

C.N.E.A. Biblioteca	
ARCHIVO PUBLICACIONES	
Nº	AÑO
1	1981

CNEA NT 11/81

COMISION NACIONAL DE ENERGIA ATOMICA
DEPENDIENTE DE LA PRESIDENCIA DE LA NACION
REPUBLICA ARGENTINA

DOSIS DEBIDAS A LA EXPOSICION OCUPACIONAL
EN LA COMISION NACIONAL DE ENERGIA ATOMICA
EN EL PERIODO 1977 - 1980

E. PALACIOS, J.M. CAMPOS, A. CURTI

BUENOS AIRES

1981

**COMISION NACIONAL DE ENERGIA ATOMICA
DEPENDIENTE DE LA PRESIDENCIA DE LA NACION
REPUBLICA ARGENTINA**

**DOSIS DEBIDAS A LA EXPOSICION OCUPACIONAL
EN LA COMISION NACIONAL DE ENERGIA ATOMICA
EN EL PERIODO 1977 - 1980**

E. PALACIOS, J.M. CAMPOS, A. CURTI

BUENOS AIRES

1981

COMISION NACIONAL DE ENERGIA ATOMICA
DEPENDIENTE DE LA PRESIDENCIA DE LA NACION

DOSIS DEBIDAS A LA EXPOSICION OCUPACIONAL EN LA COMISION
NACIONAL DE ENERGIA ATOMICA EN EL PERIODO 1977-1980

E. Palacios, J.M. Campos, A. Curti

R E S U M E N

Se evaluaron las dosis individuales y colectivas debidas a cada actividad de la Comisión Nacional de Energía Atómica (CNEA) de Argentina en el período 1977-1980 y se calculó, para cada operación relacionada con el ciclo de combustible, la dosis colectiva por unidad de energía nucleoelectrónica generada. Asimismo, se identificaron las áreas en las que se deberían volcar mayores esfuerzos para reducir aún más los niveles de dosis debidos a la exposición profesional.

1. INTRODUCCION

Se presenta un panorama general de las dosis individuales y colectivas en las actividades de la Comisión Nacional de Energía Atómica (CNEA) de Argentina para el período 1977-1980, resaltando las tendencias que esas dosis muestran en el tiempo.

Asimismo, se analizan las condiciones de trabajo en las diversas actividades del ciclo de combustible nuclear y se identifican las áreas en las que se deberían volcar mayores esfuerzos para reducir aún más los niveles de dosis debidos a la exposición profesional. Para ello, se identifican las tareas que en forma sistemática registran las dosis medias y las dosis colectivas más elevadas.

2. LIMITACION DE LA INFORMACION BASICA

La mayor parte de los datos dosimétricos utilizados en este informe provienen del monitoraje personal realizado con dosímetros de película y termoluminiscentes (TLD). Estos dosímetros son distribuidos a todo el personal que trabaja en áreas controladas de la CNEA, es decir, en aquellas áreas donde es factible que se reciban dosis superiores a 3/10 del límite de dosis anual establecido por las Normas (1).

En los registros de dosis individuales, los valores mensuales inferiores a 0,25 mSv han sido registrados como cero. En los casos de dosímetros extraviados o inutilizados, cuya frecuencia no es significativa, se ha registrado el valor promedio observado en el trimestre anterior.

La asignación de dosis cero a todos aquellos trabajadores que reciben dosis inferiores al límite de registro, hace que se introduzcan errores en la evaluación de la dosis colectiva recibida por los trabajadores y, consecuentemente, limitan la realización de evaluaciones realistas. Además, la transformación de la dosis recibida por el dosímetro personal a dosis absorbida por el individuo introduce errores cuya magnitud depende, entre otras cosas, de la uniformidad del campo y del tipo de radiación. En este caso se consideró que los valores de dosis debida a irradiación externa, obtenidos a partir de la lectura de los dosímetros personales, son representativos de la dosis media en todo el cuerpo.

Las dosis debidas a contaminación interna se calcularon en términos de dosis equivalente efectiva a partir de datos provenientes del monitoreo personal, con excepción de la debida a radón en minas de uranio que se calculó a partir de resultados obtenidos en el monitoreo de áreas.

