

# Tercera campaña de intercomparación entre servicios de dosimetría personal externa autorizados por el CSN (años 2000-2001)

Estudio sectorial

# CSN

Colección  
Documentos  
17.2007

# Tercera campaña de intercomparación entre servicios de dosimetría personal externa autorizados por el CSN (años 2000-2001)

Estudio sectorial

M<sup>a</sup> Isabel Villanueva Delgado, M<sup>a</sup> Luisa Tormo de las Heras, M<sup>a</sup> Teresa Labarta Mancho, Ignacio Amor Calvo, Manuel Rodríguez Martí

Colección: Documentos CSN

Referencia: Doc. 07-10

© Consejo de Seguridad Nuclear, 2007

Edita y distribuye:  
Consejo de Seguridad Nuclear  
Pedro Justo Dorado Dellmans, 11  
28040 - Madrid - España  
<http://www.csn.es>  
[peticiones@csn.es](mailto:peticiones@csn.es)

Maquetación: Digrafic

## Índice

Introducción y antecedentes .....	5
I. Diseño de la campaña de intercomparación .....	9
I.1. Consideraciones sobre el diseño de la campaña de intercomparación .....	11
I.1.1. Objetivos de la campaña.....	11
I.1.2. Magnitudes operacionales .....	11
I.1.3. Condiciones de irradiación.....	11
I.1.4. Coeficientes de conversión .....	12
I.2. Servicios de dosimetría participantes.....	12
I.3. Desarrollo operacional de la campaña. ....	13
I.4. Criterios seguidos en la evaluación de resultados.....	13
I.4.1. Análisis mediante curvas de trompeta .....	14
I.4.2. Análisis mediante la norma ANSI 13.11 .....	15
II. Resultados de la Tercera Campaña de Intercomparación entre servicios de dosimetría personal externa autorizados por el CSN ..	17
II.1. Análisis de resultados.....	19
II.1.1. Resumen de resultados obtenidos por cada SDPE....	19
II.1.2. Distribución de los SDPE participantes en función del cumplimiento de los límites establecidos por las curvas de trompeta .....	22
II.1.3. Distribución de los SDPE participantes en función del cumplimiento de los criterios establecidos en la norma ANSI 13.11 (2001) .....	25
II.1.4. Análisis de resultados de forma global.....	26
II.1.5. Conclusiones del ensayo sobre la influencia del tipo de maniquí empleado en la irradiación de los dosímetros .....	29
II.2. Comparación con los resultados obtenidos en la campaña anterior.....	30

III. Conclusiones .....	33
III.1. Actuaciones posteriores.....	38
IV. Referencias bibliográficas .....	39
Anexo I. Fotografía de los dosímetros utilizados por los SDPE participantes en la Tercera Campaña de Intercomparación .....	43
Anexo II. Resultados obtenidos por cada SDPE participante en la Tercera Campaña de Intercomparación .....	47

# Introducción y antecedentes



## Introducción

En el Real Decreto 783/2001, por el que se aprueba el Reglamento de Protección Sanitaria contra Radiaciones Ionizantes, se establece que la dosimetría individual, tanto externa como interna, será efectuada por los servicios de dosimetría personal expresamente autorizados por el Consejo de Seguridad Nuclear.

En cumplimiento de las responsabilidades que la legislación española confiere al CSN como autoridad competente en relación con la autorización de servicios de dosimetría personal, (en adelante, SDP), este organismo:

- Como paso previo a la concesión de una autorización a un SDP, verifica mediante evaluaciones e inspecciones que tanto los medios técnicos y humanos con que cuenta dicho SDP como los procedimientos de trabajo y de control de calidad asociados, resultan adecuados a los fines previstos.
- Realiza inspecciones periódicas a los SDP autorizados, con objeto de verificar que su funcionamiento es acorde con las condiciones de autorización. Si como resultado de una de esas inspecciones, se identifican aspectos que requieren algún tipo de actuación por el titular con vistas a mejorar el funcionamiento del SDP, dichas actuaciones son requeridas por el CSN al titular a modo de Instrucción Técnica.

- Como complemento a las actuaciones anteriormente descritas, siguiendo una práctica reguladora adoptada internacionalmente, el CSN lleva a cabo campañas de intercomparación entre ellos con una periodicidad en torno a los cinco años. En estas campañas, los SDP autorizados tienen que acreditar la fiabilidad de su funcionamiento, procediendo a la determinación de la dosis en una serie de dosímetros problema, cuyas condiciones de irradiación (dosis y energías) desconocen. Estas campañas proporcionan al CSN una base objetiva para valorar el nivel de fiabilidad de cada SDP y para, si procede, requerir las acciones correctoras que resulten pertinentes para mejorar dicha fiabilidad.

En el presente informe se recogen los resultados y conclusiones de la Tercera Campaña de Intercomparación entre servicios de dosimetría personal externa llevada a cabo en España.

## Antecedentes

La Primera Campaña de Intercomparación entre Servicios de Dosimetría Personal Externa (en adelante SDPE), fue organizada en el año 1987 y en ella participaron los ocho SDPE que en ese momento contaban con autorización del CSN.

En 1995, se llevó a cabo la Segunda Campaña de Intercomparación, en la que participaron 18 SDPE.

La Tercera Campaña de Intercomparación se desarrolló a lo largo de los años 2000 y 2001, y participaron en ella 22 SDPE. El desarrollo de la misma se llevó a cabo en colaboración con el Laboratorio de Calibración del Ciemat (Centro de Investigaciones Energéticas Medioambientales y Tecnológicas) y el

Laboratorio de Calibración de la Universidad Politécnica de Cataluña (UPC).

Para ello, se firmaron sendos acuerdos específicos de colaboración CSN-Ciemat y CSN-UPC, en los que se contemplaba la realización de un estudio de fiabilidad de lecturas e interpretación de resultados dosimétricos llevado a cabo con los SDPE autorizados en el país a fin de comprobar y estudiar la calidad de este tipo de medidas.

# I. Diseño de la campaña de intercomparación



## I. Diseño de la campaña de intercomparación

### I.1. Consideraciones sobre el diseño de la campaña de intercomparación

#### I.1.1. Objetivos de la campaña

La Tercera Campaña de Intercomparación entre SDPE organizada por el CSN tuvo como objetivos principales:

- Verificar que los SDPE participantes cumplieran las condiciones de calidad y requerimientos exigidos por el CSN.
- Efectuar un análisis comparativo entre los resultados obtenidos en la Tercera Campaña de Intercomparación y los correspondientes a la anterior (realizada en el año 1995) llevada a cabo por el CSN.

En la Tercera Campaña de Intercomparación se introdujo como novedad metodológica la aplicación de las recomendaciones internacionales para calibración de dosímetros personales recogidas en la norma ISO 4037-3 (1999), publicada por la Organización Internacional de Normalización (ISO). En esta norma, se introducía un nuevo maniquí práctico mejor sustituto del maniquí bloque de tejido ICRU, que no requería corrección por diferencias de retrodispersión. Por ello, un tercer objetivo de la campaña fue analizar la influencia de los dos tipos de maniqués utilizados en la irradiación

de dosímetros personales para las distintas calidades de radiación seleccionadas.

#### I.1.2. Magnitudes operacionales

La magnitud recomendada por la Comisión Internacional de Unidades de Radiación y Medidas (ICRU) para efectuar la vigilancia dosimétrica individual es la *dosis equivalente individual o personal*,  $H_p(d)$ .

Se define esta magnitud como la dosis equivalente en un tejido blando por debajo de un punto específico en el cuerpo a una profundidad “d” apropiada. Para radiación fuertemente penetrante se emplea una profundidad de 10 mm y para radiación débilmente penetrante se emplea una profundidad de 0,07 mm en el caso de la piel.

Los dosímetros utilizados por los SDPE participantes disponen de características tales que permiten la determinación de las magnitudes  $H_p(10)$  y  $H_p(0,07)$ .

Por todo ello, éstas fueron las magnitudes utilizadas en la Tercera Campaña de Intercomparación entre SDPE.

#### I.1.3. Condiciones de irradiación

Las irradiaciones de los dosímetros proporcionados por los SDPE participantes fueron llevadas a cabo en el Laboratorio de Calibración del Ciemat y en el Laboratorio de Calibración

del INTE de la UPC, únicamente en campos de radiación electromagnética y en condiciones de laboratorio estándar, utilizando el maniquí recomendado en la norma ISO 4037-3 y en grupos de 10 dosímetros en cada calidad de radiación ensayada.

Las irradiaciones en el laboratorio del Ciemat se llevaron a cabo utilizando haces de  $Cs^{137}$  (662 keV) a partir de una fuente de actividad

nominal 1,5 TBq, en un rango de dosis comprendido entre 0,25 mSv y 6,50 mSv.

Las irradiaciones en el laboratorio del INTE-UPC se llevaron a cabo utilizando tres calidades ISO de rayos X de espectro estrecho (ISO, 1996), con las siguientes energías: 33 keV, 65 keV y 207 keV de energía media.

El patrón de irradiaciones resultó de la siguiente manera:

Punto de calibración	Calidad de radiación	Rango de dosis equivalente personal (mSv)	Laboratorio responsable de las irradiaciones
1	$^{137}Cs$	0.250	Ciemat
2	$^{137}Cs$	1,5 ( $\pm 30\%$ )	Ciemat
3	$^{137}Cs$	5,0 ( $\pm 30\%$ )	Ciemat
4	N-40 (33keV)	0,8 ( $\pm 30\%$ )	INTE-UPC
5	N-80 (65 keV)	0,4 ( $\pm 30\%$ )	INTE-UPC
6	N-80 (65 keV)	2,0 ( $\pm 30\%$ )	INTE-UPC
7	N-250 (207 keV)	1,5 ( $\pm 30\%$ )	INTE-UPC

#### 1.1.4. Coeficientes de conversión

Para la estimación de  $H_p(10)$  y  $H_p(0,07)$  se han empleado los coeficientes de conversión a dosis tabulados en la norma ISO 4037-3.

#### 1.2. Servicios de dosimetría participantes

En la Tercera Campaña de Intercomparación entre SDPE participaron 22 servicios autorizados por el CSN, cada uno de los cuales fue codificado con un número del uno al veintidós, con objeto de garantizar su anonimato en lo relativo a los resultados obtenidos por los mismos.

De los 22 servicios participantes, cinco pertenecen a centrales nucleares, por lo que los trabajadores a los que prestan servicio realizan actividades en operación normal y durante la recarga de las mismas. Los 17 servicios restantes prestan servicio a usuarios que desarrollan sus actividades en el ámbito de las instalaciones radiactivas médicas, industriales, de investigación y docencia, y en actividades de transporte y del ciclo del combustible nuclear.

Los sistemas dosimétricos de todos los SDPE participantes están basados en dosimetría por termoluminiscencia. En la siguiente tabla se

presentan los diferentes materiales termoluminiscentes y sistemas dosimétricos comerciales utilizados en la Tercera Campaña de Intercomparación:

Marca de sistema dosimétrico	Material termoluminiscente
Vinten	FLi-7
Harshaw	FLi-7
Alnor	FLi-7//FLi-N
Panasonic	LiBO//Ca <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>
Teledyne C-300	SO <sub>4</sub> Ca:Dy
RADOS	FLi:Mg, Ti, Cu

En el Anexo I del presente informe se incluye una fotografía donde se muestran los dosímetros de los SDPE que participaron en la Tercera Campaña de Intercomparación.

### I.3. Desarrollo operacional de la campaña

La Tercera Campaña de Intercomparación se desarrolló en un conjunto de fases que tuvieron lugar de acuerdo con el siguiente cronograma:

- Fase 0: una vez elaborados los protocolos técnico y operativo, así como la ficha técnica, se remitió a todos los SDPE participantes, una invitación formal para participar en la Tercera Campaña de Intercomparación. Esta fase finalizó el 15 de enero de 2001.
- Fase 1: los SDPE enviaron al CSN los dosímetros designados para ser irradiados en el laboratorio de calibración correspon-

diente. Una vez irradiados, el CSN devolvió estos mismos dosímetros a los servicios de origen. Esta fase finalizó la primera semana de marzo de 2001.

- Fase 2: los SDPE enviaron al CSN los dosímetros designados para ser irradiados en el laboratorio de calibración distinto al que irradió los dosímetros en la fase anterior. Una vez irradiados, el CSN los devolvió a los SDPE de origen. Esta fase finalizó la tercera semana de junio de 2001.
- Fase 3: por parte del CSN se remitió a los SDPE participantes un escrito para solicitar la confirmación de los datos dosimétricos enviados en cada fase de la campaña. A su vez, los SDPE contestaron a este escrito, dándose por finalizada esta fase a mediados de octubre de 2001.
- Fase 4: los laboratorios de calibración elaboraron un informe final de resultados, que fue remitido al CSN a finales de octubre de 2001.

### I.4. Criterios seguidos en la evaluación de resultados

El análisis de los resultados de la Tercera Campaña de Intercomparación se llevó a cabo por una doble vía:

- De acuerdo con los criterios recomendados en las publicaciones n° 60 y n° 75 de la Comisión Internacional de Protección Radiológica (ICRP): *Curvas de trompeta*. La

utilización de este criterio responde a la necesidad de estudiar la fiabilidad de los SDPE participantes a través de la metodología que se está utilizando en las campañas de intercomparación realizadas por distintas entidades y organismos a nivel internacional (EURADOS, OIEA), permitiendo emplazar la situación de los SDPE españoles en dicho contexto.

- De acuerdo con los criterios establecidos en la norma ANSI 13.11. (2001) y teniendo en cuenta que en las campañas anteriores se utilizó como criterio evaluador el cumplimiento de los criterios recogidos en esta norma, se consideró conveniente utilizar este mismo criterio de evaluación como herramienta para efectuar una comparación de la evolución del funcionamiento de los SDPE que participaron en las campañas anteriores, si bien en las mismas se utilizó la norma publicada en el año 1983, mientras que en esta campaña se ha utilizado la nueva versión ANSI/HPS N.13.11, publicada en el año 2001.

A continuación, se presenta de forma resumida cuáles son los parámetros evaluadores utilizados en el análisis de resultados efectuado por cada una de estas vías.

#### 1.4.1. Análisis mediante curvas de trompeta

De acuerdo con la publicación nº 60 de ICRP (párrafo 271), se establece una tolerancia en

la estimación de las dosis de un factor 2 para los valores próximos al nivel de registro<sup>(1)</sup>, y un factor de 1,5 para valores próximos al límite de dosis. En ambos niveles de dosis se aplica un factor intermedio que viene definido por las siguientes expresiones analíticas, denominadas **curvas de trompeta**:

Límite superior:                      Límite inferior:

$$\left(\frac{H_m}{H_v}\right)_{L_s} = 1.5 \left(1 + \frac{H_o}{2H_o + H_v}\right) \quad \left(\frac{H_m}{H_v}\right)_{L_s} = \frac{1}{1.5} \left(1 - \frac{2H_o}{H_o + H_v}\right)$$

Donde,

- $H_m$  es el valor de la dosis equivalente personal  $H_p(10)$  ó  $H_p(0,07)$  estimado por el laboratorio de calibración para cada dosímetro individual.
- $H_v$  es el valor convencionalmente verdadero de la dosis equivalente personal  $H_p(10)$  ó  $H_p(0,07)$ .
- $H_o$  es el nivel de registro de dosis. El valor establecido por el CSN es de 0,10 mSv/mes<sup>(2)</sup>.

A partir de las gráficas (curvas de trompeta), se establece como tolerancia que un máximo del 10% de las estimaciones de dosis de cada grupo de dosímetros ensayado, se encuentre

1. En el caso de España, el CSN ha establecido un nivel de registro de 0,10 mSv/mes.

2. Este valor de nivel de registro es consistente con la recomendación de nivel de registro propuesto por ICRP en su publicado nº 75, para la estimación de la dosis efectiva anual.

fuera de los límites indicados por las curvas. Es decir, en el caso de esta Campaña de Intercomparación, donde se han efectuado irradiaciones en grupos de 10 dosímetros para cada punto de calibración, únicamente una de las lecturas de cada grupo podría situarse fuera de los límites para poder cumplir los requisitos establecidos.

#### 1.4.2. Análisis mediante la Norma ANSI 13.11

Los indicadores o parámetros evaluadores propuestos por esta norma son los siguientes:

- **Desviación relativa de dosis, B**, que se define como el valor medio de las desviaciones individuales  $P_j$  de los dosímetros de un punto de calibración. Se aplica la siguiente fórmula de cálculo<sup>(3)</sup>:

$$P_j = \frac{(M_j - M_v)}{M_v}, B = (1/n) \sum_{j=1}^n P_j$$

Donde,

- $M_v$  es el valor convencionalmente verdadero de la dosis equivalente recibida por un grupo de dosímetros.
- $M_j$  es el valor de las estimaciones individuales realizadas a partir de las lecturas de cada dosímetro del grupo.
- $B$  es por tanto un estimador del defecto

de ajuste del sistema dosimétrico para el punto de calibración considerado.

- **Dispersión entre las medidas individuales de un mismo grupo**, calculada como la desviación típica,  $S$ , del conjunto  $P_j$  ( $j=1,10$ ) de las desviaciones individuales de la dosis equivalente  $M_v$ .

$$S \equiv \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^n (B - P_j)^2}{n-1}}$$

Los límites recomendados en la publicación ANSI 13.11 para las posibles tolerancias en la asignación de dosis en el campo de la dosimetría personal no hacen distinción sobre el origen de los componentes (desviación y dispersión). Por ello recomienda tomar como tolerancia una combinación del tipo:

$$Q = |B| + S$$

De tal modo que los resultados de un SDPE serán adecuados si se verifica que  $Q \leq L$ , donde,  $L$  es el límite de tolerancia establecido por el organismo regulador.

La norma ANSI 13.11 (2001), propone un valor de  $L = 0,4^{(4)}$  para niveles de protección [ $H_p(d) < 100$  mSv]. El mismo límite es de aplicación para dosis en términos de  $H_p(10)$  y de  $H_p(0,07)$ .

3. En la campaña de 1995, y de acuerdo con ANSI 13.11 (1983), el valor de  $B$  se definió con signo inverso.

4. En la campaña de intercomparación realizada en 1995, de acuerdo con lo recomendado en la norma ANSI 13.11 (1983), se consideró como valor del límite de tolerancia  $L=0,5$ .

Asimismo, la nueva versión introduce el concepto de *Performance quotient limit* que corresponde a una segunda restricción que limita la desviación de las lecturas. En este sentido, se establece que como máximo un 10% de los dosímetros por tipo de ensayo

puede presentar un valor de  $|P_j| > 0,4$ . Es decir, para grupos de 10 dosímetros por punto de calibración, como en esta Campaña de Intercomparación, únicamente uno de los 10 dosímetros puede presentar un valor de  $|P_j| > 0,4$ .

## **II. Resultados de la Tercera Campaña de Intercomparación entre servicios de dosimetría personal externa autorizados por el CSN**



## II. Resultados de la Tercera Campaña de Intercomparación entre servicios de dosimetría personal externa autorizados por el CSN

Como se ha expuesto anteriormente, en el análisis de los resultados obtenidos por los SDPE participantes, se persiguió un doble propósito. Por un lado, se trató de extraer conclusiones en cuanto al grado de conformidad del funcionamiento de los SDPE con las condiciones de calidad y requerimientos exigidos por el CSN. Y, por otro, se realizó una comparación de los resultados obtenidos en la Tercera Campaña, con los obtenidos en la que tuvo lugar en 1995.

### II.1. Análisis de resultados

#### II.1.1. Resumen de los resultados obtenidos por cada SDPE

A partir del análisis de los resultados presentados en forma de tabla y gráfica de curva de trompeta en el Anexo II del presente informe se procede, a presentar de forma resumida los resultados correspondientes a cada SDP participante:

Centro 1:

- Todas las estimaciones de dosis se encuentran dentro de los límites establecidos por las curvas de trompeta, excepto en la estimación de  $H_p(0,07)$  para la calidad N-40.

- Cumple los criterios ANSI 13.11 (2001) en todas los puntos de calibración, excepto en la calidad N-40 de rayos X, y en la estimación de  $H_p(10)$  para la calidad de  $Cs^{137}$  y en la estimación de  $H_p(0,07)$  para la calidad N-80 de rayos X.

Centro 2:

- Todas las estimaciones de dosis se encuentran dentro de los límites establecidos por las curvas de trompeta excepto en la estimación de  $H_p(0,07)$  para la calidad N-40 de rayos X.
- Cumple los criterios ANSI 13.11 (2001) en todos los puntos de calibración excepto en la calidad N-40 de rayos X, tanto en la estimación de  $H_p(10)$  como en la de  $H_p(0,07)$ .

Centro 3:

- Únicamente las estimaciones de  $H_p(10)$  para las calidades N-40 y N-80 de rayos X se encuentran dentro de los límites establecidos por las curvas de trompeta. Las estimaciones correspondientes al resto de puntos de calibración incumplen los criterios de aceptación establecidos por las curvas de trompeta.
- No cumple los criterios de la norma ANSI 13.11 (2001), en ningún punto de calibración a excepción de la estimación de  $H_p(10)$  en la calidad N-40 de rayos X.

- Se observan en este SDPE problemas de calibración y un límite inferior de detección muy elevado, superior a 0,25 mSv para  $H_p(10)$  y a 1,0 mSv para  $H_p(0,07)$ .

