



Román GONZALEZ DEL CAMPO es Licenciado en Ciencias Químicas por la Universidad de Valladolid, ciudad en la que nació en 1924, y Doctor en Físicas por la Universidad Complutense.

Pertenece a la Junta de Energía Nuclear desde su fundación, en la que entró trabajando en la División de Física, pasando en 1956 a la División de Protección Radiológica después de haber seguido un curso en la Universidad de Rochester, Estados Unidos, en este campo y en el que permanece desde entonces.

Ha sido experto del OIEA de Viena.

UN SISTEMA DE DOSIMETRIA TERMOLUMINISCENTE

INTRODUCCION

La importancia creciente que la dosimetría termoluminiscente —dosimetría TL— ha adquirido últimamente, se basa en los atractivos aspectos que presenta este método de medida de dosis de radiación ionizante. Son varias las razones para tal aceptación, siendo las más destacables: rapidez de la lectura; exactitud, bajo umbral de detección y amplio margen de dosis cubierto, que lo hacen adecuado para dosimetría gamma ambiental, dosimetría personal y dosimetría de alto nivel; la sustancia termoluminiscente no es material fungible, ya que el proceso de lectura sirve simultáneamente para borrar el dosímetro y poderlo usar múltiples veces; existen sustancias TL que son equivalentes y no necesitan filtración correctora de la respuesta a energía; a muchos dosímetros TL les afectan muy poco las condiciones ambientales, por lo que el período de exposición a la radiación puede ser muy largo.

LA FLUORITA COMO MATERIAL TERMOLUMINISCENTE

La TABLA I (2) presenta las características generales de las principales sustancias termoluminiscentes empleadas en dosimetría. Puede verse que el F_2Ca natural presenta ventajas e inconvenientes al compararlo con el resto. Entre las primeras tenemos su gran sensibilidad y un «fading» casi despreciable debido a la alta temperatura del pico principal. Entre los inconvenientes que presenta, el principal es su deficiente respuesta a energía, ya que su número atómico efectivo es el que más difiere del ideal —7.64— que es el del aire.

Desde el punto de vista económico es el más conveniente al poder disponer de

grandes cantidades del mineral, mientras que los otros materiales resultan caros al tener que ser preparados artificialmente agregando activadores.

Nuestro sistema utiliza el F_2Ca natural (3) y (4) por las anteriores razones y porque tiene una curva de luminiscencia que se presta al método de lectura empleado. El equipo de lectura desarrollado utiliza el método de medida de la altura del pico principal de la curva de luminiscencia en lugar del de medida del área bajo el pico. Con esto se evita el recocido previo a la lectura para eliminar la parte de curva susceptible del «fading», según se hace en el método de medida del área. Pero es que, además, la curva del F_2Ca natural permanece estable y no hay que hacer recocidos previos a la exposición de los dosímetros a la radiación.

EQUIPO DE LECTURA

El pico cuya altura se mide es el III' de la curva de luminiscencia y que corresponde a una temperatura de 260 °C, siendo el de mayor amplitud. Esta temperatura es lo suficientemente alta como para que no haya pérdida de señal por la prolongada permanencia del dosímetro a la temperatura ambiente y, por otra parte, no es tan elevada como para que se deje sentir demasiado la acción perturbadora de la radiación infrarroja del elemento de caldeo.

El elemento de caldeo es una lámina de grafito y la alta corriente de caldeo a baja tensión se toma del secundario de un transformador alimentado con tensión muy estabilizada para evitar fluctuaciones en la altura del pico a igualdad de dosis. La tensión de caldeo se ajusta para que el pico aparezca a los 9.0 s de iniciada la lectura. Inmediatamente después de alcanzar el pico, un temporizador corta la señal enviada por el tubo fotomultiplicador a un voltímetro digital,

con lo que las influencias perturbadoras de la radiación infrarroja procedente del grafito y de la señal de la cola del pico IV quedan muy disminuidas. Como, además, la luz emitida por el dosímetro se hace pasar por un filtro de color que transmite la longitud de onda de la luz correspondiente al pico III', la respuesta espectral del tubo fotomultiplicador es la adecuada y su corriente oscura es muy baja, pudiendo leerse dosis tan bajas como 1-2 mR.

