

**Proyecto de I+D+i
Estimaciones de dosis
ocupacionales en cristalino
en instalaciones sanitarias y
de investigación (EDOCI)**

Propuesta de vigilancia radiológica individual

i+d

Colección Documentos I+D 29.2023

Proyecto de I+d+i Estimaciones de dosis ocupacionales en cristalino
en instalaciones sanitarias y de investigación (EDOCI)

Proyecto de I+d+i
Estimaciones de dosis ocupacionales
en cristalino en instalaciones
sanitarias y de investigación (EDO CI)
Propuestas de vigilancia radiológica individual

**Roberto Sánchez Casanueva, José Miguel Fernández Soto,
Eliseo Vañó Carruana**

Servicio de Física Médica del Hospital Clínico San Carlos (HCSC)
Fundación para la Investigación del Hospital Clínico San Carlos

Mercè Ginjaume Egido, María Amor Duch Guillén

Institut de Tècniques Energètiques
Universitat Politècnica de Catalunya (INTE-UPC)

Mayo, 2022

Colección
Documentos I+D
29.2023



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA
BARCELONATECH
Institut de Tècniques Energètiques



Colección: Documentos I+D
Referencia: DID-29.23

Copyright 2023, Consejo de Seguridad Nuclear
Edita y distribuye:
Consejo de Seguridad Nuclear
C/ Justo Dorado, 11. 28040 Madrid. España
www.csn.es
peticiones@csn.es
Maquetación: Composiciones RALI, S.A.

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	9
2. METODOLOGÍA PARA IDENTIFICAR GRUPOS DE RIESGO QUE PUEDEN VERSE AFECTADOS POR EL NUEVO LÍMITE DE DOSIS AL CRISTALINO	13
2.1. Profesionales que no utilizan sistemas de protección personales como los delantales plomados	15
2.2. Profesionales que realizan procedimientos guiados por fluoroscopia y que habitualmente utilizan sistemas de protección personal como mamparas de protección suspendidas del techo, delantal plomado, protector tiroideo y, en ocasiones, gafas plomadas	15
2.3. Periodo de vigilancia dosimétrica del cristalino	16
3. METODOLOGÍA PARA MEDIR LA DOSIS EN EL CRISTALINO	17
3.1. Profesionales que no utilizan sistemas de protección personales como los delantales plomados	20
3.2. Profesionales que realizan procedimientos guiados por fluoroscopia y que habitualmente utilizan sistemas de protección personal como mamparas de protección suspendidas del techo, delantal plomado, protector tiroideo y, en ocasiones, gafas plomadas	20
4. PRINCIPALES SISTEMAS DE PROTECCIÓN PARA REDUCIR LA DOSIS EN EL CRISTALINO EN RADIOLOGÍA INTERVENCIONISTA Y CARDIOLOGÍA INTERVENCIONISTA	21
5. CONCLUSIONES	25
6. REFERENCIAS	29

1. INTRODUCCIÓN

La Comisión Internacional en Protección Radiológica revisó en 2011 el umbral para inducción de cataratas por radiación. La Comisión redujo el umbral para producir cataratas de los iniciales 5 Gy en exposiciones agudas y 8 Gy en exposiciones prolongadas, hasta los 0.5 Gy tanto para exposiciones agudas como prolongadas [1]. Como consecuencia, propuso una reducción del límite de dosis equivalente para cristalino de los trabajadores de los 150 mSv/ anuales a los 100 mSv/5 años con un máximo de 50 mSv en un año. Dicho límite está ya establecido en la normativa europea y en el RD 1029/2022 [2] y, en la fecha de realización o desarrollo de este proyecto, en vías de trasposición a la legislación española.