#### Centro 4:

- Cumple los límites establecidos por las curvas de trompeta en todos los puntos de calibración salvo en la estimación de  $H_p(10)$  y  $H_p(0,07)$  en las calidades N-40 y N-80 de rayos X.
- Cumple los criterios establecidos por la norma ANSI 13.11 (2001) en todos los puntos de calibración, excepto en la estimación de  $H_p(10)$  y  $H_p(0,07)$  para las calidades N-40 y N-80 de rayos X.

#### Centro 5:

- Todas las estimaciones de dosis se encuentran dentro de los límites establecidos por las curvas de trompeta.
- Cumple todos los criterios de la norma ANSI 13.11 (2001) en todos los puntos de calibración, excepto en la estimación de  $H_p(0,07)$  para la calidad N-40 de rayos X.

#### Centro 6:

- Todas las estimaciones de dosis se encuentran dentro de los límites establecidos por las curvas de trompeta.
- Cumple los criterios de la norma ANSI 13.11 (2001) en todos los puntos de

calibración, excepto en la estimación de  $H_p(0,07)$  y  $H_p(10)$  para la calidad N-40 de rayos X.

#### Centro 7:

- Todas las estimaciones de dosis se encuentran dentro de los límites establecidos por las curvas de trompeta a excepción de la estimación de  $H_p(0,07)$  para la calidad N-40 de rayos X.
- Cumple todos los criterios de la norma ANSI 13.11 (2001) en todos los puntos de calibración, excepto en la estimación de  $H_p(10)$  y  $H_p(0,07)$  para la calidad N-40 de rayos X, y en la estimación de  $H_p(0,07)$  para la calidad N-80 en el punto de calibración correspondiente a la dosis de referencia de 1,310 mSv.

#### Centro 8:

- Todas las estimaciones de dosis se encuentran dentro de los límites establecidos por las curvas de trompeta.
- Cumple los criterios de la norma ANSI 13.11 (2001) en todos los puntos de calibración, excepto en la estimación de  $H_p(0,07)$  para la calidad N-40 de rayos X.

#### Centro 9:

- Todas las estimaciones de dosis se encuentran dentro de los límites establecidos por las curvas de trompeta.

- Cumple los criterios de la norma ANSI 13.11 (2001) en todos los puntos de calibración.

Centro 10:

- Todas las estimaciones de dosis se encuentran dentro de los límites establecidos por las curvas de trompeta.
- Cumple todos los criterios de la norma ANSI 13.11 (2001) en todos los puntos de calibración, excepto en la estimación de  $H_p(0,07)$  para la calidad N-40 de rayos X.

Centro 11:

- No cumplen los requisitos establecidos por las curvas de trompeta ni por la norma ANSI 13.11 (2001), en ninguno de los puntos de calibración.

Centro 12:

- Todas las estimaciones de dosis se encuentran dentro de los límites establecidos por las curvas de trompeta.
- Cumple los criterios de la norma ANSI 13.11 (2001) en todos los puntos de calibración.

Centro 13:

- Todas las estimaciones de dosis se encuentran dentro de los límites establecidos por las curvas de trompeta, excepto

en la estimación de  $H_p(10)$  para la calidad N-250 de rayos X, y para el  $Cs^{137}$ .

- Cumple los criterios establecidos en la norma ANSI 13.11 (2001) en todos los puntos de calibración, excepto en la estimación de  $H_p(10)$  para la calidad N-250 de rayos X para el  $Cs^{137}$ .

Centro 14:

- Todas las estimaciones de dosis se encuentran dentro de los límites establecidos por las curvas de trompeta.
- Cumple los criterios establecidos en la norma ANSI 13.11 (2001) en todos los puntos de calibración.

Centro 15:

- Todas las estimaciones de dosis se encuentran dentro de los límites establecidos por las curvas de trompeta.
- Cumple los criterios establecidos en la norma ANSI 13.11 (2001) en todos los puntos de calibración.

Centro 16:

- Todas las estimaciones de dosis se encuentran dentro de los límites establecidos por las curvas de trompeta.
- Cumple los criterios establecidos en la norma ANSI 13.11 (2001) en todos los puntos de calibración, a excepción de la calidad N-80.

Centro 17:

- Todas las estimaciones de dosis se encuentran dentro de los límites establecidos por las curvas de trompeta.
- Cumple los criterios establecidos en la norma ANSI 13.11 (2001) en todos los puntos de calibración, excepto en la estimación de  $H_p(0,07)$  y de  $H_p(10)$  para la calidad N-40 de rayos X, y en la estimación de  $H_p(0,07)$  para la calidad N-80 de rayos X.

Centro 18:

- Todas las estimaciones de dosis se encuentran dentro de los límites establecidos por las curvas de trompeta.
- Cumple los criterios establecidos en la norma ANSI 13.11 (2001) en todos los puntos de calibración.

Centro 19:

- Todas las estimaciones de dosis se encuentran dentro de los límites establecidos por las curvas de trompeta.
- Cumple los criterios establecidos por ANSI 13.11 (2001) en todos los puntos de calibración, excepto en la calidad N-40 de rayos X, tanto para la estimación de  $H_p(10)$  como de  $H_p(0,07)$ .

Centro 20:

- Todas las estimaciones de dosis se encuentran dentro de los límites establecidos por las curvas de trompeta.

- Cumple los criterios establecidos por la norma ANSI 13.11 (2001) en todas las calidades excepto en el caso de la calidad N-40 de rayos X, tanto en la estimación de  $H_p(10)$  como en la de  $H_p(0,07)$ .

Centro 21:

- Todas las estimaciones de dosis se encuentran dentro de los límites establecidos por las curvas de trompeta.
- Cumple los criterios establecidos en la norma ANSI 13.11 (2001) en todos los puntos de calibración.

Centro 22:

- Todas las estimaciones de dosis se encuentran dentro de los límites establecidos por las curvas de trompeta.
- Cumple los criterios establecidos en la norma ANSI 13.11 (2001) en todos los puntos de calibración.

### II.1.2. Distribución de los SDPE participantes en función del cumplimiento de los límites establecidos por las curvas de trompeta

En las siguientes tablas se presenta una distribución de los SDPE participantes en función del cumplimiento de los límites indicados por las curvas de trompeta para cada una de las calidades de radiación y magnitudes analizadas, tanto de manera individual como conjunta:

SDP que no cumplen los requerimientos establecidos por las curvas de trompeta para las distintas calidades de radiación analizadas

	N-40	N-80 (65 KeV RX)		N-250	Cs <sup>137</sup>			Todas las calidades
	(33 keV RX)	0,4 mSv	2,0 mSv	(207 keV RX)	0,250 mSv	1,329 mSv	5,879 mSv	
H <sub>p</sub> (10)		4		13	3, 11, 13	3, 11, 13	3, 11	11
H <sub>p</sub> (0,07)	1, 2, 3, 4, 7	3	4					3, 11
H <sub>p</sub> (10) y H <sub>p</sub> (0,07)	11	11	3, 11	3, 11				

SDP que cumplen los requerimientos establecidos por las curvas de trompeta para las distintas calidades de radiación analizadas

	N-40	N-80 (65 KeV RX)		N-250	Cs <sup>137</sup>			Todas las calidades
	(33 keV RX)	0,4 mSv	2,0 mSv	(207 keV RX)	0,250 mSv	1,329 mSv	5,879 mSv	
H <sub>p</sub> (10)	1, 2, 3, 7	3	4		1, 2, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 12, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22	1, 2, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 12, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22	1, 2, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22	1, 2, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 12, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22
H <sub>p</sub> (0,07)	-----	4	-----	13				5, 6, 8, 9, 10, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22
H <sub>p</sub> (10) y H <sub>p</sub> (0,07)	5, 6, 8, 9, 10, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22	1, 2, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22	1, 2, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22	1, 2, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 12, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22				

Estos resultados permitieron clasificar a los SDPE participantes en cinco categorías, de acuerdo a los criterios de valoración de fiabi-

lidad recomendados en las publicaciones de ICRP anteriormente mencionadas:

#### Clasificación de los SDPE

A	Centros que cumplen los requerimientos establecidos por las curvas de trompeta para $H_p(10)$ y para $H_p(0,07)$ en todas las calidades de radiación analizadas	5, 6, 8, 9, 10, 12, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21 y 22
B	Centros que cumplen los requerimientos establecidos por las curvas de trompeta para todas las calidades excepto para la calidad N-40 de rayos X, en términos de $H_p(0,07)$	1, 2, 7
C	Centros que sólo cumplen los requerimientos establecidos por las curvas de trompeta para la calidad N-250 de rayos X y para el $Cs^{137}$	4
D	Centros que sólo cumplen los requerimientos establecidos por las curvas de trompeta para las calidades N-40 y N-80 de rayos X	13
E	Centros que no cumplen los requerimientos establecidos por las curvas de trompeta para ninguna de las calidades analizadas	3, 11

II.1.3. Distribución de los SDPE participantes en función del cumplimiento de los criterios establecidos en la norma ANSI 13.11 (2001)

En las siguientes tablas se presenta una distribución de los SDPE participantes en función del cumplimiento de los criterios establecidos en la norma ANSI 13.11 (2001).

SDP que cumplen los requerimientos establecidos por las curvas de trompeta para las distintas calidades de radiación analizadas

Q ≤ 0,4								
	N-40	N-80 (65 KeV RX)		N-250	Cs <sup>137</sup>			Todas las calidades
	(33 keV RX)	0,4 mSv	2,0 mSv	(207 keV RX)	0,250 mSv	1,329 mSv	5,879 mSv	
H <sub>p</sub> (10)	3, 5, 8, 10	17	1, 7, 17		2, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 12, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22	1, 2, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 12, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22	1, 2, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22	2, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 12, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22
H <sub>p</sub> (0,07)				13				
H <sub>p</sub> (10) y H <sub>p</sub> (0,07)	9, 12, 13, 14, 15, 16, 18, 21, 22	1, 2, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 12, 13, 14, 15, 18, 19, 20, 21, 22	2, 5, 6, 8, 9, 10, 12, 13, 14, 15, 16, 18, 19, 20, 21, 22	1, 2, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 12, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22				9, 12, 13, 14, 15, 18, 21, 22

SDP que no cumplen los requerimientos establecidos por las curvas de trompeta para las distintas calidades de radiación analizadas

Q > 0,4								
	N-40	N-80 (65 KeV RX)		N-250	Cs <sup>137</sup>			Todas las calidades
	(33 keV RX)	0,4 mSv	2,0 mSv	(207 keV RX)	0,250 mSv	1,329 mSv	5,879 mSv	
H <sub>p</sub> (10)				13	1, 3, 11, 13	3, 11, 13	3, 11	3, 11
H <sub>p</sub> (0,07)	3, 5, 8, 10	17	1, 7, 17					
H <sub>p</sub> (10) y H <sub>p</sub> (0,07)	1, 2, 4, 6, 7, 11, 17, 19, 20	3, 4, 11, 16	3, 4, 11	3, 11				3, 11

#### II.1.4. Análisis de resultados de forma global

El número total de determinaciones o número de lecturas para cada calidad de radiación ensayada fue:

- Calidad N-40 de rayos X: 220
- Calidad N-250 de rayos X: 220
- Calidad N-80 de rayos X: 440
- Energía de Cs<sup>137</sup>: 660

En la tabla siguiente se presentan el número de lecturas para cada calidad que estaban dentro de los límites o intervalos de aceptación de las curvas de trompeta. A partir de

esta información, se obtuvo una distribución de las estimaciones dosimétricas en función del cumplimiento de los límites establecidos por dichas curvas.

A partir de los datos presentados en esta tabla se observa que, en general, el número de puntos dentro del rango de tolerancia establecido por las curvas de trompeta fue superior al 90%, a excepción de la estimación de H<sub>p</sub>(0,07) para la calidad N-40 de rayos X.

Los requisitos de aceptación no se cumplieron, por tanto, en la determinación de las dosis en términos de H<sub>p</sub>(0,07) en bajas energías.

Energía media de rayos X

Magnitud radiológica	N-40 (33 KeV)		N-80 (65 KeV)		N-250 (207 keV)		Cs <sup>137</sup>	
	Frecuencia o nº de lecturas	% dentro de tolerancia	Frecuencia o nº de lecturas	% dentro de tolerancia	Frecuencia o nº de lecturas	% dentro de tolerancia	Frecuencia o nº de lecturas	% dentro de tolerancia
H <sub>p</sub> (10)	208	94,5	421	95,7	209	95,0	599	90,8
H <sub>p</sub> (0,07)	184	83,6	410	93,2	205	93,2		

Distribución de las determinaciones dosimétricas en función de Q para Hp (10)

Q	Cs <sup>137</sup>		RX		Todas las calidades $\Sigma RX + Cs^{137}$	
	Nº de puntos de calibración o frecuencia ( $\leq Q$ )	% total	Nº de puntos de calibración o frecuencia ( $\leq Q$ )	% total	Nº de puntos de calibración o frecuencia ( $\leq Q$ )	% total
0,1	10	15	17	19	27	18
0,2	46	70	48	55	94	61
0,3	54	82	64	73	118	77
0,4	57	86	71	81	128	83
0,5	58	88	78	89	136	88
0,6	59	89	80	91	139	90

NOTA: Hay que tener en cuenta que para el cálculo del porcentaje total para cada intervalo Q, se tomó el número de puntos de calibración total para cada energía ensayada, siendo un total de 66 en el caso del Cs<sup>137</sup> y un total de 88 en el caso de energías de RX.

En la tabla superior se presenta la distribución de las determinaciones promedio de cada punto de calibración en función de los criterios propuestos por ANSI 13.11 (2001), para cada una de las energías de radiación ensayadas en términos de H<sub>p</sub>(10).

Del análisis de esta tabla se pone de manifiesto que, en la estimación de H<sub>p</sub>(10), aproximadamente el 86% de los puntos correspondientes a irradiaciones con Cs<sup>137</sup>, y el 81% de los puntos para irradiaciones con rayos X presentaron un valor de Q < 0,4, estando por tanto, dentro del límite de tolerancia en niveles de protección radiológica recomendado por la norma ANSI 13.11. (2001).

A continuación se presenta la distribución de las determinaciones promedio de cada punto de calibración en función de los criterios propuestos por ANSI 13.11 (2001), para cada una de las energías de rayos X ensayadas en términos de H<sub>p</sub>(0,07).

Distribución de las determinaciones dosimétricas en función de Q para Hp (0,07)

Q	RX	
	Nº de puntos de calibración o frecuencia ( $\leq Q$ )	% total
0,1	15	17
0,2	35	40
0,3	52	59
0,4	62	70
0,5	68	77
0,6	76	86

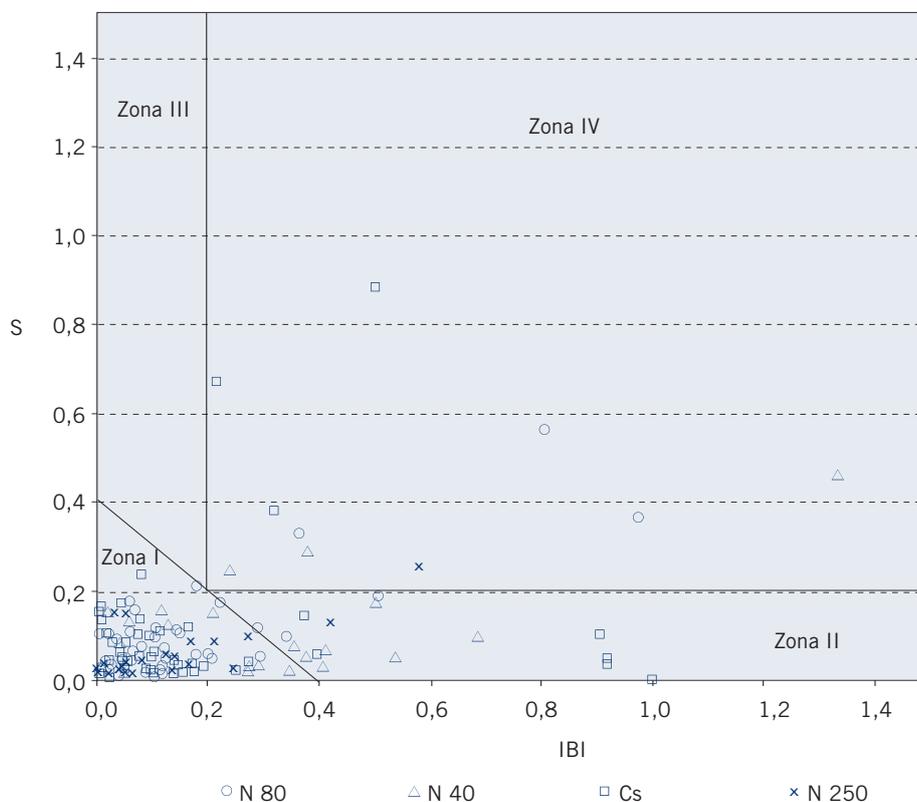
A partir de los datos presentados en esta tabla se observa que, en la estimación de  $H_p(0,07)$ , aproximadamente el 70% de los puntos correspondientes a irradiaciones con rayos X presentaron un valor de  $Q < 0,4$ , estando por tanto, dentro del límite de tolerancia en niveles de protección radiológica recomendado por la norma ANSI 13.11 (2001). Este porcentaje es más bajo que el obtenido para energías de rayos X en términos de  $H_p(10)$ .

Se concluye, por tanto, la necesidad de mejora de los sistemas dosimétricos en la deter-

minación de  $H_p(0,07)$  en bajas energías del espectro estrecho de rayos X.

En la figura se representa gráficamente el parámetro S en función de  $|B|$  para el conjunto de centros participantes, empleando un símbolo diferente para cada energía de calibración. A modo de guía, se ha representado gráficamente la recta  $|B| + S = 0,4$ , así como las rectas  $S = 0,20$  y  $B = 0,20$ .

Dichas rectas dividen la gráfica en cuatro zonas, cada una de las cuales tiene el siguiente significado:



NOTA: No se incluyó en la figura uno de los puntos de calibración de la energía de  $^{137}\text{Cs}$  correspondiente a un valor  $B = 2,20$  y  $S = 2,80$  por situarse fuera de la escala representada.

- Zona I: triángulo inferior que corresponde a  $Q \leq 0,4$ . Los puntos situados en esta zona son adecuados para un valor de tolerancia  $L=0,4$ .
- Zona II: zona exterior a la zona I y limitada por el eje de las abscisas y la recta  $S=0,2$ . Los puntos situados en esta zona presentan una mala calibración. Debería analizarse si el sistema está calibrado en la energía utilizada en la irradiación y en su caso, tomar las correspondientes medidas correctoras.
- Zona III: zona exterior a la zona I y limitada por el eje de las ordenadas y la recta  $|B|=0,2$ . Los puntos situados en esta zona presentan una dispersión demasiado elevada. Debería estudiarse la homogeneidad del material dosimétrico empleado así como la repetibilidad del sistema de lectura.
- Zona IV: zona exterior a las zonas I, II, y III, que corresponde a puntos de rechazo para la tolerancia considerada  $L=0,4$ . Deberían revisarse la calibración y la repetibilidad del sistema.

A la vista de la gráfica, se observa que la mayoría de los puntos se agruparon en la zona I de la misma, lo que quiere decir que cumplían el requisito o criterio de validez ( $Q \leq 0,4$ ) de la norma ANSI 13.11 (2001).

No apareció ningún punto en la zona III de esta gráfica, lo que implica que no existían

problemas de dispersión, o de inhomogeneidad del material dosimétrico ni de la repetibilidad del sistema de lectura.

Los puntos situados en las zonas II y IV pusieron de manifiesto que existían problemas de calibración en el sistema dosimétrico.

#### II.1.5. Conclusiones del ensayo realizado sobre la influencia del tipo de maniquí empleado en la irradiación de los dosímetros

Durante la campaña se utilizó para el conjunto de los SDPE participantes el maniquí práctico de calibración recomendado por la norma ISO 4037-3 (1999) y por el OIEA, caracterizado por ser un paralelepípedo relleno de agua de dimensiones 300 mm \*300 mm \*150 mm con paredes realizadas en polimetil-metacrilato (PMMA), con una pared frontal con un espesor de 2,5 mm y el resto de las paredes con un espesor de 10 mm.

Con el fin de estudiar la influencia del procedimiento de calibración en los resultados obtenidos en la campaña por los SDPE, se acordó realizar una serie de irradiaciones adicionales a las realizadas de acuerdo con la metodología expuesta en el párrafo anterior, utilizando el maniquí recomendado por ICRU en su publicación nº 47, consistente en un bloque sólido de PMMA de dimensiones 300 mm \*300 mm \*150 mm, con el objeto de disponer de datos experimentales sobre las diferencias existentes entre estas dos condiciones de irradiación.

Los resultados obtenidos en este ensayo avalaron la decisión de la norma ISO 4037-3 de aceptar el uso del maniquí de PMMA de 30\*30\*15 cm<sup>3</sup> para la asignación de H<sub>p</sub>(10) a dosímetros personales de energías iguales o superiores a la del Cs<sup>137</sup>. En el caso de las energías de rayos X, se observó que el cambio de procedimiento según las recomendaciones de la norma ISO 4037-3, no conllevaba una variación significativa respecto al procedimiento empleado en la campaña de intercomparación de 1995 donde se utilizó el maniquí práctico de calibración de ICRU 47.

