

# Desarrollo y funciones del laboratorio secundario de calibración dosimétrica de la India

por G. Subrahmanian\*

En el Simposio del Organismo Internacional de Energía Atómica sobre estandarización nacional e internacional en dosimetría de radiaciones, celebrado en Atlanta del 5 al 9 de diciembre de 1977, se puso de manifiesto que se reconoce como necesario y bien definido el objetivo de las instituciones que forman la red OIEA/OMS de laboratorios secundarios de calibración dosimétrica (LSCD). Los vínculos que estas instituciones han establecido con los laboratorios primarios de calibración y los usuarios de radiaciones son francamente provechosos en la esfera de la metrología.

En distintas partes del mundo hay una serie de LSCD y a sólidamente establecidos, que han empezado a organizar programas nacionales y regionales de comparación de dosis, siguiendo fielmente las recomendaciones del OIEA. En el presente artículo se explican a grandes rasgos el desarrollo y las funciones del LSCD de la India, que ha permitido conseguir considerables progresos en dosimetría clínica mediante un programa de comparación de dosis.

## ¿QUE ES UN LSCD?

Un grupo de expertos creado bajo los auspicios de la Organización Mundial de la Salud y en colaboración con el Organismo Internacional de Energía Atómica se reunió en Ginebra en noviembre de 1968 para examinar la necesidad y medios apropiados de mejorar la dosimetría de las radiaciones, en particular con fines de radioterapia y de protección radiológica en todo el mundo. Esto se precisaba a causa del espectacular aumento del empleo de las radiaciones ionizantes en la medicina, la industria y las investigaciones científicas, y de la necesidad consiguiente de resultados fiables para un intercambio entre los usuarios de radiaciones. Este grupo reconoció que urgía mejorar la dosimetría de las radiaciones practicada en las distintas ramas de la medicina, por ejemplo, en diagnóstico por rayos X, radioterapia y medicina nuclear, así como en campos no médicos y en protección radiológica.

El grupo advirtió también que el problema de la calibración en dosimetría de las radiaciones podía resolverse creando laboratorios secundarios de calibración dosimétrica (LSCD), cuyos instrumentos patrón se calibran cuidadosamente con un dosímetro patrón primario. La idea era que los laboratorios formasen una red mundial (la actual red OIEA/OMS de LSCD) y que en cada uno de ellos se siguiesen principios y métodos análogos. La red debía facilitar también el intercambio de información y distribuir informes, directrices y recomendaciones sobre dosimetría en todos sus campos de aplicación.

La India emprendió su programa de energía atómica al final de los años cincuenta, iniciando entonces un programa de producción de isótopos. Al disponerse de fuentes de  $^{60}\text{Co}$  en gran cantidad, creció rápidamente el número de aparatos de teleterapia instalados. Como parte del programa nacional de energía atómica, el Centro de Investigaciones atómicas Bhabha se

\* El Dr. Subrahmanian es funcionario científico de la División de Protección Radiológica del Centro de Investigaciones Atómicas Bhabha, Trombay (India).



Foto 1: Cámara de aire libre, de placas paralelas, empleada como patrón primario para rayos X de hasta 300 kV.

encargó también de la protección radiológica en todo el país. Estas actividades comenzaron a principios de los años sesenta y pronto se puso de manifiesto que muchos de los centros de radioterapia del país carecían totalmente o poco menos de servicios de dosimetría de las radiaciones y de planificación del tratamiento. Pudo observarse que la radioterapia se practicaba sobre una base puramente empírica, según la experiencia clínica del radioterapeuta. Eran prácticamente inexistentes los servicios de física complementarios, ya que el país solo disponía de un puñado de físicos médicos. No había dosímetros de fabricación nacional y los importados anteriormente para algunos de los hospitales no podían utilizarse mucho tiempo porque tampoco se disponía en el país de baterías especiales. Además, estos dosímetros no se recalibraron nunca después de su adquisición. Se advirtió que era indispensable crear en la India la infraestructura apropiada para atender las necesidades básicas de los hospitales.

