

# La dosimetría de los trabajadores profesionalmente expuestos en España durante el año 1999

Estudio sectorial

# CSN

Colección  
Documentos  
8.2001



---

# La dosimetría de los trabajadores profesionalmente expuestos en España durante el año 1999

**Estudio sectorial**

Ana Martín Alvariño, Ana Hernández Álvarez, Isabel Villanueva  
Delgado, Ignacio Amor Calvo y Manuel Rodríguez Martí



## Índice

Introducción .....	5
I. Resumen de los datos de dosimetría personal .....	9
I.1. Resultados dosimétricos en instalaciones radiactivas .....	11
I.1.1. Resultados dosimétricos en instalaciones radiactivas médicas .....	12
I.1.1.1. Radiodiagnóstico .....	12
I.1.1.2. Radioterapia .....	13
I.1.1.3. Medicina nuclear .....	13
I.1.1.4. Odontología .....	14
I.1.1.5. Otros .....	14
I.1.2. Resultados dosimétricos en instalaciones radiactivas industriales.....	14
I.1.2.1. Radiología industrial .....	15
I.1.2.2. Gammagrafía .....	15
I.1.2.3. Control de procesos .....	16
I.1.2.4. Medidas de densidad y humedad .....	16
I.1.2.5. Comercialización-asistencia .....	17
I.1.2.6. Otros .....	17
I.2. Resultados dosimétricos en centrales nucleares .....	20
I.2.1. Central nuclear José Cabrera .....	21
I.2.2. Central nuclear de Santa María de Garoña .....	22
I.2.3. Central nuclear de Almaraz. Unidades I y II .....	22
I.2.4. Central nuclear de Ascó. Unidades I y II .....	23
I.2.5. Central nuclear de Cofrentes.....	23
I.2.6. Central nuclear Vandellós II .....	24
I.2.7. Central nuclear de Trillo .....	24
I.3. Resultados dosimétricos en el ciclo del combustible, residuos y centrales nucleares en desmantelamiento .....	27
I.3.1. Fábrica de Juzbado (Enusa) .....	27
I.3.2. Concentrados: plantas Quercus y Lobo G (Enusa)...	27
I.3.3. Empresa Nacional de Residuos Radiactivos (Enresa) .	28

I.3.4. Central nuclear Vandellós I (operaciones de desmantelamiento y clausura)	28
I.4. Resultados dosimétricos en otros tipos de instalaciones ...	29
I.4.1. Centros de investigación y/o docencia .....	30
I.4.2. Entidades de transporte .....	30
I.4.3. Consejo de Seguridad Nuclear .....	30
I.5. Resultados dosimétricos globales del país.....	31
II. Resumen y conclusiones.....	33
II.1. En lo que se refiere a la dosis colectiva .....	36
II.2. En lo que se refiere a la dosis individual media .....	39
II.3. En lo que se refiere a las implicaciones para nuestro país de los nuevos límites de dosis reflejados en la Directiva 96/29/Eurauton .....	41
II.4. Casos de potencial superación de los límites de dosis .....	42
III. Tendencias en la exposición a radiaciones.....	43
IV. Anexo I. Estudio dosimétrico sectorial. Evolución temporal (1995-1999) .....	49

# Introducción



## Introducción

El presente informe contiene la información elaborada por la Subdirección de Protección Radiológica Operacional, Área de Protección Radiológica de los Trabajadores, en relación con la vigilancia y control dosimétrico llevada a cabo sobre las personas profesionalmente expuestas en nuestro país a lo largo del año 1999.

Dicha información es de carácter sectorial y tiene por objetivo realizar un seguimiento de la distribución de dosis anual en los distintos tipos de trabajo que implican exposición a las radiaciones ionizantes.

La información contenida en el presente informe viene a cerrar el ejercicio dosimétrico correspondiente al año 1999 y actualiza datos previamente presentados a este respecto<sup>(1)</sup>.

En este informe se han utilizado los datos obtenidos del Banco Dosimétrico Nacional (BDN), a partir de las dosis individualizadas asociadas al tipo instalación y trabajo en los cuales los trabajadores profesionalmente expuestos han recibido dichas dosis. Sin embargo, dado que en un Servicio de Dosimetría Personal Externa (SDP)<sup>(2)</sup> el nivel de carga de datos en el BDN es insuficiente para los objetivos del estudio, se ha hecho necesario recabar información específica de dicho servicio para el desarrollo de este informe.

Se han considerado los cuatro ámbitos de trabajo característicos del BDN: instalaciones radiactivas, centrales nucleares, ciclo del combustible y residuos y otras instalaciones.

En el ámbito de instalaciones radiactivas se han considerado distintos tipos de trabajo agrupados bajo la clasificación más general de instalaciones radiactivas médicas e instalaciones radiactivas industriales. Para el ámbito de centrales nucleares se presentan los datos distinguiendo entre el personal de plantilla y de contrata. En el ámbito de otras instalaciones se han considerado los centros de investigación y/o docencia, las entidades de transporte y el personal profesionalmente expuesto perteneciente al Consejo de Seguridad Nuclear.

La información aportada incluye datos de dosimetría externa, correspondientes a cada uno de los sectores citados con anterioridad, y de dosimetría interna, correspondientes a los sectores de centrales nucleares y ciclo de combustible, residuos y centrales nucleares en desmantelamiento.

Dentro de las conclusiones de este informe se ha incluido la comparación de los resultados dosimétricos correspondientes al año 1999 con los relativos a los años 1995-1998 a fin de evaluar la tendencia experimentada a lo largo del tiempo en relación con la vigilancia y control dosimétrico de los trabajadores profesionalmente expuestos (TPE) en España.

1. En el *Informe del Consejo de Seguridad Nuclear al Congreso de los Diputados y al Senado. Año 1999*, se incluyó un avance de los resultados dosimétricos correspondientes al año 1999.

2. Dosimetría Radiológica, S.A.



# I. Resumen de los datos de dosimetría personal



## I. Resumen de los datos de dosimetría personal

### I.1. Resultados dosimétricos en instalaciones radiactivas

Durante el año 1999 el número de trabajadores expuestos que desarrollaron su actividad en el campo de las instalaciones radiactivas y que fueron controlados por estos centros se cifra en 72.028 personas cuyas lecturas dosimétricas suponen una dosis colectiva de 32.098 mSv. persona<sup>(3)</sup>.

