

# Propuesta de obtención de trazabilidad a nivel hospitalario para la fuente de $^{125}\text{I}$ IsoSeed I25.S06 de Bebig

## A traceability establishment for the $^{125}\text{I}$ IsoSeed I25.S06 source from Bebig at the hospital level

J Pérez-Calatayud<sup>1,2</sup>, MJ Béjar<sup>3</sup>, F Lliso<sup>1\*</sup>, R Colmenares<sup>3</sup>, J Fernández<sup>4</sup>, M Andrassy<sup>5</sup>, V Carmona<sup>1</sup>, N Ferrer<sup>3</sup>, J Vivanco<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Hospital Universitario La Fe, Valencia.

<sup>2</sup> Hospital Clínica Benidorm ITIC, Benidorm.

<sup>3</sup> Hospital Universitario Ramón y Cajal, Madrid.

<sup>4</sup> Hospital Universitario Central de Asturias, Oviedo.

<sup>5</sup> Bebig, Alemania.

Fecha de Recepción: 22/03/2010 - Fecha de Aceptación: 10/09/2010

Los objetivos de este trabajo han sido por un lado resolver el problema de la trazabilidad necesaria en el hospital para los usuarios de la fuente I25.S06 de Bebig, ya resuelto para otras semillas, y por otro diseñar un inserto que permitiera medir la tasa de kerma de referencia en aire de un tren de estas semillas con una cámara de ionización tipo pozo de uso muy extendido en braquiterapia en los hospitales, estableciendo así un dispositivo de medida alternativo. En una sesión de medidas-calibración conjunta de los centros involucrados se realizaron las siguientes medidas: calibrado de los detectores SourceCheck y HDR 1000 con una fuente patrón del Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB); medida de la tasa de kerma de referencia en aire del *strand* de 5 semillas proporcionado por Bebig<sup>†</sup> con el detector SourceCheck y con el detector HDR 1000 y el nuevo inserto de SIHO (España); separación de las semillas del *strand* por el especialista de Bebig, disolviendo el plástico de sujeción; medida de la tasa de kerma de referencia en aire de cada una de las semillas del *strand* en uno de los detectores HDR 1000 previamente calibrados. Se presentan los factores de calibración obtenidos y el análisis de incertidumbres asociado al proceso.

<sup>†</sup> IBt Bebig, Bélgica-Alemania.

**Palabras clave:** Braquiterapia de próstata, trazabilidad, calibración, semillas  $^{125}\text{I}$ , control de calidad.

The purpose of this work has been on one side to solve the traceability problem in hospitals for the I25.S06 seed users, already solved for other seeds, and on the other to design a holder in order to allow the measurement of the reference air-kerma rate for the strand by means of a well-type ionization chamber, widely used in brachytherapy in hospitals.

At a joint calibration-measurement session of the involved institutions the following steps were performed: calibration of the HDR 1000 and SourceCheck detectors with a standard source from the Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB); reference air-kerma rate measurements for the 5 seeds strand provided by Bebig<sup>‡</sup> with the SourceCheck detector and with the HDR 1000 detector and the new insert holder by SIHO (Spain); separation of the stranded seeds by the specialist from Bebig who dissolved the plastic; reference air-kerma rate measurement of each of the seeds of the strand with one of the HDR 1000 detectors previously calibrated. We present the calibration factors obtained and the analysis of the uncertainties associated with the process.

<sup>‡</sup> IBt Bebig, Belgium-Germany.

**Key words:** Prostate brachytherapy, traceability, calibration,  $^{125}\text{I}$  seeds, quality control.

## Introducción

Las recomendaciones indican la necesidad de calibrar fuentes de braquiterapia (BT) antes de su utilización en pacientes<sup>1,2</sup>, señalando además que se debe realizar una comparación con el certificado que proporciona el suministrador. Esta práctica es en España en particular, una norma de obligado cumplimiento recogida en la normativa vigente<sup>3</sup>.

Como indican Brosed et al.<sup>4</sup> la determinación de la dosis absorbida en los tejidos y órganos del paciente y el cálculo de la correspondiente incertidumbre exige previamente caracterizar las fuentes radiactivas en unidades de una magnitud dosimétrica con adecuada trazabilidad.

El conjunto de medida estándar en braquiterapia consiste en una cámara de ionización tipo pozo con el electrómetro asociado y el correspondiente inserto<sup>4</sup>. En la actualidad, para las fuentes de <sup>125</sup>I y <sup>103</sup>Pd de baja tasa, se puede obtener la trazabilidad necesaria fundamentalmente de dos modos, ya sea enviando el conjunto de medida a un laboratorio acreditado o recibiendo de éste una fuente patrón con su correspondiente certificado de calibración para calibrar el equipo internamente. Los laboratorios acreditados para fuentes de baja tasa de dosis son<sup>5</sup> el National Institute of Standards and Technology (NIST, EEUU)<sup>6</sup>, el Radiation Calibration Laboratory (ADCL Universidad de Wisconsin, US)<sup>7</sup>, el National Physical Laboratory (NPL, Reino Unido)<sup>8</sup>, el Laboratoire National Henri Becquerel (LNHB, Francia) y el Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB, Alemania)<sup>9</sup>.

