agua.
 - Películas radiográficas en sobres "ready-pack" o películas radio-cromáticas para exposición directa con un soporte rectangular plano.

- *Equipos de densitometría ósea*
 - Maniquí simulando densidades minerales óseas de valores conocidos.

ANEXO 5. MEDIOS MATERIALES PARA CONTROL DE CALIDAD EN MEDICINA NUCLEAR

Tarea general	Referencia / Prueba	Comentario / Tarea específica	Equipamiento
Activímetro	RD 1841/1997	Exactitud y precisión Reproducibilidad	– Fuentes radiactivas de referencia Co ⁵⁷ y Cs ¹³⁷
Gammacámara planar	Calidad de imagen	Uniformidad	– Fuente plana de Co ⁵⁷
		Resolución espacial/MTF	– Maniquí para fuente lineal
		Sensibilidad	– Placas “petri” o similar
		Resolución temporal/Tiempo muerto	– Maniquí tipo “Adams”
		Determinación del tamaño de píxel	– Maniquí para fuentes puntuales y fuentes puntuales
Cámara SPECT	Calidad de imagen	Uniformidad tomográfica/Prueba de funcionamiento total	– Maniquí cilíndrico tipo “Jaczack” con insertos
		Centro de rotación	– Maniquí para fuente puntual
Cámara SPECT+CT	Calidad de imagen	Correlación espacial entre modalidades	– Maniquí de correlación espacial
Cámaras PET-CT	Normas NEMA	Uniformidad y resolución.	– Cilindro con solución sólida de Ge-68, o cilindro rellenable con F-18. – Maniquís NEMA o maniquís con insertos para determinar resolución y efecto de volumen parcial. – Maniquí de correlación espacial

Resumen del equipamiento necesarios para procedimientos de control de calidad en equipos de Medicina Nuclear

- **ACTIVÍMETROS**
 - Fuentes radiactivas de referencia Co⁵⁷ y Cs¹³⁷.
- **GAMMACÁMARA PLANAR**
 - Fuente plana de Co⁵⁷.
 - Maniquí para fuente lineal.
 - Placas “petri” o similar.
 - Maniquí tipo “Adams”.
 - Maniquí para fuentes puntuales y fuentes puntuales.
- **SPECT (adicional al equipamiento para gammacámara planar).**
 - Maniquí cilíndrico tipo “Jaczack” o similar.
- **SPECT+CT (adicional al equipamiento para SPECT).**
 - Maniquí de correlación espacial entre modalidades.

- *PET+CT*
 - Fuentes de Ge⁶⁸ y maniquís tipo NEMA o similar.
 - Maniquí de correlación espacial entre modalidades.

ANEXO 6. MEDIOS MATERIALES PARA DOSIMETRÍA FÍSICA Y CONTROL DE CALIDAD DE ACELERADORES.***Acelerador lineal de electrones***

Referencia/ Prueba	Comentario / tarea específica	Equipamiento
1 Condiciones de funcionamiento y sistemas de seguridad* RD 1566/1998 Criterios de calidad en Radioterapia. Anexo II. Tabla II. A. Punto 1 Seguridades y condiciones de funcionamiento	<ul style="list-style-type: none"> - Operatividad del acelerador desde el puesto de control - Operatividad del acelerador desde los controles de la sala - Sistemas de seguridad propios de la instalación - Verificación de blindajes y radiación de fuga 	<ul style="list-style-type: none"> - Detector de medida de radiación ambiental
2 Caracterización mecánica de la unidad de tratamiento* RD1566/1998. Anexo II. Tabla II. A. Punto 4 Características mecánicas de la unidad	<ul style="list-style-type: none"> - Eje de giro del brazo - Eje de giro del colimador - Indicador luminoso del eje del haz (cruceta o retícula) - Verificación de los láseres - Escalas angulares. Colimador y brazo - Tamaño del campo luminoso. Definición a DFI y DFS extendidas. Coincidencia con los indicadores - Indicador de distancia (telemetro) - Paralelismo de los colimadores - Perpendicularidad de los colimadores - Simetría de los colimadores - Posicionamiento de los accesorios 	<ul style="list-style-type: none"> - Puntero solidario al cabezal - Puntero radio-opaco (aguja , esfera radio-opaca) - Puntero fino (aguja) - Papel - Papel milimetrado - Rotulador, lápiz - Plantillas sobre transparencia - Plantillas sobre papel - Sistema de obtención, registro y análisis de imágenes (películas o imágenes portales) - Nivel digital - Plomada - Regla milimétrica - Transportador de ángulos - Etiquetas adhesivas
3 Caracterización mecánica de la mesa de tratamiento* RD1566/1998. Anexo II. Tabla II. A. Punto 5 Características mecánicas de la mesa de tratamiento	<ul style="list-style-type: none"> - Ejes de rotación de la mesa. Isocentro mecánico de la mesa - Escalas lineales - Escalas angulares - Verticalidad de la mesa - Horizontalidad longitudinal del tablero - Horizontalidad lateral del tablero - Reproducibilidad de elementos de posicionamiento e inmovilización 	<ul style="list-style-type: none"> - Sistema de obtención, registro y análisis de imágenes (películas o imágenes portales). - Puntero radio-opaco - Papel, papel milimetrado - Regla - Transportador de ángulos - Plantilla sobre papel - Nivel digital - Rotulador, lápiz
Parámetros geométricos del haz de radiación*	<ul style="list-style-type: none"> - Coincidencia entre campo luminoso y de radiación - Isocentro de radiación respecto al giro de brazo 	<ul style="list-style-type: none"> - Sistema de obtención, registro y análisis de imágenes (películas o imágenes portales)

