

## ARTÍCULOS ORIGINALES

# Exposición ocupacional en röntgendiagnóstico médico en Cuba, 1991-1994

Lic. David G. Sáez,<sup>1</sup> Ing. Carmen R. Guevara,<sup>2</sup> Ing. Eduardo F. Larrinaga,<sup>3</sup> Téc. Yovana Calzado<sup>4</sup> y Téc. Pedro Verdecia<sup>5</sup>

<sup>1</sup> Licenciado en Física. Especialista en Física Médica.

<sup>2</sup> Ingeniera en Física Nuclear.

<sup>3</sup> Ingeniero en Física Nuclear. Investigador Aspirante.

<sup>4</sup> Técnico en Radiofísica Médica.

<sup>5</sup> Técnico en rayos X.

## RESUMEN

Se presentan los resultados de la distribución de dosis de los trabajadores vigilados (TV) en röntgendiagnóstico médico en Cuba durante el período comprendido entre 1991 y 1994. El análisis se realizó según las recomendaciones del Comité Científico de las Naciones Unidas para el estudio de los Efectos de la Radiaciones Atómicas (UNSCEAR). Se observó una brusca disminución en el número de trabajadores expuestos a niveles medibles (TENM) a partir de 1991, se establece una gran desproporción de éstos con respecto al número de TV y se discuten sus causas. Los TENM con dosis mayores que los 3/10 del límite permisible de dosis vigente, poseen el peso de la contribución a la dosis colectiva recibida por los TV en el período, con cerca del 22 %. Se realiza un análisis de la repercusión en los resultados del nuevo límite permisible de dosis para la exposición ocupacional. Se recomienda un mejoramiento del sistema dosimétrico y en general del sistema de protección radiológica que incrementen la calidad en el control de la exposición ocupacional en röntgendiagnóstico médico.

*Descriptor DeCS:* EXPOSICION OCUPACIONAL/efectos adversos; EFECTOS DE LA RADIACION; CONTROL DE RIESGO; PROTECCION RADIOLOGICA/métodos; DOSIMETRIA POR PELICULA/métodos, CUBA; EXPOSICION OCUPACIONAL/prevención & control; PERSONAL DE SALUD.

En Cuba, la vigilancia radiológica individual de los trabajadores ocupacionalmente expuestos a rayos X de uso médico-diagnóstico es llevada a cabo por el Departamento de Higiene de las Radiaciones del Instituto de Medicina del Trabajo (DHR-IMT). Este servicio se brinda como promedio a alrededor de 4 000 trabajadores por año y se establece con el fin de tomar medidas preventivas acerca de las exposiciones profesionales del personal que labora con radiaciones ionizantes.

La vigilancia se sustenta en el control dosimétrico individual de los trabajadores expuestos, que es un medio por el cual se pueden realizar valoraciones acerca de las exposiciones ocupacionales y relacionarlas con las condiciones laborales existentes.<sup>1-3</sup> De aquí la importancia de mantener registros con los resultados de las dosis de cada trabajador.

El propósito de este trabajo es realizar un análisis de los resultados de la dosimetría individual de los trabajadores vigilados, correspondiente al período comprendido entre 1991 y 1994, basado en las recomendaciones del Comité Científico de las Naciones Unidas para el Estudio de los Efectos de las Radiaciones Atómicas (UNSCEAR),<sup>1</sup> de manera que los resultados presentados se encuentren en concordancia con dicho reporte. Además, se evaluará el impacto en éstos de los nuevos límites para la exposición ocupacional propuestos por la Comisión Internacional de Protección Radiológica (ICRP)<sup>2</sup> y las Normas Básicas Internacionales de Seguridad (NBIS).<sup>4</sup>

## MÉTODOS

El sistema dosimétrico del DHR- -IMT está basado en la dosimetría fílmica personal.<sup>5</sup>

De acuerdo con el nivel de dosis registrado por cada trabajador, la UNSCEAR<sup>1</sup> clasifica a los trabajadores expuestos en 2 grupos:

- Trabajadores vigilados (TV). Aquéllos que se reportan como ocupacionalmente expuestos a las radiaciones y se encuentran controlados dosimétricamente.
- Trabajadores expuestos a niveles medibles (TENM). Aquellos trabajadores vigilados cuyas dosis son superiores al nivel mínimo detectable (NMD) y que por tanto indican la exposición real recibida.