Existe en el mercado una enorme diversidad de modelos de semillas para implantes permanentes de baja tasa de dosis\*. Una posible justificación de este hecho es la búsqueda de un tipo de fuente radiactiva que minimice la migración y el artefacto en la imagen de TC y que, por otro lado, maximice la señal en la exploración de ultrasonidos y en la RM. Además se intenta que el diseño de la fuente minimice los efectos de anisotropía debidos a las limitaciones para establecer la orientación de las fuentes en los sistemas de planificación (SP)<sup>10</sup>. Cada una de estas semillas requiere que tanto su calibración como su caracterización dosimétrica en el SP sean específicas, ya que debido a que se trata de emisores de radiación de muy baja energía, su comportamiento dosimétrico es muy dependiente de sus dimensiones, encapsulamiento, composición, etc.

Otros aspectos a reseñar son que, por un lado, algunos fabricantes suministran a los usuarios las semillas de <sup>125</sup>I, <sup>103</sup>Pd y <sup>131</sup>Cs, en lotes con un elevado número (en el caso de Bebig entre 40 y 100) y por otro se han de preservar sus condiciones de esterilidad para implantarlas en el paciente. Estos dos aspectos han planteado una serie de problemas prácticos a la hora

de establecer las recomendaciones para su verificación dosimétrica. Así, aunque algunos autores se plantean la inferencia en el número de semillas a verificar basándose en un nivel de incertidumbre a priori<sup>11,12</sup>, para semillas sueltas de emisores de vida media corta, la recomendación es verificar como mínimo un 10% del total de las semillas de cada lote empleado ó 10 semillas, la cantidad que resulte mayor<sup>13</sup>. En cambio, para semillas suministradas en condiciones estériles, la recomendación del TG40<sup>14</sup> y TG56<sup>1</sup>, mucho menos restrictiva, ha sido adquirir una semilla suelta para cada grupo de tasa de kerma de referencia en aire, *TKRA*. Actualmente, para este caso, la AAPM<sup>13</sup> indica que se debe verificar una cantidad mayor o igual que el 10% del total de las semillas en condiciones estériles, o alternativamente adquirir un 5% del total de las semillas sueltas ó 5, lo que sea menor. Están establecidos además<sup>13</sup> dos niveles de acción en función de las desviaciones entre la media de los resultados obtenidos y el valor medio del lote facilitado por el suministrador, si se supera el 3% el usuario debe investigar el motivo y si supera el 5% se debe notificar al fabricante.

En la actualidad el procedimiento recomendado para realizar la braquiterapia permanente de próstata mediante semillas es el intraoperatorio<sup>15-17</sup>, en el que la adquisición anatómica, la planificación y la actualización de la misma tienen lugar en un mismo acto para evitar los problemas de reproducibilidad bien documentados en la literatura<sup>15</sup>. Habitualmente el calibrado de las fuentes se ha de realizar justo antes del implante o durante la planificación del mismo y esto hace, en nuestra opinión, indispensable disponer de un sistema de medida alternativo que aclare una eventual discrepancia entre el resultado obtenido y el certificado del suministrador.

Como novedad, el mencionado documento de la AAPM<sup>13</sup> establece que cuando las desviaciones obtenidas en este tipo de procedimiento sean mayores del 5% se debe consultar al oncólogo radioterápico si se debe usar en la planificación el valor medido o el promedio con el valor del certificado.

Recientemente se ha introducido en España una nueva fuente de <sup>125</sup>I. Se trata de la fuente Bebig/Theragenics modelo I25.S06, que se ha incorporado a la práctica clínica en varios hospitales, utilizando las semillas ligadas IsoCord® para la realización de implantes permanentes de próstata. Los sistemas de medida disponibles para la verificación de la *TKRA* de estas fuentes venían calibrados en el momento de su introducción en el mercado, por el mismo suministrador, con una incertidumbre sorprendentemente mayor que la del certificado del fabricante de las fuentes, lo cual incumplía las recomendaciones de que las instituciones deben disponer de un método independiente de verificación<sup>1,13</sup> y de la trazabilidad adecuada. En cuanto a los únicos laboratorios acreditados, hasta hace muy poco sólo existía el ADCL de la Universidad de Wisconsin, trazado al NIST, pero

\* <http://rpc.mdanderson.org/RPC/home.htm>. Último acceso: junio de 2010.

actualmente también el PTB dispone de un patrón primario para este tipo de fuentes<sup>9</sup>.

Los objetivos de este trabajo han sido dos. Por un lado, se trataba de resolver el problema de la trazabilidad necesaria en el hospital para los usuarios de la fuente I25.S06. Por otro, se pretendía diseñar un inserto que permitiera medir la *TKRA* de un *strand* de semillas con una cámara de ionización tipo pozo de uso muy extendido en braquiterapia en los hospitales, estableciendo así un dispositivo de medida alternativo para su uso en las verificaciones en el proceso intraoperatorio.