<p>RD1566/1998. Anexo II. Tabla II. A. Punto 3 Características geométricas del haz (a 0°)</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Isocentro de radiación respecto al giro de colimador 	<ul style="list-style-type: none"> - Marcadores radio-opacos "rectos" - Puntero radio-opaco - Plantilla sobre papel
<p>Energía del haz de fotones: Características espectrales*</p> <p>RD1566/1998. Anexo II. Tabla II. A. Punto 2 Características dosimétricas del haz</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Calidad del haz de fotones - Estabilidad de la calidad del haz con la orientación del brazo 	<ul style="list-style-type: none"> - Maniquí de agua de grandes dimensiones con sistema automático de movimiento - Cámaras de ionización cilíndricas y planoparalelas (o diodos semiconductores) - Electrómetros - Programas de registro, análisis y verificación de resultados - Maniquí sólido de material equivalente a agua formado por láminas de diferente espesor y alojamientos para distintas cámaras de ionización - Modulo de cámaras de ionización (mínimo 6) para verificación rápida - Soporte para fijar el dispositivo anterior al cabezal - Láminas de material equivalente a agua de diferentes espesores - Filtros de varios espesores de plomo o aluminio - Maniquí sólido de material equivalente a agua que permita medir simultáneamente a dos profundidades - Soporte para fijar el maniquí anterior al cabezal
<p>Haces de electrones: Características espectrales*</p> <p>RD1566/1998. Anexo II. Tabla II. A. Punto 2 Características dosimétricas del haz</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Calidad espectral del haz - Constancia de la calidad espectral con el giro de brazo 	<ul style="list-style-type: none"> - Cámaras de ionización planoparalelas o diodos semiconductores - Electrómetros - Programa de registro, análisis y verificación de resultados - Maniquí sólido de material equivalente a agua formado por láminas de diferentes espesores - Modulo de cámaras de ionización (mínimo 6) para verificación rápida. - Soporte para fijar el dispositivo anterior al cabezal - Maniquí sólido de material equivalente a agua que permita medir simultáneamente a dos profundidades - Soporte para fijar el maniquí anterior al cabezal
<p>Caracterización dosimétrica del campo de radiación*</p> <p>RD1566/1998. Anexo II. Tabla II. A. Punto 2 Características dosimétricas del haz</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Caracterización dosimétrica del campo de radiación en haces de fotones y electrones - Constancia de los parámetros geométricos y dosimétricos con el giro de brazo 	<ul style="list-style-type: none"> - Maniquí de agua de grandes dimensiones con sistema automático de movimiento - Cámaras de ionización cilíndricas y planoparalelas (o diodos semiconductores) - Electrómetros - Programas de registro, análisis y verificación de resultados