En cuanto a la distribución estadística del número de usuarios a lo largo del año 1999 se puede concluir que, de los 72.028 trabajadores controlados:

- 25.605 trabajadores (35,55% del total) no han recibido dosis significativas.
- 45.851 trabajadores (63,66% del total) han recibido dosis inferiores a 5 mSv.
- 527 trabajadores (0,73% del total) han recibido dosis comprendidas entre 5 y 20 mSv.
- 31 trabajadores (0,04% del total) han recibido dosis comprendidas entre 20 y 50 mSv<sup>(4)</sup>.

3. En esta cifra no se incluyen las lecturas dosimétricas superiores al límite anual de dosis.

4. Intervalos de dosis establecidos:

- Dosis significativas: superiores al nivel de registro (0,1 mSv/mes).
- 5 mSv: actual límite de dosis anual para miembros del público establecido en el Reglamento de Protección

En cuanto a los 14 trabajadores restantes, un 0,02% del total, constituyen casos de potencial superación del límite anual de dosis establecido en el Reglamento de Protección Sanitaria contra las Radiaciones Ionizantes<sup>(5)</sup> al haberse registrado valores de dosis superiores a 50 mSv/año. Los casos de potencial sobreexposición citados se distribuyen en los tipos de instalación que se indican a continuación:

- Instalaciones radiactivas médicas: 13 casos de potencial sobreexposición, 12 corresponden a instalaciones de radio-diagnóstico y uno a instalaciones de radioterapia.
- Instalaciones radiactivas industriales: un caso de potencial sobreexposición, incluido en otros.

Si se consideran únicamente los trabajadores con dosis significativas y se excluyen los casos de potencial sobreexposición, la dosis individual media en el colectivo de

Sanitaria contra las Radiaciones Ionizantes (Real Decreto 53/ 1992, de 24 de enero).

– 20 mSv: límite de dosis anual para TPE recomendado en publicación nº 60 de ICRP.

– 50 mSv: actual límite de dosis anual para TPE establecido en el Reglamento de Protección Sanitaria contra las Radiaciones Ionizantes.

5. En los casos de potencial superación del límite anual de dosis el CSN establece un protocolo de investigación que implica vigilancia médica de los trabajadores afectados. Fueron comunicados en 1999 en el *Informe del CSN al Congreso de los Diputados y al Senado*.

trabajadores correspondiente a instalaciones radiactivas resulta ser de 0,69 mSv/año.

A continuación se desglosan en detalle los resultados dosimétricos obtenidos en de cada uno de los sectores considerados dentro de las instalaciones radiactivas: instalaciones radiactivas médicas e instalaciones radiactivas industriales.

#### 1.1.1. Resultados dosimétricos en instalaciones radiactivas médicas

Durante el año 1999 el número de trabajadores expuestos que desarrollaron su actividad en el campo de las instalaciones radiactivas médicas y que fueron controlados dosimétricamente se cifra en 66.380 personas cuyas lecturas dosimétricas suponen una dosis colectiva de 27.550 mSv.persona<sup>(6)</sup>.

La distribución estadística del número de trabajadores controlados a lo largo del año 1999 en este colectivo permite concluir que:

- 23.865 trabajadores (35,95% del total) no han recibido dosis significativas.
- 42.151 trabajadores (63,50% del total) han recibido dosis inferiores a 5 mSv.
- 339 trabajadores (0,51% del total) han recibido dosis comprendidas entre 5 y 20 mSv.

6. En esta cifra no se incluyen las lecturas dosimétricas superiores al límite anual de dosis.

- 12 trabajadores (0,02% del total) han recibido dosis comprendidas entre 20 y 50 mSv.
- En cuanto a los 13 trabajadores restantes (0,02% del total) constituyen casos de potencial superación del límite anual de dosis.

Si se consideran únicamente los trabajadores con dosis significativas y se excluyen los casos de potencial sobreexposición, la dosis individual media en este colectivo resulta ser de 0,65 mSv/año.

A continuación se desglosan estos datos globales en cada una de las distintas clasificaciones establecidas en el ámbito de instalaciones radiactivas médicas, tales como radiodiagnóstico, radioterapia, medicina nuclear, odontología y otros.

##### 1.1.1.1. Radiodiagnóstico

El número de personas controladas fue de 40.611 a las que corresponde una dosis colectiva de 16.005 mSv.persona<sup>(7)</sup>.

A modo de resumen cabe señalar que:

- 15.042 trabajadores (37,04% del total) no han recibido dosis significativas.
- 25.354 trabajadores (62,43% del total) han recibido dosis inferiores a 5 mSv.

7. En esta cifra no se incluyen las lecturas dosimétricas superiores al límite anual de dosis .

- 199 trabajadores (0,49% del total) han recibido dosis comprendidas entre 5 y 20 mSv.
- Cuatro trabajadores (0,01% del total) han recibido dosis comprendidas entre 20 y 50 mSv.
- En cuanto a los 12 trabajadores restantes (0,03% del total) constituyen casos de potencial superación del límite anual de dosis.

Si se consideran únicamente los trabajadores con dosis significativas y se excluyen los casos de potencial sobreexposición, la dosis individual media en este colectivo resulta ser de 0,63 mSv/año.

#### I.1.1.2. Radioterapia

El número de personas controladas fue de 1.983 contabilizando una dosis colectiva de 684 mSv.persona<sup>(8)</sup>.

A modo de resumen cabe señalar que:

- 742 trabajadores (37,42% del total), no han recibido dosis significativas.
- 1.234 trabajadores (62,23% del total), han recibido dosis inferiores a 5 mSv.
- Seis trabajadores (0,30% del total), han recibido dosis comprendidas entre 5 y 20 mSv.
- Ningún trabajador ha recibido dosis comprendidas entre 20 y 50 mSv.

- En cuanto al trabajador restante (0,05% del total) constituye un caso de potencial superación del límite anual de dosis.

Si se consideran únicamente los trabajadores con dosis significativas y se excluye el caso de potencial sobreexposición, la dosis individual media en este colectivo resulta ser de 0,55 mSv/año.

#### I.1.1.3. Medicina nuclear

El número de personas controladas fue de 1.747 a las que corresponde una dosis colectiva de 2.433 mSv.persona.

A modo de resumen cabe señalar que:

- 249 trabajadores (14,25% del total) no han recibido dosis significativas.
- 1.395 trabajadores (79,85% del total) han recibido dosis inferiores a 5 mSv.
- 102 trabajadores (5,84% del total) han recibido dosis comprendidas entre 5 y 20 mSv.
- Un trabajador (0,06 del total) ha recibido dosis superiores comprendidas entre 20 y 50 mSv.
- Ningún trabajador ha recibido dosis superiores a 50 mSv.