## PRIMERAS ETAPAS

La iniciativa a este respecto la tomó el Centro de Investigaciones de Trombay, comenzándose pronto un programa en múltiples direcciones. Los objetivos principales del mismo eran los siguientes:

1) Diseño y desarrollo de patrones primarios, por ejemplo, cámaras de aire libre, cámaras de grafito, calorímetros para las unidades fundamentales de radiación y también crear una instalación de calibración de dosímetros para todo el país.

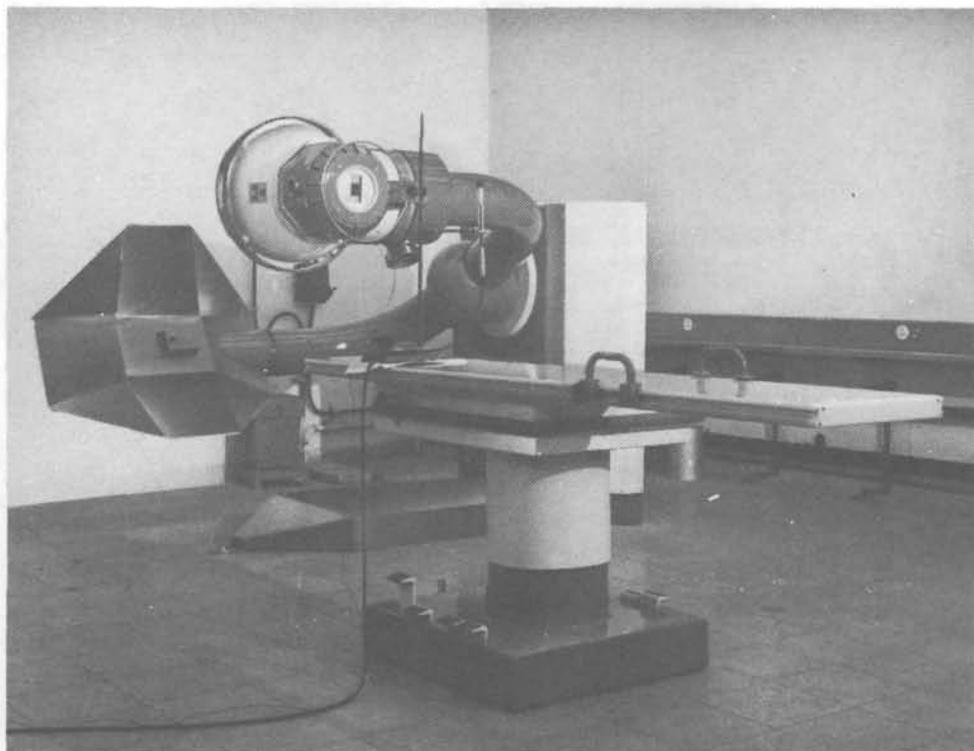


Foto 2: Cámaras de cavidad de grafito como ésta sirven para la calibración de los haces gamma del cobalto-60.

- 2) Diseño, desarrollo y fabricación de medidores de radiación y dosímetros a partir de componentes y materiales existentes en el país, en la medida de lo posible.
- 3) Capacitación en física radiológica de jóvenes físicos entusiastas.
- 4) Investigación y desarrollo en la esfera de la física radiológica.

Un importante aspecto del programa de dosimetría fue prestar a los centros radioterápicos servicios de asesoramiento en materia de dosimetría y planificación del tratamiento. Se procuró que los físicos médicos trabajasen cierto tiempo en nuestros laboratorios para que juzgasen por sí mismos las modernas técnicas y métodos de cómputo aplicados en esta esfera. Entre otros servicios prestados a los hospitales figuraba la planificación de instalaciones de radiación desde el punto de vista de la protección radiológica.