La alta tensión del tubo fotomultiplicador se ajusta para conseguir una equivalencia entre mV leídos en el voltímetro digital y mR de exposición gamma del dosímetro a una fuente calibrada de Co-60. El voltímetro digital trabaja en una modalidad en la que «congela» la excursión máxima negativa de la señal anódica del tubo fotomultiplicador. El calentamiento del dosímetro se continúa hasta los 13 s, en que un segundo temporizador corta la corriente del primario del transformador, con lo que el dosímetro queda borrado y dispuesto para nuevas exposiciones. La constancia de la amplificación se comprueba con una fuente de luz patrón formada por Carbono-14 y un plástico de centelleo beta.

El enfriamiento necesario antes de proceder a una nueva lectura se acorta, actualmente, mediante la refrigeración con agua de los contactos eléctricos de la lámina de grafito. Esto se consigue, al ser huecas las abrazaderas del elemento de caldeo, haciendo pasar continuamente agua por ellas en circuito cerrado con una bomba peristáltica. La refrigeración continua no impide el conseguir las temperaturas debidas en el proceso de lectura (Fig. 1).

DOSIMETRO MONODISCO

El dosímetro propiamente dicho es un gran disco de latón sobre el que está depositado y firmemente adherido el material termoluminiscente mezclado con el aglomerante.

La caja o portadosímetro es de plástico negro y lleva en su interior dos filtros especiales de plomo que forman con el disco una especie de pequeño emparedado, y que tienen por misión compensar la respuesta a energía del F_2Ca natural. La respuesta a energía resultante es de $\pm 20\%$ entre 25 Kev y 1.25 Mev. El conjunto es estanco al agua y a la humedad gracias a una junta tórica de goma en el sistema de cierre.

El depósito activo del disco tiene un diámetro de 21 mm y un grosor de 0.5 mm con un peso medio de 265 mg, lo que supone un espesor medio de 77 mg/cm². Como los discos no salen exactamente iguales en lo que a termoluminiscencia se refiere, a cada uno se le asigna un factor de sensibilidad.

TI Características generales de los materiales termoluminiscentes utilizados en protección radiológica para la dosimetría de la radiación.

Material TLD	Z _{ef}	Pico principal (°C)	Emisión máxima (nm)	Sensibilidad relativa (1)	«Fading» (a 25 °C)
LiF: Ti, Mg	8,3	200	400	1	5 %/1 año
LiF: Na, Mg	8,3	200	400	1	5 %/1 año
LiF: Mg, Cu, P	8,3	230	—	25	ninguno/2 meses
Li ₂ B ₄ O ₇ : Mn	7,3	220	605	0,5	10 %/1 mes
Li ₂ B ₄ O ₇ : Cu	7,3	205	368	3	9 %/2 meses
MgB ₄ O ₇ : Dy/Tm	8,4	210	480, 570/452	7	10 %/2 meses
BeO	7,1	180-220	200-400	0,5-2	8 %/2 meses
Al ₂ O ₃	10,2	360	650	0,2	muy ligero
Al ₂ O ₃ : Ti, Si	10,2	250	475, 650	5	ninguno/2 semanas
CaF ₂ : natural	16,3	260	380	23	muy ligero
Ca F ₂ : Mn	16,3	260	500	5	16 %/2 semanas
Ca F ₂ : Dy	16,3	215	480, 570	15	13 %/1 mes (2)
Ca SO ₄ : Dy	14,4	210	480, 570	30	1-2 %/1 mes
Ca SO ₄ : Tm	14,4	210	452	30	1-2 %/1 mes
Mg ₂ SiO ₄ : Tb	11,0	195	380, 552	53	3 %/2 meses

(1) Valores típicos a partir de equipos de lectura comerciales.

(2) Obtenido con un recocido postirradiación de 10 min. a 80 °C. (Con un recocido post-irradiación de 15 min. a 100 °C no se observó prácticamente «fading» en un período de 4 semanas.)