Las implicaciones de esta reducción en el límite de dosis en cristalino han sido analizadas por la Comisión Internacional de Protección Radiológica (ICRP) [3,4], la Organización Internacional para la Energía atómica (IAEA) [5], el National Council on Radiation Protection and Measurements (NCRP) [6] y la Asociación Internacional para la Protección Radiológica (IRPA) [7]. En el medio hospitalario se ha comprobado que en las prácticas intervencionistas puede haber profesionales en riesgo de superar el límite de dosis en cristalino que pueden requerir una supervisión especial por parte de los profesionales de la protección radiológica.

En este contexto, en junio de 2019, el Consejo de Seguridad Nuclear (CSN), la Universitat Politècnica de Catalunya (UPC) y la Fundación para la Investigación Biomédica del Hospital Clínico San Carlos (HCSC) firmaron un acuerdo para llevar a cabo el proyecto “Estimaciones de dosis ocupacionales en cristalino en instalaciones sanitarias y de investigación (EDOCI). Propuestas de vigilancia radiológica individual”. De acuerdo con dicho Convenio de Colaboración [8], los objetivos principales del proyecto han sido:

- Llevar a cabo diversas campañas de medida para identificar los colectivos del ámbito sanitario y de investigación que pueden verse afectados por el nuevo límite de dosis al cristalino, en particular radiología y cardiología intervencionista, radiofarmacia y medicina nuclear.
- Establecer una metodología para identificar los puestos de trabajo susceptibles de comportar una exposición al cristalino superior a 6 mSv al año y proponer, en dichas circunstancias, los procedimientos de vigilancia radiológica más adecuados teniendo en cuenta el campo de radiación y las dificultades prácticas asociadas a los puestos de trabajo.

Este Proyecto de I+d+i nace con el propósito de proponer metodologías prácticas para identificar los colectivos afectados por el nuevo límite de dosis en cristalino y para describir su monitorización, evaluando las ventajas y limitaciones de las distintas técnicas disponibles. También presenta recomendaciones para la optimización de los procedimientos de trabajo y para el uso de sistemas de protección. Está basado en los resultados del proyecto EDOCI promovido por el Consejo de Seguridad Nuclear y complementado por el conocimiento científico en esta materia.

En las campañas de medida realizadas en el proyecto, se ha confirmado que en el medio hospitalario, principalmente los profesionales que participan en prácticas intervencionistas son susceptibles de poder superar, en algunos casos, los límites de dosis equivalente en cristalino dependiendo de la carga de trabajo. Dichos profesionales pueden estar expuestos a campos de radiación dispersa muy inhomogéneos durante sus jornadas laborales, siendo la monitorización de la dosis en cristalino necesaria. También se ha constatado que una monitorización basada en la medida de la dosis equivalente personal $H_p(3)$ cerca del ojo es difícil de realizar en la práctica, siendo más accesible el utilizar un dosímetro en el protector de tiroides o en la solapa sobre el delantal de protección, como recomienda la ICRP y otras organizaciones [3-7]. Por ello, la propuesta metodológica que se presenta tiene un enfoque gradual y adapta los requisitos de protección radiológica y de dosimetría a los riesgos radiológicos asociados a los distintos puestos de trabajo.

2. METODOLOGÍA PARA IDENTIFICAR GRUPOS DE RIESGO QUE PUEDEN VERSE AFECTADOS POR EL NUEVO LÍMITE DE DOSIS AL CRISTALINO

Basándose en las campañas de medida y al análisis de los registros dosimétricos oficiales llevados a cabo en el proyecto EDOCI se propone la siguiente metodología, en la que se destacan recomendaciones para el grupo de trabajadores que participan en procedimientos guiados por fluoroscopia, que conforman el colectivo con más riesgo de superar el límite de dosis en el cristalino. La puesta en marcha de un programa de vigilancia ocupacional requiere llevar a cabo una evaluación de las dosis esperadas (bien mediante referencias bibliográficas, caracterización radiológica del ambiente de trabajo o mediciones directas en trabajadores) y extrapolarlas a dosis anuales, teniendo en cuenta la carga de trabajo, variabilidad de los procedimientos que se realizan, posibilidad de supervisión directa, etc.