## Material y métodos

### Fuentes

La fuente de  $^{125}\text{I}$ , IsoSeed I25.S06, suministrada por Bebig (Isotopen und Medizintechnik GmbH, and Theragenics Corporation) es una semilla de 4,8 mm de longitud y 0,8 mm de diámetro, con un marcador de oro interno central y cápsula exterior de titanio. Sus datos dosimétricos de consenso están publicados en el TG-43 U1 S1<sup>18</sup> y pueden consultarse en el enlace de Braphyqs<sup>†</sup>. Como se decía anteriormente estas fuentes se pueden calibrar actualmente en Europa en el PTB.

La cadena de semillas IsoCord® (Bebig) consiste en un tren de semillas I25.S06 y espaciadores en secuencia alternativa, con una distancia de 10 mm entre centro y centro de las semillas. Se suministran en condiciones estériles en el seno de cargadores cerrados que contienen hasta un máximo de 75 semillas dependiendo de la *TKRA* de las mismas. Las semillas se suministran con 14 valores posibles de *TKRA*, siendo la diferencia entre un nivel y el siguiente de 8,5%. El valor de *TKRA* suministrado para el valor medio de cada lote, corresponde al valor promedio del intervalo cuya anchura es del 8% (factor correspondiente a la desintegración de 1 semana para el  $^{125}\text{I}$ ) y viene especificado con una incertidumbre de  $\pm 4,7\%$  con factor de cobertura  $k=2$ .

Para extraer los *strands* en el momento previo al implante, el cargador se inserta en la estación de carga de agujas (NLS: *Needle Loading Station*) que permite cortar el número de semillas deseado y cargarlo en el interior de las agujas mediante un dispositivo de transferencia blindado. Para verificar la *TKRA* del certificado, se cortan varios trenes de 5 semillas, dependiendo del número total del lote.

Específicamente para este trabajo, se utilizó una fuente patrón del tipo IsoSeed I25.S06-C proporcionada por Bebig y calibrada en el PTB, con  $TKRA = 1,68 \mu\text{Gy}\cdot\text{m}^2/\text{h}$  en la fecha de calibración (3 meses antes de la medida). La incertidumbre relativa expandida del certificado proporcionado por el PTB es de 3,5% ( $k=2$ ).

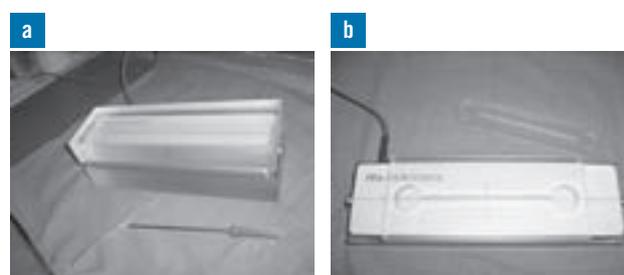
### Detectores

Se han utilizado 3 conjuntos de medida, que se describen a continuación, uno por cada uno de los centros participantes.

El detector utilizado para la calibración tanto de los trenes de semillas IsoCord® como de semillas individuales de Bebig es la cámara de ionización SourceCheck (PTW, Freiburg Alemania). Se trata de una cámara plana abierta de  $55 \text{ cm}^3$  de volumen, cuyas dimensiones externas son 220 mm x 60 mm x 14 mm, que dispone de un maniquí constituido por 2 bloques acrílicos de 30 mm de espesor para asegurar que las condiciones de dispersión queden bien definidas, así como de diversos adaptadores e insertos para realizar medidas con diferentes tipos y configuraciones de semillas. El inserto proporcionado para la medida de una sola semilla (Single Seed Adapter T34051.1.070), por su diámetro interno, no permite alojar la semilla con el plástico que la sujeta en la cadena, lo cual implicaría tener que manipular un disolvente especial para poder disponer de la semilla “desnuda” no recomendable en la práctica; no deben usarse métodos mecánicos para quitar esa capa ya que puede romperse accidentalmente la estanqueidad produciendo un problema de contaminación considerable. Para la lectura de la corriente producida se utiliza el electrómetro UNIDOS E (PTW).

La incertidumbre de los factores de calibración del SourceCheck proporcionados por Bebig, tanto para la medida de una semilla suelta como para un *strand*, es  $\pm 7,5\%$  ( $k=2$ ).