## II.2. Comparación con los resultados obtenidos en la campaña anterior

Las calidades de irradiación en la Segunda Campaña de Intercomparación (1995) fueron:

Punto de calibración	Calidad de radiación	Rango de dosis equivalente personal (mSv)	Laboratorio responsable de las irradiaciones
1	<sup>137</sup> Cs	0,20	Ciemat
2	<sup>137</sup> Cs	1 (±30%)	Ciemat
3	<sup>137</sup> Cs	7 (±21%)	Ciemat
4	N-60 (48 keV)	0,5 (±15%)	INTE-UPC
5	N-60 (48 keV)	3 (±9%)	INTE-UPC
6	N-150 (118 keV)	0,5 (±15%)	INTE-UPC
7	N-150 (118 keV)	3 (±9%)	INTE-UPC

Con el fin de realizar un análisis comparativo entre los resultados obtenidos por los SDPE en la campaña de 1995 y los obteni-

dos en la campaña de 2001, se realizó una distribución de los centros participantes en función del parámetro Q.

El valor de este parámetro ha venido siendo modificado en cada nueva versión de la norma ANSI 13.11. Así, el límite de tolerancia para niveles de protección recomendado por ANSI 13.11 (1983) era de L = 0,5.

A su vez, en la versión ANSI 13.11. (2001), el valor recomendado para considerar aceptable o adecuado el funcionamiento de un SDP es  $Q \leq L$ , siendo L=0,4.

Por ello, con fines comparativos, se han diferenciado tres intervalos del valor de Q:

- $Q \leq 0,4$
- $0,4 < Q \leq 0,5$
- $Q > 0,5$

Para cada intervalo se detallan las calidades de radiación analizadas y se efectúa la valoración de forma conjunta para H<sub>p</sub>(10) y H<sub>p</sub>(0,07). Cada centro se asocia a cada uno de los intervalos en función del valor más desfavorable obtenido para esa calidad. Los resultados de esta valoración se presentan en la tabla de la página siguiente.

A partir de los datos expuestos en la tabla podemos realizar una clasificación de los SDPE participantes.

Calidad de radiación	$Q \leq 0,4$	$0,4 < Q \leq 0,5$	$Q > 0,5$
N-40 (33 keV)	9, 12, 13, 14, 15, 16, 18, 21, 22	8	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 10, 11, 17, 19, 20
N-80 (65 keV)	2, 5, 6, 8, 9, 10, 12, 13, 14, 15, 18, 19, 20, 21, 22	1, 7, 17	3, 4, 11, 16
N-250 (207 keV)	1, 2, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22		3, 11
Cs <sup>137</sup>	2, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 12, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22		1, 3, 11, 13

#### Clasificación de los SDPE

A	Centros que han obtenido un valor de $Q \leq 0,4$ para las cuatro calidades consideradas y en todos los puntos de calibración	9, 12, 14, 15, 18, 21, 22
B	Centros que no estando en la categoría A, han obtenido valor de $Q \leq 0,5$ para las cuatro calidades consideradas y en todos los puntos de calibración	8
C	Centros que no estando ni en la categoría A, ni en B, han obtenido un valor de $Q \leq 0,5$ para todas las calidades a excepción de la calidad N-40	2, 5, 6, 7, 10, 17, 19, 20
D	Centros que han obtenido $Q > 0,5$ para alguna de las calidades consideradas	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 10, 11, 13, 16, 17, 19, 20
E	Centros que han obtenido $Q > 0,5$ para todas las calidades consideradas	3, 11

La comparación global de estos resultados respecto a los de la campaña llevada a cabo en el año 1995 pone de manifiesto que las estimaciones de dosis realizadas para energías de rayos X de baja energía fue donde los SDPE autorizados por el CSN presentaron una mayor dificultad, fundamentalmente en lo relativo a la determinación de  $H_p(0,07)$ .

A partir de los datos presentados anteriormente se observó que 12 servicios presentaron un valor de  $Q > 0,5$  en la calidad N-40 de

rayos X, mientras que para la calidad de N-80, fueron cuatro los servicios que presentaron un valor de  $Q > 0,5$ .

Por otro lado, en el caso de los resultados correspondientes a la energía del Cs<sup>137</sup>, en la campaña del año 2001 hubo cuatro SDPE que presentaron valores de  $Q > 0,5$ , lo cual indica que la situación había empeorado en relación con el año 1995, donde no se detectó ningún SDP que presentara valores de  $Q > 0,5$ .

En resumen, a la vista de la comparación entre los resultados obtenidos por los SDPE en el año 1995 frente a los obtenidos por esos mismos servicios en el año 2001, cabe concluir que:

- Se produjo una mejoría en todas las calidades energéticas ensayadas en el 13% de los SDPE participantes en ambas campañas.
- Se mantuvieron estables los resultados para todas las calidades de energía ensayadas en el 25% de los SDPE participantes en ambas campañas.
- Se produjo un empeoramiento de resultados para todas las calidades energéticas ensayadas en el 25% de los SDPE participantes en ambas campañas.
- Se produjo un empeoramiento de resultados en energía del  $Cs^{137}$  en el 6% de los SDPE participantes en ambas campañas.
- Se produjo un empeoramiento de resultados para bajas energías (rayos X) en el 31% de los SDPE participantes en ambas campañas.

Mereció una valoración muy positiva la mejoría del 13% de los servicios comparados en todas las calidades energéticas ensayadas. Se detectó, sin embargo, la necesidad de tomar

acciones correctoras en cuanto a las condiciones de calibración de los sistemas dosimétricos en bajas energías (rayos X) dado que se observó un empeoramiento del comportamiento de dichos sistemas en el 31% de los servicios sometidos a comparación.

Por otro lado, se consideró importante el número de servicios que habían sufrido un empeoramiento en el comportamiento de su sistema dosimétrico en todas las calidades de energía ensayadas, destacando los casos de los centros 1 y 11, quienes no cumplían los criterios de la norma ANSI en ninguno de los puntos de calibración ensayados. De estos dos centros, el 1 cumplía los criterios de aceptación de las curvas de trompeta en todos los casos a excepción de la estimación de  $H_p(0,07)$  para la calidad N-40 de rayos X, mientras que el centro 11, tampoco cumplía los criterios establecidos por las curvas de trompeta en ninguno de los puntos de calibración ensayados.

Destacó también la situación del centro 13, quien había experimentado una mejoría en bajas energías (rayos X), si bien había empeorado la respuesta del sistema dosimétrico en energías de  $Cs^{137}$ , donde se observó que no cumplía ni los requisitos de las curvas de trompeta ni los de la norma ANSI 13.11 (2001).

## III. Conclusiones



### III. Conclusiones

Durante el año 2001 se desarrolló la Tercera Campaña de Intercomparación entre servicios de dosimetría personal externa (SDPE) organizada por el CSN, con la colaboración de los laboratorios metrológicos del Ciemat y del INTE de la UPC, en la que participaron veintidós SDPE autorizados por el CSN.

La metodología empleada para la calibración de los dosímetros personales durante la Tercera Campaña de Intercomparación fue la recomendada en la norma ISO 4037-3, en lo referente a los maniqués de calibración utilizados (maniquí ISO en forma de bloque relleno de agua), utilizando los coeficientes de conversión a dosis tabulados para las diferentes calidades energéticas en dicha norma.

Se tomó como magnitud operacional para expresar los resultados obtenidos en la campaña, la dosis equivalente individual o personal  $H_p(10)$  y  $H_p(0,07)$ , recomendada por ICRU en su publicación n° 51.

Se adoptaron como criterios de evaluación de los resultados obtenidos en la Tercera Campaña de Intercomparación las denominadas *curvas de trompeta*, cuyos límites de aceptación vienen definidos en base a las tolerancias recomendadas en las publicaciones n° 60 y n° 75 de ICRP para dosimetría personal, y considerando un nivel de registro de

0,10 mSv (nivel de registro mensual establecido por el CSN en los SDP autorizados).

Se realizó, adicionalmente, una evaluación de los datos obtenidos en la campaña aplicando como criterios los recomendados en la norma ANSI 13.11. (2001). Este análisis de evaluación se realizó con objeto de efectuar un estudio comparativo entre los resultados obtenidos en la Segunda y en la Tercera Campaña de Intercomparación, para los 16 SDPE que habían participado en ambas campañas.

En cuanto a los resultados de la Tercera Campaña de Intercomparación y, teniendo en cuenta los dos métodos de análisis de los resultados, se puede concluir que:

- a) Resultados de la Tercera Campaña de Intercomparación en función del análisis a partir de las curvas de trompeta:
- 18 de los 22 centros participantes (82%) presentaban un nivel de fiabilidad adecuada.
  - 15 de los 22 centros participantes (68,2%) cumplían los criterios de aceptación de las curvas de trompeta para  $H_p(10)$  y  $H_p(0,07)$  en todos los puntos de calibración analizados.
  - Tres de los 22 centros participantes (14%) cumplían los criterios de aceptación de las curvas de trompeta para todos los puntos de calibración,

menos en el caso de la estimación de  $H_p(0,07)$  para rayos X del espectro estrecho de energías medias de 33 keV.

- Un centro de los 22 participantes (5%) cumplía únicamente los criterios de aceptación de las curvas de trompeta para rayos X de espectro estrecho en energías de 207 keV y para el  $Cs^{137}$ .
- Un centro de los 22 participantes (5%) cumplía únicamente los criterios de aceptación de las curvas de trompeta para rayos X de espectro estrecho en energías de 33 keV y para energías de 65 keV.
- Dos de los 22 centros participantes (9%) no cumplían los criterios de aceptación de las curvas de trompeta para ninguna de las calidades de radiación analizadas en la Campaña de Intercomparación (rayos X y  $Cs^{137}$ ).

Del análisis de los resultados se puso de manifiesto que aproximadamente el 90% de las medidas presentadas por los SDPE participantes se encontraban dentro del rango de tolerancia establecido por las curvas de trompeta en términos de  $H_p(10)$  y  $H_p(0,07)$  para todas las calidades de energías ensayadas a excepción de la calidad N-40 (33 keV para rayos X) en términos de  $H_p(0,07)$ .

En la calidad N-40 en términos de  $H_p(0,07)$  el porcentaje de medidas presen-

tadas por los SDPE participantes que se encontraban dentro del rango de tolerancia establecido por las curvas de trompeta era del 84%.

A nivel general se cumplían los criterios de aceptación establecidos por las curvas de trompeta a excepción de la determinación de la dosis en términos de  $H_p(0,07)$  en bajas energías fotónicas.

Se identificaron necesidades de mejora específicas para SDPE determinados y se identificaron dos SDPE con un funcionamiento inadecuado.

b) Resultados de la Tercera Campaña de Intercomparación en función del análisis mediante la norma ANSI 13.11 (2001).

b.1) Estimación de  $H_p(10)$

- Aproximadamente el 86% de las mediciones presentadas por los SDP participantes correspondientes a irradiaciones efectuadas en energías de  $Cs^{137}$  estaban dentro del límite de tolerancia en niveles de protección radiológica recomendado por la norma ANSI 13.11 (2001).
- Aproximadamente el 81% de las mediciones presentadas por los SDP participantes correspondientes a irradiaciones efectuadas en energías de rayos X del espectro estre-

cho estaban dentro del límite de tolerancia en niveles de protección radiológica recomendado por la norma ANSI 13.11 (2001).

- En general, aproximadamente el 83% de las mediciones presentadas por los SDP participantes estaban dentro del límite de tolerancia en niveles de protección radiológica recomendado por la norma ANSI 13.11 (2001) para todas las calidades energéticas utilizadas en la Campaña de Intercomparación.

#### b.2) Estimación de $H_p(0,07)$

- Aproximadamente el 70% de las mediciones presentadas por los SDPE participantes correspondientes a irradiaciones con rayos X del espectro estrecho de energía estaban dentro del límite de tolerancia recomendado por la norma ANSI 13.11 (2001).
- Este porcentaje fue inferior al obtenido para energías de rayos X en términos de  $H_p(10)$  (aproximadamente del 81%).

Del análisis de las mediciones presentadas por los SDPE participantes se observó que no existían problemas de dispersión, o de inhomogeneidad del material dosimétrico ni de la repetibilidad del sistema de lectura.

Una vez presentados y analizados los resultados de la Tercera Campaña de Intercomparación, se exponen a continuación las conclusiones derivadas de la comparación de los mismos con los obtenidos en la Campaña de Intercomparación realizada en el año 1995:

- De los 22 centros participantes en la Campaña de Intercomparación del año 2001, sólo 16 participaron también en la campaña del año 1995.
- Cuatro de los 16 centros participantes en ambas campañas (25%) mantuvieron un comportamiento estable en todas las calidades de radiación.
- Dos de los 16 centros participantes en ambas campañas (13%) experimentaron una mejoría significativa en todas las calidades de radiación.
- Cuatro de los 16 centros participantes en ambas campañas (25%) mostraron un empeoramiento del valor del parámetro Q:
  - Dos de estos centros no cumplían los criterios de la norma ANSI 13.11 (2001) en ninguno de los puntos de calibración ensayados.
  - Dos de estos centros aunque habían experimentado un empeoramiento del valor del parámetro Q tanto en rayos X como en  $Cs^{137}$ , únicamente no cumplían los criterios de la norma ANSI 13.11 (2001) para bajas energías de radiación fotónica.

- Cinco de los 16 centros participantes en ambas campañas (31%) presentaron un empeoramiento para bajas energías de rayos X, no cumpliendo en ninguno de los casos los criterios de la norma ANSI 13.11. (2001) en esta calidad de radiación.
- Uno de los 16 centros participantes en ambas campañas (6%) experimentó una mejoría en los resultados obtenidos para bajas energías de rayos X, presentando un empeoramiento en los resultados obtenidos para energía de Cs<sup>137</sup>, superando en esta calidad de radiación los criterios de aceptación de la norma ANSI 13.11 (2001).

### III.1. Actuaciones posteriores

Una vez finalizada la Tercera Campaña de Intercomparación entre servicios de dosimetría personal externa autorizados por el CSN se remitió a los centros participantes un escrito en el que se comunicaban individualmente los resultados obtenidos en la campaña, en función de las curvas de trompeta, con un formato idéntico a los resultados incluidos en el anexo II del presente informe. Adicionalmente, se incluía información que permitía a cada SDPE participante comparar su grado de fiabilidad con el del resto de participantes.

Posteriormente, se celebró en la sede del CSN una sesión monográfica organizada por este Organismo con la participación de los responsables de los SDPE y de los representantes de los laboratorios de calibración, en la que se presentaron los resultados obtenidos. La realización de esta sesión monográfica permitió crear un foro de discusión a partir del cual extraer conclusiones e identificar líneas de trabajo a adoptar en el futuro.

Como complemento a todo lo anterior, se remitió una Instrucción Técnica Complementaria a los correspondientes SDPE, donde se requerían acciones correctoras con el fin de corregir las deficiencias puestas de manifiesto en cada centro.

En el tiempo transcurrido desde la finalización de la Tercera Campaña de Intercomparación hasta la actualidad, este Organismo ha continuado realizando el seguimiento del funcionamiento de los SDPE y de las acciones correctoras que fueron encomendadas a los mismos.

En el momento de redactar este informe, se encuentra en su fase final la Cuarta Campaña de Intercomparación entre SDPE, desarrollada lo largo de los años 2006 y 2007, donde se realizará nuevamente una verificación del adecuado funcionamiento de los SDPE autorizados por el CSN.

## IV. Referencias Bibliográficas



#### IV. Referencias bibliográficas

- ANSI/HPS N13.11-2001 “American National Standard. Personnel Dosimetry Performance – Criteria for testing” (2001).
- Radiation Protection Dosimetry vol 89, nº1-2. “Harmonisation and Dosimetric Quality Assurance in individual monitoring for external radiation” (2000).
- IAEA-TECDOC-1126 “Intercomparison for individual monitoring of external exposure from photon radiation. Results of a co-ordinated research project, 1996-1998” (December 1999).
- ICRP 60. International Commission on Radiological Protection, “1990 Recommendations of the ICRP”. Publication nº 60 (1991).
- ICRP 75. International Commission on Radiological Protection, “General Principles for the Radiation Protection of Workers”. Publication nº 75 (1997).
- ICRU 47. International Commission on Radiation Units and Measurements. “Measurements of Dose Equivalents from external photon and electron radiations”. ICRU Report 47 (1992).
- ISO 4037-1. International Organization for Standardization. “X and gamma reference radiation for calibrating dosimeters and dose rate meters and for determining their response as a function of photon energy. Part 1: Radiation characteristics and production methods” (1996).
- ISO 4037-1. International Organization for Standardization. “X and gamma reference radiation for calibrating dosimeters and dose rate meters and for determining their response as a function of photon energy. Part 3: Calibration of area and personal dosimeters and the measurement of their response as a function of energy and angle of incidence” (1999).
- Brosed. A, Ginjaume. M, *Calibración de dosímetros personales usando haces externos de fotones. Control de los Servicios de Dosimetría personal autorizados por el CSN. Informe técnico del Ciemat nº 781* (1995).
- Brosed. A, Ginjaume. M, *Calibración de dosímetros personales usando haces externos de fotones. Control de los Servicios de Dosimetría personal autorizados por el CSN. Informe preliminar convenios del CSN 2000/27 y SRO/344/2000/227.06* (2000).
- Villanueva. I, Hernández. A, Amor. I, Muñoz. MJ. *Spanish intercomparison for individual monitoring. Radiation Protection Dosimetry 96 (1-3)* (2001).



**Anexo I. Fotografía de  
los dosímetros utilizados  
por los SDPE participantes  
en la Tercera Campaña de  
Intercomparación**