Si se consideran únicamente los trabajadores con dosis significativas, la dosis individual media de este colectivo resulta ser de 1,62 mSv/año.

8. En esta cifra no se incluyen las lecturas dosimétricas superiores al límite anual de dosis.

#### I.1.1.4. Odontología

El número de personas controladas fue de 10.602 a las que corresponde una dosis colectiva de 4.812 mSv.persona.

A modo de resumen cabe señalar que:

- 2.910 trabajadores (27,45% del total) no han recibido dosis significativas.
- 7.669 trabajadores (72,34% del total) han recibido dosis inferiores a 5 mSv.
- 18 trabajadores (0,17% del total) han recibido dosis comprendidas entre 5 y 20 mSv.
- Cinco trabajadores (0,05% del total) han recibido dosis comprendidas entre 20 y 50 mSv.
- Ningún trabajador ha recibido dosis superiores a 50 mSv.

Si se consideran únicamente los trabajadores con dosis significativas y se excluyen los casos de potencial sobreexposición, la dosis individual media en este colectivo resulta ser de 0,63 mSv/año.

#### I.1.1.5. Otros

El número de personas controladas fue de 11.437 a las que corresponde una dosis colectiva de 3.616 mSv.persona.

A modo de resumen cabe señalar que:

- 4.922 trabajadores (43,04% del total) no han recibido dosis significativas.
- 6.499 trabajadores (56,82% del total) han recibido dosis inferiores a 5 mSv.
- 14 trabajadores (0,12% del total) han recibido dosis comprendidas entre 5 y 20 mSv.
- Dos trabajadores (0,02% del total) han recibido dosis comprendidas entre 20 y 50 mSv.
- Ningún trabajador ha recibido dosis superiores a 50 mSv.

Si se consideran únicamente los trabajadores con dosis significativas y se excluyen los casos de potencial sobreexposición, la dosis individual media en este colectivo resulta ser de 0,56 mSv/año.

#### I.1.2. Resultados dosimétricos en instalaciones radiactivas industriales

Durante el año 1999 el número de trabajadores expuestos que desarrollaron su actividad en el campo de las instalaciones radiactivas industriales y que fueron controlados dosimétricamente se cifra en 5.648 personas cuyas lecturas dosimétricas suponen una dosis colectiva de 4.548 mSv.persona<sup>(9)</sup>.

9. En esta cifra no se incluyen las lecturas dosimétricas superiores al límite anual de dosis.

La distribución estadística del número de trabajadores controlados a lo largo del año 1999 en este colectivo permite concluir que:

- 1.740 trabajadores (30,81% del total) no han recibido dosis significativas.
- 3.700 trabajadores (65,51% del total) han recibido dosis inferiores a 5 mSv.
- 188 trabajadores (3,33% del total) han recibido dosis comprendidas entre 5 y 20 mSv.
- 19 trabajadores (0,34% del total) han recibido dosis comprendidas entre 20 y 50 mSv.
- En cuanto al trabajador restante (0,02% del total), constituye un caso de potencial superación del límite anual de dosis.

Si se consideran únicamente los trabajadores con dosis significativas y se excluye el caso de potencial sobreexposición, la dosis individual media de este colectivo resulta ser de 1,16 mSv/año.

A continuación se desglosan estos datos en cada una de las distintas clasificaciones establecidas en el ámbito de instalaciones radiactivas industriales, tales como radiología, gammagrafía, control de procesos, medidas de densidad y humedad del suelo, comercialización-asistencia y otros.

#### I.1.2.1. Radiología industrial

El número de personas controladas fue de 499 a las que corresponde una dosis colectiva de 599 mSv.persona.

A modo de resumen cabe señalar que:

- 238 trabajadores (47,70% del total) no han recibido dosis significativas.
- 218 trabajadores (43,69% del total) han recibido dosis inferiores a 5 mSv.
- 40 trabajadores (8,02% del total) han recibido dosis comprendidas entre 5 y 20 mSv.
- Tres trabajadores (0,60 del total) han recibido dosis comprendidas entre 20 y 50 mSv.
- Ningún trabajador ha recibido dosis superiores a 50 mSv.

Si se consideran únicamente los trabajadores con dosis significativas, la dosis individual media en este colectivo resulta ser de 2,29 mSv/año.

#### I.1.2.2. Gammagrafía

El número de personas controladas fue de 463 a las que corresponde una dosis colectiva de 1.447 mSv.persona.

A modo de resumen cabe señalar que:

- 67 trabajadores (14,47% del total) no han recibido dosis significativas.
- 301 trabajadores (65,01% del total) han recibido dosis inferiores a 5 mSv.
- 83 trabajadores (17,93% del total) han recibido dosis comprendidas entre 5 y 20 mSv.
- 12 trabajadores (2,59% del total) han recibido dosis comprendidas entre 20 y 50 mSv.
- Ningún trabajador ha recibido dosis superiores a 50 mSv.

Si se consideran únicamente los trabajadores con dosis significativas, la dosis individual media en este colectivo resulta ser de 3,65 mSv/año.

#### I.1.2.3. Control de procesos

El número de personas controladas fue de 1.488 a las que corresponde una dosis colectiva de 684 mSv.persona.

A modo de resumen cabe señalar que:

- 611 trabajadores (41,06% del total) no han recibido dosis significativas.
- 850 trabajadores (57,12% del total) han recibido dosis inferiores a 5 mSv.

- 25 trabajadores (1,68% del total) han recibido dosis comprendidas entre 5 y 20 mSv.
- Dos trabajadores (0,13% del total) han recibido dosis comprendidas entre 20 y 50 mSv.
- Ningún trabajador ha recibido dosis superiores a 50 mSv.

Si se consideran únicamente los trabajadores con dosis significativas, la dosis individual media en este colectivo resulta ser de 0,78 mSv/año.

#### I.1.2.4. Medidas de densidad y humedad

El número de personas controladas fue de 599 a las que corresponde una dosis colectiva de 358 mSv.persona.

A modo de resumen cabe señalar que:

- 143 trabajadores (23,87% del total) no han recibido dosis significativas.
- 448 trabajadores (74,79% del total) han recibido dosis inferiores a 5 mSv.
- Ocho trabajadores (1,34% del total) han recibido dosis comprendidas entre 5 y 20 mSv.
- Ningún trabajador ha recibido dosis superiores a 20 mSv.