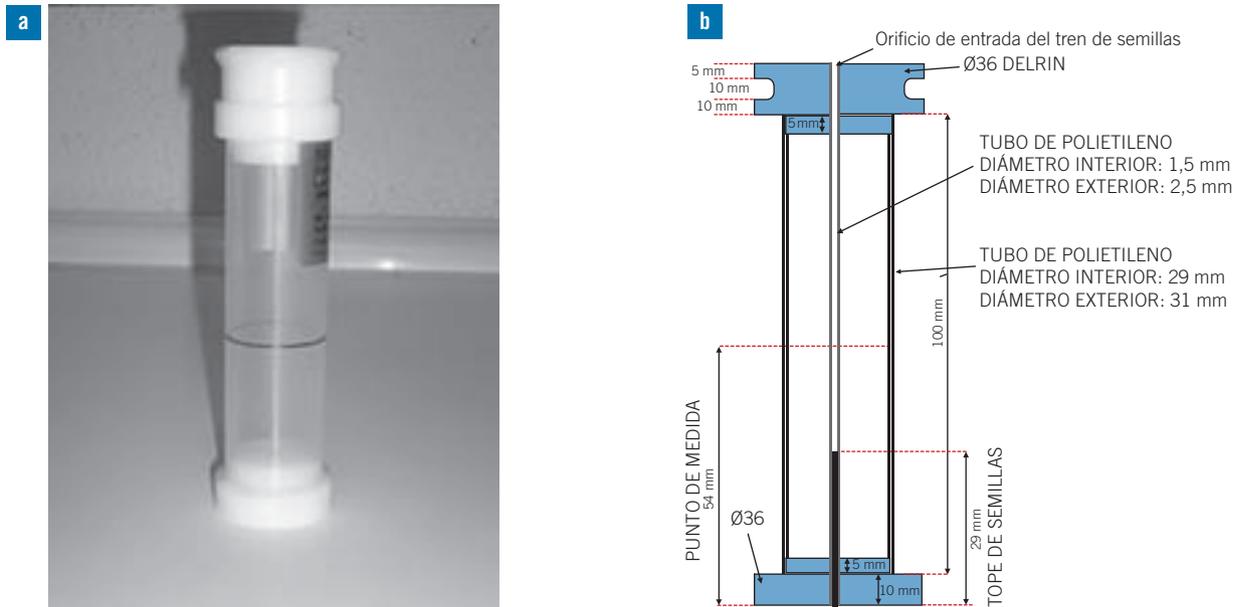
Los montajes que se emplean para las medidas de las semillas sueltas y de los *strands* pueden verse en las fig. 1.a y 1.b respectivamente.



**Fig. 1.** a) Montaje para la medida de una sola semilla, mediante el *Single seed Adapter*. Se introduce la semilla en el seno de la cámara y ésta entre los 2 bloques acrílicos. b) Montaje para la verificación de la *TKRA* de un *strand* usando el *Strand Adapter*, dispositivo para ubicar las semillas en la superficie de la cámara que imposibilita el uso del bloque superior de retrodispersión.

El detector pozo, para el que se ha confeccionado el inserto con el objeto de disponer de un sistema de verificación alternativo, es la cámara HDR1000

<sup>†</sup> <http://www.uv.es/braphyqs/index2.htm>. Último acceso: junio de 2010.



**Fig. 2.** Inserto diseñado para la verificación del *strand* de semillas mediante el detector HDR1000. a) Fotografía. b) Sección longitudinal.

(Standard Imaging, EEUU) de uso muy extendido en las Unidades de Braquiterapia. Ésta dispone de un inserto para realizar la medida de la *TKRA* de una sola fuente (Single LDR Seed Holder, model 70016). El nuevo inserto diseñado para la calibración del *strand* (véase la fig. 2) ha sido fabricado por SIHO S.L. "Suministros Hospitalarios" (España), y permite la ubicación de un tren de 5 fuentes de modo que su centro coincida con la parte central de la meseta de la curva de respuesta del detector. Se ha verificado dicha curva con una fuente de  $^{192}\text{Ir}$  de alta tasa de dosis (microSelectron, Nucletron) situándola a diferentes distancias del indexador de la cámara.

La lectura de la corriente se realiza con el electrómetro Max 4000 (Standard Imaging).

### Metodología desarrollada

Se programó una sesión de medidas-calibración conjunta de los tres hospitales involucrados, en la que participaron miembros de la empresa suministradora, Bebig, que aportó las fuentes necesarias.

Los procedimientos que se llevaron a cabo con los equipos de los tres centros participantes para lograr los objetivos propuestos fueron los siguientes:

1. Calibrado del detector SourceCheck con la fuente patrón del PTB.
2. Calibrado del detector HDR 1000 con la fuente patrón del PTB. Con esta medida y la anterior ya

se tenían calibrados los 2 detectores con la trazabilidad adecuada para la medida de una semilla individual.

3. Medida de la *TKRA* del *strand* de 5 semillas proporcionado por Bebig con el SourceCheck. La diferencia máxima en la *TKRA* entre las 5 semillas individuales del *strand* suministrado era del 4,1%.
4. Medida de la *TKRA* del *strand* con el detector HDR 1000 y el nuevo inserto de SIHO.
5. El especialista de la empresa Bebig separó las semillas del *strand*, para lo cual se disolvió el plástico de sujeción. Ésta es una operación muy delicada que entraña cierto riesgo de contaminación por lo que está desaconsejada su realización por parte de los usuarios.
6. Medida de la *TKRA* de cada una de las semillas del *strand* en uno de los detectores HDR 1000 ya calibrados.

En la fig. 3 está representado el proceso de forma esquemática.