DOSIMETRIA GAMMA AMBIENTAL

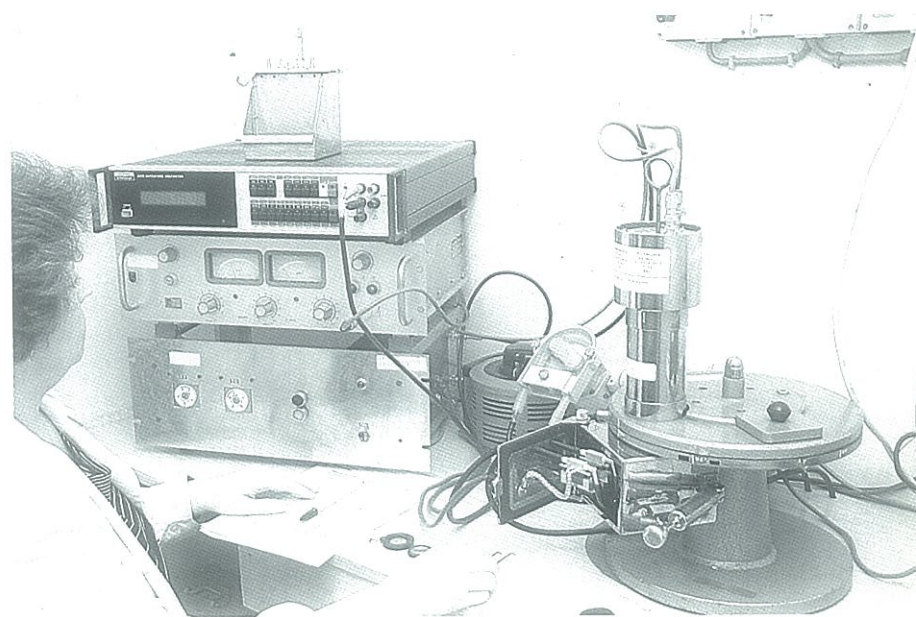
El método habitual de realizar una dosimetría gamma ambiental en los terrenos interiores y exteriores a la valla de una instalación nuclear o radiactiva consiste en la utilización de dosímetros TL por ser este tipo de dosímetros el que mejor soporta la intemperie, aparte de su gran sensibilidad, rapidez de lectura, amplio margen de dosis y bajo coste.

La JEN realiza la dosimetría gamma ambiental de sus instalaciones, así como de aquellas ajenas a la misma, tales como las Centrales Nucleares que lo han solicitado, utilizando el medallón anteriormente descrito. Esta dosimetría es tanto ope-

racional como preoperacional, siendo el fin de esta última el establecimiento de una línea base de niveles de radiación ambiental para poder evaluar la influencia de las instalaciones en el medio ambiente cuando éstas entran en funcionamiento.

El procedimiento consiste en «sembrar» de puntos dosimétricos el recinto de la instalación y su zona de influencia hasta el límite, previamente establecido, de la misma. En cada punto dosimétrico se coloca un juego de dosímetros TL. Cuanto más largo sea el periodo de exposición mayor será la precisión en la medida de niveles de radiación, siendo corrientes tiempos de tres, seis y doce meses. Como medida se toma el valor medio de

FI Equipo lector de dosímetros termoluminiscentes



las lecturas de una pareja de dosímetros, lo que hace un total de seis dosímetros por punto dosimétrico.

En la dosimetría termoluminiscente, el proceso de lectura del dosímetro sirve, al mismo tiempo, de borrado o puesta a cero del mismo para la siguiente exposición. El dosímetro TL es un dispositivo integrador y el valor de su lectura no es más que la exposición entre dos lecturas o borrados consecutivos. Si el tiempo de exposición, en la dosimetría gamma ambiental, coincide con el tiempo entre lecturas, la lectura en μR dividida por el número de horas entre lectura y lectura dará un valor medio del nivel de radiación verdadera en los puntos dosimétricos. Este es el caso en que los dosímetros se leen en la misma instalación, y siempre que no se demore su lectura después de la recogida. Pero cuando las instalaciones están muy alejadas del laboratorio de lectura, caso de las instalaciones atendidas por el Servicio de Dosimetría Gamma Ambiental de la JEN en su Centro Nacional en Madrid, el tiempo de exposición que interesa es menor que el tiempo entre lecturas y el cociente anterior nos dará un valor medio para el nivel de radiación que no es el real, ya que en la exposición total entra una componente, desconocida, a la que llamaremos exposición de tránsito y que es la suma de las exposiciones del dosímetro durante los viajes de ida y vuelta y durante los tiempos de espera, que pueden variar mucho, para ser enviados, expuestos, devueltos y leídos.