Las hipótesis asumidas deben validarse periódicamente. En este apartado se proponen unas recomendaciones para identificar los profesionales que pueden requerir una monitorización de las dosis en cristalino.

2.1. PROFESIONALES QUE NO UTILIZAN SISTEMAS DE PROTECCIÓN PERSONALES COMO LOS DELANTALES PLOMADOS

En los profesionales que no utilizan sistemas de protección personales como los delantales plomados:

- El dosímetro corporal oficial permite identificar de manera adecuada los grupos de riesgo y ofrece una estimación aceptable de la dosis en el cristalino.
- En caso de poner a punto nuevos procedimientos de trabajo, utilización de nuevos radionucleidos u operaciones de mantenimiento específicos, se recomienda el uso de sistemas de dosimetría electrónica para poder identificar, a la mayor brevedad posible, riesgos potenciales.

2.2. PROFESIONALES QUE REALIZAN PROCEDIMIENTOS GUIADOS POR FLUOROSCOPIA Y QUE HABITUALMENTE UTILIZAN SISTEMAS DE PROTECCIÓN PERSONAL COMO MAMPARAS DE PROTECCIÓN SUSPENDIDAS DEL TECHO, DELANTAL PLOMADO, PROTECTOR TIROIDEO Y, EN OCASIONES, GAFAS PLOMADAS

En los profesionales que utilizan sistemas de protección personales como los delantales plomados:

- El dosímetro corporal oficial situado debajo del delantal plomado no permite estimar la dosis en los órganos no protegidos. Es un buen indicador de la dosis efectiva pero no permite estimar la dosis en el cristalino. Este dosímetro no es útil para identificar los grupos de riesgo cuando se utilizan protectores personales.
- Las lecturas de $H_p(10)$ o $H_p(0.07)$ de un dosímetro sobre el delantal o a nivel del protector de tiroides, ya sea de tipo pasivo o electrónico, son la primera

opción para estimar la dosis equivalente en cristalino e identificar los grupos de riesgo.

- De un modo conservador, la lectura en solapa o protector de tiroides puede tomarse como primera aproximación de la dosis en cristalino cuando el trabajador no usa gafas de protección.
- Como medida temporal, y si el dosímetro sobre el delantal de protección indicara valores anómalos, un estudio individualizado con dosímetros cerca del ojo es la forma más precisa de estudiar la dosis en cristalino, para optimizar la práctica y reducir las dosis (ver apartado 3).
- La dosimetría electrónica en solapa o sobre el protector de tiroides puede ayudar a identificar las situaciones de mayor riesgo radiológico y por lo tanto, ayudar en la optimización de la práctica.

En los profesionales que utilizan sistemas de protección personales como los delantales plomados y también gafas plomadas:

- Las lecturas de $H_p(10)$ o $H_p(0.07)$ de un dosímetro sobre el delantal o a nivel del protector de tiroides deberán reducirse por un factor multiplicativo igual a 0.5 para estimar las dosis que llegan al cristalino.

Siguiendo las normas de protección, es posible trabajar de una forma segura en las prácticas intervencionistas sin requerir dosimetría específica cerca de los ojos de forma permanente.

2.3. PERIODO DE VIGILANCIA DOSIMÉTRICA DEL CRISTALINO

El periodo recomendado para establecer una estimación adecuada de los niveles de exposición es de un año consecutivo, siempre que no haya cambios significativos ni en la realización de las prácticas –cambios en tecnología o radiofármacos o abordaje de nuevos procedimientos más complejos– ni en la carga de trabajo.

3. METODOLOGÍA PARA MEDIR LA DOSIS EN EL CRISTALINO

Hay consenso en afirmar que el mejor método para estimar la dosis en el cristalino consiste en utilizar un dosímetro calibrado en unidades de dosis equivalente personal $H_p(3)$ [9,5], ubicado en una zona próxima al ojo. Actualmente se dispone de normas internacionales que describen los procedimientos de calibración de dosímetros personales para la medida de la dosis equivalente en el cristalino ISO 4037-3 (2019) [10] y laboratorios españoles acreditados para llevar a cabo este tipo de calibración. También se dispone de la norma IEC 62387 (2020) [11] que establece los requisitos para la caracterización de los sistemas de dosimetría personal pasivos para una correcta estimación de la dosis en cristalino.