3. ANALISIS DE LA DISTRIBUCION DE DOSIS

Para el análisis de la distribución de las dosis individuales resultantes de las diversas actividades de la CNEA y la dosis colectiva correspondiente a cada una de ellas, se usó el enfoque publicado por el Comité Científico de las Naciones Unidas para el Estudio de las Radiaciones Atómicas (UNSCEAR)(2). En ese informe se definió una distribución de referencia que se ajusta a la finalidad del sistema de limitación de dosis de la Comisión Internacional de Protección Radiológica (ICRP). Dicha distribución tiene las siguientes características: a) la distribución es logarítmico-normal; b) la media de la

distribución de referencia que se ajusta a la finalidad del sistema de limitación de dosis de la Comisión Internacional de Protección Radiológica (ICRP). Dicha distribución tiene las siguientes características: a) la distribución es logarítmico-normal; b) la media de la distribución de dosis es 1/10 del límite de dosis anual para trabajadores; y c) la proporción de trabajadores que exceden la dosis anual de 50 mSv es 0,1%.

UNSCEAR definió, además, dos parámetros que permiten comparar distribuciones de dosis entre sí, o cada una de ellas con la distribución de referencia. Uno de estos parámetros es la dosis media aritmética, $\bar{H}$. El otro, Ω , es el cociente entre la fracción (S_{15}/S) de la dosis colectiva anual superior a 15 mSv (S_{15}) respecto de la dosis colectiva anual total (S) para la distribución observada, y la fracción similar correspondiente a la distribución de referencia antes citada. Como el valor de la fracción (S_{15}/S) para la distribución de referencia es 0,31, resulta, para la distribución observada, que $\Omega = (S_{15}/S)_{\text{obs}} / 0,31 = 3,23 (S_{15}/S)_{\text{obs}}$. Estos dos parámetros, junto con la dosis colectiva, proporcionan una cantidad considerable de información sobre la distribución de dosis y el detrimento resultante de cada práctica. La dosis media, $\bar{H}$, da una indicación del riesgo medio de una ocupación; p.e. aquellas ocupaciones que den por resultado valores de la dosis media, $\bar{H}$, superiores al de la distribución de referencia deben ser examinadas con cuidado. Un valor de Ω mayor que 1 indica que un número de trabajadores superior al promedio está recibiendo dosis mayores de 15 mSv; en tal caso, estas ocupaciones requerirán un examen cuidadoso. Por otra parte, valores bajos de $\bar{H}$ y Ω indican que no se requiere una vigilancia particular de las condiciones radiosanitarias.

4. EXPOSICION PROFESIONAL EN LA CNEA

Las actividades del personal ocupacionalmente expuesto de la CNEA han sido agrupadas de la siguiente manera: extracción y tratamiento de mineral, fabricación de elementos combustibles, generación de energía nucleoelectrica y "otras actividades". En este último rubro se incluyeron las tareas de investigación y desarrollo, producción de radioisótopos y actividades regulatorias y de control. Se evaluaron las dosis individuales y las dosis colectivas debidas a cada actividad y se calculó, para cada operación relacionada con el ciclo de combustible, la dosis colectiva por unidad de energía nucleoelectrica generada.

4.1. Extracción y tratamiento de mineral

El uranio extraído de los yacimientos argentinos en el período considerado proviene en un 25% de minas subterráneas y en un 75% de explotaciones a cielo abierto. Tomando como concentración promedio de energía alfa potencial debida al ^{222}Rn y sus hijas de período de semidesintegración corto, los valores de $8 \cdot 10^{-3} \text{ J h/m}^3$ en minas subterráneas y de $4 \cdot 10^{-4} \text{ J h/m}^3$ en minas a cielo abierto, obtenidas de las mediciones respectivas, la dosis equivalente efectiva media anual resultante, debida a contaminación interna, fue de 24 mSv y de 1,2 mSv respectivamente.

La tasa de dosis debida a radiación gamma medida en las minas subterráneas varió entre $2 \mu\text{Gy/h}$ en las galerías y $50 \mu\text{Gy/h}$ en los frentes de trabajo. La dosis equivalente efectiva media anual, considerando

una geometría de irradiación de 3π y 2000 horas de trabajo por año, fue estimada en 6 mSv.