La mejor forma de evaluar esta exposición de tránsito es el uso de dosímetros de control que acompañan en todo momento a los dosímetros ambientales excepto cuando éstos se encuentran en los puntos dosimétricos. Durante el período de exposición, los dosímetros de control se colocan en un sitio blindado donde el nivel de radiación sea constante y muy bajo. Terminado el período de exposición se vuelven a juntar unos y otros y se envían al laboratorio de lectura.

La exposición ambiental se obtiene restando primero la exposición en el sitio blindado, durante el período de exposición ambiental, de la exposición total medida por los dosímetros de control y restando luego este resultado de la lectura de los dosímetros ambientales (1). La expresión que da la tasa de exposición o nivel de radiación ambiental en los puntos dosimétricos será, pues, la siguiente:

$$X_{\gamma} = \frac{(\text{DTL})_{\text{AMB.}}}{t} - \frac{(\text{DTL})_{\text{CONTR.}}}{t} + X_{\text{BLIND.}}$$

donde:

X_{γ} = Valor medio del nivel de radiación, en $\mu\text{R/h}$, en el punto dosimétrico durante el período de exposición (trimestre, semestre o año).

$(\text{DTL})_{\text{AMB}}$ = Lectura del dosímetro ambiental en μR .

$(\text{DTL})_{\text{CONTR}}$ = Lectura del dosímetro de control en μR .

X_{BLIND} = Nivel de radiación en $\mu\text{R/h}$ en el sitio blindado.

t = Tiempo de exposición en horas, tanto en el punto dosimétrico como en el sitio blindado.

Para cada instalación hay que determinar experimentalmente el valor X_{BLIND} .

En nuestro caso, el sitio blindado lo hemos formado con ladrillos de plomo, constituyendo un cubo de unos 30 cm de lado, parecido al famoso cubo de Rubick, y cuyo ladrillo central se ha vaciado lo suficiente para alojar un botecito metálico con la capacidad justa para contener seis dosímetros de control, es decir, una pareja para el trimestre, otra para el semestre y otra para el año (Fig. II). El bote metálico es de cadmio y está forrado interiormente de cobre. De esta forma se tiene el clásico blindaje para reducir el fondo natural que se utiliza en contadores gamma, tales como los contadores de radiactividad corporal en los que la radiación exterior encuentra, antes de llegar al detector, primero el plomo y luego sucesivamente el cadmio y el cobre.

La tasa de exposición dentro del bote metálico se ha medido con los mismos dosímetros TL, ya que no existe otra posibilidad, y viene a ser de unos 3 $\mu\text{R/h}$. Un problema a considerar en la dosimetría gamma ambiental es la posible autoirradiación del dosímetro TL, debido a sus componentes. Con el uso de dosímetros de control este problema está resuelto, ya que el valor de esta autoirradiación se elimina en la resta explicada anteriormente. Cuando no se utilizan dosímetros de control, de los resultados obtenidos para la tasa de exposición ambiental es necesario restar la tasa de autoirradiación de los dosímetros. El no hacerlo, dados los bajos niveles de radiación que pueden encontrarse, podría suponer dar

los resultados con un importante error por exceso.

En la elección de los puntos dosimétricos lo mejor es aprovechar, si existen, árboles o postes de madera de líneas telefónicas o eléctricas. Cuando los dosímetros no pueden colocarse en este tipo de soportes y no hay más remedio que colocarlos en fachadas o muros de edificios, es necesario comprobar, antes de su colocación y mediante un detector portátil muy sensible, la influencia de la radiactividad natural de los materiales de construcción debida al Potasio-40, Thorio-232 y Radio-226 (6).