Si se consideran únicamente los trabajadores con dosis significativas, la dosis individual media en este colectivo resulta ser de 0,78 mSv/año.

#### I.1.2.5. Comercialización-asistencia

El número de personas controladas fue de 1.185 a las que corresponde una dosis colectiva de 610 mSv.persona<sup>(10)</sup>.

A modo de resumen cabe señalar que:

- 327 trabajadores (27,59% del total) no han recibido dosis significativas.
- 840 trabajadores (70,89% del total) han recibido dosis inferiores a 5 mSv.
- 16 trabajadores (1,35% del total) han recibido dosis comprendidas entre 5 y 20 mSv.
- Un trabajador (0,08% del total) ha recibido dosis comprendidas entre 20 y 50 mSv.
- En cuanto al trabajador restante (0,08% del total), constituye un caso de potencial superación del límite anual de dosis.

Si se consideran únicamente los trabajadores con dosis significativas, la dosis individual media en este colectivo de trabajadores resulta ser de 0,71 mSv/año.

#### I.1.2.6. Otros

El número de personas controladas fue de 1.414 a las que corresponde una dosis colectiva de 850 mSv.persona.

A modo de resumen cabe señalar que:

- 354 trabajadores (25,04% del total) no han recibido dosis significativas.
- 1.043 trabajadores (73,76% del total) han recibido dosis inferiores a 5 mSv.
- 16 trabajadores (1,13% del total) han recibido dosis comprendidas entre 5 y 20 mSv.
- Un trabajador (0,07% del total) ha recibido dosis comprendidas entre 20 y 50 mSv.
- Ningún trabajador ha recibido dosis superiores a 50 mSv.

Si se consideran únicamente los trabajadores con dosis significativas y se excluye el caso de potencial sobreexposición, la dosis individual media en este colectivo resulta ser de 0,80 mSv/año.

A modo de resumen de los datos aportados sobre las instalaciones radiactivas, y de forma comparativa, se presentan las siguientes figuras:

10. En esta cifra no se incluyen las lecturas dosimétricas superiores al límite anual de dosis.

- La figura 1 representa la dosis colectiva correspondiente a cada una de las clasificaciones establecidas en el ámbito de las instalaciones radiactivas, tanto médicas como industriales, así como al valor global.

- La figura 2 representa el número de trabajadores correspondiente a cada una de las clasificaciones establecidas en el ámbito de las instalaciones radiactivas, tanto médicas como industriales.

Figura 1. Dosis colectiva en instalaciones radiactivas médicas e industriales (1999)

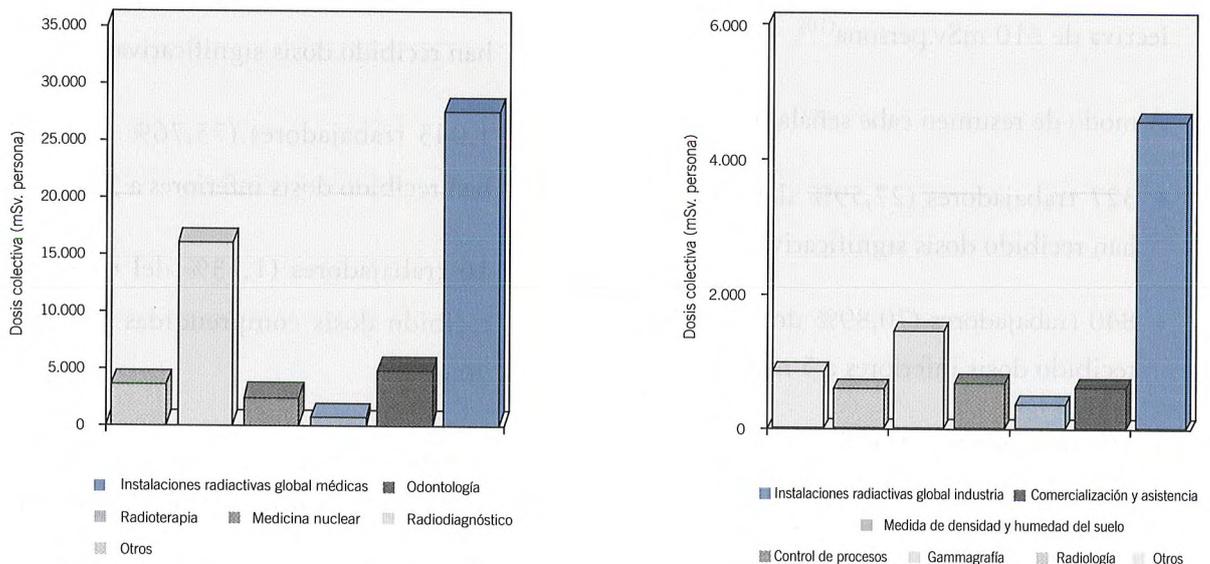
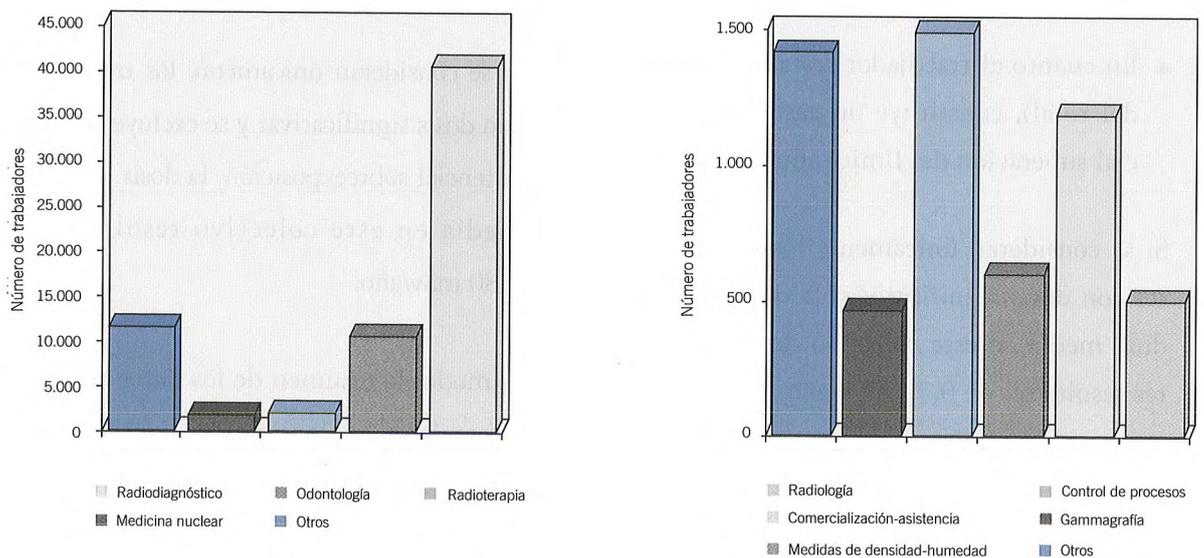


Figura 2. Número de trabajadores en instalaciones radiactivas médicas e industriales (1999)



- La figura 3 representa la dosis individual media correspondiente a cada una de las clasificaciones establecidas en el ámbito de las instalaciones radiactivas, tanto médicas como industriales, así como el valor global.

