

Hacia un protocolo nacional para la evaluación del I-131 en situaciones de emergencia

Proyecto Meyer

i+d

Colección Documentos I+D 31.2025

**Hacia un protocolo nacional para la evaluación
del I-131 en situaciones de emergencia**

Proyecto Meyer

Hacia un protocolo nacional para la evaluación del I-131 en situaciones de emergencia

Proyecto Meyer

Convenio CSN-CIEMAT-TECNATOM

CIEMAT

Dosimetría Interna

IP: María Antonia López Ponte, Coordinación del proyecto

Juan Francisco Navarro Amaro, Begoña Pérez López, Inmaculada Sierra Bercedo

TECNATOM

Protección Radiológica y Dosimetría

Jesús Ruiz González – reemplazó a Estela García en la co-coordinación del proyecto, quien a su vez reemplazó a Borja Bravo

Javier Tenajas Polo

CSN

Subdirección de Protección Radiológica Operacional

Susana Pereira Cuesta – Supervisora del proyecto

María Dolores Rueda Guerrero – Asesora del proyecto (sustituyó a Ignacio Amor)

Colección: Documentos I+D
Referencia: DID-31.25

Copyright 2024, Consejo de Seguridad Nuclear
Edita y distribuye:
Servicio de Publicaciones
Consejo de Seguridad Nuclear
C/ Pedro Justo Dorado Dellmans, 11- 28040 Madrid
www.csn.es
peticiones@csn.es
Maquetación: Elisa Soria Climente

ÍNDICE

I. INTRODUCCIÓN	6
II. FASE 1 - PROCEDIMIENTO DE CALIBRACIÓN DE EQUIPOS PARA LA MEDIDA DE I-131 EN TIROIDES EN CASO DE EMERGENCIA RADIOLÓGICA Y NUCLEAR	10
II.1. Diseño y fabricación de maniqués tiroideos dependientes de la edad	11
II.2. Identificación de instalaciones y centros	16
II.3. Protocolo de calibración (v1). Fase 1	16
II.4. Inventario de equipos (v1). Fase 1	21
III. FASE 2.- VERIFICACIÓN Y VALIDACIÓN DEL PROCESO DE CALIBRACIÓN	22
III.1. Análisis de los resultados de la calibración de equipos de la fase 1	23
III.2. Identificación de instalaciones invitadas a la fase 2 para calibración y validación	51
III.3. Protocolo de calibración y validación (v2). Fase 2	53
III.4. Inventario de equipos (v2). Fase 2	59
III.5. Análisis de resultados de la calibración y validación de la fase 2	61
IV. PROTOCOLO DE CALIBRACIÓN Y MEDIDA DE I-131 EN TIROIDES EN POBLACIÓN EXPUESTA EN SITUACIÓN DE EMERGENCIA RADIOLÓGICA Y NUCLEAR	169
V. CONCLUSIONES	187
VI. ANEXOS	189

I. Introducción

El Consejo de Seguridad Nuclear (CSN) aprobó en el Pleno 1604 del día 17/11/2021 un convenio entre CSN, CIEMAT y la empresa TECNATOM para llevar a cabo el proyecto de I+D “Hacia un Protocolo Nacional para la evaluación del I-131 en situaciones de emergencia”. Este proyecto se ha gestado entre miembros de la Plataforma Nacional para la I+D en Protección Radiológica (PE-PRI) y se enmarca en el área de la protección radiológica de la dosimetría por exposición interna a consecuencia de la incorporación de material radiactivo al organismo.

El proyecto MEYER se puso en marcha en diciembre de 2021, tras la aprobación y firma del mencionado convenio, con una duración de 30 meses (dos años y medio). CIEMAT y TECNATOM solicitaron una prórroga de seis meses para la finalización del proyecto, que fue aceptada por el CSN, por lo que la fecha final de proyecto es el 12 de diciembre de 2024.

El objetivo de MEYER es la elaboración de un Protocolo Nacional para la determinación de I-131 en tiroides en población expuesta en situaciones de emergencia radiológica o nuclear, con adaptación de las capacidades nacionales para el rápido cribado de personas con contaminación interna de ^{131}I , en situaciones en las que hay un gran número de personas potencialmente expuestas. De ese modo, se mejora la capacidad de respuesta a emergencias nucleares o radiológicas, contribuyendo a la seguridad del público en este tipo de situaciones.

Se cumplen 36 meses de ejecución de esta propuesta de I+D. El proyecto MEYER ha permitido la colaboración científica entre el CIEMAT (organismo público de investigación), TECNATOM (industria nuclear) y el organismo regulador CSN. El equipo investigador, en noviembre de 2024 es como sigue:

1. CIEMAT – Dosimetría Interna

- IP: María Antonia López Ponte, *Coordinación del proyecto*
- Juan Francisco Navarro Amaro
- Begoña Pérez López
- Inmaculada Sierra Bercedo

2. TECNATOM – Protección Radiológica y Dosimetría

- Jesús Ruiz González – reemplazó a Estela García en la coordinación del proyecto, quien a su vez reemplazó a Borja Bravo
- Javier Tenajas Polo

3. CSN - Subdirección de Protección Radiológica Operacional

- Susana Pereira Cuesta – Supervisora del proyecto
- María Dolores Rueda Guerrero – Asesora del proyecto (sustituyó a Ignacio Amor)

La Comisión de Seguimiento del proyecto MEYER se estableció en la reunión inicial de diciembre de 2021 con un representante de cada una de las tres entidades implicadas en el proyecto, y a fecha de finalización del mismo está compuesta por:

- M^a Antonia López Ponte, por CIEMAT
- Jesús Ruiz González, por TECNATOM
- Susana Pereira Cuesta, por CSN

Las entidades colaboradoras del proyecto, que son universidades y hospitales de Cataluña, Valencia, Islas Baleares y País Vasco con sus investigadores asociados se presentan a continuación:

- HOSPITAL UNIVERSITARI I POLITÈCNICA LA FE, Valencia. Juan Ignacio Villaescusa, Juan Manuel Campayo, Irene Torres.
- HOSPITAL DE LA SANTA CREU I SANT PAU, Barcelona. Agustín Ruiz, Pablo Carrasco, Marta Barceló.
- UNIVERSIDAD DE BALEARES, Palma de Mallorca. Laura Ferrer, Antoni Borrás, Antoni Oliver.
- UNIVERSIDAD DEL PAÍS VASCO, Bilbao. Raquel Idoeta, Margarita Herranz, Natalia Alegría.
- UNIVERSIDAD DE VALENCIA, Laboratorio de Radiactividad Ambiental (LARAM). José Díaz, Clodoaldo Roldán, Mireia Simeo.

El Programa de trabajo se ha desarrollado en tres fases principales (de acuerdo con lo establecido en el convenio):

FASE 1

Desarrollo de un procedimiento de calibración de equipos, previo conocimiento del inventario de instalaciones, detectores y monitores que a nivel nacional puedan utilizarse para realizar medidas rápidas del I-131 en tiroides en personas que pudieran estar afectadas por efectos de la radiación derivada de una emergencia nuclear o radiológica.

1. Selección y definición de los maniqués y fuentes a utilizar.
2. Fabricación de los maniqués y adquisición de las fuentes.
3. Identificación de instalaciones y centros.
4. Realización de inventario de equipos de medida disponibles.
5. Definición de un protocolo de calibración.

FASE 2

Verificación y validación del proceso de calibración establecido, en los centros e instalaciones y con los equipos seleccionados a tal fin. Elaboración del Protocolo nacional para la medida rápida de I-131 en tiroides en población expuesta durante una situación de emergencia radiológica y nuclear.

1. Circulación de los maniqués entre los centros e instalaciones seleccionados.
2. Análisis de resultados de calibración.
3. Acciones correctivas.
4. Validación de las calibraciones realizadas. Circulación de los maniqués entre los centros e instalaciones seleccionados.
5. Análisis de los resultados de las calibraciones de los equipos y elaboración del protocolo nacional.

FASE 3

Cierre del proyecto, informe final y publicaciones.

El Plan de trabajo final fue como sigue:

FASE 1 (8 meses) - ENERO – AGOSTO 2022

1. Selección y definición de los maniqués y fuentes a utilizar. Enero 2022
2. Fabricación de los maniqués y adquisición de las fuentes. Febrero – mayo 2022.
3. Identificación de instalaciones y centros en base a lo especificado en el convenio (fase 1). Febrero – mayo 2022.
4. Inventario de equipos de medida disponibles para la calibración. Abril – julio 2022.
5. Definición de un protocolo de calibración. Junio – agosto 2022.
6. Simulación Monte Carlo de la respuesta de los detectores. SE DESCARTA.
7. Selección de los centros para la fase 2 – invitación y confirmación de su participación (hospitales, centrales nucleares, otros). Mayo 2023. Ejecutada durante la fase 2.

FASE 2 (16 meses) – SEPTIEMBRE 2022 – MAYO 2024

8. Circulación de los maniqués entre los centros e instalaciones seleccionados, mencionados en el convenio - Septiembre – diciembre 2022.
9. Análisis de resultados de calibración. Enero – mayo 2023
10. Conclusiones y acciones correctivas. Junio 2023.
11. Validación de las calibraciones realizadas. Circulación de los maniqués entre otros centros e instalaciones seleccionados (emplazamientos externos al convenio, campaña de calibración e intercomparación) – Octubre 2023- abril 2024.
12. Análisis de los resultados de las calibraciones de los equipos y de las validaciones. Elaboración del protocolo nacional. Previsión estimada mayo-octubre 2024.

FASE 3 (6 meses) – JUNIO - NOVIEMBRE 2024

13. Informe final completo de la fase 1 y de la fase 2. Protocolo nacional para la medida de I-131 en tiroides en emergencias.
14. Jornada divulgativa de presentación de resultados del proyecto (organizada por el CSN, CIE-MAT y TECNATOM, en la sede del CSN, con invitación a las entidades que han participado) – SE POSPONE A 2025

Durante el proyecto MEYER se han organizado las reuniones de trabajo siguientes:

- Reunión inicial de proyecto - diciembre 2021
- Reuniones técnicas – enero 2022, marzo 2022
- Reunión de TECNATOM con instituciones colaboradoras - 2022
- Reunión seguimiento de proyecto - junio 2022
- Reunión técnica, presentación de los maniqués – septiembre 2022
- Reunión de proyecto con las instituciones colaboradoras – octubre 2022
- Reunión seguimiento de proyecto – diciembre 2022
- Reunión técnica – febrero 2023
- Reunión seguimiento de proyecto - junio 2023
- Reunión técnica - noviembre 2023
- Jornada de presentación de resultados del proyecto en el CSN – marzo 2024
- Reunión de seguimiento de proyecto – octubre 2024

A continuación se presentan los resultados más relevantes del proyecto MEYER.

II. FASE 1

**Procedimiento de calibración de equipos
para la medida de I-131 en tiroides en
caso de emergencia radiológica y nuclear**

II.1.- Diseño y Fabricación de maniqués tiroideos dependientes de la edad

Se decidió fabricar los maniqués de tiroides en metacrilato, conforme a las especificaciones de la norma ANSI/HPS N13.44-2014, con un solo orificio cilíndrico para albergar la fuente. Se seleccionaron cuatro configuraciones: adulto, niños de 10 años, 5 años y 1 año. Se realizaron dos maniqués por geometría para disminuir los plazos en las campañas de calibración y validación de las calibraciones. Los viales se rellenaron de fuentes de I-131 simulado mediante Ba-133 y Cs-137. En total fue necesario disponer de una fuente para cada maniquí para la realización de las calibraciones: ocho viales. Además fueron necesarias dos fuentes adicionales para los maniqués de adulto y 5 años para la fase 2 de verificación y validación: cuatro viales.

Toda la información sobre el diseño y fabricación de los maniqués tiroideos se detallan en el primer entregable del proyecto, que es el informe “Maniqués de cuello-tiroides para calibración de radioyodos en tiroides en población expuesta internamente a radiaciones ionizantes”, B. Pérez, I. Sierra, J.Fco. Navarro.

Maniqués de cuello-tiroides

Se han diseñado cuatro tipos de maniqués: adulto, niños de 10 años, 5 años y 1 año. Se han fabricado dos maniqués para cada edad, por tanto, dos familias de maniqués, que permiten realizar dos rutas de calibraciones y validaciones y reducir así los tiempos de estas tareas en el proyecto.

La fabricación de dos familias consistentes en cuatro maniqués simuladores de cuello y tiroides de niños de 1, 5 y 10 años y adulto, se ha realizado en dos fases:

Diseño

Los maniqués se han diseñado conforme a las especificaciones de la nueva norma de tiroides ANSI/HPS N13.44-2014, con un solo orificio cilíndrico para albergar la fuente, tal y como indica la figura 1.

El material utilizado en la fabricación de los maniqués es metacrilato. Este material es un simulador de tejido blando en cuanto a densidad y coeficiente de atenuación.

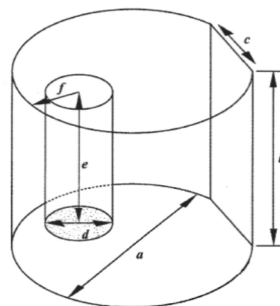


Figura 1: Maniqué de tiroides especificado en la nueva norma ANSI.

Los maniqués de niños consisten en un cilindro con una oquedad lateral en la que se introduce una pieza portadora del simulador de tiroides que contiene el vial de la fuente radiactiva (véase figura 2). La parte posterior del cilindro está truncada para que este se pueda poner en posición tumbado y no permita la movilidad del mismo. El tamaño de cada maniquí de cuello-tiroides se ha diseñado teniendo en cuenta las dimensiones reales de los niños, en cuanto el diámetro de cuello y el espesor de cubretiroides según estudios realizados en la tesis doctoral “Determinación de exposición interna por incorporación de emisores de rayos X y gamma en escenarios de emergencia nuclear (industria nuclear y medición nuclear)” (Pérez López, 2018; 2019).

Los espesores del cubretiroides se calcularon en cada caso para producir una atenuación similar al tejido blando de los fotones en energías similares a las de emisión de I-131.

El tamaño de la oquedad depende del tamaño del vial que se utiliza como simulador del tiroides. En el diseño de esta oquedad, se tiene en cuenta la posibilidad de introducir una placa metálica de 1 mm de espesor para que haga de blindaje reduciendo la detección de las emisiones de rayos X presentes en los radionucleidos de Ba-133 y Cs-137 que simulan el I-131.

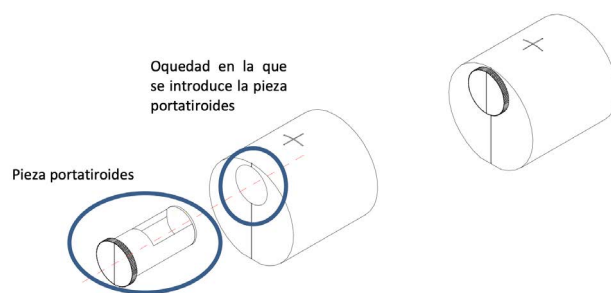


Figura 2: Diseño de maniqués de niños.

La pieza portatiroides tiene un espacio en que se ubican los viales, está adaptado a las dimensiones de cada vial. Además, se ha dejado una holgura de 2 mm en el diámetro de la pieza para poder poner un blindaje metálico de 1 mm de espesor en caso de querer reducir los rX que producen algunos radionucleidos como Ba-133 y Cs-137 en energías bajas.

En el caso del cuello de adulto, el diseño se ha realizado con una cavidad lateral en la que se introduce directamente el vial, en el agujero se tapa con un tapón del mismo material. Las dimensiones del maniquí están basadas en la norma ANSI/HPS N13.44-2014.

Las dimensiones de cuellos de los niños y adulto en cuanto al diámetro y espesor del cubretiroides se muestran en la tabla 1.

Edad	Perímetro (mm)	ϕ cilindro grande (mm)	H cilindro grande (mm)	ϕ cilindro pequeño (mm)	H cilindro pequeño (mm)	Espesor de cubretiroides (mm)
1 año	220 ± 2	71,0 ± 0,5	71,0 ± 0,5	21,0 ± 0,5	63,0 ± 0,5	2,1 ± 0,5
5 años	260 ± 3	82,0 ± 0,5	82,0 ± 0,5	23,0 ± 0,5	72,0 ± 0,5	3,0 ± 0,5
10 años	300 ± 4	95,0 ± 0,5	95,0 ± 0,5	24,0 ± 0,5	79,0 ± 0,5	4,2 ± 0,5
Adulto ANSI 13.44	410 ± 5	127,0 ± 0,5	127,0 ± 0,5	50,0 ± 0,5	100,0 ± 0,5	5,0 ± 0,5

Tabla 1. Dimensiones de los cuellos para cada edad

Fabricación

Los diseños de los maniqués están realizados con el *software* Autocad con el objetivo de enviárselo a talleres generales del CIEMAT para su posterior fabricación.

La pieza principal con la oquedad está fabricada en una sola pieza. El portatiroides, sin embargo, consiste en tres piezas para facilitar el tallado del hueco en el que se tiene que introducir el tiroides.

En el proceso de fabricación primero se elaboró una primera familia y cuando se verificó que todo estaba correcto, se procedió a la fabricación de la segunda familia.

Simulador de tiroides

Los tamaños de los simuladores de tiroides están basados en los recomendados en la publicación ICRP 89(ICRP, 2002). Son diferentes para cada edad, además se tiene en cuenta la densidad del tejido blando de la glándula tiroidea, y están dados en la tabla 2.

	1 año	5 años	10 años	Adulto
Masa (mg)	1.8	3.4	7.9	20
Vol (mL)	1.7	3.2	7.52	19.05

Tabla 2. Masas de tiroides según la publicación ICRP 89

La capacidad del vial debe ser suficiente como para introducir la fuente radiactiva líquida sin que haya ningún derrame y lo más ajustada posible a los volúmenes de cada caso.

La fuente radiactiva simulada de I-131 está dada por Ba-133 y Cs-137. Las emisiones energéticas gamma del Ba-133 y Cs-137 son similares a las del I-131, pero con la ventaja de tener mayor periodo de semidesintegración (ver tabla 3), y por tanto poder ser utilizadas en toda la campaña de calibración.

¹³¹ I (8.01 d)		¹³³ Ba (10.51 y)		¹³⁷ Cs (30.07 y)	
E (keV)	Ie (%)	E (keV)	Ie (%)	E (keV)	Ie (%)
80.185	2.62	80.9971	34.06		
284.305	6.14	276.398	7.164	283.53	0.00058
364.489	81.7	356.017	62.05		
636.989	7.17	160.613	0.645	661.657	85.1

Tabla 3. Emisiones energéticas gamma de I-131 y del simulador Ba-133 y Cs-137

Preparación de los viales

El 19 de mayo de 2022 se prepararon, por pesada, los viales correspondientes a dos juegos de maniqués tiroideos, correspondientes a niños de 1, 5, 10 años y persona adulta. Se dispone de una fuente patrón de Ba-133 y Cs-137 de referencia FRC-2022-00719 con las siguientes actividades certificadas por el Laboratorio de Metrología de Radiaciones Ionizantes (LMRI) del CIEMAT (ref. certificado I1150/LMRI/RN/4891-S):

Ba-133: $406,9 \pm 8,2$ kBq ($k = 2$)

Cs-137: $45,8 \pm 0,9$ kBq ($k = 2$)

Fecha y hora de referencia: 03/05/2022 12:00

La cantidad teórica (expresada en términos de volumen) de la fuente patrón y el ácido añadido (HCl 0,1M) en cada uno de los viales se muestra en la tabla 4.

Edad	Patrón (µL)	Ácido (mL)
Niño 1 año	194,6	1,505
Niño 5 años	367,6	2,832
Niño 10 años	854,2	6,666
Adulto	2162,4	16,888

Tabla 4. Cantidad teórica de la fuente patrón

La pesada del patrón y ácido se realizó en la balanza de precisión marca SARTORIUS modelo BP210D y código de equipo EQ-BIO-007. La calibración vigente a fecha de preparación de los viales fue realizada por la empresa externa METTLER TOLEDO el 6 de mayo de 2021 (referencia del certificado de calibración ES0237-013-050621-ACC-ES).

Los valores de las pesadas realizadas, así como de las concentraciones de Ba-133 y Cs-137 en cada vial son las mostradas en la tabla 5 y la tabla 6.

Edad	Patrón (g)	Total (g)	Act. ¹³³ Ba (Bq/g)	Act. ¹³⁷ Cs (Bq/g)	Act. ¹³³ Ba (Bq)	Act. ¹³⁷ Cs (Bq)
Niño 1 año	0,19458	1,69877	2354,23	265,49	3999,29	451,00
Niño 5 años	0,36385	3,18958	2344,63	264,40	7478,38	843,34
Niño 10 años	0,84533	7,28921	2383,59	268,80	17374,46	1959,32
Adulto	2,15172	19,0811	2317,75	261,37	44225,30	4987,30

Tabla 5. Actividades de los viales correspondientes a la primera familia de maniqués

Edad	Patrón (g)	Total (g)	Act. ¹³³ Ba (Bq/g)	Act. ¹³⁷ Cs (Bq/g)	Act. ¹³³ Ba (Bq)	Act. ¹³⁷ Cs (Bq)
Niño 1 año	0,19488	1,69368	2364,94	266,70	4005,46	451,70
Niño 5 años	0,36351	3,16676	2359,32	266,06	7471,39	842,55
Niño 10 años	0,84407	7,47295	2321,51	261,80	17348,56	1956,40
Adulto	2,14724	18,83559	2343,08	264,23	44133,22	4976,91

Tabla 6. Actividades de los viales correspondientes a la segunda familia de maniqués

La concentración de actividad de Ba-133 y Cs-137 y su incertidumbre asociada en los dos juegos de familia de maniqués preparados son los de la tabla 7 y la tabla 8.

Edad	¹³³ Ba		¹³⁷ Cs	
	Conc. Disoluc. final C _f (Bq)	Incert. Disoluc. final u _{Cf} (Bq)	Conc. Disoluc. final C _f (Bq)	Incert. Disoluc. final u _{Cf} (Bq)
Niño 1 año	3999,29	80,82	451,00	8,89
Niño 5 años	7478,38	150,83	843,34	16,59
Niño 10 años	17374,46	350,19	1959,32	38,51
Adulto	44225,30	891,27	4987,30	98,01

Tabla 7. Concentración de actividad de Ba-133 y Cs-137 para la primera familia de maniqués

Edad	¹³³ Ba		¹³⁷ Cs	
	Conc. Disoluc. final C _f (Bq)	Incert. Disoluc. final u _{Cf} (Bq)	Conc. Disoluc. final C _f (Bq)	Incert. Disoluc. final u _{Cf} (Bq)
Niño 1 año	4005,46	80,94	451,70	8,90
Niño 5 años	7471,39	150,69	842,55	16,57
Niño 10 años	17348,56	349,67	1956,40	38,45
Adulto	44133,22	889,41	4976,91	97,80

Tabla 8. Concentración de actividad de Ba-133 y Cs-137 para la segunda familia de maniqués

La incertidumbre final relativa en cada vial de los dos juegos de maniqués preparados es del 2,02 %, siendo la mayor fuente de incertidumbre la procedente del patrón de calibración. Los viales llenados son ocho, un par por cada edad simulada.

Simulador de cuello-tiroides

Finalmente, se introducen los viales en sus correspondientes cuellos de metacrilato, de forma que simulan, tanto en dimensiones de los cuellos como en los tiroides, los cuellos de los niños de 1, 5, 10 años y adulto (ver figura 3).



Figura 3. Familias de cuellos

II.2. Identificación de instalaciones y centros

Se confirmó la participación de todas las entidades colaboradoras para la fase 1 de calibración de equipos:

- HOSPITAL UNIVERSITARI I POLITECNICA LA FE, Valencia.
- HOSPITAL DE LA SANTA CREU I SANT PAU, Barcelona.
- UNIVERSIDAD DE BALEARES, Palma de Mallorca.
- UNIVERSIDAD DEL PAÍS VASCO, Bilbao.
- UNIVERSIDAD DE VALENCIA, Laboratorio de Radiactividad Ambiental (LARAM).

II.3. Protocolo de Calibración (v1). Fase 1

El protocolo para la calibración de los equipos de las entidades del proyecto y organismos colaboradores se presentan a continuación:

Proyecto Meyer

“Hacia un protocolo nacional para la evaluación del I-131 en población expuesta en situaciones de emergencia radiológica o nuclear”

CONVENIO CSN - CIEMAT - TECNATOM

PROTOCOLO DE CALIBRACIÓN (V1)

I. Introducción

El objetivo de este protocolo es la calibración de equipos espectrométricos y no espectrométricos para la medida de I-131 en tiroides de la población expuesta (miembros del público de diferentes

grupos de edad) en la fase temprana de una emergencia radiológica o nuclear, con el fin de realizar un cribado rápido de los individuos expuestos.

II. Fuente de calibración: maniquí cuello y vial simulador tiroides activo (adulto y niños)

Las fuentes de calibración consisten en un conjunto de maniqués cuello-tiroides monolobulares tipo ANSI N13.44 de metacrilato, representando a diferentes grupos de edad (hombre adulto y niños de 1, 5 y 10 años), diseñados y fabricados en el CIEMAT. Cada maniquí tiene un orificio cilíndrico en la parte superior en cuyo interior se introduce un vial de plástico simulador de la glándula tiroides con volúmenes conforme a las recomendaciones de la publicación ICRP 89, y una disolución líquida con actividad conocida de Ba-133 y Cs-137 (proporción 1:0.11) que se utiliza como simulador del espectro del I-131 (tabla 1).

Isótopo	T _{1/2}	E (KeV)	Ie (%)	Isótopo	T _{1/2}	E (KeV)	Ie (%)
¹³¹ I	8 d	80.2	2.60	¹³³ Ba	10.5 a	81.0	36.00
		284.3	6.10			276.0	7.16
						302.85	18.33
		364.5	81.20			356.01	62.05
						383.85	8.94
		636.99	7.17	¹³⁷ Cs	30.1 a	661.65	85.1

Tabla 1 (Protocolo).- Emisiones e intensidades del ¹³¹I, ¹³³Ba y ¹³⁷Cs

Se dispone de dos conjuntos idénticos de dichos maniqués tiroideos que serán utilizados en las distintas fases del proyecto. En la tabla 2 se muestran las actividades de referencia de los diferentes viales que se utilizarán para la calibración (19/05/2022). Las fuentes radiactivas utilizadas en la preparación de los viales tienen certificado de calibración del LMRI (Laboratorio Nacional de Metrología de Radiaciones Ionizantes – CIEMAT)

Maniquí 1	Actividad Ba-133 (Bq)	Actividad Cs-137 (Bq)
Adulto	44225,30 ± 891,27	4987,30 ± 98,01
Niño 10 años	17374,46 ± 350,19	1959,32 ± 38,51
Niño 5 años	7478,38 ± 150,83	843,34 ± 16,59
Niño 1 año	3999,29 ± 80,82	451,00 ± 8,89
Maniquí 2	Actividad Ba-133 (Bq)	Actividad Cs-137 (Bq)
Adulto	44133,22 ± 889,41	4976,91 ± 97,80
Niño 10 años	17348,56 ± 349,67	1956,40 ± 38,45
Niño 5 años	7471,39 ± 150,69	842,55 ± 16,57
Niño 1 año	4005,46 ± 80,94	451,70 ± 8,90

Tabla 2 (Protocolo). Maniqués cuello-tiroides proyecto MEYER a fecha 19/05/2022

III. Geometría de calibración

Con el objetivo de armonizar los procedimientos de calibración para los equipos espectrométricos y no espectrométricos y establecer un protocolo robusto para la evaluación de I-131 en tiroides en la fase temprana de la emergencia, se propondrán geometrías de calibración diferentes en función del tipo de equipo de medida, según tres categorías: equipos espectrométricos, no espectrométricos y gammacámaras. La geometría de calibración debe de ser reproducible y realista en este tipo de escenarios (confortable para las personas medidas, estable, tiempos cortos de medida, etc.).

Se priorizará la medida del individuo de pie o sentado (posición vertical del maniquí cuello- tiroides), salvo en el caso de las gammacámaras y en el contador DIYS en los que el individuo estará tumbado (posición horizontal del maniquí cuello-tiroides).

El procedimiento de calibración será diferente dependiendo del equipo.

- **Equipos no espectrométricos (monitores de contaminación, radiómetros, ...):**

- Abrir la ventana del equipo (si la tuviera).
- Maniquí cuello-tiroides en posición vertical.
- Colocar el equipo de medida vertical frente al maniquí y centrar la ventana al centro del tiroides.
- Se realizarán las calibraciones a dos distancias “cuello-tiroides”- detector de 5 y 10 cm.
- Previo a las medidas de calibración se recomienda hacer una medida de fondo para calcular el factor de calibración restando la contribución del fondo ambiental.



- **Gammacámaras:**

- Las medidas se realizarán sin colimador.
- El maniquí cuello- tiroides se posiciona en posición horizontal (tumbado). Se centrará el detector sobre el vial del cuello-tiroides.
- Se debe utilizar una única ventana de energía alrededor de 356 keV (correspondiente al fotopico del Ba-133).
- Se realizarán las calibraciones a dos distancias “cuello-tiroides” - detector de 10 y 15 cm.



- **Equipos espectrométricos:**

a. Maniquí cuello-tiroides en posición vertical u horizontal según la geometría habitual de medida.

b. Se posiciona el detector sobre el centro del simulador de tiroides a la distancia de calibración.

c. Se realizarán las calibraciones a dos distancias “cuello-tiroides”- detector de 5 y 10 cm.

d. Si el dispositivo tiene unas características singulares que no permite medir en estas distancias, hay que informar de la distancia en la que se ha realizado.



IV. Procedimiento para el cálculo de los factores de calibración

Se recomienda determinar tiempo de medida t (s) en función de la estadística de contaje. Los procedimientos de calibración varían ligeramente en función de la categoría del equipo.

- **Equipos no espectrométricos.**

- Medida de cuentas del fondo sin maniquí.
- Medida de cuentas con el maniquí cuello-tiroides.
- Resta del fondo en la medida obteniendo cuentas netas.

- **Gammacámaras sin colimador en la ventana de energía definida.**

- Definir la ventana de energía.
- Medida de cuentas del fondo sin maniquí.
- Medida de cuentas con el maniquí cuello-tiroides.
- Resta del fondo en la medida obteniendo cuentas netas.

- **Equipos espectrométricos.**

- Definición de la Región de Interés (RoI) centrada en la energía principal del Ba-133 (*).
- Medida de cuentas del fondo sin maniquí.
- Medida de cuentas con el maniquí cuello-tiroides.
- Resta del fondo (si aplica) en la medida obteniendo cuentas netas.
(En caso de utilizar diferente RoI se debe especificar*

a. **Cálculo de la Eficiencia (cps/Bq) - todos los equipos -**

La eficiencia de detección depende de la geometría de calibración. Para cada geometría hay una eficiencia diferente, por lo que es importante que la geometría sea reproducible en la medida real de una persona.

La eficiencia se obtiene a partir de la relación del número de cuentas netas (restando la contribución del fondo ambiental) en el tiempo de medida t (s), y la actividad (A_{ref}) de la fuente de calibra-

ción (viales con Ba-133 y Cs-137 simuladores de la glándula tiroides para cada grupo de edad). La actividad de referencia estará corregida por decaimiento radiactivo a la fecha de medida, a partir de los valores de la tabla 1.

$$Ef\left(\frac{cps}{Bq}\right) = \frac{N^{\circ}cuentas/t(s)}{Aref(Bq)} = \frac{[cps]}{[Bq]}$$

b. Estimación de la sensibilidad del equipo (LD/AMD)

Una vez calibrado el equipo y calculado el factor de calibración (Ef) se procede a calcular el límite de detección (LD) o actividad mínima detectable (AMD) de acuerdo al procedimiento característico de cada equipo en cada laboratorio. Para dicho cálculo, se realizarán medidas con el maniquí cuello-tiroides blanco, en la misma geometría y características que la medida de calibración.

V. Tabla de resultados y descripción del método, incluyendo herramienta/software de análisis

Se enviará el formato de resultados que recibe cada laboratorio con el protocolo.

VI. Referencias

- International Commission of Radiological Protection. Basic Anatomical and Physiological Data for Use in Radiological Protection Reference Values. ICRP Publication 89. Ann. ICRP 32 (3-4). 2002.
- ANSI/HPS N13.44. Thyroid Phantom Used in Occupational Monitoring. 2014
- Isaksson, M., Fojtík, P., Navarro, J.F., Oško, J., Perez, B., 2007. OPERRA Deliverable D5.26. CAThyMARA report: Report of WP4 about inter-comparison results for non-trained responders. <https://www.researchgate.net/project/CAThyMARA-Child-and-Adult-Thyroid-Monitoring-After-Reactor-Accident-OPERRAProject-number-604984>.
- Navarro JF, Pérez B, López MA, Plaza R, Aza Z, Plaza R. Calibración de gammacámara SPECT/CT para la medida in vivo de I-131 en tiroides de la población expuesta en situaciones de emergencia nuclear o radiológica. Revista: RADIOPROTECCIÓN N° 97, marzo 2020.
- B. Pérez López, J. F. Navarro, M. A. López Ponte. Methodology at CIEMAT whole body counter for in vivo monitoring of radioiodine in the thyroid of exposed population in case of nuclear emergency. Revista: Radiation Protection Dosimetry. Diciembre 2018. DOI: <https://doi.org/10.1093/rpd/ncy045>

II.4. Inventario de equipos (v1). Fase 1

TECNATOM elaboró una ficha de equipos que se envió a las entidades colaboradoras de la fase 1, que permitió realizar un inventario de los equipos utilizados por estos laboratorios junto con CIEMAT y TECNATOM, para la calibración de I-131 en tiroides con los maniqués MEYER dependientes de la edad. Una tabla resumen se presenta a continuación.

Entidad colaboradora	Tipo de equipo de medida	Marca, modelo del equipo de medida
Universidad del País Vasco (Bilbao)	Radiámetro convencional	CANBERRA, Babyline 81 Portable Gamma and X-ray Doserate Meter/Dosimeter
	Radiámetro convencional	FLUKE, 451P-DE-9
	Espectrómetro portátil	MIRION, LaBr-1.5*1.5
Hospital Universitari i Politècnic La Fe (Valencia)	Gammacámara	Philips, Bright View XCT 1
	Gammacámara	Philips, Bright View XCT 2
	Espectrómetro portátil	ATOMTEX, AT1123
Universidad de Baleares (Palma de Mallorca)	Radiámetro convencional	LAMSE, MS6020-R
	Radiámetro convencional	LAMSE, CT15
Universidad de Valencia Laboratorio de Radiactividad Ambiental (LARAM)	Espectrómetro portátil	ORTEC, GEM 201900P
	Espectrómetro portátil	CANBERRA, 51B51/2M
Hospital de la Santa Creu i Sant Pau (Barcelona)	Gammacámara	PHILIPS, Bright View XCT
	Gammacámara	SIEMENS, Symbia Intevo Bold
	Monitor de contaminación	BERTHOLD, LB 124 ScintD
	Espectrómetro portátil	CAPINTEC, CAPTUS 2000
CIEMAT	Contadores de Radiactividad Corporal	CANBERRA, Fastscan
	Contadores de Radiactividad Corporal	CANBERRA, Broad Energy Germanium
	Monitor de contaminación	BERTHOLD, LB 124 ScintD
TECNATOM	Contadores de Radiactividad Corporal	HELGESON, Quicky
	Contadores de Radiactividad Corporal	HELGESON, DIYS

Tabla 9 – Listado de equipos de las entidades participantes en la fase 1 del proyecto MEYER

El inventario completo de equipos de la fase 1 se presenta en el anexo 1.

III. FASE 2

Verificación y validación del proceso de calibración

III.1.- Análisis de los resultados de la calibración de equipos de la fase 1

En agosto de 2023 se elabora el segundo entregable del proyecto, el informe CIEMAT/DR/DPI/05/2023 “Proyecto MEYER. Informe de resultados de calibración: Fase 1” de J. Fco. Navarro, B. Pérez, M.A. López, E. García, S. Pereira, que recoge los resultados de calibración de las entidades colaboradoras del proyecto, y el análisis de las eficiencias realizado por el CIEMAT, así como las incertidumbres y los límites de detección.

- **Participantes en FASE 1. Itinerario de calibración**

En la primera fase del proyecto han participado siete instituciones y se han calibrado 18 equipos.

Institución	Ciudad	Equipos
Laboratorio del Contador de Radiactividad Corporal (CIEMAT)	Madrid	Detector BEGe Contador FASTSCAN Monitor Berthold LB124
TECNATOM	S.Sebastián de los Reyes	Contador Quicky (Nal) Contador Diys (Nal)
Hospital de la Santa Creu i Sant Pau	Barcelona	Captador CAPTUS 2000 Gammacámara Siemens Gammacámara Philips Monitor Berthold LB124
Hospital Universitari i Politècnica La Fe de Valencia	Valencia	Gammacámara Siemens-1 Gammacámara Siemens-2 Espectrómetro Nal
Universidad País Vasco (UPV). Dpto. Ingeniería Energética, Escuela de Ingeniería de Bilbao	Bilbao	Detector LaBr3(Ce) Monitor FLUKE 451P-DE-SI Monitor Babyline 81
Universidad de Valencia	Valencia	Detector HPGe Detector Nal(Tl)
Universidad Islas Baleares	Palma (Islas Baleares)	Monitor multisonda MS6020

Tabla 10. Lista de participantes. Proyecto MEYER FASE 1

Se planificaron y realizaron dos circuitos paralelos con cada una de las familias de maniqués durante los meses de octubre, noviembre y diciembre de 2022.

Laboratorio / Organización	Dirección	Fecha llegada Dd/mm/aaaa	Fecha Salida dd/mm/aaaa
Laboratorio del Contador de Radiactividad Corporal. CIEMAT-Dosimetría Interna	Avda. Complutense 40, Edif. 34 28040 Madrid		Salida de CIEMAT a UPV 02/11/2022
Universidad del País Vasco.	Dpto. Ingeniería Energética. Escuela de Ingeniería de Bilbao. Plaza Ingeniero Torres Quevedo 1 48013 Bilbao	2/11/2022	17/11/2022
Hospital Universitari i Politecnica LA FE	Valencia	18/11/2022	9/12/2022
Hospital de la Santa Creu i Sant Pau	Sant Antoni Maria Claret 167 08025 Barcelona	12/12/2022	27/12/2022 Regreso a CIEMAT

Tabla 11. Itinerario Familia Maniqués MEYER 1 – FASE 1

Laboratorio / Organización	Dirección	Fecha llegada dd/mm/aaaa	Fecha Salida dd/mm/aaaa
TECNATOM	Avda. Montes de Oca 1 San Sebastián de los Reyes. Madrid	27/10/2022	17/11/2022
Universidad de Islas Baleares. Palma de Mallorca	Universitat de les Illes Balears – Edificio Mateu Orfila. Carretera de Valldemossa km 7.5, 07122 Palma	18/11/2022	9/12/2022
Universidad de Valencia. Laboratorio de Radiactividad Ambiental (LARAM)	Valencia	12/12/2022	27/12/2022 Regreso a CIEMAT

Tabla 12. Itinerario Familia Maniqués MEYER 2 – FASE 1

Resultados

Los participantes enviaron los resultados siguiendo el protocolo de calibración (anexo I) y completando los datos de acuerdo al formato de resultados del proyecto (anexo II). A continuación se muestra un resumen de los valores de eficiencia y límites de detección para cada equipo y cada una de las geometrías de calibración definidas.

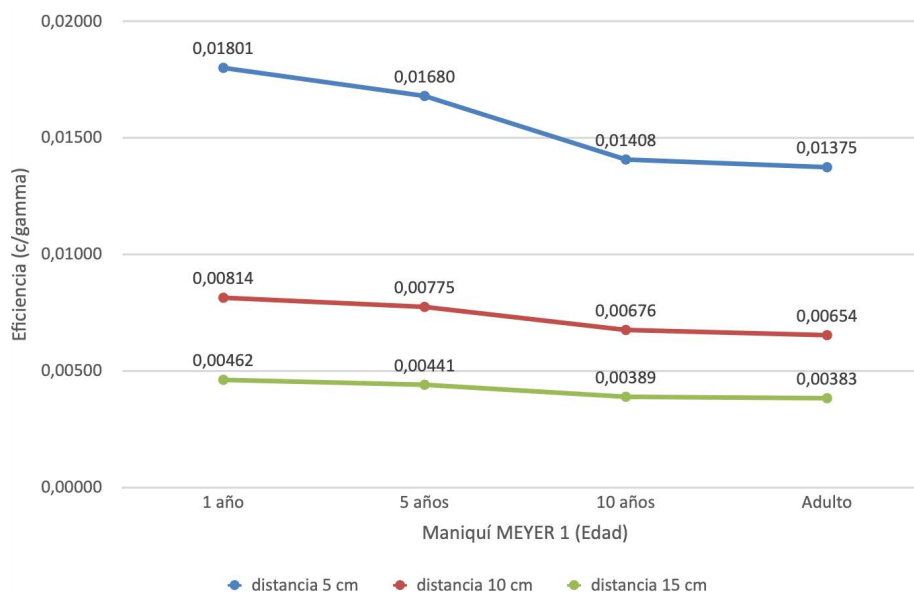
III.1.1. CIEMAT

Identificación (Familia)	Edad (Maniquí)	Distancia cuello-detector (cm)	Tmedida (s)	Eficiencia (c/Y)	Incertidumbre (c/Y)	LD (Ba-133) (Bq)(*)
MEYER1	1 año	5	1800	0,01801	0,00037	3,3
MEYER1	5 años	5	1800	0,01680	0,00034	3,8
MEYER1	10 años	5	1800	0,01408	0,00029	4,6
MEYER1	Adulto	5	1800	0,01375	0,00028	5,6
MEYER1	1 año	10	1800	0,00814	0,00017	6,1
MEYER1	5 años	10	1800	0,00775	0,00016	7,1
MEYER1	10 años	10	1800	0,00654	0,00014	9,2
MEYER1	Adulto	10	1800	0,00654	0,00013	11,9
MEYER1	1 año	15	1800	0,00462	0,00010	9,0
MEYER1	5 años	15	1800	0,00441	0,00009	5,6
MEYER1	10 años	15	1800	0,00389	0,00008	8,2
MEYER1	Adulto	15	1800	0,00383	0,00008	20,2

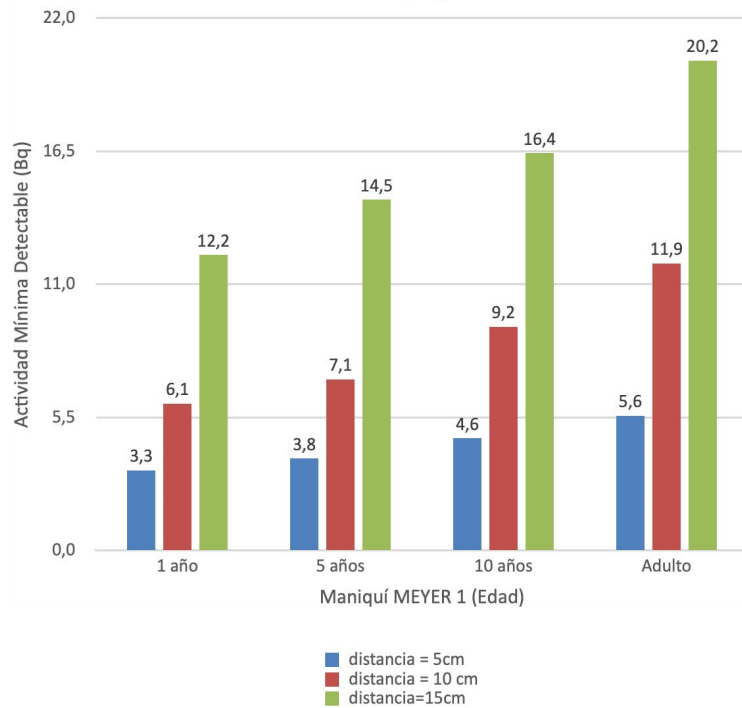
(*) Límite de detección Tc=600s

Tabla 13 - Sistema BEGe

Eficiencia sistema BEGe (Det1) en función de la distancia para calibraciones con maniqués de niños y adultos



Sistema BEGe Det 1 AMD Ba-133 (Bq). Tmed=600s

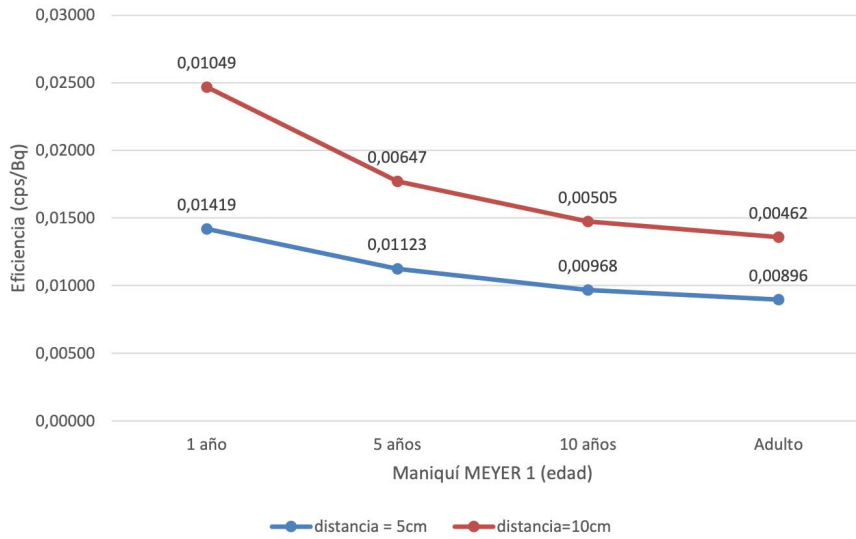


Identificación (Familia)	Edad (Maniquí)	Distancia cuello-detector (cm)	Tmedida (s)	Eficiencia cps/Bq	Incertidumbre (cps/Bq)	AMD (Bq) (*)
MEYER1	1 año	5	120	0.01419	0.00031	120.3
MEYER1	5 años	5	120	0.01123	0.00023	152.0
MEYER1	10 años	5	120	0.00968	0.00020	176.4
MEYER1	Adulto	5	120	0.00896	0.00017	190.4
MEYER1	1 año	10	120	0.01049	0.00024	154.9
MEYER1	5 años	10	120	0.00647	0.00014	250.9
MEYER1	10 años	10	120	0.00505	0.00010	321.5
MEYER1	Adulto	10	120	0.00462	0.00009	351.8

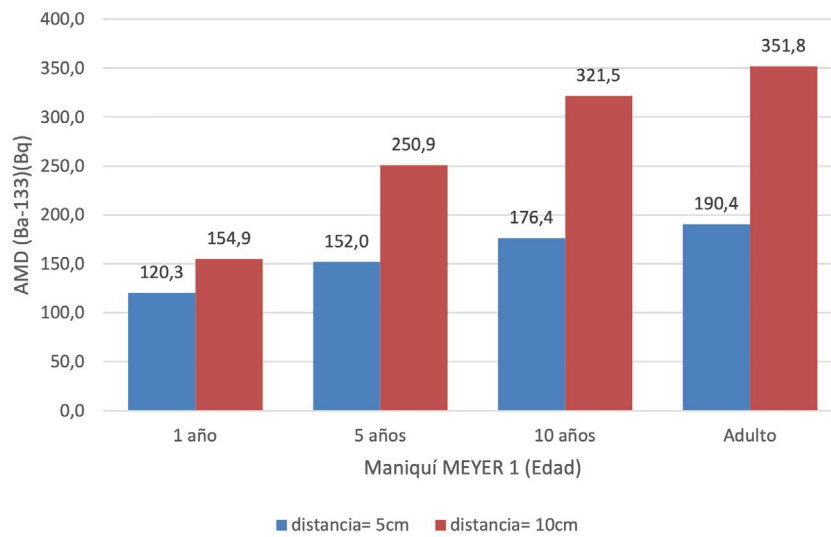
(*) AMD Tc=120s

Tabla 14 - Monitor Berthold LB 124

Eficiencia monitor Berthold LB 124 en función de la distancia para calibraciones con maniqués de niños y adultos



**Monitor Berthold LB 124
AMD. Tmed=120s**

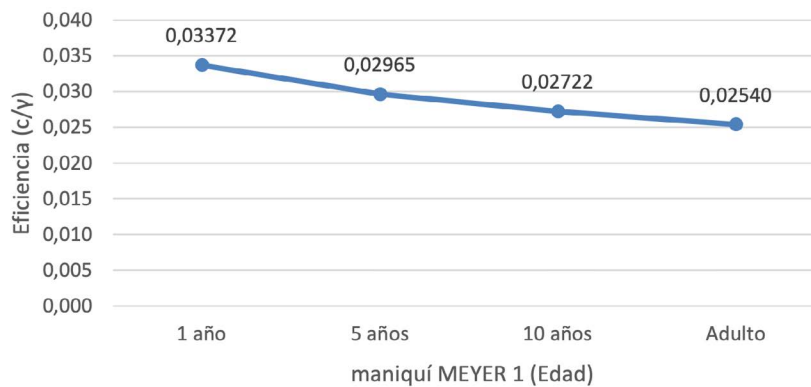


Identificación (Familia)	Edad (Maniquí)	Distancia cuello-detector (cm)	Tmedida (s)	Eficiencia (c/Y)	Incertidumbre (cps/Bq)	LD (Bq) (*)
MEYER1	1 año	14	300	0,03372	0,00118	63
MEYER1	5 años	14	300	0,02965	0,00082	72
MEYER1	10 años	14	300	0,02722	0,00065	74
MEYER1	Adulto	14	300	0,02540	0,00053	81

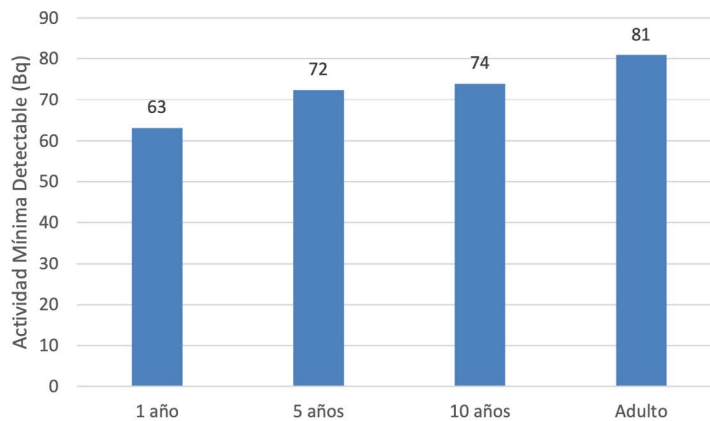
(*) LD Tc=300s

Tabla 15 - Contador FASTSCAN

Eficiencia sistema FastScan distancia 14 cm de niños y adultos



Contador Fastscan AMD Ba-133 (Bq). Tmed=300s



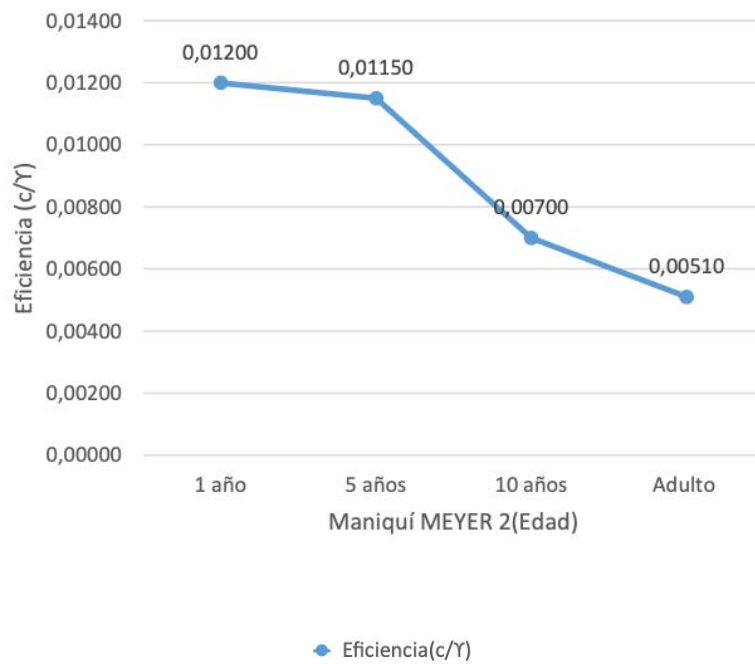
III. 1.2 TECNATOM

Identificación (Familia)	Edad (Maniquí)	Distancia cuello-detector (cm)	Tmedida (s)	Eficiencia (c/Y)	Incertidumbre (2σ(%))	LD (Bq) (*)
MEYER 2	1 año	10	3000	0.01200	2 %	57.7
MEYER 2	5 años	10	1800	0.01150	2 %	102
MEYER 2	10 años	14	1200	0.00700	2 %	209
MEYER 2	Adulto	14	900	0.00510	2 %	424

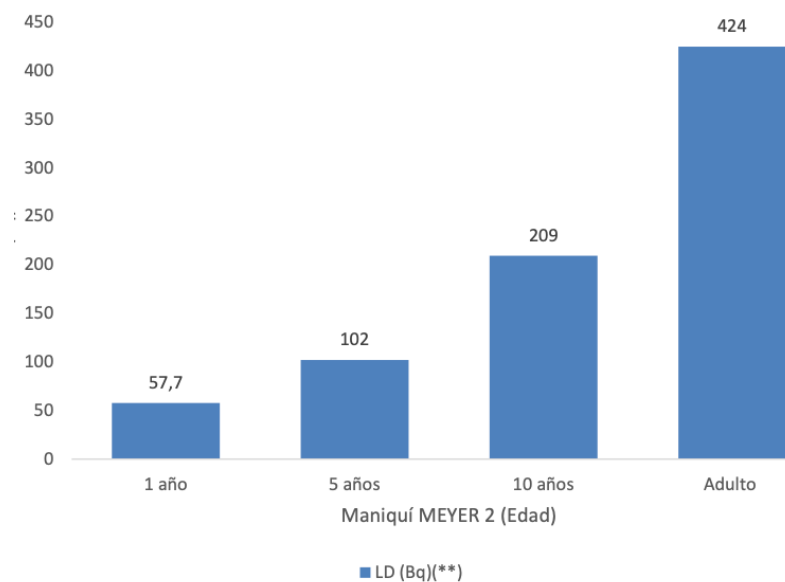
(*) LD Tc= 120s

Tabla 16- Sistema Quicky (NaI)

Eficiencia Quicky (NaI) para calibraciones con maniqués de niños y adultos



Sistema Quicky (NaI) LD (Ba-133) (Bq). Tmed=120s

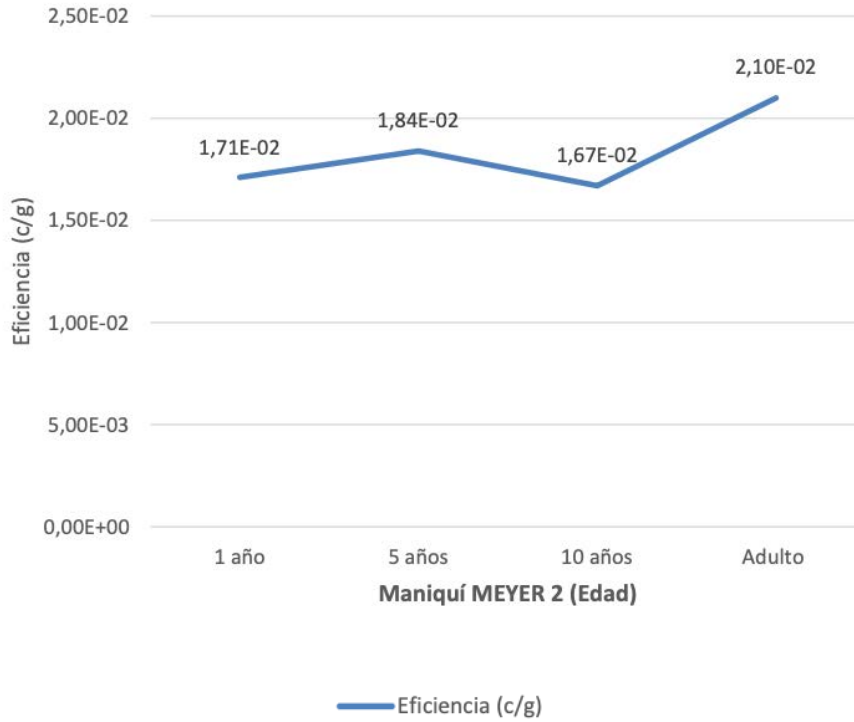


Identificación (Familia)	Edad (Maniquí)	Distancia cuello-detector (cm)	Tmedida (s)	Eficiencia (c/Y)	Incertidumbre (2σ(%))	LD (Bq) (*)
MEYER 2	1 año	14	2700	1.71E-02	3 %	28.6
MEYER 2	5 años	16.5	3500	1.84E-02	4 %	31.7
MEYER 2	10 años	19	700	1.67E-02	3 %	138
MEYER 2	Adulto	18	400	2.10E-02	4 %	233