Para seguir la evolución de los valores de los niveles de radiación gamma ambiental, hemos considerado que lo más conveniente es dar los resultados en valores normalizados en lugar de $\mu\text{R/h}$. Ahora bien, el tomar como unidad, en el proceso de normalización, el menor nivel de radiación en $\mu\text{R/h}$ que ha habido en el período de exposición correspondiente, tiene la ventaja de comparar fácilmente valores de un mismo período pero no valores de distintos períodos entre sí, ya que su valor cambia de uno a otro. Además, el paso del valor normalizado al valor real en $\mu\text{R/h}$ requiere una multiplicación.

Puesto que el valor de 10 $\mu\text{R/h}$ es un valor aproximado muy frecuente tanto en espacio como en tiempo en las medidas de niveles de radiación de fondo gamma ambiental, hemos considerado práctico tomar este valor como unidad en la normalización de los resultados de las medidas. Esto permite comparar valores de distintos períodos e instalaciones entre sí con la ventaja de que el paso del valor normalizado al valor real en $\mu\text{R/h}$ o viceversa es inmediato, basta correr la coma un lugar.

Ultimamente hemos participado por primera vez, en la última de las ocho inter-

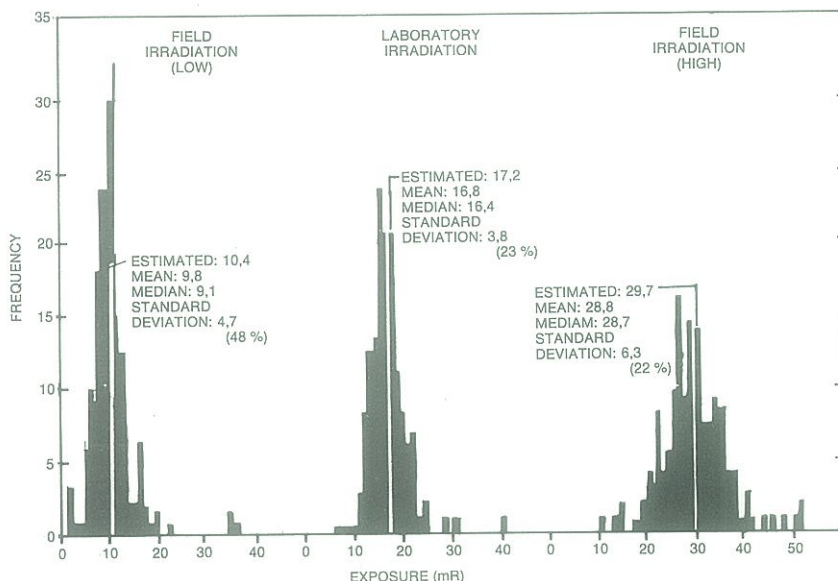
F II Blindaje desmontado mostrando el botecito para los dosímetros de control



comparaciones internacionales de dosímetros ambientales que ha venido organizando el Environmental Measurements Laboratory de Nueva York desde 1974. En esta 8.^a intercomparación han participado 132 laboratorios de 38 países, con un total de 190 juegos de dosímetros (G. de Planque y T. F. Gesell, 1986). El protocolo ha consistido en que cada participante ha enviado uno o más juegos consistentes en ocho dosímetros. Dos se usan como controles para estimar las exposiciones recibidas por los ocho durante el transporte y el almacenamiento. Otros dos se usan en una irradiación con Cs-137 en laboratorio, perfectamente controlada. Otra pareja se envía a un campo con un nivel de radiación ambiental alto (Campo 1) y la restante pareja a otro campo de nivel de radiación bajo (Campo 2). El Campo 1 ha estado en Chester, New Jersey, situado a 58 km al oeste del EML en Manhattan (New York City) con un nivel medio de 13,7 $\mu\text{R/h}$ medido en forma continua con cámara de ionización de alta presión. En este campo la componente terrestre de la radiación de fondo corresponde al 75 % de la tasa de exposición total y el 25 % restante se debe a la radiación cósmica. El Campo 2 ha estado en Sandy Hook, New Jersey, una playa situada a 30 km al sur del laboratorio. La tasa media de exposición, medida de igual forma que en el otro campo, ha sido de 4,8 $\mu\text{R/h}$, en la que el 80 % se debe a la radiación cósmica. La exposición recibida en este caso por los dosímetros ha sido la más baja, sea campo o laboratorio, de toda la serie de intercomparaciones que se han realizado hasta la fecha. La tasa de exposición en el blindaje que alberga los dosímetros de control ha sido de 1,4 $\mu\text{R/h}$. En lo que a precisión de las medidas se refiere, esta 8.^a intercomparación ha sido la más severa de todas, ya que la dosis de tránsito ha resultado, para muchos participantes, comparable a la exposición recibida en el campo de bajo nivel, y en nuestro caso y debido a la duración del transporte, mayor que las exposiciones, tanto en el campo de bajo nivel como en el laboratorio.