## PAPEL DEL LABORATORIO DE PATRONES RADIOLOGICOS

El Laboratorio de Patrones Radiológicos es el depositario de los patrones primarios nacionales para magnitudes radiológicas tales como la exposición a los rayos X y a los rayos gamma, y la dosis absorbida. Los patrones primarios para los rayos X son por dos cámaras de aire libre, de placas paralelas, diseñadas y fabricadas en este laboratorio para la estandarización de la exposición a rayos X de potenciales de 10–60 kV y 80–250 kV, respectivamente. El patrón primario para la exposición a rayos gamma del  $^{60}\text{Co}$  es una cámara de grafito

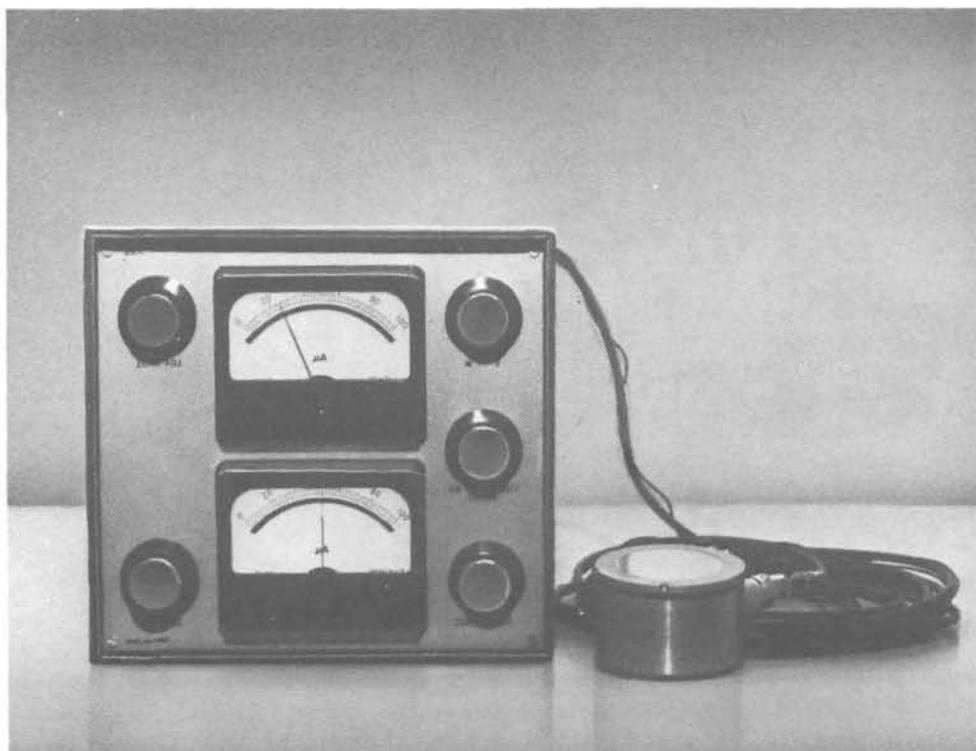


Foto 3: Dosímetro para rayos X blandos.

(véanse las fotos). La condición de patrones primarios quedó reconocida tras varias comparaciones internacionales.

Una vez establecidos los patrones de radiación, el servicio de calibración de dosímetros se ofreció a todos los hospitales de la India así como a los de países vecinos. Estas calibraciones se efectúan con patrones de referencia para rayos X blandos, rayos X de ortovoltaje y rayos gamma del  $^{60}\text{Co}$ . Después de realizarlas, se expiden certificados especificando los factores de calibración, la exactitud y demás información esencial.

#### DESIGNACION DE CENTRO COLABORADOR DEL OIEA/OMS

Alcanzada esta etapa, se estimó que los hospitales disponían del personal y el equipo necesarios para una dosimetría con fines clínicos razonablemente buena. Se pensó también que se había alcanzado una fase en la que debía velarse por que el equipo y la experiencia técnica ofrecidos a los hospitales se utilizasen adecuadamente, y por que la dosimetría clínica practicada en los mismos fuese suficientemente exacta y coherente con los esfuerzos desplegados ya. En ese momento fue muy oportuna la designación del laboratorio como centro colaborador del OIEA/OMS en dosimetría para la calibración de patrones secundarios.