## Dosímetros utilizados por los servicios de dosimetría personal españoles



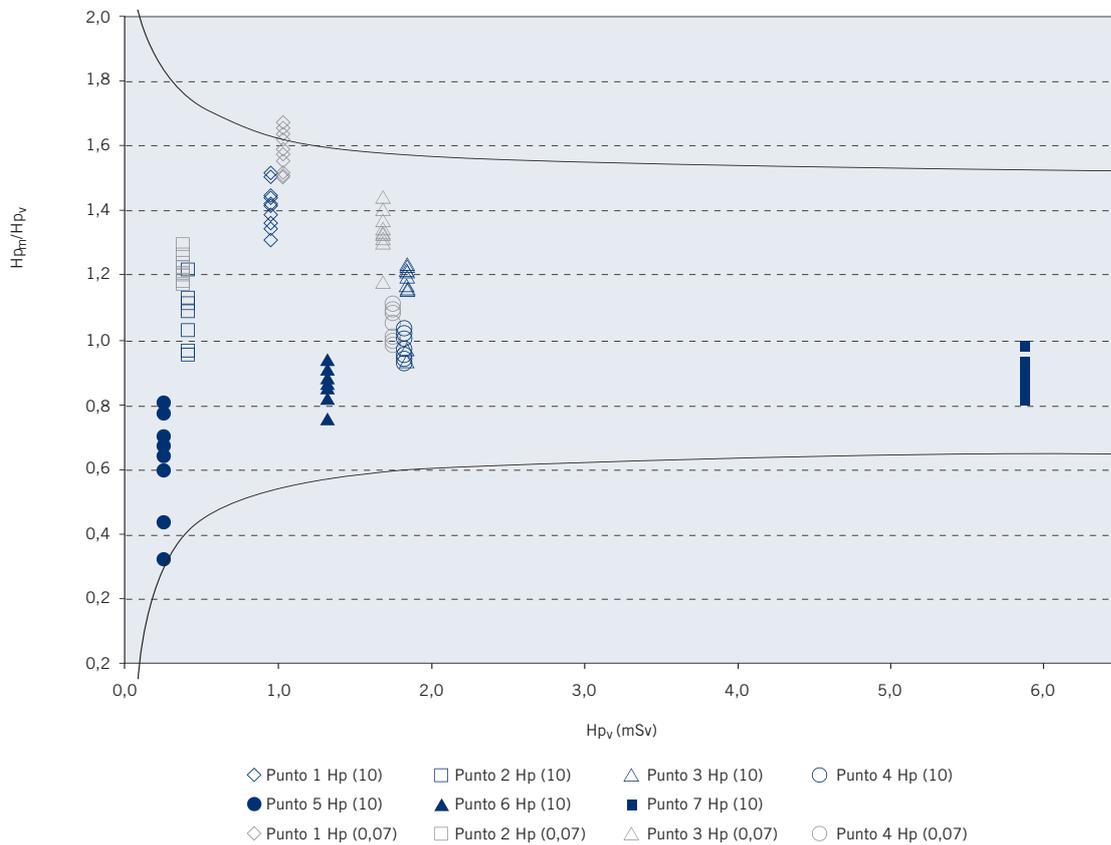


**Anexo II. Resultados  
obtenidos por cada  
SDPE participante  
en la Tercera Campaña  
de Intercomparación**



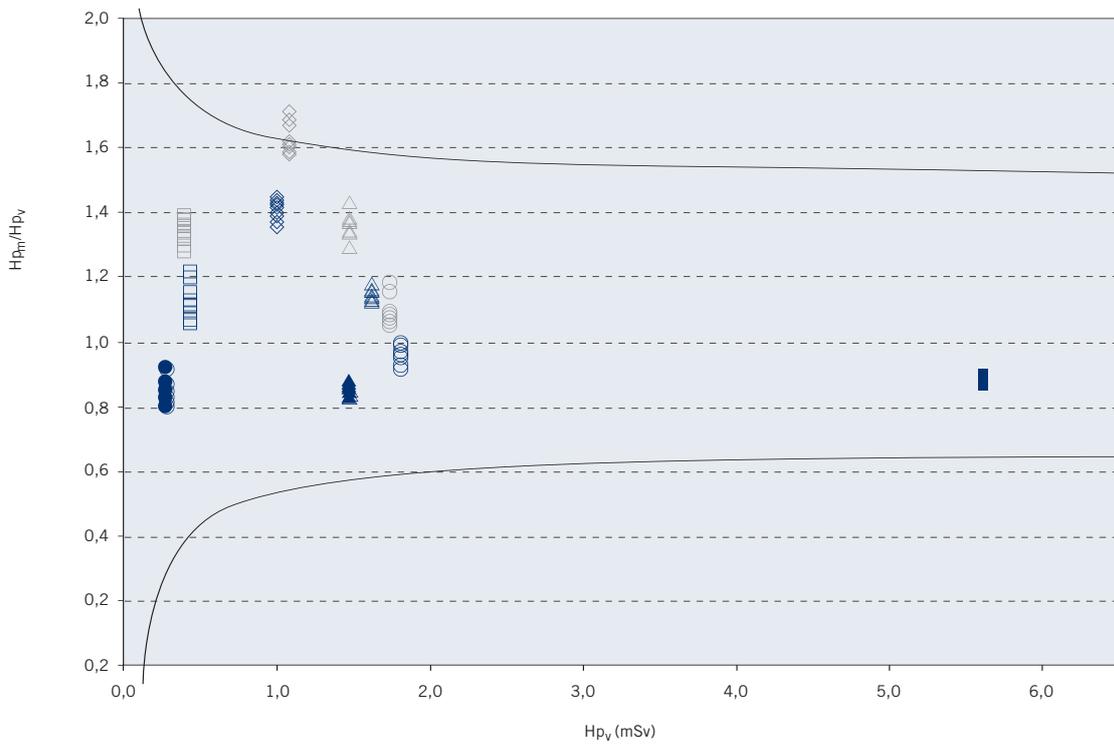
Centro 1

Punto	Energía media (keV)	Magnitud de referencia	Valores de referencia $M_v$ (mSv)	Valores medidos		Parámetros evaluadores				Cumplimiento	
				$\dot{y}_i$ (mSv)	$s_{M_i}/\dot{y}_i$ (%)	$\dot{Y}_i$	B	S	Q	Curvas trompeta	ANSI (2001)
1	33	$H_p(10)$	0,949	1,342	4,7	1,414	0,414	0,067	0,481	SI (0)	NO (6)
		$H_p(0,07)$	1,030	1,630	3,9	1,583	0,583	0,061	0,644	NO (3)	NO (10)
2	65	$H_p(10)$	0,412	0,445	7,2	1,080	0,080	0,078	0,158	SI (0)	SI (0)
		$H_p(0,07)$	0,377	0,461	3,1	1,224	0,224	0,038	0,261	SI (0)	SI (0)
3	65	$H_p(10)$	1,843	2,117	9,4	1,149	0,149	0,108	0,256	SI (0)	SI (0)
		$H_p(0,07)$	1,686	2,255	5,2	1,337	0,337	0,070	0,407	SI (0)	NO (2)
4	207	$H_p(10)$	1,820	1,797	3,6	0,987	-0,013	0,035	0,048	SI (0)	SI (0)
		$H_p(0,07)$	1,746	1,848	4,4	1,059	0,059	0,047	0,105	SI (0)	SI (0)
5	662	$H_p(10)$	0,250	0,157	23	0,626	-0,374	0,147	0,521	SI (0)	NO (3)
		$H_p(0,07)$		0,212	17						
6	662	$H_p(10)$	1,329	1,143	5,9	0,860	-0,140	0,051	0,191	SI (0)	SI (0)
		$H_p(0,07)$		1,396	4,0						
7	662	$H_p(10)$	5,879	5,277	5,5	0,898	-0,102	0,049	0,151	SI (0)	SI (0)
		$H_p(0,07)$		6,382	5,8						



Centro 2

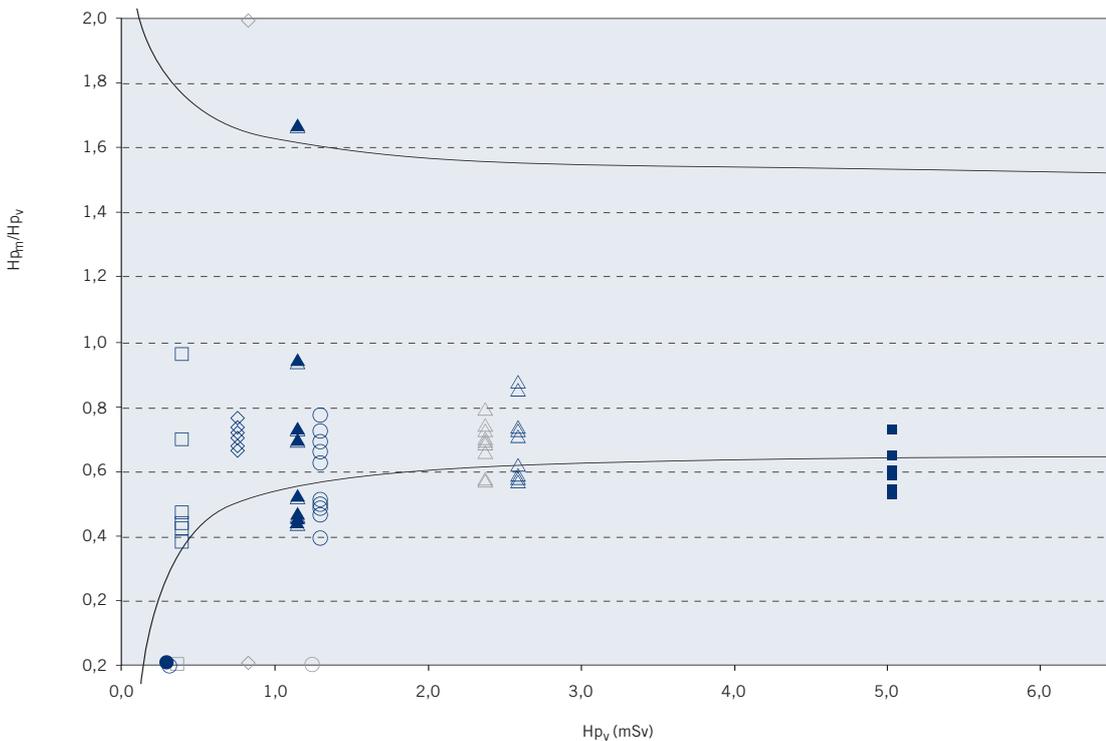
Punto	Energía media (keV)	Magnitud de referencia	Valores de referencia $M_v$ (mSv)	Valores medidos		Parámetros evaluadores				Cumplimiento	
				$\dot{y}_i$ (mSv)	$s_{M/y_i}$ (%)	$\ddot{Y}_i$	B	S	Q	Curvas trompeta	ANSI (2001)
1	33	$H_p(10)$	0,975	1,375	2,1	1,410	0,410	0,029	0,439	SI (0)	NO (7)
		$H_p(0,07)$	1,058	1,722	2,9	1,627	0,627	0,048	0,675	NO (4)	NO (10)
2	65	$H_p(10)$	0,408	0,459	4,7	1,126	0,126	0,053	0,178	SI (0)	SI (0)
		$H_p(0,07)$	0,373	0,499	2,6	1,339	0,339	0,035	0,374	SI (0)	SI (0)
3	65	$H_p(10)$	1,596	1,837	1,4	1,151	0,151	0,016	0,167	SI (0)	SI (0)
		$H_p(0,07)$	1,460	1,984	2,7	1,359	0,359	0,037	0,396	SI (0)	SI (1)
4	207	$H_p(10)$	1,787	1,713	2,7	0,958	-0,042	0,026	0,068	SI (0)	SI (0)
		$H_p(0,07)$	1,714	1,877	3,9	1,095	0,095	0,043	0,138	SI (0)	SI (0)
5	662	$H_p(10)$	0,250	0,213	4,1	0,851	-0,149	0,035	0,184	SI (0)	SI (0)
		$H_p(0,07)$		0,224	5,5						
6	662	$H_p(10)$	1,459	1,259	1,8	0,863	-0,137	0,015	0,153	SI (0)	SI (0)
		$H_p(0,07)$		1,297	2,5						
7	662	$H_p(10)$	5,624	4,966	1,6	0,883	-0,117	0,014	0,131	SI (0)	SI (0)
		$H_p(0,07)$		5,091	3,3						



- ◇ Punto 1 Hp (10)
- Punto 2 Hp (10)
- △ Punto 3 Hp (10)
- Punto 4 Hp (10)
- Punto 5 Hp (10)
- ▲ Punto 6 Hp (10)
- Punto 7 Hp (10)
- ◇ Punto 1 Hp (0,07)
- Punto 2 Hp (0,07)
- △ Punto 3 Hp (0,07)
- Punto 4 Hp (0,07)

Centro 3

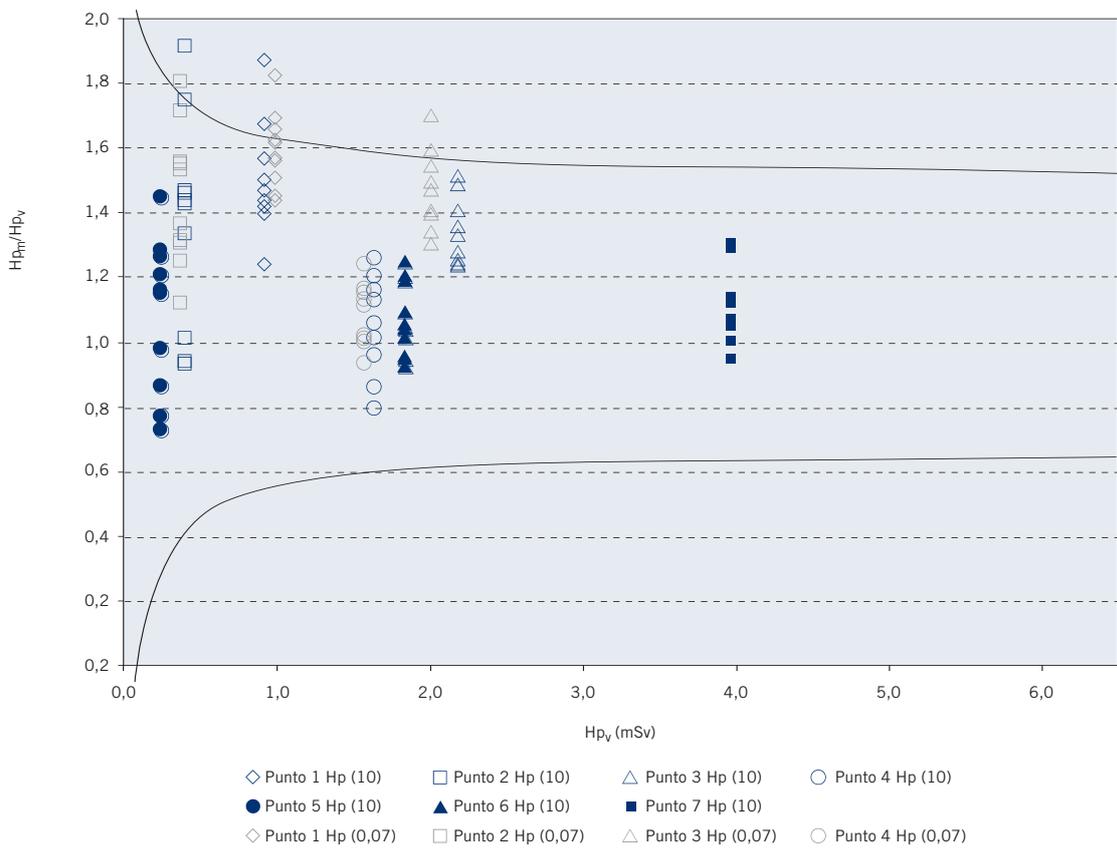
Punto	Energía media (keV)	Magnitud de referencia	Valores de referencia $M_v$ (mSv)	Valores medidos		Parámetros evaluadores				Cumplimiento	
				$\dot{y}_i$ (mSv)	$s_{M/\dot{y}_i}$ (%)	$\ddot{Y}_i$	B	S	Q	Curvas trompeta	ANSI (2001)
1	33	$H_p(10)$	0,710	0,502	4,7	0,707	-0,293	0,033	0,326	SI (0)	SI (0)
		$H_p(0,07)$	0,771	0,154	316	0,200	-0,800	0,632	1,432	NO (10)	NO (10)
2	65	$H_p(10)$	0,344	0,170	38	0,494	-0,506	0,190	0,696	SI (0)	NO (8)
		$H_p(0,07)$	0,315	0,000		0,000	-1,000	0,000	1,000	NO (10)	NO (10)
3	65	$H_p(10)$	2,547	1,810	17	0,711	-0,289	0,120	0,409	NO (3)	NO (3)
		$H_p(0,07)$	2,330	1,564	11	0,671	-0,329	0,076	0,405	NO (3)	NO (3)
4	207	$H_p(10)$	1,250	0,725	22	0,580	-0,420	0,127	0,547	NO (5)	NO (5)
		$H_p(0,07)$	1,199	0,000		0,000	-1,000	0,000	1,000	NO (10)	NO (10)
5	662	$H_p(10)$	0,250	0,000		0,000	-1,000	0,000	1,000	NO (10)	NO (10)
		$H_p(0,07)$		0,000							
6	662	$H_p(10)$	1,111	0,756	56	0,680	-0,320	0,384	0,703	NO (7)	NO (7)
		$H_p(0,07)$		0,160	316						
7	662	$H_p(10)$	5,015	3,023	10	0,603	-0,397	0,061	0,458	NO (7)	NO (5)
		$H_p(0,07)$		2,577	12						



- ◇ Punto 1 Hp (10)
- Punto 2 Hp (10)
- △ Punto 3 Hp (10)
- Punto 4 Hp (10)
- Punto 5 Hp (10)
- ▲ Punto 6 Hp (10)
- Punto 7 Hp (10)
- Punto 4 Hp (0,07)
- ◇ Punto 1 Hp (0,07)
- Punto 2 Hp (0,07)
- △ Punto 3 Hp (0,07)
- Punto 4 Hp (0,07)

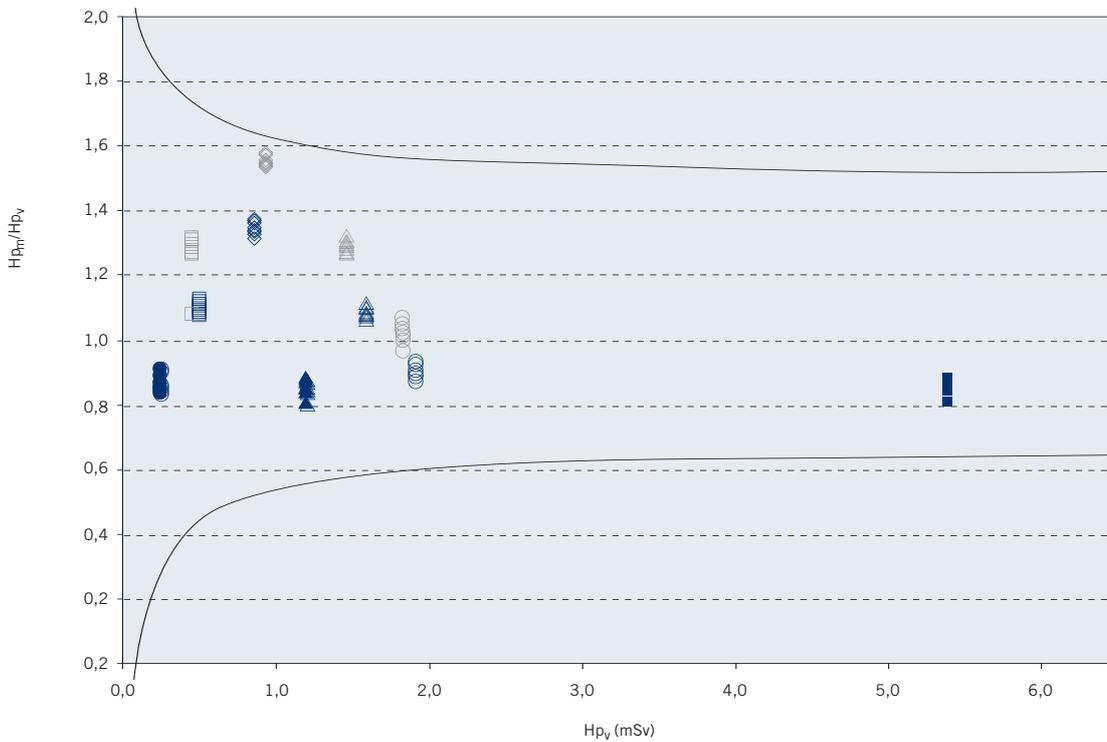
Centro 4

Punto	Energía media (keV)	Magnitud de referencia	Valores de referencia $M_r$ (mSv)	Valores medidos		Parámetros evaluadores				Cumplimiento	
				$\hat{y}_i$ (mSv)	$s_{M/\hat{y}_i}$ (%)	$\hat{Y}_i$	B	S	Q	Curvas trompeta	ANSI (2001)
1	33	$H_p(10)$	0,922	1,387	11	1,504	0,504	0,172	0,676	NO (2)	NO (8)
		$H_p(0,07)$	1,001	1,592	7,4	1,590	0,590	0,117	0,707	NO (3)	NO (10)
2	65	$H_p(10)$	0,414	0,565	24	1,364	0,364	0,330	0,694	NO (2)	NO (6)
		$H_p(0,07)$	0,379	0,548	15	1,447	0,447	0,217	0,664	SI (1)	NO (5)
3	65	$H_p(10)$	2,206	2,959	7,3	1,341	0,341	0,098	0,440	SI (0)	NO (3)
		$H_p(0,07)$	2,018	2,981	8,2	1,477	0,477	0,121	0,598	NO (2)	NO (7)
4	207	$H_p(10)$	1,645	1,738	14	1,057	0,057	0,151	0,208	SI (0)	SI (0)
		$H_p(0,07)$	1,579	1,721	8,8	1,090	0,090	0,096	0,186	SI (0)	SI (0)
5	662	$H_p(10)$	0,250	0,270	22	1,082	0,082	0,239	0,321	SI (0)	SI (1)
		$H_p(0,07)$		0,270	25						
6	662	$H_p(10)$	1,855	1,970	11	1,062	0,062	0,116	0,178	SI (0)	SI (0)
		$H_p(0,07)$		2,013	8,6						
7	662	$H_p(10)$	3,995	4,452	10	1,114	0,114	0,113	0,227	SI (0)	SI (0)
		$H_p(0,07)$		4,588	7,3						