Sin embargo, debido a las dificultades prácticas de uso de este tipo de dosímetro, se propone restringir su exigencia a aquellas situaciones en las que los trabajadores pueden recibir una exposición superior a una dosis equivalente de 15 mSv por año en el cristalino. Es decir, en aquellos puestos de trabajo en los que los trabajadores se clasifiquen como de categoría A debido a su nivel de exposición del cristalino [2].

La relación entre la dosis equivalente personal $H_p(10)$ o $H_p(0.07)$ medida en solapa sobre el delantal y la dosis equivalente personal $H_p(3)$ en cristalino está sujeta a muchas incertidumbres, dependiendo de factores geométricos como el tipo de proyección o la posición del operador respecto al paciente [12-18], por ello aunque en general el dosímetro de delantal ofrece una estimación conservadora de la dosis en el cristalino, si el trabajador está clasificado como de categoría A se recomienda el uso de un dosímetro específico de cristalino.

El factor de reducción de dosis en cristalino proporcionado por las gafas de protección depende del modelo de gafas y de la posición del operador [13, 19-21]. En virtud de este conocimiento y los resultados en el proyecto EDOCI, recomendamos el uso de gafas plomadas con protector lateral de plomo y la aplicación de un factor de reducción de 0.5. Aquellos servicios de protección radiológica o UTPRs que cuenten con los recursos necesarios, podrán estimar los factores de reducción de gafas o por posición de dosímetro, más adecuados o precisos a las particularidades de su centro.

Los dosímetros personales electrónicos son una herramienta útil para llevar a cabo una rápida estimación de los niveles de radiación en los puestos de trabajo siempre que estén adecuadamente calibrados para los campos de radiación en los que se utilicen. En particular, se han observado algunas dificultades en campos de radiación pulsada, en altos valores de tasa de dosis o en ángulos de incidencia grandes respecto a la dirección normal de medida [23,24].

Teniendo en cuenta las consideraciones anteriores, se proponen a continuación las siguientes recomendaciones para la vigilancia individual de las dosis en el cristalino.

3.1. PROFESIONALES QUE NO UTILIZAN SISTEMAS DE PROTECCIÓN PERSONALES COMO LOS DELANTALES PLOMADOS

- Dosimetría corporal oficial con lectura mensual.
- Si $H_p(10)$ o $H_p(0.07)$ anual es superior a 15 mSv,
 - a) un dosímetro de cristalino situado cerca de los ojos durante 12 meses consecutivos para confirmar si el dosímetro personal es adecuado para la estimación de la dosis en el cristalino o se requiere un dosímetro específico.

3.2. PROFESIONALES QUE REALIZAN PROCEDIMIENTOS GUIADOS POR FLUOROSCOPIA Y QUE HABITUALMENTE UTILIZAN SISTEMAS DE PROTECCIÓN PERSONAL COMO MAMPARAS DE PROTECCIÓN SUSPENDIDAS DEL TECHO, DELANTAL PLOMADO, PROTECTOR TIROIDEO Y, EN OCASIONES, GAFAS PLOMADAS

- *Caracterización del puesto de trabajo:*

Este colectivo debe llevar a cabo una evaluación individualizada del nivel de exposición del cristalino mediante el uso de un dosímetro corporal en solapa sobre el delantal o en el protector tiroideo. Esta evaluación se realizará preferentemente mediante un sistema de dosimetría pasivo autorizado por el Consejo de Seguridad Nuclear pero puede también llevarse a cabo mediante otros sistemas dosimétricos debidamente validados y que permitan el registro continuo del nivel de exposición.