		<ul style="list-style-type: none"> - Maniquí sólido de material equivalente a agua formado por láminas de diferente espesor - Películas - Escáner de alta resolución para películas - Matriz de detectores 2D - Modulo de cámaras de ionización (mínimo 6) para verificación rápida.
<p>Sistema monitor del haz*</p> <p>RD1566/1998. Anexo II. Tabla II. A. Punto 2 Características dosimétricas del haz</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Dosis absorbida en agua en condiciones de referencia - Repetibilidad del sistema monitor de dosis absorbida - Linealidad del sistema monitor - Estabilidad del sistema monitor en una jornada - Estabilidad con la tasa de repetición - Estabilidad del sistema monitor con el giro de brazo - Verificación de los factores campo 	<ul style="list-style-type: none"> - Maniquí de agua de grandes dimensiones con sistema automático de movimiento - Cámaras de ionización (cuando menos una debe estar calibrado en un laboratorio acreditado) - Electrómetros - Termómetro y barómetro calibrados - Nivel calibrado - Maniquí sólido de material equivalente a agua formado por láminas de diferente espesor - Modulo de cámaras de ionización (mínimo 6) para verificación rápida. - Mini maniquí de material sólido equivalente a agua que permita situar el detector a una profundidad adecuada y su colocación solidaria al cabezal
<p>Elementos modificadores del haz.*</p> <p>RD1566/1998. Anexo II. Tabla II. A. Punto 2 Características dosimétricas del haz</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Transmisión de bandejas - Angulo de cuña - Variación del ángulo de cuña con la orientación del brazo - Transmisión de la cuña - Variación de la transmisión de la cuña con la orientación del brazo 	<ul style="list-style-type: none"> - Cámaras de ionización - Electrómetros - Maniquí de agua de dimensiones adecuadas y sistema automático de movimientos - Maniquí plástico (macizo o de láminas) de material equivalente a agua con cavidad para las cámaras - Matriz lineal de detectores 1D ("linear array") - Sistema de anclaje del dispositivo anterior al cabezal - Matriz de detectores tipo 2D - Sistema de anclaje del dispositivo anterior al cabezal - Programas de registro, análisis y verificación de resultados - Maniquí plástico equivalente a agua de láminas de diferentes espesores. - Películas - Maniquí plástico equivalente a agua con dos cavidades para dos cámaras de ionización - Modulo de cámaras de ionización (mínimo 6) para verificación rápida. - Maniquí sólido con alojamiento para cámara de ionización solidario al cabezal

<p>Sistemas de colimación multiláminas*</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Centrado del sistema MLC respecto al eje de rotación del colimador - Centrado del sistema MLC respecto al eje de rotación del brazo - Ortogonalidad de los bancos de láminas con respecto a los colimadores - Correspondencia entre el campo luminoso, el campo indicado y el campo de radiación - Exactitud y repetibilidad del posicionamiento de las láminas - Transmisión a través de las láminas o atenuación del sistema MLC - Transmisión entre las láminas. Efecto de lengüeta y surco - Determinación de las penumbras - Velocidad de las láminas - Funcionalidad del sistema MLC - Seguridad (enclavamientos en modo clínico) 	<ul style="list-style-type: none"> - Películas - Escáner de películas de alta resolución - Programa para el análisis de películas - Dispositivo de adquisición de imágenes portales - Maniquí plástico de material equivalente a agua formado por láminas de diferentes espesores - Plantillas de papel con formas de campos predefinidos - Regla milimétrica
<p>Caracterización de los sistemas electrónicos de imagen portal*</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Pruebas de seguridad e integridad del EPID - Pruebas mecánicas: Posicionamiento en el plano imagen - Pruebas mecánicas: Posicionamiento perpendicular al plano de imagen - Pruebas de calidad de imagen: Contraste-resolución - Uniformidad y artefactos - Distorsión y escalas geométricas. - Ruido - Relación contraste-ruido. - Respuesta del sistema con la dosis - Pruebas de "hardware" y "software": Controles de monitor y archivado - Pruebas de "hardware" y "software": Herramientas de medida sobre las imágenes y de verificación de posicionamiento 	<ul style="list-style-type: none"> - Puntero mecánico solidario al cabezal - Marcador láser - Papel milimetrado - Esferas metálicas radio-opacas de 2-3 mm de diámetro - Cinta métrica - Nivel digital - Maniquí con patrones de barras de distintas frecuencias espaciales - Bloque de aluminio de 1 o 1.5 cm - Maniquí Las Vegas - Programas de análisis de la imagen - Maniquí plástico (macizo o formado por láminas de diferente espesor) - Red de marcas fiduciales radio-opacas

*Pruebas obtenidas del Protocolo "Control de calidad en aceleradores de electrones para uso médico"

Acelerador lineal de electrones (técnicas de Radioterapia guiada por la imagen)

Referencia/ Prueba	Comentario / tarea específica	Equipamiento**
Protocolo para Control de calidad de equipos y técnicas de radioterapia guiadas por la imagen		<ul style="list-style-type: none"> - Maniquí volumétrico plástico con volúmenes internos de aire - Maniquí volumétrico plástico con volúmenes internos de diferentes densidades (contraste) - Maniquí con marcas radio-opacas en posiciones conocidas - Maniquí de patrón de barras - Maniquí con objetos de diferentes tamaños y profundidades - Programas de registro, análisis y verificación de resultados

Acelerador lineal de electrones (IMRT, arco-terapia de intensidad modulada...)