Con estas medidas se pretendía disponer de la trazabilidad adecuada en cada hospital y además tener calibrado con trazabilidad secundaria un dispositivo alternativo para la medida de trenes de 5 semillas.

Con posterioridad se verificó, en cada uno de los centros, la *TKRA* de una semilla suelta suministrada por Bebig.

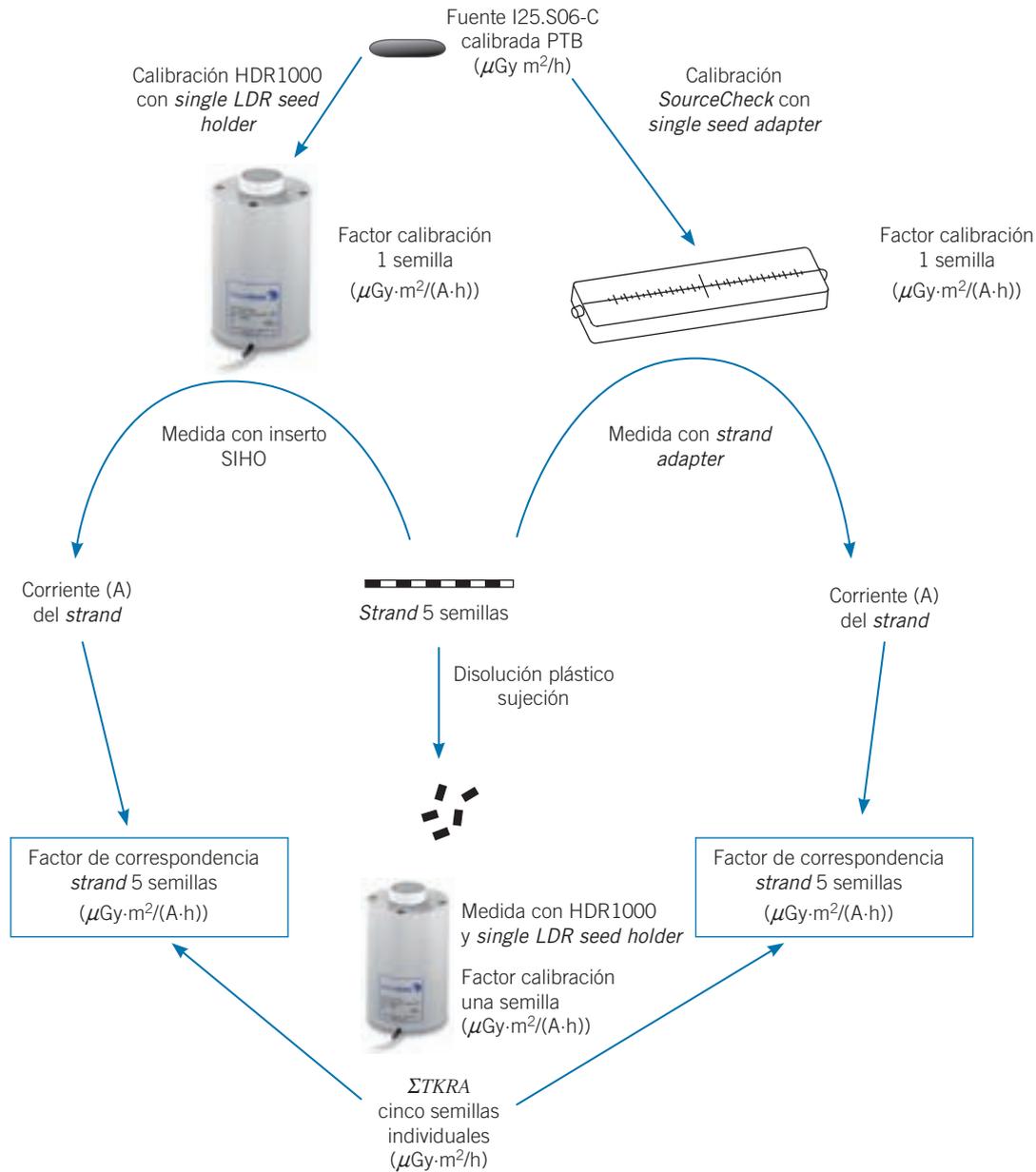


Fig. 3. Esquema donde pueden verse las distintas etapas del proceso de medida

## Análisis de incertidumbres

Se han analizado las incertidumbres involucradas en las medidas descritas en el apartado anterior. A continuación, se detallan a título de ejemplo las expresiones empleadas para evaluar la incertidumbre en la calibración de la cámara SourceCheck y electrómetro UNIDOS E (PTW) para la verificación de la  $TKRA$  de una semilla suelta.

## Factor de calibración del conjunto SourceCheck ( $F_{SC}$ ) - electrómetro PTW para 1 semilla

$$F_{SC(1\text{ semilla})} = \frac{TKRA_{(\text{semilla PTB})}}{I_{SC, \text{semilla PTB}}} F_{decay}$$

donde:

$TKRA$  es la tasa de kerma de referencia en aire,  
 $I$  es la intensidad de corriente producida en la cámara la cámara,  
 $F_{decay}$  es el factor de semidesintegración.