Centro 5

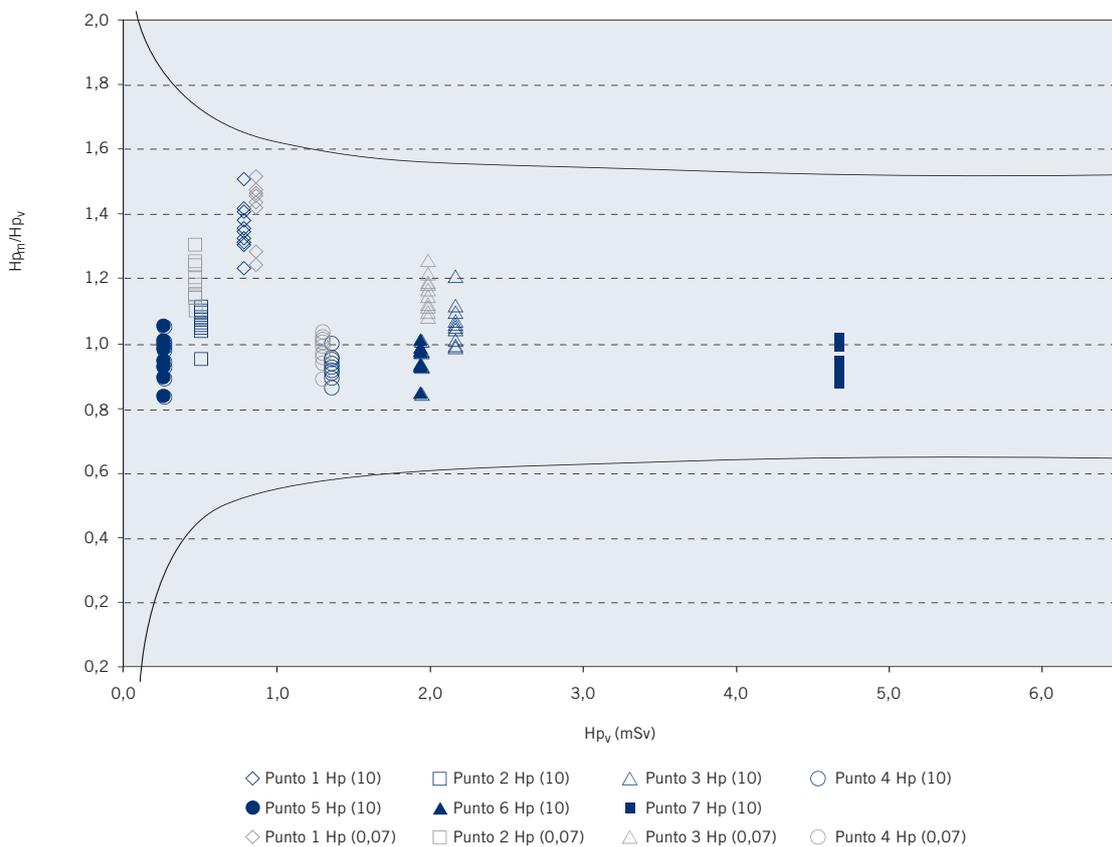
Punto	Energía media (keV)	Magnitud de referencia	Valores de referencia $M_r$ (mSv)	Valores medidos		Parámetros evaluadores				Cumplimiento	
				$\dot{y}_i$ (mSv)	$s_{M_r/\dot{y}_i}$ (%)	$\ddot{Y}_i$	B	S	Q	Curvas trompeta	ANSI (2001)
1	33	$H_p(10)$	0,860	1,160	1,3	1,349	0,349	0,018	0,367	SI (0)	SI (0)
		$H_p(0,07)$	0,934	1,453	1,1	1,555	0,555	0,017	0,572	SI (0)	NO (10)
2	65	$H_p(10)$	0,499	0,549	1,6	1,099	0,099	0,018	0,117	SI (0)	SI (0)
		$H_p(0,07)$	0,456	0,579	5,5	1,269	0,269	0,070	0,339	SI (0)	SI (0)
3	65	$H_p(10)$	1,597	1,744	1,6	1,092	0,092	0,018	0,110	SI (0)	SI (0)
		$H_p(0,07)$	1,461	1,897	1,3	1,298	0,298	0,016	0,314	SI (0)	SI (0)
4	207	$H_p(10)$	1,918	1,738	2,5	0,906	-0,094	0,022	0,116	SI (0)	SI (0)
		$H_p(0,07)$	1,840	1,888	2,9	1,026	0,026	0,030	0,056	SI (0)	SI (0)
5	662	$H_p(10)$	0,250	0,217	2,6	0,869	-0,131	0,023	0,153	SI (0)	SI (0)
		$H_p(0,07)$		0,233	2,3						
6	662	$H_p(10)$	1,203	1,035	2,8	0,860	-0,140	0,024	0,164	SI (0)	SI (0)
		$H_p(0,07)$		1,095	1,6						
7	662	$H_p(10)$	5,397	4,636	2,6	0,859	-0,141	0,023	0,164	SI (0)	SI (0)
		$H_p(0,07)$		4,969	1,8						



- ◇ Punto 1 Hp (10)
- Punto 2 Hp (10)
- △ Punto 3 Hp (10)
- Punto 4 Hp (10)
- Punto 5 Hp (10)
- ▲ Punto 6 Hp (10)
- Punto 7 Hp (10)
- ◇ Punto 1 Hp (0,07)
- Punto 2 Hp (0,07)
- △ Punto 3 Hp (0,07)
- Punto 4 Hp (0,07)

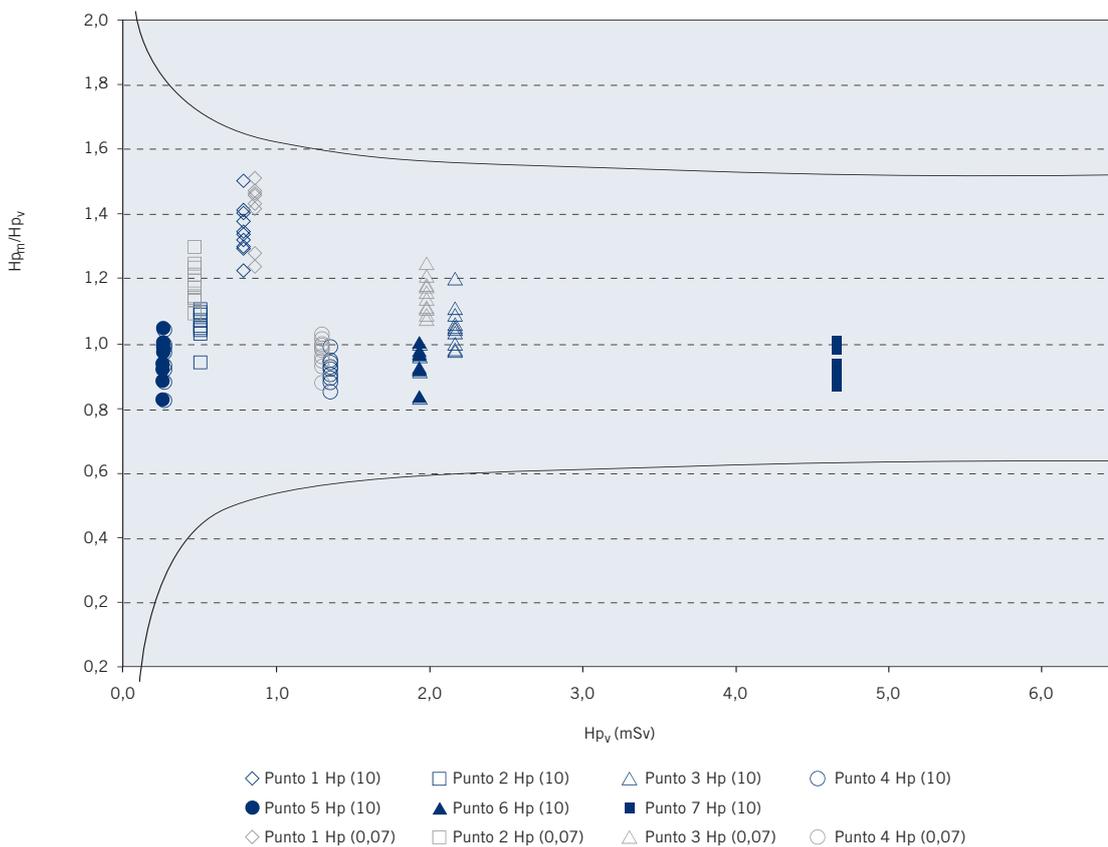
Centro 6

Punto	Energía media (keV)	Magnitud de referencia	Valores de referencia $M_v$ (mSv)	Valores medidos		Parámetros evaluadores				Cumplimiento	
				$\dot{y}_i$ (mSv)	$s_{M_i}/\dot{y}_i$ (%)	$\ddot{Y}_i$	B	S	Q	Curvas trompeta	ANSI (2001)
1	33	$H_p(10)$	0,777	1,056	5,6	1,358	0,358	0,076	0,435	SI (0)	NO (3)
		$H_p(0,07)$	0,844	1,201	6,6	1,422	0,422	0,094	0,517	SI (0)	NO (7)
2	65	$H_p(10)$	0,498	0,529	4,4	1,062	0,062	0,047	0,109	SI (0)	SI (0)
		$H_p(0,07)$	0,456	0,543	5,2	1,190	0,190	0,062	0,252	SI (0)	SI (0)
3	65	$H_p(10)$	2,159	2,298	6,1	1,065	0,065	0,065	0,130	SI (0)	SI (0)
		$H_p(0,07)$	1,975	2,290	4,8	1,160	0,160	0,056	0,215	SI (0)	SI (0)
4	207	$H_p(10)$	1,342	1,232	4,7	0,918	-0,082	0,043	0,125	SI (0)	SI (0)
		$H_p(0,07)$	1,287	1,259	4,5	0,979	-0,021	0,044	0,066	SI (0)	SI (0)
5	662	$H_p(10)$	0,250	0,239	6,8	0,956	-0,044	0,065	0,109	SI (0)	SI (0)
		$H_p(0,07)$		0,232	5,9						
6	662	$H_p(10)$	1,926	1,818	4,8	0,944	-0,056	0,046	0,102	SI (0)	SI (0)
		$H_p(0,07)$		1,844	4,2						
7	662	$H_p(10)$	4,675	4,403	4,6	0,942	-0,058	0,044	0,102	SI (0)	SI (0)
		$H_p(0,07)$		4,355	6,2						



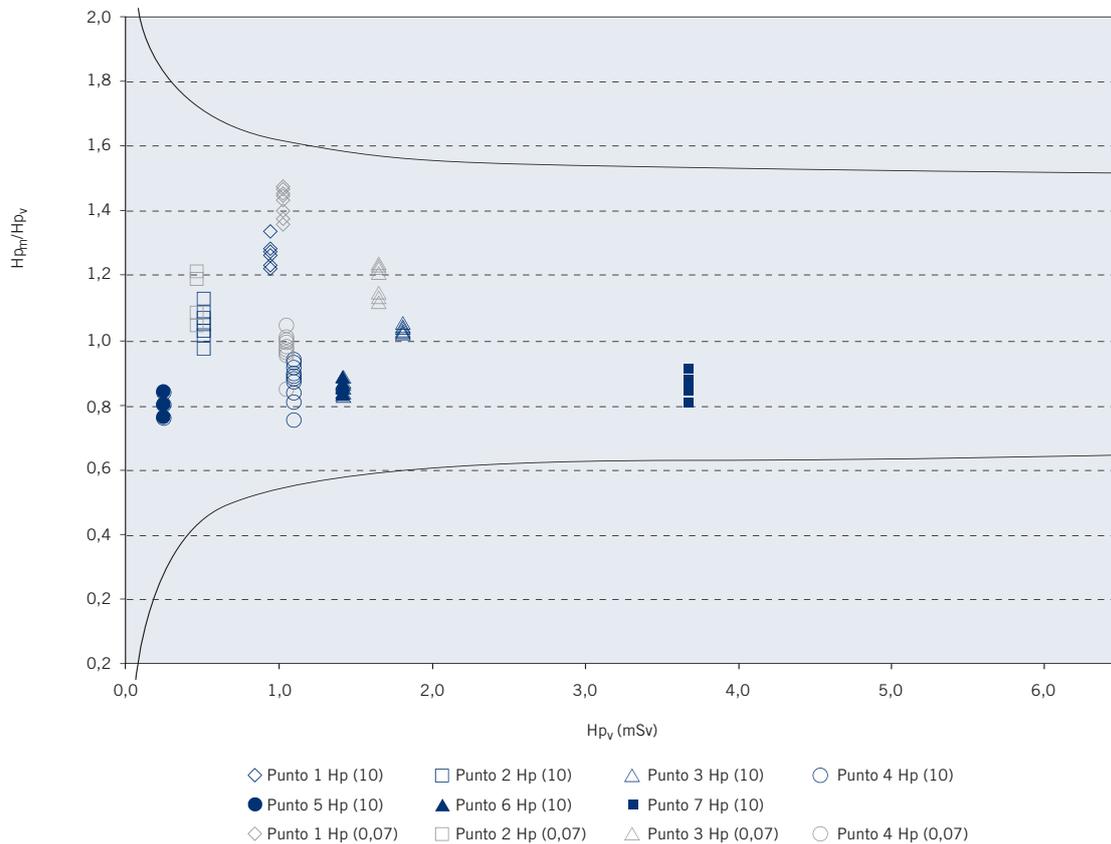
Centro 7

Punto	Energía media (keV)	Magnitud de referencia	Valores de referencia $M_v$ (mSv)	Valores medidos		Parámetros evaluadores				Cumplimiento	
				$\dot{y}_i$ (mSv)	$s_{M_i}/\dot{y}_i$ (%)	$\dot{Y}_i$	B	S	Q	Curvas trompeta	ANSI (2001)
1	33	$H_p(10)$	0,745	1,146	3,2	1,539	0,539	0,049	0,587	SI (0)	NO (10)
		$H_p(0,07)$	0,809	1,350	2,2	1,669	0,669	0,037	0,706	NO (7)	NO (10)
2	65	$H_p(10)$	0,448	0,501	2,9	1,118	0,118	0,032	0,151	SI (0)	SI (0)
		$H_p(0,07)$	0,410	0,532	2,6	1,298	0,298	0,034	0,332	SI (0)	SI (0)
3	65	$H_p(10)$	1,432	1,855	4,3	1,295	0,295	0,055	0,350	SI (0)	SI (0)
		$H_p(0,07)$	1,310	1,903	3,1	1,453	0,453	0,045	0,498	SI (0)	NO (9)
4	207	$H_p(10)$	1,629	1,706	3,2	1,047	0,047	0,033	0,081	SI (0)	SI (0)
		$H_p(0,07)$	1,563	1,739	4,1	1,113	0,113	0,046	0,159	SI (0)	SI (0)
5	662	$H_p(10)$	0,250	0,249	1,5	0,994	-0,006	0,015	0,021	SI (0)	SI (0)
		$H_p(0,07)$		0,346	2,0						
6	662	$H_p(10)$	1,203	1,326	2,2	1,102	0,102	0,024	0,126	SI (0)	SI (0)
		$H_p(0,07)$		1,383	2,2						
7	662	$H_p(10)$	4,604	5,015	2,3	1,089	0,089	0,025	0,114	SI (0)	SI (0)
		$H_p(0,07)$		4,974	2,2						



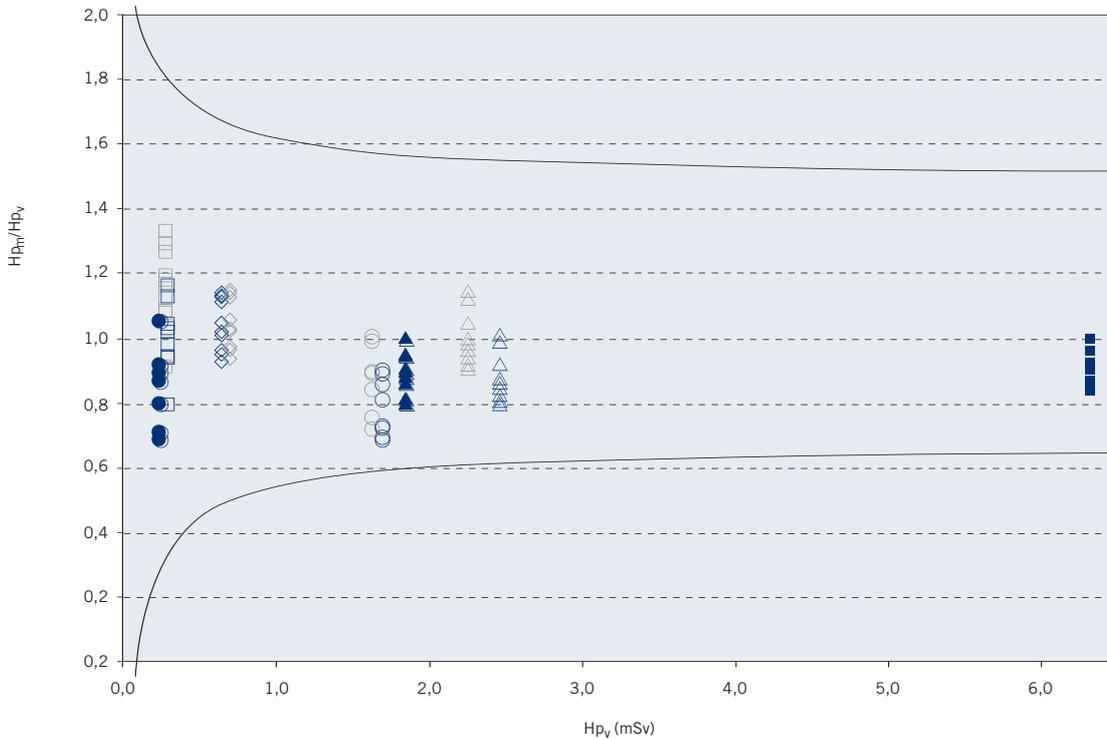
Centro 8

Punto	Energía media (keV)	Magnitud de referencia	Valores de referencia $M_r$ (mSv)	Valores medidos		Parámetros evaluadores				Cumplimiento	
				$\dot{y}_i$ (mSv)	$s_{M_r}/\dot{y}_i$ (%)	$\ddot{Y}_i$	B	S	Q	Curvas trompeta	ANSI (2001)
1	33	$H_p(10)$	0,947	1,210	2,5	1,278	0,278	0,032	0,310	SI (0)	SI (0)
		$H_p(0,07)$	1,028	1,468	3,0	1,428	0,428	0,042	0,470	SI (0)	NO (7)
2	65	$H_p(10)$	0,514	0,537	4,4	1,045	0,045	0,046	0,091	SI (0)	SI (0)
		$H_p(0,07)$	0,470	0,540	6,5	1,149	0,149	0,075	0,224	SI (0)	SI (0)
3	65	$H_p(10)$	1,813	1,887	1,1	1,041	0,041	0,012	0,053	SI (0)	SI (0)
		$H_p(0,07)$	1,659	1,978	4,4	1,192	0,192	0,052	0,245	SI (0)	SI (0)
4	207	$H_p(10)$	1,102	0,962	6,8	0,873	-0,127	0,059	0,186	SI (0)	SI (0)
		$H_p(0,07)$	1,057	1,032	5,3	0,976	-0,024	0,052	0,075	SI (0)	SI (0)
5	662	$H_p(10)$	0,250	0,201	3,7	0,804	-0,196	0,030	0,226	SI (0)	SI (0)
		$H_p(0,07)$		0,204	5,8						
6	662	$H_p(10)$	1,430	1,232	1,9	0,862	-0,138	0,017	0,155	SI (0)	SI (0)
		$H_p(0,07)$		1,271	4,6						
7	662	$H_p(10)$	3,683	3,196	3,2	0,868	-0,132	0,028	0,160	SI (0)	SI (0)
		$H_p(0,07)$		3,285	5,6						



Centro 9

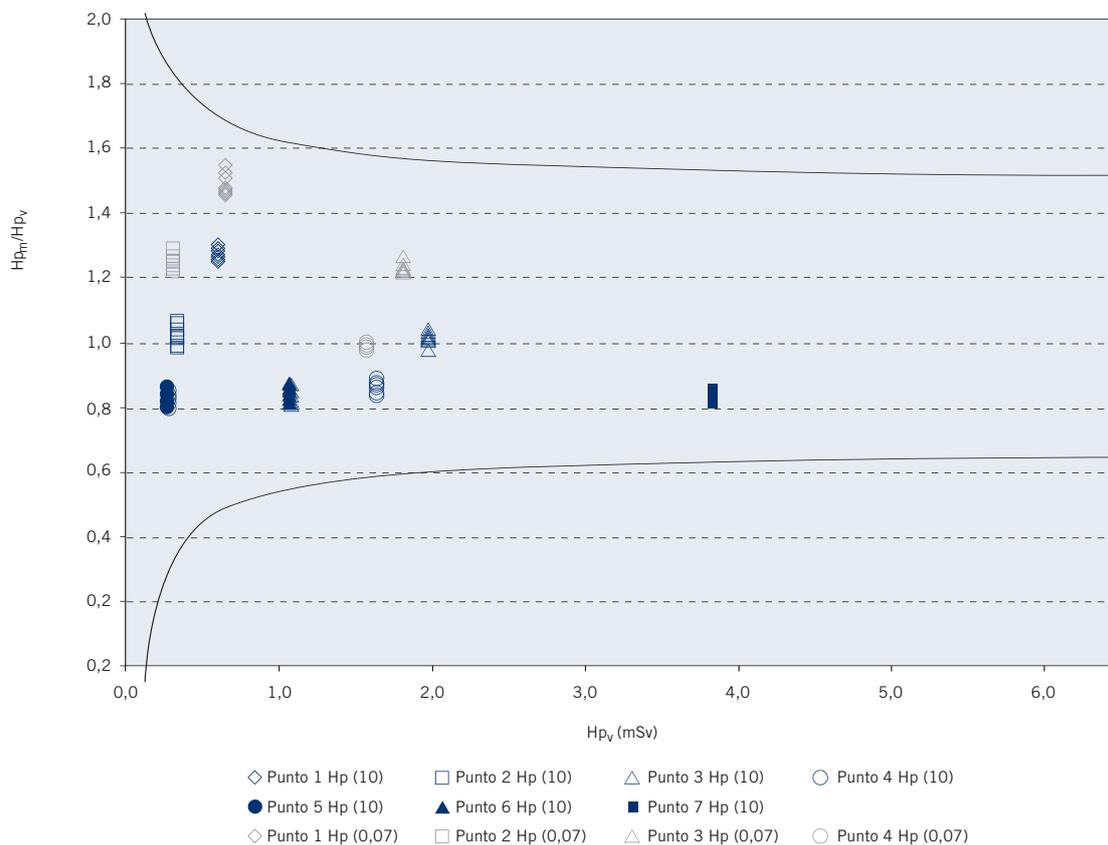
Punto	Energía media (keV)	Magnitud de referencia	Valores de referencia $M_v$ (mSv)	Valores medidos		Parámetros evaluadores				Cumplimiento	
				$\dot{y}_i$ (mSv)	$s_M/\dot{y}_i$ (%)	$\dot{Y}_i$	B	S	Q	Curvas trompeta	ANSI (2001)
1	33	$H_p(10)$	0,652	0,682	7,9	1,045	0,045	0,082	0,128	SI (0)	SI (0)
		$H_p(0,07)$	0,708	0,747	7,8	1,056	0,056	0,082	0,138	SI (0)	SI (0)
2	65	$H_p(10)$	0,306	0,308	10	1,008	0,008	0,105	0,112	SI (0)	SI (0)
		$H_p(0,07)$	0,280	0,326	11	1,164	0,164	0,123	0,287	SI (0)	SI (0)
3	65	$H_p(10)$	2,472	2,171	8,4	0,878	-0,122	0,074	0,196	SI (0)	SI (0)
		$H_p(0,07)$	2,262	2,258	8,4	0,998	-0,002	0,084	0,086	SI (0)	SI (0)
4	207	$H_p(10)$	1,704	1,340	11	0,787	-0,213	0,086	0,300	SI (0)	SI (0)
		$H_p(0,07)$	1,635	1,361	13	0,832	-0,168	0,110	0,277	SI (0)	SI (0)
5	662	$H_p(10)$	0,250	0,209	14	0,836	-0,164	0,121	0,285	SI (0)	SI (0)
		$H_p(0,07)$		0,226	19						
6	662	$H_p(10)$	1,855	1,663	7,0	0,896	-0,104	0,063	0,166	SI (0)	SI (0)
		$H_p(0,07)$		1,663	7,0						
7	662	$H_p(10)$	6,332	5,709	5,7	0,902	-0,098	0,051	0,150	SI (0)	SI (0)
		$H_p(0,07)$		5,709	5,7						