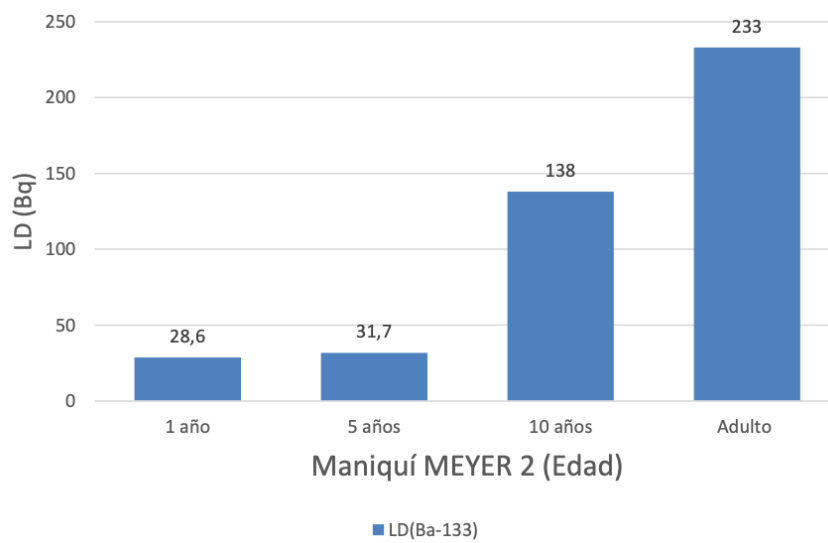
(*) LD Tc=480s

Tabla 17 - Sistema Diys (NaI)

Eficiencia Dys (Nal) para calibraciones con maniqués de niños y adultos



Sistema Dys (Nal) LD (Ba- 133) (Bq). T_{med}=480s



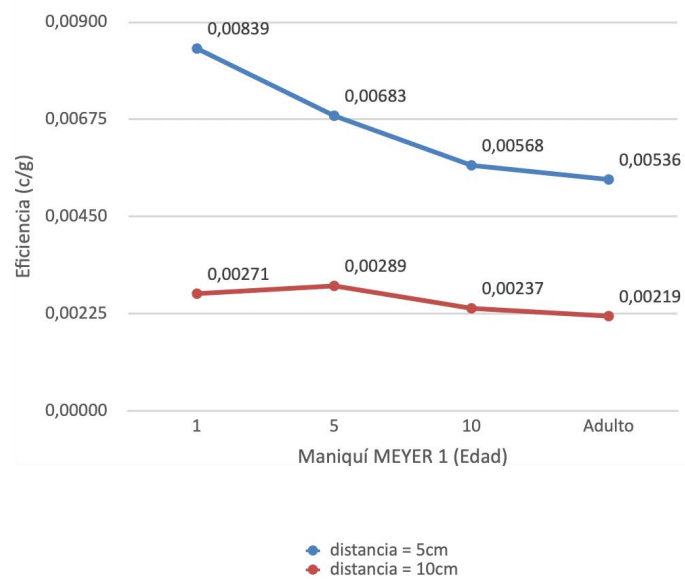
III. 1.3 UNIVERSIDAD PAIS VASCO (UPV)

Identificación (Familia)	Edad (Maniquí)	Distancia cuello-detector (cm)	Tmedida (s)	Eficiencia (c/Y)	Incertidumbre (2σ(%))	LD (Bq) (*)
MEYER1	1	5	450	0,00839	2,38 %	55,4
MEYER1	5	5	300	0,00683	2,33 %	83,2
MEYER1	10	5	200	0,00568	2,25 %	125,6
MEYER1	Adulto	5	70	0,00536	2,28 %	233,0
MEYER1	1	10	1500	0,00271	2,48 %	91,8
MEYER1	5	10	850	0,00289	2,32 %	118,2
MEYER1	10	10	400	0,00237	2,32 %	206,8
MEYER1	Adulto	10	160	0,00219	2,31 %	363,3

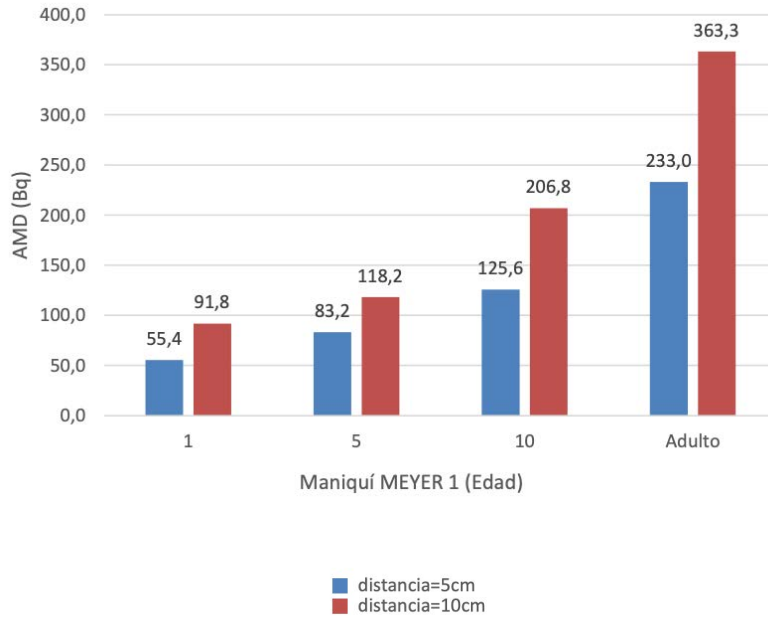
(*) LD Tc=600s

Tabla 18 - Detector LaBr3(Ce) + Osprey + Genie 2K

Eficiencia Detector LaBr3 (Ce) para calibraciones con maniqués de niños y adultos



Detector LaBr3 (Ce) AMD (Bq) Tc=600s

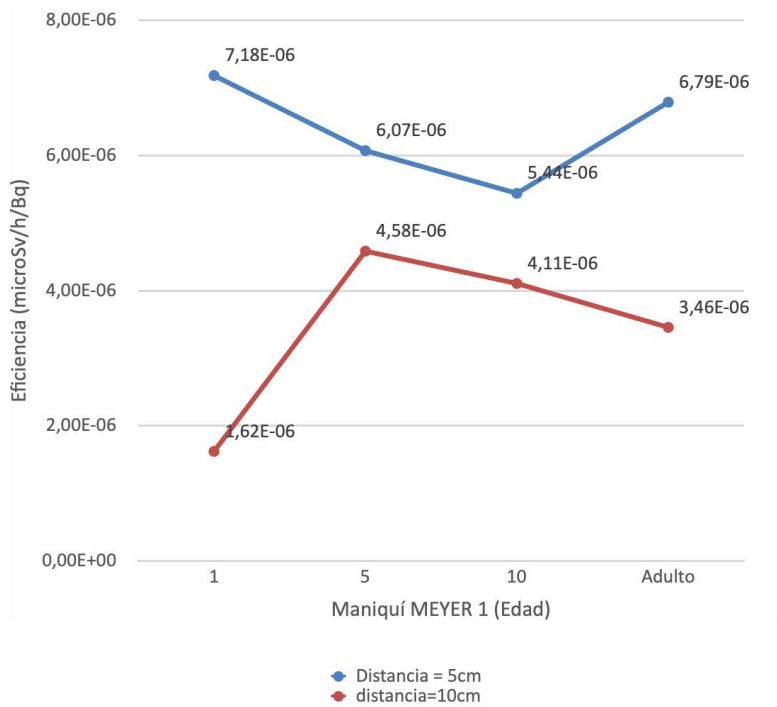


Identificación (Familia)	Edad (Maniquí)	Distancia cuello-detector (cm)	Tmedida (s)	Eficiencia $\mu\text{Sv/h/Bq}$	Incertidumbre (2σ)(%)	LD (Bq) (*)
MEYER1	1	5	60	7,18E-06	7,57 %	6413,8
MEYER1	5	5	60	6,07E-06	7,57 %	9197,0
MEYER1	10	5	60	5,44E-06	7,57 %	8040,7
MEYER1	Adulto	5	60	6,79E-06	7,57 %	6580,4
MEYER1	1	10	60	1,62E-06	7,57 %	25821,6
MEYER1	5	10	60	4,58E-06	7,57 %	9337,9
MEYER1	10	10	60	4,11E-06	7,57 %	9744,8
MEYER1	Adulto	10	60	3,46E-06	7,57 %	14267,5

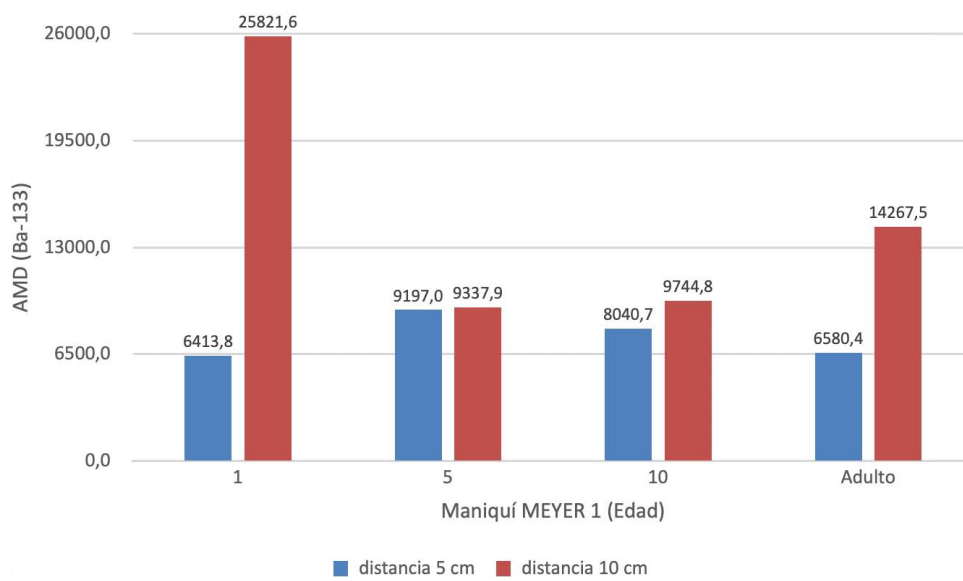
(*) LD Tc= 60s

Tabla 19 - Monitor FLUKE 451P-DE-SI

Monitor FLUKE 451P-DE-SI



AMD Monitor FLUKE 451P-DE-SI Tmed=60s

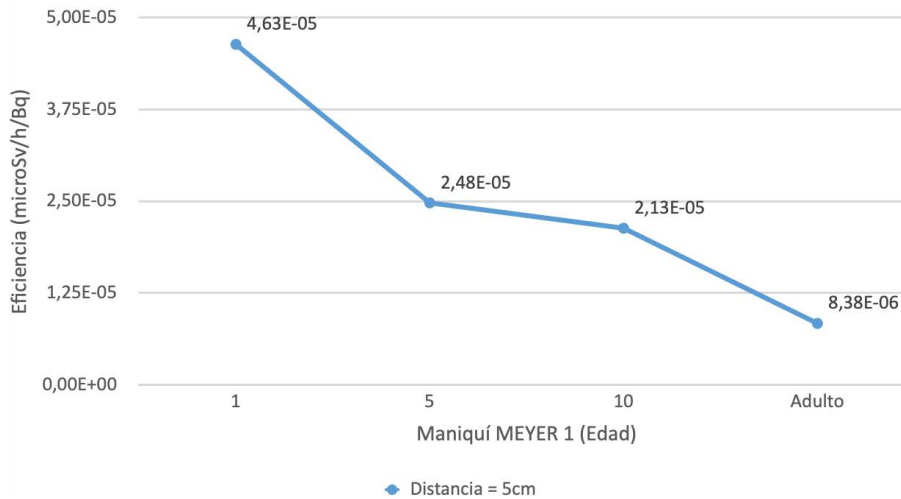


Identificación (Familia)	Edad (Maniquí)	Distancia cuello-detector (cm)	Tmedida (s)	Eficiencia $\mu\text{Sv/h/Bq}$	Incertidumbre (2σ %)	LD (Bq) (*)
MEYER1	1	5	60	4,63E-05	7,57 %	6413,8
MEYER1	5	5	60	2,48E-05	7,57 %	9197,0
MEYER1	10	5	60	2,13E-05	7,57 %	8040,7
MEYER1	Adulto	5	60	8,38E-06	7,57 %	6580,4

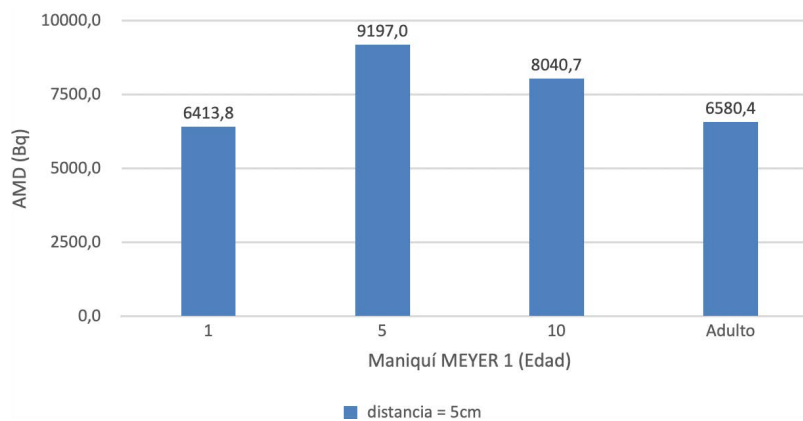
(*) LD Tc=60s

Tabla 20 - Monitor Babyline 81 (Canberra)

Eficiencia monitor Babyline 81 para calibraciones con maniqués de niños y adultos



Monitor Babyline 81 AMD (Ba-133) Tmed=60s

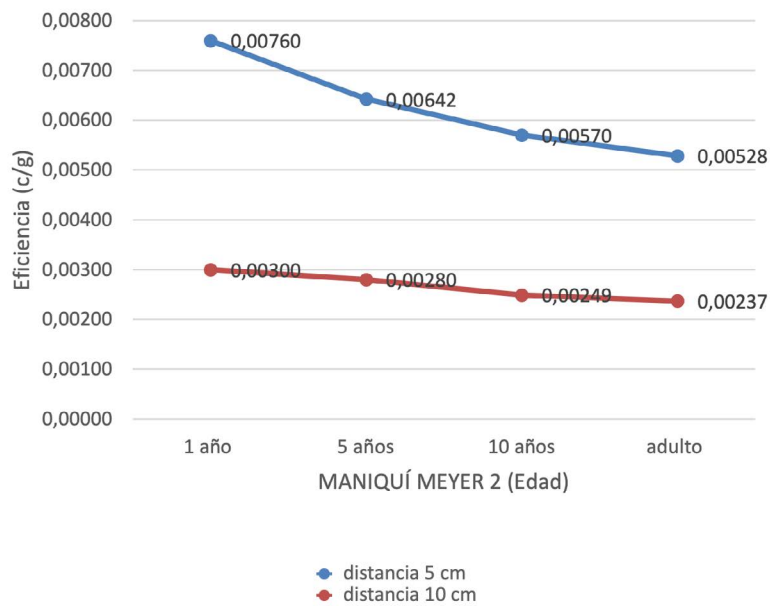


III. 1.4 UNIVERSIDAD VALENCIA

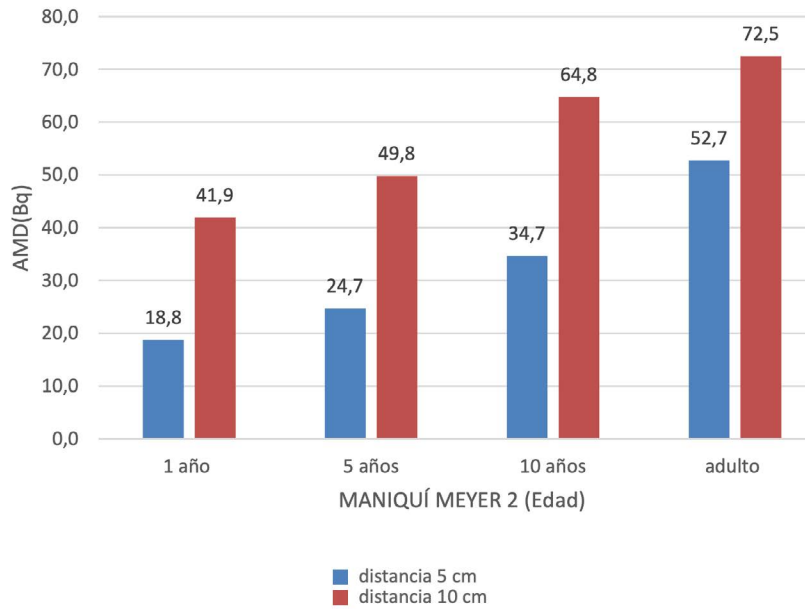
Identificación (Familia)	Edad (Maniquí)	Distancia cuello-detector (cm)	Tmedida (s)	Eficiencia c/Y	Incertidumbre (2σ(%))	LD (Bq) (*)
MEYER 2	1 año	5 cm	900	0.00760	4 %	18.8
MEYER 2	5 años	5 cm	900	0.00642	4 %	24.7
MEYER 2	10 años	5 cm	900	0.00570	4 %	34.7
MEYER 2	Adulto	5 cm	900	0.00528	4 %	52.7
MEYER 2	1 año	10 cm	900	0.00300	5 %	41.9
MEYER 2	5 años	10 cm	900	0.00280	4 %	49.8
MEYER 2	10 años	10 cm	900	0.00249	4 %	64.8
MEYER 2	Adulto	10 cm	900	0.00237	4 %	72.5

Tabla 21 - Detector de Germanio HPGe

Eficiencia Detector HPGe para calibraciones con maniqués de niños y adultos



Detector HPGe AMD Ba-133(Bq) Tmed=900s

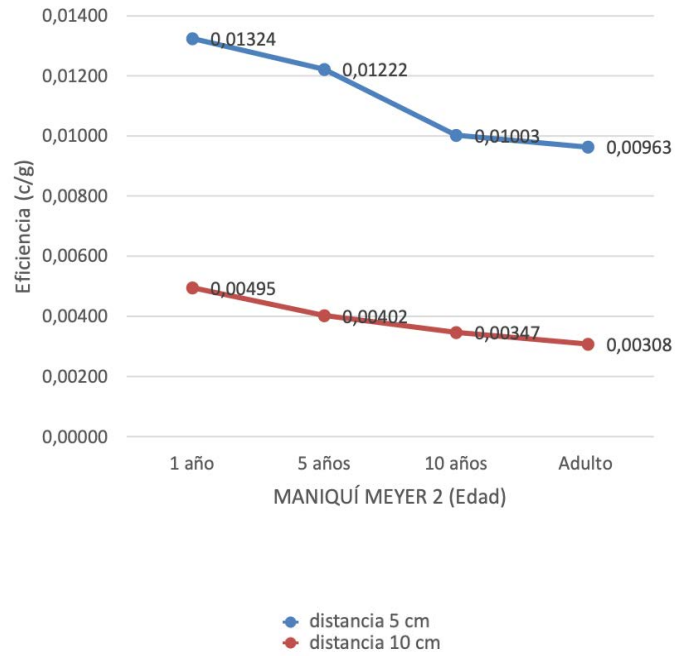


Identificación (Familia)	Edad (Maniquí)	Distancia cuello-detector (cm)	Tmedida (s)	Eficiencia c/Y	Incertidumbre (2σ(%))	LD (Bq) (*)
MEYER 2	1 año	5 cm	1200	0.01324	4 %	45.0
MEYER 2	5 años	5 cm	1200	0.01222	4 %	58.3
MEYER 2	10 años	5 cm	1200	0.01003	4 %	90.6
MEYER 2	Adulto	5 cm	1200	0.00963	4 %	141.0
MEYER 2	1 año	10 cm	1200	0.00495	5 %	102.4
MEYER 2	5 años	10 cm	1200	0.00402	4 %	134.0
MEYER 2	10 años	10 cm	1200	0.00347	4 %	155.5
MEYER 2	Adulto	10 cm	1200	0.00308	4 %	316.5

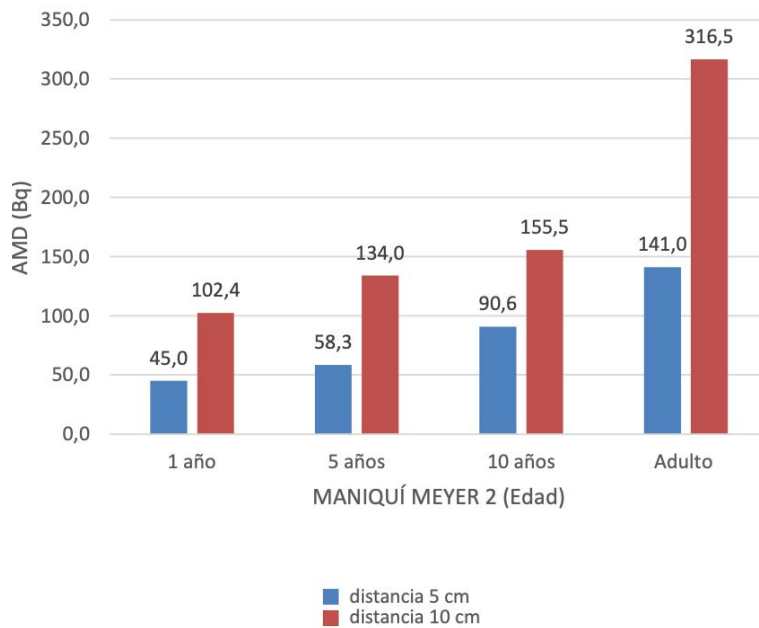
(*) LD Tc= 1200 s

Tabla 22 - Detector de NaI(Tl)

Eficiencia Detector Nal (TI) para calibraciones con maniqués de niños y adultos



Detector Nal (TI) AMD Ba-133(Bq) Tmed=1200s



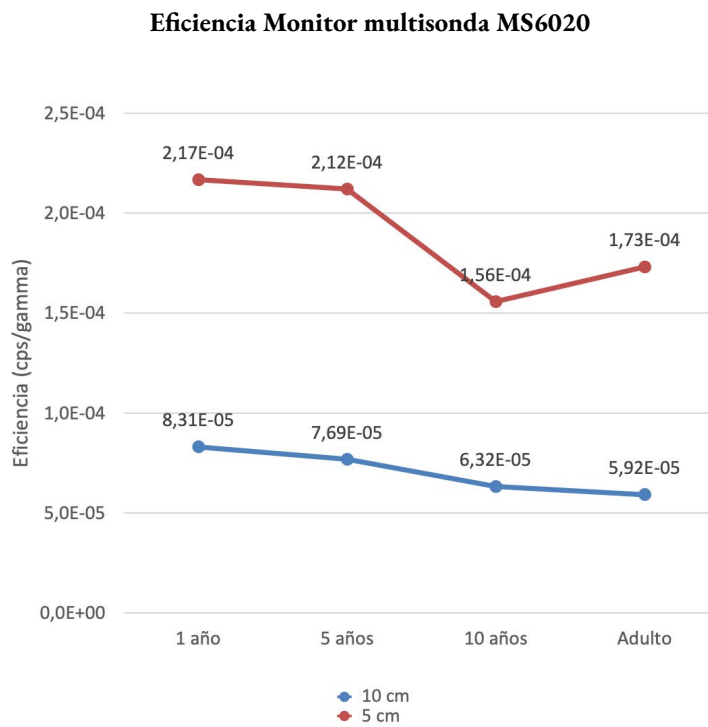
III. 1.5 UNIVERSIDAD ISLAS BALEARES

Detector no espectrométrico, con una sonda de contaminación C15. La familia de maniqués utilizada es MEYER 2.

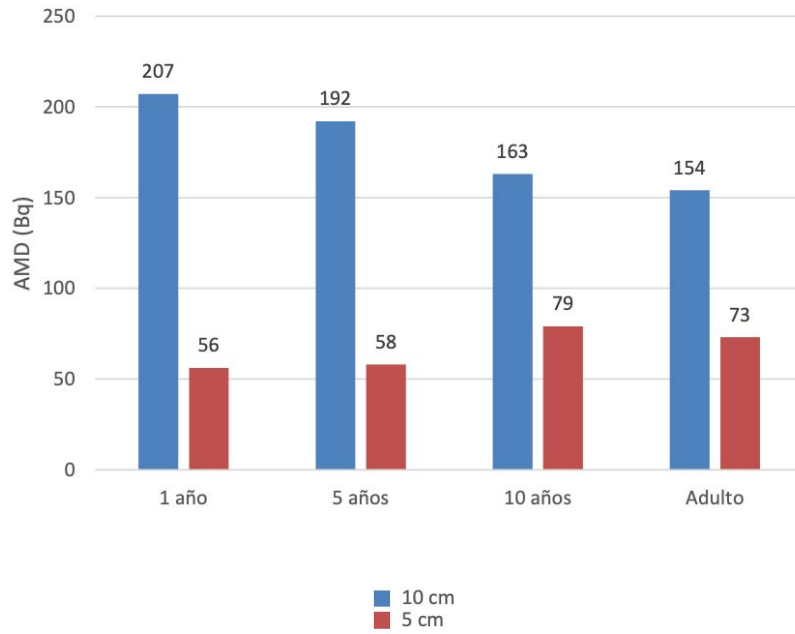
Identificación (Familia)	Edad (Maniquí)	Distancia cuello-detector (cm)	Tmedida (s)	Eficiencia cps/Bq	Incertidumbre (cps/Bq)	AMD (Bq) (*)
MEYER 2	1 año	10 cm	14400	8,31E-05	3,84E-06	207
MEYER 2	5 años	10 cm	9900	7,69E-05	3,06E-06	192
MEYER 2	10 años	10 cm	7200	6,32E-05	2,20E-06	163
MEYER 2	Adulto	10 cm	3600	5,92E-05	1,92E-06	154
MEYER 2	1 año	5 cm	14400	2,17E-04	3,84E-06	56
MEYER 2	5 años	5 cm	9900	2,12E-04	3,06E-06	58
MEYER 2	10 años	5 cm	7200	1,56E-04	2,20E-06	79
MEYER 2	Adulto	5 cm	1800	1,73E-04	5,34E-06	73

(*) AMD Tc= 300 s

Tabla 23 - Monitor multisonda MS6020



Monitor multisonda MS6020. AMD (Bq) Tc=600s



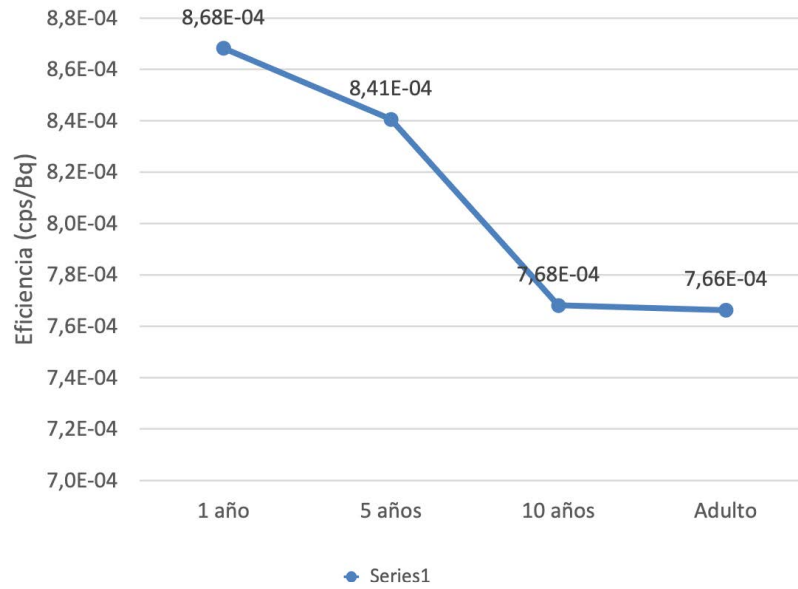
III. 1.6 HOSPITAL DE LA SANTA CREU I SANT PAU

Identificación (Familia)	Edad (Maniquí)	Distancia cuello-detector (cm)	Tmedida (s)	Eficiencia cps/Bq	Incertidumbre (cps/Bq)	AMD (Bq) (*)
MEYER1	1 año	25 cm	300	8,68E-04	4,95E-05	438
MEYER1	5 años	25 cm	300	8,41E-04	3,35E-05	445
MEYER1	10 años	25 cm	300	7,68E-04	2,24E-05	484
MEYER1	Adulto	25 cm	300	7,66E-04	1,81E-05	494

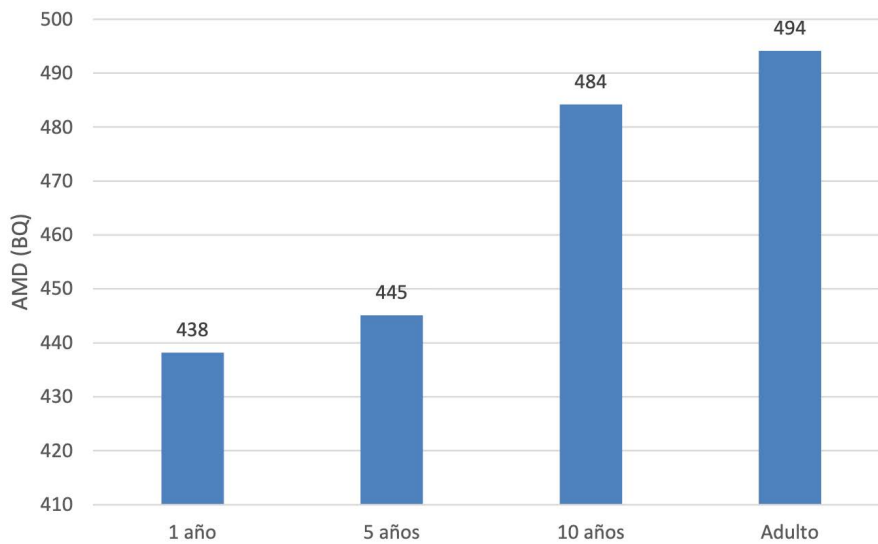
(*) AMD Tc= 300 s

Tabla 24.- Captador Capintec- CAPTUS 2000

Eficiencia CAPTUS 2000 para clibraciones de cuello-tiroides de niño y adulto



CAPTUS 2000. AMD (Tc=300s)

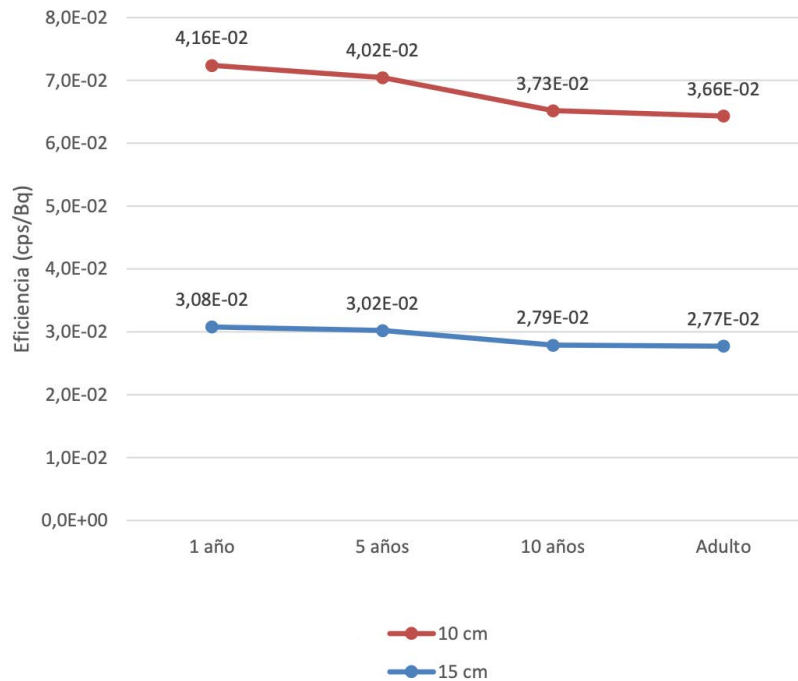


Identificación (Familia)	Edad (Maniquí)	Distancia cuello-detector (cm)	Tmedida (s)	Eficiencia cps/Bq	Incertidumbre (cps/Bq)	AMD (Bq) (*)
MEYER1	1 año	15 cm	300	3,08E-02	6,64E-04	49
MEYER1	5 años	15 cm	300	3,02E-02	6,29E-04	49
MEYER1	10 años	15 cm	300	2,79E-02	5,70E-04	55
MEYER1	Adulto	15 cm	300	2,77E-02	5,62E-04	54
MEYER1	1 año	10 cm	300	4,16E-02	8,79E-04	36
MEYER1	5 años	10 cm	300	4,02E-02	8,30E-04	37
MEYER1	10 años	10 cm	300	3,73E-02	7,59E-04	41
MEYER1	Adulto	10 cm	300	3,66E-02	7,40E-04	41

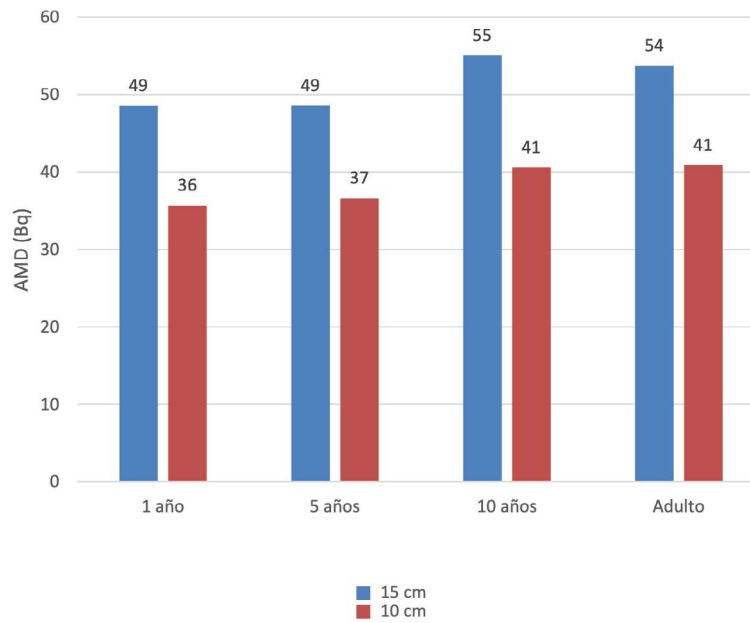
(*) AMD Tc= 300 s

Tabla 25.- Gammacámara Siemens Intevo

Eficiencia gammacámara Siemens Intevo para calibraciones de cuello-tiroides de niños y adultos



**Hosp. San Pau
Gammacámara Siemens. AMD (Tc=300s)**

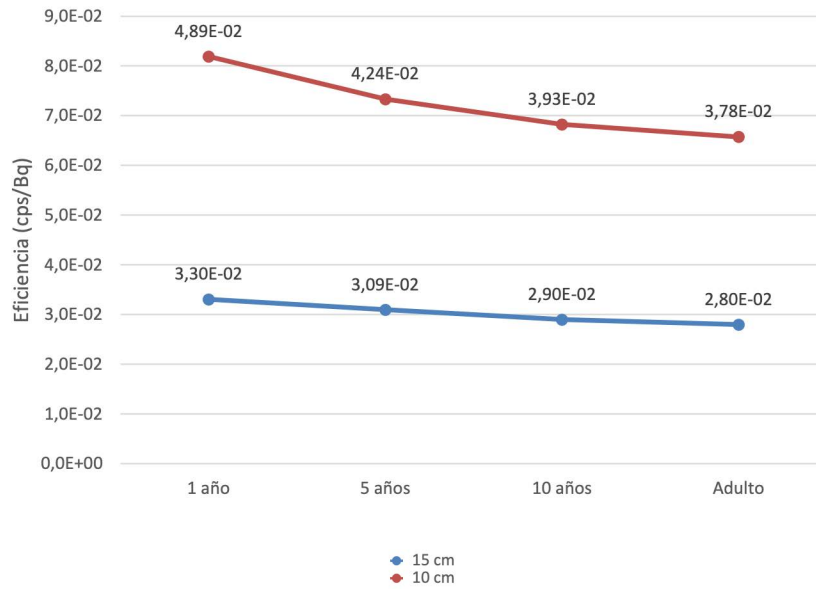


Identificación (Familia)	Edad (Maniquí)	Distancia cuello-detector (cm)	Tmedida (s)	Eficiencia cps/Bq	Incertidumbre (cps/Bq)	AMD (Bq) (*)
MEYER1	1 año	15 cm	300	3,30E-02	7,13E-04	53
MEYER1	5 años	15 cm	300	3,09E-02	6,45E-04	58
MEYER1	10 años	15 cm	300	2,90E-02	5,92E-04	62
MEYER1	Adulto	15 cm	300	2,80E-02	5,66E-04	63
MEYER1	1 año	10 cm	300	4,89E-02	1,03E-03	36
MEYER1	5 años	10 cm	300	4,24E-02	8,74E-04	42
MEYER1	10 años	10 cm	300	3,93E-02	7,99E-04	45
MEYER1	Adulto	10 cm	300	3,78E-02	7,64E-04	47

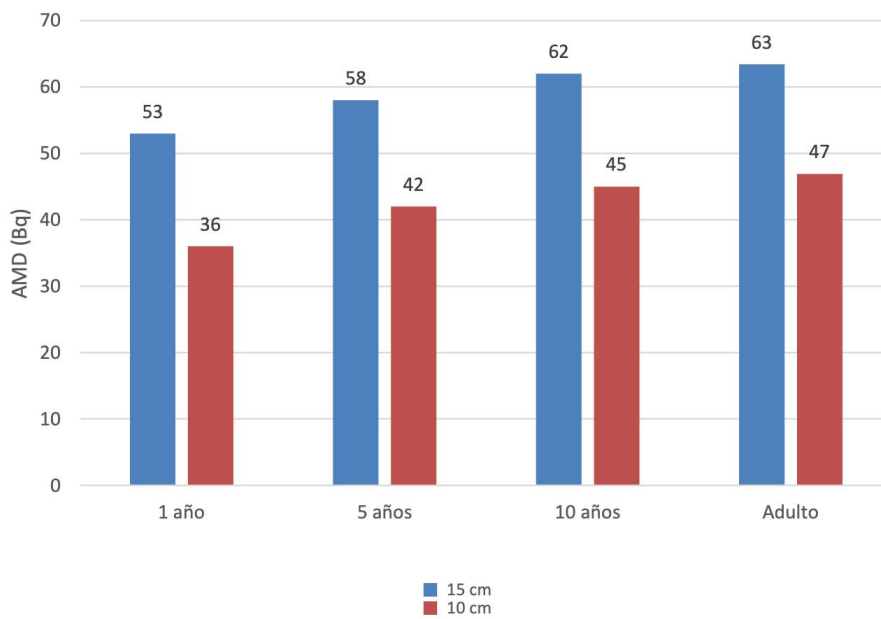
(*) AMD Tc= 300 s

Tabla 26.- Gammacámara Philips Brightview

**Eficiencia de gammacámara Philips Brightview para
cuellos-tiroides de niños y adulto**



**Gammacámara Philips Brightview.
AMD (300s)**

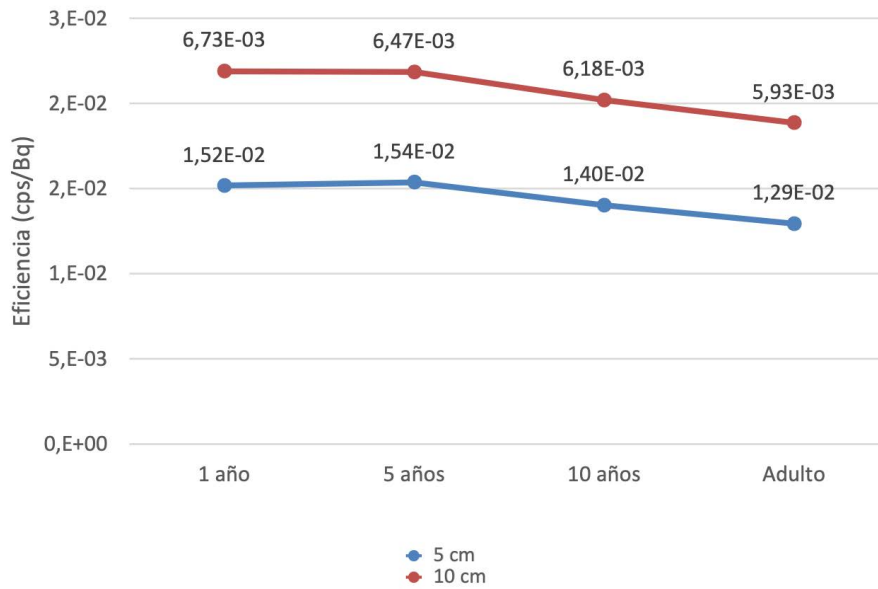


Identificación (Familia)	Edad (Maniquí)	Distancia cuello-detector (cm)	Tmedida (s)	Eficiencia cps/Bq	Incertidumbre (cps/Bq)	AMD (Bq) (*)
MEYER1	1 año	5 cm	150	1,52E-02	3,35E-04	58
MEYER1	5 años	5 cm	150	1,54E-02	3,10E-04	54
MEYER1	10 años	5 cm	150	1,40E-02	2,68E-04	66
MEYER1	Adulto	5 cm	150	1,29E-02	2,40E-04	74
MEYER1	1 año	10 cm	150	6,73E-03	1,82E-04	120
MEYER1	5 años	10 cm	150	6,47E-03	1,54E-04	190
MEYER1	10 años	10 cm	150	6,18E-03	1,26E-04	159
MEYER1	Adulto	10 cm	150	5,93E-03	1,13E-04	141

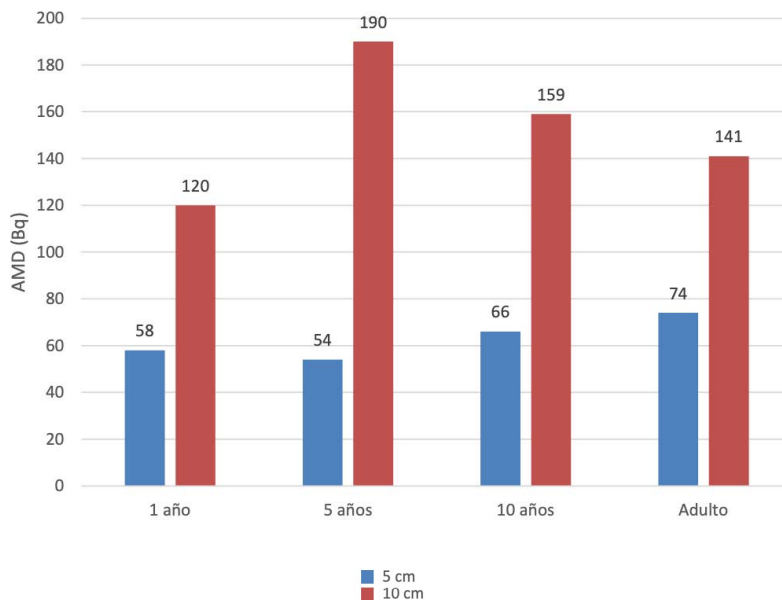
(*) AMD Tc= 300 s

Tabla 27.- Monitor Berthold LB124 Scint D

Eficiencia monitor Berthold LB124 para cuellos-tiroides niños y adulto



Berthold LB124. AMD (Tc=150s)



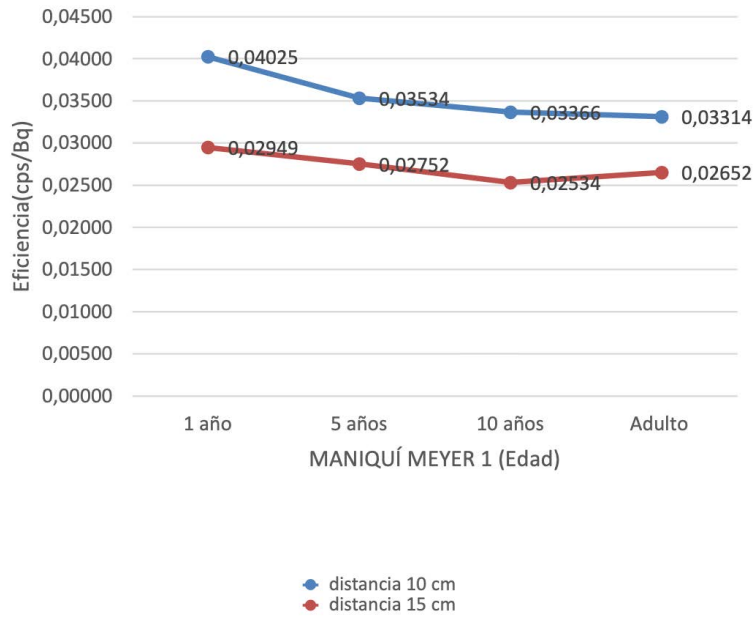
III. 1.7 HOSPITAL UNIVERSITARI LA FE

Identificación (Familia)	Edad (Maniquí)	Distancia cuello-detector (cm)	Tmedida (s)	Eficiencia cps/Bq	Incertidumbre (2σ(%))	AMD (Bq) (*)
MEYER1	1 año	10	300	0.04025	10.71 %	39.3
	5 años	10	300	0.03534	10.68 %	44.2
	10 años	10	300	0.03366	10.67 %	47.0
	Adulto	10	300	0.03314	10.66 %	47.4
Mezcla de Ba-133 y Cs-137. Fecha de calibración 19/05/2022	1 año	15	300	0.02949	10.73 %	53.7
	5 años	15	300	0.02752	10.69 %	56.8
	10 años	15	300	0.02534	10.67 %	62.5
	Adulto	15	300	0.02652	10.66 %	59.3

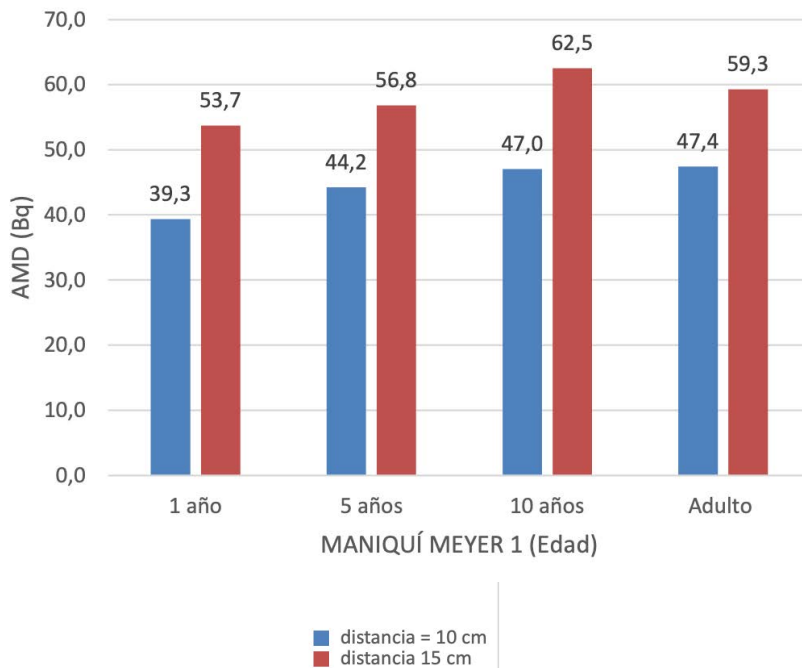
(*) AMD Tc= 300 s

Tabla 28.- Gammacámara BV1.
Gammacámaras sin colimador en la ventana de energía definida: 345 keV ± 15 %

Eficiencia Gammacámara BV1 para calibraciones con maniqués de niños y adultos



**Gammacámara BV1
AMD Ba-133 (Bq) Tmed=300s**

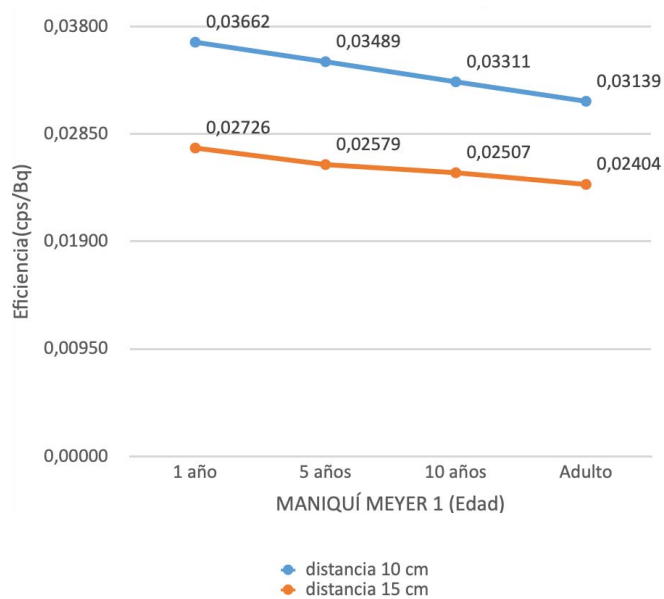


Identificación (Familia)	Edad (Maniquí)	Distancia cuello-detector (cm)	Tmedida (s)	Eficiencia cps/Bq	Incertidumbre (2σ(%))	AMD (Bq) (*)
MEYER 1 Mezcla de Ba-133 y Cs-137. Fecha de calibración 19/05/2022	1 año	10	300	0.03662	10.7 %	42.1
	5 años	10	300	0.03489	10.7 %	44.5
	10 años	10	300	0.03311	10.7 %	45.7
	Adulto	10	300	0.03139	10.7 %	48.6
	1 año	15	300	0.02726	10.7 %	56.5
	5 años	15	300	0.02579	10.7 %	60.1
	10 años	15	300	0.02507	10.7 %	60.3
	Adulto	15	300	0.02404	10.7 %	63.4

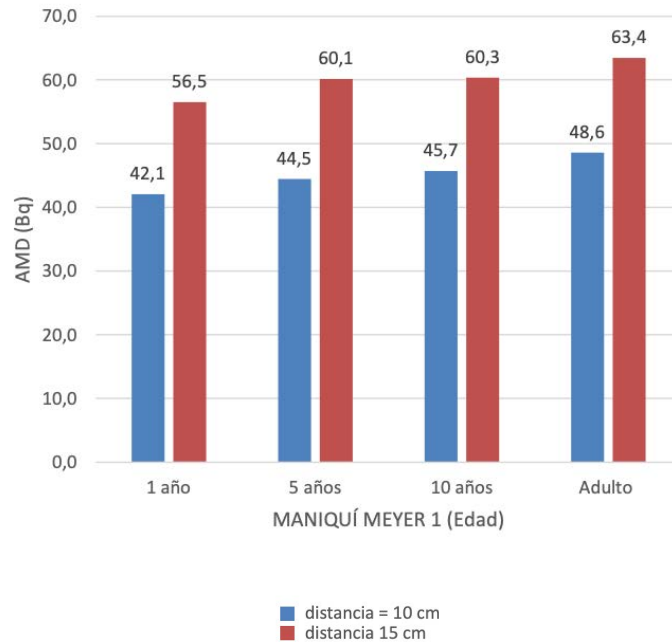
(*) AMD Tc= 300 s

Tabla 29.- Gammacámara BV2.
Gammacámaras sin colimador en la ventana de energía definida: 350 keV ± 15 %

Eficiencia Gammacámara BV2 para calibraciones con maniqués de niños y adultos



Gammacámara BV2
AMD Ba-133(Bq) T_{med}=300s

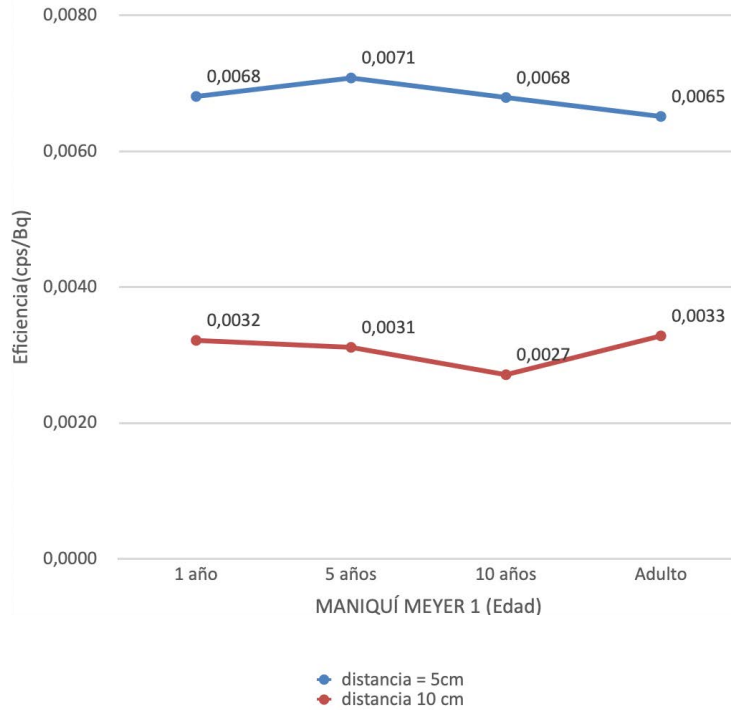


Identificación (Familia)	Edad (Maniquí)	Distancia cuello-detector (cm)	T _{medida} (s)	Eficiencia cps/Bq	Incertidumbre (2σ(%))	AMD (Bq) (*)
MEYER1	1 año	5	300	0.0068	4.7 %	102.6
	5 años	5	300	0.0071	4.4 %	97.3
	10 años	5	300	0.0068	4.2 %	87.3
	Adulto	5	300	0.0065	4.2 %	93.1
Mezcla de Ba-133 y Cs-137. Fecha de calibración 19/05/2022	1 año	10	300	0.0032	5.2 %	183.4
	5 años	10	300	0.0031	4.8 %	179.2
	10 años	10	300	0.0027	4.4 %	272.1
	Adulto	10	300	0.0033	4.2 %	198.3

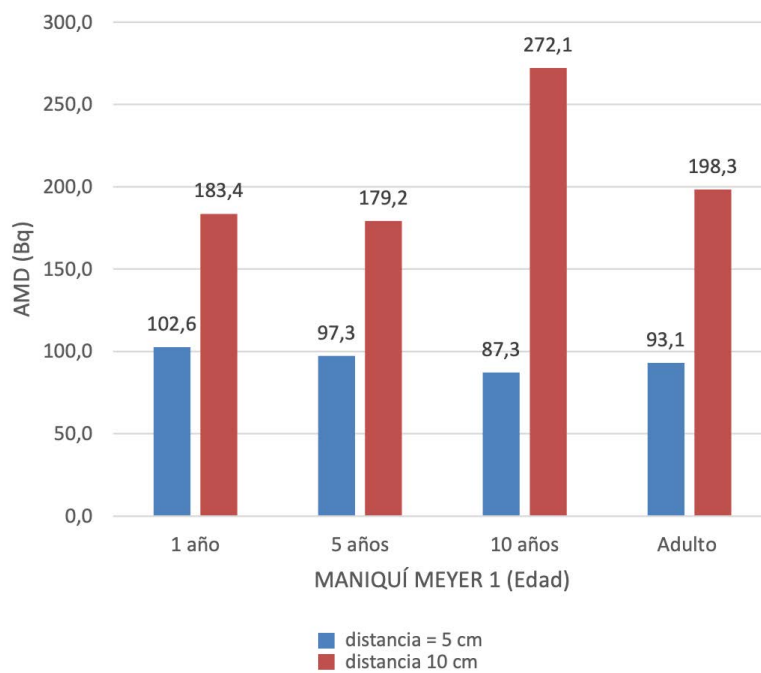
(*) AMD T_c= 300 s

Tabla 30.- Detector espectrómetro NaI

Eficiencia espectrómetro NaI (T I) para calibraciones con maniqués de niños y adultos



**Eficiencia espectrómetro NaI (T I)
AMD Ba-133 (Bq) Tmed=300s**



Análisis de resultados

De los resultados enviados asociados al protocolo de calibración desarrollado por los laboratorios participantes se pueden obtener algunas conclusiones en lo que se refiere a los valores de eficiencia y al análisis de sensibilidad.

- La mayoría de laboratorios participantes han seguido el protocolo de calibración tanto para el cálculo de la eficiencia en las geometrías definidas como para el análisis de sensibilidad de los equipos (cálculo de los límites de detección). En algunos equipos la distancia detector-maniquí no se podía reproducir según el protocolo de calibración por limitaciones físicas.
- En general y para la mayoría de equipos (equipos espectrométricos, gammacámaras y monitores de contaminación), los valores de eficiencia disminuyen a medida que aumenta la edad. Este efecto es más acusado cuando la distancia detector-maniquí es corta ($d=5\text{cm}$).
- En líneas generales, el Límite de Detección (LD) o Actividad Mínima Detectable (AMD) disminuye al disminuir la edad. Los valores asociados a monitores de radiación son mucho más altos que los asociados a monitores de contaminación, gammacámaras y equipos espectrométricos.
- No se considera necesaria ninguna acción correctiva al protocolo de calibración.
- Los resultados obtenidos en equipos de la misma naturaleza, pertenecientes a distintos centros participantes, son coherentes.