### Incertidumbre en el factor de calibración del conjunto SourceCheck - electrómetro PTW para 1 semilla

$$u_{F_{SC(1\text{ semilla})}}^2 = \left[ \frac{F_{decay}}{I_{SC( semilla PTB)}} \right]^2 u_{TKRA( semilla PTB)}^2 + \left[ \frac{TKRA( semilla PTB) \cdot F_{decay}}{I_{SC( semilla PTB)}^2} \right]^2 u_{I_{SC(1\text{ semilla})}}^2 + \left[ \frac{TKRA( semilla PTB)}{I_{SC( semilla PTB)}} \right]^2 u_{F_{decay}}^2$$

$$F_{decay} = e^{-\left(\frac{\ln 2 \cdot t}{T_{1/2}}\right)}$$

$$u_{F_{decay}}^2 = \left[ \left( -\frac{\ln 2}{T_{1/2}} \right) \cdot e^{-\frac{\ln 2 \cdot t}{T_{1/2}}} \right]^2 \cdot u_t^2 + \left[ \frac{\ln 2 \cdot t \cdot e^{-\frac{\ln 2 \cdot t}{T_{1/2}}}}{T_{1/2}^2} \right]^2 \cdot u_{T_{1/2}}^2$$

donde  $T_{1/2}$  es el periodo de semidesintegración cuya incertidumbre se ha tomado de NuDat 2.5<sup>‡</sup>

### Incertidumbre en la medida de intensidad

$$I_{SC,1\text{ semilla}} = \frac{\bar{Q}_{SC, semilla PTB}}{t} f(P, T) = \frac{\bar{Q}_{SC, semilla PTB}}{t} \varphi(P) \psi(T)$$

$$u_{I_{SC, semilla PTB}}^2 = \left[ \frac{f(P, T)}{t} \right]^2 u_{\bar{Q}_{SC, semilla PTB}}^2 + \left[ \frac{\bar{Q}_{SC, semilla PTB}}{t} \psi(T) \frac{1013}{P^2} \right]^2 u_P^2 + \left[ \frac{\bar{Q}_{SC, semilla PTB}}{t} \varphi(P) \frac{1}{293} \right]^2 u_T^2 + \left[ \frac{\bar{Q}_{SC, semilla PTB}}{t^2} f(P, T) \right]^2 u_t^2$$

donde:

$\bar{Q}$  es la carga recogida por la cámara,  
 $t$  es el tiempo de medida,  
 $f(P, T)$ : es el factor correctivo de presión y temperatura,  
 $\varphi$  es el factor correctivo de presión,  
 $\psi$  es el factor correctivo de temperatura.

<sup>‡</sup> NuDat 2.5, "Decay Radiation database, Evaluated Nuclear Structure Data File," National Nuclear Data Center, Brookhaven National Laboratory, 2009; <http://www.nndc.bnl.gov/nudat2/re-center.jsp?z=77&n=115> (2009). Último acceso: julio 2010.

En la incertidumbre de la carga recogida se ha incluido la debida al reposicionamiento del inserto.

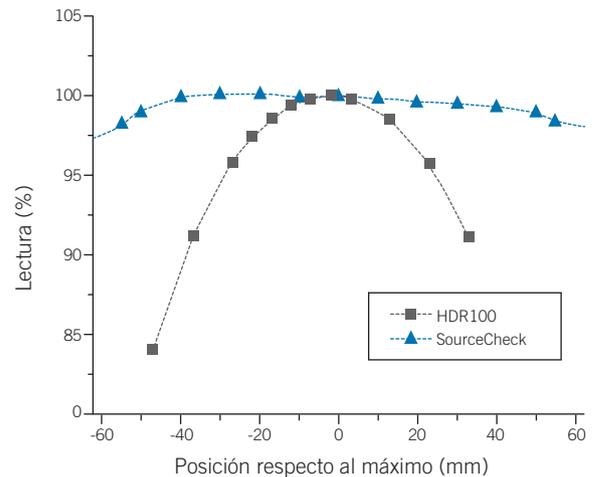
Análogamente se han obtenido los valores de las incertidumbres para las demás medidas, con la salvedad de que la expresión del factor de influencia que tiene en cuenta las condiciones climáticas en la cámara HDR1000 no es el utilizado habitualmente en cámaras tipo *farmer* de menor volumen<sup>19,20</sup>, sino que este  $\varphi(P)$  debe modificarse multiplicándolo por la siguiente expresión:

$$\varphi(P)_{HDR1000} = \varphi(P) \{k_1 [P(Torr)]^{k_2}\}$$

donde los valores de  $k_1$  y  $k_2$  dependen del radionucleido y del encapsulamiento de la fuente, para la fuente I25.S06 son<sup>§</sup>:  $k_1=0,0526$  y  $k_2=0,444$ .

## Resultados

En la fig. 4 puede verse la curva de respuesta obtenida para el HDR1000 además de la correspondiente al SourceCheck, que también se ha verificado.