- ◇ Punto 1 Hp (10)
- Punto 2 Hp (10)
- △ Punto 3 Hp (10)
- Punto 4 Hp (10)
- Punto 5 Hp (10)
- ▲ Punto 6 Hp (10)
- Punto 7 Hp (10)
- Punto 4 Hp (0,07)
- ◇ Punto 1 Hp (0,07)
- Punto 2 Hp (0,07)
- △ Punto 3 Hp (0,07)

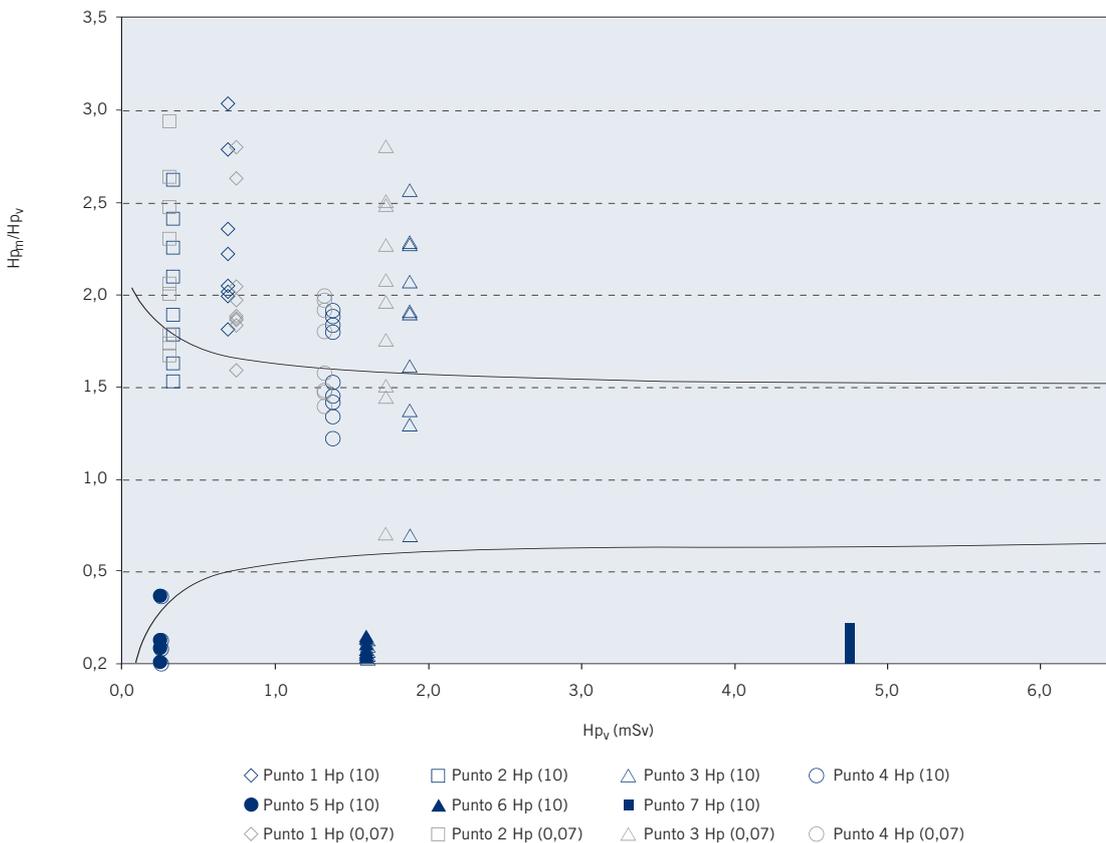
Centro 10

Punto	Energía media (keV)	Magnitud de referencia	Valores de referencia $M_v$ (mSv)	Valores medidos		Parámetros evaluadores				Cumplimiento	
				$\dot{y}_i$ (mSv)	$s_{M/y_i}$ (%)	$\ddot{Y}_i$	B	S	Q	Curvas trompeta	ANSI (2001)
1	33	$H_p(10)$	0,580	0,739	1,3	1,274	0,274	0,017	0,291	SI (0)	SI (0)
		$H_p(0,07)$	0,630	0,938	2,0	1,489	0,489	0,030	0,518	SI (0)	NO (10)
2	65	$H_p(10)$	0,311	0,318	2,7	1,023	0,023	0,027	0,050	SI (0)	SI (0)
		$H_p(0,07)$	0,284	0,354	1,7	1,248	0,248	0,021	0,269	SI (0)	SI (0)
3	65	$H_p(10)$	1,956	1,997	1,9	1,021	0,021	0,019	0,040	SI (0)	SI (0)
		$H_p(0,07)$	1,789	2,207	1,2	1,234	0,234	0,015	0,249	SI (0)	SI (0)
4	207	$H_p(10)$	1,620	1,403	1,7	0,866	-0,134	0,015	0,148	SI (0)	SI (0)
		$H_p(0,07)$	1,554	1,533	0,9	0,987	-0,013	0,009	0,022	SI (0)	SI (0)
5	662	$H_p(10)$	0,250	0,206	2,2	0,822	-0,178	0,018	0,196	SI (0)	SI (0)
		$H_p(0,07)$		0,227	2,3						
6	662	$H_p(10)$	1,056	0,893	2,4	0,845	-0,155	0,020	0,175	SI (0)	SI (0)
		$H_p(0,07)$		0,964	1,4						
7	662	$H_p(10)$	3,825	3,226	1,7	0,843	-0,157	0,015	0,171	SI (0)	SI (0)
		$H_p(0,07)$		3,503	0,9						



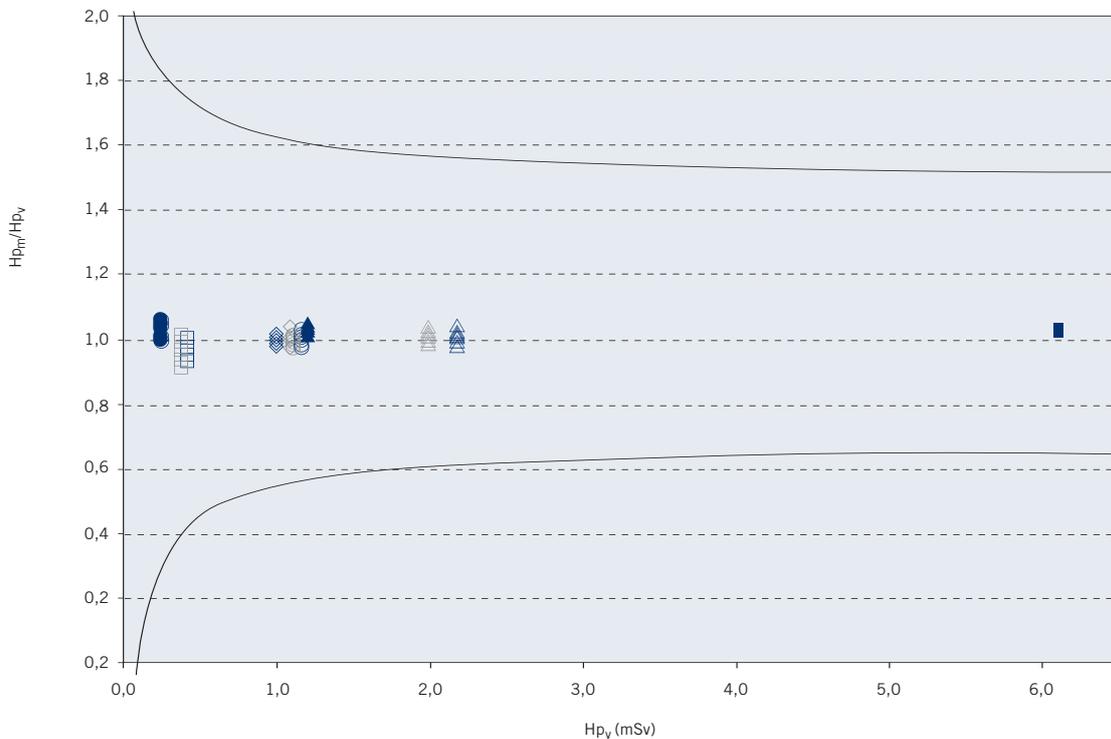
Centro 11

Punto	Energía media (keV)	Magnitud de referencia	Valores de referencia $M_r$ (mSv)	Valores medidos		Parámetros evaluadores				Cumplimiento	
				$\bar{y}_i$ (mSv)	$s_{Mf}/\bar{y}_i$ (%)	$\bar{Y}_i$	B	S	Q	Curvas trompeta	ANSI (2001)
1	33	$H_p(10)$	0,685	1,598	20	2,333	1,333	0,460	1,794	NO (10)	NO (10)
		$H_p(0,07)$	0,743	1,584	21	2,132	1,132	0,444	1,576	NO (9)	NO (10)
2	65	$H_p(10)$	0,334	0,659	18	1,973	0,973	0,366	1,339	NO (7)	NO (10)
		$H_p(0,07)$	0,305	0,661	19	2,169	1,169	0,416	1,585	NO (7)	NO (10)
3	65	$H_p(10)$	1,877	3,391	31	1,806	0,806	0,563	1,369	NO (7)	NO (7)
		$H_p(0,07)$	1,717	3,365	32	1,960	0,960	0,625	1,585	NO (7)	NO (9)
4	207	$H_p(10)$	1,374	2,173	16	1,582	0,582	0,253	0,835	NO (4)	NO (8)
		$H_p(0,07)$	1,318	2,184	14	1,657	0,657	0,238	0,895	NO (4)	NO (8)
5	662	$H_p(10)$	0,250	0,024	110	0,096	-0,904	0,105	1,009	NO (9)	NO (10)
		$H_p(0,07)$		0,026	104						
6	662	$H_p(10)$	1,600	0,133	45	0,083	-0,917	0,037	0,954	NO (10)	NO (10)
		$H_p(0,07)$		0,134	44						
7	662	$H_p(10)$	4,760	0,384	61	0,081	-0,919	0,049	0,968	NO (10)	NO (10)
		$H_p(0,07)$		0,384	61						



Centro 12

Punto	Energía media (keV)	Magnitud de referencia	Valores de referencia $M_r$ (mSv)	Valores medidos		$\dot{Y}_i$	Parámetros evaluadores			Cumplimiento	
				$\dot{y}_i$ (mSv)	$s_{mi}/\dot{y}_i$ (%)		B	S	Q	Curvas trompeta	ANSI (2001)
1	33	$H_p(10)$	1,003	0,999	1,2	0,996	-0,004	0,012	0,017	SI (0)	SI (0)
			$H_p(0,07)$	1,089	1,084	2,0	0,995	-0,005	0,020	0,025	SI (0)
2	65	$H_p(10)$	0,421	0,405	2,1	0,962	-0,038	0,020	0,058	SI (0)	SI (0)
			$H_p(0,07)$	0,385	0,371	3,0	0,964	-0,036	0,029	0,065	SI (0)
3	65	$H_p(10)$	2,179	2,204	1,6	1,011	0,011	0,017	0,028	SI (0)	SI (0)
			$H_p(0,07)$	1,993	2,017	1,5	1,012	0,012	0,016	0,028	SI (0)
4	207	$H_p(10)$	1,159	1,151	1,7	0,993	-0,007	0,017	0,024	SI (0)	SI (0)
			$H_p(0,07)$	1,112	1,105	1,7	0,994	-0,006	0,017	0,023	SI (0)
5	662	$H_p(10)$	0,250	0,256	2,5	1,024	0,024	0,026	0,050	SI (0)	SI (0)
			$H_p(0,07)$		0,254	2,5					
6	662	$H_p(10)$	1,214	1,251	0,9	1,030	0,030	0,010	0,040	SI (0)	SI (0)
			$H_p(0,07)$		1,240	0,9					
7	662	$H_p(10)$	6,106	6,253	0,6	1,024	0,024	0,006	0,030	SI (0)	SI (0)
			$H_p(0,07)$		6,202	0,6					

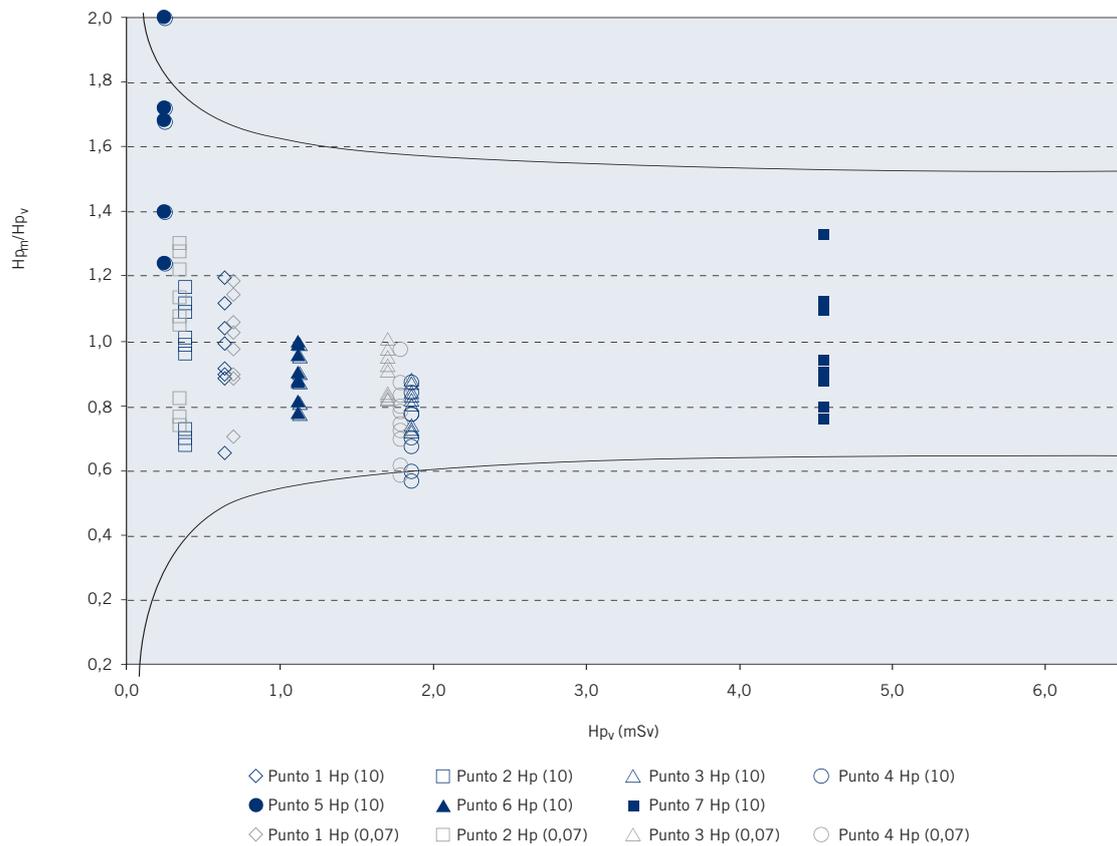
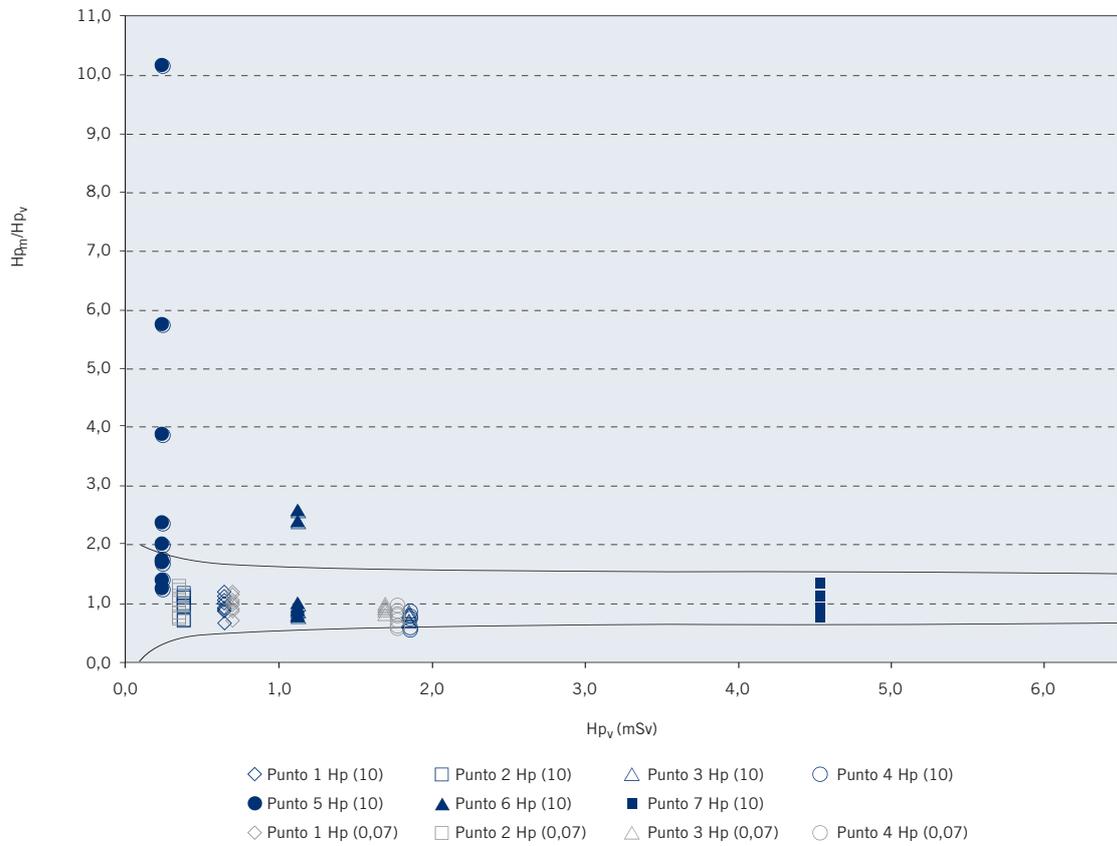


- $\diamond$  Punto 1 Hp (10)
- $\square$  Punto 2 Hp (10)
- $\triangle$  Punto 3 Hp (10)
- $\circ$  Punto 4 Hp (10)
- $\bullet$  Punto 5 Hp (10)
- $\blacktriangle$  Punto 6 Hp (10)
- $\blacksquare$  Punto 7 Hp (10)
- $\diamond$  Punto 1 Hp (0,07)
- $\square$  Punto 2 Hp (0,07)
- $\triangle$  Punto 3 Hp (0,07)
- $\circ$  Punto 4 Hp (0,07)