El criterio que se sigue para el registro de las dosis es:

- Si la dosis calculada es menor que el NMD, la dosis registrada es 0 (cero).
- Si la dosis calculada se encuentra dentro del 95 % del intervalo de confianza del velo de la película, la dosis registrada es el NMD, si la dosis calculada es mayor se registra el valor obtenido.
- Para dosímetros perdidos la dosis registrada es 0 (cero).

Para el análisis de la exposición ocupacional la UNSCEAR<sup>1</sup> evalúa un conjunto de indicadores que caracterizan la distribución de dosis. Éstos se sustentan sobre la base de la magnitud dosimétrica dosis efectiva,<sup>2</sup> por lo que el dosímetro personal debe estar calibrado en las magnitudes ICRU<sup>6</sup> (Comisión Internacional de Unidades de Medidas de la Radiación, CIUMR), para la vigilancia individual, que se relacionan con la dosis efectiva: dosis equivalente superficial Hs(0,07) y dosis equivalente profunda Hp(10), cuyos conceptos fueron combinados posteriormente por la CIUMR, y recomendaron, en 1992, el uso de la dosis equivalente personal.<sup>7</sup>

Como el servicio de dosimetría personal del DHR-IMT no tiene recalibrado el dosímetro en las nuevas magnitudes ICRU y dado que la emulsión fotográfica utilizada en el período comprendido entre 1991 y 1994, el diseño del dosímetro !en cuanto al tipo y espesor de los filtros!, así como los formalismos de cálculo son en esencia los establecidos en el Servicio Nacional de Dosimetría Personal de la República Checa,<sup>8-10</sup> se tomaron los factores de conversión a dosis equivalente profunda de dicho servicio, para la estimación de la dosis efectiva y poder realizar así el análisis deseado.

Los indicadores UNSCEAR para la caracterización de la distribución de dosis son:

! Dosis efectiva colectiva anual (S):

N

$$s = 3 \sum_{i=1}^N E_i \quad (1)$$

i = 1

donde  $E_i$  es la dosis efectiva anual recibida por cada trabajador vigilado y N el número total de TV, se expresa en unidades de Sievert-hombre (SvH).

! Dosis efectiva media anual ( $E_m$ ):

$$E_m = S/N \quad (2)$$

se expresa en mili-Sievert (mSv).

! Coeficiente de distribución numérica  $NR_{15}$ :

$$NR_{15} = N(>15)/N \quad (3)$$

donde  $N(>15)$  es el número de TV que tienen una dosis efectiva anual,  $E_i > 15$  mSv.

Este cociente nos permite conocer el tanto por ciento de los TV cuyas dosis efectivas anuales superan los 3/10 del límite permisible de dosis anual (LPD), en cuyo caso sus condiciones de trabajo se encuentran en la clasificación A.

! Cociente de distribución de dosis efectiva colectiva anual ( $SR_{15}$ ):

$$SR_{15} = S(>15)/S \quad (4)$$

donde  $S(>15)$  es la dosis efectiva colectiva anual del grupo de TV cuyas exposiciones individuales exceden 15 mSv.

Esta relación expresa la fracción de S correspondiente a los TV que obtuvieron dosis superiores a los 3/10 del LPD y nos permite identificar aquellos grupos sobre los que se requiere tomar acciones para reducir dicha fracción.

Para el procesamiento de la información se desarrolló una rutina de cálculo en computadora que permitió completar el programa existente en el departamento para el cálculo y registro de las dosis recibidas por cada TV.<sup>5</sup> Esta rutina posibilita realizar de forma automatizada la caracterización de la distribución de dosis mediante los resultados dosimétricos de cada TV registrados en las bases de datos de los usuarios.

Según estos datos, se calcularon los indicadores definidos en las ecuaciones 1 a 4, para cada provincia y año del período evaluado, así como los indicadores globales para el país por año y los resultados para el cuatrienio seleccionado (1991-1994).

## RESULTADOS

La tabla 1 presenta los resultados de la distribución de dosis de los TV del país para cada año, así como para el cuatrienio analizado. Como se puede observar, la media de los TV es de más de 4 000 por año, se muestra cómo la relación TENM/TV disminuye bruscamente de 1991 a 1992, este tanto por ciento se establece alrededor del 5 % para el cuatrienio (figura 1).