Cabe recordar que la razón principal de establecer la red de LSCD fue crear un núcleo para mejorar la dosimetría de las radiaciones en medicina y protección radiológica. Cuando otros países de una misma región poseen sus propias instalaciones nacionales de calibración de

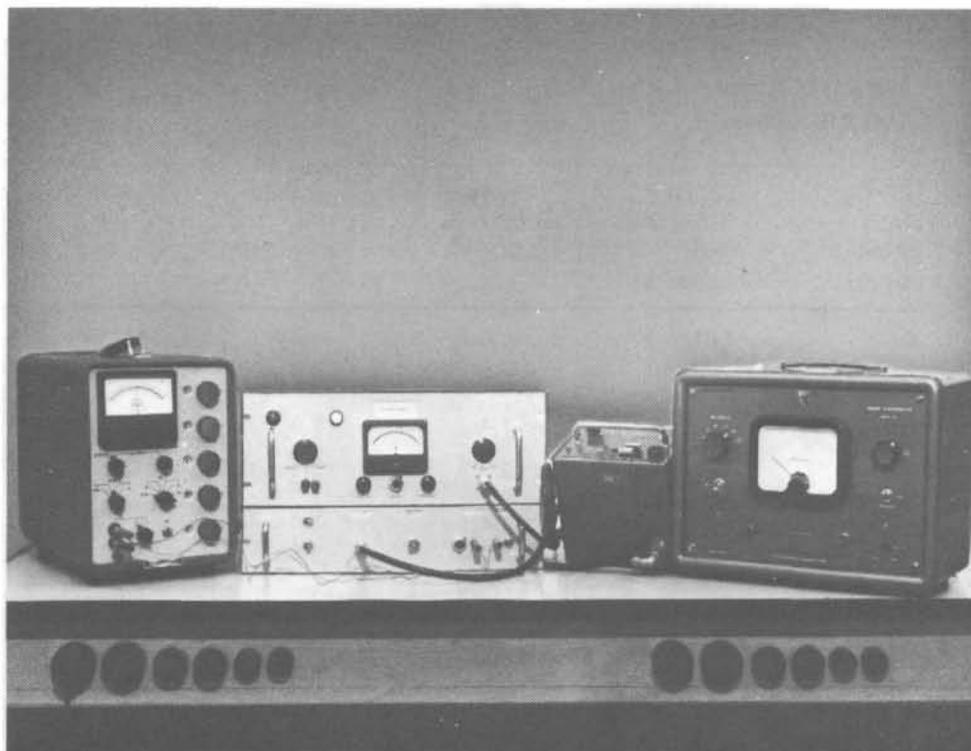


Foto 4: Sistema de medición de carga utilizado en las mediciones de patrones primarios/de referencia con rayos X.

dosímetros, la función del centro es armonizar las actividades de estos laboratorios nacionales organizando comparaciones para garantizar la homogeneidad de las mediciones de radiaciones y continuando la capacitación del personal de los laboratorios. Un método para comprobar la exactitud y uniformidad de las dosis de radiación aplicadas a los pacientes sometidos a radioterapia es la comparación postal de la dosis absorbida, técnica iniciada y perfeccionada por el OIEA para las radiaciones del  $^{60}\text{Co}$ . Este programa existe desde hace dos decenios.

#### EL DOSIMETRO TERMOLUMINISCENTE (DTL) PROGRAMA DE COMPARACIONES

Considerándola una de sus principales funciones, el Laboratorio de Trombay inició su programa de comparaciones de dosis poco después de haber sido designado por el OIEA/OMS. Este programa persigue el objetivo único de dotar al LSCD de la experiencia técnica y la organización necesaria para que pueda encargarse de la parte del programa internacional correspondiente a su región y no concebida como suplemento del programa OIEA/OMS. A este respecto, es esencial que los dos programas de comparaciones sean idénticos de modo que los resultados obtenidos independientemente por cada uno sean comparables e integrables en último término. En principio, los dos programas se desarrollan simultáneamente hasta que el LSCD alcanza el grado requerido de perfección. En vista de ello, el LSCD de Trombay no solo ha establecido un programa propio que es idéntico al del OIEA/OMS, sino que ha combinado los lotes del OIEA/OMS con dos lotes de LSCD. Tras irradiar los participantes las cápsulas DTL de LSCD y del OIEA/OMS en condiciones idénticas,