Centro 13

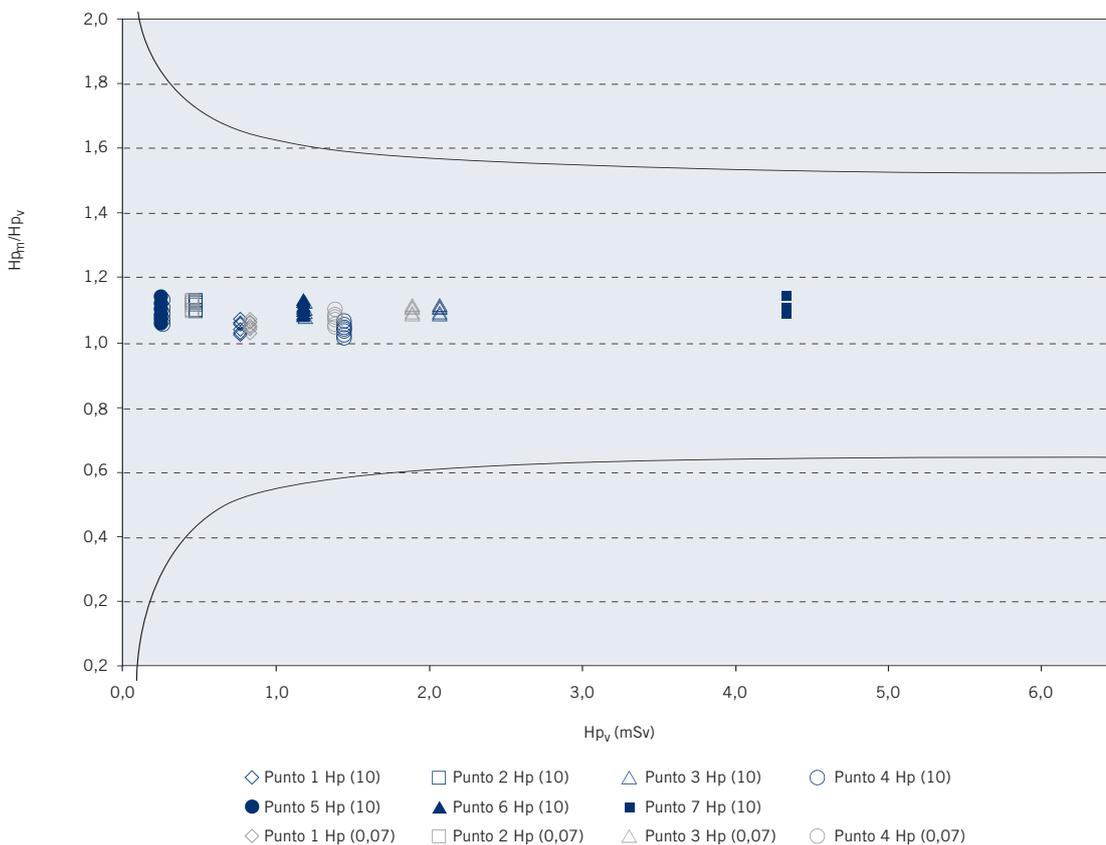
Punto	Energía media (keV)	Magnitud de referencia	Valores de referencia M <sub>r</sub> (mSv)	Valores medidos		Parámetros evaluadores				Cumplimiento	
				ȳ <sub>i</sub> (mSv)	s <sub>M</sub> /ȳ <sub>i</sub> (%)	Ȳ <sub>i</sub>	B	S	Q	Curvas trompeta	ANSI (2001)
1	33	H <sub>p</sub> (10)	0,645	0,630	15	0,977	-0,023	0,150	0,173	SI (0)	SI (0)
		H <sub>p</sub> (0,07)	0,700	0,686	14	0,980	-0,020	0,141	0,161	SI (0)	SI (0)
2	65	H <sub>p</sub> (10)	0,386	0,363	19	0,940	-0,060	0,179	0,238	SI (0)	SI (0)
		H <sub>p</sub> (0,07)	0,353	0,371	20	1,051	0,051	0,208	0,259	SI (0)	SI (0)
3	65	H <sub>p</sub> (10)	1,864	1,488	7,7	0,798	-0,202	0,061	0,263	SI (0)	SI (0)
		H <sub>p</sub> (0,07)	1,705	1,542	7,7	0,904	-0,096	0,070	0,165	SI (0)	SI (0)
4	207	H <sub>p</sub> (10)	1,865	1,354	13	0,726	-0,274	0,097	0,371	NO (2)	NO (2)
		H <sub>p</sub> (0,07)	1,790	1,365	15	0,763	-0,237	0,116	0,353	SI (1)	SI (1)
5	662	H <sub>p</sub> (10)	0,250	0,805	87	3,220	2,220	2,801	5,021	NO (6)	NO (8)
		H <sub>p</sub> (0,07)		0,825	90						
6	662	H <sub>p</sub> (10)	1,131	1,376	55	1,217	0,217	0,673	0,890	NO (2)	NO (2)
		H <sub>p</sub> (0,07)		1,376	55						
7	662	H <sub>p</sub> (10)	4,561	4,366	18	0,957	-0,043	0,173	0,216	SI (0)	SI (0)
		H <sub>p</sub> (0,07)		4,366	18						

En la página siguiente se presenta una representación gráfica de las curvas de trompeta para este centro. Se han realizado dos gráficas dado que siete puntos de medida estaban fuera de la escala utilizada para la representación de las curvas de trompeta que acaba en el valor superior de 2,0.



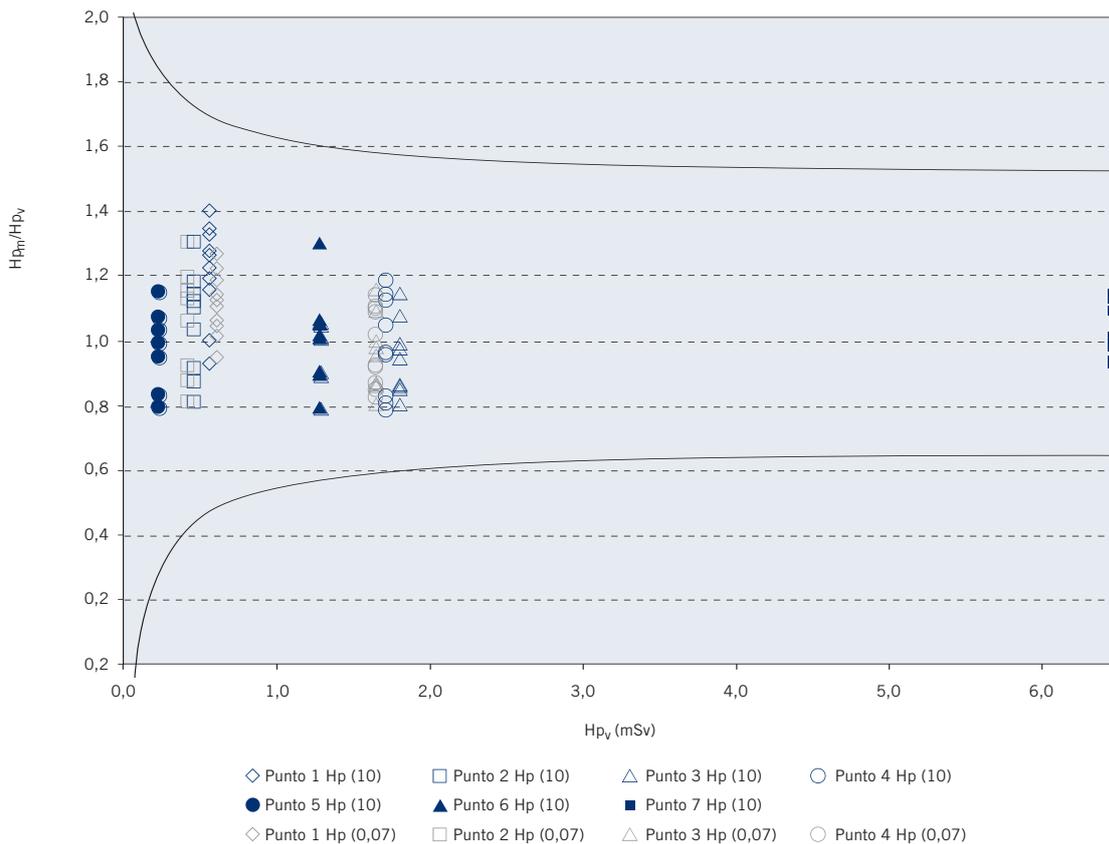
Centro 14

Punto	Energía media (keV)	Magnitud de referencia	Valores de referencia $M_v$ (mSv)	Valores medidos		Parámetros evaluadores				Cumplimiento	
				$\dot{y}_i$ (mSv)	$s_{M_i}/\dot{y}_i$ (%)	$\ddot{Y}_i$	B	S	Q	Curvas trompeta	ANSI (2001)
1	33	$H_p(10)$	0,759	0,799	1,6	1,052	0,052	0,017	0,069	SI (0)	SI (0)
		$H_p(0,07)$	0,824	0,868	1,5	1,053	0,053	0,016	0,069	SI (0)	SI (0)
2	65	$H_p(10)$	0,482	0,537	1,2	1,115	0,115	0,014	0,128	SI (0)	SI (0)
		$H_p(0,07)$	0,441	0,492	1,2	1,115	0,115	0,013	0,129	SI (0)	SI (0)
3	65	$H_p(10)$	2,067	2,286	0,8	1,106	0,106	0,009	0,115	SI (0)	SI (0)
		$H_p(0,07)$	1,891	2,093	0,8	1,107	0,107	0,009	0,116	SI (0)	SI (0)
4	207	$H_p(10)$	1,440	1,494	1,6	1,037	0,037	0,017	0,054	SI (0)	SI (0)
		$H_p(0,07)$	1,381	1,477	1,6	1,069	0,069	0,017	0,087	SI (0)	SI (0)
5	662	$H_p(10)$	0,250	0,274	2,6	1,096	0,096	0,028	0,125	SI (0)	SI (0)
		$H_p(0,07)$		0,267	2,6						
6	662	$H_p(10)$	1,177	1,298	1,5	1,103	0,103	0,016	0,119	SI (0)	SI (0)
		$H_p(0,07)$		1,266	1,5						
7	662	$H_p(10)$	4,335	4,770	1,4	1,100	0,100	0,015	0,115	SI (0)	SI (0)
		$H_p(0,07)$		4,652	1,4						



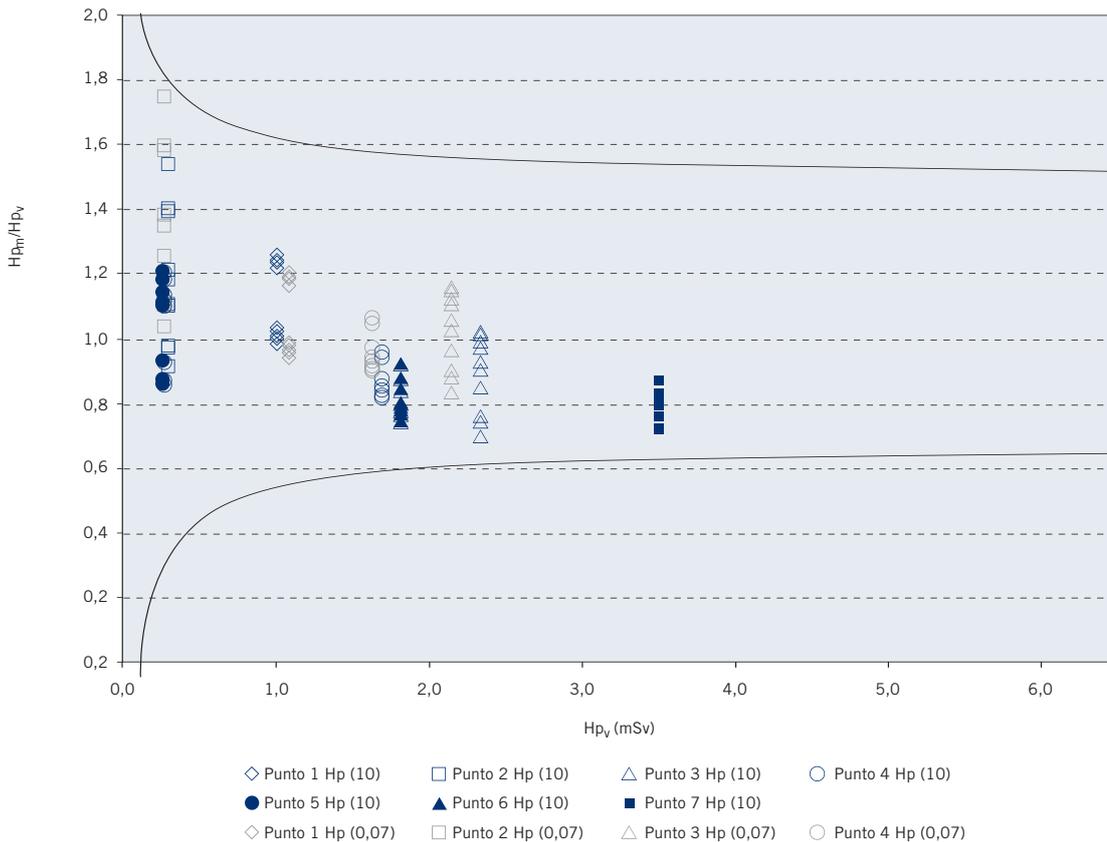
Punto	Energía media (keV)	Magnitud de referencia	Valores de referencia $M_r$ (mSv)	Valores medidos		$\dot{Y}_i$	Parámetros evaluadores			Cumplimiento	
				$\dot{y}_i$ (mSv)	$s_{M_r/\dot{y}_i}$ (%)		B	S	Q	Curvas trompeta	ANSI (2001)
1	33	$H_p(10)$	0,576	0,698	12	1,212	0,212	0,150	0,362	SI (0)	SI (0)
		$H_p(0,07)$	0,625	0,695	8,8	1,112	0,112	0,098	0,210	SI (0)	SI (0)
2	65	$H_p(10)$	0,478	0,510	15	1,067	0,067	0,159	0,226	SI (0)	SI (0)
		$H_p(0,07)$	0,437	0,471	15	1,078	0,078	0,160	0,238	SI (0)	SI (0)
3	65	$H_p(10)$	1,820	1,709	12	0,939	-0,061	0,110	0,171	SI (0)	SI (0)
		$H_p(0,07)$	1,665	1,576	12	0,947	-0,053	0,114	0,168	SI (0)	SI (0)
4	207	$H_p(10)$	1,724	1,665	16	0,966	-0,034	0,153	0,187	SI (0)	SI (0)
		$H_p(0,07)$	1,655	1,630	12	0,985	-0,015	0,121	0,136	SI (0)	SI (0)
5*	662	$H_p(10)$	0,250	0,245	11	0,980	-0,020	0,107	0,127	SI (0)	SI (0)
		$H_p(0,07)$		0,257	29						
6*	662	$H_p(10)$	1,297	1,309	13	1,009	0,009	0,134	0,144	SI (0)	SI (0)
		$H_p(0,07)$		1,299	13						
7*	662	$H_p(10)$	6,474	6,664	8,1	1,029	0,029	0,083	0,112	SI (0)	SI (0)
		$H_p(0,07)$		6,899	15						

\* En la evaluación de los puntos 5, 6 y 7 el centro dispuso únicamente de cinco dosímetros para la determinación de la dosis en tránsito para el cálculo de la dosis ambiental.

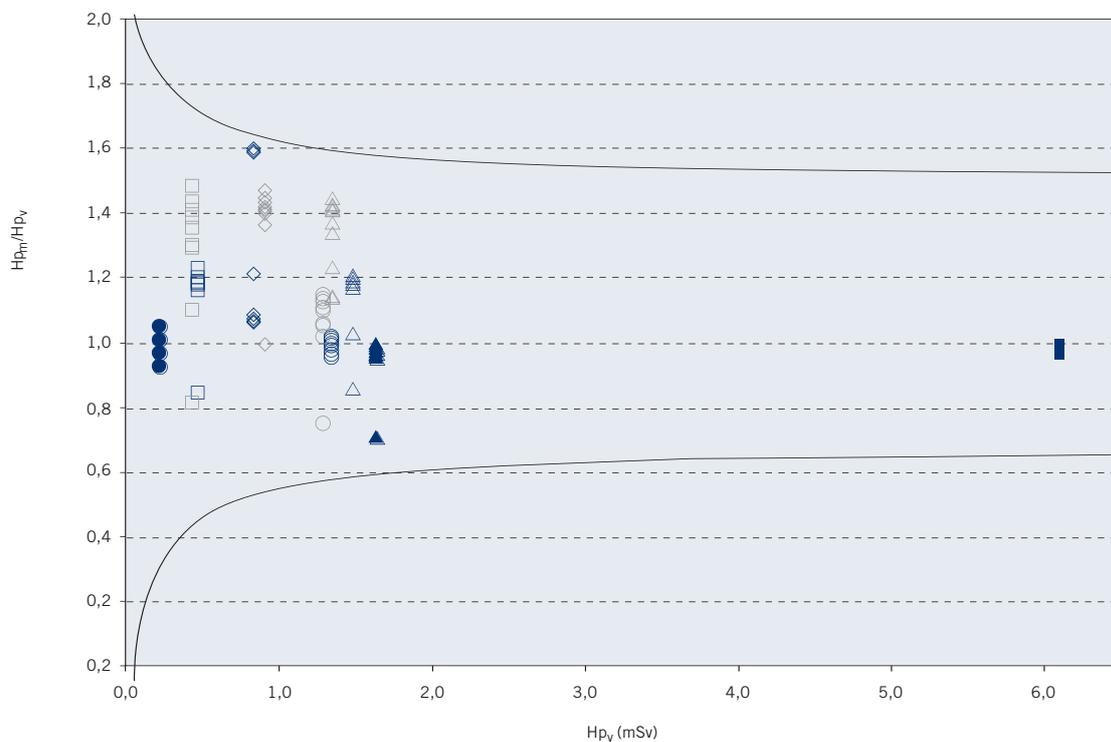


Centro 16

Punto	Energía media (keV)	Magnitud de referencia	Valores de referencia $M_r$ (mSv)	Valores medidos		Parámetros evaluadores				Cumplimiento	
				$\dot{y}_i$ (mSv)	$s_{M_i}/\dot{y}_i$ (%)	$\ddot{Y}_i$	B	S	Q	Curvas trompeta	ANSI (2001)
1	33	$H_p(10)$	0,993	1,122	11	1,130	0,130	0,125	0,255	SI (0)	SI (0)
		$H_p(0,07)$	1,078	1,167	11	1,082	0,082	0,120	0,202	SI (0)	SI (0)
2	65	$H_p(10)$	0,286	0,338	18	1,183	0,183	0,211	0,395	SI (0)	NO (2)
		$H_p(0,07)$	0,262	0,353	18	1,347	0,347	0,240	0,586	SI (0)	NO (3)
3	65	$H_p(10)$	2,338	2,088	13	0,893	-0,107	0,119	0,226	SI (0)	SI (0)
		$H_p(0,07)$	2,139	2,193	12	1,025	0,025	0,119	0,145	SI (0)	SI (0)
4	207	$H_p(10)$	1,682	1,446	6,2	0,860	-0,140	0,053	0,193	SI (0)	SI (0)
		$H_p(0,07)$	1,614	1,540	6,1	0,954	-0,046	0,059	0,105	SI (0)	SI (0)
5	662	$H_p(10)$	0,250	0,270	12	1,078	0,078	0,135	0,213	SI (0)	SI (0)
		$H_p(0,07)$		0,270	12						
6	662	$H_p(10)$	1,813	1,475	6,6	0,813	-0,187	0,054	0,241	SI (0)	SI (0)
		$H_p(0,07)$		1,475	6,6						
7	662	$H_p(10)$	3,513	2,793	6,1	0,795	-0,205	0,049	0,254	SI (0)	SI (0)
		$H_p(0,07)$		2,793	6,1						



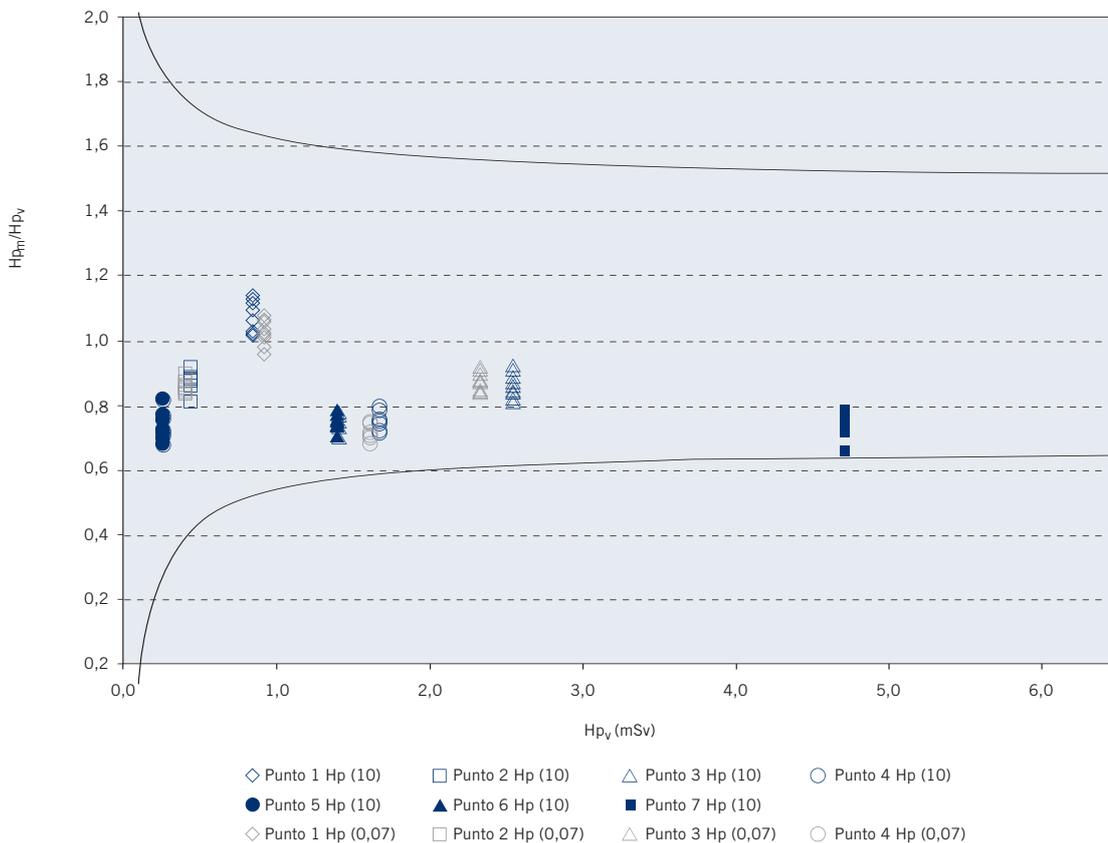
Punto	Energía media (keV)	Magnitud de referencia	Valores de referencia $M_r$ (mSv)	Valores medidos		Parámetros evaluadores				Cumplimiento	
				$\dot{y}_i$ (mSv)	$s_{mi}/\dot{y}_i$ (%)	$\ddot{Y}_i$	B	S	Q	Curvas trompeta	ANSI (2001)
1	33	$H_p(10)$	0,865	1,074	20	1,242	0,242	0,247	0,488	SI (0)	NO (3)
		$H_p(0,07)$	0,939	1,291	10	1,375	0,375	0,138	0,514	SI (0)	NO (7)
2	65	$H_p(10)$	0,504	0,580	9,6	1,151	0,151	0,110	0,261	SI (0)	SI (0)
		$H_p(0,07)$	0,461	0,597	16	1,296	0,296	0,202	0,498	SI (0)	NO (4)
3	65	$H_p(10)$	1,508	1,723	9,9	1,143	0,143	0,113	0,256	SI (0)	SI (0)
		$H_p(0,07)$	1,380	1,843	9,0	1,336	0,336	0,120	0,456	SI (0)	NO (5)
4	207	$H_p(10)$	1,374	1,356	2,4	0,987	-0,013	0,023	0,037	SI (0)	SI (0)
		$H_p(0,07)$	1,319	1,395	11	1,058	0,058	0,117	0,175	SI (0)	SI (0)
5	662	$H_p(10)$	0,250	0,245	4,4	0,981	-0,019	0,043	0,062	SI (0)	SI (0)
		$H_p(0,07)$		0,252	7,8						
6	662	$H_p(10)$	1,671	1,581	9,0	0,946	-0,054	0,085	0,138	SI (0)	SI (0)
		$H_p(0,07)$		1,600	7,6						
7	662	$H_p(10)$	6,134	5,972	1,2	0,974	-0,026	0,012	0,038	SI (0)	SI (0)
		$H_p(0,07)$		6,034	3,2						