En las minas a cielo abierto la tasa de dosis medida osciló en torno de $1 \mu\text{Gy/h}$. La dosis media anual para los trabajadores de estas minas fue de 2 mSv, considerando una relación entre dosis absorbida en aire y dosis equivalente efectiva igual a 0,7 y 2000 horas de trabajo por año.

Desde 1977 hasta 1979 la dosis colectiva por tonelada de U_3O_8 extraído (teniendo en cuenta incorporación e irradiación) se mantuvo alrededor de $7,5 \cdot 10^{-2}$ Sv hombre. En 1980 dicho valor fue de $1,5 \cdot 10^{-2}$ Sv hombre, dado que en abril de ese año la explotación en minas subterráneas fue suspendida y, como consecuencia, la dosis colectiva anual se redujo en un factor 5 con relación a los años anteriores. Si se considera que se necesitan 250 kg de U_3O_8 para producir un MW(e) año en la Central Nuclear Atucha, la contribución de la minería a la dosis colectiva por unidad de práctica para 1980 resultó ser $3,8 \cdot 10^{-3}$ Sv hombre/MW(e) año (Tabla 1).

La dosis colectiva debida al tratamiento de mineral representó menos del 1% de la dosis correspondiente a la extracción de mineral de uranio.

4.2. Fabricación de elementos combustibles

La dosis media anual en los trabajadores dedicados a la fabricación de elementos combustibles fue de 0,27 mSv y la dosis colectiva anual de $2,6 \cdot 10^{-2}$ Sv hombre. La representación logarítmico-normal de

las dosis anuales recibidas en 1980 se grafica en la Figura 1.

Considerando que un elemento combustible contiene 153 kg de uranio natural y que 213 kg de uranio natural produjeron, en promedio, 1 MW(e) año, la dosis colectiva por unidad de práctica fue de $1,8 \cdot 10^{-4}$ Sv hombre/MW(e) año.

4.3. Generación de energía nucleoelectrica

La generación de energía nucleoelectrica en la Argentina, en el período considerado, se debió exclusivamente a la operación de la Central Nuclear Atucha. En la Tabla 2 se muestra la distribución porcentual del personal que trabajó en la generación de energía nucleoelectrica durante cada año (incluyendo el personal contratado y el de terceros), en función de los rangos de dosis anual recibida. En el cálculo de estas dosis se tuvieron en cuenta la irradiación externa y la incorporación de tritio. Más del 40% de los trabajadores recibieron dosis anuales en el rango de 10 mSv a 50 mSv. La Figura 2 muestra la representación logarítmico-normal de las dosis anuales recibidas en el período 1977-1980. Los valores de Ω se calcularon utilizando los datos registrados de dosis superiores a 15 mSv.

Del análisis de los registros surge que la dosis colectiva y la dosis colectiva por unidad de práctica crecieron en forma continua a partir de la puesta en marcha de la Central en 1974, con excepción de 1977, año en el que el crecimiento fue más

pronunciado debido a la realización de importantes tareas de mantenimiento. La dosis media anual siguió la misma tendencia observada para la dosis colectiva; en cambio, el valor de la fracción Ω se mantuvo casi constante en torno de 2,6 (Tabla 3). La fracción de las dosis equivalentes debidas a la incorporación de tritio creció lentamente a medida que aumentó el inventario de ese radionucleído en el circuito primario, según se presenta en la Tabla 4.

La tendencia observada en las dosis media y colectiva por unidad de práctica se puede interpretar como consecuencia del incremento en función del tiempo de la tasa de dosis en las inmediaciones del circuito primario donde se realizaron tareas de mantenimiento, la cual pasó de 1,85 mGy/h a mediados de 1977 a 2,40 mGy/h en marzo de 1978 y a 3,5 mGy/h en el período julio de 1979 a marzo de 1980. Esta tasa de dosis está originada principalmente por los productos de corrosión y erosión que se activan en el núcleo y se depositan a lo largo del circuito. El ^{60}Co es el isótopo que más contribuye a la tasa de dosis en las proximidades del circuito primario.