III.2.- Identificación de instalaciones invitadas a la fase 2 para calibración y validación

El CIEMAT llevó a cabo una comunicación final con los participantes de la fase 2 del proyecto MEYER por correo electrónico en julio de 2023 mediante el envío de la carta de invitación junto con el protocolo y la hoja de resultados a las entidades que habían confirmado interés en participar en el proyecto:

- Central Nuclear de Cofrentes
- Central Nuclear de Almaraz
- Central Nuclear de Ascó
- Central Nuclear de Vandellós II
- Central Nuclear de Garoña
- Central Nuclear de Trillo

- UAIR de la ORE (CSN)
- PENGUA – Grupo Radiológico (CSN)
- UTPR SRCL CONSENUR
- Unidad Militar de Emergencias (UME)
- Servei de Coordinació d'Activitats Radioactives (SCAR)
- UTPR AD Qualitas, S.A. (ADQ)
- UTPR PROINSA

- Hospital Gregorio Marañón de Madrid
- Hospital La Paz de Madrid
- Hospital La Princesa de Madrid
- Hospital Universitario de Burgos
- Hospital Clínico Universitario de Salamanca
- Hospital Universitario de Badajoz

Entidades que no han participado, por falta de respuesta positiva:

- UTPR GD Energy Services – GDES, SAU
- Hospital San Joan de Reus (Tarragona)
- Hospital Universitario 12 de Octubre

De acuerdo con el cronograma del proyecto, la campaña de medidas de la fase 2 estaba inicialmente prevista para el periodo entre septiembre y diciembre de 2023. Se acuerda realizar la campaña entre octubre de 2023 y abril de 2024. El CIEMAT ha preparado un itinerario completo para el transporte de los dos conjuntos de maniqués entre los participantes de la segunda fase del proyecto, teniendo en cuenta las fechas limitantes por recarga de las CC. NN. y teniendo en cuenta la proximidad geográfica de los participantes (ver tablas a continuación). La empresa de transporte ha sido seleccionada por el CIEMAT dentro de su propio proceso interno de contratación.

TRANSPORTE MANIQUÍ MEYER N° 1		
Nombre Organización	Fecha entrada (dd/mm/aa)	Fecha salida (dd/mm/aa)
HOSPITAL DE LA PRINCESA	06/10/2023	20/10/2023
HOSPITAL UNIVERSITARIO LA PAZ	24/10/2023	7/11/2023
HOSPITAL GENERAL UNIVERSITARIO GREGORIO MARAÑON	8/11/2023	21/11/2023
AD Qualitas, S.L. (ADQ)	22/11/2023	05/12/2023
UNIDAD MILITAR DE EMERGENCIA (UME)	11/12/2023	22/12/2023
STERICYCLE CONSENUR	10/01/2024	23/01/2024
COMPLEJO HOSPITALARIO INFANTA CRISTINA Hospital Univ. Badajoz	26/01/2024	07/02/2024
HOSPITAL CLINICO UNIVERSITARIO DE SALAMANCA	9/02/2024	21/02/2024
COMPLEJO ASISTENCIAL UNIVERSITARIO DE BURGOS	23/02/2024	06/03/2024

Tabla 31.- Itinerario Maniquí 1 – FASE 2

TRANSPORTE MANIQUÍ MEYER N° 2		
Nombre Organización	Fecha entrada (dd/mm/aa)	Fecha salida (dd/mm/aa)
UAIR de la ORE	06/10/2023	20/10/2023
ACPRO	24/10/2023	7/11/2023
Generalitat de Catalunya. Departament d'Empresa i Treball. DG d'Indústria	8/11/2023	21/11/2023
CN Trillo	22/11/2023	05/12/2023
PROINSA	11/12/2023	22/12/2023
CN Almaraz	10/01/2024	23/01/2024
PENGUA GRUPO RADIOLÓGICO	26/01/2024	07/02/2024
CN Cofrentes	9/02/2024	21/02/2024
CN Sta. María de Garoña	23/02/2024	06/03/2024
CN Vandellós II	08/03/2024	21/03/2024
CN Ascó	22/03/2024	05/04/2024

Tabla 32.- Itinerario Maniquí 2 – FASE 2

III. 3.- Protocolo de calibración y validación (v3) fase 2

Se ha actualizado el protocolo de calibración y la hoja de resultados para las medidas de calibración + intercomparación de la fase 2 del proyecto. Dicho protocolo se presenta a continuación:

Proyecto Meyer

“Hacia un protocolo nacional para la evaluación del I-131 en población expuesta en situaciones de emergencia radiológica o nuclear”

CONVENIO CSN - CIEMAT - TECNATOM

Introducción

El objetivo de este protocolo es la calibración y validación de equipos espectrométricos y no espectrométricos para la medida de I-131 en tiroides de la población expuesta (miembros del público de diferentes grupos de edad) en la fase temprana de una emergencia radiológica o nuclear, con el fin de realizar un cribado rápido de los individuos expuestos.

Fuente de calibración: maniquí cuello y vial simulador tiroides activo (adulto y niños)

Las fuentes de calibración consisten en un conjunto de maniqués cuello-tiroides monolobulares tipo ANSI N13.44 de metacrilato, representando a diferentes grupos de edad (hombre adulto y niños de 1, 5 y 10 años), diseñados y fabricados en el CIEMAT. Cada maniquí tiene un orificio cilíndrico en la parte superior en cuyo interior se introduce un vial de plástico simulador de la glándula tiroides con volúmenes conforme a las recomendaciones de la publicación ICRP 89, y una disolución líquida con actividad conocida de Ba-133 y Cs-137 (proporción 1:0.11) que se utiliza como simulador del espectro del I-131 (tabla 1).

Isótopo	T _{1/2}	E (KeV)	Ie (%)	Isótopo	T _{1/2}	E (KeV)	Ie (%)
¹³¹ I	8 d	80.2	2.60	¹³³ Ba	10.5 a	81.0	36.00
		284.3	6.10			276.0	7.16
						302.85	18.33
		364.5	81.20			356.01	62.05
						383.85	8.94
		636.99	7.17	¹³⁷ Cs	30.1 a	661.65	85.1

Tabla 1 (Protocolo).- Emisiones e intensidades del ¹³¹I, ¹³³Ba y ¹³⁷Cs

Se dispone de dos conjuntos idénticos de dichos maniqués tiroideos que serán utilizados en las distintas fases del proyecto. En la tabla 2 se muestran las actividades de referencia de los diferentes viales que se utilizarán para la calibración (19/05/2022) y en la tabla 3. se muestra la referencia para cada vial de calibración utilizado. Las fuentes radiactivas utilizadas en la preparación de los viales tienen certificado de calibración del LMRI (Laboratorio Nacional de Metrología de Radiaciones Ionizantes – CIEMAT).

Maniquí 1	Actividad Ba-133 (Bq)	Actividad Cs-137 (Bq)
Adulto	44225,30 ± 891,27	4987,30 ± 98,01
Niño 10 años	17374,46 ± 350,19	1959,32 ± 38,51
Niño 5 años	7478,38 ± 150,83	843,34 ± 16,59
Niño 1 año	3999,29 ± 80,82	451,00 ± 8,89
Maniquí 2	Actividad Ba-133 (Bq)	Actividad Cs-137 (Bq)
Adulto	44133,22 ± 889,41	4976,91 ± 97,80
Niño 10 años	17348,56 ± 349,67	1956,40 ± 38,45
Niño 5 años	7471,39 ± 150,69	842,55 ± 16,57
Niño 1 año	4005,46 ± 80,94	451,70 ± 8,90

Tabla 2 (Protocolo). Maniqués cuello-tiroides proyecto MEYER a fecha 19/05/2022

Maniquí 1	Referencia vial
Vial Adulto	C1_Adult
Niño 10 años	C1_10y
Niño 5 años	C1_5y
Niño 1 año	C1_1y
Maniquí 2	
Adulto	C2_Adult
Niño 10 años	C2_10y
Niño 5 años	C2_5y
Niño 1 año	C2_1y

Tabla 3 (Protocolo). Viales de Calibración (Ba-133+Cs-137)

Geometría de calibración:

Con el objetivo de armonizar los procedimientos de calibración para los equipos espectrométricos y no espectrométricos y establecer un protocolo robusto para la evaluación de I-131 en tiroides en la fase temprana de la emergencia, se propondrán geometrías de calibración diferentes en función del tipo de equipo de medida, según tres categorías: equipos espectrométricos, no espectrométricos y gammacámaras. La geometría de calibración debe de ser reproducible y realista en este tipo de escenarios (confortable para las personas medidas, estable, tiempos cortos de medida, etc.).

Se priorizará la medida del individuo de pie o sentado (posición vertical del maniquí cuello -tiroides), salvo en el caso de las gammacámaras y en el contador DIYS en los que el individuo estará tumbado (posición horizontal del maniquí cuello tiroides).

El procedimiento de calibración será diferente dependiendo del equipo:

- **Equipos no espectrométricos (monitores de contaminación, radiómetros, ...):**

- Abrir la ventana del equipo (si la tuviera).
- Maniquí cuello-tiroides en posición vertical.
- Colocar el equipo de medida vertical frente al maniquí y centrar la ventana al centro del tiroides.
- Se realizarán las calibraciones a dos distancias “cuello-tiroides”- detector de 5 y 10 cm.
- Previo a las medidas de calibración se recomienda hacer una medida de fondo para calcular el factor de calibración restando la contribución del fondo ambiental.



- **Gammacámaras:**

- a. Las medidas se realizarán sin colimador.
- b. El maniquí cuello- tiroides se posiciona en posición horizontal (tumbado). Se centrará el detector sobre el vial del cuello-tiroides.
- c. Se debe utilizar una única ventana de energía alrededor de 356 keV (correspondiente al fotopico del Ba-133).
- d. Se realizarán las calibraciones a dos distancias “cuello-tiroides” - detector de 10 y 15 cm.



- **Equipos espectrométricos:**

- a. Maniquí cuello-tiroides en posición vertical u horizontal según la geometría habitual de medida.
- b. Se posiciona el detector sobre el centro del simulador de tiroides a la distancia de calibración.
- c. Se realizarán las calibraciones a dos distancias “cuello-tiroides”- detector de 5 y 10 cm.
- d. Si el dispositivo tiene unas características singulares que no permite medir en estas distancias, hay que informar de la distancia en la que se ha realizado.



Procedimiento para el cálculo de los factores de calibración

Se recomienda determinar tiempo de medida t (s) en función de la estadística de contaje. Los procedimientos de calibración varían ligeramente en función de la categoría del equipo.

Equipos no espectrométricos.

- Medida de cuentas del fondo sin maniquí.
- Medida de cuentas con el maniquí cuello-tiroides.
- Resta del fondo en la medida obteniendo cuentas netas.

Gammacámaras sin colimador en la ventana de energía definida.

- Definir la ventana de energía.
- Medida de cuentas del fondo sin maniquí.
- Medida de cuentas con el maniquí cuello-tiroides.
- Resta del fondo en la medida obteniendo cuentas netas.

Equipos espectrométricos.

- Definición de la Región de Interés (RoI) centrada en la energía principal del Ba-133 (*).
- Medida de cuentas del fondo sin maniquí.
- Medida de cuentas con el maniquí cuello-tiroides.
- Resta del fondo (si aplica) en la medida obteniendo cuentas netas.

(*) En caso de utilizar diferente RoI se debe especificar.

c. Cálculo de la eficiencia (cps/Bq) - todos los equipos -

La eficiencia de detección depende de la geometría de calibración. Para cada geometría hay una eficiencia diferente, por lo que es importante que la geometría sea reproducible en la medida real de una persona.

La eficiencia se obtiene a partir de la relación del número de cuentas netas (restando la contribución del fondo ambiental) en el tiempo de medida $t(s)$, y la actividad (A_{ref}) de la fuente de calibración (viales con Ba-133 y Cs-137 simuladores de la glándula tiroides para cada grupo de edad). La actividad de referencia estará corregida por decaimiento radiactivo a la fecha de medida, a partir de los valores de la tabla 1. Por tanto, la eficiencia se puede obtener a partir del ratio entre la tasa neta de cuentas y la actividad total de la muestra (Ec 1) o bien a partir del ratio entre la tasa neta de cuentas y la actividad relativa a una emisión (E_{γ}) específica (Ec 2) con una intensidad de emisión "Ie".

$$Ef\left(\frac{cps}{Bq}\right) = \frac{N^{\circ}cuentas/t(s)}{A_{ref}(Bq)} = \frac{[cps]}{[Bq]} \quad (Ec\ 1)$$

$$Ef\left(\frac{c}{\gamma}\right) = \frac{N^{\circ}cuentas/t(s)}{A_{ref}(Bq)*Ie} = \frac{[c/s]}{[\gamma/s]} \quad (Ec\ 2)$$

d. Estimación de la sensibilidad del equipo (LD/AMD)

Una vez calibrado el equipo y calculado el factor de calibración (Ef) se procede a calcular el límite de detección (LD) o actividad mínima detectable (AMD) de acuerdo al procedimiento característico de cada equipo en cada laboratorio. Para dicho cálculo, se realizarán medidas con el maniquí cuello-tiroides blanco, en la misma geometría que la medida de calibración. Los tiempos de medida utilizados para el cálculo de la sensibilidad de medida deben ser relativamente cortos (del orden de minutos) como así se requerirá en situaciones de emergencia donde se necesite hacer un rápido cribado de la población expuesta.

Validación de las calibraciones

Una vez calibrados los equipos en las diferentes geometrías (apartado 3), se procederá a realizar medidas de validación utilizando viales diferentes a los utilizados en las calibraciones. Estos viales (tabla 4) contienen Ba-133 y Cs-137 en proporciones similares a las utilizadas en el ejercicio de calibración.

Los participantes deberán seguir los siguientes pasos:

- Las medidas de validación se realizarán en condiciones geométricas idénticas a las de calibración.
 - distancias “cuello-tiroides”- detector de 5 y 10 cm. (Equipos espectrométricos y no espectrométricos).
 - distancias “cuello-tiroides” - detector de 10 y 15 cm. (Gammacámaras)
- Se calculará la actividad (Bq) de Ba-133 (equipos espectrométricos, gammacámaras) o de Ba-133 + Cs-137 (equipos no espectrométricos) a partir de las eficiencias obtenidas en las correspondientes calibraciones.

Maniquí 1	Referencia vial
Vial Adulto	V1_Adult
Niño 10 años	V1_10y
Niño 5 años	V1_5y
Niño 1 año	V1_1y
Maniquí 2	
Adulto	V2_Adult
Niño 10 años	V2_10y
Niño 5 años	V2_5y
Niño 1 año	V2_1y

Tabla 4 (Protocolo). Viales de validación (Ba-133+Cs-137)

Tabla de resultados y descripción del método, incluyendo herramienta/ software de análisis

Los laboratorios participantes recibirán junto al protocolo de calibración y validación un formato Excel (anexo I) para la presentación de los resultados obtenidos en las calibraciones y validaciones realizadas. Una vez cumplimentado el formato, será enviado por correo electrónico (ma.lopez@ciemat.es; begona.perez@ciemat.es).

Referencias

- International Commission of Radiological Protection. Basic Anatomical and Physiological Data for Use in Radiological Protection Reference Values. ICRP Publication 89. Ann. ICRP 32 (3-4). 2002.
- ANSI/HPS N13.44. Thyroid Phantom Used in Occupational Monitoring. 2014
- Isaksson, M., Fojtík, P., Navarro, J.F., Oško, J., Perez, B., 2007. OPERRA Deliverable D5.26. CATHyMARA report: Report of WP4 about inter-comparison results for non-trained responders. <https://www.researchgate.net/project/CATHyMARA-Child-and-Adult-Thyroid-Monitoring-After-Reactor-Accident-OPERRAProject-number-604984>.

- Navarro JF, Pérez B, López MA, Plaza R, Aza Z, Plaza R. Calibración de gammacámara SPECT/CT para la medida in vivo de I-131 en tiroides de la población expuesta en situaciones de emergencia nuclear o radiológica. Revista: **RADIOPROTECCIÓN** N° 97, marzo 2020.
- B. Pérez López, J. F. Navarro, M. A. López Ponte. Methodology at CIEMAT whole body counter for in vivo monitoring of radioiodine in the thyroid of exposed population in case of nuclear emergency. Revista: **Radiation Protection Dosimetry**. Diciembre 2018.
DOI: <https://doi.org/10.1093/rpd/ncy045>

III.4.- Inventario de equipos. Fase 2

ENTIDAD COLABORADORA	TIPO DE EQUIPO MEDIDA	MARCA, MODELO DEL EQUIPO DE MEDIDA
ACPRO	Monitor de contaminación	Berthold LB 122
	Espectrómetro portátil	Bicron 802-3
CENTRAL NUCLEAR ALMARAZ	Contador de Radiactividad Corporal	HELGESON, Quicky
CENTRAL NUCLEAR ASCÓ	Contador de Radiactividad Corporal	HSS Tipo DIYS
	Contador de Radiactividad Corporal	HELGESON, Quicky
CENTRAL NUCLEAR COFRENTES	Contador de Radiactividad Corporal	HELGESON, Quicky
SEDE CSN – EMERGENCIAS	Radiómetro convencional	THERMO EBERLINE/FH40
	Monitor con sonda de contaminación	Sonda SABG-100 acoplada a MIRION/RDS-31
	Espectrómetro portátil	MIRION TECHNOLOGIES/SPIR-Ace 21/03/2024
CENTRAL NUCLEAR GAROÑA	Contador de Radiactividad Corporal	HELGESON, Quicky
GENERALITAT DE CATALUNYA	Contador de Radiactividad Corporal	HELGESON, DIYS
HOSPITAL U. INFANTA CRISTINA (BADAJOZ)	Gammacámara	GE NM/CT 870 DR
HOSPITAL UNIVERSITARIO DE BURGOS	Captador tiroideo	Atomlab 950
	Gammacámara	Siemens Symbia T16
	Monitor de contaminación	Berthold LB124B
HOSPITAL UNIVERSITARIO DE LA PRINCESA	Gammacámara	General Electric NM/CT 870 DR, SPECT-CT (NaI)
PROINSA	Monitor de contaminación	BERTHOLD/LB124 SCINT 300
	Monitor de contaminación	BERTHOLD/LB124 SCINT D
	Radiómetro convencional	Thermo/ RADEYE GN
CENTRAL NUCLEAR TRILLO	Contador de Radiactividad Corporal	HELGESON, Quicky
UNIDAD MILITAR DE EMERGENCIAS (U.M.E.)	Radiómetro convencional	LAMSE/ MS6020RM N° serie: 19143
	Radiómetro convencional	LAMSE/ MS6020RM N° serie: 19157
	Radiómetro convencional	LAMSE/ MS6020RM N° serie: 19159
	Radiómetro convencional	LAMSE/ MS6020RM N° serie: 19169
	Radiómetro convencional	LAMSE/ MS6020RM N° serie: 19170
	Radiómetro convencional	LAMSE/ MS6020RM N° serie: 19171

(CONTINUACIÓN)		
ENTIDAD COLABORADORA	TIPO DE EQUIPO MEDIDA	MARCA, MODELO DEL EQUIPO DE MEDIDA
	Radiómetro convencional	LAMSE/ MS6020RM Nº serie: 19173
	Radiómetro convencional	LAMSE/ MS6020RM Nº serie: 19179
	Radiómetro convencional	LAMSE/ MS6020RM Nº serie: 19184
	Radiómetro convencional	LAMSE ERIS2-M/G Nº serie: 53315
	Radiómetro convencional	LAMSE ERIS2-M/G Nº serie: 53316
	Radiómetro convencional	LAMSE ERIS2-M/G Nº serie: 53317
	Radiómetro convencional	LAMSE ERIS2-M/G Nº serie: 53318
	Espectrómetro portátil	POLIMASTER 1401K SN/12965 Equipo nº: 1401K3140001
	Espectrómetro portátil	POLIMASTER 1401K SN/12965 Equipo nº: 1401K3140002
	Monitor con sonda de contaminación	BRUKER SVG2 SN/2030
CENTRAL NUCLEAR VANDELLÓS II	Contador de Radiactividad Corporal	HELGESON, DIYS
	Contador de Radiactividad Corporal	HELGESON, Quicky
HOSPITAL UNIVERSITARIO LA PAZ (MADRID)	Gammacámara	General Electric / NM-CT 870 (n. s. DE6588186), SPECT (NaI)
	Monitor de contaminación	Berthold LB 124 (n. s. 10-11888)
	Monitor de contaminación	Berthold LB 124 (n. s. 10-12271)
	Gammacámara	General Electric / Discovery 670 DR (n. s. DE6588153), SPECT (NaI)
HOSPITAL G. UNIVERSITARIO GREGORIO MARANON (MADRID)	Monitor de contaminación	Berthold LB 1210 B
	Monitor de contaminación	FAG Contamat FHT 111 M FH40
	Gammacámara	SPECT-TC GE Discovery 670
STERICYCLE CONSENUR	Monitor de contaminación	BERTHOLD/LB 123 (6357)
HOSPITAL CLINICO UNIVERSITARIO DE SALAMANCA	Monitor de contaminación	Berthold LB UMO 123
	Gammacámara	Siemens Intevo Bold
ADQ TUV AUSTRIA IBERIA	Monitor de contaminación	Sonda LUDLUM 44 - 142
PENGUA	Espectrómetro portátil	MIRION TECHNOLOGIES/SPIR-Ace
	Monitor con sonda de contaminación	Sonda SABG-100 acoplada a MIRION/RDS-31
	Monitor con sonda de contaminación	Sonda LUDLUM 44 - 142

Tabla 32 - Listado de equipos de la fase 2

El inventario completo de equipos de la fase 2 se presenta en el anexo 1.

III. 5.- Análisis de resultados de la calibración y validación de la fase 2

En esta sección se presenta el análisis de los resultados de calibración y validación de la fase 2, tanto por itinerario de maniquíes, como por tipología de equipo de medida. Finalmente se presentan las conclusiones más relevantes obtenidas de los resultados de la fase 2.

Para la evaluación de los datos de validación se han seguido los criterios de norma ISO 28218. Si el bias se encuentra dentro del intervalo (-25 %, 50 %) los resultados se han resaltado en verde, resaltándolos en rojo en caso de que se encuentren fuera de norma. La expresión para el cálculo del bias es la siguiente:

$$\text{Bias (\%)} = 100 \times \frac{(A_{\text{med}} - A_{\text{med}}^{\text{pat}})}{A_{\text{med}}^{\text{pat}}}$$

Para el cálculo del bias ambas actividades deben ser comparadas a la misma fecha, para lo que se ha seguido el siguiente criterio:

- Si el equipo es espectrométrico o se trata de una gammacámara, se aplica la ecuación de decaimiento radiactivo aplicada al Ba-133:

$$A(t) = A_0 \exp\left(-\frac{\text{Ln}2}{T}t\right) \implies A_{\text{med}}^{\text{pat}} = A_{\text{ref}}^{\text{pat}} \exp\left(-\frac{\text{Ln}2}{T}t\right)$$

siendo $A_{\text{med}}^{\text{pat}}$ la actividad de Ba-133 del patrón a la fecha de medida y $A_{\text{ref}}^{\text{pat}}$ la actividad de Ba-133 a fecha de referencia 28/09/2023. Para Ba-133, el periodo de semidesintegración es $T = 3836,15$ días y t son los días transcurridos entre la fecha de referencia y la fecha de medida. El bias podrá calcularse a fecha de referencia (si fue proporcionado por la entidad) o fecha de medida.

- Si el equipo es no espectrométrico, se partirá de las actividades de Ba-133 y Cs-137 del patrón a fecha de referencia 28/09/2023 dadas en la siguiente tabla:

Geometría	Actividad ¹³³ Ba (Bq)	Actividad ¹³⁷ Cs (Bq)	Actividad total (Bq)
Niño 1 año	1499,20	168,83	1668,03
Niño 5 años	2497,22	282,53	2779,75
Niño 10 años	3931,05	444,46	4375,51
Adulto	5992,45	675,31	6667,76

Tabla 33.- Actividades de Ba-133 y Cs-137

y se decaerán hasta la fecha de medida, obteniendo $A_{\text{med}}^{\text{pat}}$. El bias se calcula a fecha de medida.

III.5.1- Entidades y equipos del itinerario I

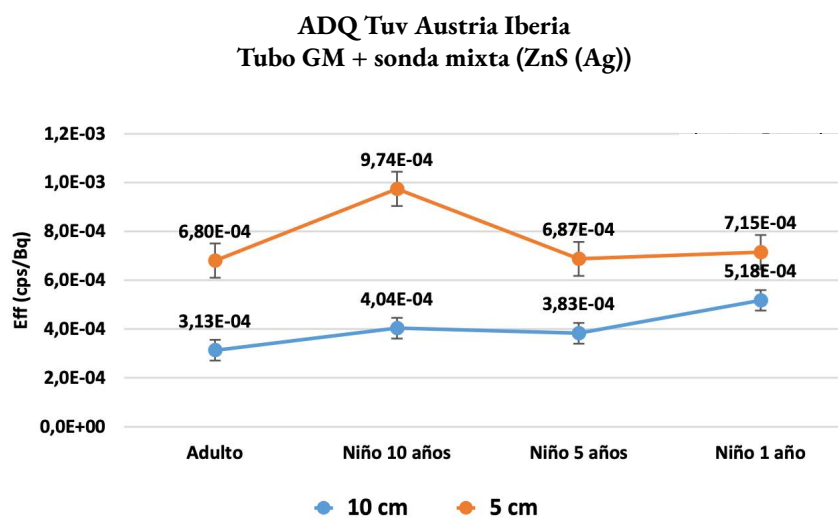
III. 5.1.1 ADQ TUV AUSTRIA IBERIA

Tubo GM con compensación de energías + sonda mixta-película centelleante (ZnS (Ag)) depositada en plástico de 1,5 mm de espesor.

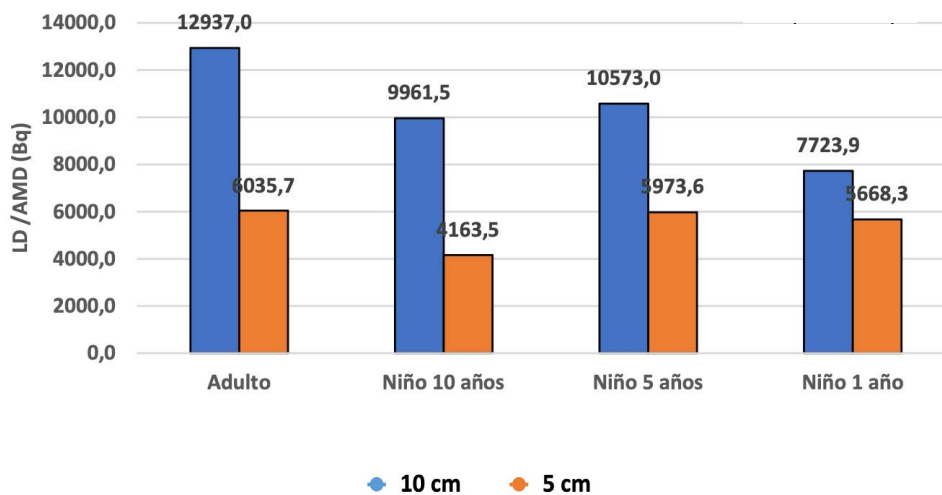
Calibración

Edad	Distancia cuello-detector (cm)	Tiempo de medida (segundos)	Eficiencia (cps/Bq)	Incertidumbre 2s (%)	LD/AMD (Bq)
Adulto	10	10	0,000313	7,60E-05	12937,0
Niño 10 años	10	10	0,000404	1,69E-04	9961,5
Niño 5 años	10	10	0,000383	3,52E-04	10573,0
Niño 1 año	10	10	0,000518	6,41E-04	7723,9
Adulto	5	10	0,000680	9,52E-05	6035,7
Niño 10 años	5	10	0,000974	2,03E-04	4163,5
Niño 5 años	5	10	0,000687	3,74E-04	5973,6
Niño 1 año	5	10	0,000715	6,56E-04	5668,3

Tabla 34 – Calibración Tubo GM



**ADQ Tuv Austria Iberia
Tubo GM + sonda mixta (ZnS (Ag))**



Validación

Edad	Distancia cuello-detector (cm)	Tiempo de medida (segundos)	Eficiencia (cps/Bq)	Actividad Fecha Medida (Bq)	Actividad Patrón Fecha Medida (Bq)	Bias
Adulto	10	10	3,13E-04	10212,3	6596,18	0,5482
Niño 10 años	10	10	4,04E-04	4700,0	4328,51	0,0858
Niño 5 años	10	10	3,83E-04	3651,5	2749,85	0,3279
Niño 1 año	10	10	5,18E-04	965,5	1650,08	-0,4149
Adulto	5	10	6,80E-04	8524,3	6596,18	0,2923
Niño 10 años	5	10	9,74E-04	2156,9	4328,51	-0,5017
Niño 5 años	5	10	6,87E-04	2181,9	2749,85	-0,2066
Niño 1 año	5	10	7,15E-04	1258,4	1650,08	-0,2373

Tabla 35- Validación Tubo GM

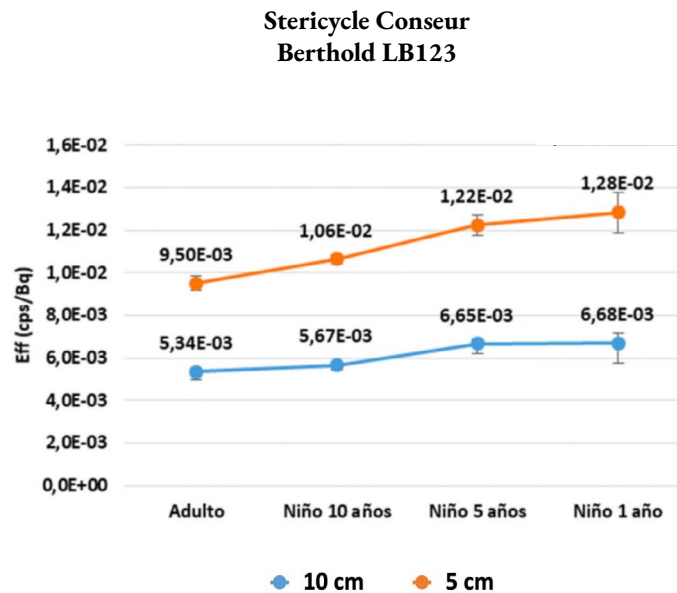
III. 5.1.2 Stericycle Consenur

Berthold, LB 123 sonda LB6357

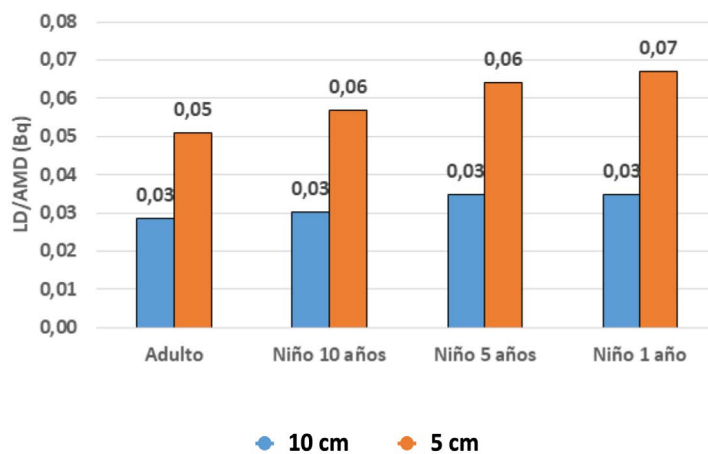
Calibración

Edad	Distancia cuello-detector (cm)	Tiempo de medida (segundos)	Eficiencia (cps/Bq)	Incertidumbre 2s	LD/AMD (Bq)
Adulto	10	60	5,34E-03	2,02E-04	0,03
Niño 10 años	10	60	5,67E-03	1,55E-04	0,03
Niño 5 años	10	60	6,65E-03	2,19E-04	0,03
Niño 1 año	10	60	6,68E-03	4,95E-04	0,03
Adulto	5	60	9,50E-03	3,49E-04	0,05
Niño 10 años	5	60	1,06E-02	2,29E-04	0,06
Niño 5 años	5	60	1,22E-02	4,66E-04	0,06
Niño 1 año	5	60	1,28E-02	9,51E-04	0,07

Tabla 36 – Calibración Berthold LB 123



**Stericycle Conseur
Berthold LB123**



Validación

Edad	Distancia cuello-detector (cm)	Tiempo de medida (segundos)	Eficiencia (cps/Bq)	Actividad Fecha Medida (Bq)	Actividad Patrón Fecha Medida (Bq)	Bias
Adulto	10	60	5,34E-03	6596,2	6582,46	0,0021
Niño 10 años	10	60	5,67E-03	4328,5	4148,58	0,0434
Niño 5 años	10	60	6,65E-03	2749,8	2790,87	-0,0147
Niño 1 año	10	60	6,68E-03	1650,1	1876,28	-0,1206
Adulto	5	60	9,50E-03	6596,2	7095,00	-0,0703
Niño 10 años	5	60	1,06E-02	4328,5	4262,99	0,0154
Niño 5 años	5	60	1,22E-02	2749,8	2875,46	-0,0437
Niño 1 año	5	60	1,28E-02	1650,1	1725,39	-0,0436

Tabla 37 - Validación Berthold LB 123

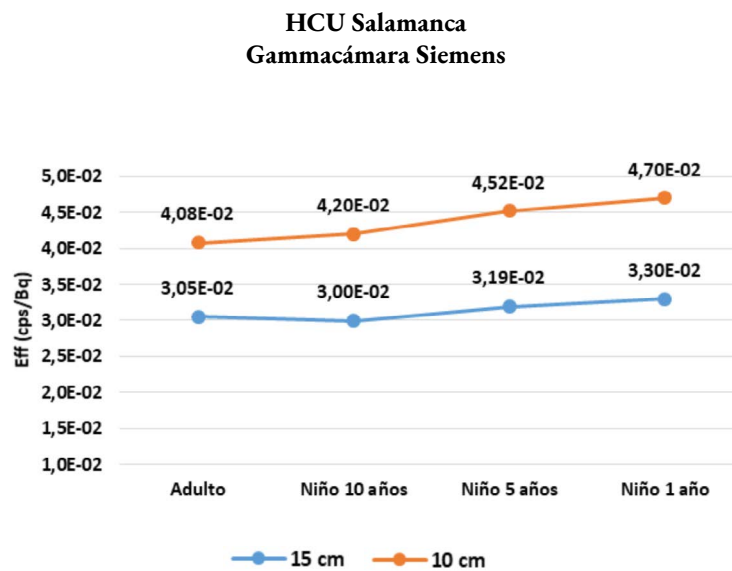
III. 5.1.3 Hospital Clínico Universitario de Salamanca

Gammacámara Siemens Intevo Bold

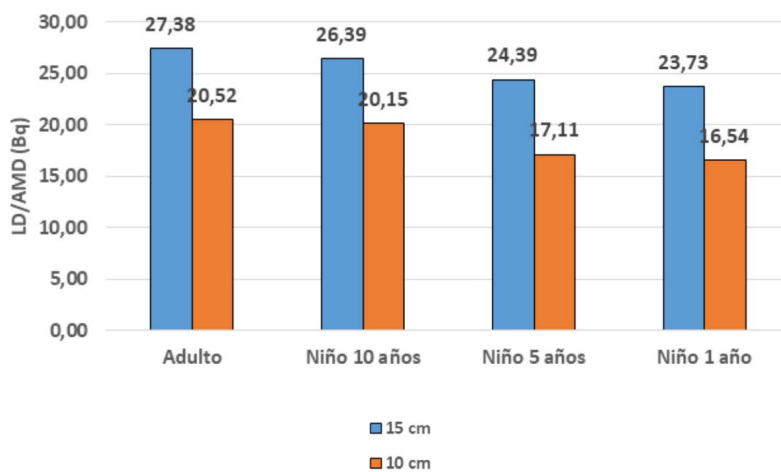
Calibración

Edad	Distancia cuello-detector (cm)	Tiempo de medida (segundos)	Eficiencia (cps/Bq)	Incertidumbre 2s	LD/AMD (Bq)
Adulto	15	300	3,05E-02	1,23E-05	27,38
Niño 10 años	15	300	3,00E-02	1,22E-05	26,39
Niño 5 años	15	300	3,19E-02	1,32E-05	24,39
Niño 1 año	15	300	3,30E-02	1,34E-05	23,73
Adulto	10	300	4,08E-02	1,65E-05	20,52
Niño 10 años	10	300	4,20E-02	1,71E-05	20,15
Niño 5 años	10	300	4,52E-02	1,86E-05	17,11
Niño 1 año	10	300	4,70E-02	1,97E-05	16,54

Tabla 38 – Calibración Gammacámara Siemens



HCU Salamanca
Gammacámara Siemens



Validación

Berthold LB123

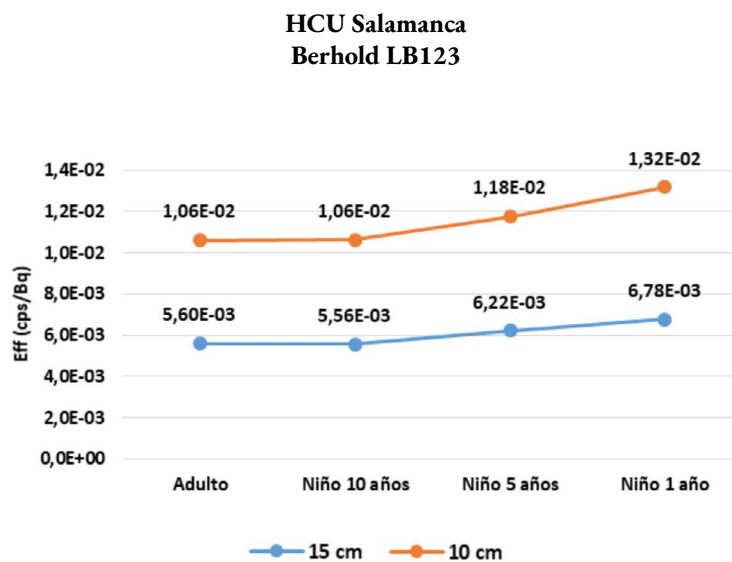
Edad	Distancia cuello-detector (cm)	Tiempo de medida (segundos)	Eficiencia (cps/Bq)	Actividad Fecha Medida (Bq)	Actividad Patrón Fecha Medida (Bq)	Bias
Adulto	10	300	3,05E-02	6554,4	5844,92	0,1214
Niño 10 años	10	300	3,00E-02	3885,5	3834,19	0,0134
Niño 5 años	10	300	3,19E-02	2509,3	2435,70	0,0302
Niño 1 año	10	300	3,30E-02	1528,6	1462,28	0,0454
Adulto	15	300	4,08E-02	6079,1	5844,92	0,0401
Niño 10 años	15	300	4,20E-02	3846,9	3834,19	0,0033
Niño 5 años	15	300	4,52E-02	2508,0	2435,70	0,0297
Niño 1 año	15	300	4,70E-02	1455,8	1462,28	-0,0045

Tabla 39 - Validación Gammacámara Siemens

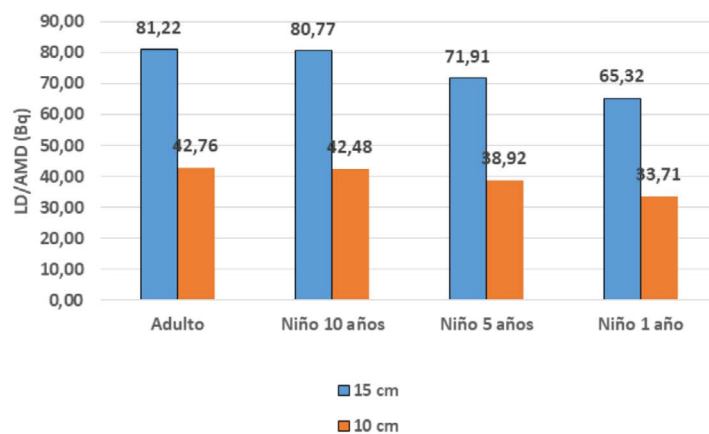
Calibración

Edad	Distancia cuello-detector (cm)	Tiempo de medida (segundos)	Eficiencia (cps/Bq)	Incertidumbre 2s	LD/AMD (Bq)
Adulto	10	300	5,60E-03	2,06E-06	81,22
Niño 10 años	10	300	5,56E-03	2,13E-06	80,77
Niño 5 años	10	300	6,22E-03	2,61E-06	71,91
Niño 1 año	10	300	6,78E-03	2,60E-06	65,32
Adulto	5	300	1,06E-02	3,85E-06	42,76
Niño 10 años	5	300	1,06E-02	3,94E-06	42,48
Niño 5 años	5	300	1,18E-02	4,55E-06	38,92
Niño 1 año	5	300	1,32E-02	5,43E-06	33,71

Tabla 40 – Calibración Berthold LB123



HCU Salamanca
Berhold LB123



Validación

Edad	Distancia cuello-detector (cm)	Tiempo de medida (segundos)	Eficiencia (cps/Bq)	Actividad Fecha Medida (Bq)	Actividad Patrón Fecha Medida (Bq)	Bias
Adulto	10	300	5,60E-03	6663,9	6514,36	0,0230
Niño 10 años	10	300	5,56E-03	4482,4	4274,84	0,0486
Niño 5 años	10	300	6,22E-03	2781,8	2715,75	0,0243
Niño 1 año	10	300	6,78E-03	1726,3	1629,61	0,0594
Adulto	5	300	1,06E-02	6728,0	6727,96	0,0000
Niño 10 años	5	300	1,06E-02	4482,4	4279,38	0,0474
Niño 5 años	5	300	1,18E-02	2781,8	2807,10	-0,0090
Niño 1 año	5	300	1,32E-02	1726,3	1714,77	0,0067

Tabla 41 – Validación Berthold LB123

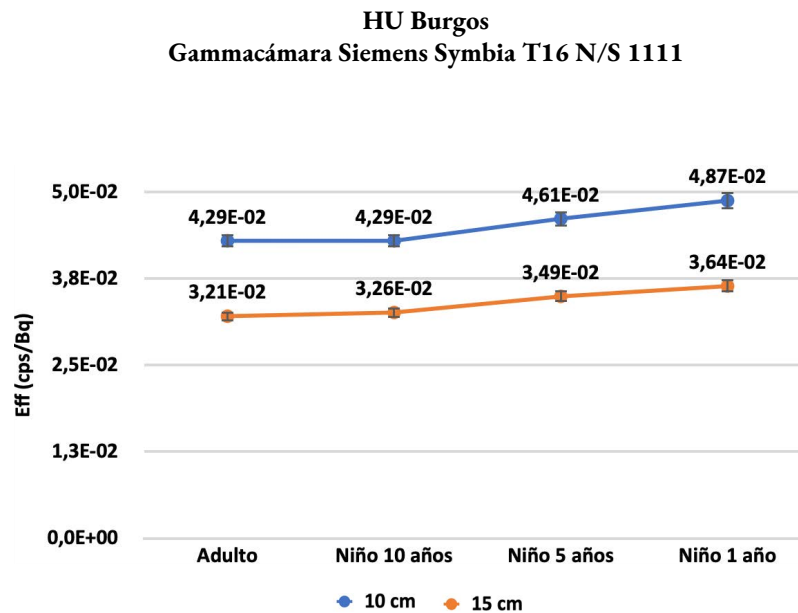
III. 5.1.4 Hospital Universitario de Burgos

Gammacamara Siemens Symbia T16 N/S 1111

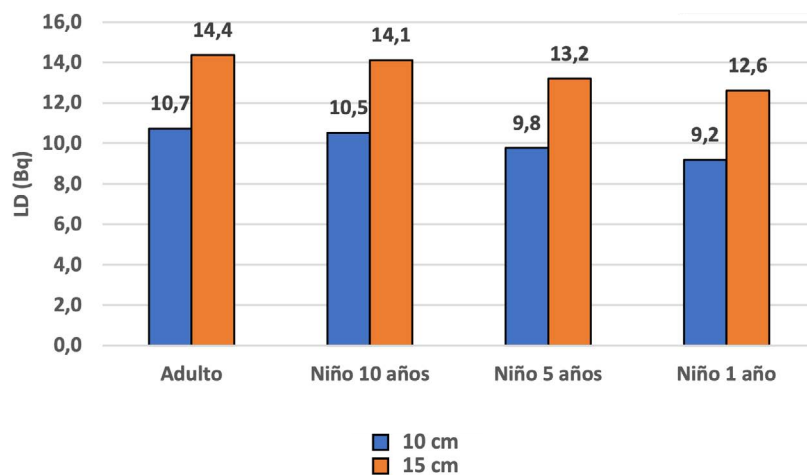
Calibración

Edad	Distancia cuello-detector (cm)	Tiempo de medida (segundos)	Eficiencia (cps/Bq)	Incertidumbre 2s	LD/AMD (Bq)
Adulto	10	300	4,29E-02	9,23E-04	10,7
Niño 10 años	10	300	4,29E-02	9,62E-04	10,5
Niño 5 años	10	300	4,61E-02	1,09E-03	9,8
Niño 1 año	10	300	4,87E-02	1,22E-03	9,2
Adulto	15	300	3,21E-02	6,99E-04	14,4
Niño 10 años	15	300	3,26E-02	7,43E-04	14,1
Niño 5 años	15	300	3,49E-02	8,48E-04	13,2
Niño 1 año	15	300	3,64E-02	9,50E-04	12,6

Tabla 42 – Calibración Gammacámara Siemens



HU Burgos
Gammacámara Siemens Symbia T16 N/S 1111



Validación

Edad	Distancia cuello-detector (cm)	Tiempo de medida (segundos)	Eficiencia (cps/Bq)	Actividad Fecha Medida (Bq)	Actividad Patrón Fecha Medida (Bq)	Bias
Adulto	10	300	4,29E-02	5925,1	5828,05	0,0166
Niño 10 años	10	300	4,29E-02	3892,9	3823,12	0,0183
Niño 5 años	10	300	4,61E-02	2466,0	2428,67	0,0154
Niño 1 año	10	300	4,87E-02	1450,4	1458,06	-0,0053
Adulto	15	300	3,21E-02	5965,6	5828,05	0,0236
Niño 10 años	15	300	3,26E-02	3848,4	3823,12	0,0066
Niño 5 años	15	300	3,49E-02	2448,5	2428,67	0,0082
Niño 1 año	15	300	3,64E-02	1489,5	1458,06	0,0216

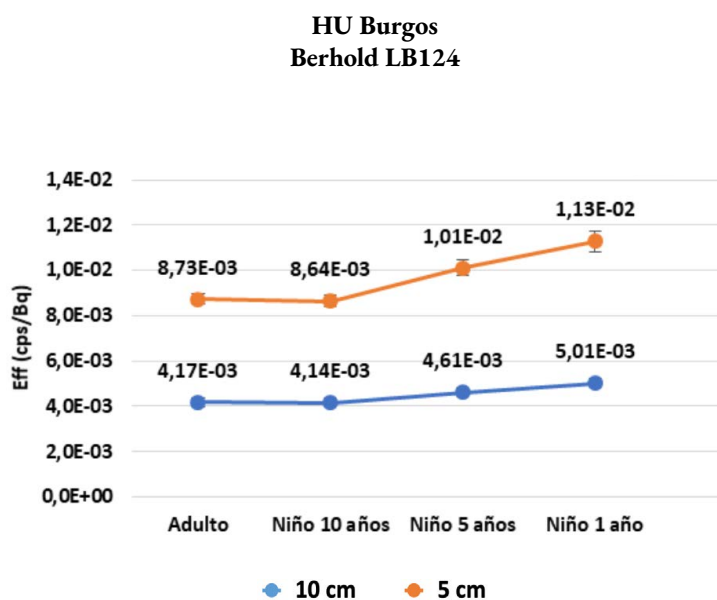
Tabla 43 – Validación Gammacámara Siemens

Berthold LB124

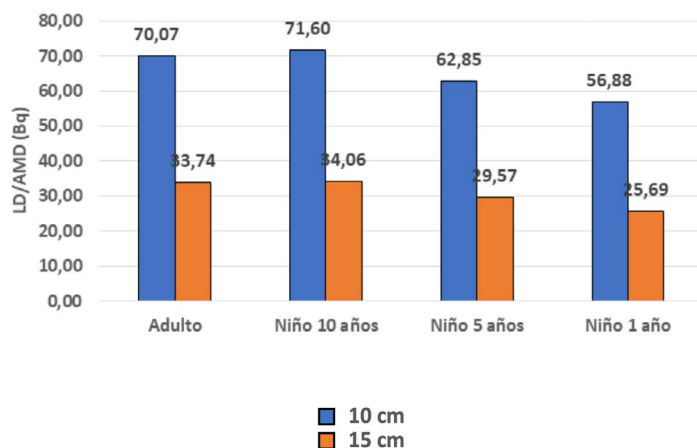
Calibración

Edad	Distancia cuello-detector (cm)	Tiempo de medida (segundos)	Eficiencia (cps/Bq)	Incertidumbre 2s	LD/AMD (Bq)
Adulto	10	300	4,17E-03	1,20E-04	70,07
Niño 10 años	10	300	4,14E-03	1,45E-04	71,60
Niño 5 años	10	300	4,61E-03	1,99E-04	62,85
Niño 1 año	10	300	5,01E-03	2,65E-04	56,88
Adulto	5	300	8,73E-03	2,28E-04	33,74
Niño 10 años	5	300	8,64E-03	2,58E-04	34,06
Niño 5 años	5	300	1,01E-02	3,49E-04	29,57
Niño 1 año	5	300	1,13E-02	4,47E-04	25,69

Tabla 44 – Calibración Berthold LB124



**HU Burgos
Berhold LB124**



Validación

Edad	Distancia cuello-detector (cm)	Tiempo de medida (segundos)	Eficiencia (cps/Bq)	Actividad Fecha Medida (Bq)	Actividad Patrón Fecha Medida (Bq)	Bias
Adulto	10	300	4,17E-03	6692,7	7085,69	-0,0555
Niño 10 años	10	300	4,14E-03	4296,5	4590,24	-0,0640
Niño 5 años	10	300	4,61E-03	2754,0	2949,16	-0,0662
Niño 1 año	10	300	5,01E-03	1595,7	1767,94	-0,0974
Adulto	5	300	8,73E-03	6750,7	7024,85	-0,0390
Niño 10 años	5	300	8,64E-03	4373,2	4509,73	-0,0303
Niño 5 años	5	300	1,01E-02	2809,7	2890,66	-0,0280
Niño 1 año	5	300	1,13E-02	1684,4	1674,89	0,0057

Tabla 45 - Validación Berthold LB124

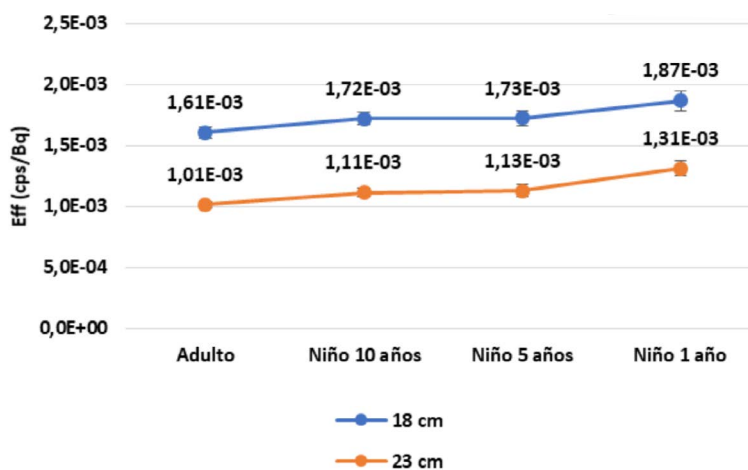
Captador tiroideo Atomlab N/S 11070785

Calibración

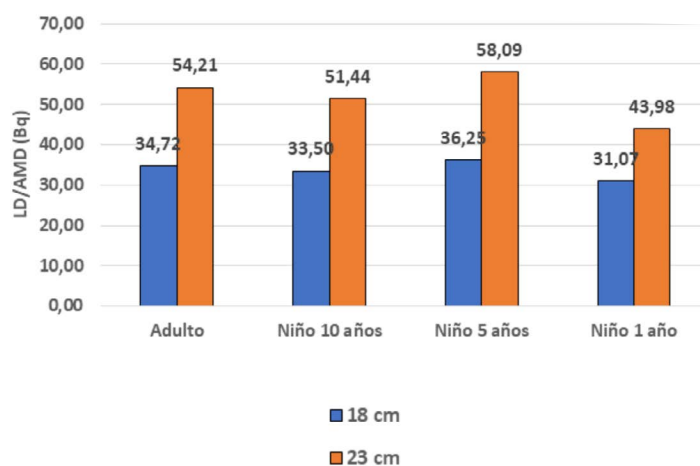
Edad	Distancia cuello-detector (cm)	Tiempo de medida (segundos)	Eficiencia (cps/Bq)	Incertidumbre 2s	LD/AMD (Bq)
Adulto	18	300	1,61E-03	4,39E-05	34,72
Niño 10 años	18	300	1,72E-03	5,39E-05	33,50
Niño 5 años	18	300	1,73E-03	6,47E-05	36,25
Niño 1 año	18	300	1,87E-03	8,12E-05	31,07
Adulto	23	300	1,01E-03	2,96E-05	54,21
Niño 10 años	23	300	1,11E-03	3,80E-05	51,44
Niño 5 años	23	300	1,13E-03	4,76E-05	58,09
Niño 1 año	23	300	1,31E-03	6,37E-05	43,98

Tabla 46 - Calibración Captador Tiroideo

HU Burgos Captador tiroideo Atomlab



HU Burgos
Captador tiroideo Atomlab



Validación

Edad	Distancia cuello-detector (cm)	Tiempo de medida (segundos)	Eficiencia (cps/Bq)	Actividad Fecha Medida (Bq)	Actividad Patrón Fecha Medida (Bq)	Bias
Adulto	18	300	1,61E-03	6305,9	6497,91	-0,0295
Niño 10 años	18	300	1,72E-03	4073,8	4264,04	-0,0446
Niño 5 años	18	300	1,73E-03	2463,4	2708,89	-0,0906
Niño 1 año	18	300	1,87E-03	1470,5	1625,50	-0,0953
Adulto	23	300	1,01E-03	6552,5	6497,91	0,0084
Niño 10 años	23	300	1,11E-03	4018,5	4264,04	-0,0576
Niño 5 años	23	300	1,13E-03	2590,2	2708,89	-0,0438
Niño 1 año	23	300	1,31E-03	1518,0	1625,50	-0,0661

Tabla 47 - Validación Captador Tiroideo

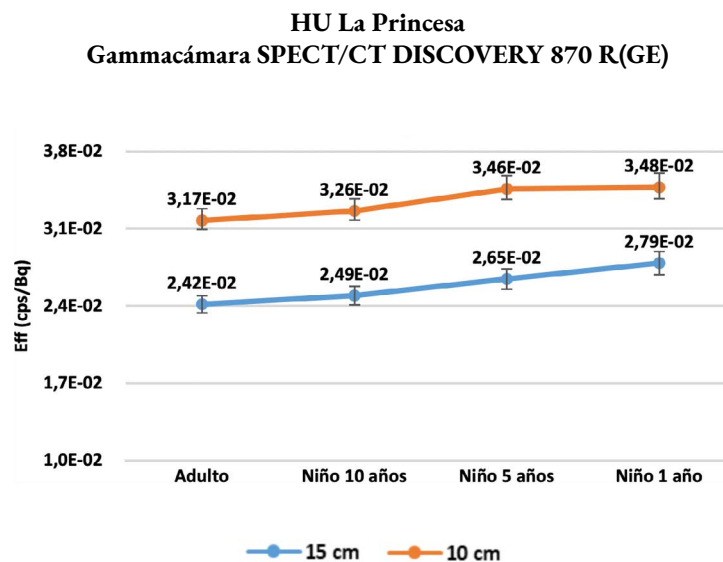
III. 5.1.5 Hospital Universitario de la Princesa

Gammacámara SPECT/TC DISCOVERY 870 DR (General Electric)