- a) Si $H_p(10)$ o $H_p(0.07)$ mensual es inferior a 0.5 mSv y la estimación anual de la dosis en cristalino es inferior a 6 mSv, no es necesario continuar con el control dosimétrico de delantal.
- b) Si $H_p(10)$ o $H_p(0.07)$ mensual es superior a 0.5 mSv o la estimación anual de la dosis en cristalino es superior a 6 mSv, debe establecerse un control dosimétrico sistemático (en caso de utilizar protector ocular, se aplicará un factor de reducción de 0.5 en la asignación de la dosis).

El dosímetro debe situarse en el lado más expuesto. En general en intervencionismo suele ser el lado izquierdo del trabajador.

- *Control dosimétrico individual* (trabajadores cuyo estudio inicial de caracterización del puesto de trabajo indica que la dosis en cristalino puede ser superior a 6 mSv por año (en caso de utilizar protector ocular, se aplicará un factor de reducción de 0.5 en la asignación de la dosis).
 - a) Dosímetro sobre el delantal o a nivel del protector de tiroides, si $H_p(10)$ o $H_p(0.07)$ mensual es superior a 0.5 mSv y $H_p(10)$ o $H_p(0.07)$ anual es inferior a 15 mSv.
 - b) Dosímetro de cristalino situado cerca de los ojos si $H_p(10)$ o $H_p(0.07)$ anual es superior a 15 mSv.

4. PRINCIPALES SISTEMAS DE PROTECCIÓN PARA REDUCIR LA DOSIS EN EL CRISTALINO EN RADIOLOGÍA INTERVENCIONISTA Y CARDIOLOGÍA INTERVENCIONISTA

Las mamparas suspendidas del techo son uno de los sistemas de protección más efectivos para la reducción de la dosis, si bien un adecuado posicionado es el aspecto más importante en su efectividad. Vanhavere *et al.* [19] observaron una reducción mediana que va del 38 al 86 % para el ojo izquierdo y del 55 al 64 % para el ojo derecho a partir de mediciones durante aproximadamente 1.300 procedimientos realizados en el marco del proyecto europeo ORAMED. En el trabajo de Koukorava *et al.* [25] mediante simulaciones de MC se estudió concretamente la influencia del posicionado de la protección. La mampara ofrece una mayor protección cuando se coloca cerca del paciente. Así, se observó una reducción del 55 % para el ojo izquierdo y del 58 % para el ojo derecho. Se observó una reducción máxima de la dosis de hasta un 90 % en el cristalino del ojo izquierdo y de hasta un 93 % en ambos ojos.

El factor de reducción de dosis en cristalino proporcionado por las gafas de protección depende del modelo de gafas y de la posición del operador (ver apartado 3), puede variar entre un 25% y un 85% [25]. En este documento se propone un factor de reducción de 0.5, que será conservador siempre que se utilicen gafas con protector lateral de plomo. Una protección equivalente a 0.25-0.75 mm de plomo es suficiente en el ámbito del radiodiagnóstico.

Los factores de reducción aquí propuestos (gafas de protección u otros) son aproximaciones conservadoras. Aquellos servicios de protección radiológica o UTPRs que cuenten con los recursos necesarios, podrán estimar los factores de reducción de gafas o por posición de dosímetro, más adecuados o precisos a las particularidades de su centro.

5. CONCLUSIONES

El proyecto EDOCI confirma que la vigilancia dosimétrica individual de la mayoría de trabajadores expuestos en instalaciones radiactivas en el sector sanitario y de investigación no se ve afectada por la reducción del límite de dosis en cristalino para exposiciones ocupacionales.

En el caso del personal que participa en procedimientos intervencionistas, es posible estar expuesto a dosis equivalentes en el cristalino significativas por lo que resulta necesario implementar sistemas de vigilancia específicos que permitan estimar de manera adecuada los niveles de exposición. El uso de un dosímetro sobre el delantal o a nivel del protector de tiroides, ya sea de tipo pasivo o electrónico, es la mejor opción para estimar la dosis equivalente en cristalino e identificar los grupos de riesgo. En función de las lecturas de este dosímetro deberán implementarse procedimientos de monitorización adecuados, ya sea con dicho dosímetro o con un dosímetro específico de cristalino que se situaría a nivel de los ojos.