La distribución de la dosis colectiva, según el tipo de tareas desarrolladas en la central, muestra que en promedio el 58% corresponde al personal de mantenimiento, el 26% al de operación y el 16% restante al de radioprotección (Tabla 5). La estabilidad de estos porcentajes, en función del tiempo, especialmente con relación al personal de mantenimiento que es el que más contribuye a la dosis colectiva, explica por qué los valores de Ω se mantienen casi constantes.

4.4. Otras actividades

Se agruparon en este rubro otras actividades de la CNEA tales como investigación y desarrollo, producción de radioisótopos y actividades regulatorias y de control. De las dosis correspondientes a estas actividades, el 50% se debió a la producción y comercialización de radioisótopos. En la Tabla 6 se presenta el porcentaje del personal de áreas controladas incluido en este rubro, en función del rango de dosis anual. Aproximadamente el 90% de los trabajadores recibieron dosis anuales inferiores a 5 mSv y la dosis media anual osciló en torno de 1,9 mSv. La dosis colectiva anual se mantuvo constante en los últimos años e igual a 1,4 Sv hombre. El valor de la fracción Ω , en el mismo período, disminuyó de 0,8 a 0,6 (Tabla 7). Asumiendo que el 50% de la dosis correspondiente a estas actividades se debió a tareas vinculadas con el ciclo de combustible, la contribución de este rubro a la dosis colectiva y dosis colectiva por unidad de práctica fueron, en promedio, 0,8 Sv hombre y $2,8 \cdot 10^{-3}$ Sv hombre/MW(e) año respectivamente. En la Figura 3 se muestra la representación logarítmico-normal de las dosis anuales recibidas por los trabajadores asignados a "otras actividades de la CNEA" en los años 1977 a 1980.

4.5. Resumen de las dosis colectivas en el ciclo de combustible nuclear

El promedio de la dosis colectiva anual y la dosis colectiva por unidad de práctica en el ciclo de combustible para el período 1977-80 fueron 20,0 Sv hombre y $6,1 \cdot 10^{-2}$ Sv hombre/MW(e) año.

La generación de energía nucleoelectrica, a través de la operación de la Central Nuclear Atucha, contribuyó con el 69,9% de la dosis colectiva por MW(e) año de todo el ciclo combustible; la extracción y tratamiento de mineral, con el 25,2%; las tareas de investigación y desarrollo con el 4,6% y la fabricación de elementos combustibles con el 0,3% restante (Figura 4).

5. CONCLUSIONES

En la generación de energía nucleoelectrica, la dosis media y el valor Ω resultaron altos; además, fue la única actividad de la CNEA donde se observó una tendencia creciente de la dosis media y de la dosis colectiva por unidad de práctica. En este sector, se deberán focalizar los mayores esfuerzos en el futuro para mejorar la protección radiológica del personal que ingresa a las áreas controladas, tanto en lo referente al control de las personas como a la limitación de las causas generadoras de la tasa de dosis en los recintos respectivos. Esto es válido particularmente en lo que se refiere al personal de mantenimiento que contribuye con el 60% de la dosis colectiva y al de radioprotección, que recibe una dosis media anual significativamente más alta que los demás grupos de trabajadores de la central.

En la extracción de uranio la situación radiosanitaria se modificó favorablemente después del primer trimestre de 1980, cuando se suspendió la explotación en minas subterráneas. Se espera que en los próximos años la dosis media anual no supere 3,5 mSv.

En la fabricación de elementos combustibles y en las otras actividades de la CNEA, la dosis media y el valor de la fracción Ω se mantuvieron por debajo de los valores correspondientes a la distribución de referencia y, por lo tanto, las condiciones radiosanitarias de estas áreas no exigen esfuerzos particulares.

R E F E R E N C I A S

- (1) Comisión Nacional de Energía Atómica. Normas Básicas de Seguridad Radiológica y Nuclear. Publicación SI N° 11, CNEA, Buenos Aires, 1966.
- (2) United Nations. Sources and Effects of Ionizing Radiation. United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiations. 1977 Report to the General Assembly, with annexes. United Nations Sales Publications N° E.77.IX.I. New York, 1977.