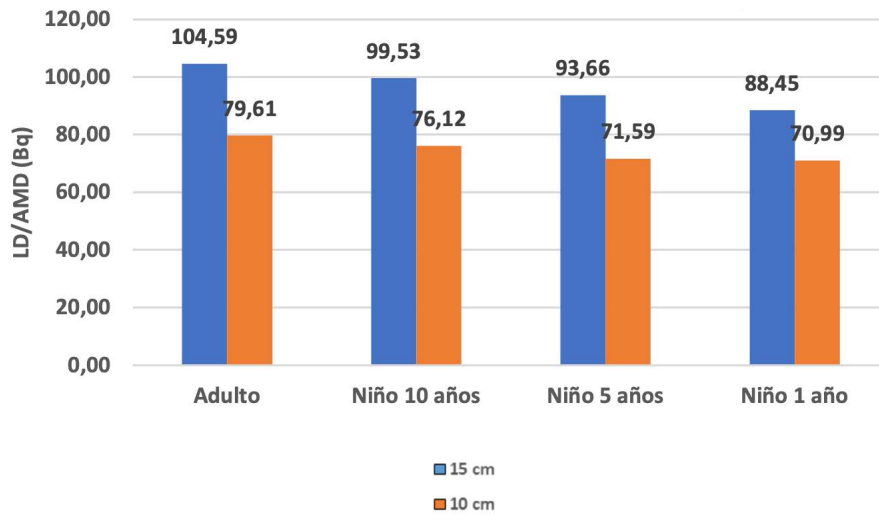
Calibración

Edad	Distancia cuello-detector (cm)	Eficiencia (cps/Bq)	Incertidumbre* 2σ (cps/Bq)	LD/AMD 300 s(Bq)
Adulto	15	2,42E-02	8,80E-04	104,59
Niño 10 años	15	2,49E-02	9,18E-04	99,53
Niño 5 años	15	2,65E-02	1,00E-03	93,66
Niño 1 año	15	2,79E-02	1,12E-03	88,45
Adulto	10	3,17E-02	1,15E-03	79,61
Niño 10 años	10	3,26E-02	1,20E-03	76,12
Niño 5 años	10	3,46E-02	1,29E-03	71,59
Niño 1 año	10	3,48E-02	1,36E-03	70,99

Tabla 48 – Calibración Gammacámara SIEMENS



HU La Princesa
Gammacámara SPECT/CT DISCOVERY 870 R(GE)



Validación

Edad (1, 5, 10 años o adulto)	Distancia cuello-detector (cm)	Tiempo de medida (segundos)	Eficiencia (cps/Bq)	Actividad Fecha Medida (Bq)	Actividad Patrón Fecha Medida (Bq)	Bias
Adulto	10	300	3,17E-02	6913,41	5980,3	0,1560
Niño 10 años	10	300	3,26E-02	4309,74	3923,19	0,0985
Niño 5 años	10	300	3,46E-02	2806,75	2492,24	0,1262
Niño 1 año	10	300	3,48E-02	1782,52	1496,22	0,1914
Adulto	15	300	2,42E-02	6929,88	5980,3	0,1588
Niño 10 años	15	300	2,49E-02	4558,80	3923,19	0,1620
Niño 5 años	15	300	2,65E-02	2901,66	2492,24	0,1643
Niño 1 año	15	300	2,79E-02	1753,09	1496,22	0,1717

Tabla 49 – Validación Gammacámara SIEMENS

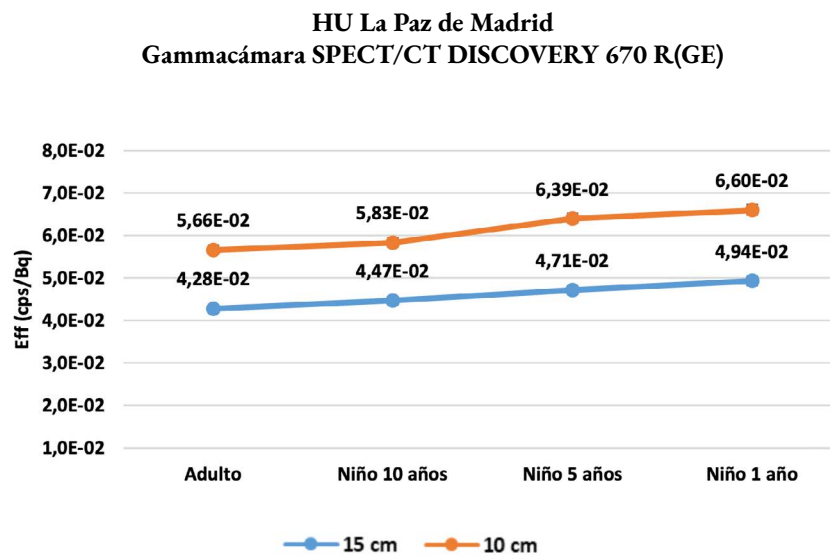
III. 5.1.6 Hospital Universitario La Paz (Madrid)

Gammacámara Discovery 670 DR (General Electric)

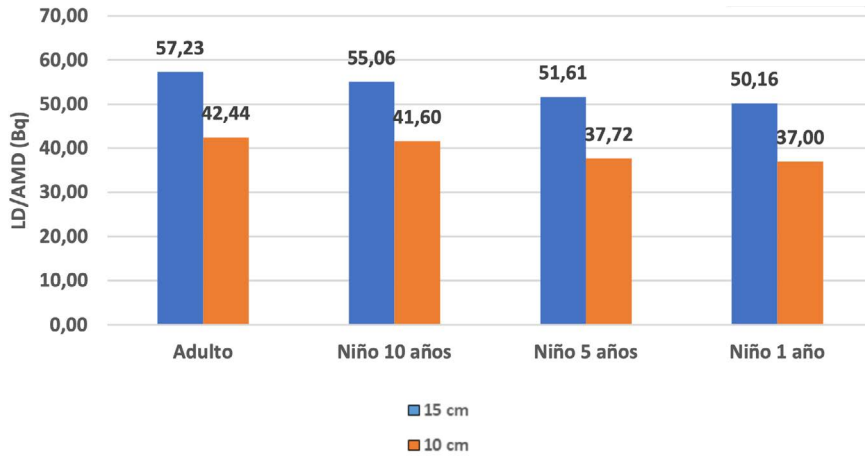
Calibración

Edad (1, 5, 10 años o adulto)	Distancia cuello-detector (cm)	Eficiencia (cps/Bq)	Incertidumbre* 2σ (cps/Bq)	LD/AMD 300s (Bq)
Adulto	15	4,28E-02	1,73E-03	57,23
Niño 10 años	15	4,47E-02	1,82E-03	55,06
Niño 5 años	15	4,71E-02	1,97E-03	51,61
Niño 1 año	15	4,94E-02	2,17E-03	50,16
Adulto	10	5,66E-02	2,29E-03	42,44
Niño 10 años	10	5,83E-02	2,37E-03	41,60
Niño 5 años	10	6,39E-02	2,64E-03	37,72
Niño 1 año	10	6,60E-02	2,82E-03	37,00

Tabla 50 – Calibración Gammacámara Discovery



HU La Paz de Madrid
Gammacámara SPECT/CT DISCOVERY 670 R(GE)



Validación

Edad (1, 5, 10 años o adulto)	Distancia cuello-detector (cm)	Tiempo de medida (segundos)	Eficiencia (cps/Bq)	Actividad Fecha Medida (Bq)	Actividad Patrón Fecha Medida (Bq)	Bias
Adulto	10	300	5,66E-02	6125,76	5955,8	0,0285
Niño 10 años	10	300	5,83E-02	3978,08	3906,92	0,0433
Niño 5 años	10	300	6,39E-02	2500,29	2481,91	0,0182
Niño 1 año	10	300	6,60E-02	1536,15	1490,02	0,0040
Adulto	15	300	4,28E-02	6213,84	5955,8	0,0074
Niño 10 años	15	300	4,47E-02	3922,70	3906,92	0,0388
Niño 5 años	15	300	4,71E-02	2578,18	2481,91	0,0310
Niño 1 año	15	300	4,94E-02	1475,61	1496,22	-0,0138

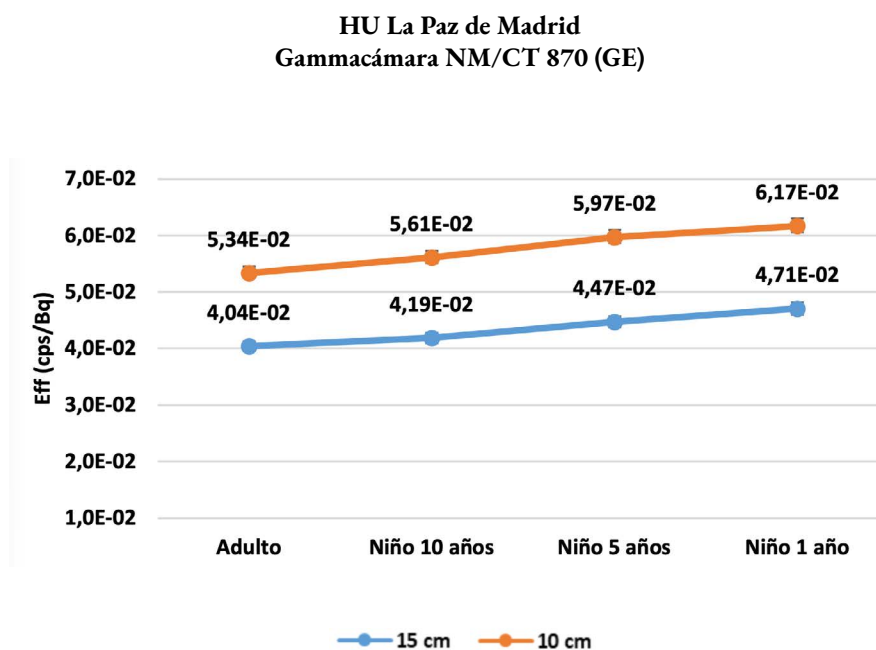
Tabla 51 – Validación Gammacámara Discovery

Gammacámara NM/CT 870 (General Electric)

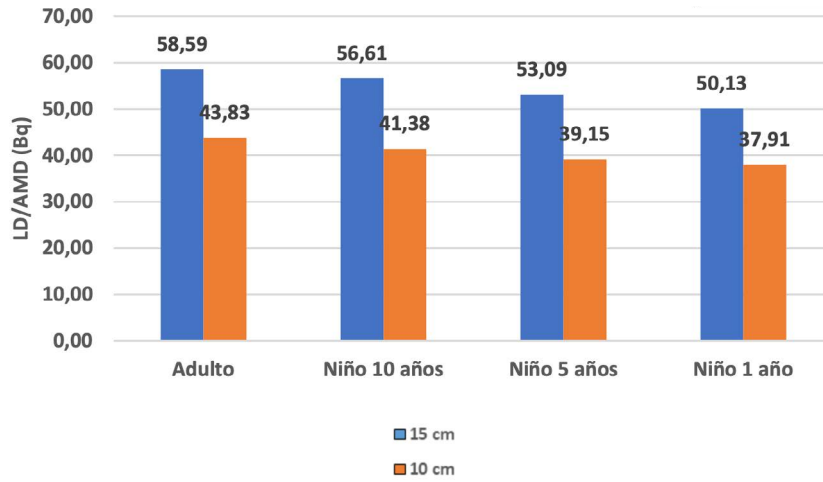
Calibración

Edad (1, 5, 10 años o adulto)	Distancia cuello-detector (cm)	Eficiencia (cps/Bq)	Incertidumbre 2σ (cps/Bq)	LD/AMD 300s (Bq)
Adulto	15	4,04E-02	1,64E-03	58,59
Niño 10 años	15	4,19E-02	1,71E-03	56,61
Niño 5 años	15	4,47E-02	1,87E-03	53,09
Niño 1 año	15	4,71E-02	2,07E-03	50,13
Adulto	10	5,34E-02	2,16E-03	43,83
Niño 10 años	10	5,61E-02	2,28E-03	41,38
Niño 5 años	10	5,97E-02	2,47E-03	39,15
Niño 1 año	10	6,17E-02	2,64E-03	37,91

Tabla 52 – Calibración Gammacámara General Electric



HU La Paz de Madrid
Gammacámara NM/CT 870 (GE)



Validación

Edad (1, 5, 10 años o adulto)	Distancia cuello-detector (cm)	Tiempo de medida (segundos)	Eficiencia (cps/Bq)	Actividad Fecha Medida (Bq)	Actividad Patrón Fecha Medida (Bq)	Bias
Adulto	10	300	5,34E-02	6183,10	5955,8	0,0382
Niño 10 años	10	300	5,61E-02	3988,55	3906,92	0,0209
Niño 5 años	10	300	5,97E-02	2487,44	2481,91	0,0022
Niño 1 año	10	300	6,17E-02	1484,37	1490,02	-0,0038
Adulto	15	300	4,04E-02	6192,74	5955,8	0,0398
Niño 10 años	15	300	4,19E-02	4016,12	3906,92	0,0279
Niño 5 años	15	300	4,47E-02	2492,30	2481,91	0,0042
Niño 1 año	15	300	4,71E-02	1568,61	1490,02	0,0527

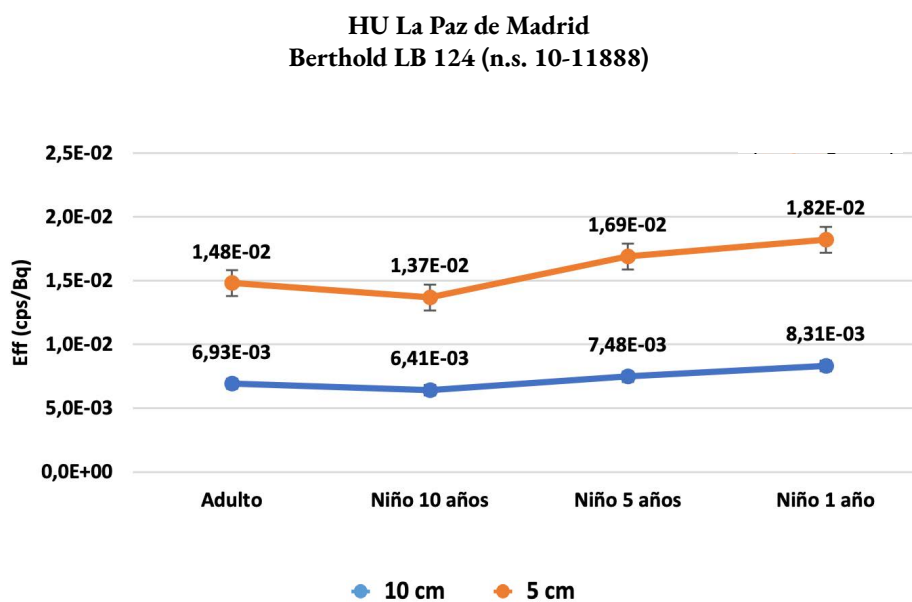
Tabla 53 – Validación Gammacámara General Electric

Detector de contaminación Berthold LB 124 (n.s. 10-11888)

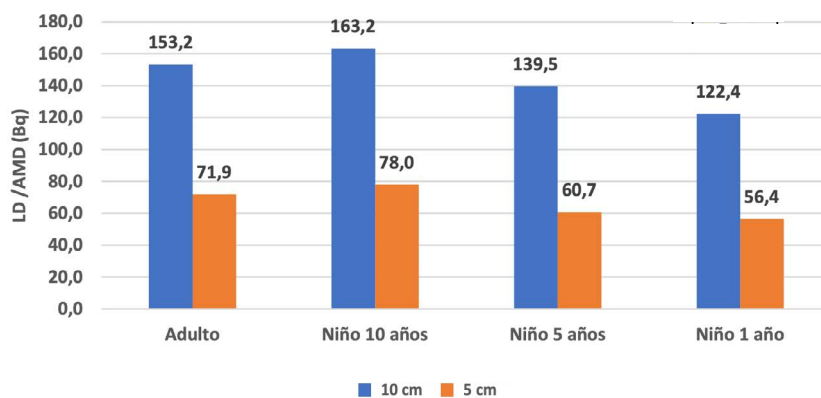
Calibración

Edad (1, 5, 10 años o adulto)	Distancia cuello-detector (cm)	Eficiencia (cps/Bq)	Incertidumbre* 2σ (cps/Bq)	LD/AMD 10s (Bq)
Adulto	10	6,93E-03	2,55E-04	153,2
Niño 10 años	10	6,41E-03	2,45E-04	163,2
Niño 5 años	10	7,48E-03	3,06E-04	139,5
Niño 1 año	10	8,31E-03	3,76E-04	122,4
Adulto	5	1,48E-02	5,40E-04	71,9
Niño 10 años	5	1,37E-02	5,07E-04	78,0
Niño 5 años	5	1,69E-02	6,41E-04	60,7
Niño 1 año	5	1,82E-02	7,21E-04	56,4

Tabla 54 – Calibración Detector Berthold LB124



**HU La Paz de Madrid
Berthold LB 124 (n.s. 10-11888)**



Validación

Edad (1, 5, 10 años o adulto)	Distancia cuello-detector (cm)	Tiempo de medida (segundos)	Eficiencia (cps/Bq)	Actividad Fecha Medida (Bq)	Actividad Patrón Fecha Medida (Bq)	Bias
Adulto	5	300	1,48E-02	6545,73	6627,42	-0,0123
Niño 10 años	5	300	1,37E-02	4451,66	4349	0,0236
Niño 5 años	5	300	1,69E-02	2689,26	2762,87	-0,0266
Niño 1 año	5	300	1,82E-02	1843,69	1657,9	0,1121
Adulto	10	300	6,93E-03	6751,57	6627,42	0,0187
Niño 10 años	10	300	6,41E-03	4536,00	4349	0,0430
Niño 5 años	10	300	7,48E-03	2777,79	2762,87	0,0054
Niño 1 año	10	300	8,31E-03	1829,83	1657,9	0,1037

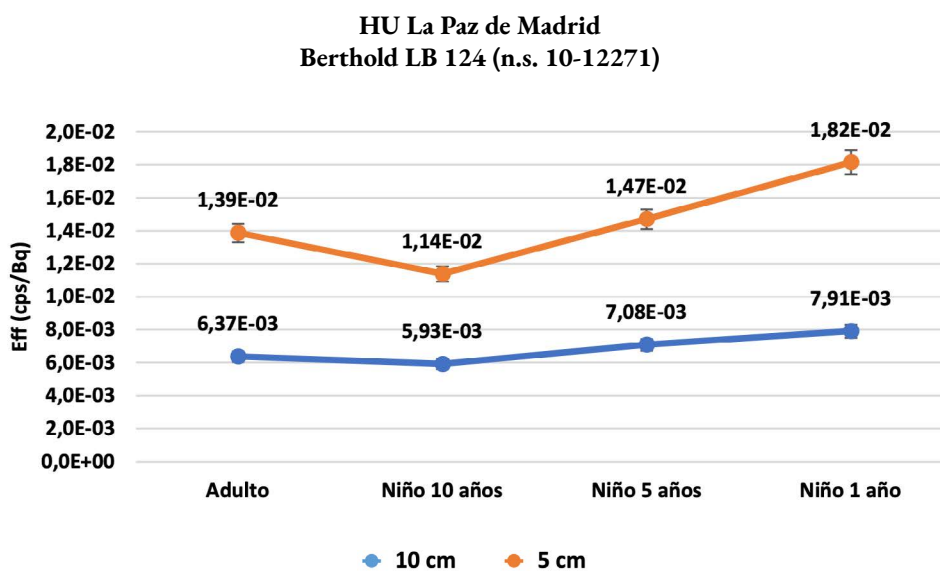
Tabla 55 – Validación Detector Berthold LB124

Detector de contaminación Berthold LB 124 (n.s. 10-12271)

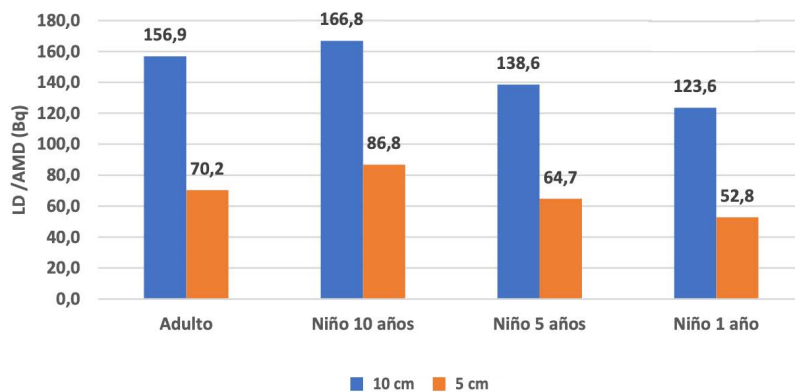
Calibración

Edad (1, 5, 10 años o adulto)	Distancia cuello-detector (cm)	Eficiencia (cps/Bq)	Incertidumbre* 2σ (cps/Bq)	LD/AMD 10s (Bq)
Adulto	10	6,37E-03	2,35E-04	156,9
Niño 10 años	10	5,93E-03	2,28E-04	166,8
Niño 5 años	10	7,08E-03	2,91E-04	138,6
Niño 1 año	10	7,91E-03	3,60E-04	123,6
Adulto	5	1,39E-02	5,07E-04	70,2
Niño 10 años	5	1,14E-02	4,24E-04	86,8
Niño 5 años	5	1,47E-02	5,62E-04	64,7
Niño 1 año	5	1,82E-02	7,18E-04	52,8

Tabla 56 – Calibración Detector Berthold LB124



**HU La Paz de Madrid
Berthold LB 124 (n.s. 10-12271)**



Validación

Edad (1, 5, 10 años o adulto)	Distancia cuello-detector (cm)	Tiempo de medida (segundos)	Eficiencia (cps/Bq)	Actividad Fecha Medida (Bq)	Actividad Patrón Fecha Medida (Bq)	Bias
Adulto	5	300	1,39E-02	6610,54	6628,53	-0,0027
Niño 10 años	5	300	1,14E-02	4451,71	4349,74	0,0234
Niño 5 años	5	300	1,47E-02	3011,84	2763,34	0,0899
Niño 1 año	5	300	1,82E-02	1513,99	1658,18	-0,0870
Adulto	10	300	6,37E-03	6559,49	6628,53	-0,0104
Niño 10 años	10	300	5,93E-03	4266,99	4349,74	-0,0190
Niño 5 años	10	300	7,08E-03	2639,44	2763,34	-0,0448
Niño 1 año	10	300	7,91E-03	1680,47	1658,18	0,0134

Tabla 57 – Validación Detector Berthold LB124

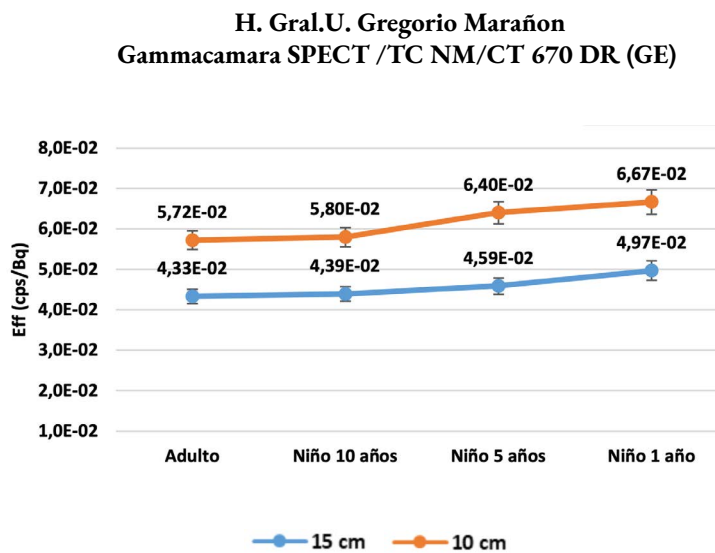
III. 5.1.7 Hospital Gral. U. Gregorio Marañón (Madrid)

Gammacámara SPECT-TC GE NM/CT 670DR (General Electric)

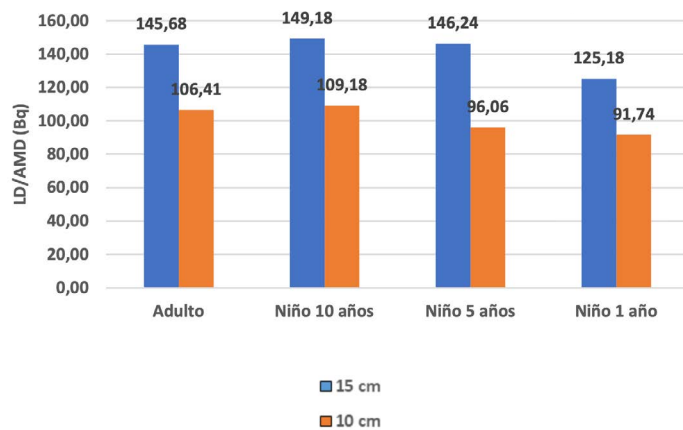
Calibración

Edad (1, 5, 10 años o adulto)	Distancia cuello-detector (cm)	Eficiencia (cps/Bq)	Incertidumbre* 2σ (cps/Bq)	LD/AMD 300s (Bq)
Adulto	15	4,33E-02	1,75E-03	145,68
Niño 10 años	15	4,39E-02	1,82E-03	149,18
Niño 5 años	15	4,59E-02	2,02E-03	146,24
Niño 1 año	15	4,97E-02	2,40E-03	125,18
Adulto	10	5,72E-02	2,31E-03	106,41
Niño 10 años	10	5,80E-02	2,37E-03	109,18
Niño 5 años	10	6,40E-02	2,71E-03	96,06
Niño 1 año	10	6,67E-02	3,02E-03	91,74

Tabla 58 – Calibración Gammacámara SPECT-TC General Electric



H. Gral. U. Gregorio Marañón
Gammacamara SPECT-TC GE NM/CT 670DR)



Validación

Edad (1, 5, 10 años o adulto)	Distancia cuello-detector (cm)	Tiempo de medida (segundos)	Eficiencia (cps/Bq)	Actividad Fecha Medida (Bq)	Actividad Patrón Fecha Medida (Bq)	Bias
Adulto	10	300	5,72E-02	6368,31	5940,75	0,0720
Niño 10 años	10	300	5,80E-02	4087,47	3897,05	0,0489
Niño 5 años	10	300	6,40E-02	2709,87	2475,64	0,0946
Niño 1 año	10	300	6,67E-02	1516,28	1486,25	0,0202
Adulto	15	300	4,33E-02	6360,72	5940,75	0,0707
Niño 10 años	15	300	4,39E-02	3972,23	3897,05	0,0193
Niño 5 años	15	300	4,59E-02	2685,18	2475,64	0,0846
Niño 1 año	15	300	4,97E-02	1504,27	1486,25	0,0121

Tabla 59 – Validación Gammacámara SPECT-TC General Electric

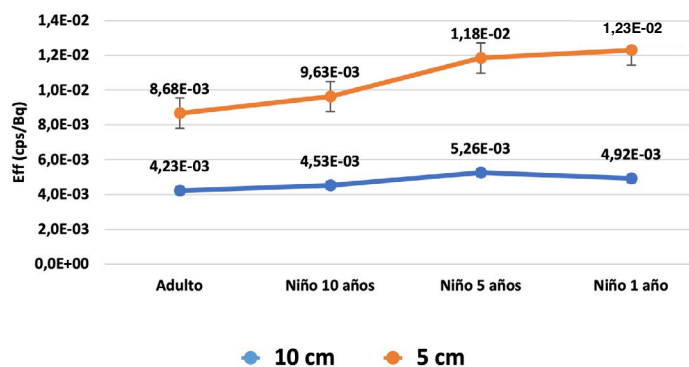
Contador proporcional Berthold LB 1210 B

Calibración

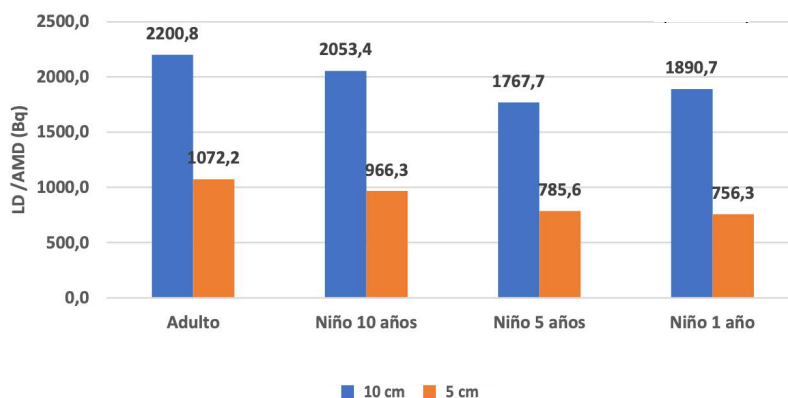
Edad (1, 5, 10 años o adulto)	Distancia cuello-detector (cm)	Eficiencia (cps/Bq)	Incertidumbre* 2σ (cps/Bq)	LD/AMD 10s (Bq)
Adulto	10	4,23E-03	9,10E-04	2200,8
Niño 10 años	10	4,53E-03	1,17E-03	2053,4
Niño 5 años	10	5,26E-03	1,43E-03	1767,7
Niño 1 año	10	4,92E-03	2,66E-03	1890,7
Adulto	5	8,68E-03	2,25E-03	1072,2
Niño 10 años	5	9,63E-03	2,31E-03	966,3
Niño 5 años	5	1,18E-02	2,73E-03	785,6
Niño 1 año	5	1,23E-02	5,04E-03	756,3

Tabla 60 – Calibración Contador proporcional Berthold LB1210B

**HGU Gregorio Marañón
Berthold LB 1210**



**HGU Gregorio Marañón
Berthold LB 1210**



Validación

Edad (1, 5, 10 años o adulto)	Distancia cuello-detector (cm)	Tiempo de medida (segundos)	Eficiencia (cps/Bq)	Actividad Fecha Medida (Bq)	Actividad Patrón Fecha Medida (Bq)	Bias
Adulto	10	300	4,23E-03	7094,73	6619,59	0,0718
Niño 10 años	10	300	4,53E-03	4413,15	4343,87	0,0159
Niño 5 años	10	300	5,26E-03	1899,53	2759,6	-0,3117
Niño 1 año	10	300	4,92E-03	2031,66	1655,94	0,2269
Adulto	5	300	8,68E-03	6912,82	6619,59	0,0443
Niño 10 años	5	300	9,63E-03	4153,56	4343,87	-0,0438
Niño 5 años	5	300	1,18E-02	2532,70	2759,6	-0,0822
Niño 1 año	5	300	1,23E-02	1625,33	1655,94	-0,0185

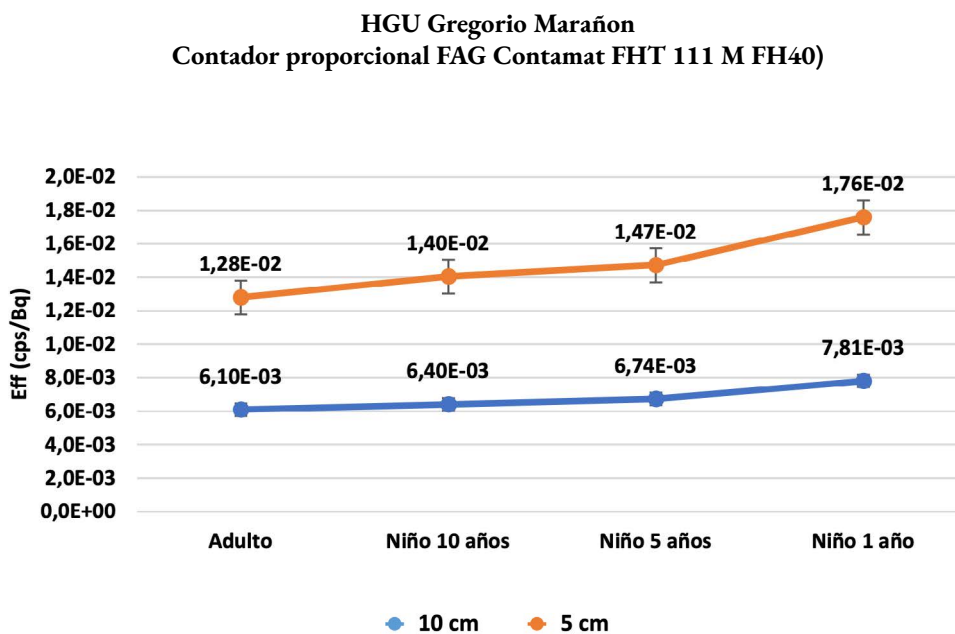
Tabla 61 – Validación Contador proporcional Berthold LB1210B

Contador proporcional (FAG Contamat FHT 111 M FH40)

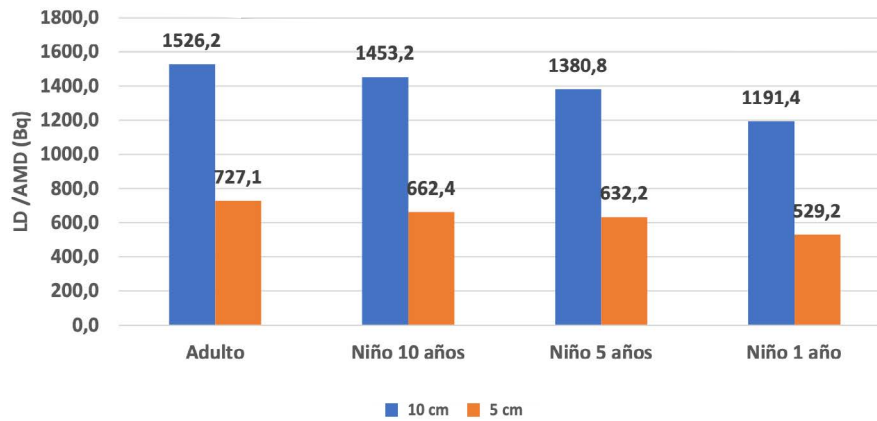
Calibración

Edad (1, 5, 10 años o adulto)	Distancia cuello-detector (cm)	Eficiencia (cps/Bq)	Incertidumbre* 2σ (cps/Bq)	LD/AMD 10s (Bq)
Adulto	10	6,10E-03	3,42E-04	1526,2
Niño 10 años	10	6,40E-03	6,61E-04	1453,2
Niño 5 años	10	6,74E-03	1,44E-03	1380,8
Niño 1 año	10	7,81E-03	2,66E-03	1191,4
Adulto	5	1,28E-02	5,65E-04	727,1
Niño 10 años	5	1,40E-02	8,29E-04	662,4
Niño 5 años	5	1,47E-02	1,53E-03	632,2
Niño 1 año	5	1,76E-02	2,74E-03	529,2

Tabla 62 – Calibración Contador proporcional



HGU Gregorio Marañón
Contador proporcional FAG Contamat FHT 111 M FH40)



Validación

Edad (1, 5, 10 años o adulto)	Distancia cuello-detector (cm)	Tiempo de medida (segundos)	Eficiencia (cps/Bq)	Actividad Fecha Medida (Bq)	Actividad Patrón Fecha Medida (Bq)	Bias
Adulto	10	300	6,10E-03	7177,44	6619,59	0,0843
Niño 10 años	10	300	6,40E-03	3818,55	4343,87	-0,1209
Niño 5 años	10	300	6,74E-03	3019,99	2759,6	0,0944
Niño 1 año	10	300	7,81E-03	1955,26	1655,94	0,1808
Adulto	5	300	1,28E-02	6989,50	6619,59	0,0559
Niño 10 años	5	300	1,40E-02	4094,93	4343,87	-0,0573
Niño 5 años	5	300	1,47E-02	2977,77	2759,6	0,0791
Niño 1 año	5	300	1,76E-02	1497,48	1655,94	-0,0957

Tabla 63 – Validación Contador proporcional

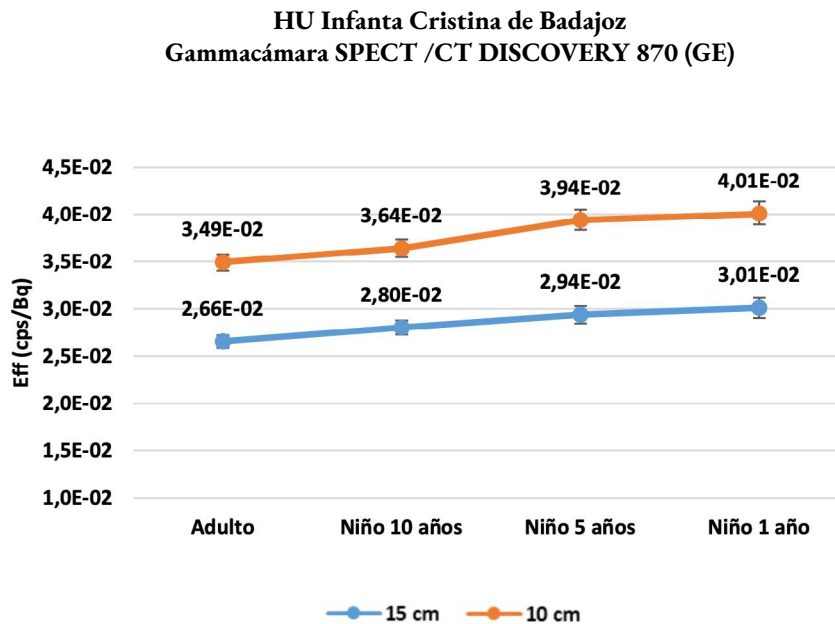
III. 5.1.8 Hospital U. Infanta Cristina (Badajoz)

Gammacámara SPECT/TC DISCOVERY 870 DR (General Electric)

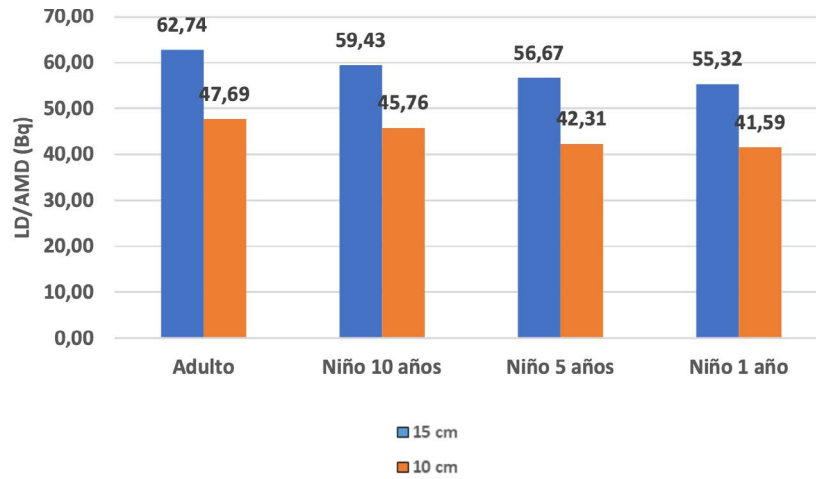
Calibración

Edad (1, 5, 10 años o adulto)	Distancia cuello-detector (cm)	Eficiencia (cps/Bq)	Incertidumbre* 2σ (cps/Bq)	LD/AMD 300s (Bq)
Adulto	15	2,66E-02	6,64E-04	62,74
Niño 10 años	15	2,80E-02	7,57E-04	59,43
Niño 5 años	15	2,94E-02	9,12E-04	56,67
Niño 1 año	15	3,01E-02	1,05E-03	55,32
Adulto	10	3,49E-02	8,39E-04	47,69
Niño 10 años	10	3,64E-02	9,47E-04	45,76
Niño 5 años	10	3,94E-02	1,14E-03	42,31
Niño 1 año	10	4,01E-02	1,32E-03	41,59

Tabla 64 – Calibración Gammacámara SPECT/TC General Electric



HU Infanta Cristina de Badajoz
Gammacámara SPECT /CT DISCOVERY 870 (GE)



Validación

Edad (1, 5, 10 años o adulto)	Distancia cuello-detector (cm)	Tiempo de medida (segundos)	Eficiencia (cps/Bq)	Actividad Fecha Medida (Bq)	Actividad Patrón Fecha Medida (Bq)	Bias
Adulto	15	180	2,66E-02	5976,70	5858,67	0,0201
Niño 10 años	15	180	2,80E-02	3858,68	3843,21	0,0040
Niño 5 años	15	180	2,94E-02	2413,93	2441,43	-0,0113
Niño 1 año	15	180	3,01E-02	1434,67	1465,72	-0,0212
Adulto	10	180	3,49E-02	5926,86	5858,67	0,0116
Niño 10 años	10	180	3,64E-02	3810,53	3843,21	-0,0085
Niño 5 años	10	180	3,94E-02	2423,15	2441,43	-0,0075
Niño 1 año	10	180	4,01E-02	1480,52	1465,72	0,0101

Tabla 65 – Validación Gammacámara SPECT/TC General Electric

III. 5.1.9 Unidad Militar de Emergencias (UME)

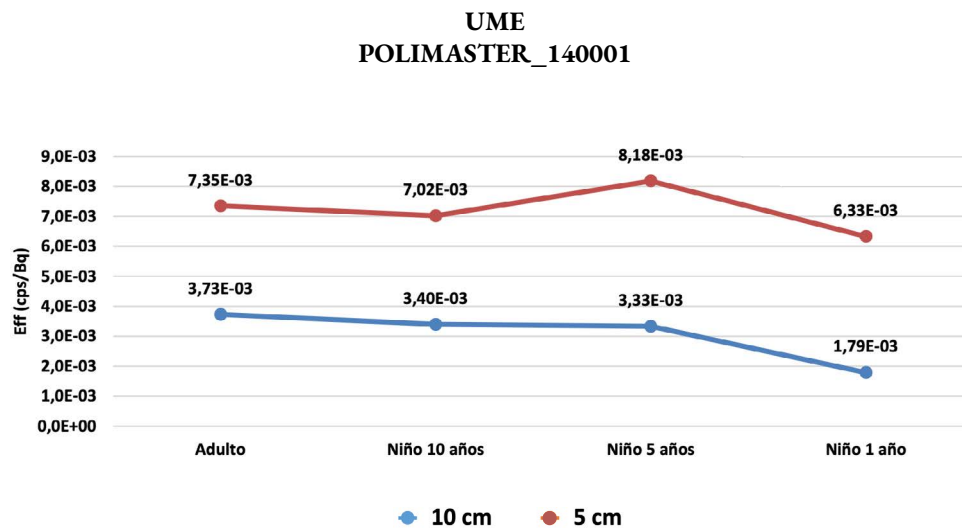
Nota: La UME no reportó las incertidumbres ni los límites de detección.

POLIMASTER_140001

Calibración

Edad (1, 5, 10 años o adulto)	Distancia cuello-detector (cm)	Eficiencia (cps/Bq)	Incertidumbre* 2σ (cps/Bq)	LD/AMD (Bq)
Adulto	10	3,73E-03		
Niño 10 años	10	3,40E-03		
Niño 5 años	10	3,33E-03		
Niño 1 año	10	1,79E-03		
Adulto	5	7,35E-03		
Niño 10 años	5	7,02E-03		
Niño 5 años	5	8,18E-03		
Niño 1 año	5	6,33E-03		

Tabla 66 - Calibración POLIMASTER 140001



Validación

Edad (1, 5, 10 años o adulto)	Distancia cuello-detector (cm)	Tiempo de medida (segundos)	Eficiencia (cps/Bq)	Actividad Fecha Medida (Bq)	Patrón Fecha Medida (Bq)	Bias
Adulto	5	10	7,35E-03	3750,75	6577,25	-0,4297
10	5	10	7,02E-03	3799,06	4316,13	-0,1198
5	5	10	8,18E-03	2104,21	2735,10	-0,2307
1	5	10	6,33E-03	807,20	1645,39	-0,5094
Adulto	10	10	3,73E-03	4351,35	6577,25	-0,3384
10	10	10	3,40E-03	3799,06	4316,13	-0,1198
5	10	10	3,33E-03	1402,73	2735,10	-0,4871
1	10	10	1,79E-03	2669,97	1645,39	0,6227

Tabla 67 – Validación POLIMASTER 140001

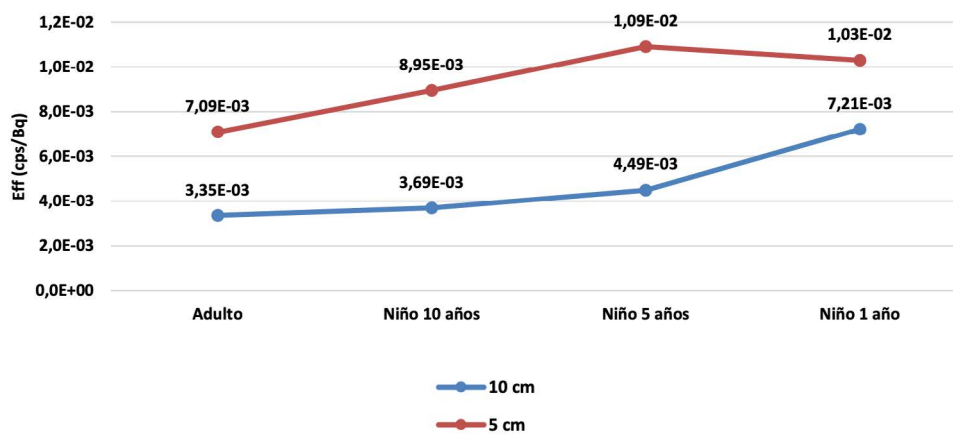
POLIMASTER_140002

Calibración

Edad (1, 5, 10 años o adulto)	Distancia cuello-detector (cm)	Eficiencia (cps/Bq)	Incertidumbre* 2s (cps/Bq)	LD/AMD (Bq)
Adulto	10	3,35E-03		
Niño 10 años	10	3,69E-03		
Niño 5 años	10	4,49E-03		
Niño 1 año	10	7,21E-03		
Adulto	5	7,09E-03		
Niño 10 años	5	8,95E-03		
Niño 5 años	5	1,09E-02		
Niño 1 año	5	1,03E-02		

Tabla 68 – Calibración POLIMASTER 140002

UME
POLIMASTER_140002



Validación

Edad (1, 5, 10 años o adulto)	Distancia cuello-detector (cm)	Tiempo de medida (segundos)	Eficiencia (cps/Bq)	Actividad (Fecha Medida) (Bq)	Actividad (Fecha referencia) (*) (Bq)	Bias
Adulto	5	10	7,09E-03	5623,91	6575,03	-0,1447
10	5	10	8,95E-03	4358,41	4314,67	0,0101
5	5	10	1,09E-02	2464,08	2735,10	-0,0991
1	5	10	1,03E-02	1758,56	1644,83	0,0691
Adulto	10	10	3,35E-03	6822,36	6575,03	0,0376
10	10	10	3,69E-03	4358,41	4314,67	0,0101
5	10	10	4,49E-03	4452,78	2735,10	0,6280
1	10	10	7,21E-03	1324,46	1644,83	-0,1948

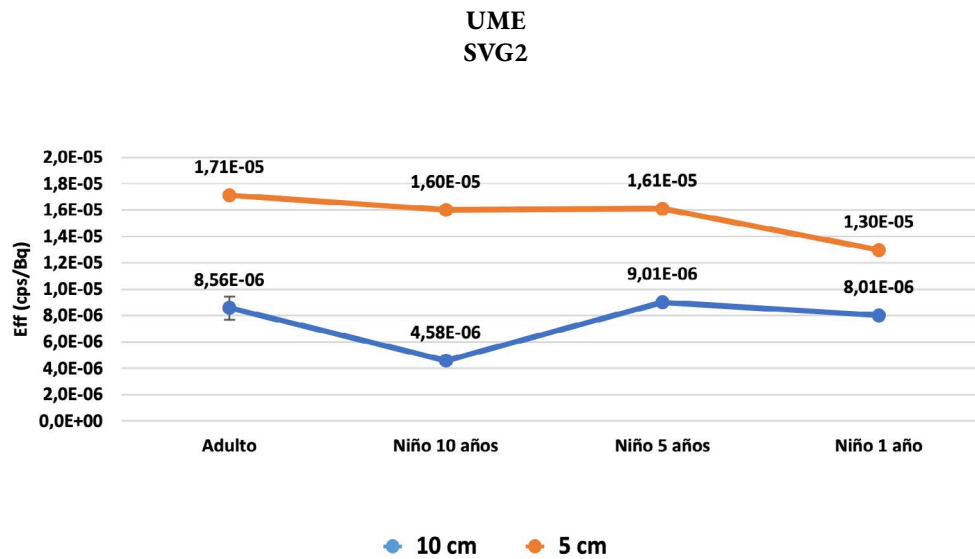
Tabla 69 – Validación POLIMASTER 140002

SVG2

Calibración

Edad (1, 5, 10 años o adulto)	Distancia cuello-detector (cm)	Eficiencia (cps/Bq)	Incertidumbre* 2s (cps/Bq)	LD/AMD 10s (Bq)
Adulto	10	8,56E-06		
Niño 10 años	10	4,58E-06		
Niño 5 años	10	9,01E-06		
Niño 1 año	10	8,01E-06		
Adulto	5	1,71E-05		
Niño 10 años	5	1,60E-05		
Niño 5 años	5	1,61E-05		
Niño 1 año	5	1,30E-05		

Tabla 70 – Calibración SVG2



Validación

Edad (1, 5, 10 años o adulto)	Distancia cuello-detector (cm)	Tiempo de medida (segundos)	Eficiencia (cps/Bq)	Actividad (Fecha Medida) (Bq)	Actividad (Fecha referencia) (*) (Bq)	Bias
Adulto	5	10	1,71E-05	6293,97	6557,31	-0,0402
10	5	10	1,60E-05	9436,89	4303,05	1,1931
5	5	10	1,61E-05	3382,80	2735,10	0,2368
1	5	10	1,30E-05	2054,81	1640,40	0,2526
Adulto	10	10	8,56E-06	2076,36	6557,31	-0,6834
10	10	10	4,58E-06	9436,89	4303,05	1,1931
5	10	10	9,01E-06	-3700,82	2735,10	-2,3531
1	10	10	8,01E-06	5411,59	1640,40	2,2989

Tabla 71 – Validación SVG2

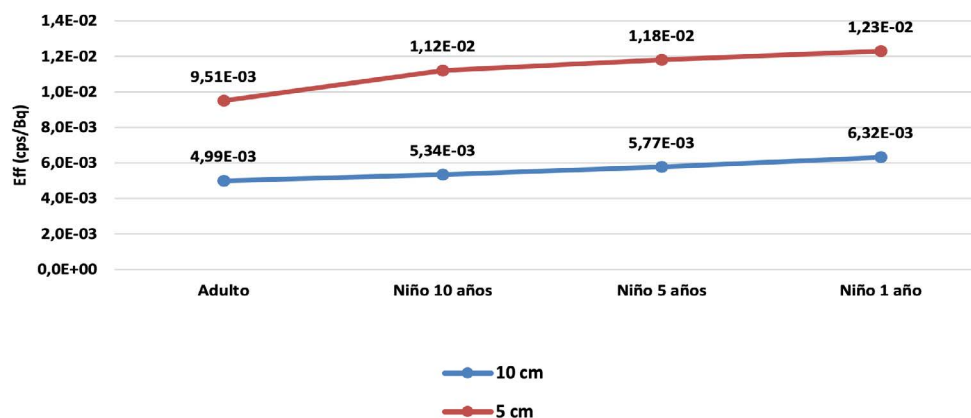
LAMSE_19143

Calibración

Edad (1, 5, 10 años o adulto)	Distancia cuello-detector (cm)	Eficiencia (cps/Bq)	Incertidumbre* 2s (cps/Bq)	LD/AMD 10s (Bq)
Adulto	10	4,99E-03	No reportado	No reportado
Niño 10 años	10	5,34E-03	No reportado	No reportado
Niño 5 años	10	5,77E-03	No reportado	No reportado
Niño 1 año	10	6,32E-03	No reportado	No reportado
Adulto	5	9,51E-03	No reportado	No reportado
Niño 10 años	5	1,12E-02	No reportado	No reportado
Niño 5 años	5	1,18E-02	No reportado	No reportado
Niño 1 año	5	1,23E-02	No reportado	No reportado

Tabla 72 – Calibración LAMSE 19143

**UME
LAMSE 19143**



Validación

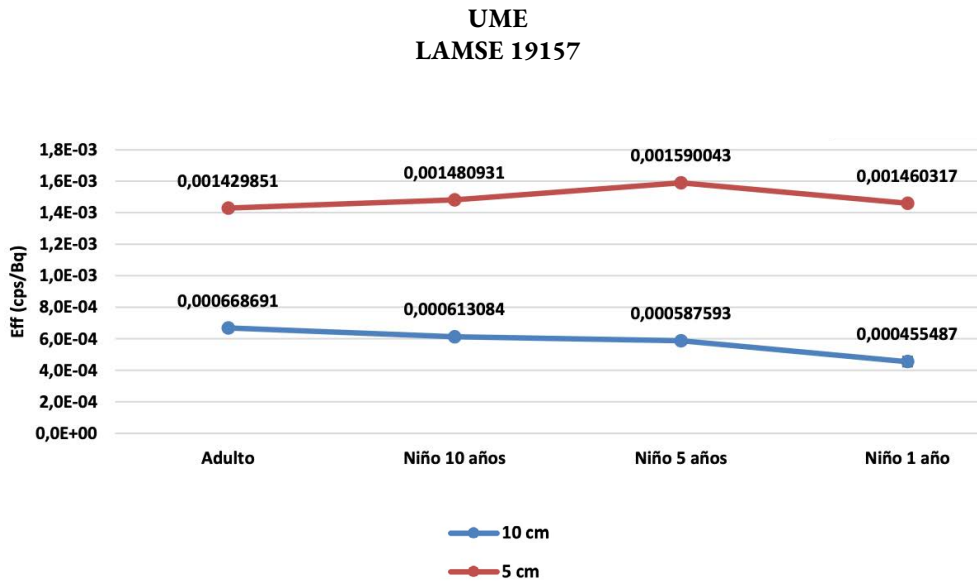
Edad (1, 5, 10 años o adulto)	Fecha medida dd/mm/aaaa	Distancia cuello-detector (cm)	Tiempo de medida (segundos)	Eficiencia (cps/Bq)	Actividad (Fecha Medida) (Bq)	Actividad (Fecha referencia) (*) (Bq)	Bias
Adulto	19/12/2023	5	10	9,51E-03	4462,79	6575,03	-0,3213
10	19/12/2023	5	10	1,12E-02	1749,70	4314,67	-0,5945
5	19/12/2023	5	10	1,18E-02	753,95	2735,10	-0,7243
1	19/12/2023	5	10	1,23E-02	402,62	1644,83	-0,7552
Adulto	19/12/2023	10	10	4,99E-03	4466,04	6575,03	-0,3208
10	19/12/2023	10	10	5,34E-03	1753,43	4314,67	-0,5936
5	19/12/2023	10	10	5,77E-03	754,28	2735,10	-0,7242
1	19/12/2023	10	10	6,32E-03	403,66	1644,83	-0,7546

Tabla 73 – Validación LAMSE 19143

Calibración

Edad	Distancia cuello-detector (cm)	Eficiencia (cps/Bq)	Incertidumbre* 2s (cps/Bq)	LD/AMD 10s (Bq)
Adulto	10	6,86E-04	No reportado	No reportado
Niño 10 años	10	7,24E-04	No reportado	No reportado
Niño 5 años	10	7,24E-04	No reportado	No reportado
Niño 1 año	10	6,64E-04	No reportado	No reportado
Adulto	5	1,47E-03	No reportado	No reportado
Niño 10 años	5	1,58E-03	No reportado	No reportado
Niño 5 años	5	1,62E-03	No reportado	No reportado
Niño 1 año	5	1,68E-03	No reportado	No reportado

Tabla 74 – Calibración LAMSE 19157



Validación

Edad (1, 5, 10 años o adulto)	Fecha medida dd/mm/aaaa	Distancia cuello-detector (cm)	Tiempo de medida (segundos)	Eficiencia (cps/Bq)	Actividad (Fecha Medida) (Bq)	Actividad (Fecha referencia) (*) (Bq)	Bias
Adulto	27/12/2023	5	10	6,69E-04	5455,90	6567,27	-0,1692
10	27/12/2023	5	10	6,13E-04	3522,08	4309,58	-0,1827
5	27/12/2023	5	10	5,88E-04	1547,10	2735,10	-0,4344
1	27/12/2023	5	10	4,55E-04	995,95	1642,89	-0,3938
Adulto	27/12/2023	10	10	1,43E-03	5685,12	6567,27	-0,1343
10	27/12/2023	10	10	1,48E-03	3522,08	4309,58	-0,1827
5	27/12/2023	10	10	1,59E-03	1366,17	2735,10	-0,5005
1	27/12/2023	10	10	1,46E-03	83,60	1642,89	-0,9491