**Cuadro 1. Comparación de los resultados obtenidos con lotes simultáneos LSCD-OIEA/OMS**

Lote de LSCD Nº del Instituto	Lote del OIEA/OMS Nº del Instituto	Desviación en % (LSCD)	Desviación en % (OIEA/OMS)	Diferencia %
7802	1142	-0,9	+1,4	+2,3
7804	1143	+8,1	+10,8	+2,7
7805	1144	+1,4	+2,9	+1,5
7806	1145	+4,9	+6,1	+1,2
7807	1146	-2,8	-0,5	+2,3
7810	1147	-0,1	+3,6	+3,7
7811	1148	-2,8	+1,8	+4,6
1817	1150	+11,3	+14,6	+3,3
7819	1152	+1,6	+3,7	+2,1
7822	1153	+18,1	+15,6	-2,5
7823	1154	-3,5	-3,5	0,0
7826	1155	+0,4	+0,3	-0,1

los dosímetros fueron evaluados independientemente en el LSCD de Trombay y en el laboratorio del OIEA en Viena, comparándose los resultados. (Cuadro 1).

A fin de comprobar la uniformidad de los aparatos de lectura de DTL utilizados por los LSCD y el OIEA, el laboratorio participó en experimentos realizados en el OIEA, mostrando los resultados de la comparación un margen de concordancia del 1%. Un experto visitante del OIEA/OMS comprobó también independientemente la calibración del haz emitido por el  $^{60}\text{Co}$ , utilizando un dosímetro patrón secundario calibrado por el NPL, propiedad de la OMS. Todas estas comprobaciones confirmaron la capacidad del LSCD de Trombay de organizar un programa propio de comparaciones con DTL que sea exacto y al mismo tiempo de calidad análoga al del OIEA/OMS.

Como resultado de estas comparaciones se puso de manifiesto que la mayoría de los hospitales de la India no poseían un dosímetro calibrado debidamente y que se confiaba demasiado en los valores de intensidad del haz facilitados a dichos centros varios años antes, al montar la fuente. Se observaron igualmente graves errores en el empleo de factores de corrección por decrecimiento del  $^{60}\text{Co}$  y en el de valores de conversión. Fue menester instruir a los participantes y corregir los errores dosimétricos mediante una prolongada

correspondencia. Sin embargo, en los casos en que la desviación fue superior al 10%, hubo que realizar in situ la medición de la intensidad del haz.

## SERVICIO DE MEDICION DE LA INTENSIDAD DEL HAZ

Al realizar nuestro programa inicial de comparaciones con DTL se advirtió que este programa no era suficiente para lograr la exactitud y la uniformidad, en el plano regional, de las mediciones de la dosis absorbida, en un tiempo razonablemente corto. La exactitud y la uniformidad en radiodosimetría requieren que todas las mediciones básicas realizadas con fines dosimétricos se funden, directa o indirectamente, en patrones nacionales. Esto es solo posible si los físicos responsables se cuidan de la recalibración periódica del dosímetro y de comprobar sus posibles cambios de sensibilidad mediante mediciones regulares con una fuente de referencia de  $^{90}\text{Sr}$ . Además, en condiciones ideales cada centro de radioterapia debería poseer como mínimo dos dosímetros, uno de ellos con la categoría de patrón secundario. El otro ha de ser calibrado periódicamente con el patrón secundario por el propio físico. Este segundo dosímetro se utiliza para todas las mediciones corrientes, mientras que el dosímetro patrón secundario se conserva como patrón local y se emplea solo en ocasiones especiales. En la mayoría de los casos se olvida recalibrar el dosímetro y, por tanto, la medición de la intensidad del haz de los aparatos de teleterapia puede adolecer de un error de varios enteros por ciento. El resultado será que el paciente recibirá una dosis insuficiente o excesiva. Detectar los centros en que esto ocurre mediante una comparación con DTL requiere mucho tiempo, y corregir los errores por correspondencia puede disminuir aún más las posibilidades de curación de los pacientes, en particular cuando el error del dosímetro es muy grande.