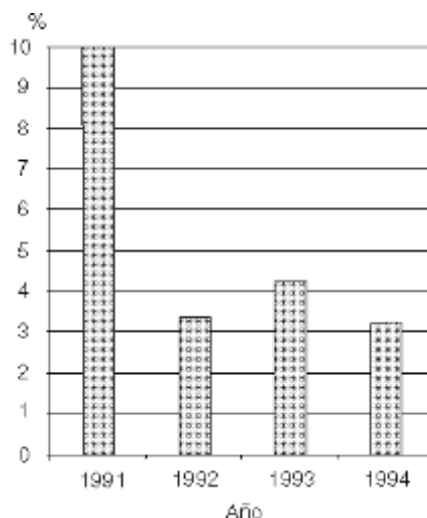


FIGURA 1. Relación entre el número de TENM y el número de TV según cada año.

TABLA 1. Resultados de los indicadores UNSCEAR para los TV del país por año y para el período analizado

| Año           | TV   | TENM | TENM/<br>TV (%) | S      | Em <sub>TV</sub><br>(SvH) | Em <sub>TENM</sub><br>(mSv) | NR <sub>15</sub><br>(mSv) | SR <sub>15</sub> |
|---------------|------|------|-----------------|--------|---------------------------|-----------------------------|---------------------------|------------------|
| 1991          | 4480 | 447  | 9,98            | 0,7484 | 0,17                      | 1,66                        | 0,0016                    | 0,2041           |
| 1992          | 4426 | 152  | 3,43            | 0,2694 | 0,06                      | 1,76                        | 0,0009                    | 0,3121           |
| 1993          | 4088 | 176  | 4,31            | 0,3115 | 0,08                      | 1,76                        | 0,0007                    | 0,2936           |
| 1994          | 3975 | 129  | 3,25            | 0,1361 | 0,03                      | 1,05                        | 0,0000                    | 0,0000           |
| 1991-<br>1994 | 4242 | 226  | 5,33            | 0,3664 | 0,09                      | 1,61                        | 0,0008                    | 0,2240           |

En la tabla 1 se observa también una disminución de 1991 a 1992 de los indicadores de dosis relacionados con los TV (S y Em<sub>TV</sub>). No obstante, la dosis efectiva media por año para los TENM (Em<sub>TENM</sub>) se mantiene aproximadamente constante entre 1991 y 1993 (figura 2). Sin embargo, de 1993 a 1994, todos los indicadores, y esta vez sin excepción, vuelven a descender.

La tabla 2 presenta los resultados de la distribución de dosis por provincia para el cuatrienio. Éstos expresan, finalmente, la contribución particular década provincia a los resultados del país para el período.

TABLA 2. Resultados de los indicadores UNSCEAR por provincias del país para el período analizado

| Provincia           | TV   | TENM | S<br>(SvH) | Em <sub>TV</sub><br>(mSv) | Em <sub>TENM</sub><br>(mSv) | NR <sub>15</sub> | SR <sub>15</sub> |
|---------------------|------|------|------------|---------------------------|-----------------------------|------------------|------------------|
| Pinar del Río       | 249  | 4    | 0,0045     | 0,02                      | 1,05                        | 0,0000           | 0,000            |
| La Habana           | 206  | 5    | 0,0028     | 0,02                      | 0,58                        | 0,0000           | 0,000            |
| Ciudad de La Habana | 1175 | 65   | 0,1191     | 0,10                      | 1,83                        | 0,0011           | 0,198            |
| Matanzas            | 213  | 15   | 0,0203     | 0,09                      | 1,33                        | 0,0000           | 0,000            |
| Cienfuegos          | 128  | 10   | 0,0461     | 0,36                      | 4,85                        | 0,0098           | 0,811            |
| Villa Clara         | 299  | 21   | 0,0277     | 0,09                      | 1,32                        | 0,0000           | 0,000            |
| Sancti Spíritus     | 230  | 3    | 0,0043     | 0,02                      | 1,31                        | 0,0000           | 0,000            |
| Ciego de Ávila      | 131  | 12   | 0,0246     | 0,19                      | 2,08                        | 0,0038           | 0,464            |
| Camagüey            | 288  | 6    | 0,0057     | 0,02                      | 0,94                        | 0,0000           | 0,000            |
| Las Tunas           | 131  | 7    | 0,0049     | 0,04                      | 0,74                        | 0,0000           | 0,000            |
| Holguín             | 285  | 16   | 0,0141     | 0,05                      | 0,88                        | 0,0000           | 0,000            |
| Granma              | 236  | 13   | 0,0151     | 0,06                      | 1,13                        | 0,0000           | 0,000            |
| Santiago de Cuba    | 507  | 36   | 0,0416     | 0,08                      | 1,16                        | 0,0005           | 0,101            |
| Guantánamo          | 143  | 15   | 0,0354     | 0,25                      | 2,40                        | 0,0018           | 0,145            |