El período de exposición para todos los dosímetros de campo empezó el 4 de diciembre de 1985 y terminó el 4 de marzo de 1986, es decir, tres meses, o sea noventa días, o bien 2165 horas. Durante este período los dosímetros de campo han recibido 10,4 mR en el Campo 2 (Fig. III) y 29,7 mR en el Campo 1. Los dosímetros de control han recibido 3,0 mR en el blindaje y los de la prueba de laboratorio una exposición de corta duración de 17,2 mR, determinada con cámara calibrada en el NBS.

Nuestros dosímetros fueron borrados el 28 de octubre de 1985, y leídos el 19 de mayo de 1986, es decir, un tiempo entre lecturas de doscientos tres días, equivalentes a 4872 horas. El tiempo de tránsito



F III Distribución de frecuencia de las exposiciones medidas por los participantes en las pruebas de campo y de laboratorio de la 8.^a intercomparación internacional.

to y almacenamiento ha sido pues de ciento trece días, equivalente a 2707 horas, como se ve superior en un 35 % al tiempo de exposición en campo. La exposición total media de los dos dosímetros en el Campo 1 ha sido de 50,9 mR. Uno de los dosímetros del Campo 2 llegó roto, siendo la lectura del otro de 33,6 mR. La medida de los dosímetros de control fue de 23,8 mR y la medida de los dosímetros de laboratorio resultó ser 46,3 mR.

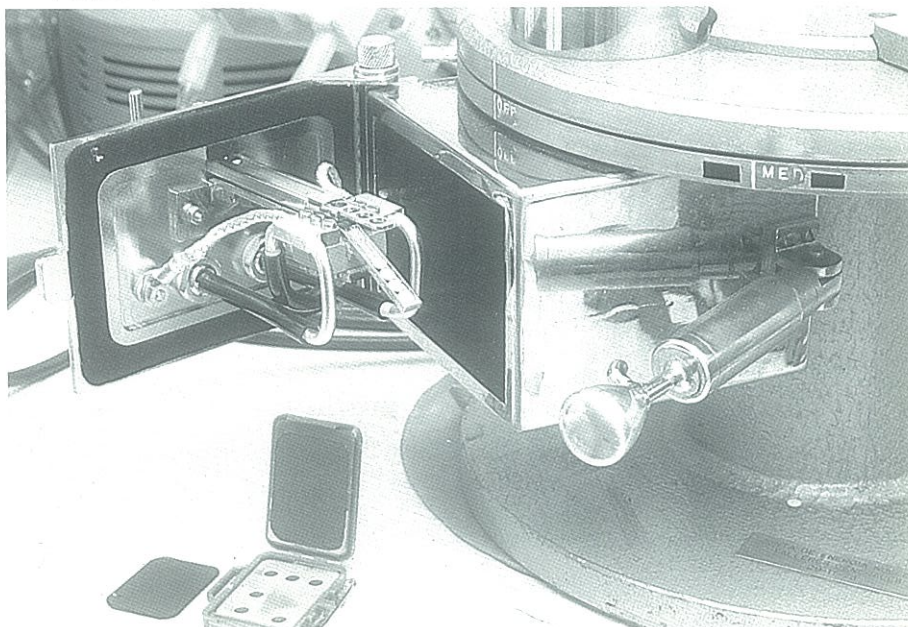
Las exposiciones medidas dan, por tanto, los resultados siguientes:
Exposición en campo de nivel de radiación bajo: 12,8 mR.