En el marco del proyecto se han elaborado diversos vídeos didácticos que ayudan a identificar los parámetros de interés para una optimización de las prácticas intervencionistas, así como de la reducción de la dosis individual.

Finalmente, se está trabajando en el desarrollo de códigos rápidos de simulación Monte Carlo, que puedan facilitar el conocimiento en tiempo real y de manera sistemática de la clasificación adecuada del personal sanitario que participa en los procedimientos intervencionistas.

6. REFERENCIAS

- [1] ICRP, 2012 ICRP Statement on Tissue Reactions / Early and Late Effects of Radiation in Normal Tissues and Organs – Threshold Doses for Tissue Reactions in a Radiation Protection Context. ICRP Publication 118. Ann. ICRP 41(1/2).
- [2] 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 n.d.:73.
- [3] ICRP, 2013. Radiological protection in cardiology. ICRP Publication 120. Ann. ICRP 42(1).
- [4] ICRP, 2018. Occupational radiological protection in interventional procedures. ICRP Publication 139. Ann. ICRP 47(2).
- [5] International Atomic Energy Agency. Implications for occupational radiation protection of the new dose limit for the lens of the eye: interim guidance for use and comment. 2013.
- [6] NCRP. Commentary No. 26 – Guidance on Radiation Dose Limits for the Lens of the Eye (2016). ISBN: 978-0-913392-17-1 / ISBNe 978-0-913392-16-4. Bethesda (USA).
- [7] IRPA. IRPA guidance on implementation of eye dose monitoring and eye protection of workers 2016;1:14.
- [8] Convenio de Colaboración, entre el Consejo de Seguridad Nuclear, la Universitat Politècnica de Catalunya y la Fundación para la Investigación Biomédica del Hospital Clínico San Carlos para la ejecución del proyecto de I+D sobre “Estimaciones de dosis ocupacionales en cristalino en instalaciones sanitarias y de investigación (EDOCI). Propuestas de vigilancia radiológica individual”, firmado el 3 de junio de 2019, en Madrid.
- [9] ICRU 1993 ICRU 51. Quantities and Units in Radiation Protection Dosimetry (Bethesda, D: ICRU Publications).
- [10] ISO 2019 ISO 4037-3. Radiological protection. X and gamma reference radiation for calibrating dosimeters and doserate meters and for determining their response as a function of photon energy–Part 3: calibration of area and personal dosimeters and the measurement of their response as a function of energy and angle of incidence (Geneva: ISO).
- [11] IEC 2020, IEC 62387, ed. 2. Radiation protection instrumentation – Passive Integrating Dosimetry Systems with integrating passive detectors for individual, workplace and environmental Monitoring of Photon and Beta Radiation (Geneva: IEC).
- [12] Martin CJ, Magee JS. Assessment of eye and body dose for interventional radiologists, cardiologists, and other interventional staff. *J Radiol Prot* 2013; 33: 445-60. <https://doi.org/10.1088/0952-4746/33/2/445>.