Por consiguiente, paralelamente al programa de comparaciones con DTL, se inició la calibración del haz de los aparatos de teleterapia de  $^{60}\text{Co}$ . Un físico superior del LSCD viajó por el país y realizó mediciones de la intensidad del haz para todas las dimensiones de campo y distancias fuentes-tumor requeridas por los responsables de los hospitales. Los dosímetros de los hospitales se compararon también con el patrón secundario del LSCD. Se facilitaron los valores provisionales de los factores de calibración inmediatamente y, en los casos necesarios, se aconsejó al hospital que enviase el dosímetro al LSCD para su reparación o recalibración. Estas visitas sirvieron también para convencer al radioterapeuta y físico de cada hospital de la necesidad de exactitud y uniformidad en dosimetría clínica. La forma en que han respondido los radioterapeutas y físicos después del viaje es testimonio del éxito de este programa. Se tiene el propósito de continuar este servicio de calibración y extenderlo a todos los hospitales de la región geográfica. Al mismo tiempo, proseguirán las comparaciones con DTL que se extenderán a todos los centros en el futuro.

Desde el comienzo del programa de LSCD unas 90 instituciones han participado en las comparaciones postales de dosis. Este número incluye algunos hospitales para los que se realizaron comparaciones repetidas. Esto fue necesario por las grandes desviaciones de los primeros resultados y, en otros casos, a causa de la sustitución de fuentes cuya radiactividad había decrecido. Es alentador observar que la mayoría de los hospitales en que se efectuaron comparaciones repetidas obtuvieron valores más concordantes. (Cuadro 2).

## CAPACITACION DE FISICOS MEDICOS

En la India, el establecimiento de un programa de capacitación de físicos médicos siguió de cerca a la iniciación del programa nacional de energía atómica. A diferencia de los países adelantados, en cuyos universidades y centros médicos existen estudios regulares de física médica y radiología para graduados, en las universidades de la India no había ningún programa académico de esta naturaleza. Por consiguiente, del programa de capacitación

**Cuadro 2. Resultado de las comparaciones repetidas**

Número	Desviación, en % Primera comparación	Desviación, en % Comparación repetida
1	-4,5	-0,9
2	-1,7	-1,0
3	-14,7	+8,1
4	+2,8	+1,4
5	-9,6	+0,7
6	Dosis alta	+0,6
7	-7,8	-2,8
8	-5,0	-1,6
9	-5,0	-3,0
10	-3,9	+1,6
11	+8,9	-2,8
12	-5,5	-5,1
13	+44,8	+7,9
14	+2,9	-3,3
15	-8,2	+3,4
16	-1,8	+2,4
17	+7,1	+0,7
18	-26,4	+11,3
19	+7,6	+1,6
20	-1,7	-1,2
21	-5,8	-3,9
22	+0,2	-1,3
23	-3,5	-3,5
24	-5,5	+0,3
25	-19,5	-10,0

hubo de encargarse necesariamente el Departamento de Energía Atómica a principio de los años sesenta. En 1962 empezó un programa de capacitación de un año para postgraduados, con la colaboración activa de la Organización Mundial de la Salud. El curso consistió en un estudio detenido de todos los aspectos de las radiaciones, en particular sus aplicaciones y de las cuestiones de seguridad conexas. Actualmente, este curso permite obtener el diploma de física radiológica por la Universidad de Bombay. Hasta la fecha, se han celebrado 16 cursos con un total de 260 participantes, de los cuales 30 procedían de otros países del Sudeste asiático.

Además de ese curso de larga duración, se celebran, a intervalos regulares, otros más cortos sobre las cuestiones de seguridad en las aplicaciones médicas de las radiaciones y sobre cuestiones de seguridad en las aplicaciones industriales, destinados a radiólogos, técnicos de rayos X y a otras personas que trabajan con fuentes de radiación.

La experiencia adquirida por el laboratorio de Trombay demuestra que un LSCD puede alcanzar con éxito sus objetivos gracias a la cooperación del OIEA/OMS y a sus propios esfuerzos. El LSCD de Trombay tiene la ventaja de ser en realidad un laboratorio de patrones primarios y de disponer de otras instalaciones en el centro de investigación. Además, como el laboratorio ya desempeñaba estas funciones anteriormente, la experiencia y conocimientos técnicos acumulados a lo largo de los años le permiten alcanzar sus objetivos con más rapidez.