Exposición en el laboratorio: 17,7 mR.
Exposición en campo de nivel de radiación alto: 30,1 mR.

DOSIMETRO MULTIDISCO

El dosímetro monodisco tiene el inconveniente de que solamente mide radiación fotónica, es decir, X y gamma. No puede medir exposiciones a radiación beta y neutrones. Además, a rayos X blandos la respuesta es deficiente, y esta banda de energía es muy importante en la dosimetría personal (rayos X de diagnóstico). Por otra parte, no discrimina la radiación blanda de la dura como lo hace, por ejemplo,

F IV Portezuela para la lectura de los microdiscos



la dosimetría por película con portapelículas de varios filtros.

Debido a estas limitaciones, se pensó en la posibilidad de usar un portadosímetro con varios filtros para poder así efectuar la dosimetría personal de la radiación ionizante cuando ésta sea mezcla de distintos tipos y energías. El portadosímetro sería el que viene utilizándose en la JEN desde hace mucho tiempo, y que forma parte del sistema de dosimetría por película que fue desarrollado en el Reino Unido por la United Kingdom Atomic Energy Authority y el Radiological Protection Service (5). No consistiría más que en substituir la película fotográfica por F_2Ca utilizando el mismo portapelícula. Si en el sistema de dosimetría por película la evaluación de la dosis se realiza midiendo densidades ópticas con el densitómetro, con esta substitución lo que hay que medir es termoluminiscencia con el equipo de lectura TL (4).

Las seis áreas de lectura de este portadosímetro están formadas por una ventana que, junto con dos filtros de plástico de distinto espesor, separa los efectos de los fotones y de las partículas beta e interpreta la exposición beta; un filtro de cadmio para la dosimetría de neutrones lentos, y por último un filtro de dural y otro de estaño para la dosimetría de la radiación fotónica (X y gamma).

Los diminutos discos que hay que utilizar ahora se han de colocar, respecto de los filtros, en los mismos puntos donde en la película se leía la densidad óptica. Deberían tener como diámetro la apertura del densitómetro, 3 mm, pero entonces resultarían demasiado pequeños, por lo que se ha hecho que tengan el diámetro del depósito activo de 5 mm, con lo que el peso medio resulta ser 20 mg aproximadamente, es decir, unas trece veces menos cantidad de F_2Ca que en el caso del macrodisco que lleva el medallón. Esto quiere decir que a igualdad de dosis, el microdisco dará una lectura unas trece veces inferior a la que da el macrodisco, por lo que hay que compensar esta disminución de sensibilidad variando las condiciones de lectura. Esto puede hacerse, bien con un calentamiento más rápido, bien subiendo la alta tensión del tubo fotomultiplicador o bien combinando ambas cosas, siempre que la corriente oscura no perturbe. La experiencia ha demostrado que los temporizadores hay que ponerlos a 5.5 y a 8.0 segundos respectivamente.

Los microdiscos van alojados en perforaciones de igual diámetro de una lámina de fibra de vidrio de 1 mm de grosor, y de dimensiones iguales a la película dental que substituye, cubriéndose con el mismo papel del sobrecito de las películas para evitar la entrada de luz. El manejo de los microdosímetros se efectúa por aspiración.

El equipo de lectura de los microdiscos es el mismo que para los macrodiscos,

sólo que para aquéllos hay que utilizar un elemento de caldeo diminuto y adecuado a su tamaño y hay que leer seis de ellos en cada lectura dosimétrica personal, es decir, una vez cerrada la portezuela de la cámara de medida. Esto se consigue por medio de dos reglillas deslizantes que sitúan y retiran respectiva y sucesivamente los microdiscos sobre la tira de grafito que constituye el nuevo elemento de caldeo.

Se tienen, pues, dos portezuelas, una para la lectura de los macrodiscos y otra para la de los microdiscos. La substitución de una por otra es rápida y sencilla, pues no hay más que retirar el perno que hace de pasador de la bisagra, cambiar la portezuela que corresponda, colocar, deslizando, nuevamente el perno y enchufar los cables de caldeo y los tubos de refrigeración por agua. El ajuste de los temporizadores, tensión de caldeo y alta tensión del tubo fotomultiplicador se hace también de forma sencilla y rápida (Fig. IV).