Referencia/ Prueba	Comentario / tarea específica	Equipamiento**
		<ul style="list-style-type: none"> - Maniquí volumétrico plástico de material equivalente a agua en el que se puedan insertar diferentes detectores y/o películas - Cámara de ionización de pequeño tamaño (o detector de diamante) - Maniquí de múltiples detectores distribuidos en volumen - Programas de registro, análisis y verificación de resultados

**No se vuelve a enumerar el equipamiento ya mencionado en el apartado tarea general: Acelerador lineal de electrones.

Resumen del equipamiento necesarios para procedimientos de control de calidad en Aceleradores

Se considera que el Servicio de Radioterapia dispone de un acelerador multenergético (fotones y electrones) y un sistema de imagen portal de MV mediante panel plano y un TAC para la obtención de estudios de los pacientes.

Los medios serán mínimos, recalcando que no se podría garantizar la correcta atención (según diferentes Protocolos) al Sº de Radioterapia en lo referente a labores de Control de Calidad y Dosimetría Clínica de no disponer de alguno de estos medios. Los medios mínimos para técnicas que se consideren especiales figurarán aparte.

Igualmente no se ha considerado los sistemas de planificación de tratamientos (para tratamientos estándar o de IMRT/VMAT) como un medio material en sí, si no que se consideran algo ya inherentes al SRPR – S^o de Radioterapia:

- 1- Dos cámaras de ionización cilíndricas.
- 1- Dos cámaras de ionización plano-paralelas
- 2- Dos electrómetros
- 3- Un maniquí de agua de grandes dimensiones (cuba de agua) con sistema de movimiento automático.
- 4- Un maniquí de material plástico equivalente a agua formado por láminas de diferente espesor.
- 5- Un módulo de cámaras de ionización (mínimo 6).
- 6- Un dispositivo lineal de detectores 1D.
- 7- Un dispositivo tipo matriz de detectores 2D.
- 8- Películas (radiocrómicas o convencionales).
- 10- Programa para la obtención de datos y análisis vinculado al dispositivo descrito en el punto 6.
- 11- Programa para la obtención de datos y análisis vinculado al dispositivo descrito en el punto 7.
- 12- Programa para la obtención de datos y análisis vinculado al dispositivo descrito en el punto 8.
- 13- Escáner de alta resolución para películas y programa para el análisis vinculado a las películas del punto 9.
- 14- Reglas metálicas de diferente tamaño y cinta métrica.
- 15- Papel milimetrado, rotuladores, transportador de ángulos, etc.
- 16- Nivel digital calibrado (o analógico).
- 17- Bolitas radio-opacas.
- 18- Marcadores radio-opacos “rectos”.
- 19- Plomada.
- 20- Puntero metálico.
- 21- Puntero radio-opaco (aguja, esfera).
- 22- Barra con escala indicadora de distancia al isocentro con soporte de fijación al cabezal (generalmente viene con el propio acelerador).
- 23- Retícula radio-opaca insertable de modo solidario al cabezal del acelerador.
- 24- Maniquí para control de calidad de la imagen del dispositivo de imagen portal de MV y su correspondiente programa asociado.
- 25- Maniquí volumétrico con volúmenes internos de diferentes densidades.
- 26- Maniquí volumétrico con volúmenes internos de aire.
- 27- Maniquí volumétrico con estructuras geométricas internas de dimensiones conocidas (Generalmente proporcionado por la adjudicataria del TC).

No son medios materiales mínimos pero serían recomendables:

- 28- Maniquí de agua de pequeñas dimensiones (Cuba de agua pequeña).
- 29- Maniquí plástico de material equivalente agua de una/dos piezas en el que se puedan insertar diferentes detectores y/o películas.
- 30- Minimaniquí de material plástico.
- 31- Programa para analizar las imágenes portales de MV obtenidas (es posible que este programa sea el mismo que el mencionado en el punto 13).
- 32- Una cámara de ionización de pequeño tamaño (o detector de diamante).
- 33- Un diodo.

34- Filtros de varios espesores de plomo o aluminio.

35- Un termómetro y un barómetro calibrados.

36- Maniquí plástico con inserto para cámara de ionización y que sea insertable en el cabezal.

Aquí no se ha enumerado todo lo referente a las diferentes redes (acelerador, planificador, propio hospital,...), los programas asociados al propio acelerador y sus estaciones de adquisición de imágenes y los programas usuales para el tratamiento de datos (Excel y similares).

MEDIOS MATERIALES MÍNIMOS PARA TÉCNICAS ESPECIALES

Se consideran como técnicas especiales las que incluyen dispositivos de imagen portal con kV y las que incluyen técnicas de IMRT en sus diferentes modalidades y VMAT:

- Maniquí de múltiples detectores distribuidos en volumen y el programa para análisis de resultados asociado.
- Maniquí para control de calidad de la imagen de la imagen planar de kV.
- Maniquí para control de calidad de la imagen volumétrica de kV.