**Fig. 4.** Curvas de respuesta de los detectores SourceCheck y HDR100. La primera se ha verificado desplazando una semilla I25.S06 en la superficie del detector y la segunda aprovechando la fuente de HDR de microSelectron.

Se han calibrado los equipos de los tres centros participantes para la verificación de la  $TKRA$  de una semilla con trazabilidad primaria.

Los factores de calibración obtenidos están recogidos en la tabla 1. Las diferencias entre los factores obtenidos y los que Bebig había suministrado con el equipo SourceCheck, son de 0,1%, -4,3% y 3% para los centros A, B y C respectivamente.

<sup>§</sup> Manual de usuario HDR1000, Standard Imaging.

**Tabla 1.** Resumen de los resultados obtenidos en la calibración.

Una semilla				
	Factor de calibración (1 semilla) $\times 10^{11}$ ( $\mu\text{Gy m}^2/(\text{h}\cdot\text{A})$ )			
	Centro A	Centro B	Centro C	Incertidumbre (%, $k=2$ )
SourceCheck	11,7	11,5	11,1	3,7
HDR1000	2,06	2,01	2,17	3,8
Strand 5 semillas				
	Factor de correspondencia* (5 semillas) $\times 10^{11}$ ( $\mu\text{Gy m}^2/(\text{h}\cdot\text{A})$ )			
	Centro A	Centro B	Centro C	Incertidumbre (%, $k=2$ )
SourceCheck	20,0	20,6	20,3	4,5
HDR1000	1,94	1,94	1,97	4,1

\* Se ha denominado Factor de correspondencia al factor que se obtiene en este trabajo para el tren de 5 semillas, para diferenciarlo del Factor de calibración de la cámara pozo obtenido con una única fuente en la posición máxima de la meseta de la curva de respuesta de la cámara.

## Discusión

El hecho de utilizar una fuente de iridio en lugar de una fuente de yodo para verificar la curva de respuesta en la cámara HDR 1000, se debe principalmente a una cuestión de tipo práctico. Mientras en la cámara SourceCheck, la variación de la posición de una fuente de  $^{125}\text{I}$  se realiza con mucha facilidad y rapidez, en la cámara HDR1000 con el inserto desarrollado, esta verificación es mucho más difícil de llevar a cabo. Se requeriría el uso de espaciadores entrando en cuestión el posible efecto de esos espaciadores sobre la lectura, ya que esta cámara también tiene parte del volumen activo en su base. En contraste con esta situación, la verificación de la respuesta con la posición utilizando la fuente de HDR ( $^{192}\text{Ir}$ ) es muy rápida y precisa.

Por otro lado, dadas las características de este detector, la respuesta es prácticamente plana no solo para un *strand* de 5 semillas sino incluso para uno de 10 semillas o mayor. En este trabajo se ha supuesto que las respuestas son iguales, pero podría no ser así debido a la diferente componente dispersa y energía entre ambos isótopos. En apoyo de la hipótesis utilizada en este trabajo, cabe decir que el inserto para la medida individual de una semilla de  $^{125}\text{I}$  en esta cámara sitúa a la fuente centrada

en el máximo de la curva de respuesta obtenida con  $^{192}\text{Ir}$ . En todo caso, lo fundamental es la reproductibilidad del posicionamiento del *strand* dentro del inserto.

A la hora de comparar con el valor suministrado por el fabricante, tal y como indica Brosed<sup>¶</sup> “lo ortodoxo, lógico y correcto sería que el fabricante diera un valor A con una incertidumbre ( $k=2$ )  $I_A$  y el radiofísico determinase un valor B con una incertidumbre ( $k=2$ )  $I_B$ ” dependiendo el grado de compatibilidad de ambas medidas de los intervalos resultantes, pero las recomendaciones no hacen indicación alguna sobre las incertidumbres, limitándose a referir los valores de las diferencias porcentuales. Las recomendaciones actuales de la AAPM<sup>13</sup> intentan recoger indirectamente tanto este aspecto como la dispersión en un lote de fuentes, al indicar unos valores de tolerancia diferentes en el resultado de la medida de semillas individuales o tras realizar la media de un grupo. Tampoco recogen valores máximos de incertidumbre en el certificado del suministrador a aceptar por el usuario.

## Conclusiones

En este trabajo se describe la metodología adoptada para resolver el problema de la trazabilidad necesaria en el hospital para los usuarios de la fuente I25.S06 en España, mostrando los factores de calibración obtenidos para los dispositivos involucrados junto con sus incertidumbres. Por otro lado se presenta el inserto diseñado para medir la *TKRA* de un *strand* de semillas con una cámara de ionización tipo pozo de uso muy extendido en braquiterapia, estableciendo así un dispositivo de medida alternativo para su uso en las verificaciones en el proceso intraoperatorio. Las características del inserto desarrollado, buen ajuste en el detector pozo y producción mínima de atenuación, han permitido realizar la medida de manera precisa y eficiente con estas semillas de emisor de baja energía.