Tabla 75 – Validación LAMSE 19157

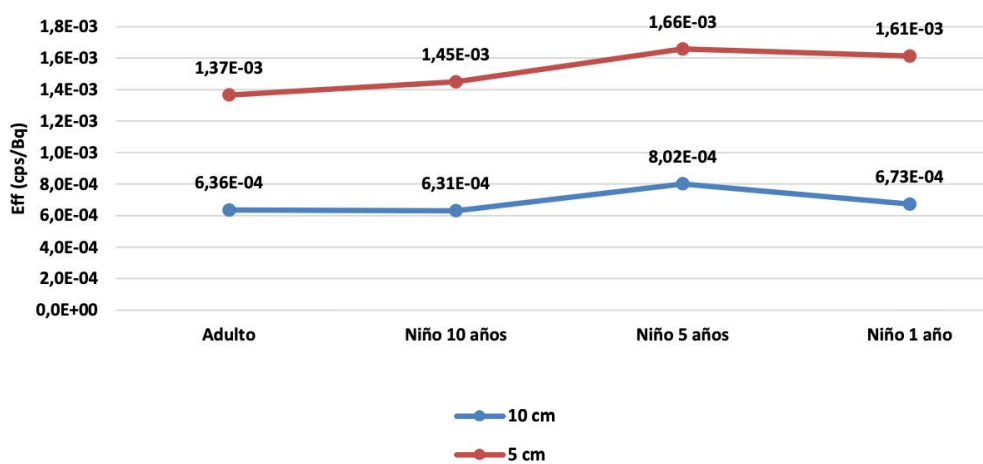
LAMSE_19159

Calibración

Edad	Distancia cuello-detector (cm)	Eficiencia (cps/Bq)	Incertidumbre* 2s (cps/Bq)	LD/AMD 10s (Bq)
Adulto	10	6,36E-04	No reportado	No reportado
Niño 10 años	10	6,31E-04	No reportado	No reportado
Niño 5 años	10	8,02E-04	No reportado	No reportado
Niño 1 año	10	6,73E-04	No reportado	No reportado
Adulto	5	1,37E-03	No reportado	No reportado
Niño 10 años	5	1,45E-03	No reportado	No reportado
Niño 5 años	5	1,66E-03	No reportado	No reportado
Niño 1 año	5	1,61E-03	No reportado	No reportado

Tabla 76 – Calibración LAMSE 19159

UME
LAMSE 19159



Validación

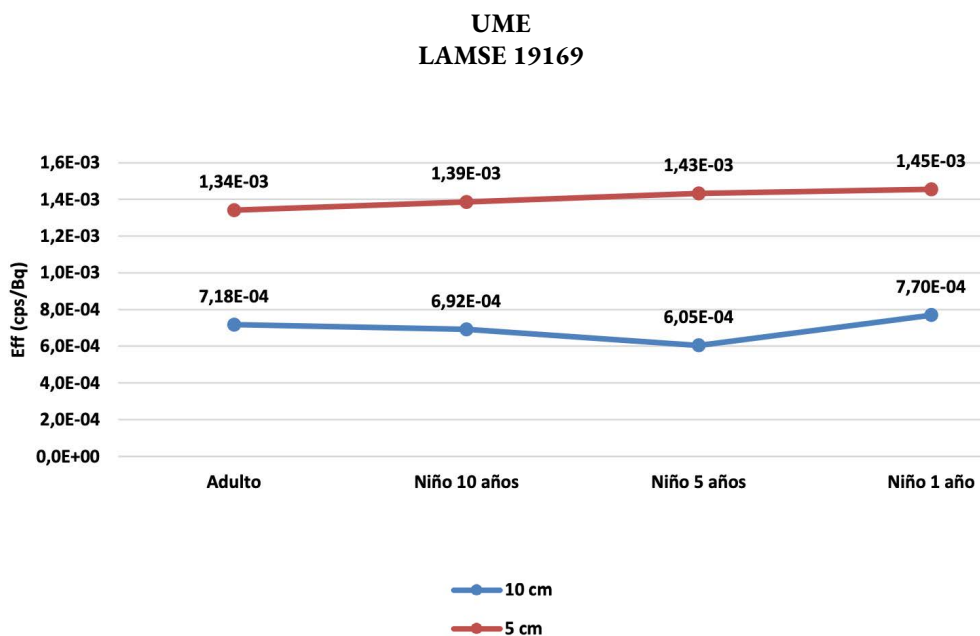
Edad (1, 5, 10 años o adulto)	Distancia cuello-detector (cm)	Tiempo de medida (segundos)	Eficiencia (cps/Bq)	Actividad (Fecha Medida) (Bq)	Actividad (Fecha referencia) (*) (Bq)	Bias
Adulto	5	10	1,37E-03	6544,99	6566,16	-0,0032
10	5	10	1,45E-03	3823,63	4308,85	-0,1126
5	5	10	1,66E-03	2512,00	2737,41	-0,0823
1	5	10	1,61E-03	1336,11	1642,61	-0,1866
Adulto	10	10	6,36E-04	6636,75	6566,16	0,0107
10	10	10	6,31E-04	4047,31	4308,85	-0,0607
5	10	10	8,02E-04	2632,06	2737,41	-0,0385
1	10	10	6,73E-04	1618,20	1642,61	-0,0149

Tabla 77 – Validación LAMSE 19159

Calibración

Edad	Distancia cuello-detector (cm)	Eficiencia (cps/Bq)	Incertidumbre* 2s (cps/Bq)	LD/AMD 10s (Bq)
Adulto	10	7,18E-04	No reportado	No reportado
Niño 10 años	10	6,92E-04	No reportado	No reportado
Niño 5 años	10	6,05E-04	No reportado	No reportado
Niño 1 año	10	7,70E-04	No reportado	No reportado
Adulto	5	1,34E-03	No reportado	No reportado
Niño 10 años	5	1,39E-03	No reportado	No reportado
Niño 5 años	5	1,43E-03	No reportado	No reportado
Niño 1 año	5	1,45E-03	No reportado	No reportado

Tabla 78 – Calibración LAMSE 19169



Validación

Edad (1, 5, 10 años o adulto)	Distancia cuello-detector (cm)	Tiempo de medida (segundos)	Eficiencia (cps/Bq)	Actividad (Fecha Medida) (Bq)	Actividad (Fecha referencia) (*) (Bq)	Bias
Adulto	5	10	1,34E-03	7065,06	6560,66	0,0769
10	5	10	1,39E-03	3656,57	4305,22	-0,1507
5	5	10	1,43E-03	4259,56	2735,10	0,5574
1	5	10	1,45E-03	1512,24	1641,23	-0,0786
Adulto	10	10	7,18E-04	7982,90	6560,66	0,2168
10	10	10	6,92E-04	2280,48	4305,22	-0,4703
5	10	10	6,05E-04	2129,31	2735,10	-0,2215
1	10	10	7,70E-04	346,24	1641,23	-0,7890

Tabla 79 – Validación LAMSE 19169

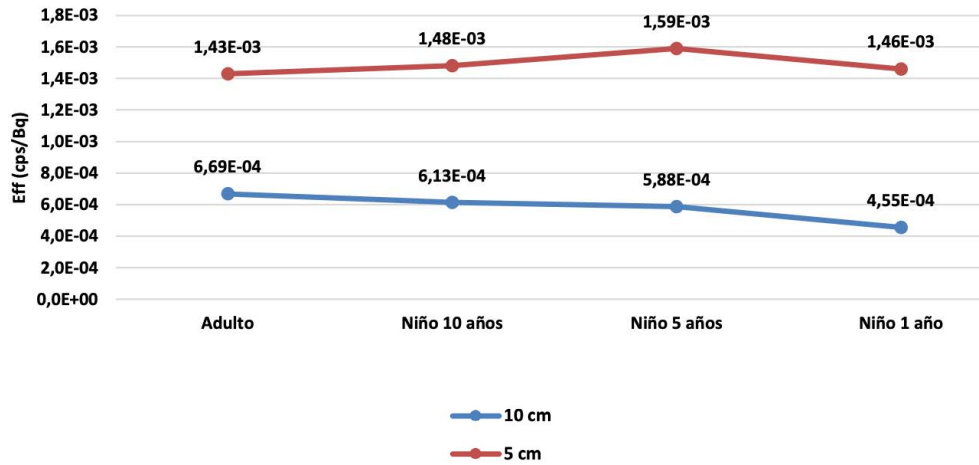
LAMSE_19170

Calibración

Edad	Distancia cuello-detector (cm)	Eficiencia (cps/Bq)	Incertidumbre* 2s (cps/Bq)	LD/AMD 10s (Bq)
Adulto	10	6,69E-04	No reportado	No reportado
Niño 10 años	10	6,13E-04	No reportado	No reportado
Niño 5 años	10	5,88E-04	No reportado	No reportado
Niño 1 año	10	4,55E-04	No reportado	No reportado
Adulto	5	1,43E-03	No reportado	No reportado
Niño 10 años	5	1,48E-03	No reportado	No reportado
Niño 5 años	5	1,59E-03	No reportado	No reportado
Niño 1 año	5	1,46E-03	No reportado	No reportado

Tabla 80 – Calibración LAMSE 19170

UME
LAMSE 19170



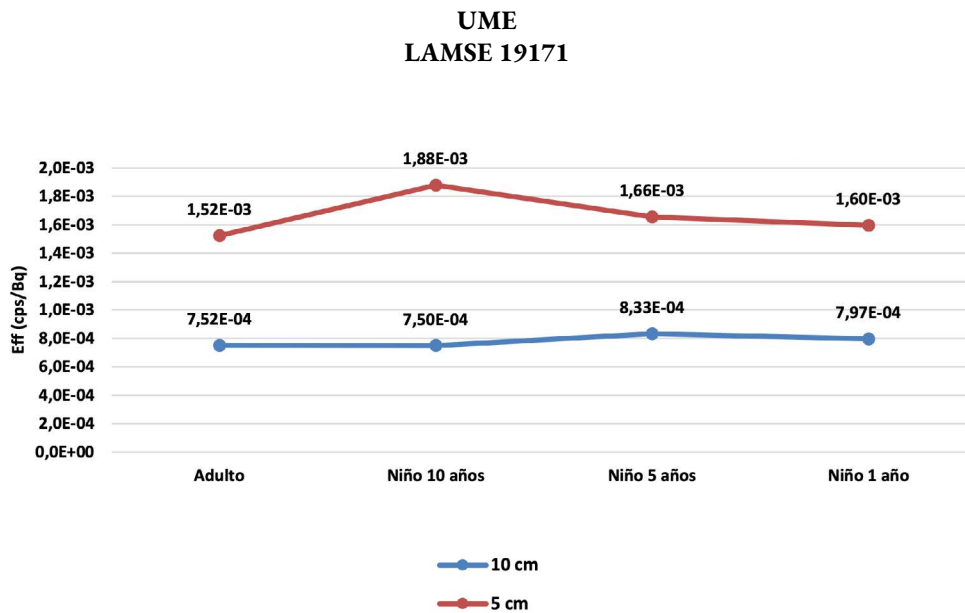
Validación

Edad (1, 5, 10 años o adulto)	Fecha medida dd/mm/aaaa	Distancia cuello-detector (cm)	Tiempo de medida (segundos)	Eficiencia (cps/Bq)	Actividad (Fecha Medida) (Bq)	Actividad (Fecha referencia) (*) (Bq)	Bias
Adulto	04/01/2024	5	10	6,69E-04	6309,90	6558,42	-0,0379
10	04/01/2024	5	10	6,13E-04	4096,52	4303,77	-0,0482
5	04/01/2024	5	10	5,88E-04	2599,50	2735,10	-0,0496
1	04/01/2024	5	10	4,55E-04	1141,30	1640,67	-0,3044
Adulto	04/01/2024	10	10	1,43E-03	5101,17	6558,42	-0,2222
10	04/01/2024	10	10	1,48E-03	4096,52	4303,77	-0,0482
5	04/01/2024	10	10	1,59E-03	1550,58	2735,10	-0,4331
1	04/01/2024	10	10	1,46E-03	1683,18	1640,67	0,0259

Calibración

Edad	Distancia cuello-detector (cm)	Eficiencia (cps/Bq)	Incertidumbre* 2s (cps/Bq)	LD/AMD 10s (Bq)
Adulto	10	7,52E-04	No reportado	No reportado
Niño 10 años	10	7,50E-04	No reportado	No reportado
Niño 5 años	10	8,33E-04	No reportado	No reportado
Niño 1 año	10	7,97E-04	No reportado	No reportado
Adulto	5	1,52E-03	No reportado	No reportado
Niño 10 años	5	1,88E-03	No reportado	No reportado
Niño 5 años	5	1,66E-03	No reportado	No reportado
Niño 1 año	5	1,60E-03	No reportado	No reportado

Tabla 82 – Calibración LAMSE 19171



Validación

Edad (1, 5, 10 años o adulto)	Fecha medida dd/mm/aaaa	Distancia cuello-detector (cm)	Tiempo de medida (segundos)	Eficiencia (cps/Bq)	Actividad (Fecha Medida) (Bq)	Actividad (Fecha referencia) (*) (Bq)	Bias
Adulto	28/12/2023	5	10	1,52E-03	7240,14	6566,16	0,1026
10	28/12/2023	5	10	1,88E-03	3766,71	4308,85	-0,1258
5	28/12/2023	5	10	1,66E-03	2992,93	2735,10	0,0943
1	28/12/2023	5	10	1,60E-03	1906,64	1642,61	0,1607
Adulto	28/12/2023	10	10	7,52E-04	7022,55	6566,16	0,0695
10	28/12/2023	10	10	7,50E-04	3766,71	4308,85	-0,1258
5	28/12/2023	10	10	8,33E-04	2961,05	2735,10	0,0826
1	28/12/2023	10	10	7,97E-04	1896,00	1642,61	0,1543

Tabla 83 – Validación LAMSE 19171

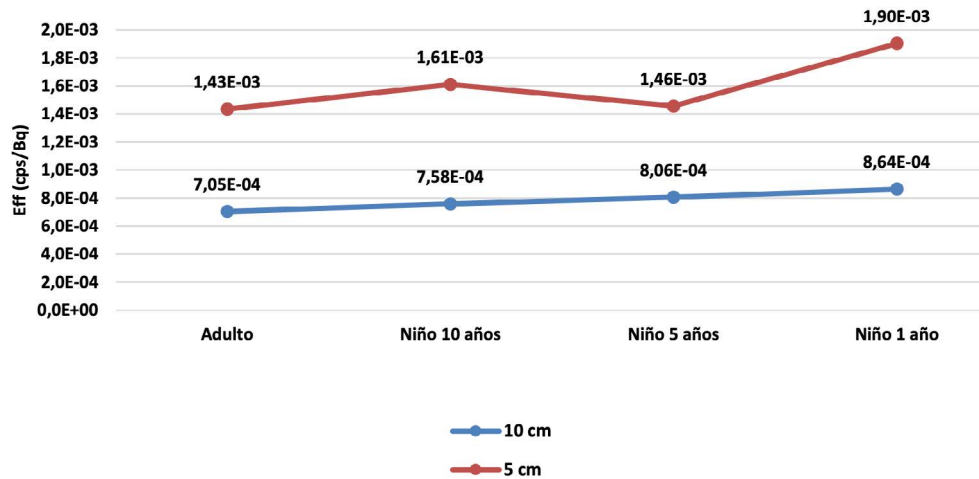
LAMSE_19173

Calibración

Edad	Distancia cuello-detector (cm)	Eficiencia (cps/Bq)	Incertidumbre* 2s (cps/Bq)	LD/AMD 10s (Bq)
Adulto	10	7,05E-04	No reportado	No reportado
Niño 10 años	10	7,58E-04	No reportado	No reportado
Niño 5 años	10	8,06E-04	No reportado	No reportado
Niño 1 año	10	8,64E-04	No reportado	No reportado
Adulto	5	1,43E-03	No reportado	No reportado
Niño 10 años	5	1,61E-03	No reportado	No reportado
Niño 5 años	5	1,46E-03	No reportado	No reportado
Niño 1 año	5	1,90E-03	No reportado	No reportado

Tabla 84 – Calibración LAMSE 19173

**UME
LAMSE 19173**



Validación

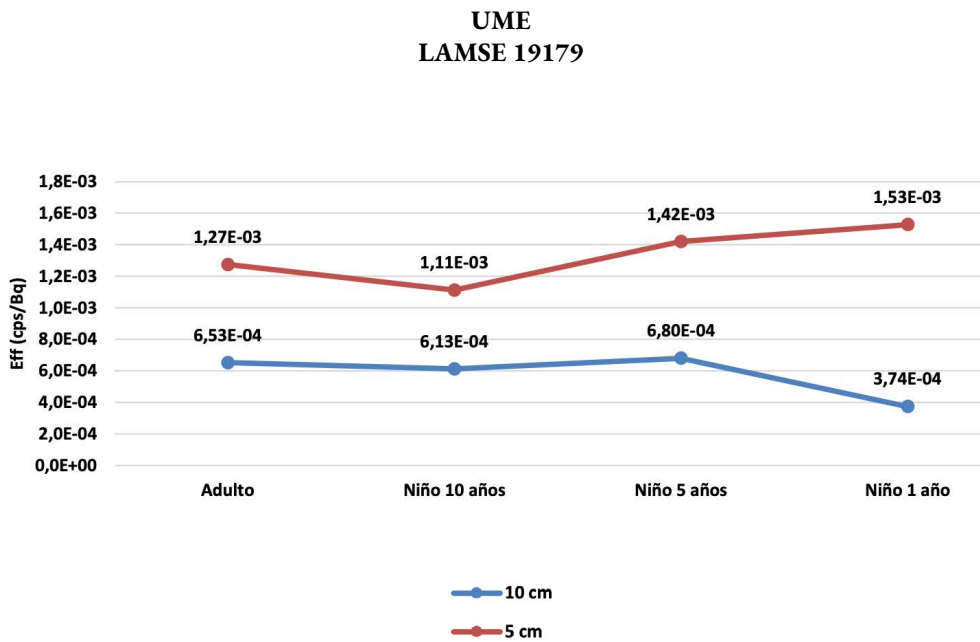
Edad (1, 5, 10 años o adulto)	Fecha medida dd/mm/aaaa	Distancia cuello-detector (cm)	Tiempo de medida (segundos)	Eficiencia (cps/Bq)	Actividad (Fecha Medida) (Bq)	Actividad (Fecha referencia) (*) (Bq)	Bias
Adulto	18/12/2023	5	10	1,43E-03	6633,75	6577,25	0,0086
10	18/12/2023	5	10	1,61E-03	4158,93	4316,13	-0,0364
5	18/12/2023	5	10	1,46E-03	2712,77	2735,10	-0,0082
1	18/12/2023	5	10	1,90E-03	1206,07	1645,39	-0,2670
Adulto	18/12/2023	10	10	7,05E-04	6333,40	6577,25	-0,0371
10	18/12/2023	10	10	7,58E-04	4158,93	4316,13	-0,0364
5	18/12/2023	10	10	8,06E-04	2614,31	2735,10	-0,0442
1	18/12/2023	10	10	8,64E-04	806,69	1645,39	-0,5097

Tabla 85 – Validación LAMSE 19173

Calibración

Edad	Distancia cuello-detector (cm)	Eficiencia (cps/Bq)	Incertidumbre* 2s (cps/Bq)	LD/AMD 10s (Bq)
Adulto	10	6,53E-04	No reportado	No reportado
Niño 10 años	10	6,13E-04	No reportado	No reportado
Niño 5 años	10	6,80E-04	No reportado	No reportado
Niño 1 año	10	3,74E-04	No reportado	No reportado
Adulto	5	1,27E-03	No reportado	No reportado
Niño 10 años	5	1,11E-03	No reportado	No reportado
Niño 5 años	5	1,42E-03	No reportado	No reportado
Niño 1 año	5	1,53E-03	No reportado	No reportado

Tabla 86 – Calibración LAMSE 19179



Validación

Edad (1, 5, 10 años o adulto)	Fecha medida dd/mm/aaaa	Distancia cuello-detector (cm)	Tiempo de medida (segundos)	Eficiencia (cps/Bq)	Actividad (Fecha Medida) (Bq)	Actividad (Fecha referencia) (*) (Bq)	Bias
Adulto	18/12/2023	5	10	1,27E-03	6208,58	6577,25	-0,0561
10	18/12/2023	5	10	1,11E-03	4727,03	4316,13	0,0952
5	18/12/2023	5	10	1,42E-03	2815,83	2735,10	0,0295
1	18/12/2023	5	10	1,53E-03	1025,36	1645,39	-0,3768
Adulto	18/12/2023	10	10	6,53E-04	6893,16	6577,25	0,0480
10	18/12/2023	10	10	6,13E-04	4727,03	4316,13	0,0952
5	18/12/2023	10	10	6,80E-04	1617,43	2735,10	-0,4086
1	18/12/2023	10	10	3,74E-04	356,12	1645,39	-0,7836

Tabla 87 – Validación LAMSE 19179

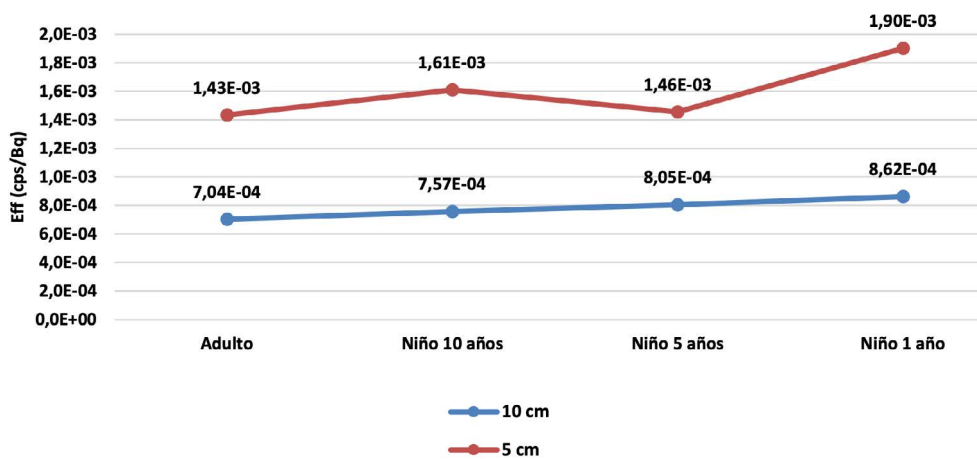
LAMSE 19184

Calibración

Edad	Distancia cuello-detector (cm)	Eficiencia (cps/Bq)	Incertidumbre* 2s (cps/Bq)	LD/AMD 10s (Bq)
Adulto	10	7,04E-04	No reportado	No reportado
Niño 10 años	10	7,57E-04	No reportado	No reportado
Niño 5 años	10	8,05E-04	No reportado	No reportado
Niño 1 año	10	8,62E-04	No reportado	No reportado
Adulto	5	1,43E-03	No reportado	No reportado
Niño 10 años	5	1,61E-03	No reportado	No reportado
Niño 5 años	5	1,46E-03	No reportado	No reportado
Niño 1 año	5	1,90E-03	No reportado	No reportado

Tabla 88 – Calibración LAMSE 19184

UME
LAMSE_19184



Nota: no se han recibido los datos de validación.

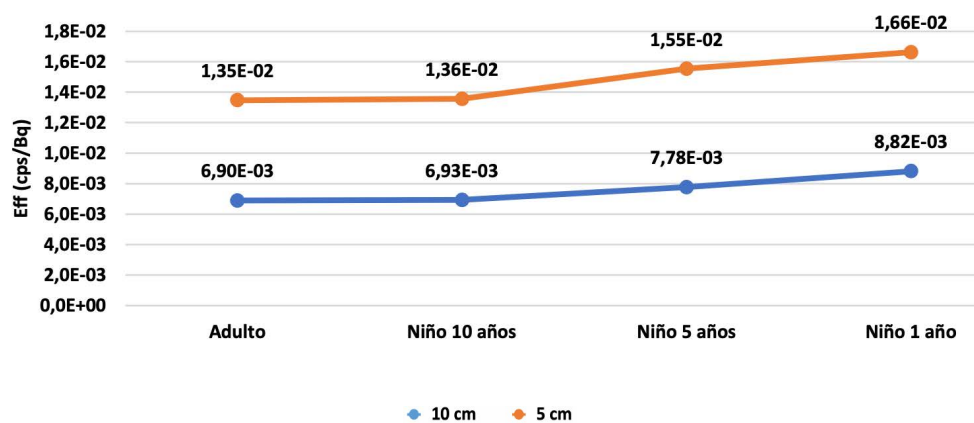
LAMSE_ERIS_53315

Calibración

Edad	Distancia cuello-detector (cm)	Eficiencia (cps/Bq)	Incertidumbre* 2s (cps/Bq)	LD/AMD 10s (Bq)
Adulto	10	6,90E-03	No reportado	No reportado
Niño 10 años	10	6,93E-03	No reportado	No reportado
Niño 5 años	10	7,78E-03	No reportado	No reportado
Niño 1 año	10	8,82E-03	No reportado	No reportado
Adulto	5	1,35E-02	No reportado	No reportado
Niño 10 años	5	1,36E-02	No reportado	No reportado
Niño 5 años	5	1,55E-02	No reportado	No reportado
Niño 1 año	5	1,66E-02	No reportado	No reportado

Tabla 89 – Calibración LAMSE_ERIS_53315

UME
LAMSE_ERIS_53315



Validación

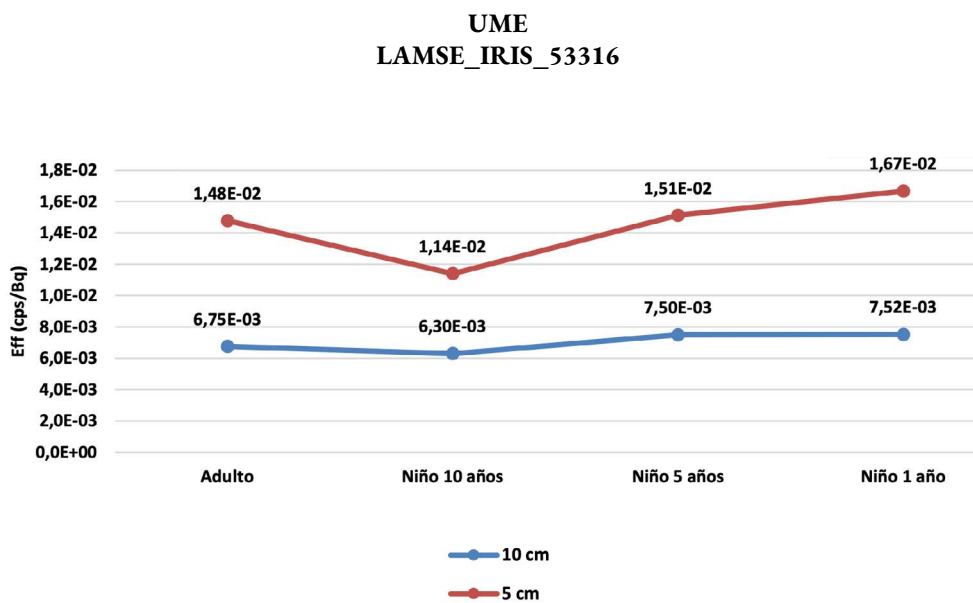
Edad (1, 5, 10 años o adulto)	Fecha medida dd/mm/aaaa	Distancia cuello-detector (cm)	Tiempo de medida (segundos)	Eficiencia (cps/Bq)	Actividad (Fecha Medida) (Bq)	Actividad (Fecha referencia) (*) (Bq)	Bias
Adulto	13/12/2023	5	10	1,35E-02	7187,90	6582,80	0,0919
10	13/12/2023	5	10	1,36E-02	4177,78	4319,77	-0,0329
5	13/12/2023	5	10	1,55E-02	2680,65	2744,34	-0,0232
1	13/12/2023	5	10	1,66E-02	1656,70	1646,77	0,0060
Adulto	13/12/2023	10	10	6,90E-03	7405,63	6582,80	0,1250
10	13/12/2023	10	10	6,93E-03	4504,95	4319,77	0,0429
5	13/12/2023	10	10	7,78E-03	2970,92	2744,34	0,0826
1	13/12/2023	10	10	8,82E-03	1674,54	1646,77	0,0169

Tabla 90 – Validación LAMSE_ERIS_53315

Calibración

Edad	Distancia cuello-detector (cm)	Eficiencia (cps/Bq)	Incertidumbre* 2σ(cps/Bq)	LD/AMD 10s (Bq)
Adulto	10	6,75E-03	No reportado	No reportado
Niño 10 años	10	6,30E-03	No reportado	No reportado
Niño 5 años	10	7,50E-03	No reportado	No reportado
Niño 1 año	10	7,52E-03	No reportado	No reportado
Adulto	5	1,48E-02	No reportado	No reportado
Niño 10 años	5	1,14E-02	No reportado	No reportado
Niño 5 años	5	1,51E-02	No reportado	No reportado
Niño 1 año	5	1,67E-02	No reportado	No reportado

Tabla 91 – Calibración LAMSE_ERIS_53316



Validación

Edad (1, 5, 10 años o adulto)	Fecha medida dd/mm/aaaa	Distancia cuello-detector (cm)	Tiempo de medida (segundos)	Eficiencia (cps/Bq)	Actividad (Fecha Medida) (Bq)	Actividad (Fecha referencia) (*) (Bq)	Bias
Adulto	29/12/2023	5	10	6,69E-04	6560,89	6565,06	-0,0006
10	29/12/2023	5	10	6,13E-04	5453,70	4308,13	0,2659
5	29/12/2023	5	10	5,88E-04	2990,21	2735,10	0,0933
1	29/12/2023	5	10	4,55E-04	1450,49	1642,34	-0,1168
Adulto	29/12/2023	10	10	1,43E-03	7037,89	6565,06	0,0720
10	29/12/2023	10	10	1,48E-03	5453,70	4308,13	0,2659
5	29/12/2023	10	10	1,59E-03	2557,73	2735,10	-0,0648
1	29/12/2023	10	10	1,46E-03	1768,50	1642,34	0,0768

Tabla 92 – Validación LAMSE_ERIS_53317

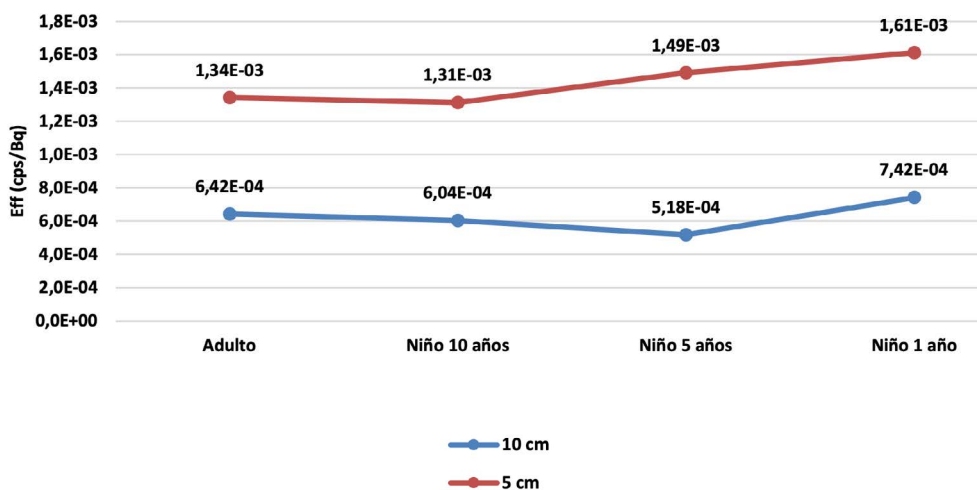
LAMSE_ERIS_53317

Calibración

Edad	Distancia cuello-detector (cm)	Eficiencia (cps/Bq)	Incertidumbre* 2s (cps/Bq)	LD/AMD 10s (Bq)
Adulto	10	6,42E-04	No reportado	No reportado
Niño 10 años	10	6,04E-04	No reportado	No reportado
Niño 5 años	10	5,18E-04	No reportado	No reportado
Niño 1 año	10	7,42E-04	No reportado	No reportado
Adulto	5	1,34E-03	No reportado	No reportado
Niño 10 años	5	1,31E-03	No reportado	No reportado
Niño 5 años	5	1,49E-03	No reportado	No reportado
Niño 1 año	5	1,61E-03	No reportado	No reportado

Tabla 93 – Calibración LAMSE_ERIS_53316

UME
LAMSE_IRIS_53317



Validación

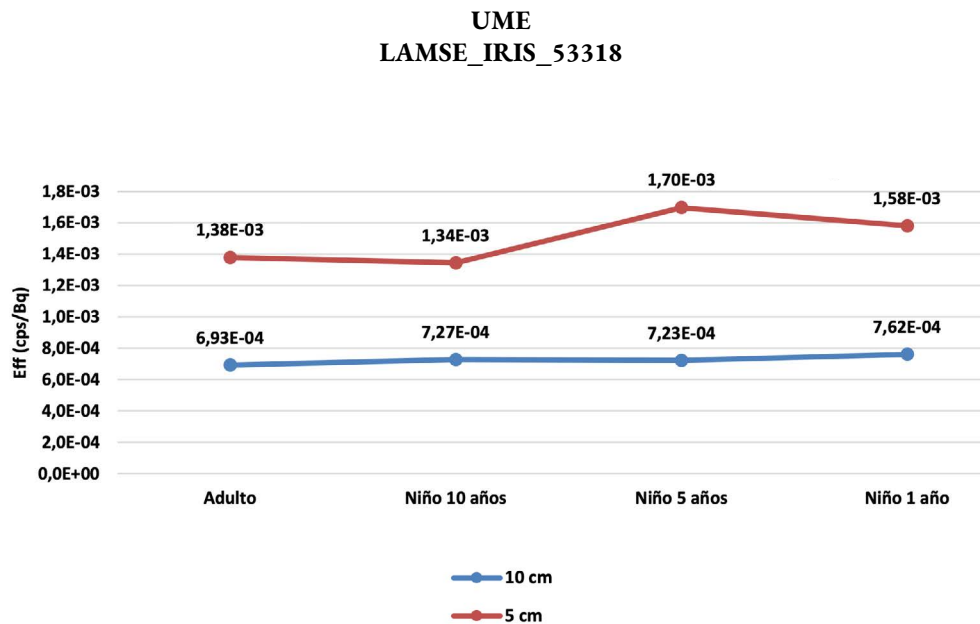
Edad (1, 5, 10 años o adulto)	Fecha medida dd/mm/aaaa	Distancia cuello-detector (cm)	Tiempo de medida (segundos)	Eficiencia (cps/Bq)	Actividad (Fecha Medida) (Bq)	Actividad (Fecha referencia) (*) (Bq)	Bias
Adulto	02/01/2024	5	10	6,69E-04	5848,40	6560,66	-0,1086
10	02/01/2024	5	10	6,13E-04	4377,98	4305,22	0,0169
5	02/01/2024	5	10	5,88E-04	2751,06	2735,10	0,0058
1	02/01/2024	5	10	4,55E-04	1613,16	1641,23	-0,0171
Adulto	02/01/2024	10	10	1,43E-03	6192,12	6560,66	-0,0562
10	02/01/2024	10	10	1,48E-03	4377,98	4305,22	0,0169
5	02/01/2024	10	10	1,59E-03	3732,82	2735,10	0,3648
1	02/01/2024	10	10	1,46E-03	1242,22	1641,23	-0,2431

Tabla 94 – Validación LAMSE_ERIS_53317

Calibración

Edad	Distancia cuello-detector (cm)	Eficiencia (cps/Bq)	Incertidumbre* 2s (cps/Bq)	LD/AMD 10s (Bq)
Adulto	10	6,93E-04		
Niño 10 años	10	7,27E-04	No reportado	No reportado
Niño 5 años	10	7,23E-04	No reportado	No reportado
Niño 1 año	10	7,62E-04	No reportado	No reportado
Adulto	5	1,38E-03	No reportado	No reportado
Niño 10 años	5	1,34E-03	No reportado	No reportado
Niño 5 años	5	1,70E-03	No reportado	No reportado
Niño 1 año	5	1,58E-03	No reportado	No reportado

Tabla 95 – Calibración LAMSE_ERIS_53318



Validación

Edad (1, 5, 10 años o adulto)	Fecha medida dd/mm/aaaa	Distancia cuello-detector (cm)	Tiempo de medida (segundos)	Eficiencia (cps/Bq)	Actividad (Fecha Medida) (Bq)	Actividad (Fecha referencia) (*) (Bq)	Bias
Adulto	02/01/2024	5	10	1,38E-03	6542,72	6560,66	-0,0027
10	02/01/2024	5	10	1,34E-03	4479,12	4305,22	0,0404
5	02/01/2024	5	10	1,70E-03	2016,05	2735,10	-0,2629
1	02/01/2024	5	10	1,58E-03	1707,36	1641,23	0,0403
Adulto	02/01/2024	10	10	6,93E-04	6347,69	6560,66	-0,0325
10	02/01/2024	10	10	7,27E-04	3544,84	4305,22	-0,1766
5	02/01/2024	10	10	7,23E-04	2306,33	2735,10	-0,1568
1	02/01/2024	10	10	7,62E-04	1896,30	1641,23	0,1554

Tabla 96 – Validación LAMSE_ERIS_53318

III.5.2- Entidades y equipos del itinerario II

III.5.2.1 ACPRO

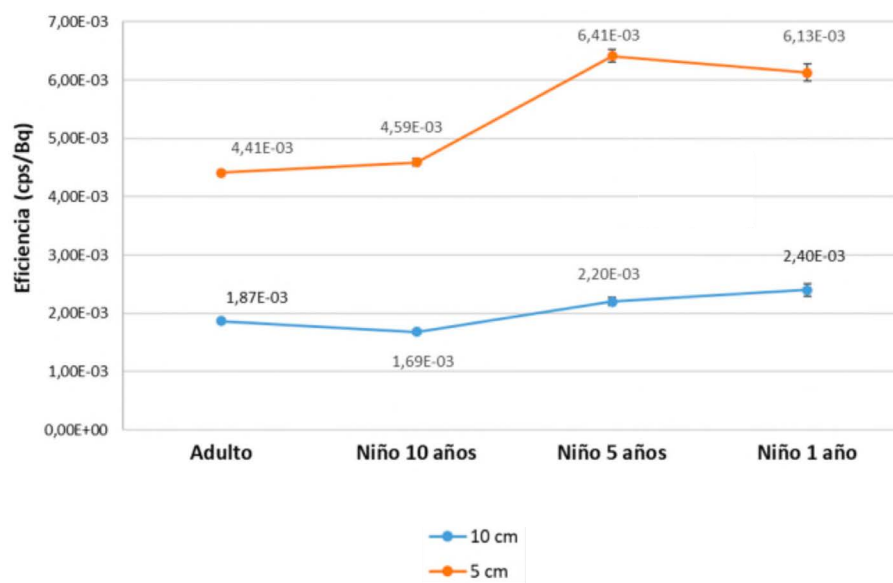
Detector espectrometría NaI. Detector Bicrom conjunto Canberra

Calibración

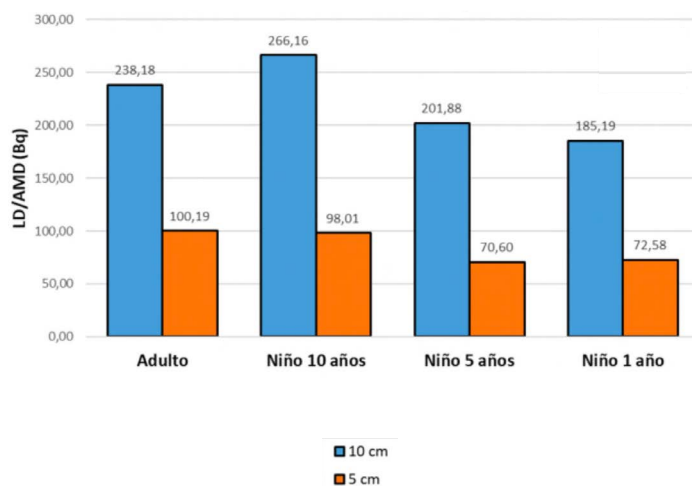
Edad (1,5, 10 años o adulto)	Distancia cuello-detector (cm)	Tiempo de medida (segundos)	Eficiencia (cps/Bq)	Incertidumbre 2σ (%)	Incertidumbre 2σ	LD/AMD (Bq)
Adulto	10	300	1,87E-03	1,27	2,37E-05	238,18
Niño 10 años	10	300	1,69E-03	2,24	3,78E-05	266,16
Niño 5 años	10	300	2,20E-03	3,03	6,67E-05	201,88
Niño 1 año	10	300	2,40E-03	4,36	1,05E-04	185,19
Adulto	5	300	4,41E-03	0,77	3,39E-05	100,19
Niño 10 años	5	300	4,59E-03	1,24	5,71E-05	98,01
Niño 5 años	5	300	6,41E-03	1,65	1,06E-04	70,60
Niño 1 año	5	300	6,13E-03	2,39	1,46E-04	72,58

Tabla 97 - Calibración detector NaI

ACPRO Eficiencia del detector Bicrom conjunto Canberra



ACPRO
LD/AMD del detector Bicrom conjunto Canberra



Validación

Edad (1, 5, 10 años o adulto)	Distancia cuello-detector (cm)	Tiempo de medida (segundos)	Eficiencia (cps/Bq)	Actividad fecha, medida (Bq)	Actividad patrón, fecha, medida (Bq)	Bias (%)
Adulto	10	300	1,87E-03	5673,77	5953,60	-4,70
10	10	300	1,69E-03	4302,71	3905,56	10,17
5	10	300	2,20E-03	2384,79	2482,37	-3,93
1	10	300	2,40E-03	1042,88	1490,29	-30,02
Adulto	5	300	4,41E-03	6275,46	5953,60	5,41
10	5	300	4,59E-03	3876,89	3905,56	-0,73
5	5	300	6,41E-03	2321,79	2481,03	-6,42
1	5	300	6,13E-03	1369,40	1489,48	-8,06

Tabla 98 – Validación detector NaI

Nota: Dados los niveles de LDs reportados, no se descarta que el valor de bias fuera de norma para niño de 1 año a 10 cm pueda ser resultado en una variación en el posicionamiento respecto la calibración.

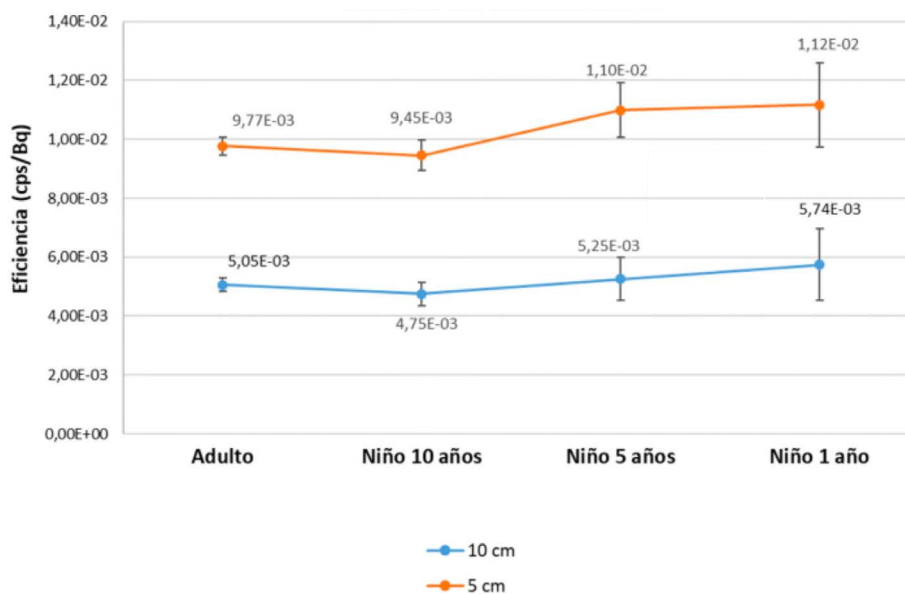
Berthold LB 122

Calibración

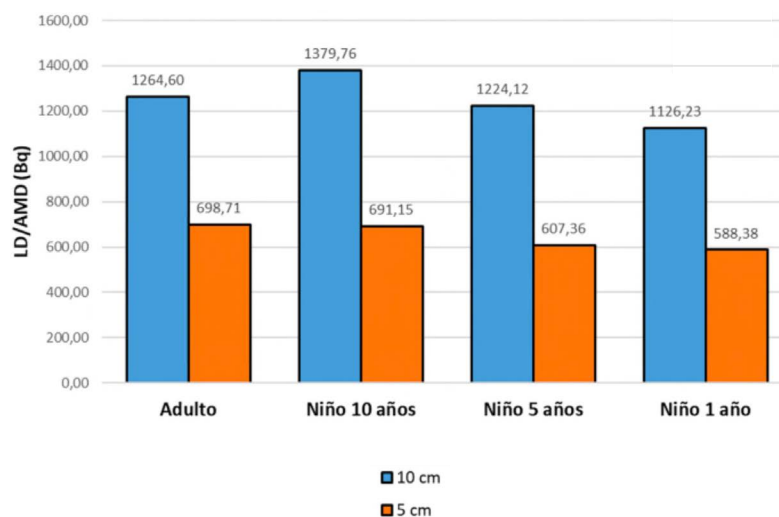
Edad (1,5, 10 años o adulto)	Distancia cuello-detector (cm)	Tiempo de medida (segundos)	Eficiencia (cps/Bq)	Incertidumbre 2σ (%)	Incertidumbre 2σ	LD/AMD (Bq)
Adulto	10	10	5,05E-03	4,53	2,29E-04	1264,60
Niño 10 años	10	10	4,75E-03	8,38	3,98E-04	1379,76
Niño 5 años	10	10	5,25E-03	13,99	7,35E-04	1224,12
Niño 1 año	10	10	5,74E-03	21,27	1,22E-03	1126,23
Adulto	5	10	9,77E-03	3,16	3,09E-04	698,71
Niño 10 años	5	10	9,45E-03	5,44	5,14E-04	691,15
Niño 5 años	5	10	1,10E-02	8,45	9,29E-04	607,36
Niño 1 año	5	10	1,12E-02	12,84	1,43E-03	588,38

Tabla 99 – Calibración Berthold LB 122

ACPRO Eficiencia del Berthold LB 122



ACPRO
LD/AMD del Berthold LB 122



Validación

Edad (1, 5, 10 años o adulto)	Distancia cuello-detector (cm)	Tiempo de medida (segundos)	Eficiencia (cps/Bq)	Actividad fecha, medida (Bq)	Actividad patrón, fecha, medida (Bq)	Bias (%)
Adulto	10	10	5,05E-03	7196,39	6624,02	8,64
10	10	10	4,75E-03	4735,34	4346,81	8,94
5	10	10	5,25E-03	2901,42	2761,52	5,07
1	10	10	5,74E-03	1607,49	1657,09	-2,99
Adulto	5	10	9,77E-03	7343,14	6624,02	10,86
10	5	10	9,45E-03	4523,77	4346,81	4,07
5	5	10	1,10E-02	2495,92	2761,52	-9,62
1	5	10	1,12E-02	1723,60	1657,09	4,01

Tabla 100 – Validación Berthold LB 122

III.5.2.2 PROINSA

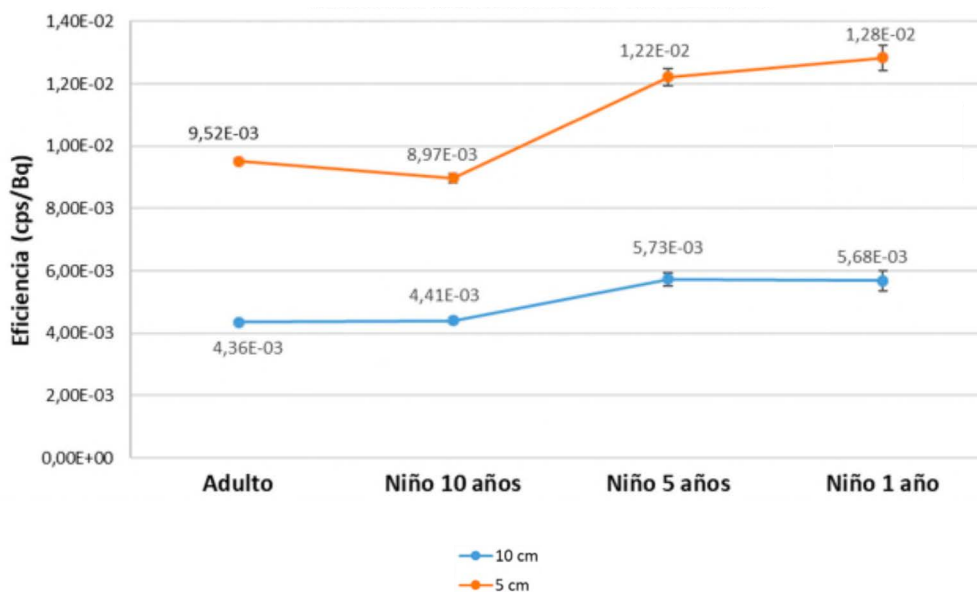
Berthold, LB 124 SCINT D

Calibración

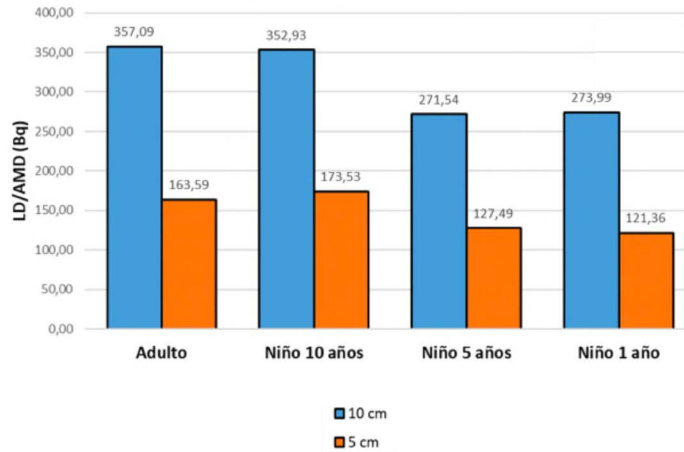
Edad (1,5,10 años o adulto)	Distancia cuello-detector (cm)	Tiempo de medida (segundos)	Eficiencia (cps/Bq)	Incertidumbre 2σ (%)	Incertidumbre 2σ	LD/AMD (Bq)
Adulto	10	120	4,36E-03	1,40	6,11E-05	357,09
Niño 10 años	10	120	4,41E-03	2,42	1,07E-04	352,93
Niño 5 años	10	120	5,73E-03	3,54	2,03E-04	271,54
Niño 1 año	10	120	5,68E-03	5,62	3,19E-04	273,99
Adulto	5	120	9,52E-03	0,92	8,72E-05	163,59
Niño 10 años	5	120	8,97E-03	1,58	1,42E-04	173,53
Niño 5 años	5	120	1,22E-02	2,17	2,65E-04	127,49
Niño 1 año	5	120	1,28E-02	3,13	4,01E-04	121,36

Tabla 101 – Calibración Berthold LB 124 SCINT D

PROINSA Eficiencia del Berthold LB 124 SCINT D



PROINSA
LD/AMD del Berthold LB 124 SCINT D



Validación

Edad (1, 5, 10 años o adulto)	Distancia cuello-detector (cm)	Tiempo de medida (segundos)	Eficiencia (cps/Bq)	Actividad fecha, medida (Bq)	Actividad patrón, fecha, medida (Bq)	Bias (%)
Adulto	10	120	4,36E-03	7016,95	6553,99	7,06
10	10	120	4,41E-03	4691,48	4300,87	9,08
5	10	120	5,73E-03	2824,92	2732,33	3,39
1	10	120	5,68E-03	1706,70	1639,57	4,09
Adulto	5	120	9,52E-03	6765,33	6553,99	3,22
10	5	120	8,97E-03	4491,01	4300,87	4,42
5	5	120	1,22E-02	2808,15	2732,33	2,77
1	5	120	1,28E-02	1691,18	1639,57	3,15

Tabla 102 – Validación Berthold LB 124 SCINT D

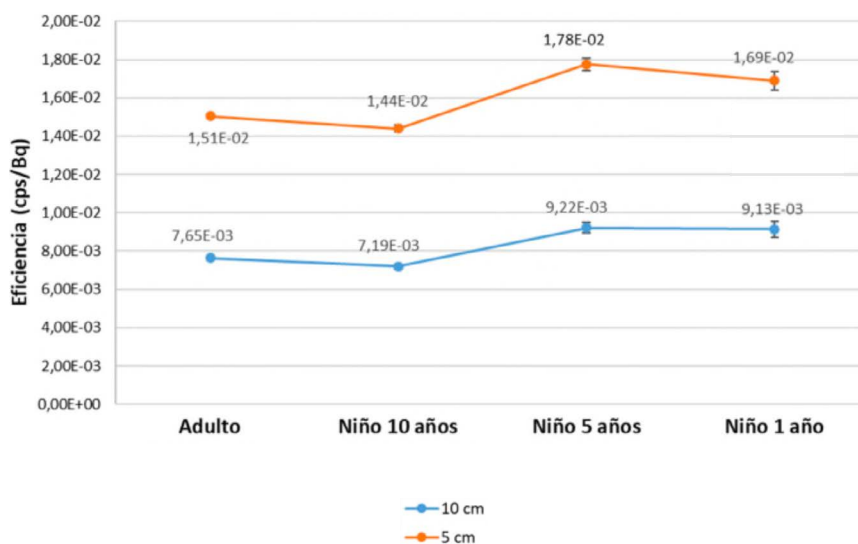
Berthold, LB 124 SCINT-300

Calibración

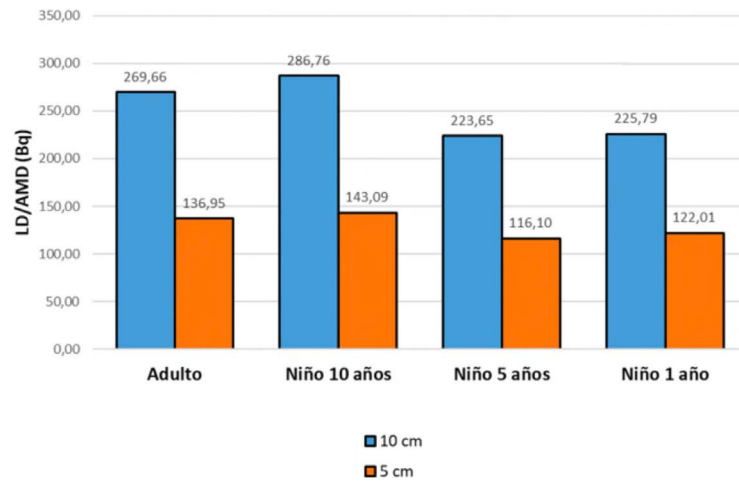
Edad (1,5, 10 años o adulto)	Distancia cuello-detector (cm)	Tiempo de medida (segundos)	Eficiencia (cps/Bq)	Incertidumbre 2σ (%)	Incertidumbre 2σ	LD/AMD (Bq)
Adulto	10	120	7,65E-03	1,06	8,09E-05	269,66
Niño 10 años	10	120	7,19E-03	1,91	1,37E-04	286,76
Niño 5 años	10	120	9,22E-03	2,84	2,62E-04	223,65
Niño 1 año	10	120	9,13E-03	4,54	4,15E-04	225,79
Adulto	5	120	1,51E-02	0,73	1,10E-04	136,95
Niño 10 años	5	120	1,44E-02	1,25	1,81E-04	143,09
Niño 5 años	5	120	1,78E-02	1,84	3,26E-04	116,10
Niño 1 año	5	120	1,69E-02	2,88	4,86E-04	122,01

Tabla 103 – Calibración Berthold LB 124 SCINT-300

PROINSA Eficiencia del Berthold LB 124 SCINT-300



PROINSA
LD/AMD del Berthold LB 124 SCINT-300



Validación

Edad (1, 5, 10 años o adulto)	Distancia cuello-detector (cm)	Tiempo de medida (segundos)	Eficiencia (cps/Bq)	Actividad fecha, medida (Bq)	Actividad patrón, fecha, medida (Bq)	Bias (%)
Adulto	10	120	7,65E-03	6852,11	6553,99	4,55
10	10	120	7,19E-03	4088,22	4300,87	-4,94
5	10	120	9,22E-03	2516,07	2732,33	-7,91
1	10	120	9,13E-03	1784,68	1639,57	8,85
Adulto	5	120	1,51E-02	6288,99	6553,99	-4,04
10	5	120	1,44E-02	4225,81	4300,87	-1,75
5	5	120	1,78E-02	2764,19	2732,33	1,17
1	5	120	1,69E-02	1597,48	1639,57	-2,57