TABLA 1

DOSIS COLECTIVAS DEBIDAS A LA
EXTRACCION DE MINERAL DE URANIO

AÑO	Dosis Colectiva (Sv hombre)	Dosis Colectiva por unidad de práctica	
		$(\frac{\text{Sv hombre}}{\text{MW(e)año}})$	$(\frac{\text{Sv hombre}}{\text{t U}_3\text{O}_8})$
1977	8,6	1,9 10 ⁻²	7,4 10 ⁻²
1978	10,5	2,0 10 ⁻²	7,9 10 ⁻²
1979	11,1	1,8 10 ⁻²	7,2 10 ⁻²
1980	3,4	0,4 10 ⁻²	1,5 10 ⁻²

TABLA 2

GENERACION DE ENERGIA NUCLEOELECTRICA
PORCENTAJE DEL PERSONAL DE AREAS CONTROLADAS
EN FUNCION DEL RANGO DE DOSIS ANUAL

AÑO	Rango de dosis (mSv)				
	1	1 - 5	5 - 10	10 - 50	> 50
1977	21,9	21,6	11,7	43,6	1,2
1978	29,9	23,2	11,5	34,1	1,3
1979	23,2	20,1	11,6	43,7	1,4
1980	12,7	22,7	15,2	47,9	1,5

TABLA 3

DOSIS DEBIDAS A LA GENERACION DE ENERGIA NUCLEOELECTRICA

AÑO	DOSIS COLECTIVA (Sv hombre)	DOSIS COLECTIVA POR UNIDAD DE PRACTICA ($\frac{\text{Sv hombre}}{\text{MW(e) año}}$)		DOSIS MEDIA (mSv)	
1977	10,0	5,6	10^{-2}	15,9	2,54
1978	6,7	2,2	10^{-2}	14,4	2,59
1979	9,0	3,2	10^{-2}	17,4	2,63
1980	14,6	5,9	10^{-2}	19,2	2,60

TABLA 4

PORCENTAJE DE LA DOSIS COLECTIVA
DEBIDA A CONTAMINACION INTERNA
ORIGINADA POR INCORPORACION DE TRITIO
EN LA GENERACION DE ENERGIA NUCLEOELECTRICA

Año	%
1977	16
1978	18
1979	20
1980	21

TABLA 5

GENERACION DE ENERGIA NUCLEOELECTRICA
PORCENTAJE DE LA DOSIS COLECTIVA DEBIDA A
IRRADIACION OCUPACIONAL SEGUN EL TIPO DE TAREAS*

AÑO	OPERACION %	RADIOPROTECCION %	MANTENIMIENTO %
1977	29 (26)	11 (6)	60 (68)
1978	28 (24)	20 (11)	52 (65)
1979	24 (32)	18 (11)	58 (57)
1980	24 (27)	14 (8)	62 (65)

*Se indica entre paréntesis los porcentajes del total de trabajadores afectados a cada tarea.

TABLA 6

"OTRAS ACTIVIDADES DE LA CNEA"
PORCENTAJE DEL PERSONAL DE AREAS CONTROLADAS
EN FUNCION DEL RANGO DE DOSIS ANUAL

AÑO	Rango de dosis (mSv)				
	< 1	1 - 5	5 - 10	10 - 50	> 50
1977	80,4	12,3	4,0	3,3	0
1978	73,3	17,1	6,1	3,5	0
1979	61,8	27,3	7,5	3,4	0
1980	67,7	26,3	3,1	2,9	0

TABLA 7

"OTRAS ACTIVIDADES DE LA CNEA"
DOSIS DEBIDAS A IRRADIACION PROFESIONAL

Año	Dosis colectiva (Sv hombre)	Dosis Media (mSv)	Ω
1977	1,7	1,8	0,74
1978	1,4	1,9	0,80
1979	1,5	2,2	0,63
1980	1,5	1,6	0,59