- La figura 4 representa la distribución estadística del número de usuarios por intervalo de dosis considerado, diferenciándose entre instalaciones radiactivas médicas e industriales.

Figura 3. Dosis individual en instalaciones radiactivas médicas e industriales (1999)

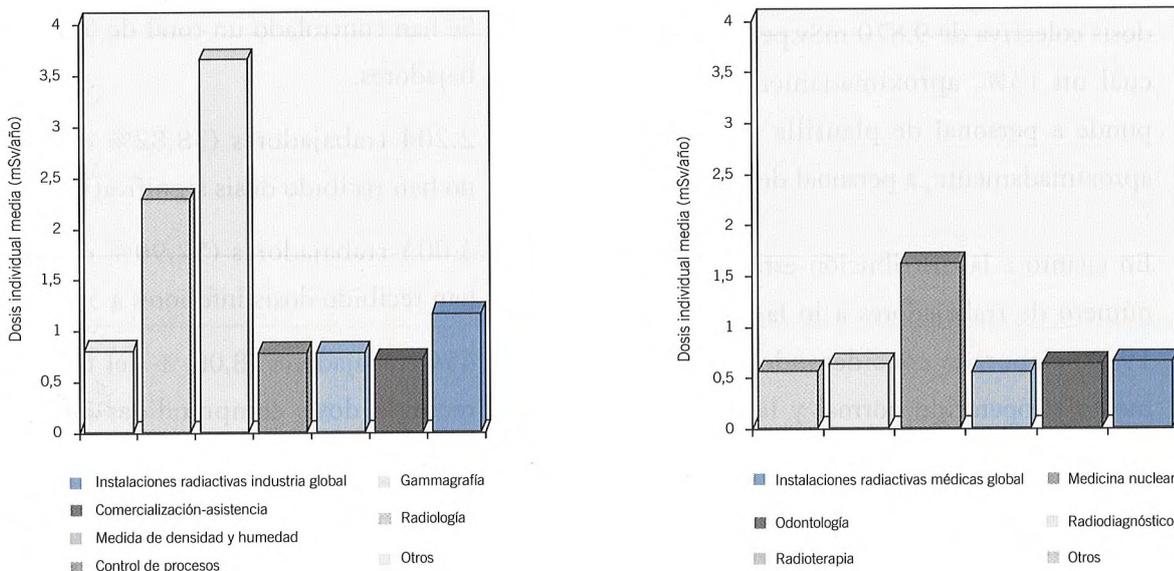
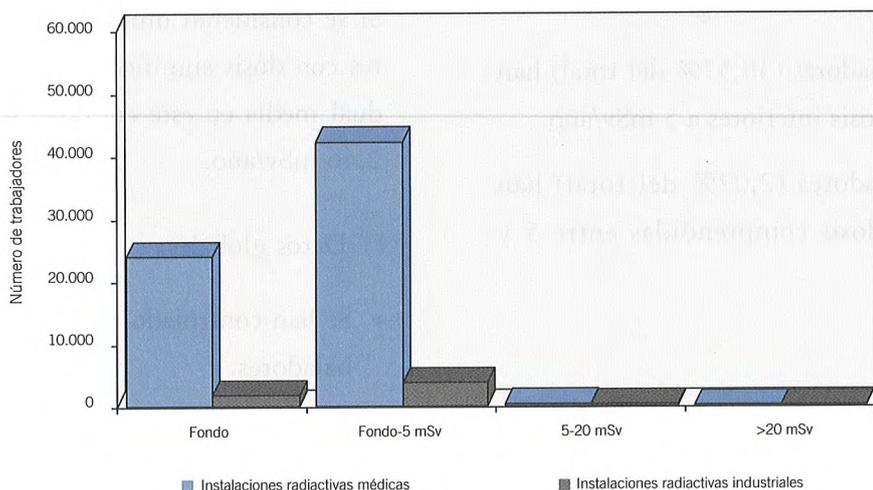


Figura 4. Número de trabajadores por intervalo de dosis en instalaciones radiactivas médicas e industriales (1999)



## I.2. Resultados dosimétricos en centrales nucleares

Durante el año 1999 el número de trabajadores expuestos que desarrollaron su actividad en el campo de las centrales nucleares en operación y que fueron controlados dosimétricamente se cifra en 7.914 personas cuyas lecturas dosimétricas suponen una dosis colectiva de 9.870 mSv.persona, de la cual un 13%, aproximadamente, corresponde a personal de plantilla y un 87%, aproximadamente, a personal de contrata.

En cuanto a la distribución estadística del número de trabajadores a lo largo del año 1999, elaborada considerando conjuntamente la operación normal y las operaciones de recarga<sup>(11)</sup>, se deduce que:

### a) Personal de plantilla:

- Se han controlado un total de 2.274 trabajadores.
- 1.351 trabajadores (59,41% del total) no han recibido dosis significativas.
- 877 trabajadores (38,57% del total) han recibido dosis inferiores a 5 mSv/año.
- 46 trabajadores (2,02% del total) han recibido dosis comprendidas entre 5 y 20 mSv.

- Ningún trabajador ha recibido dosis superiores a 20 mSv.

Si se consideran únicamente los trabajadores con dosis significativas, la dosis individual media en este colectivo resulta ser de 1,43 mSv/año.

### b) Personal de contrata:

- Se han controlado un total de 5.677 trabajadores.
- 2.204 trabajadores (38,82% del total) no han recibido dosis significativas.
- 3.003 trabajadores (52,90% del total) han recibido dosis inferiores a 5 mSv.
- 454 trabajadores (8,00 % del total) han recibido dosis comprendidas entre 5 y 20 mSv.
- 16 trabajadores (0,28% del total) han recibido dosis comprendidas entre 20 y 50 mSv.
- Ningún trabajador ha recibido dosis superiores a 50 mSv.