- ◇ Punto 1 Hp (10)
- Punto 2 Hp (10)
- △ Punto 3 Hp (10)
- Punto 4 Hp (10)
- Punto 5 Hp (10)
- ▲ Punto 6 Hp (10)
- Punto 7 Hp (10)
- ◇ Punto 1 Hp (0,07)
- Punto 2 Hp (0,07)
- △ Punto 3 Hp (0,07)
- Punto 4 Hp (0,07)

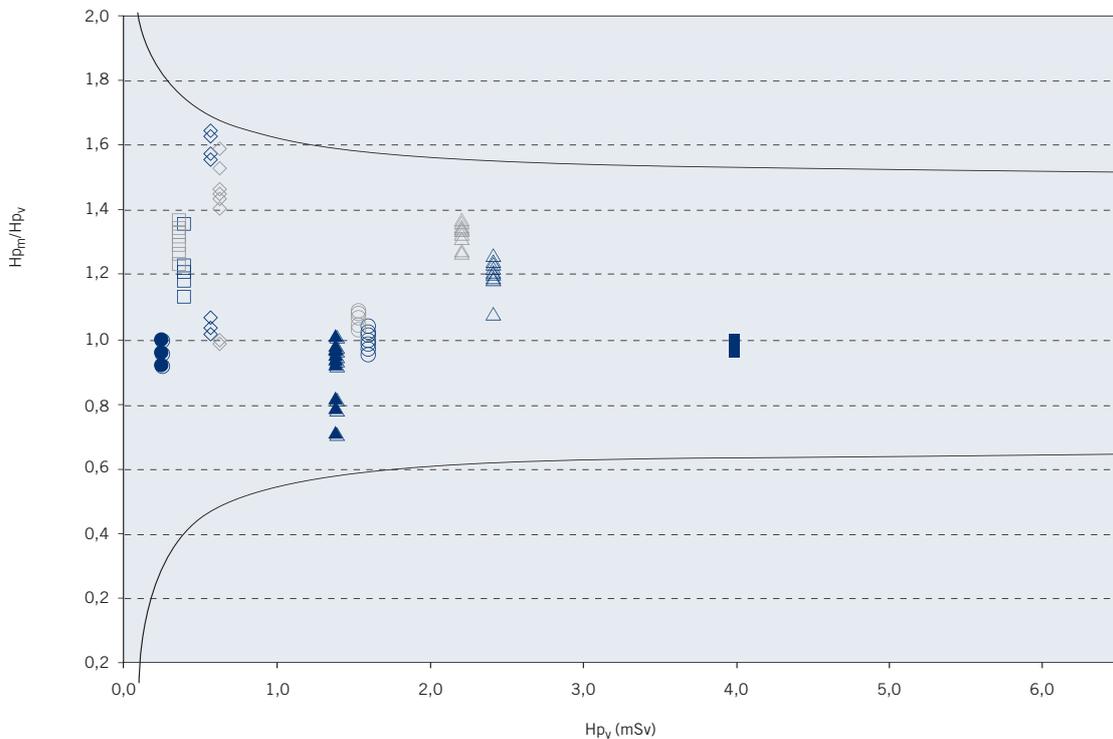
Centro 18

Punto	Energía media (keV)	Magnitud de referencia	Valores de referencia M <sub>r</sub> (mSv)	Valores medidos		Parámetros evaluadores				Cumplimiento	
				ȳ <sub>i</sub> (mSv)	s <sub>Mi</sub> /ȳ <sub>i</sub> (%)	Ȳ <sub>i</sub>	B	S	Q	Curvas trompeta	ANSI (2001)
1	33	H <sub>p</sub> (10)	0,837	0,903	4,1	1,078	0,078	0,045	0,123	SI (0)	SI (0)
		H <sub>p</sub> (0,07)	0,909	0,937	4,0	1,031	0,031	0,041	0,072	SI (0)	SI (0)
2	65	H <sub>p</sub> (10)	0,433	0,378	3,0	0,873	-0,127	0,026	0,153	SI (0)	SI (0)
		H <sub>p</sub> (0,07)	0,396	0,339	2,4	0,857	-0,143	0,020	0,164	SI (0)	SI (0)
3	65	H <sub>p</sub> (10)	2,538	2,202	4,2	0,868	-0,132	0,036	0,169	SI (0)	SI (0)
		H <sub>p</sub> (0,07)	2,322	2,032	3,3	0,875	-0,125	0,029	0,154	SI (0)	SI (0)
4	207	H <sub>p</sub> (10)	1,672	1,258	3,2	0,752	-0,248	0,024	0,272	SI (0)	SI (0)
		H <sub>p</sub> (0,07)	1,604	1,150	3,4	0,717	-0,283	0,024	0,307	SI (0)	SI (0)
5	662	H <sub>p</sub> (10)	0,250	0,182	6,2	0,727	-0,274	0,045	0,319	SI (0)	SI (0)
		H <sub>p</sub> (0,07)		0,159	6,7						
6	662	H <sub>p</sub> (10)	1,393	1,044	3,2	0,749	-0,251	0,024	0,275	SI (0)	SI (0)
		H <sub>p</sub> (0,07)		0,919	3,5						
7	662	H <sub>p</sub> (10)	4,717	3,424	5,7	0,726	-0,274	0,041	0,315	SI (0)	SI (0)
		H <sub>p</sub> (0,07)		3,069	4,8						



Centro 19

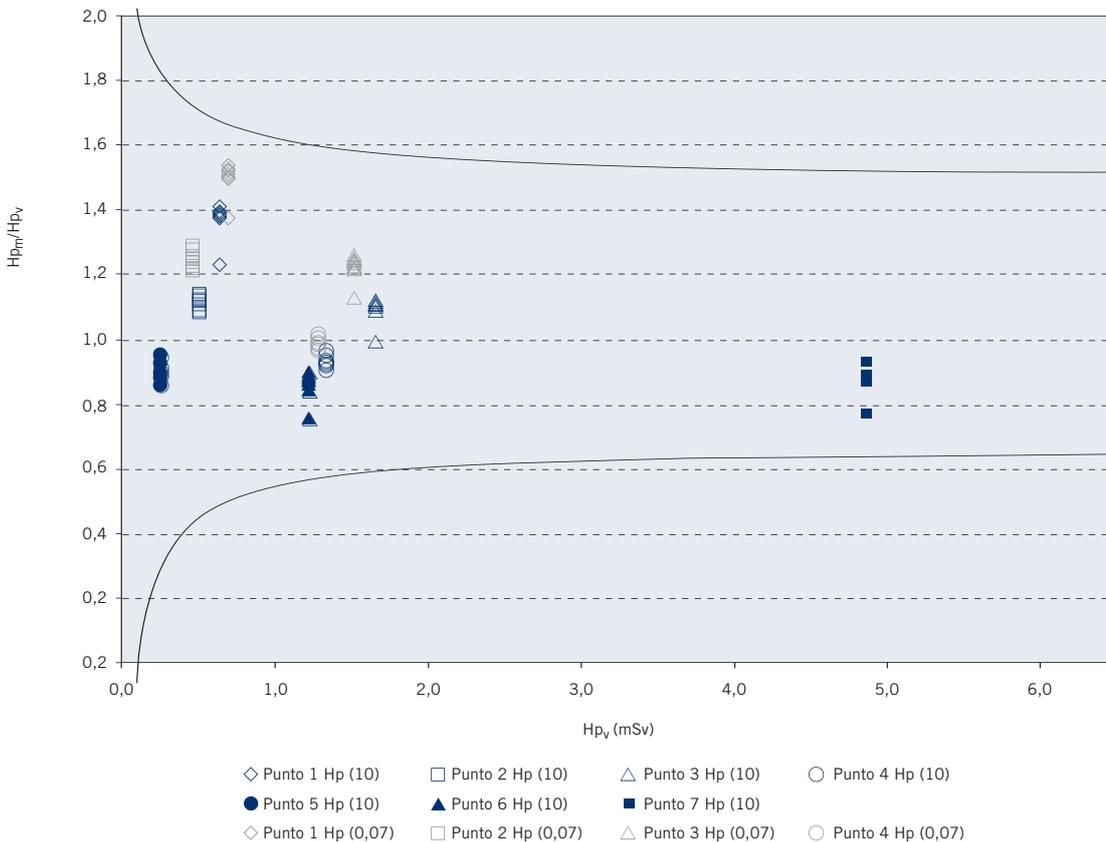
Punto	Energía media (keV)	Magnitud de referencia	Valores de referencia $M_r$ (mSv)	Valores medidos		Parámetros evaluadores				Cumplimiento	
				$\dot{y}_i$ (mSv)	$s_{m/\dot{y}_i}$ (%)	$\ddot{Y}_i$	B	S	Q	Curvas trompeta	ANSI (2001)
1	33	$H_p(10)$	0,570	0,788	21	1,382	0,382	0,289	0,672	SI (0)	NO (6)
		$H_p(0,07)$	0,619	0,826	18	1,334	0,334	0,240	0,574	SI (0)	NO (7)
2	65	$H_p(10)$	0,398	0,480	4,9	1,206	0,206	0,059	0,265	SI (0)	SI (0)
		$H_p(0,07)$	0,364	0,477	3,8	1,310	0,310	0,050	0,361	SI (0)	SI (0)
3	65	$H_p(10)$	2,419	2,921	4,1	1,208	0,208	0,050	0,257	SI (0)	SI (0)
		$H_p(0,07)$	2,213	2,957	2,7	1,336	0,336	0,036	0,372	SI (0)	SI (0)
4	207	$H_p(10)$	1,599	1,602	2,6	1,002	0,002	0,026	0,028	SI (0)	SI (0)
		$H_p(0,07)$	1,534	1,617	2,3	1,054	0,054	0,024	0,078	SI (0)	SI (0)
5	662	$H_p(10)$	0,250	0,237	2,8	0,948	-0,052	0,027	0,079	SI (0)	SI (0)
		$H_p(0,07)$		0,223	3,0						
6	662	$H_p(10)$	1,394	1,265	11	0,907	-0,093	0,100	0,192	SI (0)	SI (0)
		$H_p(0,07)$		1,441	22						
7	662	$H_p(10)$	3,995	3,915	1,4	0,980	-0,020	0,014	0,034	SI (0)	SI (0)
		$H_p(0,07)$		3,751	2,9						



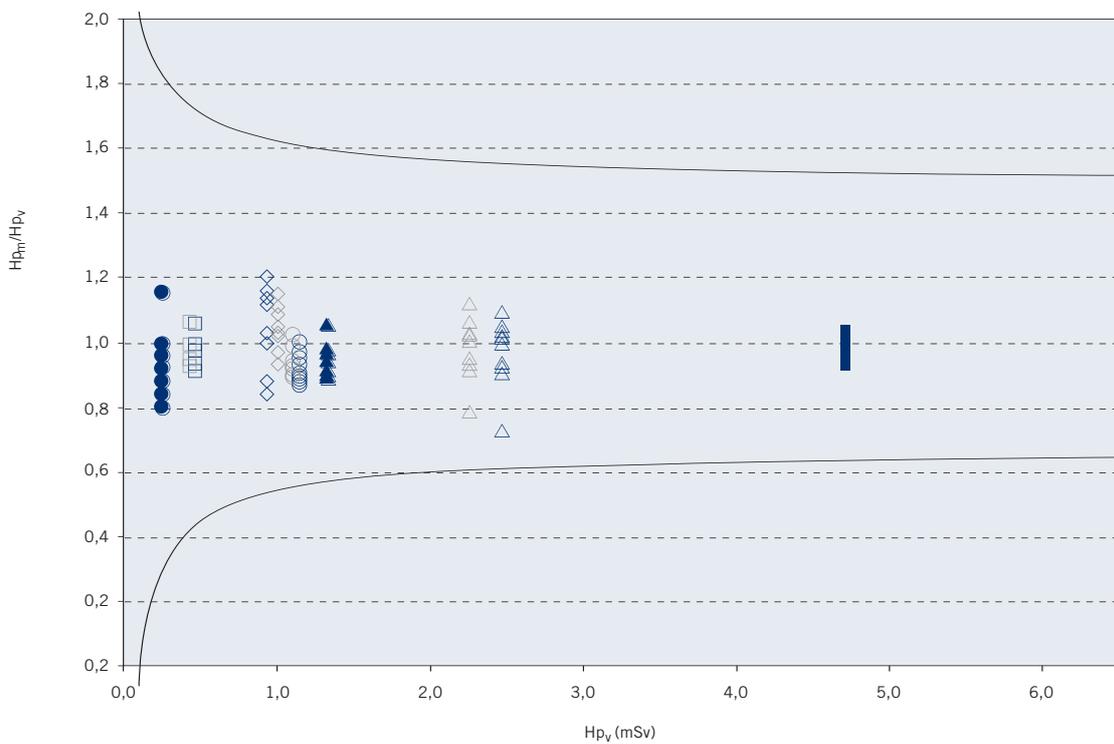
- ◇ Punto 1 Hp (10)
- Punto 2 Hp (10)
- △ Punto 3 Hp (10)
- Punto 4 Hp (10)
- Punto 5 Hp (10)
- ▲ Punto 6 Hp (10)
- Punto 7 Hp (10)
- ◇ Punto 1 Hp (0,07)
- Punto 2 Hp (0,07)
- △ Punto 3 Hp (0,07)
- Punto 4 Hp (0,07)

Centro 20

Punto	Energía media (keV)	Magnitud de referencia	Valores de referencia $M_r$ (mSv)	Valores medidos		Parámetros evaluadores				Cumplimiento	
				$\bar{y}_i$ (mSv)	$s_{Mf}/\bar{y}_i$ (%)	$\bar{Y}_i$	B	S	Q	Curvas trompeta	ANSI (2001)
1	33	$H_p(10)$	0,640	0,883	3,7	1,380	0,380	0,052	0,432	SI (0)	NO (3)
		$H_p(0,07)$	0,694	1,044	3,1	1,504	0,504	0,046	0,550	SI (0)	NO (9)
2	65	$H_p(10)$	0,505	0,562	1,9	1,113	0,113	0,021	0,134	SI (0)	SI (0)
		$H_p(0,07)$	0,462	0,579	2,1	1,253	0,253	0,026	0,279	SI (0)	SI (0)
3	65	$H_p(10)$	1,659	1,829	3,5	1,103	0,103	0,039	0,141	SI (0)	SI (0)
		$H_p(0,07)$	1,517	1,869	3,0	1,232	0,232	0,037	0,269	SI (0)	SI (0)
4	207	$H_p(10)$	1,333	1,244	1,7	0,933	-0,067	0,016	0,082	SI (0)	SI (0)
		$H_p(0,07)$	1,279	1,261	1,7	0,986	-0,014	0,017	0,030	SI (0)	SI (0)
5	662	$H_p(10)$	0,250	0,228	3,3	0,911	-0,089	0,030	0,119	SI (0)	SI (0)
		$H_p(0,07)$		0,226	5,2						
6	662	$H_p(10)$	1,223	1,059	4,7	0,866	-0,134	0,041	0,175	SI (0)	SI (0)
		$H_p(0,07)$		1,076	4,0						
7	662	$H_p(10)$	4,873	4,268	4,5	0,876	-0,124	0,040	0,164	SI (0)	SI (0)
		$H_p(0,07)$		4,294	4,0						



Punto	Energía media (keV)	Magnitud de referencia	Valores de referencia $M_r$ (mSv)	Valores medidos		Parámetros evaluadores				Cumplimiento	
				$\dot{y}_i$ (mSv)	$s_{mi}/\dot{y}_i$ (%)	$\ddot{Y}_i$	B	S	Q	Curvas trompeta	ANSI (2001)
1	33	$H_p(10)$	0,928	0,987	12	1,064	0,064	0,128	0,192	SI (0)	SI (0)
		$H_p(0,07)$	1,007	1,047	7,2	1,040	0,040	0,075	0,115	SI (0)	SI (0)
2	65	$H_p(10)$	0,472	0,465	4,7	0,985	-0,015	0,046	0,061	SI (0)	SI (0)
		$H_p(0,07)$	0,432	0,429	4,6	0,993	-0,007	0,046	0,053	SI (0)	SI (0)
3	65	$H_p(10)$	2,470	2,411	11	0,976	-0,024	0,106	0,130	SI (0)	SI (0)
		$H_p(0,07)$	2,260	2,248	9,9	0,995	-0,005	0,098	0,103	SI (0)	SI (0)
4	207	$H_p(10)$	1,143	1,053	4,8	0,921	-0,079	0,044	0,123	SI (0)	SI (0)
		$H_p(0,07)$	1,097	1,034	4,9	0,943	-0,057	0,046	0,103	SI (0)	SI (0)
5	662	$H_p(10)$	0,250	0,232	11	0,928	-0,072	0,103	0,175	SI (0)	SI (0)
		$H_p(0,07)$		0,232	11						
6	662	$H_p(10)$	1,329	1,268	5,2	0,954	-0,046	0,049	0,095	SI (0)	SI (0)
		$H_p(0,07)$		1,268	5,2						
7	662	$H_p(10)$	4,731	4,684	3,4	0,990	-0,010	0,033	0,043	SI (0)	SI (0)
		$H_p(0,07)$		4,684	3,4						



- ◇ Punto 1 Hp (10)
- Punto 2 Hp (10)
- △ Punto 3 Hp (10)
- Punto 4 Hp (10)
- Punto 5 Hp (10)
- ▲ Punto 6 Hp (10)
- Punto 7 Hp (10)
- ◇ Punto 1 Hp (0,07)
- Punto 2 Hp (0,07)
- △ Punto 3 Hp (0,07)
- Punto 4 Hp (0,07)

Punto	Energía media (keV)	Magnitud de referencia	Valores de referencia $M_r$ (mSv)	Valores medidos		Parámetros evaluadores				Cumplimiento	
				$\dot{y}_i$ (mSv)	$s_{Mf/\dot{y}_i}$ (%)	$\ddot{Y}_i$	B	S	Q	Curvas trompeta	ANSI (2001)
1	33	$H_p(10)$	1,028	1,150	14	1,119	0,119	0,155	0,274	SI (0)	SI (0)
		$H_p(0,07)$	1,115	1,275	10	1,144	0,144	0,119	0,262	SI (0)	SI (0)
2	65	$H_p(10)$	0,475	0,457	10	0,963	-0,037	0,097	0,134	SI (0)	SI (0)
		$H_p(0,07)$	0,434	0,492	9,3	1,134	0,134	0,106	0,240	SI (0)	SI (0)
3	65	$H_p(10)$	1,667	1,495	11	0,897	-0,103	0,096	0,199	SI (0)	SI (0)
		$H_p(0,07)$	1,525	1,550	11	1,017	0,017	0,108	0,124	SI (0)	SI (0)
4	207	$H_p(10)$	1,175	0,972	11	0,828	-0,172	0,088	0,260	SI (0)	SI (0)
		$H_p(0,07)$	1,127	0,877	11	0,778	-0,222	0,085	0,307	SI (0)	SI (1)
5	662	$H_p(10)$	0,250	0,248	17	0,993	-0,007	0,168	0,175	SI (0)	SI (0)
		$H_p(0,07)$		0,150	28						
6	662	$H_p(10)$	1,224	1,317	5,5	1,076	0,076	0,059	0,135	SI (0)	SI (0)
		$H_p(0,07)$		1,219	5,9						
7	662	$H_p(10)$	4,009	3,998	16	0,997	-0,003	0,154	0,157	SI (0)	SI (0)
		$H_p(0,07)$		3,900	16						