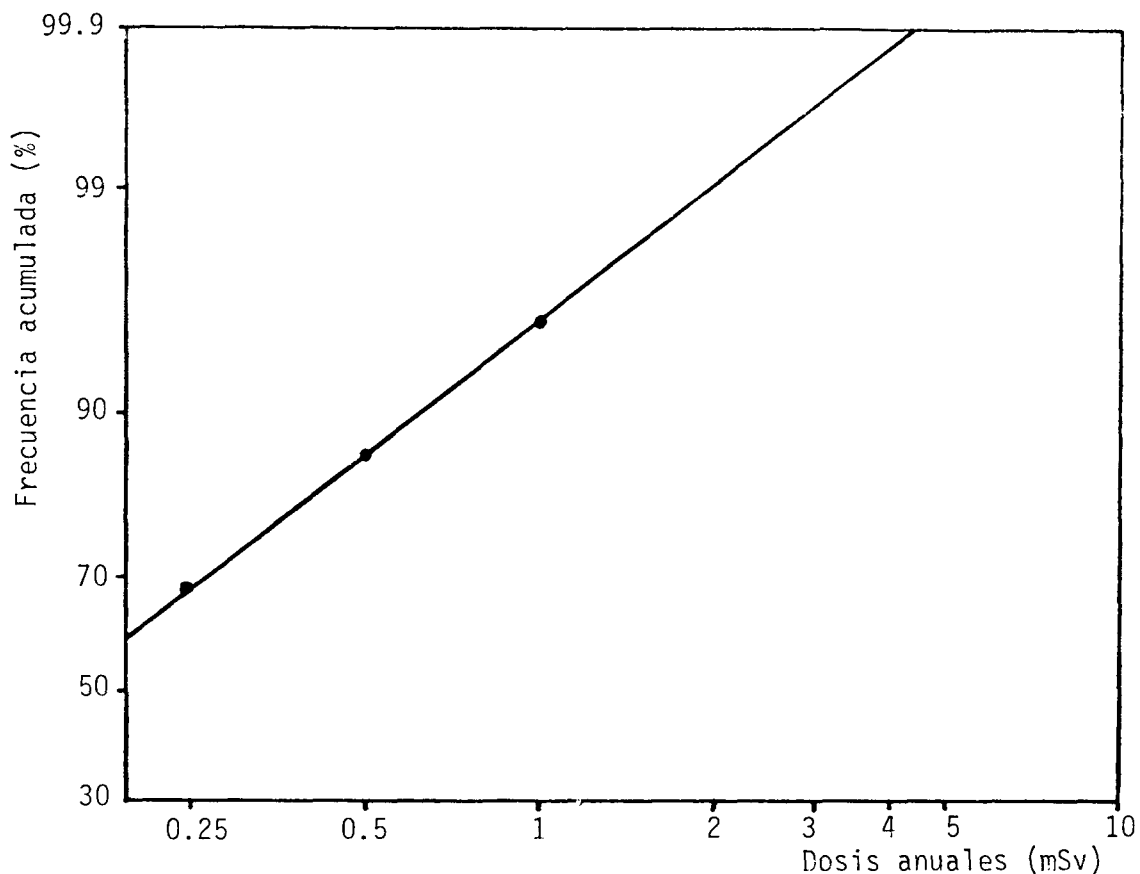


FIGURA 1. REPRESENTACION LOGARITMICO-NORMAL DE LAS DOSIS ANUALES RECIBIDAS POR LOS TRABAJADORES DE LA FABRICA DE ELEMENTOS COMBUSTIBLES DURANTE EL AÑO 1980.