Si se consideran únicamente los trabajadores con dosis significativas, la dosis individual media en este colectivo resulta ser de 2,46 mSv/año.

### c) Datos globales:

- Se han controlado un total de 7.914 trabajadores.
- 3.524 trabajadores (44,53 % del total) no han recibido dosis significativas.

11. Todos los valores corresponden a las dosis registradas mediante dosimetría oficial, extraídos de la información existente en el BDN.

- 3.874 trabajadores (48,95 del total) han recibido dosis inferiores a 5 mSv.
- 500 trabajadores (6,32% del total) han recibido dosis comprendidas entre 5 y 20 mSv.
- 16 trabajadores (0,21% del total) han recibido dosis comprendidas entre 20 y 50 mSv.
- Ningún trabajador ha recibido dosis superiores a 20 mSv.

Si se consideran únicamente los trabajadores con dosis significativas, la dosis individual media en este colectivo resulta ser de 2,25 mSv/año.

Estos resultados hacen que la dosis colectiva media por reactor a lo largo del año 1999 sea de 1.097 mSv.persona<sup>(12)</sup>.

En lo que se refiere a la *dosimetría interna*, se han realizado controles, mediante medida directa de la radiactividad corporal, a todos los trabajadores con riesgo significativo de incorporación de radionúclidos<sup>(13)</sup>.

12. En el cálculo de la dosis colectiva por reactor se han tenido en cuenta las condiciones operativas de los reactores nucleares en España para el año 1999, estando en funcionamiento en ese momento dos reactores tipo BWR y siete reactores tipo PWR.

13. El número de trabajadores controlados en cada instalación se refleja en los apartados que figuran a continuación. No se aporta un valor global al no ser sumatorios los correspondientes a cada una de las instalaciones consideradas debido a que algunos trabajadores de contrata han sido controlados a lo largo del año 1999 en varias instalaciones.

En ninguno de los controles efectuados, mediante medida directa de la radiactividad corporal, se han detectado casos de contaminación interna superior al nivel de registro establecido (1% del LIA).

A continuación se resumen los aspectos más relevantes en relación con cada una de las centrales nucleares.

#### 1.2.1. Central nuclear José Cabrera

El número de personas controladas fue de 530 a las que corresponde una dosis colectiva de 1.086 mSv.persona, distribuida, aproximadamente, un 24% entre el personal de plantilla y un 76% entre el personal de contrata.

A modo de resumen cabe señalar que:

- 98 trabajadores (18,49% del total) no han recibido dosis significativas.
- 374 trabajadores (70,57% del total) han recibido dosis inferiores a 5 mSv.
- 58 trabajadores (10,94% del total) han recibido dosis comprendidas entre 5 y 20 mSv.
- Ningún trabajador ha recibido dosis superiores a 20 mSv.

Si se consideran únicamente los trabajadores con dosis significativas, la dosis individual media en este colectivo resulta

ser de 2,51 mSv/año para la totalidad del personal, 2,51 mSv/año para el personal de plantilla y 2,51 mSv/año para el personal de contrata.

Durante este año tuvo lugar la operación de recarga de esta central nuclear.

#### 1.2.2. Central nuclear de Santa M<sup>a</sup> de Garoña

El número de personas controladas fue de 1.692 a las que corresponde una dosis colectiva de 2.736 mSv.persona, distribuida, aproximadamente, un 14% entre el personal de plantilla y un 86% entre el personal de contrata.

A modo de resumen cabe señalar que:

- 430 trabajadores (25,41% del total) no han recibido dosis significativas.
- 1.123 trabajadores (66,37% del total) han recibido dosis inferiores a 5 mSv/año.
- 138 trabajadores (8,16% del total) han recibido dosis comprendidas entre 5 y 20 mSv.
- Un trabajador (0,06% del total) ha recibido dosis superiores a 20 mSv.
- Ningún trabajador ha recibido dosis superiores a 50 mSv.

Si se consideran únicamente los trabajadores con dosis significativas, la dosis indivi-

dual media en este colectivo de trabajadores resulta ser de 2,17 mSv/año para la totalidad del personal, 1,81 mSv/año para el personal de plantilla y 2,24 mSv/año para el personal de contrata.

Durante este año tuvo lugar la operación de recarga de esta central nuclear.

#### 1.2.3. Central nuclear de Almaraz. Unidades I y II

El número de personas controladas fue de 1.684 a las que corresponde una dosis colectiva de 1.697 mSv.persona, distribuida, aproximadamente, un 10% entre el personal de plantilla y un 90% entre el personal de contrata.

A modo de resumen cabe señalar que

- 759 trabajadores (45,07% del total) no han recibido dosis significativas.
- 856 trabajadores (50,83 % del total) han recibido dosis inferiores a 5 mSv/año.
- 69 trabajadores (4,10 % del total) han recibido dosis comprendidas entre 5 y 20 mSv.
- Ningún trabajador ha recibido dosis superiores a 20 mSv.

Si se consideran únicamente los trabajadores con dosis significativas, la dosis individual media en este colectivo resulta ser de 1,83 mSv/año para la totalidad del

personal, 1,12 mSv/año para el personal de plantilla y 1,98 mSv/año para el personal de contrata.

Durante este año tuvo lugar la operación de recarga de la unidad I.

#### 1.2.4. Central nuclear de Ascó. Unidades I y II

El número de personas controladas fue de 1.519 a las que corresponde una dosis colectiva de 730 mSv.persona, distribuida, aproximadamente, un 7% entre el personal de plantilla y un 93% entre el personal de contrata.

A modo de resumen cabe señalar que:

- 863 trabajadores (56,81% del total) no han recibido dosis significativas.
- 636 trabajadores (41,87% del total) han recibido dosis inferiores a 5 mSv/año.
- 20 trabajadores (1,32% del total) han recibido dosis comprendidas entre 5 y 20 mSv.
- Ningún trabajador ha recibido dosis superiores a 20 mSv.

Si se consideran únicamente los trabajadores con dosis significativas, la dosis individual media en este colectivo resulta ser de 1,11 mSv/año para la totalidad del personal, 0,41 mSv/año para el personal de

plantilla y 1,27 mSv/año para el personal de contrata.

Durante este año tuvo lugar la operación de recarga de la unidad II.

#### 1.2.5. Central nuclear de Cofrentes

El número de personas controladas fue de 1.690 a las que corresponde una dosis colectiva de 2.212 mSv.persona, distribuida, aproximadamente, un 17% entre el personal de plantilla y un 83% entre el personal de contrata.