## Agradecimientos

Los autores de este trabajo agradecen el apoyo recibido por parte de Aurora Gutiérrez (Bebig España), así como la colaboración de Bebig Germany para la realización del mismo.

## Bibliografía

1. Nath R, Anderson L, Meli J, Olch A, Stitt J, Williamson J. Code of practice for brachytherapy physics: Report of the AAPM Radiation Therapy Committee Task Group No. 56, Med Phys 1997;24:1557-98.

<sup>¶</sup> Brosed A, Unidad de Metrología de Radiaciones Ionizantes. Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas. Comunicaciones Personales. Enero-Abril 2000.

2. Bidmead M, Briot E, Burger J, Ferreira I, Grusell E, Kirisits C, et al. A practical guide to quality control of brachytherapy equipment. ESTRO Booklet No. 8. Edited by: Jack Venselaar and José Pérez-Calatayud, 1 ed, Bruselas;2004.
3. Real Decreto 1566/1998, de 17 de julio, por el que se establecen los criterios de calidad en radioterapia.
4. Brosed A, Pérez-Calatayud J, Vivanco J. Necesidades metro-lógicas en braquiterapia. Soluciones a corto, medio y largo plazo. *Rev Fis Med* 2000;1:107-11.
5. Soares C, Douysset G, Mitch M. Primary standards and dosimetry protocols for brachytherapy sources. *Metrologia* 2009;46:S80-S98.
6. Seltzer S, Lamperti P, Loevinger R, Mitch M, Weaver J, Coursey B. New national air-kerma-strength standards for I-125 and Pd-103 brachytherapy seeds. *J Res Nat Inst Stand Technol* 2003;108:337-58.
7. Culberson W, DeWerd L, Anderson D, Micka J. Large volume ionization chamber with variable apertures for air-kerma measurements of low-energy radiation sources. *Rev Sci Instrum* 2006;77:015105-9.
8. Baker M, Bass G, Woods M. Calibration of the NPL secondary standard radionuclide calibrator for I-125 seeds used for prostate brachytherapy. *Appl Radiat Isot* 2002;56:321-5.
9. Selbach H, Kramer H, Culberson S. Realization of reference air-kerma rate for low-energy photon sources. *Metrologia* 2008;45:422-8.
10. Pérez-Calatayud J, Vivanco J. Braquiterapia en cáncer de próstata. Aspectos físicos. En: *Cáncer de próstata: Enfoque Multidisciplinar de la SEOR*. Editor Jose López Torrecilla. Medical Practice Group; 200. p. 155-86.
11. Ramos L, Martínez R. Sampling size in the verification of manufactured-supplied air kerma strengths. *Med Phys* 2005;32:3375-8.
12. Rodríguez C, López A, Fernández-Letón P, Martínez LC, Gilarranz R, Manzanos MJ. Análisis sobre la inferencia estadística en la comprobación de la tasa de kerma de referencia en aire de lotes de semillas estériles de I-125 del suministrador Bebig. *Rev Fis Med* 2005;6:81-6.
13. Butler W, Bice W Jr, DeWerd L, Hevezi J, Huq M, Ibbott G, et al. Third-party brachytherapy source calibrations and physicist responsibilities: report of the AAPM Low Energy Brachytherapy Source Calibration Working Group. *Med Phys* 2008;35:3860-5.
14. Kutcher G, Coia L, Gillin M, Hanson W, Leibel S, Morton R, et al, AAPM Report No. 46, Comprehensive QA for Radiation Oncology. Report of AAPM Radiation Therapy Task Group No. 40. *Med Phys* 1994;21:581-618.
15. Salembier C, Lavagnini P, Nickers P, Mangili P, Rijnders A, Polo A, et al., on behalf of the PROBATE group of GEC ESTRO. Tumour and target volumen in permanent prostate brachytherapy: A suplement to the ESTRO/EAU/EORTC recommendations on prostate brachytherapy. *Radiother Oncol* 2007;83:3-10.
16. Nag S, Bice W, DeWyngaert K, Prestidge B, Stock R, Yu Y. The American Brachytherapy Society recommendations for permanent prostate brachytherapy postimplant dosimetric analysis. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 2000;46:221-30.
17. Polo A, Salembier C, Venselaar J, Hoskin P. on behalf of the PROBATE group of the GEC ESTRO. Review of intraoperative imaging and planning techniques in permanent seed prostate brachytherapy. *Radiother Oncol* 2010;94:12-23.
18. Rivard M, Coursey B, DeWerd L, Hanson W, Huq M, Ibbot G, et al. Update of AAPM Task Group No. 43 report: a revised AAPM protocol for brachytherapy dose calculations. *Med Phys* 2004;31:633-74.
19. Griffin S, DeWerd L, Micka J, Bohm T. The effect of ambient pressure on well chamber response: Experimental results with empirical correction factors. *Med Phys* 2005;32:700-9.
20. Bohm T, Griffin S, DeLuca P Jr., DeWerd L. The effect of ambient pressure on well chamber response: Monte Carlo calculated results for the HDR 1000 Plus. *Med Phys* 2005;32:1103-14.