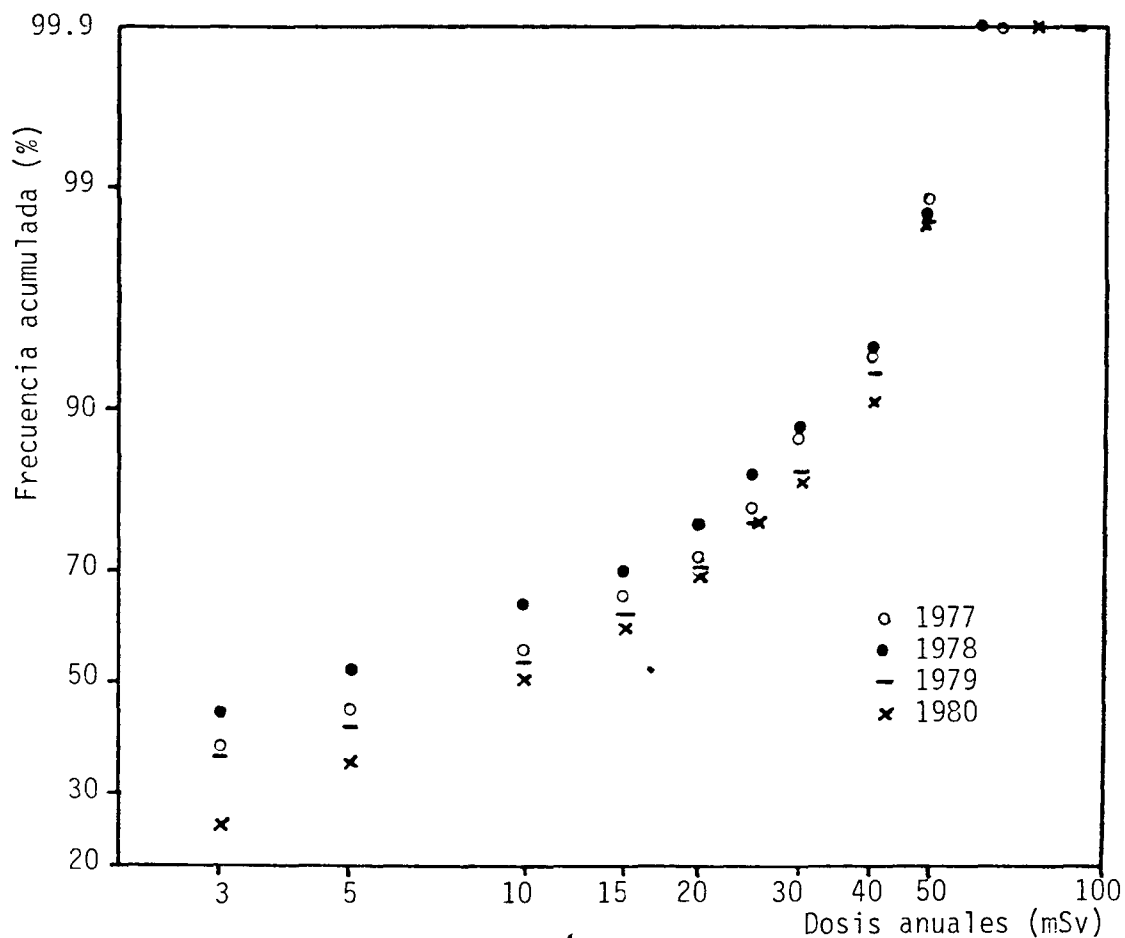


FIGURA 2. REPRESENTACION LOGARITMICO-NORMAL DE LAS DOSIS ANUALES RECIBIDAS POR LOS TRABAJADORES DE LA GENERACION DE ENERGIA NUCLEOELECTRICA.