A modo de resumen cabe señalar que:

- 718 trabajadores (42,49% del total) no han recibido dosis significativas.
- 845 trabajadores (50% del total) han recibido dosis inferiores a 5 mSv/año.
- 127 trabajadores (7,51% del total) han recibido dosis comprendidas entre 5 y 20 mSv.
- Ningún trabajador ha recibido dosis superiores a 20 mSv.

Si se consideran únicamente los trabajadores con dosis significativas, la dosis individual media en este colectivo resulta ser de 2,28 mSv/año para la totalidad del personal, 2,27 mSv/año para el personal de plantilla y 2,28 mSv/año para el personal de contrata.

Durante este año tuvo lugar la operación de recarga de esta central nuclear.

#### 1.2.6. Central nuclear Vandellós II

El número de personas controladas fue de 1.268 a las que corresponde una dosis colectiva de 1.036 mSv.persona, distribuida, aproximadamente, un 4% entre el personal de plantilla y un 96% entre el personal de contrata.

A modo de resumen cabe señalar que:

- 610 trabajadores (48,11% del total) no han recibido dosis significativas.
- 615 trabajadores (48,50% del total) han recibido dosis inferiores a 5 mSv.
- 43 trabajadores (3,39% del total) han recibido dosis comprendidas entre 5 y 20 mSv.
- Ningún trabajador ha recibido dosis superiores a 20 mSv.

Si se consideran únicamente los trabajadores con dosis significativas, la dosis individual media en este colectivo resulta ser de 1,57 mSv/año para la totalidad del personal, 0,41 mSv/año para el personal de plantilla y 1,79 mSv/año para el personal de contrata.

Durante este año tuvo lugar la operación de recarga de esta central nuclear.

#### 1.2.7. Central nuclear de Trillo

El número de personas controladas fue de 1.336 a las que corresponde una dosis colectiva de 373 mSv.persona, distribuida, aproximadamente, un 10% entre el personal de plantilla y un 90% entre el personal de contrata.

A modo de resumen cabe señalar que:

- 807 trabajadores (60,40% del total) no han recibido dosis significativas.
- 525 trabajadores (39,30% del total) han recibido dosis inferiores a 5 mSv.
- Cuatro trabajadores (0,30% del total) han recibido dosis comprendidas entre 5 y 20 mSv.
- Ningún trabajador ha recibido dosis superiores a 20 mSv.

Si se consideran únicamente los trabajadores con dosis significativas, la dosis individual media en este colectivo resulta ser de 0,71 mSv/año para la totalidad del personal, 0,57 mSv/año para el personal de plantilla y 0,72 mSv/año para el personal de contrata.

Durante este año tuvo lugar la operación de recarga de esta central nuclear.

A modo de resumen de los datos aportados en relación con las centrales nucleares, y de forma comparativa, se presentan las siguientes figuras:

- La figura 5 representa la dosis colectiva correspondiente a cada una de las centrales nucleares, diferenciándose entre plantilla, contrata y global.
- La figura 6 representa la dosis individual media correspondiente a cada una de las centrales nucleares, diferenciándose entre plantilla, contrata y global.
- La figura 7 representa la dosis colectiva correspondiente a cada una de las centrales nucleares y el número de trabajadores perteneciente a cada una de ellas.
- La figura 8 representa para el conjunto de centrales nucleares, la distribución de dosis en los intervalos considerados, diferenciándose entre plantilla y contrata.

Figura 5. Dosis colectiva de trabajadores en centrales nucleares españolas (1999)

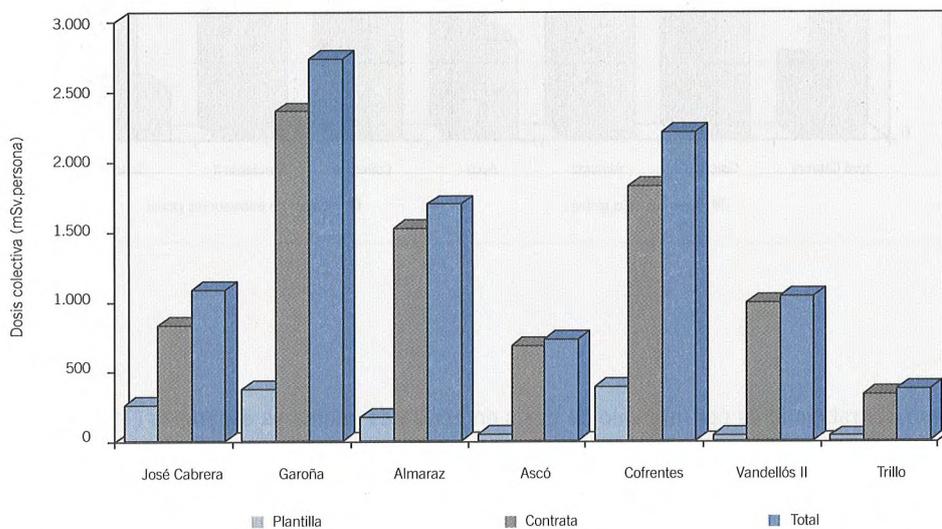


Figura 6. Dosis individual media para trabajadores en centrales nucleares españolas (1999)

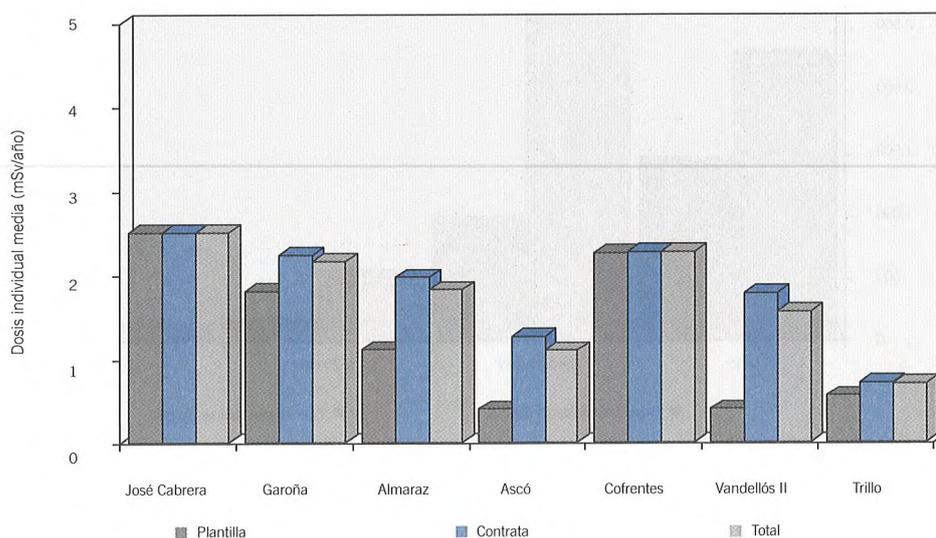


Figura 7. Dosis colectiva y número de trabajadores en centrales nucleares españolas (1999)