Tabla 104 – Validación Berthold LB 124 SCINT-300

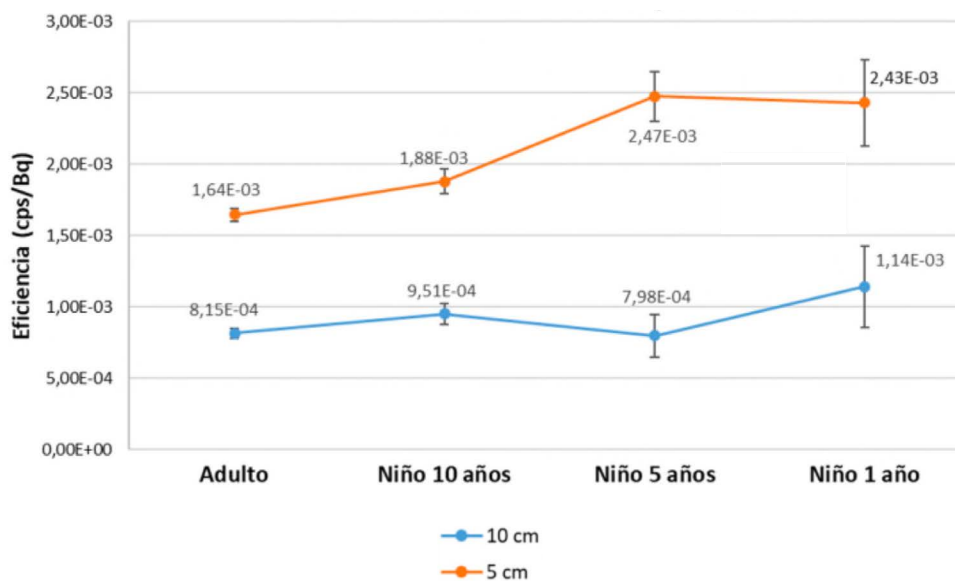
Thermo Scientific, RADEYE GN

Calibración

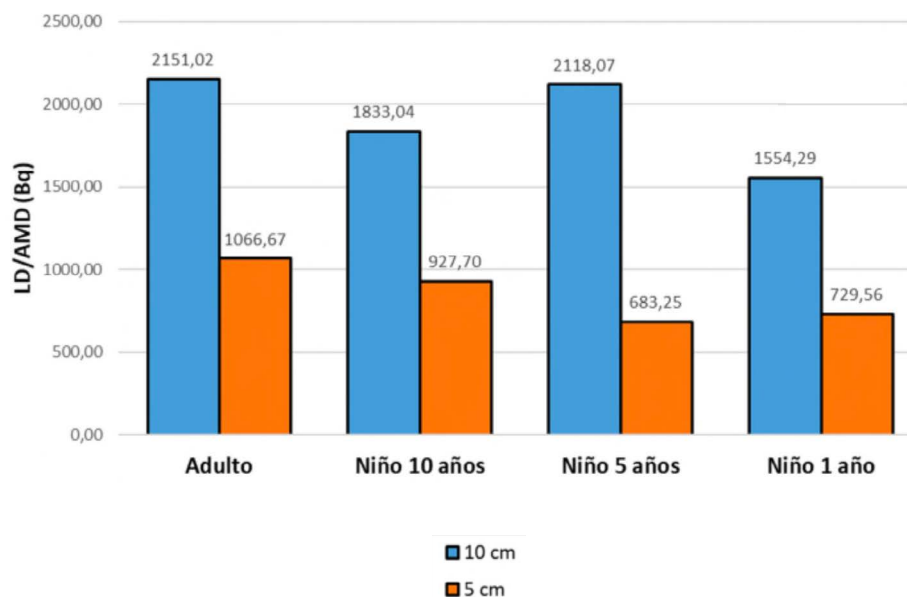
Edad (1,5, 10 años o adulto)	Distancia cuello-detector (cm)	Tiempo de medida (segundos)	Eficiencia (cps/Bq)	Incertidumbre 2σ (%)	Incertidumbre 2σ	LD/AMD (Bq)
Adulto	10	120	8,15E-04	4,23	3,45E-05	2151,02
Niño 10 años	10	120	9,51E-04	7,79	7,41E-05	1833,04
Niño 5 años	10	120	7,98E-04	18,66	1,49E-04	2118,07
Niño 1 año	10	120	1,14E-03	24,91	2,84E-04	1554,29
Adulto	5	120	1,64E-03	2,59	4,25E-05	1066,67
Niño 10 años	5	120	1,88E-03	4,54	8,52E-05	927,70
Niño 5 años	5	120	2,47E-03	6,95	1,72E-04	683,25
Niño 1 año	5	120	2,43E-03	12,44	3,03E-04	729,56

Tabla 105 – Calibración Thermo Scientific, RADEYE GN

PROINSA Eficiencia del Thermo Scientific, RADEYE GN



PROINSA
LD/AMD del Thermo Scientific, RADEYE GN



Validación

Edad (1, 5, 10 años o adulto)	Distancia cuello-detector (cm)	Tiempo de medida (segundos)	Eficiencia (cps/Bq)	Actividad fecha, medida (Bq)	Actividad patrón, fecha, medida (Bq)	Bias (%)
Adulto	10	120	8,15E-04	6745,07	6553,99	2,92
10	10	120	9,51E-04	4835,93	4300,87	12,44
5	10	120	7,98E-04	2129,44	2732,33	-22,07
1	10	120	1,14E-03	1751,83	1639,57	6,85
Adulto	5	120	1,64E-03	7054,52	6553,99	7,64
10	5	120	1,88E-03	5533,37	4300,87	28,66
5	5	120	2,47E-03	2464,82	2732,33	-9,79
1	5	120	2,43E-03	1726,80	1639,57	5,32

Tabla 106 - Validación Thermo Scientific, RADEYE GN

III.5.2.3 PENGUA

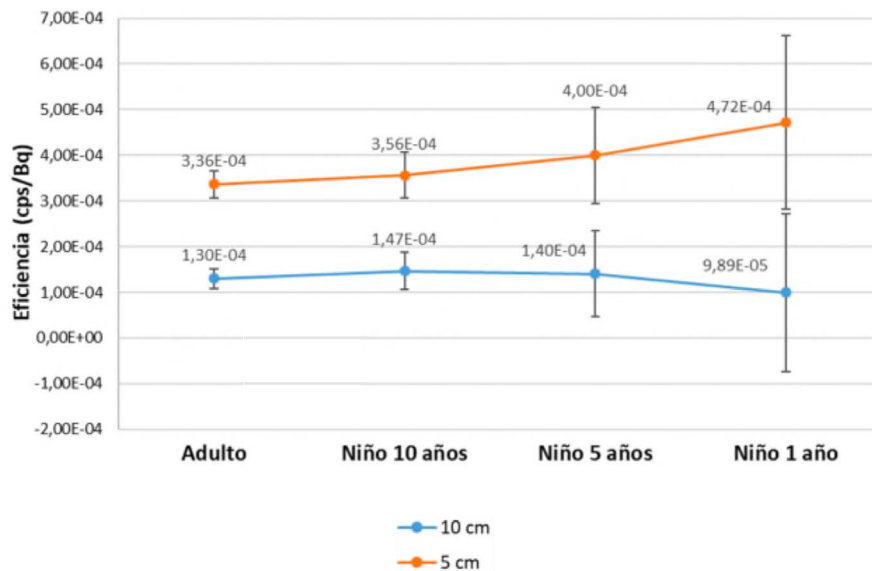
Ludlum M3000 + sonda 44-142

Calibración

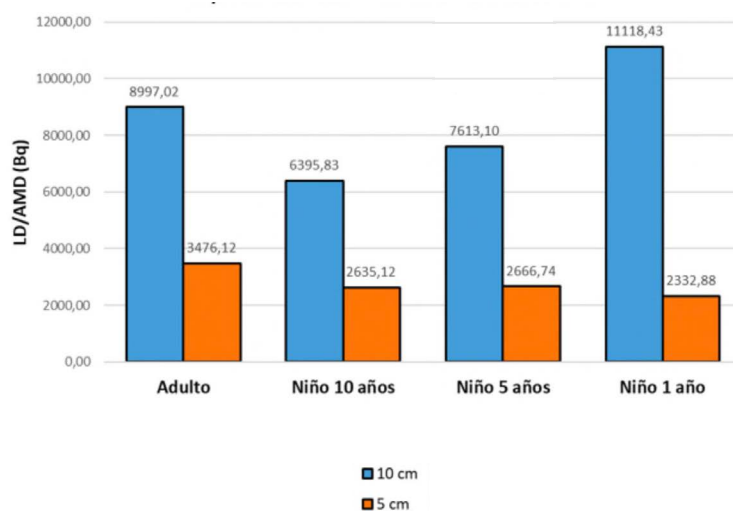
Edad (1,5, 10 años o adulto)	Distancia cuello-detector (cm)	Tiempo de medida (segundos)	Eficiencia (cps/Bq)	Incertidumbre 2σ (%)	Incertidumbre 2σ	LD/AMD (Bq)
Adulto	10	120	1,30E-04	16,72	2,17E-05	8997,02
Niño 10 años	10	120	1,47E-04	27,45	4,03E-05	6395,83
Niño 5 años	10	120	1,40E-04	67,25	9,41E-05	7613,10
Niño 1 año	10	120	9,89E-05	175,34	1,73E-04	11118,43
Adulto	5	120	3,36E-04	8,81	2,96E-05	3476,12
Niño 10 años	5	120	3,56E-04	13,93	4,96E-05	2635,12
Niño 5 años	5	120	4,00E-04	26,42	1,06E-04	2666,74
Niño 1 año	5	120	4,72E-04	40,27	1,90E-04	2332,88

Tabla 107 – Calibración Ludlum M3000 + sonda 44-142

PENGUA Eficiencia del Ludlum M3000 + sonda 44-142



PENGUA
LD/AMD del Ludlum M3000 + sonda 44-142



Validación

Edad (1, 5, 10 años o adulto)	Distancia cuello-detector (cm)	Tiempo de medida (segundos)	Eficiencia (cps/Bq)	Actividad fecha, medida (Bq)	Actividad patrón, fecha, medida (Bq)	Bias (%)
Adulto	10	120	1,30E-04	4040,78	6437,91	-37,23
Niño 10 años	10	120	1,47E-04	2157,29	4224,71	-48,94
Niño 5 años	10	120	1,40E-04	833,63	2683,95	-68,94
Niño 1 año	10	120	9,89E-05	2105,54	1610,53	30,74
Adulto	5	120	3,36E-04	4460,61	6437,91	-30,71
Niño 10 años	5	120	3,56E-04	4023,06	4224,71	-4,77
Niño 5 años	5	120	4,00E-04	2628,07	2683,95	-2,08
Niño 1 año	5	120	4,72E-04	530,14	1610,53	-67,08

Tabla 108 - Validación Ludlum M3000 + sonda 44-142

Nota: debido a los valores relativamente altos de LD y los resultados fuera de norma del bias, no es descartable que la calibración y/o validación se haya realizado con actividades de patrón que resulten en medidas fuera del rango del equipo, careciendo de fiabilidad.

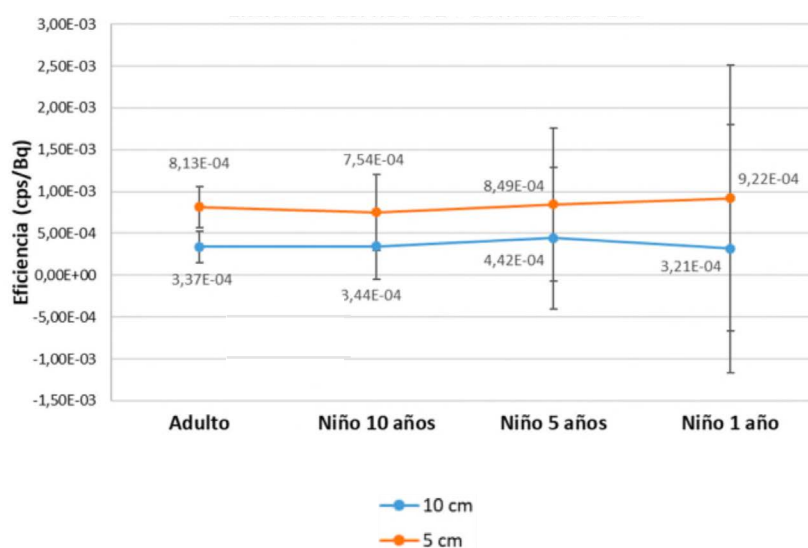
RDS-31 + sonda SABG 100

Calibración

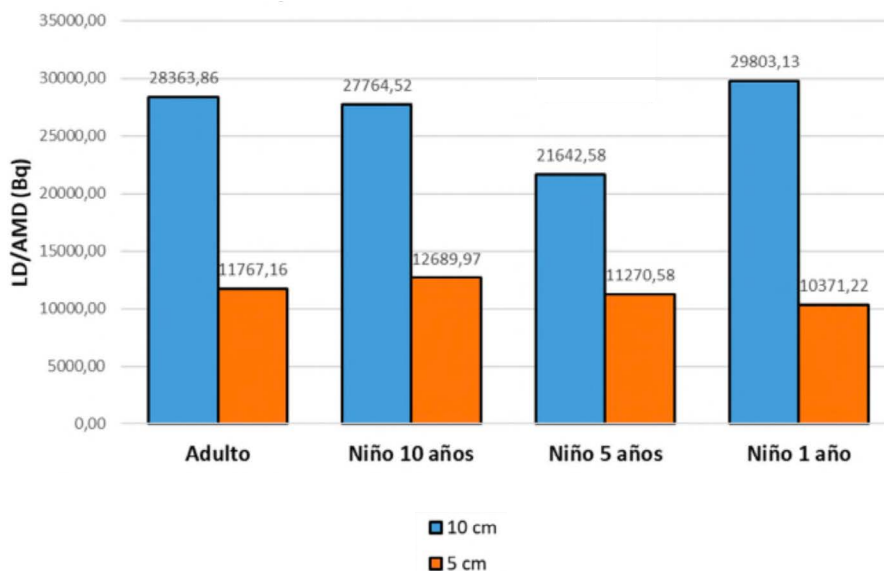
Edad (1,5, 10 años o adulto)	Distancia cuello-detector (cm)	Tiempo de medida (segundos)	Eficiencia (cps/Bq)	Incertidumbre 2σ (%)	Incertidumbre 2σ	LD/AMD (Bq)
Adulto	10	2	3,37E-04	54,79	1,85E-04	28363,86
Niño 10 años	10	2	3,44E-04	113,29	3,90E-04	27764,52
Niño 5 años	10	2	4,42E-04	191,11	8,45E-04	21642,58
Niño 1 año	10	2	3,21E-04	462,46	1,48E-03	29803,13
Adulto	5	2	8,13E-04	30,28	2,46E-04	11767,16
Niño 10 años	5	2	7,54E-04	60,33	4,55E-04	12689,97
Niño 5 años	5	2	8,49E-04	107,74	9,14E-04	11270,58
Niño 1 año	5	2	9,22E-04	172,70	1,59E-03	10371,22

Tabla 109 – Calibración RDS-31 + sonda SABG 100

PENGUA Eficiencia del RDS-31 + Sonda SABG 100



PENGUA
LD/AMD del RDS-31 + Sonda SABG 100



Validación

Edad (1, 5, 10 años o adulto)	Distancia cuello-detector (cm)	Tiempo de medida (segundos)	Eficiencia (cps/Bq)	Actividad fecha, medida (Bq)	Actividad patrón, fecha, medida (Bq)	Bias (%)
Adulto	10	2	3,37E-04	7787,35	6647,53	17,15
Niño 10 años	10	2	3,44E-04	5590,61	4362,24	28,16
Niño 5 años	10	2	4,42E-04	3226,40	2771,32	16,42
Niño 1 año	10	2	3,21E-04	4398,43	1662,97	164,49
Adulto	5	2	8,13E-04	6869,18	6647,53	3,33
Niño 10 años	5	2	7,54E-04	5588,14	4362,24	28,10
Niño 5 años	5	2	8,49E-04	2808,16	2771,32	1,33
Niño 1 año	5	2	9,22E-04	2692,52	1662,97	61,91

Tabla 110 – Validación RDS-31 + sonda SABG 100

Nota: debido a los valores relativamente altos de LD y los resultados fuera de norma del bias, no es descartable que la calibración y/o validación se haya realizado con actividades de patrón que resulten en medidas fuera del rango del equipo, careciendo de fiabilidad.

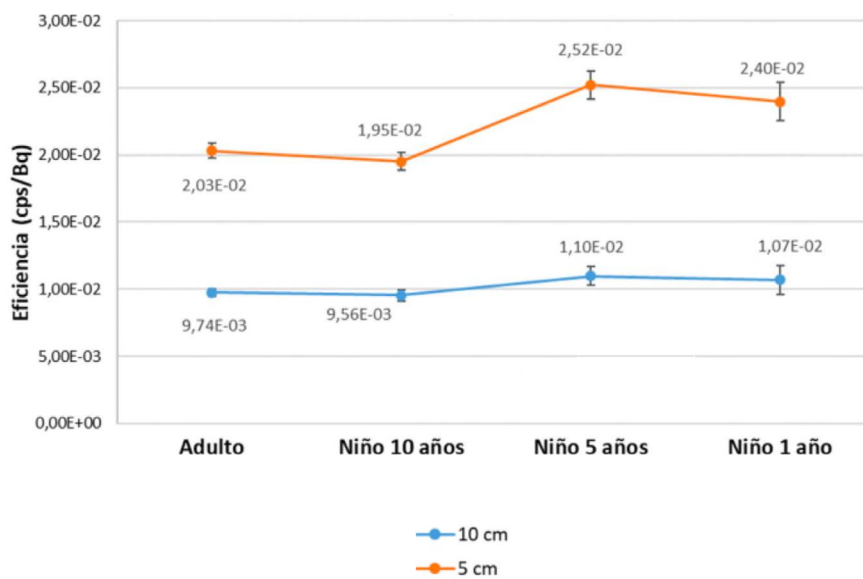
Espectrómetro Spir-Ace

Calibración

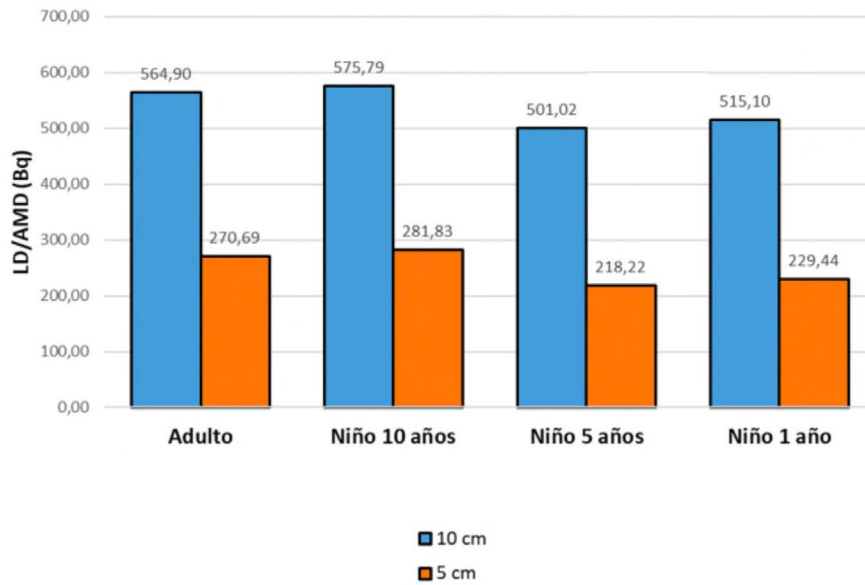
Edad (1,5, 10 años o adulto)	Distancia cuello-detector (cm)	Tiempo de medida (segundos)	Eficiencia (cps/Bq)	Incertidumbre 2σ (%)	Incertidumbre 2σ	LD/AMD (Bq)
Adulto	10	115	9,74E-03	3,18	3,10E-04	564,90
Niño 10 años	10	115	9,56E-03	4,45	4,26E-04	575,79
Niño 5 años	10	115	1,10E-02	6,50	7,14E-04	501,02
Niño 1 año	10	115	1,07E-02	10,19	1,09E-03	515,10
Adulto	5	114	2,03E-02	2,73	5,55E-04	270,69
Niño 10 años	5	115	1,95E-02	3,40	6,65E-04	281,83
Niño 5 años	5	114	2,52E-02	4,22	1,06E-03	218,22
Niño 1 año	5	114	2,40E-02	5,93	1,42E-03	229,44

Tabla 111 – Calibración Espectrómetro Spir-Ace

PENGUA
Eficiencia del espectrómetro Spir-Ace



PENGUA
LD/AMD del espectrómetro Spir-Ace



Validación

Edad (1, 5, 10 años o adulto)	Distancia cuello-detector (cm)	Tiempo de medida (segundos)	Eficiencia (cps/Bq)	Actividad fecha, medida (Bq)	Actividad patrón, fecha, medida (Bq)	Bias (%)
Adulto	10	114	9,74E-03	6807,89	5972,99	13,98
Niño 10 años	10	114	9,56E-03	4717,62	3918,29	20,40
Niño 5 años	10	114	1,10E-02	2839,71	2489,11	14,09
Niño 1 año	10	114	1,07E-02	1939,78	1494,33	29,81
Adulto	5	114	2,03E-02	6892,20	5972,99	15,39
Niño 10 años	5	115	1,95E-02	4647,91	3918,29	18,62
Niño 5 años	5	115	2,52E-02	2675,63	2489,11	7,49
Niño 1 año	5	114	2,40E-02	1981,21	1494,33	32,58

Tabla 112 – Validación Espectrómetro Spir-Ace

III.5.2.4 Sede CSN – Emergencias

Radiómetro FH40

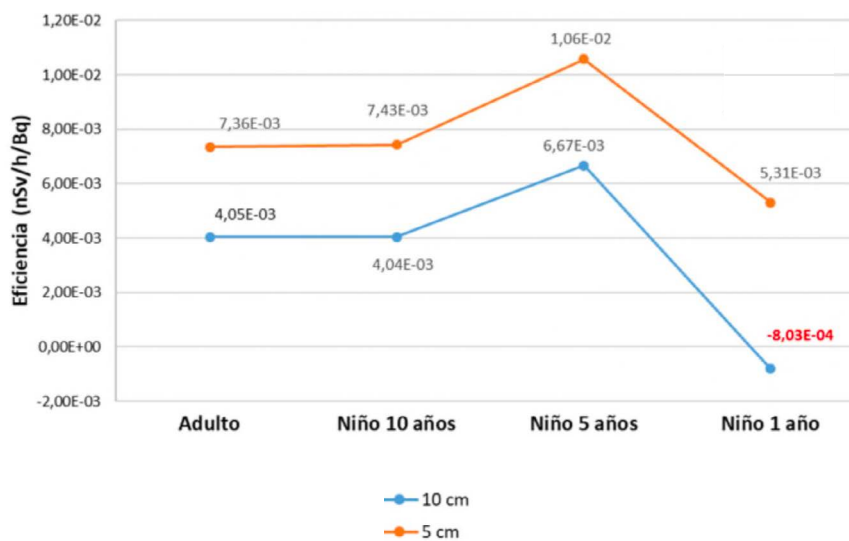
Calibración

Edad (1,5, 10 años o adulto)	Distancia cuello-detector (cm)	Tiempo de medida (segundos)	Eficiencia (nSv/h/Bq)
Adulto	10	NA	4,05E-03
Niño 10 años	10	NA	4,04E-03
Niño 5 años	10	NA	6,67E-03
Niño 1 año	10	NA	-8,03E-04
Adulto	5	NA	7,36E-03
Niño 10 años	5	NA	7,43E-03
Niño 5 años	5	NA	1,06E-02
Niño 1 año	5	NA	5,31E-03

Tabla 113 – Calibración Radiómetro FH40

Nota: no se reportan LDs.

Sede CSN- Emergencias Eficiencia del radiómetro FH40



Validación

Edad (1, 5, 10 años o adulto)	Distancia cuello-detector (cm)	Tiempo de medida (segundos)	Eficiencia (nSv/h/Bq)	Actividad fecha, medida (Bq)	Actividad patrón, fecha, medida (Bq)	Bias (%)
Adulto	10	NA	4,05E-03	12906,58	6647,53	94,16
Niño 10 años	10	NA	4,04E-03			
Niño 5 años	10	NA	6,67E-03	364,33	2771,32	-86,85
Niño 1 año	10	NA	-8,03E-04			
Adulto	5	NA	7,36E-03	11747,38	6647,53	76,72
Niño 10 años	5	NA	7,43E-03	346,24	4362,24	-92,06
Niño 5 años	5	NA	1,06E-02	1498,89	2771,32	-45,91
Niño 1 año	5	NA	5,31E-03	5489,52	1662,97	230,10

Tabla 114 – Validación Radiómetro FH40

Nota: debido a los valores de eficiencia observados para geometría de niño de 1 años a 10 cm y los resultados fuera de norma del Bias, no es descartable que la calibración y/o validación se haya realizado con actividades de patrón que resulten en medidas fuera del rango del equipo, careciendo de fiabilidad.

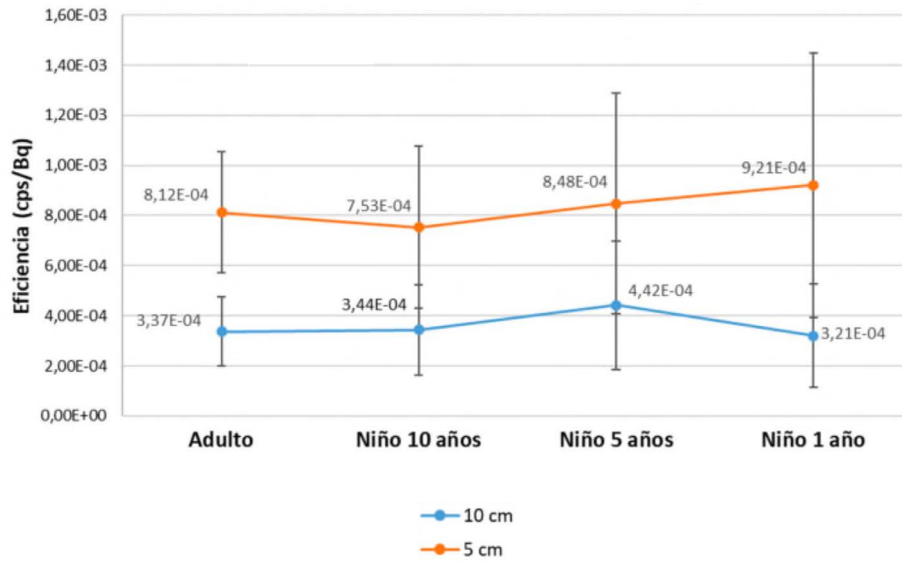
Monitor de contaminación SABG acoplado a RDS-31

Calibración

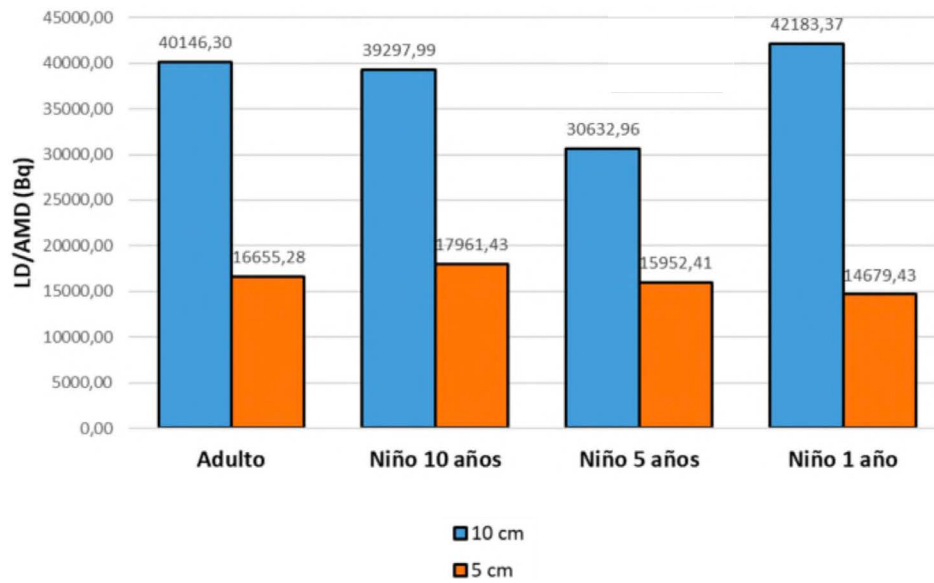
Edad (1,5, 10 años o adulto)	Distancia cuello-detector (cm)	Tiempo de medida (segundos)	Eficiencia (cps/Bq)	Incertidumbre 2σ (%)	Incertidumbre 2σ	LD/AMD (Bq)
Adulto	10	1	3,37E-04	41,17	1,39E-04	40146,30
Niño 10 años	10	1	3,44E-04	52,45	1,81E-04	39297,99
Niño 5 años	10	1	4,42E-04	58,18	2,57E-04	30632,96
Niño 1 año	10	1	3,21E-04	64,01	2,05E-04	42183,37
Adulto	5	1	8,12E-04	29,85	2,42E-04	16655,28
Niño 10 años	5	1	7,53E-04	42,87	3,23E-04	17961,43
Niño 5 años	5	1	8,48E-04	51,79	4,39E-04	15952,41
Niño 1 año	5	1	9,21E-04	57,22	5,27E-04	14679,43

Tabla 115 – Calibración Monitor de contaminación SABG

Sede CSN- Emergencias
Eficiencia del Monitor de contaminación SABG acoplado a RDS-31



Sede CSN- Emergencias
LD/AMD del Monitor de contaminación SABG acoplado a RDS-31



Validación

Edad (1, 5, 10 años o adulto)	Distancia cuello-detector (cm)	Tiempo de medida (segundos)	Eficiencia (cps/Bq)	Actividad fecha, medida (Bq)	Actividad patrón, fecha, medida (Bq)	Bias (%)
Adulto	10	1	3,37E-04	7793,90	6647,53	17,24
Niño 10 años	10	1	3,44E-04	5595,31	4362,24	28,27
Niño 5 años	10	1	4,42E-04	3229,11	2771,32	16,52
Niño 1 año	10	1	3,21E-04	4402,12	1662,97	164,71
Adulto	5	1	8,12E-04	6874,96	6647,53	3,42
Niño 10 años	5	1	7,53E-04	5592,84	4362,24	28,21
Niño 5 años	5	1	8,48E-04	2810,52	2771,32	1,41
Niño 1 año	5	1	9,21E-04	2694,78	1662,97	62,05

Tabla 116 – Validación Monitor de contaminación SABG

Nota: debido a los valores relativamente altos de LD y los resultados fuera de norma del bias, no es descartable que la calibración y/o validación se haya realizado con actividades de patrón que resulten en medidas fuera del rango del equipo, careciendo de fiabilidad.

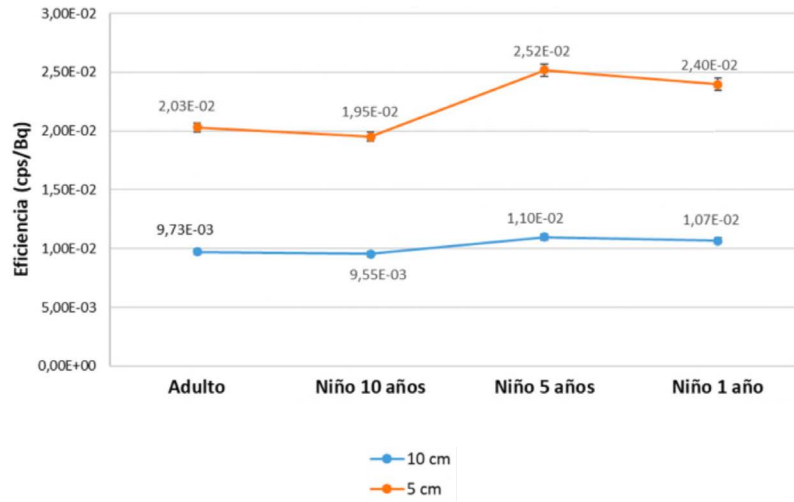
Espectrómetro Spir-Ace

Calibración

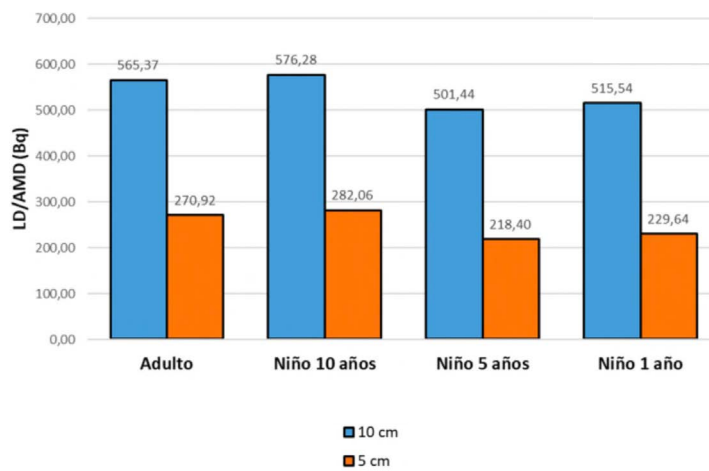
Edad (1,5, 10 años o adulto)	Distancia cuello-detector (cm)	Tiempo de medida (segundos)	Eficiencia (cps/Bq)	Incertidumbre 2σ (%)	Incertidumbre 2σ	LD/AMD (Bq)
Adulto	10	115	9,73E-03	1,96	1,91E-04	565,37
Niño 10 años	10	115	9,55E-03	2,08	1,99E-04	576,28
Niño 5 años	10	115	1,10E-02	2,17	2,38E-04	501,44
Niño 1 año	10	115	1,07E-02	2,23	2,39E-04	515,54
Adulto	5	115	2,03E-02	1,90	3,86E-04	270,92
Niño 10 años	5	115	1,95E-02	1,99	3,88E-04	282,06
Niño 5 años	5	115	2,52E-02	2,07	5,21E-04	218,40
Niño 1 año	5	115	2,40E-02	2,16	5,17E-04	229,64

Tabla 117 – Calibración Espectrómetro Spir-Ace

Sede CSN- Emergencias
Eficiencia del espectrómetro Spir-Ace



Sede CSN- Emergencias
LD/AMD del espectrómetro Spir-Ace



Validación

Edad (1, 5, 10 años o adulto)	Distancia cuello-detector (cm)	Tiempo de medida (segundos)	Eficiencia (cps/Bq)	Actividad fecha, medida (Bq)	Actividad patrón, fecha, medida (Bq)	Bias (%)
Adulto	10	114	9,73E-03	6813,61	5972,99	14,07
Niño 10 años	10	114	955E-03	4721,59	3918,29	20,50
Niño 5 años	10	114	1,10E-02	2842,09	2489,11	14,18
Niño 1 año	10	114	1,07E-02	1941,41	1494,33	29,92
Adulto	5	114	2,03E-02	6898,00	5972,99	15,49
Niño 10 años	5	115	1,95E-02	4651,82	3918,29	18,72
Niño 5 años	5	115	2,52E-02	2677,88	2489,11	7,58
Niño 1 año	5	114	2,40E-02	1982,88	1494,33	32,69

Tabla 118 – Validación Espectrómetro Spir-Ace

III.5.2.5 Generalitat de Catalunya

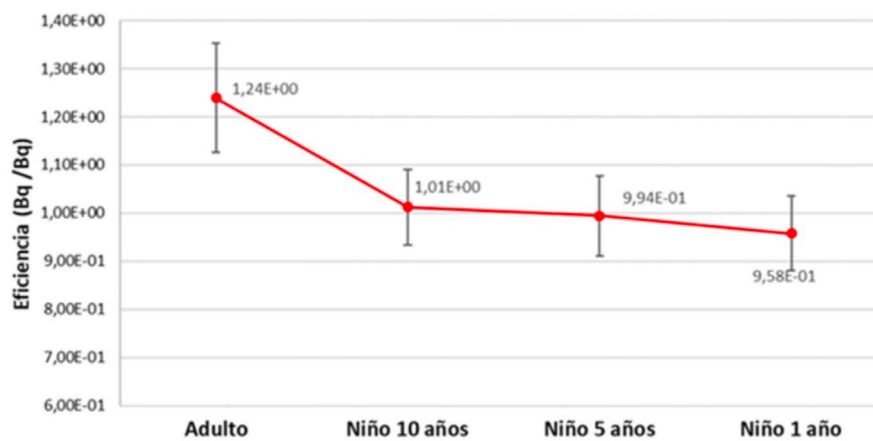
CRC DIYS

Calibración

Edad (1,5, 10 años o adulto)	Distancia cuello-detector (cm)	Tiempo de medida (segundos)	Eficiencia (cps/Bq)	Incertidumbre 2 σ (%)	Incertidumbre 2 σ	LD/AMD (Bq)
Adulto	19,05	594	1,24	9,18	0,11	33
Niño 10 años	22,15	1314	1,01	7,75	0,08	41
Niño 5 años	23,55	2807	0,99	8,29	0,08	42
Niño 1 año	24,65	5375	0,96	8,07	0,08	43

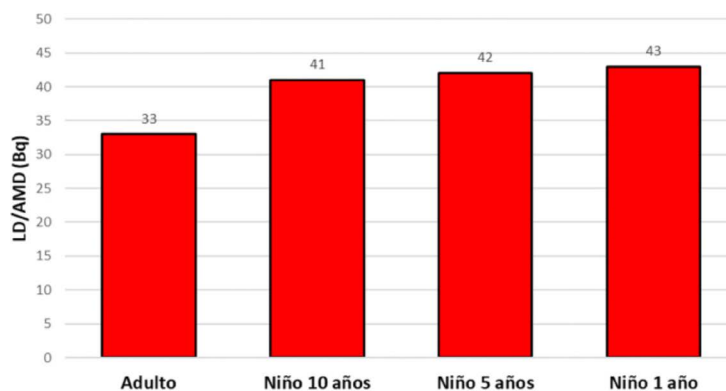
Tabla 119 – Calibración CRC DIYS – G. Catalunya

Generalitat de Catalunya Eficiencia del CRC DIYS



Nota: los datos de eficiencia son reportados según la relación Bq-I131 de su calibración quinquenal respecto a los Bq obtenidos con las medidas de patrón del proyecto MEYER.

Generalitat de Catalunya
LD/AMD del CRC DIYS



Validación

Edad (1, 5, 10 años o adulto)	Distancia cuello-detector (cm)	Tiempo de medida (segundos)	Eficiencia (Bq/Bq)	Actividad fecha, medida (Bq)	Actividad patrón, fecha, medida (Bq)	Bias (%)
Adulto	19,05	597	1,24E+00	6077,87	5947,15	2,20
Niño 10 años	22,15	597	1,01E+00	3850,69	3900,63	-1,28
Niño 5 años	23,55	717	9,94E-01	2486,74	2476,55	0,41
Niño 1 año	24,65	478	9,58E-01	1480,02	1485,99	-0,40

Tabla 120 – Validación CRC DIYS- G. Catalunya

III.5.2.6 Central nuclear Almaraz

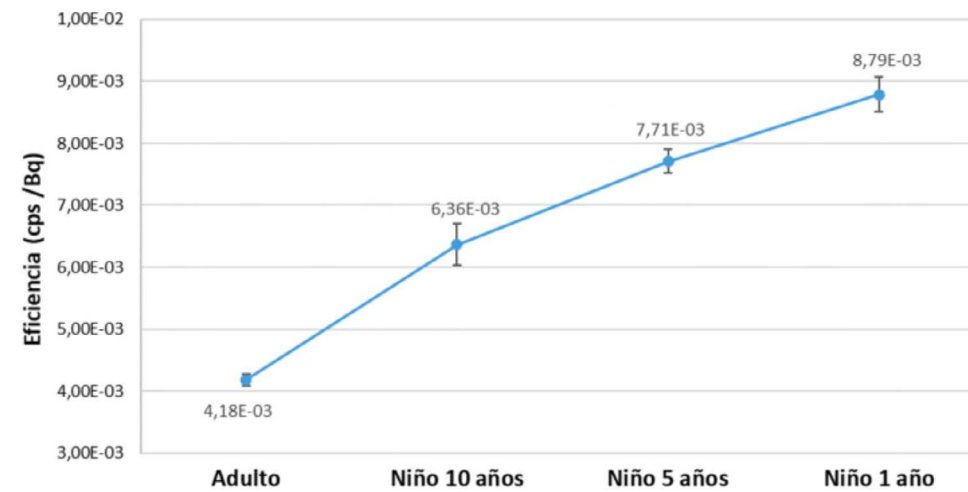
CRC QUICKY

Calibración

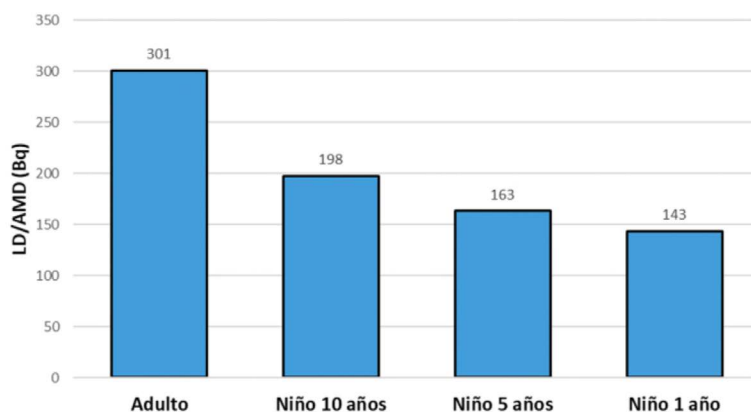
Edad (1,5, 10 años o adulto)	Distancia cuello-detector (cm)	Tiempo de medida (segundos)	Eficiencia (cps/Bq)	Incertidumbre 2 σ (%)	Incertidumbre 2 σ	LD/AMD (Bq)
Adulto	13,8	1783	4,18E-03	2,23	9,30E-05	301
Niño 10 años	14	1783	6,36E-03	5,27	3,35E-04	198
Niño 5 años	10	1792	7,71E-03	2,51	1,94E-04	163
Niño 1 año	10	1792	8,79E-03	3,10	2,72E-04	143

Tabla 121 – Calibración CRC QUICKY Almaraz

C. N. Almaraz Eficiencia del CRC QUICKY



C. N. Almaraz
LD/AMD del CRC QUICKY



Validación

Edad (1, 5, 10 años o adulto)	Distancia cuello-detector (cm)	Tiempo de medida (segundos)	Eficiencia (cps/Bq)	Actividad fecha, medida (Bq)	Actividad patrón, fecha, medida (Bq)	Bias (%)
Adulto	13,8	1783	4,18E-03	6439,95	5992,45	7,47
Niño 10 años	14	1783	6,36E-03	4175,86	3931,05	6,23
Niño 5 años	10	1792	7,71E-03	2775,81	2497,22	11,16
Niño 1 año	10	1792	8,79E-03	1311,91	1499,20	-12,49

Tabla 122 – Validación CRC QUICKY Almaraz
Fecha de referencia: 28/09/2023

III.5.2.7 Central nuclear Cofrentes

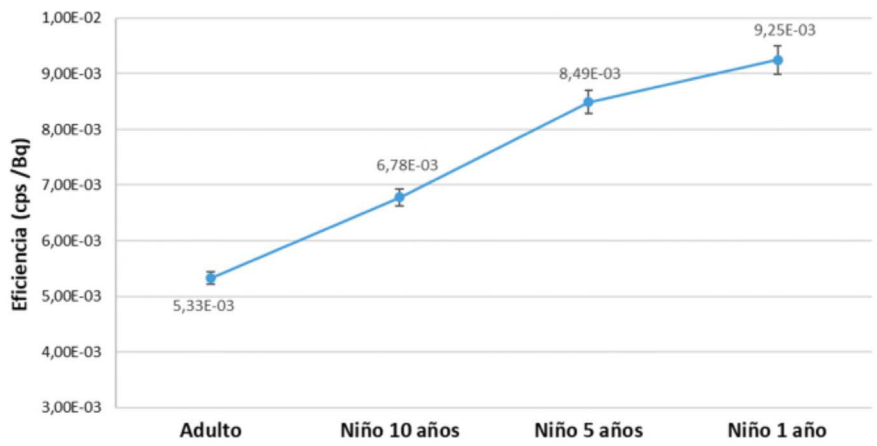
CRC QUICKY

Calibración

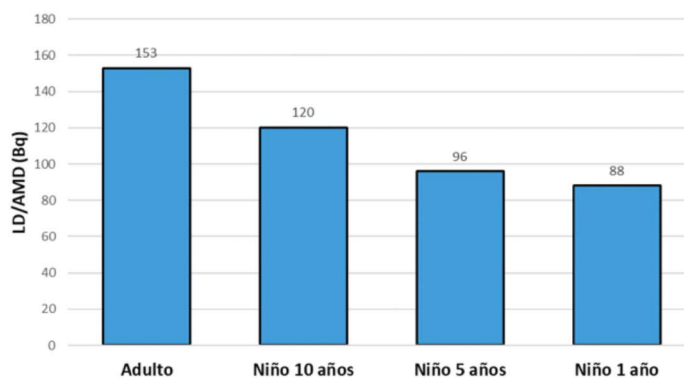
Edad (1,5, 10 años o adulto)	Distancia cuello-detector (cm)	Tiempo de medida (segundos)	Eficiencia (cps/Bq)	Incertidumbre 2 σ (%)	Incertidumbre 2 σ	LD/AMD (Bq)
Adulto	14	1721	5,33E-03	2,13	1,13E-04	153
Niño 10 años	14	1754	6,78E-03	2,23	1,52E-04	120
Niño 5 años	10	1762	8,49E-03	2,42	2,05E-04	96
Niño 1 año	10	1771	9,25E-03	2,70	2,50E-04	88

Tabla 123 – Calibración CRC QUICKY Cofrentes

C. N. Cofrentes Eficiencia del CRC QUICKY



C. N. Cofrentes
LD/AMD del CRC QUICKY



Validación

Edad (1, 5, 10 años o adulto)	Distancia cuello-detector (cm)	Tiempo de medida (segundos)	Eficiencia (cps/Bq)	Actividad fecha, medida (Bq)	Actividad patrón, fecha, medida (Bq)	Bias (%)
Adulto	14	1721	5,33E-03	5999,65	5992,45	0,12
Niño 10 años	14	1754	6,78E-03	3830,15	3931,05	-2,57
Niño 5 años	10	1762	8,49E-03	2600,27	2497,22	4,13
Niño 1 año	10	1771	9,25E-03	1518,05	1499,20	1,26

Tabla 124 – Validación CRC QUICKY Cofrentes
Fecha de referencia: 28/09/2023

III. 5.2.8 Central nuclear Garoña

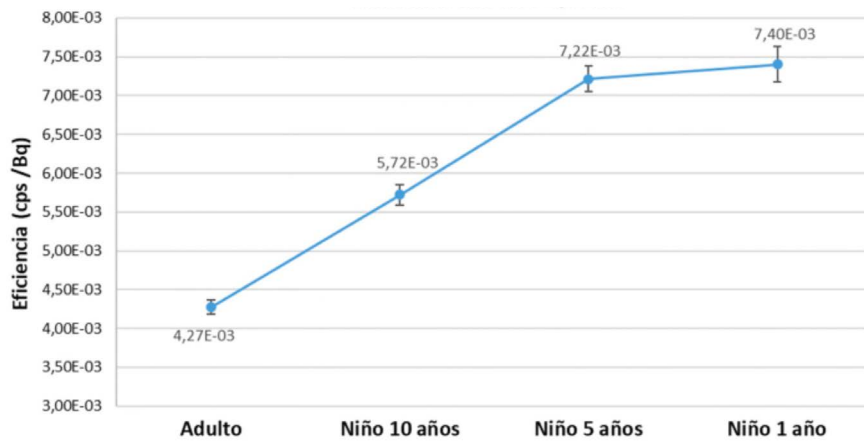
CRC QUICKY

Calibración

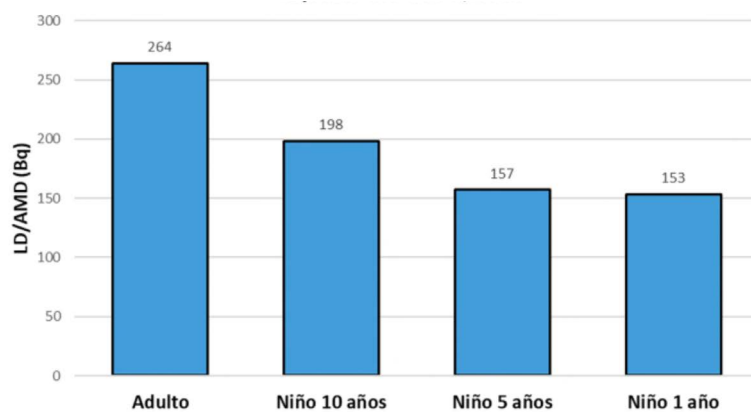
Edad (1,5, 10 años o adulto)	Distancia cuello-detector (cm)	Tiempo de medida (segundos)	Eficiencia (cps/Bq)	Incertidumbre 2 σ (%)	Incertidumbre 2 σ	LD/AMD (Bq)
Adulto	13,8	1783	4,27E-03	2,18	9,33E-05	264
Niño 10 años	14	1792	5,72E-03	2,32	1,33E-04	198
Niño 5 años	10	1800	7,22E-03	2,25	1,62E-04	157
Niño 1 año	10	1800	7,40E-03	3,12	2,31E-04	153

Tabla 125 – Calibración CRC QUICKY Garoña

C. N. Garoña Eficiencia del CRC QUICKY



C. N. Garoña
LD/AMD del CRC QUICKY



Validación

Edad (1, 5, 10 años o adulto)	Distancia cuello-detector (cm)	Tiempo de medida (segundos)	Eficiencia (cps/Bq)	Actividad fecha, medida (Bq)	Actividad patrón, fecha, medida (Bq)	Bias (%)
Adulto	13,8	1783	4,27E-03	5860,25	5992,45	-2,21
Niño 10 años	14	1792	5,72E-03	3819,57	3931,05	-2,84
Niño 5 años	10	1800	7,22E-03	2523,71	2497,22	1,06
Niño 1 año	10	1800	7,40E-03	1508,04	1499,20	0,59

Tabla 126 – Validación CRC QUICKY Garoña
Fecha de referencia: 28/09/2023

III.5.2.9 Central nuclear Trillo

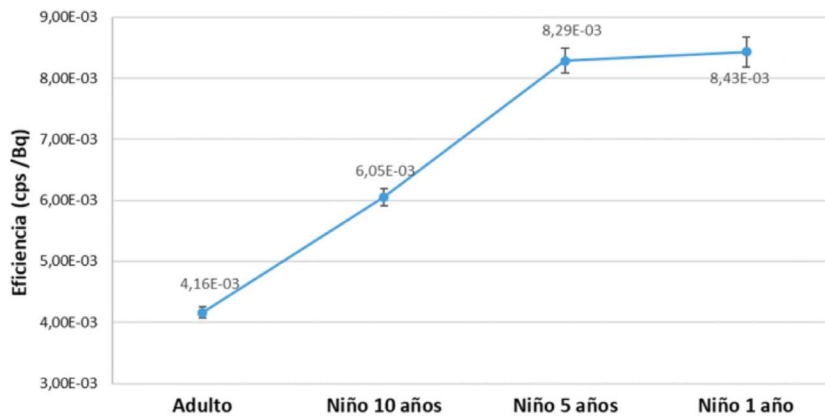
CRC QUICKY

Calibración

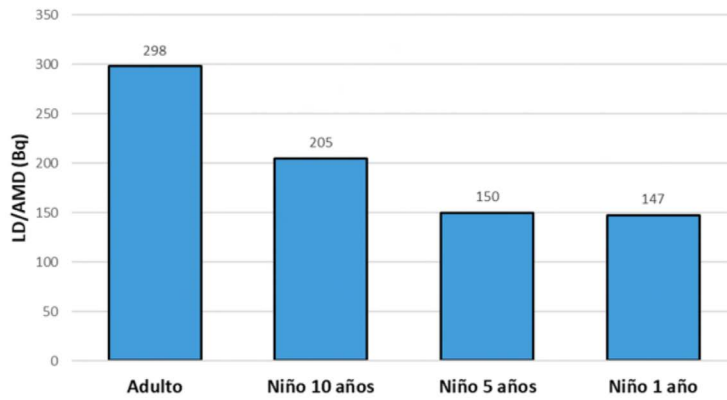
Edad (1,5, 10 años o adulto)	Distancia cuello-detector (cm)	Tiempo de medida (segundos)	Eficiencia (cps/Bq)	Incertidumbre 2 σ (%)	Incertidumbre 2 σ	LD/AMD (Bq)
Adulto	14	1779	4,16E-03	2,22	9,26E-05	298
Niño 10 años	14	1788	6,05E-03	2,24	1,35E-04	205
Niño 5 años	10	1788	8,29E-03	2,48	2,06E-04	150
Niño 1 año	10	1797	8,43E-03	2,87	2,42E-04	147

Tabla 127 – Calibración CRC QUICKY Trillo

C. N. Trillo Eficiencia del CRC QUICKY



C. N. Trillo
LD/AMD del CRC QUICKY



Validación

Edad (1, 5, 10 años o adulto)	Distancia cuello-detector (cm)	Tiempo de medida (segundos)	Eficiencia (cps/Bq)	Actividad fecha, medida (Bq)	Actividad patrón, fecha, medida (Bq)	Bias (%)
Adulto	14	1779	4,16E-03	6409,43	5992,45	6,96
Niño 10 años	14	1788	6,05E-03	3994,22	3931,05	1,61
Niño 5 años	10	1788	8,29E-03	2711,12	2497,22	8,57
Niño 1 año	10	1797	8,43E-03	1385,30	1499,20	-7,60

Tabla 128 – Validación CRC QUICKY Trillo
Fecha de referencia: 28/09/2023

III.5.2.10 Central nuclear Ascó

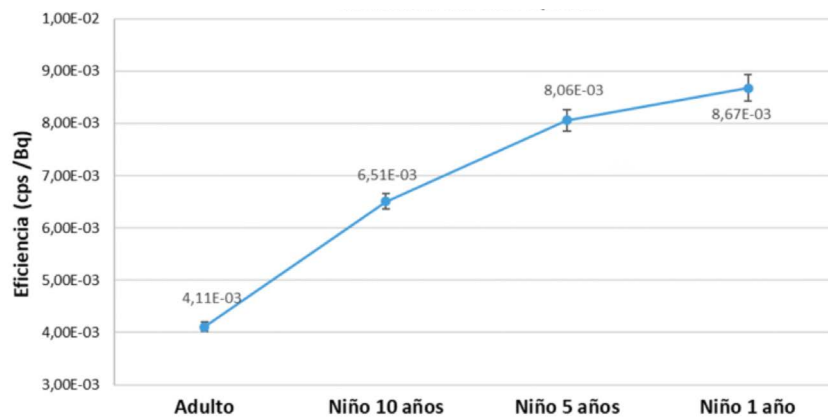
CRC QUICKY

Calibración

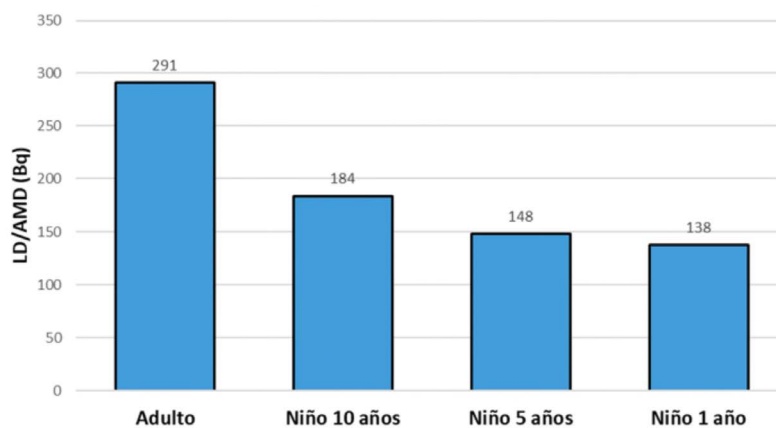
Edad (1,5, 10 años o adulto)	Distancia cuello-detector (cm)	Tiempo de medida (segundos)	Eficiencia (cps/Bq)	Incertidumbre 2 σ (%)	Incertidumbre 2 σ	LD/AMD (Bq)
Adulto	14	1775	4,11E-03	2,19	8,97E-05	291
Niño 10 años	14	1775	6,51E-03	2,27	1,48E-04	184
Niño 5 años	10	1784	8,06E-03	2,52	2,03E-04	148
Niño 1 año	10	1784	8,67E-03	2,87	2,49E-04	138

Tabla 129 – Calibración CRC QUICKY Ascó

C. N. Ascó Eficiencia del CRC QUICKY



C. N. Ascó
LD/AMD del CRC QUICKY



Validación

Edad (1, 5, 10 años o adulto)	Distancia cuello-detector (cm)	Tiempo de medida (segundos)	Eficiencia (cps/Bq)	Actividad fecha, medida (Bq)	Actividad patrón, fecha, medida (Bq)	Bias (%)
Adulto	14	1775	4,11E-03	5826,03	5992,45	-2,78
Niño 10 años	14	1775	6,51E-03	3575,52	3931,05	-9,04
Niño 5 años	10	1784	8,06E-03	2490,12	2497,22	-0,28
Niño 1 año	10	1784	8,67E-03	1345,73	1499,20	-10,24