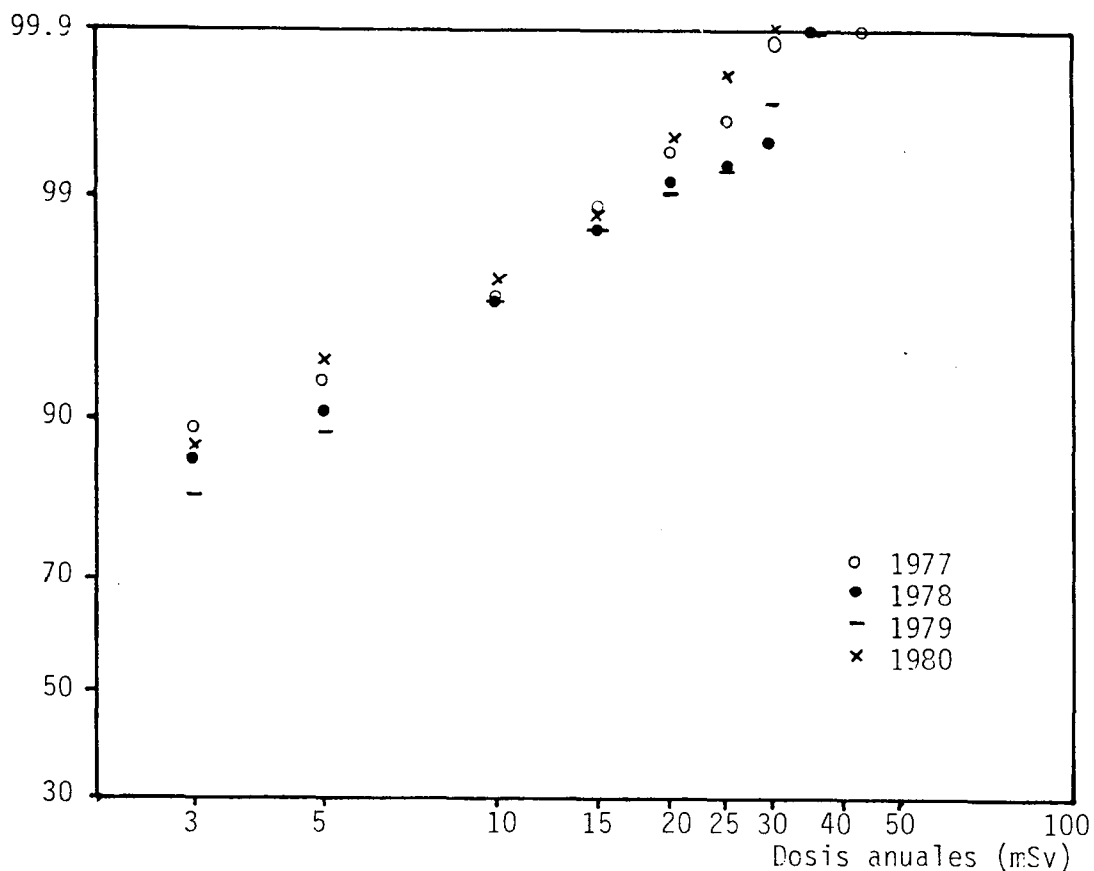


FIGURA 3. REPRESENTACION LOGARITMICO-NORMAL DE LAS DOSIS ANUALES RECIBIDAS POR LOS TRABAJADORES DE OTAS ACTIVIDADES DE LA CNEA.

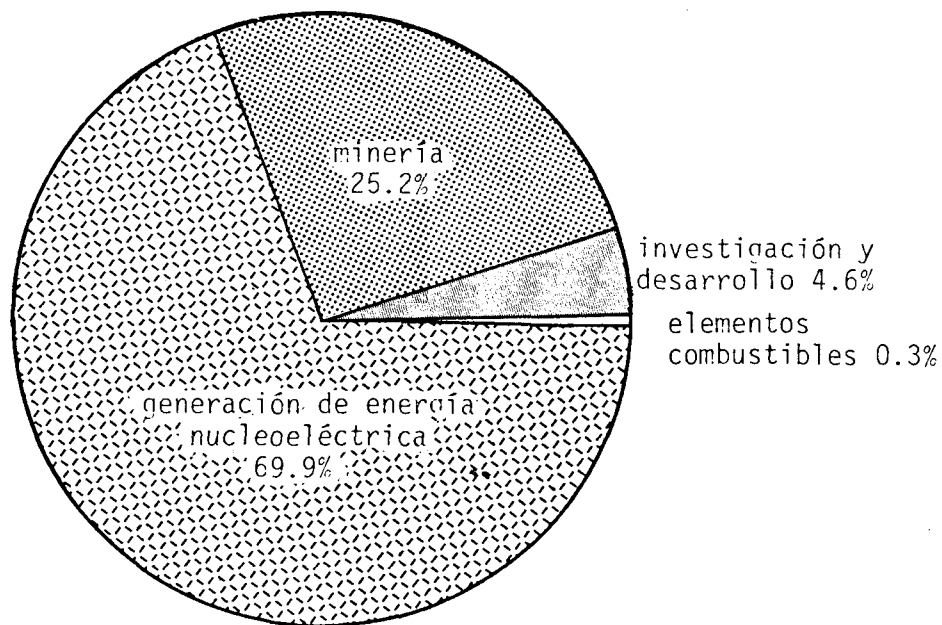


FIGURA 4. CONTRIBUCION A LA DOSIS COLECTIVA POR MW(e)año, DE LOS DIVERSOS COMPONENTES DEL CICLO DE COMBUSTIBLE.