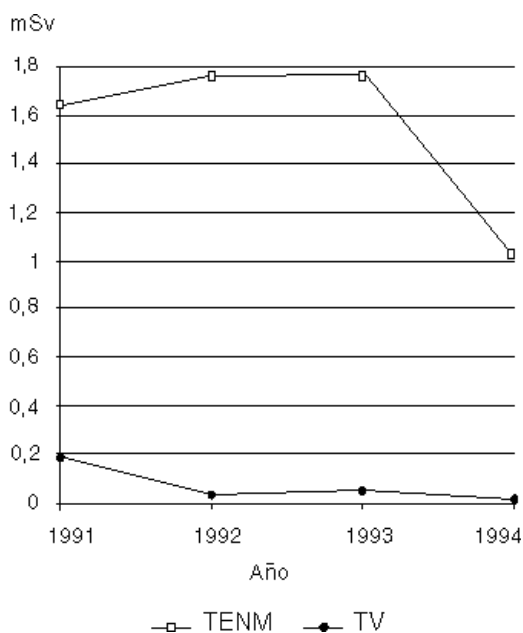


FIGURA 2. Dosis efectiva media por año para los TV y los TENM.

## DISCUSIÓN

La notable desproporción entre el número de TENM y el número de TV se encuentra asociado con 2 factores fundamentales. El primero, relacionado con una disminución en el número de estudios radiográficos ocurrido en estos años (63 % de 1991 a 1994) a raíz de la situación económica existente en el país, que evidentemente disminuyó la exposición ocupacional; y el segundo factor, asociado a una pérdida de confianza en el sistema dosimétrico, producto de irregularidades en el servicio por afectaciones en los suministros de películas y reactivos químicos que han repercutido en su dinámica.

A este último factor hay que agregar la falta de cuidado y exigencia en el uso correcto del dosímetro, su utilización irregular e incluso su no uso en ocasiones, influenciado por el deterioro de las casetas portadosímetro. Estos factores, unidos a una disminución en la cantidad y calidad de las inspecciones de protección radiológica a las instalaciones, han influido negativamente en el sistema de vigilancia radiológica individual.

La brusca disminución en los indicadores UNSCEAR que se observó para los TV de 1991 a 1992, así como la recaída de todos los indicadores, posteriormente, coincide con el incremento paulatino de las afectaciones antes señaladas y constituye un buen indicador de una disminución de la eficiencia del sistema dosimétrico.

Por otra parte, si bien las deficiencias mencionadas influyen en los resultados presentados, es alentador el hecho de que el cociente  $NR_{15}$  es pequeño y que en total significó para el período sólo 14 TV con dosis superiores a los  $3/10$  del LPD. No obstante, si se observa el indicador  $SR_{15}$  para estos casos, se aprecia que llamativamente estos TV poseen el 22 % de la dosis colectiva del período. De aquí la importancia de controlar las dosis de estos trabajadores, que aunque no superan el LPD, sí aportan una contribución significativa a la dosis colectiva del cuatrienio.

Se obtiene una idea más clara acerca de la importancia de este hecho si se asigna a estos TV el promedio de la dosis efectiva que recibieron en el período los TENM. Si se realiza esta operación, resulta una reducción en la dosis colectiva acumulada por los TV en el período (1,4654 Sv) del 20,9 %, lo cual significa 305,7 mSv menos. La disminución que se alcanza justifica claramente la toma de acciones para su reducción.