*Tabla 130 – Validación CRC QUICKY Ascó
Fecha de referencia: 28/09/2023*

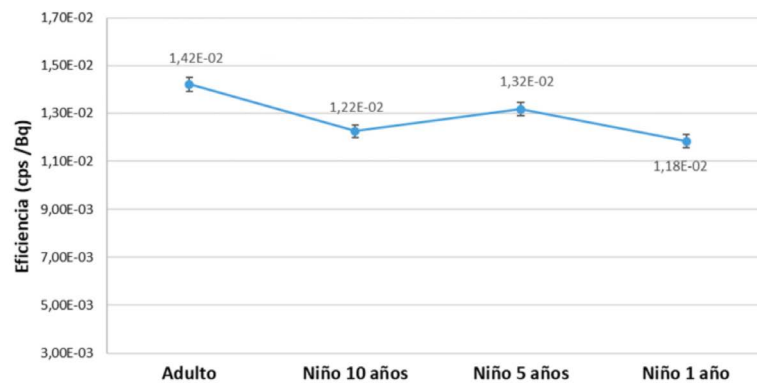
CRC DIYS

Calibración

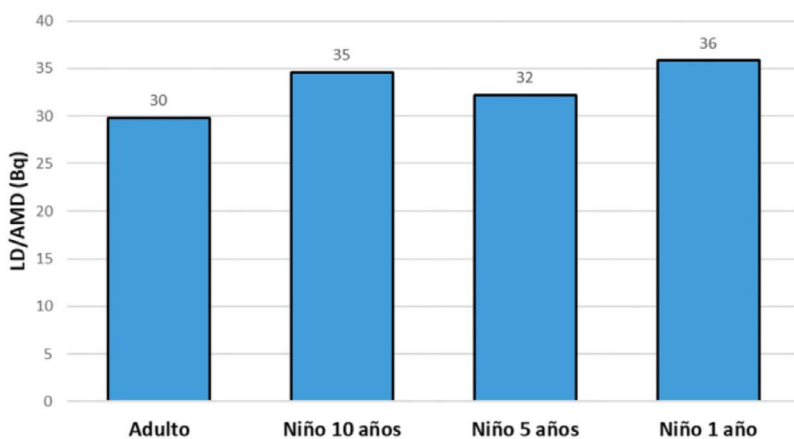
Edad (1,5, 10 años o adulto)	Distancia cuello-detector (cm)	Tiempo de medida (segundos)	Eficiencia (cps/Bq)	Incertidumbre 2σ (%)	Incertidumbre 2σ	LD/AMD (Bq)
Adulto	21,5	1632	1,42E-02	2,04	2,91E-04	30
Niño 10 años	23,7	1733	1,22E-02	2,10	2,57E-04	35
Niño 5 años	25,3	1758	1,32E-02	2,18	2,87E-04	32
Niño 1 año	26,3	1775	1,18E-02	2,36	2,79E-04	36

Tabla 131 – Calibración CRC DIYS Ascó

C. N. Ascó Eficiencia del CRC DIYS



C. N. Ascó
LD/AMD del CRC DIYS



Validación

Edad (1, 5, 10 años o adulto)	Distancia cuello-detector (cm)	Tiempo de medida (segundos)	Eficiencia (cps/Bq)	Actividad fecha, medida (Bq)	Actividad patrón, fecha, medida (Bq)	Bias (%)
Adulto	21,5	1632	1,42E-02	6099,69	5992,45	1,79
Niño 10 años	23,7	1733	1,22E-02	4404,02	3931,05	12,03
Niño 5 años	25,3	1758	1,32E-02	2321,39	2497,22	-7,04
Niño 1 año	26,3	1775	1,18E-02	1468,32	1499,20	-2,06

Tabla 132 – Validación CRC DIYS Ascó
Fecha de referencia: 28/09/2023

III.5.2.11 Central nuclear Vandellós

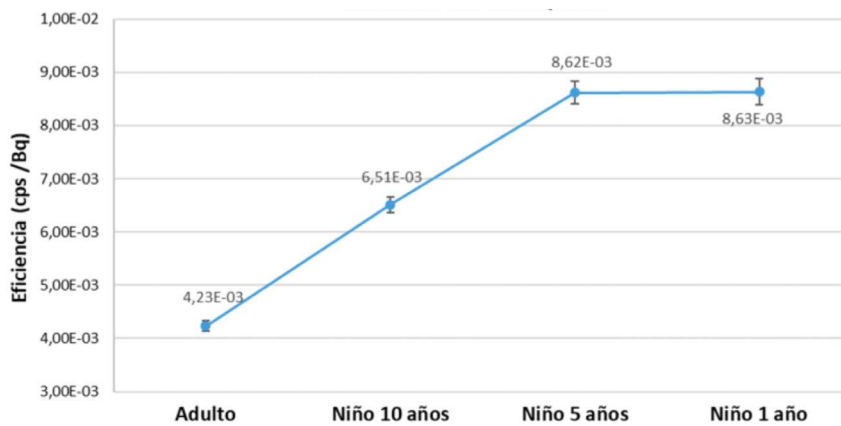
CRC QUICKY

Calibración

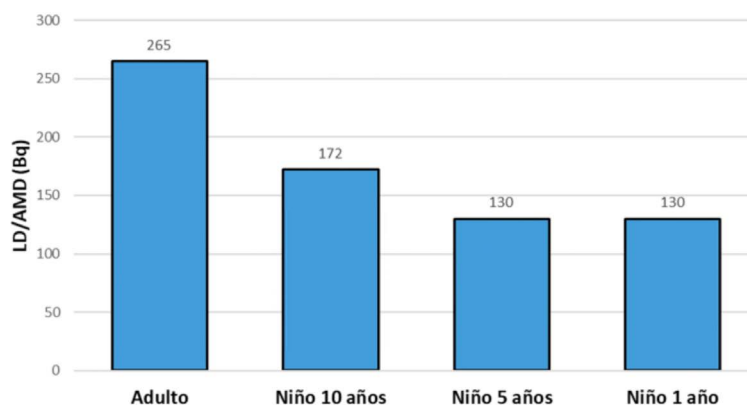
Edad (1,5, 10 años o adulto)	Distancia cuello-detector (cm)	Tiempo de medida (segundos)	Eficiencia (cps/Bq)	Incertidumbre 2 σ (%)	Incertidumbre 2 σ	LD/AMD (Bq)
Adulto	14	1771	4,23E-03	2,17	9,18E-05	265
Niño 10 años	14	1796	6,51E-03	2,26	1,47E-04	172
Niño 5 años	10	1779	8,62E-03	2,42	2,09E-04	130
Niño 1 año	10	1787	8,63E-03	2,82	2,43E-04	130

Tabla 133 – Calibración CRC QUICKY Vandellós

C. N. Vandellós Eficiencia del CRC QUICKY



C. N. Vandellós
LD/AMD del CRC QUICKY



Validación

Edad (1, 5, 10 años o adulto)	Distancia cuello-detector (cm)	Tiempo de medida (segundos)	Eficiencia (cps/Bq)	Actividad fecha, medida (Bq)	Actividad patrón, fecha, medida (Bq)	Bias (%)
Adulto	14	1771	4,23E-03	5818,82	5992,45	-2,90
Niño 10 años	14	1796	6,51E-03	3910,00	3931,05	-0,54
Niño 5 años	10	1779	8,62E-03	2427,25	2497,22	-2,80
Niño 1 año	10	1787	8,63E-03	1437,26	1499,20	-4,13

Tabla 134 – Validación CRC QUICKY Vandellós
Fecha de referencia: 28/09/2023

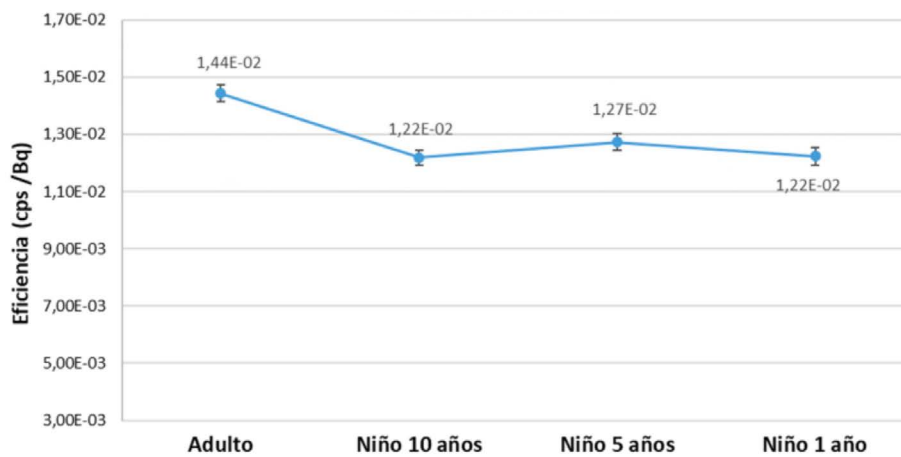
CRC DIYS

Calibración

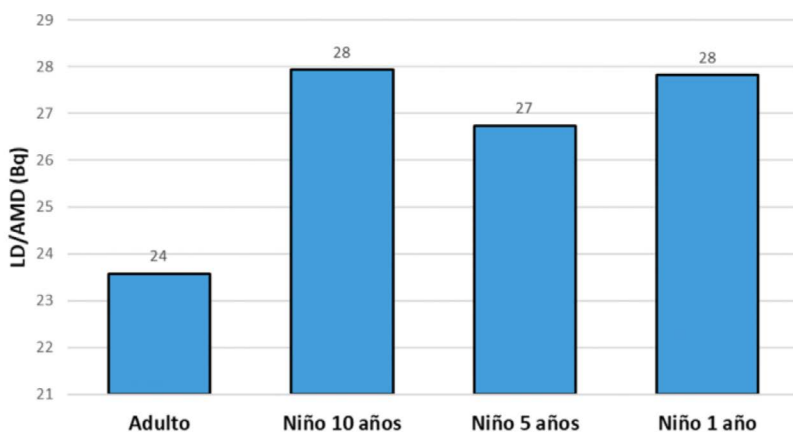
Edad (1,5, 10 años o adulto)	Distancia cuello-detector (cm)	Tiempo de medida (segundos)	Eficiencia (cps/Bq)	Incertidumbre 2σ (%)	Incertidumbre 2σ	LD/AMD (Bq)
Adulto	21	1771	1,44E-02	2,04	2,95E-04	24
Niño 10 años	24	1793	1,22E-02	2,13	2,60E-04	28
Niño 5 años	25,5	1800	1,27E-02	2,26	2,87E-04	27
Niño 1 año	26,5	1800	1,22E-02	2,47	3,02E-04	28

Tabla 135 – Calibración CRC DIYS Vandellós

C. N. Vandellós
Eficiencia del CRC DIYS



C. N. Vandellós
LD/AMD del CRC DIYS



Validación

Edad (1, 5, 10 años o adulto)	Distancia cuello-detector (cm)	Tiempo de medida (segundos)	Eficiencia (cps/Bq)	Actividad fecha, medida (Bq)	Actividad patrón, fecha, medida (Bq)	Bias (%)
Adulto	21	1771	1,44E-02	6388,79	5992,45	6,61
Niño 10 años	24	1793	1,22E-02	4010,16	3931,05	2,01
Niño 5 años	25,5	1800	1,27E-02	2546,57	2497,22	1,98
Niño 1 año	26,5	1800	1,22E-02	1556,92	1499,20	3,85

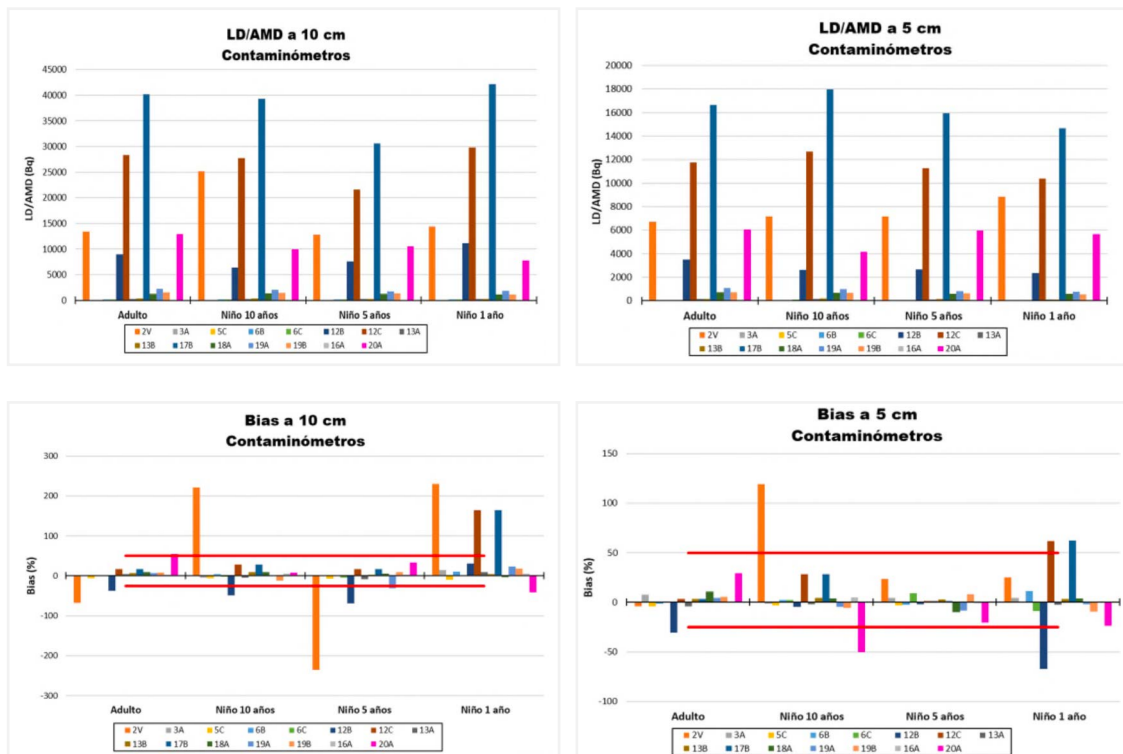
Tabla 136 – Validación CRC DIYS Vandellós
Fecha de referencia: 28/09/2023

III.5.3- Análisis de resultados por tipología de equipo de medida

Se realiza a continuación un análisis en conjunto por tipología de equipo, considerando los siguientes grupos:

- Detectores de actividad superficial, con un subgrupo de detectores de contaminación y otro de sondas de contaminación acopladas.
- Detectores de radiación (radiómetros) no espectrométricos.
- Detectores de radiación (radiómetros) espectrométricos.
- Captador
- Gammacámaras
- Contadores de Radiactividad Corporal (CRC) Tipo Quicky
- CRC Tipo DIYS

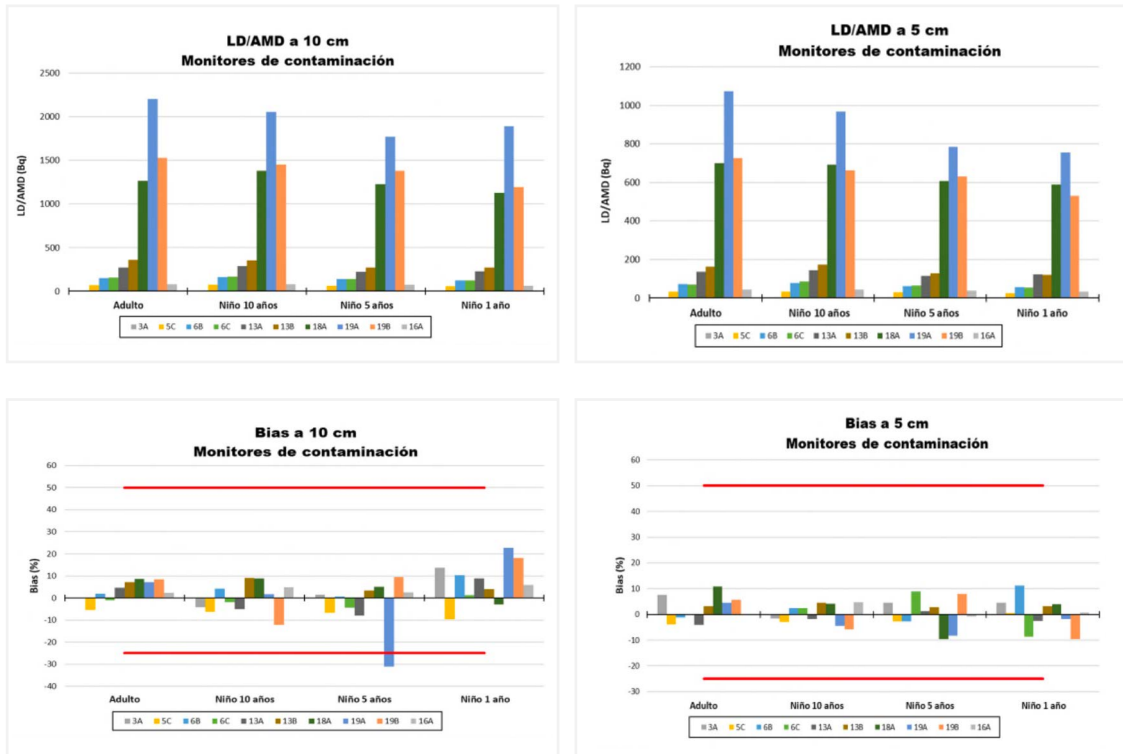
III.5.3.1- Comparativa Detectores de Actividad Superficial



De las gráficas anteriores, se observan resultados muy dispares en esta tipología de equipo, con lo que se realiza para una comparativa adicional por subgrupos, considerando:

- Monitores de contaminación
- Sondas de contaminación acopladas

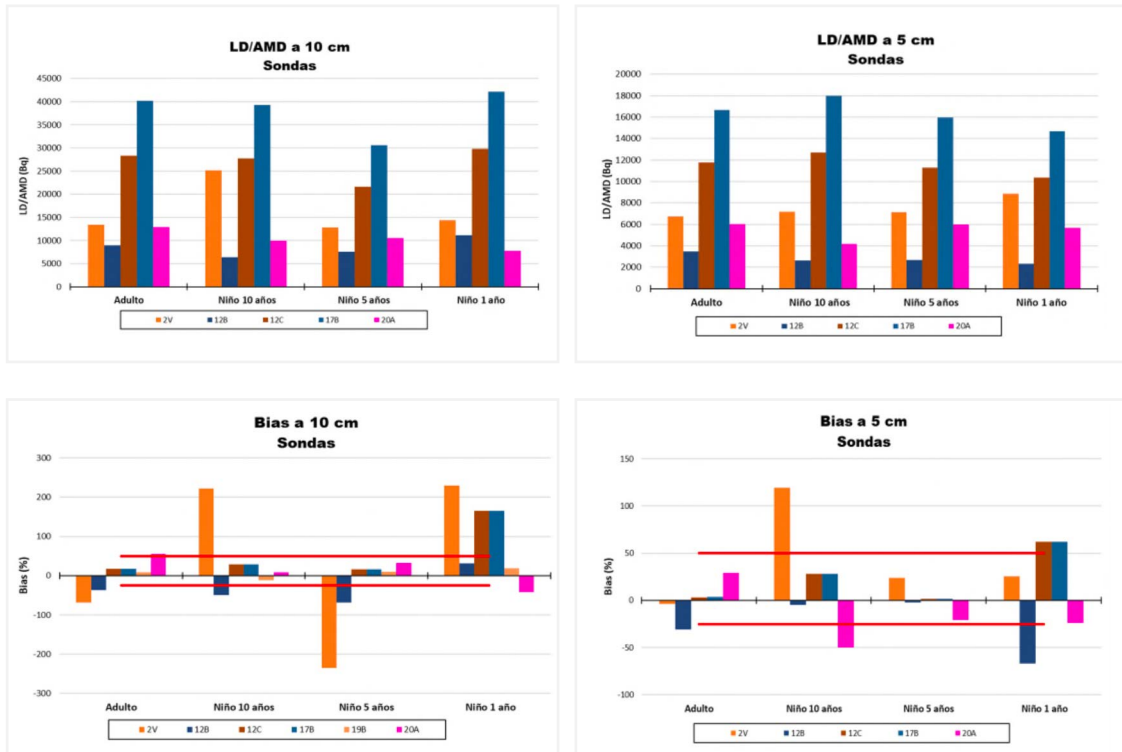
III.5.3.1.1- Comparativa Detectores de Contaminación



Los detectores de contaminación muestran generalmente unos LDs inferiores a 500 Bq para medidas del orden de 2 min, llegando algún equipo a valores del orden de 30 Bq en algunas geometrías de medida. Los detectores de contaminación con LDs superiores a 1000 Bq (3 equipos) son aquellos cuyas medidas han sido muy cortas (10 segundos) o que tienen una menor superficie de detección (del orden de 100 cm²).

Los bias están dentro del intervalo de la norma ISO de manera generalizada. Solo existe un único valor fuera de rango para geometría de niños de 5 años a 10 cm. Dados los valores para el resto de las geometrías, no es descartable que pueda ser atribuido a un diferente posicionamiento en la medida de validación.

III.5.3.1.2- Comparativa Sondas de Contaminación

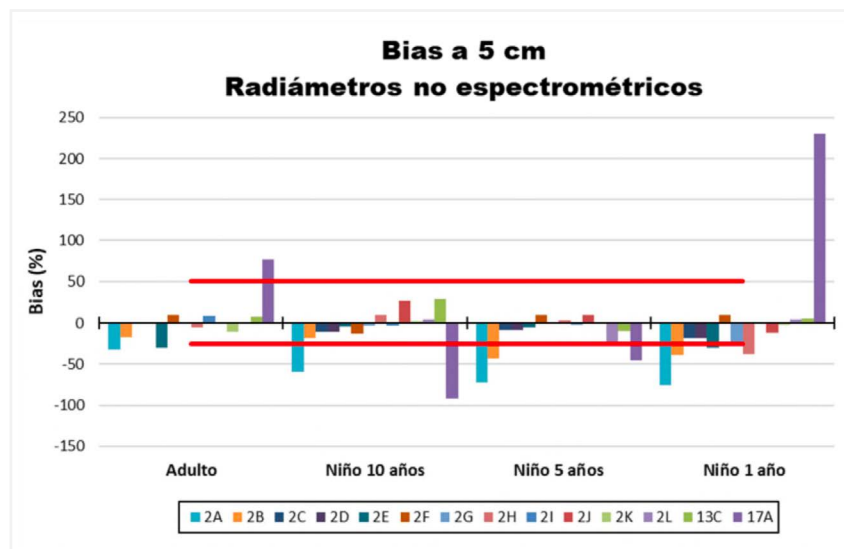
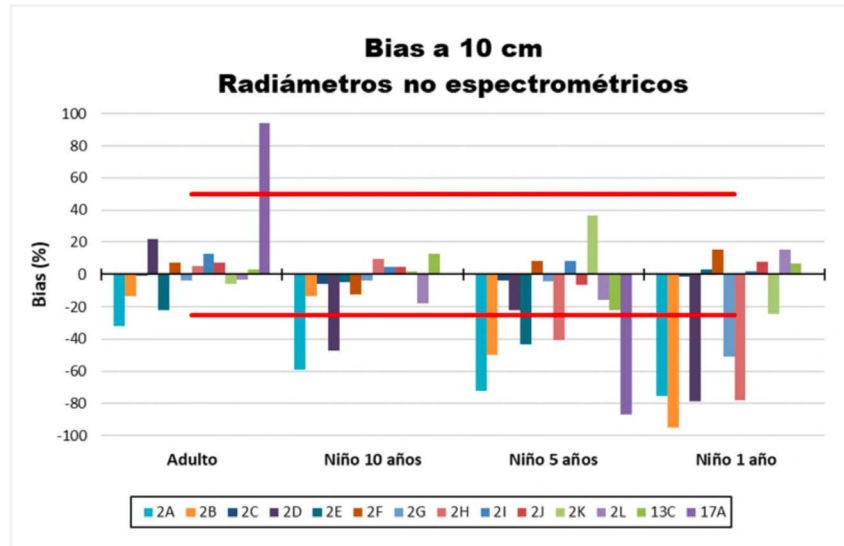


Los detectores de contaminación muestran de manera generalizada LDs altos en relación a otra tipología de equipos. Como posibles causas de los valores de LDs podrían considerarse una menor superficie de detección y unos menores tiempos de integración de las medidas.

En cuanto a los resultados de bias, se observa que existen diversos valores que superan el intervalo de la norma, aspecto que sería esperable dados los LDs reportados.

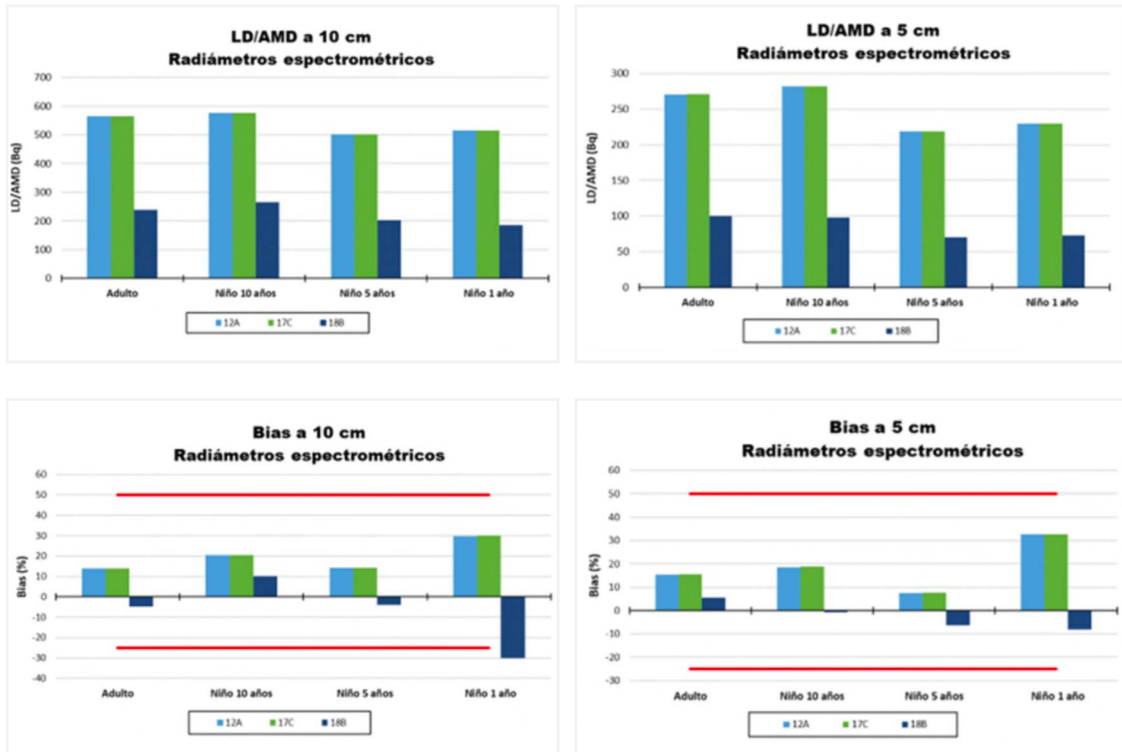
Debido a los valores relativamente altos de LD y la existencia de resultados fuera de norma del bias, no es descartable que la calibración y/o validación se haya realizado con actividades de patrón que resulten en medidas fuera del rango de los equipos, careciendo de fiabilidad.

III.5.3.2- Comparativa Radiómetros No Espectrométricos



De las gráficas anteriores, se observan resultados muy dispares en esta tipología de equipo. No hay un criterio definido, los radiómetros LAMSE ERIS ofrecen una muy buena respuesta en general. Sin embargo, los radiómetros LAMSE su respuesta no es tan homogénea y aunque tienen buena respuesta para el caso de las fuentes radiactivas más extensas, las más pequeñas tienen mayor desviación, incluso hay algunos equipos que no dan una respuesta adecuada para este tipo de ejercicio.

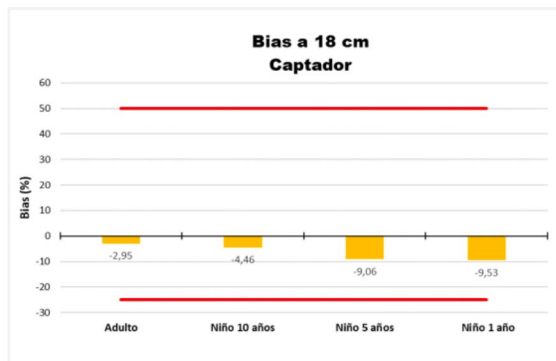
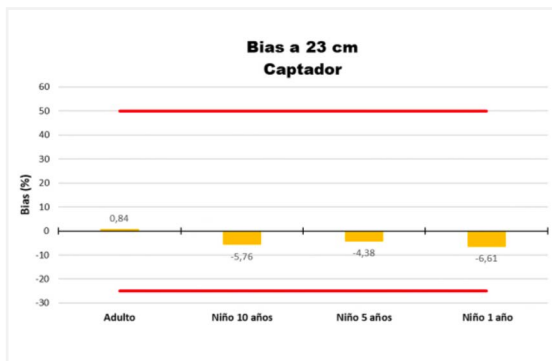
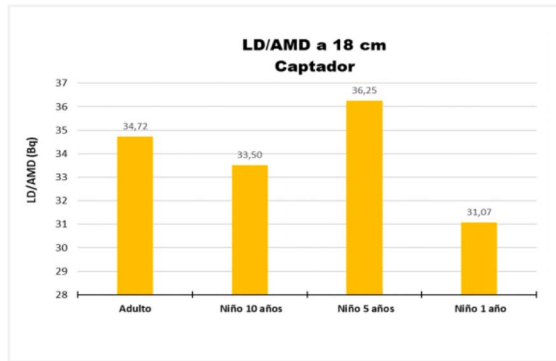
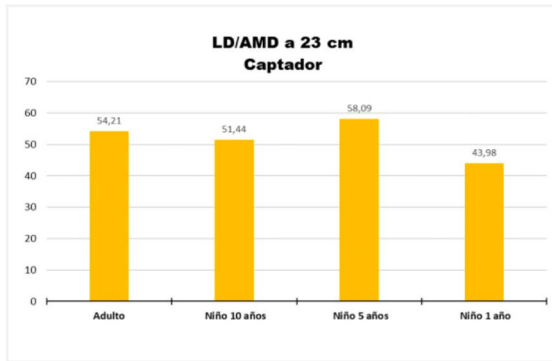
III.5.3.3- Comparativa Radiómetros Espectrométricos



Los monitores de radiación espectrométricos muestran generalmente unos LDs del orden de 500 Bq a 10 cm para medidas de aproximadamente 2 min, llegando algún equipo a valores del orden de 200 Bq en algunas geometrías de medida. Para medidas a 5 cm estos valores de LD pueden reducirse a aproximadamente la mitad.

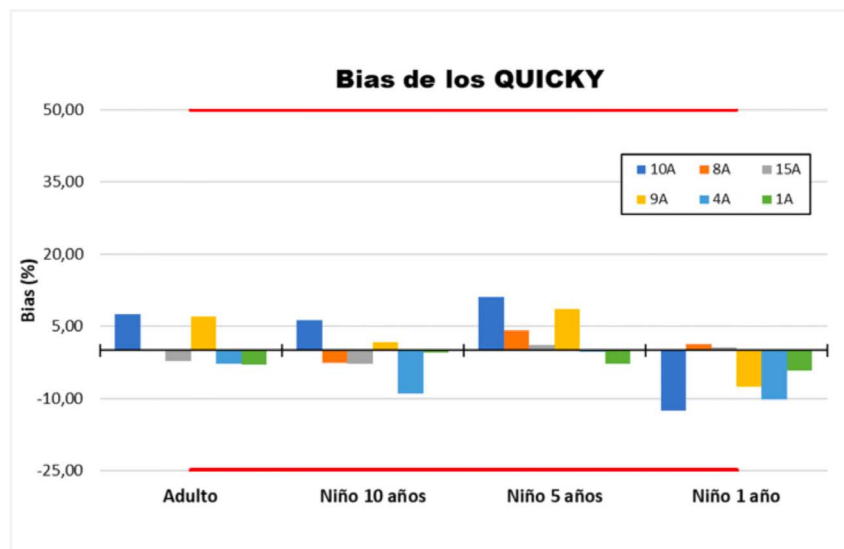
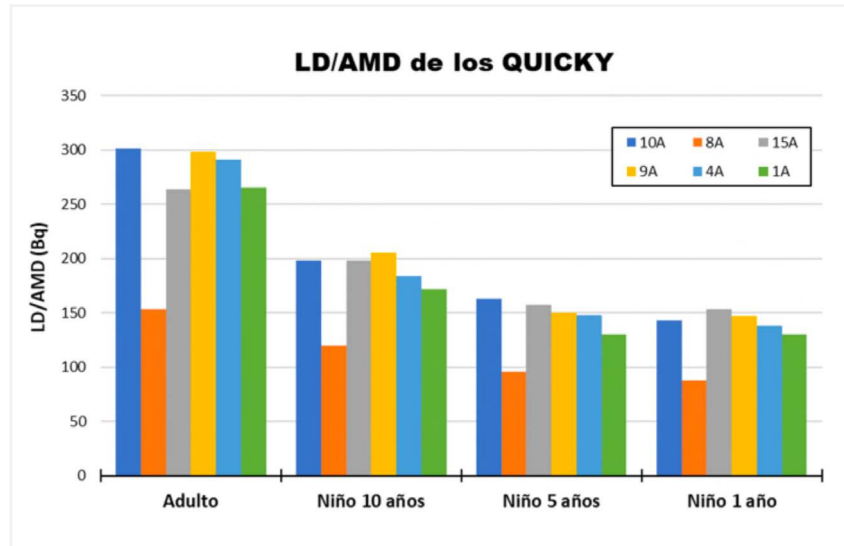
Los bias están dentro del intervalo de la norma ISO de manera generalizada. Solo existe un único valor fuera de rango para geometría de niño de 1 años a 10 cm. Dados los valores para el resto de las geometrías, no es descartable que pueda ser atribuido a un diferente posicionamiento en la medida de validación.

III.5.3.4- Captador



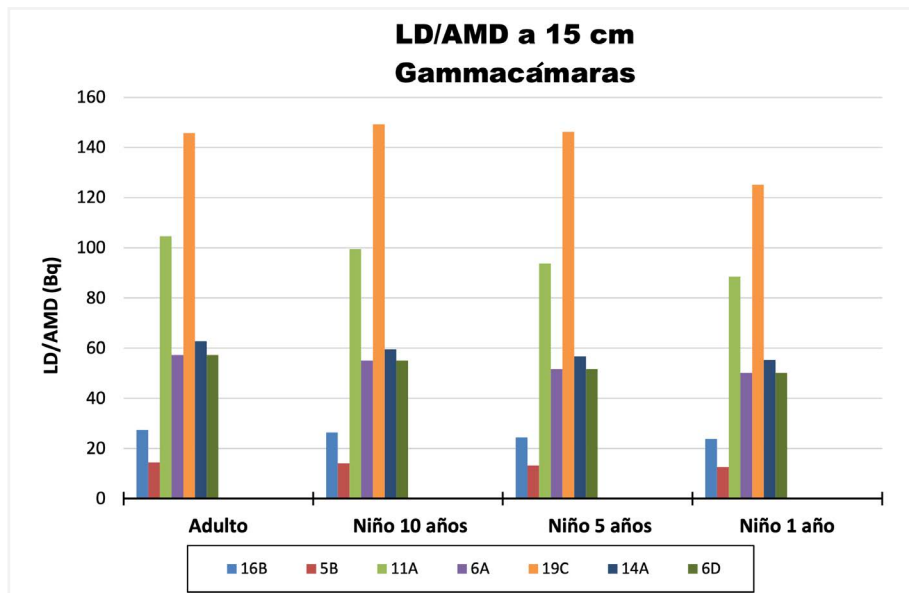
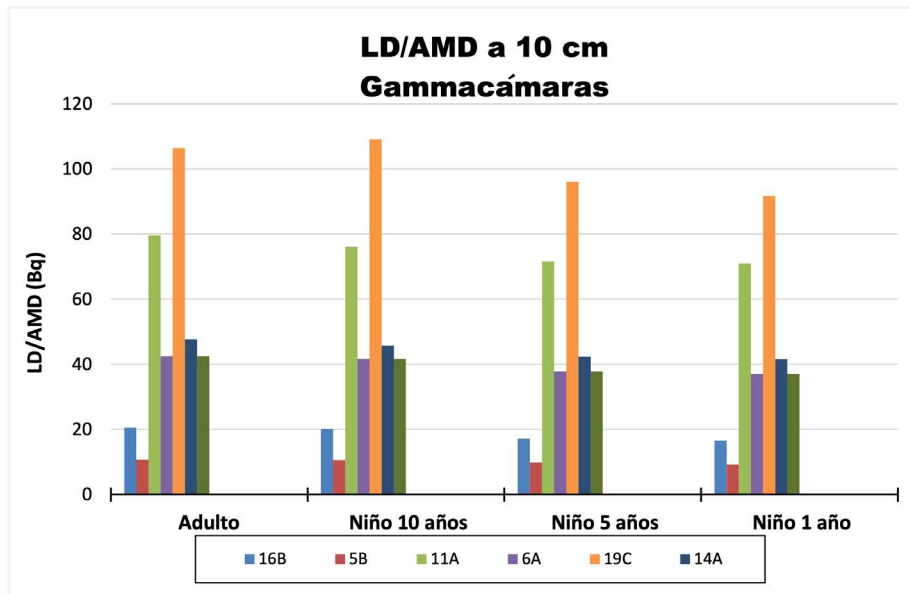
El captador ofrece LDs muy bajos, del orden de 50 Bq, y unos buenos resultados de bias. Los resultados son esperables dado que el equipo está diseñado para medida de I-131 en tiroides y que la entidad está habituada a su uso.

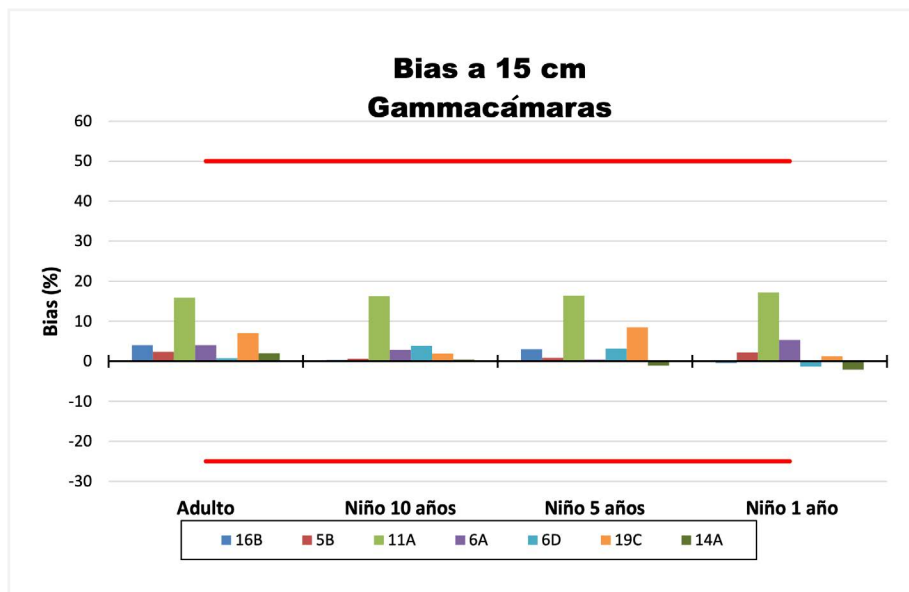
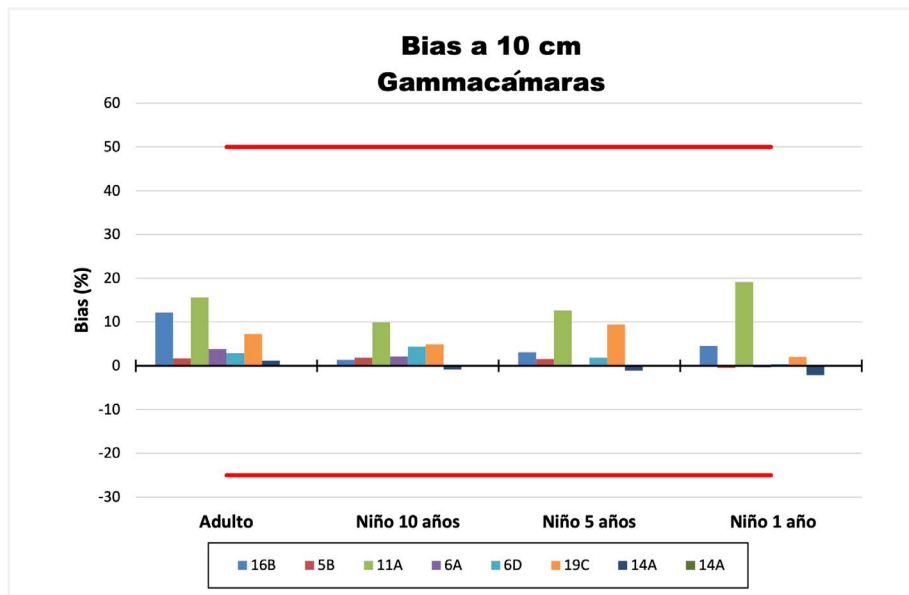
III.5.3.5- Comparativa CRC Tipo Quicky



Los CRC Tipo Quicky ofrecen LDs relativamente bajos, inferiores a 300 Bq, y unos buenos resultados de bias. Los resultados son esperables dado que el equipo está diseñado para medida de I-131 en tiroides y las entidades verifican los equipos anualmente con unos criterios de aceptabilidad más exigentes que la norma ISO.

III.5.3.6- Comparativa Gammacámaras

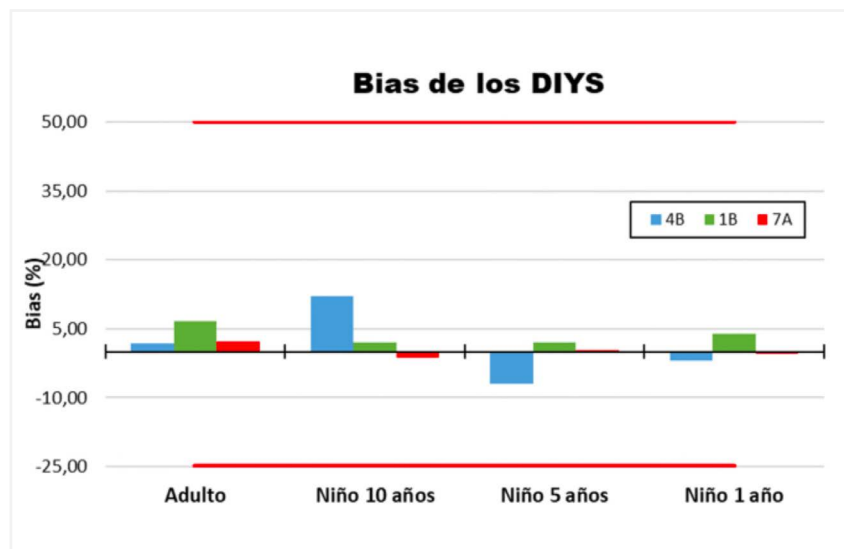
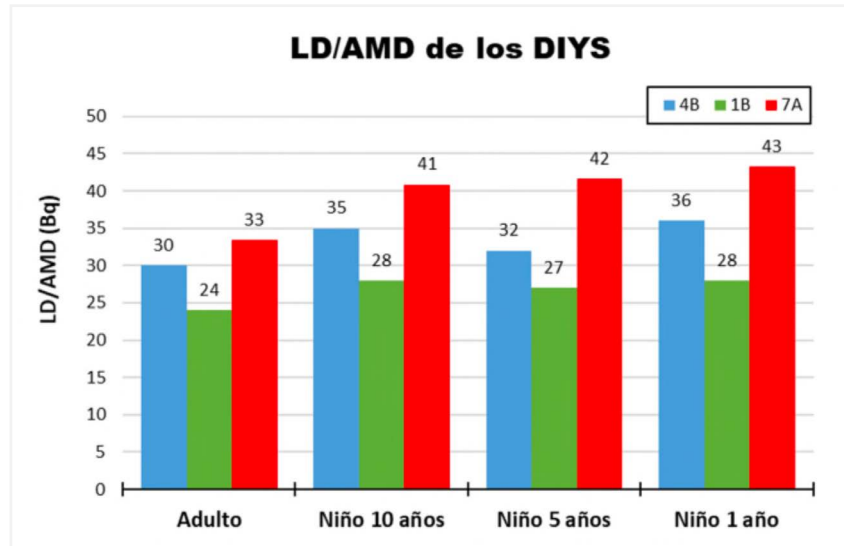




Las gammacámaras presentan LDs muy bajos, la mayoría de valores por debajo de 70 Bq. Estos valores garantizan la estimación de dosis muy por debajo del nivel de referencia.

En cuanto a la validación de las calibraciones, todos los participantes han podido validar las calibraciones de sus gammacámaras cumpliendo el criterio de aceptación del estadístico “Relative Bias” definido en la norma ISO 28218 (ver apartado III.3.- Protocolo de Calibración y Validación (v3) Fase 2). Esto indica que dichos equipos pueden ser de gran utilidad en situaciones de emergencia donde se necesite hacer un rápido *screening* de la población expuesta para valorar sus niveles de contaminación con el fin de definir contramedidas sobre todo en la fase inicial de la emergencia.

III.5.3.7- Comparativa CRC Tipo DIYS



Los CRC Tipo Quicky ofrecen LDs muy bajos, inferiores a 45 Bq, y unos buenos resultados de bias. Los resultados son esperables dado que el equipo está diseñado para medida de I-131 en tiroides y las entidades verifican los equipos anualmente con unos criterios de aceptabilidad más exigentes que la norma ISO.

III.5.4- Conclusiones

- Los resultados obtenidos por el captador, gammacámaras, CRCs Tipo Quicky y Tipo DIYS demuestran su capacidad para un *screening* y medida de incorporación de actividad de I-131 por la población en caso de emergencias.
- Los resultados obtenidos por detectores de actividad superficial han sido variables. La capacidad de los monitores de contaminación depende de su superficie y el tiempo de integración de la medida. Aquellos detectores con mayor área de detección y mayores tiempos de integración han reportado resultados relativamente bajos de LDs y bias dentro del intervalo de la norma, con lo que se presentan como una gran alternativa de *screening*. Las sondas de contaminación, dado que habitualmente tienen menor superficie y que pueden no tener la posibilidad de tiempos de integración suficientes, han reportado LDs relativamente elevados y bias fuera de rango de norma, con lo que para las actividades planteadas en el ejercicio de calibración y validación no se recomendaría su uso.
- Los resultados de los radiómetros espectrométricos demuestran su capacidad para un *screening* de incorporación de I-131 en tiroides por la población en caso de emergencias, dados los LDs y bias obtenidos por los equipos.
- Se pone de manifiesto que para equipos portátiles el posicionamiento de la medida y el entrenamiento del personal que mide puede ser crítico en los resultados reportados, dado que tiene una importante influencia en las eficiencias del equipo, y por tanto, el bias.
- En los equipos no espectrométricos conviene revisar bien uno por uno para ver cuáles son los que pueden utilizarse para *screening* y tenerlos convenientemente etiquetados.
- También sería adecuado saber cual es el límite de actividad y esto pasarlo a cuentas, en el momento de la emergencia para que los primeros respondedores tengan un criterio claro y rápido y no tengan que valorar en el mismo momento la actividad para cada edad.
- Se recomienda calcular la actividad mínima detectable para cada caso a partir de la fórmula:

$$\text{MDA (Bq)} = \frac{3 + 4,65 \times \sqrt{\text{Bck}}}{\text{Ef} \left(\frac{\text{cps}}{\text{Bq}} \right) \times \text{Tc (s)}}$$

- Es recomendable calcular las incertidumbres de las eficiencias.
- Las gammacámaras son muy adecuadas para el cálculo directo de la actividad.

**IV. Protocolo de calibración y medida
de I-131 en tiroides en población
expuesta en situación de emergencia
radiológica y nuclear**

El protocolo contempla lo siguiente:

- Calibración
 - Equipos de medida.
 - Geometrías de contaje
- Medida de I-131 en tiroides
 - Para cada equipo/geometría de contaje:
 - Tiempo de medida
 - Eficiencia de detección representativa
 - Cálculo de la actividad de I-131 en tiroides
 - Límite de detección representativo
 - Recomendaciones
 - Estimación dosimétrica

Para el caso de la calibración y medida de I-131 en tiroides, dada la casuística de cada tipología de equipo, se han generado fichas específicas, que se incluyen a continuación:

CRC TIPO QUICKY	
CALIBRACIÓN	
Recomendaciones generales	Se seguirá el protocolo de calibración para equipos espectrométricos establecido en el apartado 3.3 del informe final del proyecto MEYER.
Posicionamiento	<ul style="list-style-type: none"> • El cuello del adulto se enfrentará al detector 1. • El resto de cuellos de 1, 5 y 10 años se medirán enfrentados al detector 2. • La distancia cuello rejilla del detector proporcional será de 10 cm para los cuellos de 1 y 5 años y de 14 para los de 10 años y adulto.
Otras recomendaciones	<ul style="list-style-type: none"> • El espectro se suavizará con el suavizado FWHM. • El ajuste de ganancia y cero se realizará con los picos de energía de 59.6 keV del Am-241 y de 661.6 keV del Cs-137. • Se utilizará la línea base lineal. • Se realizará un contaje de cada cuello de al menos 30 minutos. • Se registrará el área en cps del fotopico encontrado de 360 keV del Ba-133 en el caso de que sea un único pico compuesto y si fuera doble, el área será la suma de los dos picos parciales, el de 350 keV y el de 380 keV.
MEDIDA DE I-131 EN TIROIDES	
Generalidades	Siempre que sea posible, se recomienda la calibración a priori o posteriori de los equipos siguiendo el protocolo de calibración del proyecto MEYER. En caso de no ser posible la realización de una calibración, se considera posible utilizar factores de relación entre geometrías.
Posicionamiento	Los individuos se posicionarán de pie enfrentados a los detectores, de manera que la posición de sus cuellos sea acorde a la establecida en la calibración.
Tiempo Medida	2 minutos

CRC TIPO QUICKY
(continuación)

Eficiencia Representativa	<p>No se recomienda el uso discrecional de eficiencias generalizadas, dadas las diferentes condiciones en las que se pueda encontrar el equipo en caso de emergencia respecto a las presentes en este proyecto.</p> <p>No obstante, y dado que estos equipos suelen mantenerse calibrados quinquenalmente y verificados anualmente en geometría de tiroides para I-131 en adultos, podrían usarse los siguientes factores aproximados (Bq I-131 geometría / Bq I-131 reportado para adulto) obtenidos en el proyecto MEYER para obtener Bq I-131 en las diferentes geometrías.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Factor adulto = 1 • Factor niño 10 años = 6,73E-01 • Factor niño 5 años = 5,25E-01 • Factor niño 1 año = 5,00E-01
Cálculo Actividad I-131	<p>Para equipos calibrados según protocolo, se pasará la actividad de Ba-133 a I-131 según la relación de rendimientos de emisión (0,71/0,817).</p> <p>Nota: El rendimiento de emisión de la energía de 360 keV del Ba-133 para detectores NaI, que es un pico compuesto, es del 71%, y para la energía de 364.5 keV del I-131 para detectores NaI es del 81.7%.</p> <p>En caso de no poder calibrar según protocolo, se ajustarán las actividades reportadas de I-131 para adulto según los factores aproximados indicados con anterioridad.</p>
Límite de Detección representativo	<p>Los LDs dependen de las condiciones del equipo y del fondo ambiental presente, con lo que pueden existir diferencias considerables entre equipos.</p> <p>No obstante, y a modo de contextualización de las capacidades de medida de esta tipología de equipos, los LDs de I-131 en el proyecto MEYER fueron de 300 Bq o inferiores para geometría de adulto y de 150 Bq para niños de 1 año.</p>
Otras recomendaciones	-

CRC TIPO DIYS**CALIBRACIÓN**

Recomendaciones generales	Se seguirá el protocolo de calibración para equipos espectrométricos establecido en el apartado 3.3 del informe final del proyecto MEYER.
Posicionamiento	Los cuellos se situarán sobre la colchoneta con la fuente enfrentada al detector y se medirá la distancia cuello detector NaI.
Otras recomendaciones	<ul style="list-style-type: none">• El espectro se suavizará con el suavizado FWHM.• El ajuste de ganancia y cero se realizará con los picos de energía de 59.6 keV del Am-241 y de 661.6 keV del Cs-137.• Se utilizará la línea base lineal.• Se realizará un conteo de cada cuello de al menos 30 minutos.• Se registrará el área en cps del fotopico encontrado de 360 keV del Ba-133 en el caso de que sea un único pico compuesto y si fuera doble, el área será la suma de los dos picos parciales, el de 350 keV y el de 380 keV.