- [13] Martin CJ. Eye lens dosimetry for fluoroscopically guided clinical procedures: practical approaches to protection and dose monitoring. *Radiat Prot Dosimetry* 2016; 169: 286–91. <https://doi.org/10.1093/rpd/ncv431>.
- [14] Matsubara K, Lertsuwunseri V, Srimahachota S, Krisanachinda A, Tulvatana W, Khambhiphant B, *et al.* Eye lens dosimetry and the study on radiation cataract in interventional cardiologists. *Physica Medica* 2017; 44: 232-5. <https://doi.org/10.1016/j.ejmp.2017.10.007>.
- [15] Alejo L, Koren C, Corredoira E, Sánchez F, Bayón J, Serrada A, *et al.* Eye lens dose correlations with personal dose equivalent and patient exposure in paediatric interventional cardiology performed with a fluoroscopic biplane system. *Physica Medica* 2017; 36: 81-90. <https://doi.org/10.1016/j.ejmp.2017.03.015>.
- [16] Gracia-Ochoa M, Candela-Juan C, Vilar-Palop J, Ruiz Rodríguez JC, Soriano Cruz A, Palma Copete JD, *et al.* Correlation between eye lens doses and over apron doses in interventional procedures. *Physica Medica* 2020; 77: 10-7. <https://doi.org/10.1016/j.ejmp.2020.07.025>.
- [17] Morcillo AB, Alejo L, Huerga C, Bayón J, Marín A, Corredoira E, *et al.* Occupational doses to the eye lens in pediatric and adult noncardiac interventional radiology procedures. *Med Phys* 2021; 48: 1956-66. <https://doi.org/10.1002/mp.14753>.
- [18] Moriarty HK, Clements W, Phan T, Wang S, Goh GS. Occupational radiation exposure to the lens of the eye in interventional radiology. *J Med Imaging Radiat Oncol* 2021: 17549485.13307. <https://doi.org/10.1111/1754-9485.13307>.
- [19] European Radiation Dosimetry Group e.v, Vanhavere F, editors. ORAMED: optimization of Radiation Protection of Medical Staff Braunschweig, April 2012. Braunschweig: European Radiation Dosimetry; 2012.
- [20] van Rooijen BD, de Haan MW, Das M, Arnoldussen CWKP, de Graaf R, van Zwam WH, *et al.* Efficacy of Radiation Safety Glasses in Interventional Radiology. *Cardiovasc Intervent Radiol* 2014; 37: 1149-55. <https://doi.org/10.1007/s00270-013-0766-0>.
- [21] Mao L, Liu T, Caracappa PF, Lin H, Gao Y, Dauer LT, *et al.* Influences of operator head posture and protective eyewear on eye lens doses in interventional radiology: A Monte Carlo Study. *Med Phys* 2019; 46: 2744-51. <https://doi.org/10.1002/mp.13528>.
- [22] Estimaciones de dosis ocupacionales en cristalino en instalaciones sanitarias y de investigación (EDOCI). Propuestas de vigilancia radiológica individual. Informe final actividad 2. DRM-CSN-22-I3, Mercè Ginjaume Egido, Roberto Sánchez Casanueva, mayo 2022.
- [23] R. Sanchez, E Vano, J. M. Fernández, M Ginjaume, M.A. Duch, Measurements of eye lens doses in interventional cardiology using OSL and

- electronic dosimeters. *Radiat. Prot. Dosim.* Online January 23, 2014 doi:10.1093/rpd/nct368 (2014).
- [24] U. O'Connor, E. Carinou, I. Clairand, O. Ciraj-Bjelac, F. De Monte, J. Domienik-Andrzejewska, P. Ferrari, M. Ginjaume, H. Hrsak, O. Hupe, Z. Knezevic, M. Sans Merce, S. Sarmiento, T. Siiskonen, F. Vanhavere. Recommendations for the use of active personal dosimeters (APDs) in interventional workplaces in hospitals *Physica Medica* 87 (2021), 131-135.
- [25] Koukorava C, Farah J, Struelens L, et al. 2014. Efficiency of radiation protection equipment in interventional radiology: a systematic Monte Carlo study of eye lens and whole body doses. *Journal of Radiological Protection.* 34: 509-528.
- [26] V. García-Balcaza, A. Camp, R. M. Sánchez, M. Ginjaume, MA. Duch. Dose assessment with fast Monte Carlo codes in interventional radiology. enviado a *Radiation Protection Dosimetry* (2022).

Proyecto de I+d+i Estimaciones de dosis ocupacionales en cristalino
en instalaciones sanitarias y de investigación (EDOCI)

Colección Documentos I+D
29.2023