De igual manera a cómo se calculó el índice  $NR_{15}$  puede procederse para la obtención de un  $NR_{20}$  que nos permita conocer el tanto por ciento de los TV que superan el valor promedio por año (20 mSv) para garantizar el LPD recomendado por la ICRP<sup>2</sup> y las NBIS,<sup>4</sup> y de la misma forma calcular el coeficiente  $NR_6$ , que representa el tanto por ciento de TV que sobrepasan los  $3/10$  del nuevo LPD, caso último que es equivalente al cociente  $NR_{15}$  para el límite aún vigente y que pudiera continuar significando un indicador de interés, independientemente de que esta clasificación desaparece en las nuevas recomendaciones internacionales.

Al realizar ambas operaciones, resulta un índice  $NR_{20}$  para el cuatrienio superior a 0 (cero) (0,0005), valor que corresponde en promedio por año a 2 TV, que superan el nivel de 0 mSv, pero siempre con resultados inferiores a 50 mSv. A pesar de que este valor es el promedio que debe cumplirse para garantizar el límite exigido de 100 mSv en 5 años, nivel que sí no debe superarse nunca, procede tomar medidas inmediatas sobre estos trabajadores de manera que se establezcan las causas de estas dosis excesivas.

Notable, además, es el valor que se obtiene para  $NR_6$ , donde resulta que la introducción del nuevo LPD aumenta en 3,25 veces el número de TV promedio, que en el período superan los 3/10 del LPD, se incrementa la contribución de éstos a la dosis colectiva del cuatrienio hasta el 59,4 %, resultado que ya pesa significativamente en el acumulado total.

Por tanto, la introducción del nuevo LPD debe traer aparejado la toma de medidas que refuercen la vigilancia de la exposición ocupacional en el puesto de trabajo, de manera que se puedan controlar mejor las dosis de los TV que llevan el peso de la dosis colectiva (TV con dosis mayores que 3/10 del LPD), que, como se apreció, con una disminución en 2,5 veces del LPD incrementan su contribución, en tanto por ciento, a la dosis colectiva, en 2,7 veces.

De los resultados de la distribución de dosis por provincia (tabla 2) se obtiene que existen 4 provincias donde la relación TENM/TV es muy inferior a la media del país (tabla 1), en cuyos casos, es recomendable analizar las causas de esta desproporción, ya que como se mencionó anteriormente, puede tomarse como un síntoma de ineficiencia del sistema dosimétrico. De hecho, una relación TENM/TV baja, comparada con la tendencia nacional, afecta el resto de los indicadores de la distribución de dosis y su fiabilidad.

Finalmente, debe quedar claro que la efectividad de cualquier sistema dosimétrico no sólo radica en procedimientos estandarizados y en un personal capacitado, sino también, en aspectos de vital importancia, como son los aspectos organizativos desde la base, el uso correcto del dosímetro y una toma de conciencia de todos los TV acerca de la importancia de su uso y cuidado.

De aquí que las cifras que se presenten, como resultados de la distribución de dosis, sean lo más representativas de las condiciones reales de exposición a la que estos trabajadores se encontraban sujetos y, por tanto, indicadores válidos para la evaluación del riesgo a la radiación ionizante.

El análisis de los resultados de la vigilancia radiológica individual de los TV en röntgendiagnóstico médico del país, nos permitió conocer la tendencia de la distribución de dosis de estos trabajadores en el período comprendido entre 1991 y 1994, en concordancia con los indicadores recomendados por la UNSCEAR, resultados que pueden ser usados por dicho comité en la próxima evaluación.

Se observó una disminución en el número de TENM a partir de 1991, estableciéndose una gran desproporción de éstos con respecto al número de TV.

Los TENM con dosis mayores que 3/10 del LPD poseen el peso de la dosis colectiva recibida por los TV en el período, contribuyen con el 22 %.

Se detectaron aquellas provincias que más afectaron la fiabilidad de los resultados.

Es factible en röntgendiagnóstico el cumplimiento del nuevo sistema de limitación de dosis para la exposición ocupacional, aunque deben tomarse medidas sobre aquellos trabajadores que superaron los 20 mSv en algún año.