EVALUACION DE LA DOSIS CON EL DOSIMETRO MULTIDISCO

Puesto que la curva de respuesta a energía del F_2Ca tiene la misma forma que la de la emulsión fotográfica y el sistema de filtros es el mismo, la dosis fotónica puede obtenerse mediante la misma ecuación usada en el método por película (5), sólo que substituyendo los parámetros por otros adecuados al F_2Ca y que hay que determinar experimentalmente. En el método por película, antes de aplicar la ecuación para evaluar la dosis, es necesario convertir las densidades ópticas observadas en la película en dosis aparentes por medio de la curva de calibración. Esta curva se obtiene exponiendo las películas que forman el juego de calibración a una fuente calibrada de Cobalto-60, y leyendo la densidad óptica en el área correspondiente al filtro de estaño. La dosis aparente es la dosis gamma equivalente. El símbolo D_{Filtro} indica la dosis aparente en el filtro definido por el subíndice.

En el método por termoluminiscencia hay que lograr que para el microdisco bajo el filtro de estaño, 1 mR de exposición al Cobalto-60 equivalga a una lectura de 1 mV en el voltímetro digital ajustando la alta tensión del tubo fotomultiplicador, de forma análoga a como se hace con los macrodiscos. Las lecturas de los otros microdiscos darán directamente sus respectivas dosis aparentes. No se necesita curva de calibración y solamente se hace un ajuste de la alta tensión.

La ecuación que hay que aplicar es la siguiente:

$$\text{Dosis fotónica} = D_{Sn} + \frac{D_{dural}}{13} + \frac{D_{300} - D_{dural}}{8}$$

en la que los valores 13 y 8 sustituyen a los valores 50 y 10 usados en la ecuación que da la dosis fotónica en el método por película (4).

Para la evaluación de la dosis beta, la ecuación a emplear es:

$$\text{Dosis beta} = 2.2 (D_{ventana} - D_{300})$$

en la que el único factor de corrección es 2.2, y ha sido determinado usando como fuente de calibración beta una plaquita de Uranio metal por no disponer ni de cámara de extrapolación ni de un juego adecuado de fuentes beta. La ecuación correspondiente a los neutrones térmicos es:

$$\text{Dosis neutrones térmicos} = \frac{D_{Cd} D_{Sn}}{1.20} \text{ rems}$$

El dosímetro multidisco presenta una respuesta a energía mejor que la película si se compara con la de ésta, pues la curva de respuesta sigue pasando el nivel -20 % a 19 kev, pero por encima de ese valor la curva tiene variaciones muchos menos pronunciadas (4). El umbral de detección es de 4-5 mR.

El tiempo total empleado en la lectura de un juego de microdiscos es dos minutos y medio, ya que con la refrigeración continua por agua se ha acortado el tiempo de espera entre disco y disco. Esos segundos se emplean, no obstante, en rearmar los temporizadores, introducir la lectura en la calculadora, poner a cero el voltímetro digital y retirar el microdisco leído situando el siguiente por medio de las regletas deslizantes. La calculadora programable de bolsillo da finalmente la dosis profunda y superficial.

CONCLUSIONES

El sistema de dosimetría termoluminiscente descrito sirve, gracias a su versatilidad, para la dosimetría de la radiación ionizante en sus tres niveles de interés: dosimetría gamma ambiental de las instalaciones nucleares y radiactivas y de su zona de influencia; dosimetría personal, ya que proporciona una gran información sobre el tipo y energía de la radiación recibida por las personas profesionalmente expuestas, incluido el vasto campo de rayos X de diagnóstico, y dosimetría de alto nivel tal como el que puede encontrarse en caso de accidente nuclear o radiactivo o en el desmantelamiento de instalaciones.

El sistema resulta económico. Su equipo de lectura está formado por una unidad termoluminiscente propiamente dicha y unas unidades convencionales tales como un estabilizador, una fuente de alta tensión y un voltímetro digital. Este lector lleva funcionando muchos años y no ha tenido averías si se exceptúan las que