MEDIDA DE I-131 EN TIROIDES

Generalidades	Siempre que sea posible, se recomienda la calibración a priori o posteriori de los equipos siguiendo el protocolo de calibración del proyecto MEYER. En caso de no ser posible la realización de una calibración, se considera posible utilizar factores de relación entre geometrías.
Posicionamiento	Los individuos se posicionarán tumbados, con medida estática de tiroides con el detector enfrentado al cuello.
Tiempo Medida	8 minutos
Eficiencia Representativa	<p>No se recomienda el uso discrecional de eficiencias generalizadas, dadas las diferentes condiciones en las que se pueda encontrar el equipo en caso de emergencia respecto a las presentes en este proyecto.</p> <p>No obstante, y dado que estos equipos suelen mantenerse calibrados quinquenalmente y verificados anualmente en geometría de tiroides para I-131 en adultos, podrían usarse los siguientes factores aproximados (Bq I-131 geometría / Bq I-131 reportado para adulto) obtenidos en el proyecto MEYER para obtener Bq I-131 en las diferentes geometrías.</p> <ul style="list-style-type: none">• Factor adulto = 1• Factor niño 10 años = 1,17• Factor niño 5 años = 1,10• Factor niño 1 año = 1,19
Cálculo Actividad I-131	<p>Para equipos calibrados según protocolo, se pasará la actividad de Ba-133 a I-131 según la relación de rendimientos de emisión (0,71/0,817).</p> <p>Nota: El rendimiento de emisión de la energía de 360 keV del Ba-133 para detectores NaI, que es un pico compuesto, es del 71%, y para la energía de 364.5 keV del I-131 para detectores NaI es del 81.7%.</p> <p>En caso de no poder calibrar según protocolo, se ajustarán las actividades reportadas de I-131 para adulto según los factores aproximados indicados con anterioridad.</p>

**CRC TIPO DIYS
(continuación)**

Límite de Detección representativo	<p>Los LDs dependen de las condiciones del equipo y del fondo ambiental presente, con lo que pueden existir diferencias considerables entre equipos.</p> <p>No obstante, y a modo de contextualización de las capacidades de medida de esta tipología de equipos, los LDs de I-131 en el proyecto MEYER fueron menores a 45 Bq en cualquier equipos y geometría.</p>
Otras recomendaciones	-

CAPTADOR	
CALIBRACIÓN	
Recomendaciones generales	Se seguirá el protocolo de calibración para equipos espectrométricos establecido en el apartado 3.3 del informe final del proyecto MEYER.
Posicionamiento	Los cuellos se posicionarán según la sistemática habitual del equipo (distancias variables), registrando la distancia empleada para replicarla en las medidas.
Otras recomendaciones	-
MEDIDA DE I-131 EN TIROIDES	
Generalidades	Se recomienda la calibración a priori o posteriori de los equipos siguiendo el protocolo de calibración del proyecto MEYER. Durante el proyecto MEYER se obtuvieron resultados de dos captadores obteniendo resultados de eficiencia y LDs muy diferenciados, con lo que no se considera factible usar eficiencias o LDs representativos generalizados.
Posicionamiento	Los individuos se posicionarán según la sistemática habitual del equipo (distancias detector-cuello), consistente con las distancias registradas en el proceso de calibración (a priori) o a replicar a posteriori.
Tiempo Medida	5 minutos
Eficiencia Representativa	No se recomienda el uso discrecional de eficiencias generalizadas.
Cálculo Actividad I-131	Para equipos calibrados según protocolo, se pasará la actividad de Ba-133 a I-131 según la relación de rendimientos de emisión (0,71/0,817). Nota: El rendimiento de emisión de la energía de 360 keV del Ba-133 para detectores NaI, que es un pico compuesto, es del 71%, y para la energía de 364.5 keV del I-131 para detectores NaI es del 81.7%.
Límite de Detección representativo	Los LDs dependen de las condiciones del equipo y del fondo ambiental presente, con lo que pueden existir diferencias considerables entre equipos. Durante el proyecto MEYER se obtuvieron resultados de dos captadores obteniendo resultados de LDs muy diferenciados, del orden de 400 Bq para uno de ellos y del orden de 40 Bq para el otro. En ambos casos, los LDs podrían considerarse aceptables para una labor de screening en emergencia.
Otras recomendaciones	-

RADIÁMETROS ESPECTROMÉTRICOS**CALIBRACIÓN**

Recomendaciones generales	Se seguirá el protocolo de calibración para equipos espectrométricos establecido en el apartado 3.3 del informe final del proyecto MEYER.
Posicionamiento	Calibración a 5 cm y 10 cm según protocolo.
Otras recomendaciones	-

MEDIDA DE I-131 EN TIROIDES

Generalidades	<p>Se recomienda la calibración a priori o posteriori de los equipos siguiendo el protocolo de calibración del proyecto MEYER.</p> <p>La variabilidad en eficiencias y LDs en función del tipo y tamaño del detector es considerable, con lo que no se recomienda uso generalizado de eficiencias y LDs representativos.</p> <p>Los radiámetros espectrométricos reportan resultados más fiables y LDs inferiores cuando se usan en modo espectrométrico, con lo que se recomienda su uso en este modo.</p>
Posicionamiento	<p>Se posicionará el detector a una distancia de 5 o 10 cm del individuo según la calibración.</p> <p>Siempre que se obtengan LDs inferiores a 1000 Bq, se considerará la comodidad del individuo en las medidas, y en este caso, el posicionamiento a 10 cm del cuello puede resultar menos intrusivo.</p>
Tiempo Medida	2 minutos (dependerá de la eficiencia del equipo).
Eficiencia Representativa	No se recomienda el uso discrecional de eficiencias generalizadas.
Cálculo Actividad I-131	<p>Para equipos calibrados según protocolo, se pasará la actividad de Ba-133 a I-131 según la relación de rendimientos de emisión (0,71/0,817).</p> <p>Nota: El rendimiento de emisión de la energía de 360 keV del Ba-133 para detectores NaI, que es un pico compuesto, es del 71%, y para la energía de 364.5 keV del I-131 para detectores NaI es del 81.7%.</p>
Límite de Detección representativo	<p>Los LDs dependen de las condiciones del equipo y del fondo ambiental presente, con lo que pueden existir diferencias considerables entre equipos.</p> <p>Durante el proyecto MEYER se obtuvieron resultados de tres equipos espectrométricos, con unos LDs a 10 cm inferiores a 600 Bq y a 5 cm inferiores a 300 Bq.</p>
Otras recomendaciones	-

RADIÁMETROS NO ESPECTROMÉTRICOS

CALIBRACIÓN

Recomendaciones generales	Se seguirá el protocolo de calibración para equipos espectrométricos establecido en el apartado 3.3 del informe final del proyecto MEYER.
Posicionamiento	Calibración a 5 cm y 10 cm según protocolo. Alinear centrado el cuello con el detector.
Otras recomendaciones	

MEDIDA DE I-131 EN TIROIDES

Generalidades	<p>Se recomienda la calibración a priori o posteriori de los equipos siguiendo el protocolo de calibración del proyecto MEYER.</p> <p>La variabilidad en eficiencias en función del tipo y tamaño del detector es considerable, por lo que no se recomienda un uso generalizado de eficiencias ni límites de detección. El comportamiento de los equipos teniendo en cuenta el modelo es muy parecido. En el caso particular de los radiómetros no espectrométricos LAMSE ERIS, presentan un comportamiento muy estable, solo para ese caso se podría utilizar un uso generalizado de eficiencia para cada edad.</p> <p>El resto de equipos es conveniente calibrarlos individualmente.</p> <p>Es recomendable calcular la actividad mínima detectable con la fórmula:</p> $MDA (Bq) = \frac{3 + 4,65 \times \sqrt{Bck}}{Ef \left(\frac{cps}{Bq} \right) \times Tc (s)}$
Posicionamiento	Se posicionará el detector a una distancia de 5 o 10 cm del individuo según la calibración, dependiendo de los límites de detección.
Tiempo Medida	1 minuto
Eficiencia Representativa	No se recomienda el uso discrecional de eficiencias generalizadas, excepto para el LAMSE ERIS.
Cálculo Actividad I-131	<p>Para equipos calibrados según protocolo, se pasará la actividad de Ba-133 a I-131 según la relación de rendimientos de emisión (0,71/0,817).</p> <p>Nota: La intensidad de emisión de la energía de 360 keV del Ba-133 para detectores NaI, que es un pico compuesto, es del 71%, y para la energía de 364.5 keV del I-131 para detectores NaI es del 81.7%.</p>
Límite de Detección representativo	<p>Los LDs dependen de las condiciones del equipo y del fondo ambiental presente, con lo que pueden existir diferencias considerables entre equipos.</p> <p>No se presentaron los resultados de los LD por lo tanto no se puede evaluar.</p>
Otras recomendaciones	-

MONITORES Y SONDAS DE CONTAMINACIÓN**CALIBRACIÓN**


Recomendaciones generales	Se seguirá el protocolo de calibración para equipos <u>NO</u> espectrométricos establecido en el apartado 3.3 del informe final del proyecto MEYER.
Posicionamiento	Calibración a 5 cm y 10 cm según protocolo.
Otras recomendaciones	-

MEDIDA DE I-131 EN TIROIDES

Generalidades	<p>Se recomienda la calibración a priori o posteriori de los equipos siguiendo el protocolo de calibración del proyecto MEYER.</p> <p>La variabilidad en eficiencias y LDs en función del tipo y tamaño de la superficie sensible del detector es considerable, con lo que no se recomienda uso generalizado de eficiencias y LDs representativos.</p> <p>En el proyecto MEYER los monitores de contaminación al uso reportaron mejores resultados de LDs y Bias frente a las sondas de contaminación, con lo que siempre que sea posible, se priorizará su uso frente a las sondas (dada su menor superficie sensible y menores tiempos de integración).</p>
Posicionamiento	<p>Se posicionará el detector a una distancia de 5 o 10 cm del individuo según la calibración.</p> <p>Siempre que se obtengan LDs inferiores a 1000 Bq, se considerará la comodidad del individuo en las medidas, y en este caso, el posicionamiento a 10 cm del cuello puede resultar menos intrusivo.</p>
Tiempo Medida	30 segundos (podrá depender del equipo en cuestión, por ejemplo, en función de la superficie sensible).
Eficiencia Representativa	No se recomienda el uso discrecional de eficiencias generalizadas.
Cálculo Actividad I-131	<p>Para equipos calibrados según protocolo, se pasará la actividad de Ba-133 a I-131 según la relación de rendimientos de emisión (0,71/0,817).</p> <p>Nota: El rendimiento de emisión de la energía de 360 keV del Ba-133 para detectores NaI, que es un pico compuesto, es del 71%, y para la energía de 364.5 keV del I-131 para detectores NaI es del 81.7%.</p>
Límite de Detección representativo	<p>Los LDs dependen de las condiciones del equipo y del fondo ambiental presente, con lo que pueden existir diferencias considerables entre equipos.</p> <p>Para al menos 30 segundos de medida y más de 100 m² de área sensible, los monitores de contaminación analizados en el proyecto MEYER obtuvieron LDs inferiores a 400 Bq a 10 cm, llegando en algunos casos a LDs del orden de los 50 Bq.</p>
Otras recomendaciones	-

GAMMACÁMARAS

CALIBRACIÓN

<p>Maniqués tiroideos y fuentes radiactivas de calibración.</p>	<p>Para la medida de I-131 en tiroides a la población expuesta (niños y adultos) se recomienda la utilización de maniqués de cuello tiroides dependientes de la edad y viales activos simuladores de la glándula tiroidea con volúmenes diferentes en función de la edad (ICRP 89).</p> <p>Se pueden utilizar fuentes radiactivas de I-131 o bien de una mezcla de Ba-133 (~ 90%) y Cs-137 (~ 10%) como simulador del espectro de I-131.</p> <p>En el caso de calibrar con Bario y Cesio, se utilizará la emisión principal del Ba-133 (356 keV, Ie =62,05%) para simular la emisión principal del I-131 (364 keV, Ie = 85,20%).</p>
<p>Geometría de calibración</p> 	<ul style="list-style-type: none"> - Se aconseja retirar el colimador de la gammacámara para aumentar la sensibilidad de detección. - Se establece una ventana centrada en la emisión principal del I-131 (364 keV). Se recomienda un ancho de ventana acorde con los procedimientos internos del servicio de medicina nuclear (~10-12%). - Se recomienda seleccionar un tiempo de medida en función de la estadística de contaje. - Se realizará medida previa del fondo ambiental. - Se colocará el maniquí cuello tiroides en posición horizontal a una determinada distancia "d" del detector superior de la GC. (distancia recomendada "d=10-15 cm").
<p>Cálculo de la eficiencia de detección Ef(I-131) para la medida de I-131 en tiroides.</p>	<p>La eficiencia se calcula como el ratio entre la tasa de cuentas netas (c/s) y la actividad de referencia de la fuente (Bq) multiplicada por un factor de corrección F' (factor de corrección del simulador de I-131) cuyo valor es:</p> <ul style="list-style-type: none"> - F'=1 si la fuente de calibración es I-131. - F'= 0.87 si la fuente de calibración es Ba-133 <p>F' es el ratio entre la intensidad de emisión principal del I-131 (364 keV , Ie=81,2%) y la suma de las intensidades de emisión de los picos de 356 keV Ie=62,03% y 383 keV (8,94%) del Ba-133 debido a que la ventana de la GC seleccionada cubre ambas emisiones</p> $Ef(I-131) \left(\frac{cps}{Bq} \right) = \frac{N^{\circ}cuentas/t(s)(cps)}{Aref(Bq)*F'(Bq)}$

GAMMACÁMARAS
(continuación)

Calcula del límite de detección o AMD	<p>El límite de detección (LD) o la actividad mínima detectable (AMD) dependen de la geometría de medida (distancia detector-tiroides), del tiempo de medida, de la eficiencia de detección y del fondo ambiental. Por ello, pueden existir diferencias considerables entre gammacámaras.</p> <p>Los valores de LD/AMD obtenidos para tiempos de medida cortos (Tc=300 s) y distancias detector-tiroides de 10,15 cm permiten estimar dosis en tiroides muy por debajo del nivel de registro.</p> <p>Para el cálculo de la sensibilidad de medida, se recomienda la expresión definida en la norma ANSI/HPS N13.30</p> $MDA (Bq) = \frac{3 + 4,65 \times \sqrt{Bck}}{Ef \left(\frac{cps}{Bq} \right) \times Tc (s)}$ <p>donde "Bck" son las cuentas de fondo en la ventana definida, "Ef" es la eficiencia de detección calculada para el I-131 y tc es el tiempo de conteo.</p>
Otras consideraciones	

MEDIDA DE I-131 EN TIROIDES en gammacámaras

Geometría de medida	<ul style="list-style-type: none"> - Se retirará el colimador de la gammacámara. - Se establece la ventana utilizada en la calibración (centrada en la emisión principal del I-131). - Se selecciona el ancho de ventana acorde con la calibración. - Antes de medir al individuo se realizará una medida del fondo ambiental - El individuo se posicionará en geometría decúbito supino de acuerdo a la geometría de calibración (distancia y posición del tiroides frente al detector).
Tiempo Medida	Se recomiendan tiempos cortos (p.ej. Tc=300 s)
Eficiencia Representativa	No se recomienda el uso discrecional de eficiencias generalizadas.
Cálculo de la actividad de I-131 (Bq)	<p>La actividad de I-131, se calcula a partir de la siguiente expresión:</p> $A(I - 131)(Bq) = \frac{N^{\circ}cuentas/t(s)(cps)}{Ef(I - 131)(cps/Bq)}$ <p>donde Ef(I-131) es la eficiencia de detección de la GC para el I-131, según se ha definido en el apartado CALIBRACIÓN.</p>
Otras recomendaciones	-

FASTSCAN COUNTER (CANBERRA)

CALIBRACIÓN

<p>Maniqués tiroideos y fuentes radiactivas de calibración.</p>	<p>Para la medida de I-131 en tiroides a la población expuesta (niños y adultos) se recomienda la utilización de maniqués de cuello tiroides dependientes de la edad y viales activos simuladores de la glándula tiroidea con volúmenes diferentes en función de la edad (ICRP 89).</p> <p>Se pueden utilizar fuentes radiactivas de I-131 o bien de una mezcla de Ba-133 (~ 90%) y Cs-137 (~ 10%) como simulador del espectro de I-131.</p> <p>En el caso de calibrar con bario y cesio, se utilizará la emisión principal del Ba-133 (contribución de la emisión de 356 keV, $I_e=62,05\%$ y de 383 keV $I_e=8,94\%$) para simular la emisión principal del I-131 (364 keV, $I_e=85,20\%$).</p>
<p>Geometría de calibración</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Se coloca el maniqué cuello tiroides en posición vertical en soporte de metacrilato (posición cuello y cabeza) en geometría de pie. Se recomienda una distancia $d=12-15$ cm del detector. - Se recomienda seleccionar un tiempo de medida en función de la estadística de contaje.
<p>Cálculo de la eficiencia de detección E_f (I-131) para la medida de I-131 en tiroides.</p>	<p>La eficiencia se calcula como el ratio entre la tasa de cuentas netas (c/s) y la actividad de referencia de la fuente (Bq) multiplicada por un factor de corrección F' (factor de corrección del simulador de I-131) cuyo valor es:</p> <ul style="list-style-type: none"> - $F'=1$ si la fuente de calibración es I-131. - $F'=0,87$ si la fuente de calibración es Ba-133 <p>F' es el ratio entre la suma de las intensidades de emisión de los picos de 356 keV $I_e=62,03\%$ y 383 keV $I_e=8,94\%$, del Ba-133 y la intensidad de emisión principal del I-131 (364 keV , $I_e=81,2\%$)</p> $E_f(I-131) \left(\frac{cps}{Bq} \right) = \frac{N^{\circ}cuentas/t(s)(cps)}{A_{ref}(Bq)*F'(Bq)}$
<p>Cálculo del límite de detección o AMD</p>	<p>El límite de detección (LD) se calcula de acuerdo a la norma ISO 19199 a partir de maniqué cuello tiroides con viales blanco (no activos). El LD depende de la geometría de medida (distancia detector-tiroides), del tiempo de medida, de la eficiencia de detección y del fondo ambiental. También se pueden calcular los límites de detección con personas blanco.</p> <p>Los valores de LD para tiempos cortos ($T_c=300$ s) y a una distancia $d=10-15$ cm no superan el valor de 100 Bq en ningún caso y permiten estimar dosis en tiroides muy por debajo del nivel de registro.</p>
<p>Otras consideraciones</p>	

FASTSCAN COUNTER (CANBERRA)

(continuación)

MEDIDA DE I-131 EN TIROIDES (FASTSCAN)

Geometría de medida	<ul style="list-style-type: none">- La persona se medirá en la misma geometría que la utilizada para calibrar el equipo (geometría de pie).- Previamente a la medida del individuo se realizará un control de calidad para el chequeo de las calibraciones y el fondo ambiental.
Tiempo Medida	Se recomiendan tiempos cortos de medida (p.ej. Tc=300 s)
Eficiencia Representativa	No se recomienda usar otra eficiencia que no sea la de la última calibración del equipo para la medida de radioyodo en tiroides en emergencias. (eficiencia oficial)
Cálculo de la actividad de I-131 (Bq)	<p>La actividad de I-131, se calcula a partir de la siguiente expresión:</p> $A(I - 131)(Bq) = \frac{N^{\circ}cuentas/t(s)(cps)}{Ef(I - 131)(cps/Bq)}$ <p>donde Ef(I-131) es la eficiencia de detección de la GC para el I-131, según se ha definido en el apartado CALIBRACIÓN.</p>
Otras recomendaciones	-


DETECTOR DE GERMANIO BEGe (CANBERRA)

CALIBRACIÓN

<p>Maniqués tiroideos y fuentes radiactivas de calibración.</p>	<p>Para la medida de I-131 en tiroides a la población expuesta (niños y adultos) se recomienda la utilización de maniqués de cuello tiroides dependientes de la edad y viales activos simuladores de la glándula tiroidea con volúmenes diferentes en función de la edad (ICRP 89).</p> <p>Se pueden utilizar fuentes radiactivas de I-131 o bien de una mezcla de Ba-133 (~ 90%) y Cs-137 (~ 10%) como simulador del espectro de I-131.</p> <p>En el caso de calibrar con bario y cesio, se utilizará la emisión principal del Ba-133 (356 keV, Ie =62,05%) para simular la emisión principal del I-131 (364 keV, Ie = 85,20%).</p>
<p>Geometría de calibración</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Se coloca el maniquí cuello tiroides en posición horizontal - Se recomienda una distancia corta (entre 5 y 15 cm) detector-tiroides. - Se recomienda seleccionar un tiempo de medida en función de la estadística de contaje.
<p>Cálculo de la eficiencia de detección Ef(I-131) para la medida de I-131 en tiroides.</p>	<p>La eficiencia se calcula como el ratio entre la tasa de cuentas netas (c/s) y la actividad de referencia de la fuente (Bq) multiplicada por un factor de corrección F' (factor de corrección del simulador de I-131) cuyo valor es:</p> <ul style="list-style-type: none"> - F'=1 si la fuente de calibración es I-131. - F'= 0.76 si la fuente de calibración es Ba-133 donde en este caso F' se calcula como el ratio la intensidad de emisión del pico de 356 keV Ie=62,03% del Ba-133 y entre la intensidad de emisión principal del I-131 (364 keV , Ie=81,2%) $Ef (I - 131) \left(\frac{cps}{Bq} \right) = \frac{N^{\circ}cuentas/t(s)(cps)}{Aref(Bq)*F'(Bq)}$
<p>Cálculo del límite de detección o AMD</p>	<p>El límite de detección (LD) se calcula de acuerdo a la norma ISO 19199 a partir de maniquí cuello tiroides con viales blanco (no activos). El LD depende de la geometría de medida (distancia detector-tiroides), del tiempo de medida, de la eficiencia de detección y del fondo ambiental. También se pueden calcular los límites de detección con personas blanco.</p> <p>Los valores de LD para tiempos cortos (Tc= 600 s) y a una distancia d=5-15 cm no superan el valor de 30 Bq en ningún caso y permiten estimar dosis en tiroides muy por debajo del nivel de registro.</p>
<p>Otras consideraciones</p>	

DETECTOR DE GERMANIO BEGe (CANBERRA)
(continuación)

MEDIDA DE I-131 EN TIROIDES (FASTSCAN)

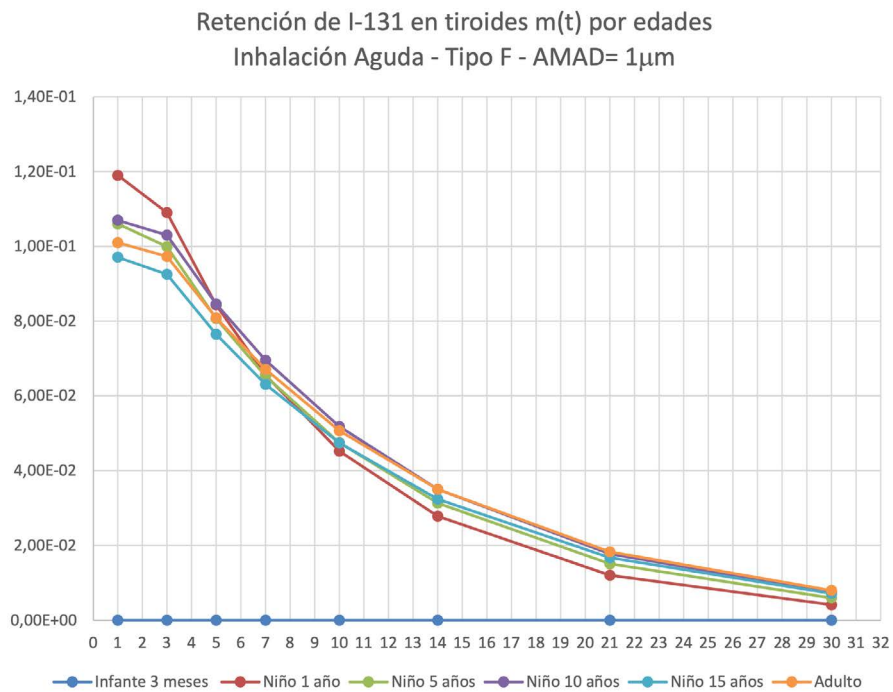
<p>Geometría de medida</p> 	<ul style="list-style-type: none"> - La persona se medirá en la misma geometría que la utilizada para calibrar el equipo (geometría de pie). - Previamente a la medida del individuo se realizará un control de calidad para el chequeo de las calibraciones y el fondo ambiental.
<p>Tiempo Medida</p>	<p>Se recomiendan tiempos cortos de medida (p.ej. Tc=600 s)</p>
<p>Eficiencia Representativa</p>	<p>No se recomienda usar otra eficiencia que no sea la de la última calibración del equipo para la medida de radioyodo en tiroides en emergencias. (eficiencia oficial)</p>
<p>Cálculo de la actividad de I-131 (Bq)</p>	<p>La actividad de I-131, se calcula a partir de la siguiente expresión:</p> $A(I - 131)(Bq) = \frac{N^{\circ}cuentas/t(s)(cps)}{Ef(I - 131)(cps/Bq)}$ <p>donde Ef(I-131) es la eficiencia de detección de la GC para el I-131, según se ha definido en el apartado CALIBRACIÓN.</p>
<p>Otras recomendaciones</p>	<p>-</p>

ESTIMACIÓN DOSIMÉTRICA

Escenario de exposición interna: Inhalación aguda de I-131 tipo F AMAD= 1 µm

t(días) post Incorporación	Infante 3 meses	Niño 1 año	Niño 5 años	Niño 10 años	Niño 15 años	Adulto
1	1.57E-06	1.19E-01	1.06E-01	1.07E-01	9.71E-02	1.01E-01
3	1.39E-06	1.09E-01	9.99E-02	1.03E-01	9.25E-02	9.73E-02
5	1.04E-06	8.43E-02	8.07E-02	8.46E-02	7.65E-02	8.09E-02
7	7.80E-07	6.55E-02	6.53E-02	6.95E-02	6.31E-02	6.71E-02
10	5.12E-07	4.52E-02	4.75E-02	5.18E-02	4.74E-02	5.07E-02
14	2.96E-07	2.78E-02	3.13E-02	3.50E-02	3.24E-02	3.50E-02
21	1.16E-07	1.20E-02	1.51E-02	1.77E-02	1.67E-02	1.83E-02
30	3.55E-08	4.14E-03	5.97E-03	7.43E-03	7.13E-03	7.98E-03

Tabla 137 - Fracciones de retención de I-131 en tiroides m(t) por edades



Edad	Coefficiente de dosis e(50) Sv/Bq
3 meses	5.87 -08
1 año	6.20E-08
5 años	3.31E-08
10 años	1.59E-08
15 años	9.71E-09
Adulto	6.87E-09

Tabla 138 - Coeficientes de dosis efectiva comprometida

Para la estimación dosimétrica se considera un escenario de exposición interna de inhalación aguda de I-131 tipo F AMAD= 1 μ m

La incorporación I(Bq) y la dosis efectiva comprometida E(50) Sv se estimarán a partir de la medida de actividad retenida en tiroides M(Bq) como sigue:

$$\text{Incorporación I (Bq)} = \text{M(Bq)} / \text{m(t)}$$

donde m(t) es la fracción de retención (tabla 137) dependiendo de la edad del individuo contaminado para un tiempo t (días) posterior a la incorporación

$$\text{Dosis Efectiva Comprometida E(50)} = \text{I(Bq)} \times \text{e(50) Sv Bq}$$

donde e(50) es el coeficiente de dosis dependiente de la edad (Tabla 138)

EJEMPLO:

Medida de actividad en tiroides M= 1000 Bq I-131

Niño de 5 años

Medida realizada t= 5 días después de la incorporación

Fracción de retención m(5 días) = 8.07E-02 (Tabla 137)

Incorporación I(Bq)= M(Bq) / m(5 días)= 1000 Bq / 8.07E-2= 1.24E+4 Bq I-131

Coefficiente de dosis e(50) Niño de 5 años= 3.31E-8 Sv/Bq (Tabla 138)

Dosis Efectiva Comprometida E(50)= I(Bq)x e(50) Sv/Bq= 1.24E+4 Bq x 3.31E-8 Sv/Bq= **0.4 mSv**

MEDIDAS DE I-131 EN TIROIDES QUE DAN LUGAR A UNA DOSIS E(50)= 1 mSv

$$\text{M' (Bq)} = \text{E(50) Sv} \times \text{m(t)} / \text{e(50) Sv/Bq}$$

t(días) post Incorporación	M' (Bq) Niño 1 año	M' (Bq) Niño 5 años	M' (Bq) Niño 10 años	M' (Bq) Niño 15 años	M' (Bq) Adulto
1	1919	3202	6745	9998	14708
3	1757	3017	6493	9524	14170
5	1359	2437	5333	7877	11781
7	1056	1972	4381	6497	9772
10	729	1435	3265	4880	7383
14	448	945	2206	3336	5097
21	193	456	1116	1719	2665
30	67	180	468	734	1162

Tabla 139 – Actividad medida de I-131 en tiroides que dan lugar a una dosis $E(50)=1\text{ mSv}$

V.- Conclusiones

El proyecto MEYER ha permitido la calibración de una gran variedad de equipos para la medida de I-131 en tiroides de individuos de distintos grupos de edad, potencialmente contaminados durante una situación de emergencia radiológica o nuclear. Para dicha calibración se han utilizado maniqués tipo cuello monolobulares de distintos tamaños, con viales simuladores de la glándula tiroidea de niños de 1, 5 y 10 años, y del hombre adulto, conteniendo fuentes líquidas de Ba-133 y Cs-137 (con energías similares a las emisiones gamma del I-131) de actividad (Bq) conocida.

Un protocolo de calibración se elaboró en la fase 1 del proyecto (utilizado por las entidades colaboradoras del proyecto), que resultó adecuado también en la fase 2 (con entidades invitadas), para el cálculo de la eficiencia de detección de los equipos, para varias distancias detector-tiroides, y varias geometrías de contaje. En la fase 2 se realizó un ejercicio de validación de la calibración realizada, en las instalaciones de las entidades invitadas, de distintos puntos geográficos del país, entre los que se encuentran UTPRs, hospitales, el CSN y otros.

Durante el proyecto se ha realizado también un estudio del límite de detección de la instrumentación utilizada y un inventario de los equipos que han participado en las medidas.

El objetivo es identificar los equipos espectrométricos, no espectrométricos y gammacámaras que pueden utilizarse en caso de emergencia para un cribado rápido de personas que han podido incorporar I-131 al organismo.

Los equipos que claramente son adecuados para la medida de I-131 en tiroides son los equipos de CRC de los servicios de dosimetría interna autorizados (QUICKY, DIYS, FASTSCAN, BE Ge) y las gammacámaras de hospitales, así como los captadores tiroideos. En el caso de equipos portátiles, diversos modelos de monitores de radiación espectrométricos y no espectrométricos y monitores de contaminación han demostrado su capacidad para un cribado rápido en caso de emergencia en las condiciones de esta investigación.






En general y para la mayoría de equipos (equipos espectrométricos, gammacámaras y monitores de contaminación), los valores de eficiencia disminuyen a medida que aumenta la edad. Este efecto es más acusado cuando la distancia detector-maniqué es corta ($d=5\text{cm}$).

Si la geometría de contaje y la sensibilidad de detección lo permiten, se elegirán tiempos cortos de medida y una distancia de 10 cm que significa tener una menor dependencia de la eficiencia de detección con la edad del individuo contaminado.

Se ha elaborado un protocolo de calibración, medida y cálculo de dosis para actuación en caso de contaminación interna por iodo radiactivo.

La formación y entrenamiento de los primeros respondedores de la emergencia tiene que corresponderse adecuadamente y con conocimiento con los criterios en la toma de decisiones del cribado.

VI.- ANEXO I – Inventario de equipos

FASE MEYER	ENTIDAD PARTICIPANTE	IMAGEN	TIPO DE DETECTOR	MARCA / MODELO	DIMENSIONES Y RANGOS DE ENERGÍA	COMENTARIOS
Fase 1	CIEMAT		MONITOR DE CONTAMINACIÓN	BERTHOLD LB 124	Área:150 cm ² Detector 100x150mm Equipo 240x140x110	Contador proporcional relleno de gas Xenón. Medida de emisores beta-gamma en cps o Bq/cm ² .
Fase 1	CIEMAT		ESPECTRÓMETRO Broad Energy Germanium (BEGe)	Canberra	Área: 6500 mm ² ; Diámetro: 91.2 mm. Rango energías: 10 keV a 2 MeV	Medida I-131 en tiroides en geometría de silla reclinada. Distancia detector-tiroides 15 cm.
Fase 1	CIEMAT		CONTADOR DE RADIATIVIDAD CORPORAL (CRC) Fastscan	Canberra	2 detectores. Dimensiones: 4"x4"x16" Rango energías: 10 keV a 2 MeV	Medida I-131 en tiroides, en geometría de pie. Distancia tiroides detector 12 cm.
Fase 1	HOSPITAL DE LA SANTA CREU I SANT PAU		MONITOR DE CONTAMINACIÓN Centelleo: ZnS(Ag) + Geiger-Müller	Berthold LB 124 ScintD	Equipo 240x140x110 Detector ZnS: 118x145mm Área:170 cm ² De 50 KeV a 1,3 MeV	Emisiones α , β y γ . Rango de medida: α : 0 a 5000 cps; β y γ : 0 a 50000 cps
Fase 1	HOSPITAL DE LA SANTA CREU I SANT PAU		GAMMACÁMARA Centelleo NaI	PHILIPS / Brightview XCT	Grosor: 9.5 mm FOV: 53.9 x 40.6 cm / De 56 KeV a 0.92 MeV	Cada detector/cabezal dispone de 59 tubos fotomultiplicadores, dispuestos en una matriz hexagonal. Colimador LEHR (Low Energy High Resolution), MEGP (Medium Energy General Purpose), HEGP(High Energy General Purpose), PINHOLE

FASE MEYER	ENTIDAD PARTICIPANTE	IMAGEN	TIPO DE DETECTOR	MARCA / MODELO	DIMENSIONES Y RANGOS DE ENERGÍA	COMENTARIOS
Fase 1	HOSPITAL DE LA SANTA CREU I SANT PAU		CAPTADOR TIROIDEO Centelleo NaI	CAPINTEC / CAPTUS 2000	5.1 x 5.1 cm De 10 KeV a 2 MeV	Espectrómetro gamma. Se prefiere un tiempo de medida y se realiza una adquisición de cuentas. Se tiene que seleccionar (antes o después de la adquisición), una región de interés alrededor del fotopico que se desea medir.
Fase 1	HOSPITAL DE LA SANTA CREU I SANT PAU		GAMMACÁMARA Centelleo NaI	SIEMENS / Symbia Intevo Bold	Grosor: 9.5 mm FOV: 53.3 x 38.7 cm / 35 KeV a 588 KeV	Cada detector/cabezal dispone de 59 tubos fotomultiplicadores, dispuestos en una matriz hexagonal. Colimador LEHR (Low Energy High Resolution), MEGP (Medium Energy General Purpose), HEGP(High Energy General Purpose), PINHOLE
Fase 1	HOSPITAL UNIVERSITARI LA FE		GAMMACÁMARA SPECT/CT	PHILIPS / Brightview XCT BV1	40,6 x 53,9 cm ² De 0 y 920 KeV	Para su uso con I-131 se emplearía el colimador de HEGP (high energy, general purpose)
Fase 1	HOSPITAL UNIVERSITARI LA FE		GAMMACÁMARA SPECT/CT	PHILIPS / Brightview XCT BV2	40,6 x 53,9 cm ² De 0 y 920 KeV	Para su uso con I-131 se emplearía el colimador de HEGP (high energy, general purpose)
Fase 1	HOSPITAL UNIVERSITARI LA FE		DETECTOR DE CENTELLEO	CAMBERRA modelo 802	51x51 mm. (Tamaño del cristal). De 20KeV a 3 MeV	El detector de centelleo modelo 802 es un conjunto herméticamente sellado que incluye un cristal de NaI (TI) de alta resolución, un tubo fotomultiplicador, un escudo magnético / de luz interno, una carcasa de aluminio y un conector de 14 pines.



FASE MEYER	ENTIDAD PARTICIPANTE	IMAGEN	TIPO DE DETECTOR	MARCA / MODELO	DIMENSIONES Y RANGOS DE ENERGÍA	COMENTARIOS
Fase 1	TECNATOM		CONTADOR DE RADIATIVIDAD CORPORAL (CRC) Centelleo NaI(Tl)	HSS Tipo DIYS	203 mm (diámetro) x 102 mm Rayos X y gamma: 50 keV- 2 MeV	Electrónica asociada compuesta por fuente de alta tensión, preamplificador, Módulo ADV, ME9A19-HSS y FA9A19-HSS. Sin colimador. Distancia detector-fuente de 24 cm para reproducir geometría de calibración.
Fase 1	TECNATOM		CONTADOR DE RADIATIVIDAD CORPORAL (CRC) Centelleo NaI(Tl)	HSS Tipo Quicky	203 mm (diámetro) x 102 mm Rayos X y gamma: 50 keV- 2 MeV	Electrónica asociada compuesta por fuente de alta tensión, preamplificador, Módulo ADV, ME9A19-HSS y FA9A19-HSS. Sin colimador. Distancia detector-fuente de 30 cm para respetar geometría de calibración
Fase 1	UNIVERSIDAD ISLAS BALEARES		RADIÁMETRO CON Sonda CONTAMINACIÓN Geiger Müller	LAMSE CT15 acoplada a LAMSE / MS6020-R	Superficie 15 cm ² Longitud: 14 cm / Diámetro: 6.5 cm.	Contador, lectura en cps (Máx. 10000 cps). Ventana Mica 1.5 a 2 mg/cm ² .
Fase 1	UNIVERSIDAD VALENCIA		ESPECTRÓMETRO Detector GeHp	ORTEC-MODELO GEM 201900P	Diámetro 56 mm, Longitud 47 mm, Distancia cristal capucha 3 mm, Capa de aluminio 1,27 mm Rango energía: 60 keV a 4 MeV.	Detector semiconductor.
Fase 1	UNIVERSIDAD VALENCIA		ESPECTRÓMETRO Centelleo NaI(Tl)	Canberra 51B51/2M	185 mm x 58.8 mm. Rango energía: 50 keV a 4 MeV	Detector de centelleo.






FASE MEYER	ENTIDAD PARTICIPANTE	IMAGEN	TIPO DE DETECTOR	MARCA / MODELO	DIMENSIONES Y RANGOS DE ENERGÍA	COMENTARIOS
Fase 1	UNIVERSIDAD PAIS VASCO (UPV)		MONITOR DE RADIACIÓN Cámara de ionización	CANBERRA/ BABYLINE 81	11,5 cm x 29 cm x 23,6 cm (WxDxH)). 1650 g. Rango energía: 8 keV - 10 MeV	Dosis absorbida en tejido humano de 7 mg/cm ² o 300 mg/cm ²
Fase 1	UNIVERSIDAD PAIS VASCO (UPV)		MONITOR DE RADIACIÓN Cámara de ionización	FLUKE/451P-DE-SI-RYR	10 cm x 20 cm x 15 cm (WxDxH)). 1070g. Gamma > 25 keV Beta > 1 MeV	Medida de dosis equivalente ambiental H*(10)
Fase 1	UNIVERSIDAD PAIS VASCO (UPV)		ESPECTRÓMETRO Centelleo LaBr3(Ce)	MIRION+Saint Gobain/ LaBr3(Ce)	3,81 cm (diámetro) x3,81 cm (largo) Rango energía: 50 keV a 2,8 MeV	Detector de centelleo.
Fase 2	ACPRO		MONITOR DE CONTAMINACIÓN Contador proporcional	Berthold LB 122	23 x 14 x 13 cm Rango de energía: 70 keV a más de 400 keV	Contador proporcional de gas xenón.
Fase 2	ACPRO		ESPECTRÓMETRO Centelleo NaI	Bicron 802-3	Altura 24 cm, diámetro 5,5 cm. Rango de energía: Hasta 1700 keV	El detector está acoplado a un conjunto fotomultiplicador marca CANBERRA modelo 2007-P y su cadena espectrométrica con amplificador de marca CANBERRA modelo UniSpec






FASE MEYER	ENTIDAD PARTICIPANTE	IMAGEN	TIPO DE DETECTOR	MARCA / MODELO	DIMENSIONES Y RANGOS DE ENERGÍA	COMENTARIOS
Fase 2	CENTRAL NUCLEAR ALMARAZ		CONTADOR DE RADIATIVIDAD CORPORAL (CRC) Centelleo NaI(Tl)	HSS Tipo Quicky	102 mm x 102 mm x 76 mm. Rango de energía: 50 keV a 2 MeV	Electrónica asociada compuesta por fuente de alta tensión, preamplificador, Módulo ADV, ME9A19-HSS y FA9A19-HSS. Sin colimador.
Fase 2	CENTRAL NUCLEAR ASCÓ		CONTADOR DE RADIATIVIDAD CORPORAL (CRC) Centelleo NaI(Tl)	HSS Tipo DIYS	203 mm (diámetro) x 102 mm Rango de energía: 50 keV a 2 MeV	Electrónica asociada compuesta por fuente de alta tensión, preamplificador, Módulo ADV, ME9A19-HSS y FA9A19-HSS. Sin colimador.
Fase 2	CENTRAL NUCLEAR ASCÓ		CONTADOR DE RADIATIVIDAD CORPORAL (CRC) Centelleo NaI(Tl)	HSS Tipo Quicky	203 mm (diámetro) x 102 mm Rango de energía: 50 keV a 2 MeV	Electrónica asociada compuesta por fuente de alta tensión, preamplificador, Módulo ADV, ME9A19-HSS y FA9A19-HSS. Sin colimador.
Fase 2	CENTRAL NUCLEAR COFRENTES		CONTADOR DE RADIATIVIDAD CORPORAL (CRC) Centelleo NaI(Tl)	HSS Tipo Quicky	Rango de energía: 50 keV a 2 MeV	Electrónica asociada compuesta por fuente de alta tensión, preamplificador, Módulo ADV, ME9A19-HSS y FA9A19-HSS. Sin colimador.
Fase 2	SEDE CSN – EMERGENCIAS		MONITOR DE RADIACIÓN	THERMO EBERLINE/FH40	195 x 73 x 42 mm Rango de energía: 33 keV a 3 MeV	Tiempo de medida hasta 3 µSv/h: 60 seg. Hasta 10 µSv/h: 30 seg. Para más de 10 µSv/h: 3 seg




FASE MEYER	ENTIDAD PARTICIPANTE	IMAGEN	TIPO DE DETECTOR	MARCA / MODELO	DIMENSIONES Y RANGOS DE ENERGÍA	COMENTARIOS
Fase 2	SEDE CSN – EMERGENCIAS		RADIÁMETRO CON Sonda CONTAMINACIÓN	Sonda SABG-100 acoplada a MIRION/RDS-31	Sonda: 100 cm ² Monitor:100x67x33mm Rango de energía: 48 keV – 3MeV	El equipo cuenta con software propio de análisis en CSW-31 y software de configuración USB-RF Link-31. Los datos se almacenan en formato XML.
Fase 2	SEDE CSN – EMERGENCIAS		ESPECTRÓMETRO	MIRION TECHNOLOGIES/SPIR-Ace	212x154x63,5 mm Rango de energía: 48 keV – 3MeV	El equipo cuenta con un software propio para análisis de espectros y los envía en formato estándar fichero .SPE. El equipo SPIR-Ace del CSN no dispone de detector de neutrones.
Fase 2	CENTRAL NUCLEAR GAROÑA		CONTADOR DE RADIATIVIDAD CORPORAL (CRC) Centelleo NaI(Tl)	HSS Tipo Quicky	102 mm x 102 mm x 76 mm. Rango de energía: 50 keV a 2 MeV	Electrónica asociada compuesta por fuente de alta tensión, preamplificador, Módulo ADV, ME9A19-HSS y FA9A19-HSS. Sin colimador.
Fase 2	GENERALITAT DE CATALUNYA		CONTADOR DE RADIATIVIDAD CORPORAL (CRC) Centelleo NaI(Tl)	HSS Tipo DIYS	76 mm de espesor y 10404 mm ² de área activa. De 0,1 a 2,5 MeV	Mide emisiones gamma. - Móvil todo el cuerpo: barrido sobre el cuerpo entero desplazando l carro móvil. - Estacionaria tiroides: Detector colocado sobre la glándula tiroidea.
Fase 2	HOSPITAL U. INFANTA CRISTINA (BADAJOS)		GAMMACÁMARA Centelleo	GE NM/CT 870 DR	9,5 mm (anchura del cristal) Rango de energía: 40 - 620 keV	Detector de centelleo

FASE MEYER	ENTIDAD PARTICIPANTE	IMAGEN	TIPO DE DETECTOR	MARCA / MODELO	DIMENSIONES Y RANGOS DE ENERGÍA	COMENTARIOS
Fase 2	HOSPITAL UNIVERSITARIO DE BURGOS		CAPTADOR TIROIDEO	Atomlab 950	Diámetro 50.8mm Rango de energía: 32 a 3000 keV	Detector a 18 y 23 cm del maniquí/cuello.
Fase 2	HOSPITAL UNIVERSITARIO DE BURGOS		GAMMACÁMARA	Siemens Symbia T16	591x445 (mm) Rango de energía: 35 a 588 keV	De acuerdo a protocolo, se quitará el colimador y se colocará el maniquí sobre la camilla, posicionando el detector a 10 y 15 cm del maniquí. Se realizará una medida de fondo de 300s sin maniquí y otra medida con el maniquí al que se le restará el fondo.
Fase 2	HOSPITAL UNIVERSITARIO DE BURGOS		MONITOR DE CONTAMINACIÓN	Berthold LB124B	Equipo 240x140x110 Detector 100x150 Rango de energía: De 50 a 1300 keV	El equipo es un detector Geiger que mide radiación gamma y beta. Se selecciona el modo de medida "Gross" para obtener la lectura en cps y se toma una lectura de fondo de 60 segundos. Posteriormente se realizarán varias lecturas de 60 segundos con el maniquí según protocolo.
Fase 2	HOSPITAL UNIVERSITARIO DE LA PRINCESA		GAMMACÁMARA SPECT-CT (NaI)	General Electric NM/CT 870 DR	54 x 40 cm ² 364 keV con ventana del 20% (+-10%)	La gammacámara detecta emisiones gamma, generando imágenes funcionales a partir de las emisiones del paciente. Sin colimador de acuerdo al protocolo remitido. Se sitúa el maniquí a 10 cm del detector.
Fase 2	PROINSA		MONITOR DE CONTAMINACIÓN	BERTHOLD/LB124 SCINT 300	Área: 345 cm ² 260x178x150 mm Rango de energía: 15 keV - 10 MeV	El detector es de centelleo de ZnS(Ag). Mide contaminación superficial de alfa y beta/gamma

FASE MEYER	ENTIDAD PARTICIPANTE	IMAGEN	TIPO DE DETECTOR	MARCA / MODELO	DIMENSIONES Y RANGOS DE ENERGÍA	COMENTARIOS
Fase 2	PROINSA		MONITOR DE CONTAMINACIÓN	BERTHOLD/LB124 SCINT D	Área: 170 cm ² 240x140x110 mm Rango de energía: 15 keV - 10 MeV	El detector es de centelleo de ZnS(Ag). Mide contaminación superficial de alfa y beta/gamma
Fase 2	PROINSA		MONITOR DE RADIACIÓN	Thermo/ RADEYE GN	96 mm x 61 mm x 31 mm Rango de energía: 30 keV - 1,3 MeV	Detector de centelleo con Li-6
Fase 2	CENTRAL NUCLEAR TRILLO		CONTADOR DE RADIATIVIDAD CORPORAL (CRC) Centelleo NaI(Tl)	HSS Tipo Quicky	102 mm x 102 mm x 76 mm. Rango de energía: 50 KeV a 2 MeV	Electrónica asociada compuesta por fuente de alta tensión, preamplificador, Módulo ADV, ME9A19-HSS y FA9A19-HSS. Sin colimador.
Fase 2	UNIDAD MILITAR DE EMERGENCIAS (U.M.E.)		MONITOR DE RADIACIÓN Proporcional	LAMSE/ MS6020RM Nº serie: 19143	21.2 X 11.9 X 7.5 CM	MAX: 50000 CPS Actividad alfa mínima detectable mayor a 0.04Bq/cm ² Actividad beta mínima detectable mayor a 0.4Bq/cm ²
Fase 2	UNIDAD MILITAR DE EMERGENCIAS (U.M.E.)		MONITOR DE RADIACIÓN Proporcional	LAMSE/ MS6020RM Nº serie: 19157	21.2 X 11.9 X 7.5 CM	MAX: 50000 CPS Actividad alfa mínima detectable mayor a 0.04Bq/cm ² Actividad beta mínima detectable mayor a 0.4Bq/cm ²

FASE MEYER	ENTIDAD PARTICIPANTE	IMAGEN	TIPO DE DETECTOR	MARCA / MODELO	DIMENSIONES Y RANGOS DE ENERGÍA	COMENTARIOS
Fase 2	UNIDAD MILITAR DE EMERGENCIAS (U.M.E.)		MONITOR DE RADIACIÓN Proporcional	LAMSE/ MS6020RM Nº serie: 19159	21.2 X 11.9 X 7.5 CM	MAX: 50000 CPS Actividad alfa mínima detectable mayor a 0.04Bq/cm ² Actividad beta mínima detectable mayor a 0.4Bq/cm ²
Fase 2	UNIDAD MILITAR DE EMERGENCIAS (U.M.E.)		MONITOR DE RADIACIÓN Proporcional	LAMSE/ MS6020RM Nº serie: 19169	21.2 X 11.9 X 7.5 CM	MAX: 50000 CPS Actividad alfa mínima detectable mayor a 0.04Bq/cm ² Actividad beta mínima detectable mayor a 0.4Bq/cm ²
Fase 2	UNIDAD MILITAR DE EMERGENCIAS (U.M.E.)		MONITOR DE RADIACIÓN Proporcional	LAMSE/ MS6020RM Nº serie: 19170	21.2 X 11.9 X 7.5 CM	MAX: 50000 CPS Actividad alfa mínima detectable mayor a 0.04Bq/cm ² Actividad beta mínima detectable mayor a 0.4Bq/cm ²
Fase 2	UNIDAD MILITAR DE EMERGENCIAS (U.M.E.)		MONITOR DE RADIACIÓN Proporcional	LAMSE/ MS6020RM Nº serie: 19171	21.2 X 11.9 X 7.5 CM	MAX: 50000 CPS Actividad alfa mínima detectable mayor a 0.04Bq/cm ² Actividad beta mínima detectable mayor a 0.4Bq/cm ²
Fase 2	UNIDAD MILITAR DE EMERGENCIAS (U.M.E.)		MONITOR DE RADIACIÓN Proporcional	LAMSE/ MS6020RM Nº serie: 19173	21.2 X 11.9 X 7.5 CM	MAX: 50000 CPS Actividad alfa mínima detectable mayor a 0.04Bq/cm ² Actividad beta mínima detectable mayor a 0.4Bq/cm ²

FASE MEYER	ENTIDAD PARTICIPANTE	IMAGEN	TIPO DE DETECTOR	MARCA / MODELO	DIMENSIONES Y RANGOS DE ENERGÍA	COMENTARIOS
Fase 2	UNIDAD MILITAR DE EMERGENCIAS (U.M.E.)		MONITOR DE RADIACIÓN Proporcional	LAMSE/ MS6020RM Nº serie: 19179	21.2 X 11.9 X 7.5 CM	MAX: 50000 CPS Actividad alfa mínima detectable mayor a 0.04Bq/cm ² Actividad beta mínima detectable mayor a 0.4Bq/cm ²
Fase 2	UNIDAD MILITAR DE EMERGENCIAS (U.M.E.)		MONITOR DE RADIACIÓN Proporcional	LAMSE/ MS6020RM Nº serie: 19184	21.2 X 11.9 X 7.5 CM	MAX: 50000 CPS Actividad alfa mínima detectable mayor a 0.04Bq/cm ² Actividad beta mínima detectable mayor a 0.4Bq/cm ²
Fase 2	UNIDAD MILITAR DE EMERGENCIAS (U.M.E.)		MONITOR DE RADIACIÓN Geiger-Müller compensado en energía	LAMSE ERIS2-M/G Nº serie: 53315	11.7 x 7.2 x 2.5 cm Rango de energía: Desde 35 KeV	
Fase 2	UNIDAD MILITAR DE EMERGENCIAS (U.M.E.)		MONITOR DE RADIACIÓN Geiger-Müller compensado en energía	LAMSE ERIS2-M/G Nº serie: 53316	11.7 x 7.2 x 2.5 cm Rango de energía: Desde 35 KeV	
Fase 2	UNIDAD MILITAR DE EMERGENCIAS (U.M.E.)		MONITOR DE RADIACIÓN Geiger-Müller compensado en energía	LAMSE ERIS2-M/G Nº serie: 53317	11.7 x 7.2 x 2.5 cm Rango de energía: Desde 35 KeV	

FASE MEYER	ENTIDAD PARTICIPANTE	IMAGEN	TIPO DE DETECTOR	MARCA / MODELO	DIMENSIONES Y RANGOS DE ENERGÍA	COMENTARIOS
Fase 2	UNIDAD MILITAR DE EMERGENCIAS (U.M.E.)		MONITOR DE RADIACIÓN Geiger-Müller compensado en energía	LAMSE ERIS2-M/G Nº serie: 53318	11.7 x 7.2 x 2.5 cm Rango de energía: Desde 35 keV	
Fase 2	UNIDAD MILITAR DE EMERGENCIAS (U.M.E.)		ESPECTRÓMETRO – MONITOR DE RADIACIÓN	POLIMASTER 1401K SN/12965 Equipo nº: 1401K3140001	14 X 8 X 3.8 CM	Protocolo realizado como no espectrométrico.
Fase 2	UNIDAD MILITAR DE EMERGENCIAS (U.M.E.)		ESPECTRÓMETRO – MONITOR DE RADIACIÓN	POLIMASTER 1401K SN/12965 Equipo nº: 1401K3140002	14 X 8 X 3.8 CM	Protocolo realizado como no espectrométrico.
Fase 2	UNIDAD MILITAR DE EMERGENCIAS (U.M.E.)		SONDA DE CONTAMINACIÓN	BRUKER SVG2 SN/2030	28 X 12.5 X 13.5 cm. Rango de energía: 70 KeV-3 MeV.	SONDA CPT 170 SN/22762900005
Fase 2	CENTRAL NUCLEAR VANDELLÓS II		CONTADOR DE RADIATIVIDAD CORPORAL (CRC) Centelleo NaI(Tl)	HSS Tipo DIYS	203 mm (diámetro) x 102 mm Rango de energía: 50 keV- 2 MeV	Electrónica asociada compuesta por fuente de alta tensión, preamplificador, Módulo ADV, ME9A19-HSS y FA9A19-HSS. Sin colimador.

FASE MEYER	ENTIDAD PARTICIPANTE	IMAGEN	TIPO DE DETECTOR	MARCA / MODELO	DIMENSIONES Y RANGOS DE ENERGÍA	COMENTARIOS
Fase 2	CENTRAL NUCLEAR VANDELLÓS II		CONTADOR DE RADIATIVIDAD CORPORAL (CRC) Centelleo NaI(Tl)	HSS Tipo Quicky	102 mm x 102 mm x 76 mm. Rango de energía: 50 KeV a 2 MeV	Electrónica asociada compuesta por fuente de alta tensión, preamplificador, Módulo ADV, ME9A19-HSS y FA9A19-HSS. Sin colimador.
Fase 2	HOSPITAL UNIVERSITARIO LA PAZ (MADRID)		GAMMACÁMARA SPECT (NaI)	General Electric / NM-CT 870 (n. s. DE6588186)	Detectores de NaI de 3/8" FoV: 54 cm x 40 cm. 365 keV +- 10%	Se utiliza un protocolo de medida de imagen planar, de 300 s de duración y con una ventana de energía 365 keV +- 10%. Se anota el número de cuentas adquiridas, utilizando para el análisis el software Xeleris de GE.
Fase 2	HOSPITAL UNIVERSITARIO LA PAZ (MADRID)		MONITOR DE CONTAMINACIÓN Centelleador	Berthold LB 124 (n. s. 10-11888)	240x140x110 mm Rango de energía: 15 keV - 10 MeV	Se mide en modo Gross (beta/gamma en cps), programando un tiempo de medida de 300 s para cada medida. Transcurrido este tiempo, se anota el número de cuentas integradas.
Fase 2	HOSPITAL UNIVERSITARIO LA PAZ (MADRID)		MONITOR DE CONTAMINACIÓN Centelleador	Berthold LB 124 (n. s. 10-12271)	240x140x110 mm Rango de energía: 15 keV - 10 MeV	Se mide en modo Gross (beta/gamma en cps), programando un tiempo de medida de 300 s para cada medida. Transcurrido este tiempo, se anota el número de cuentas integradas.
Fase 2	HOSPITAL UNIVERSITARIO LA PAZ (MADRID)		GAMMACÁMARA SPECT (NaI)	General Electric / Discovery 670 DR (n. s. DE6588153)	Detectores de NaI de 3/8" FoV: 54 cm x 40 cm. 365 keV +- 10%	Se utiliza un protocolo de medida de imagen planar, de 300 s de duración y con una ventana de energía 365 keV +- 10%. Se anota el número de cuentas adquiridas, utilizando para el análisis el software Xeleris de GE.

FASE MEYER	ENTIDAD PARTICIPANTE	IMAGEN	TIPO DE DETECTOR	MARCA / MODELO	DIMENSIONES Y RANGOS DE ENERGÍA	COMENTARIOS
Fase 2	HOSPITAL G. UNIVERSITARIO GREGORIO MARAÑÓN (MADRID)		MONITOR DE CONTAMINACIÓN Contador proporcional	Berthold LB 1210 B	112mm x112 mm (100 cm ² área efectiva)	Se mantiene referenciado al otro instrumento principal calibrado (junio de 2021), mediante un programa de verificaciones interno del servicio con periodicidad anual.
Fase 2	HOSPITAL G. UNIVERSITARIO GREGORIO MARAÑÓN (MADRID)		MONITOR DE CONTAMINACIÓN Contador proporcional con sonda	FAG Contamat FHT 111 M FH40	216mm x138 mm (166cm ² área sensible)	
Fase 2	HOSPITAL G. UNIVERSITARIO GREGORIO MARAÑÓN (MADRID)		GAMMACÁMARA Centelleo (NaI)	SPECT-TC GE Discovery 670	NaI, grosor 9,5mm 540mm x400 mm Rango de energía: 40 a 620 keV	59 tubos fotomultiplicadores por detector
Fase 2	STERICYCLE CONSEUR		MONITOR DE CONTAMINACIÓN detector beta-gamma de xenón	BERTHOLD/LB 123 (6357)	120 mm x 190 mm. Rango de energía: 30 Kev a 1.2 Mev	Sonda de contaminación para emisiones Beta Gamma
Fase 2	HOSPITAL CLINICO UNIVERSITARIO DE SALAMANCA		MONITOR DE CONTAMINACIÓN Contador proporcional. Xenon	Berthold LB UMO 123		

FASE MEYER	ENTIDAD PARTICIPANTE	IMAGEN	TIPO DE DETECTOR	MARCA / MODELO	DIMENSIONES Y RANGOS DE ENERGÍA	COMENTARIOS
Fase 2	HOSPITAL CLINICO UNIVERSITARIO DE SALAMANCA		GAMMACÁMARA Centelleo (NaI)	Siemens Intevo Bold	533 x 387 mm Rango de energía: 35-588 keV	9,5 mm (blindaje posterior del detector) 12.7 mm (blindaje del detector en los laterales). Las medidas se hicieron sin colimador (tal y como se indicaba en las instrucciones)
Fase 2	ADQ TUV AUSTRIA IBERIA		MONITOR CON SONDA DE CONTAMINACIÓN Centellador	Sonda LUDLUM 44 - 142	Área: 100 cm ² Rango de energía: 48keV-3MeV	El equipo empleado para las lecturas es un MIRON RDS-31. Se realiza una medida previa de fondo. Posteriormente se realizarán varias lecturas con el maniquí según protocolo.
Fase 2	PENGUA		ESPECTRÓMETRO	MIRION TECHNOLOGIES/SPIR-Ace	212x154x63,5 mm Rango de energía: 48 keV – 3MeV	El equipo cuenta con un software propio para análisis de espectros y los envía en formato estándar fichero .SPE. El equipo SPIR-Ace del CSN no dispone de detector de neutrones.
Fase 2	PENGUA		MONITOR CON SONDA DE CONTAMINACIÓN Centellador	Sonda SABG-100 acoplada a MIRION/RDS-31	Área: 100 cm ²	
Fase 2	PENGUA		MONITOR CON SONDA DE CONTAMINACIÓN Centellador plástico	Sonda LUDLUM 44 - 142	Área: 100 cm ²	La lectura se proporciona a través del display M3000 que solo proporciona los valores de contaje. Eficiencia (4π): 99Tc: 20%; 90Sr/90Y: 30%; 14C: 4%. Sensibilidad gamma: approx. 20 cpm por µR/hr (137Cs)

Hacia un protocolo nacional para la evaluación del I-131 en situaciones de emergencia

Proyecto Meyer

Colección de documentos I+D
31.2025