## RECOMENDACIONES

- Profundizar en las causas que motivaron un descenso en el número de TENM, no ligadas a la disminución de la exposición ocupacional, producto de la disminución del número de estudios radiográficos y tomar las medidas necesarias para superarlas y elevar de esta forma la eficiencia y fiabilidad del sistema dosimétrico.
- Entre las medidas que se tomen, tiene que realizarse una campaña nacional que rescate la confianza en el sistema dosimétrico que trascienda en un incremento de la exigencia en el uso correcto del dosímetro y su cuidado. Además, deberán reforzarse las condiciones técnico-materiales del sistema nacional de vigilancia radiológica de las instalaciones de röntgendiagnóstico médico e incrementar la cantidad y calidad de las inspecciones de protección radiológica a éstas, como complemento de la vigilancia individual. Por otra parte, deben solucionarse las deficiencias materiales del propio servicio de dosimetría personal del Departamento de Higiene de las Radiaciones, para estabilizar su trabajo y mejorar la calidad del servicio que éste presta.
- Por último, se recomienda una discusión de los resultados de la distribución de dosis de cada provincia con los responsables de protección radiológica de éstas, con vistas a su análisis y al conocimiento de las principales causas que han influido en estos resultados.

## SUMMARY

Results from the distribution of doses in workers dealing with medical radiologic diagnosis in Cuba during 1991 and 1994 are reported. The analysis was made according to the recommendations from the United Nations Scientific Committee for Effects of Atomic Radiation (UNSCEAR). A remarkable reduction in the number of workers exposed to measurable levels was observed from 1991. A great disproportion of these with respect to the number of workers assessed was established and the causes are discussed. Workers exposed to measurable levels with doses greater than 3/10 of the permissible limit of doses in force have the weight of the contribution to the collective dose received by workers studied during the period above mentioned, with approximately 22 %. An analysis of the repercussion on the results of the new permissible limit of doses for occupational exposure is made. It is recommended to improve the dosimetric system and the radiation protection system as well in order to increase the quality for the control of occupational exposure in medical radiologic diagnosis.

*Subject headings:* OCCUPATIONAL EXPOSURE/adverse effects; RADIATION EFFECTS; RISK MANAGEMENT; RADIATION PROTECTION/methods; FILM DOSIMETRY/methods; CUBA; OCCUPATIONAL EXPOSURE/prevention & control; HEALTH PERSONNEL.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS



1. United Nations Scientific Committee for Effects of Atomic Radiation. Sources and effects of ionizing radiation. Report to the general assembly, with annexes. Annexe D: Occupational radiation exposures. New York: United Nations, 1993:397-427.
2. International Commission on Radiological Protection. Recommendations of the International Commission on Radiological Protection, Oxford: Pergamon Press, 1990;60:80-8. (Annals of ICRP Publication 60).
3. López A. Exposiciones ocupacionales en México en el año 1992. Memorias del II Congreso Regional sobre Seguridad Radiológica y Nuclear. Zacatecas, México DF: Sociedad Mexicana de Protección Radiológica, 1992;t1:226-30.
4. International Atomic Energy Agency. International basic safety standards for protection against ionizing radiation and for safety of radiation sources. Vienna: International Atomic Energy Agency, 1996:91-7. (IAEA Safety Series; No.115).
5. Sáez D, Borroto M. Vigilancia individual de la exposición ocupacional al roöntgendiagnóstico. Rev Cubana Hig Epidemiol 1995;33(1-2):3-9.
6. International Commission on Radiation Units and Measurements. Determination of dose equivalents resulting from external radiation sources. Washington, DC: International Commission on Radiation Units and Measurements, 1985:1-6. (Report 39).
7. International Commission of Radiation Units and Measurements. Measurement of dose equivalents from external photon and electron radiations. Washington, DC: International Commission on Radiation Units and Measurements, 1992:1-7 (Report 47).
8. Trousil J, Koten J, Hopes M, Starostova V, Kokta L. The computer in the Czechoslovak National Personnel Dosimetry Service. Jaderná Energie 1989;35(5):176-9.
9. Starostova V, Trousil J, Koten J. The method for the penetrating and superficial dose equivalents evaluation in the Czechoslovak National Personal Dosimetry Service. Kernenergie 1989;32(1):4-8.
10. Trousil J, Studená J, Kleinová H, Plichta J, Prouza Z, Starostova V. Metodika merení pronikaveho a povrchoveho davkoveho ekvivalentu y celostatni sluzbe osobni dozimetrie UVVVR, Radioisotopy 1991;32(2):94-109.

Recibido: 31 de octubre de 1996. Aprobado: 30 de julio de 1997.

Lic. *David G. Sáez*. Instituto de Medicina del Trabajo. Calzada de Bejucal km 72, Arroyo Naranjo, Apartado 9064, CP 10900, Ciudad de La Habana, Cuba.