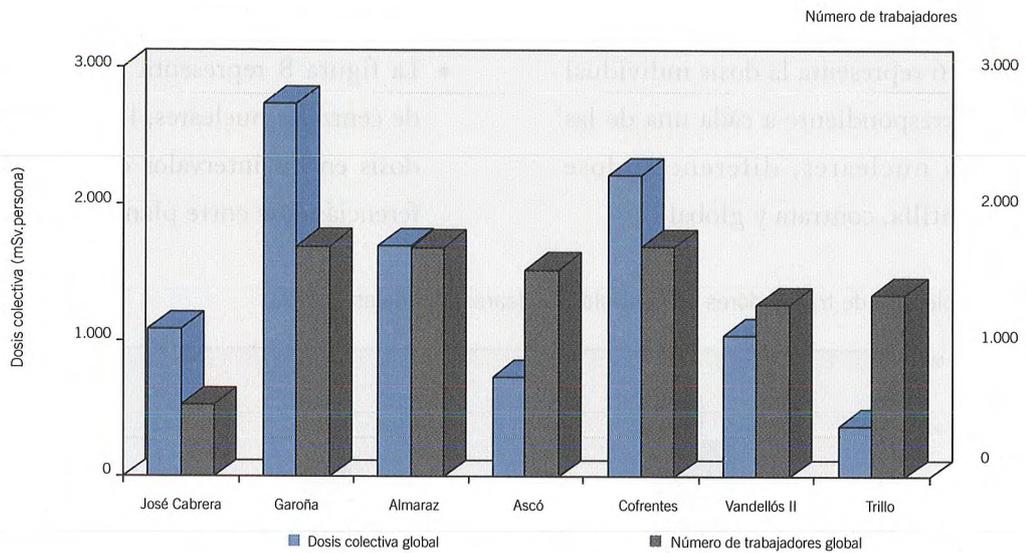
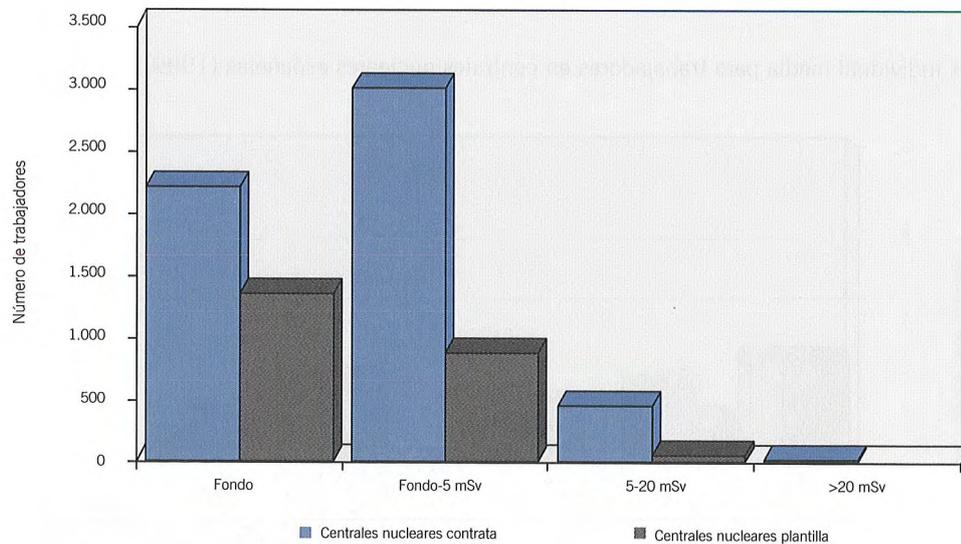


Figura 8. Número de trabajadores por intervalo de dosis en centrales nucleares españolas (1999)



### I.3. Resultados dosimétricos en el ciclo del combustible, residuos y centrales nucleares en desmantelamiento

Durante el año 1999 el número de trabajadores expuestos que desarrollaron su actividad en el campo de las instalaciones del ciclo de combustible, residuos y central nuclear Vandellós I (operaciones de clausura) y que fueron controlados dosimétricamente se cifra en 1.310 personas cuyas lecturas dosimétricas suponen una dosis colectiva de 74 mSv. persona.

En cuanto a la distribución estadística del número de usuarios a lo largo del año 1999 se deduce que:

- 1.143 trabajadores (87,25% del total) no han recibido dosis significativas.
- 167 trabajadores (12,75% del total) han recibido dosis inferiores a 5 mSv.
- Ningún trabajador ha recibido dosis superiores a 5 mSv.

Si se consideran únicamente los trabajadores con dosis significativas, la dosis individual media en este colectivo resulta ser de 0,44 mSv/año

#### I.3.1. Fabrica de Juzbado (Enusa)

El número total de trabajadores controlados en este año 1999 ha sido de 414 a los

que corresponde una dosis colectiva de 19 mSv. persona.

En cuanto a la distribución estadística del número de usuarios a lo largo del año 1999 se deduce que:

- 354 trabajadores (85,51% del total) no han recibido dosis significativas.
- 60 trabajadores (14,49% del total) han recibido dosis inferiores a 5 mSv.
- Ningún trabajador ha recibido dosis superiores a 5 mSv.

Cuando se consideran únicamente los trabajadores con dosis significativas, la dosis individual media resulta en un valor de 0,32 mSv/año.

En lo que se refiere a la *dosimetría interna*, se han realizado controles a:

- 100 personas mediante medida directa de la radiactividad corporal.
- 125 personas mediante análisis de excretas.

No se ha detectado en ningún caso contaminación interna superior al nivel de registro (1% del Límite de Incorporación Anual).

#### I.3.2. Concentrados: plantas Quercus y Lobo G (Enusa)

El número total de trabajadores controlados en este año 1999 ha sido de 251 a los

que corresponde una dosis colectiva de 2 mSv.persona.

En cuanto a la distribución estadística del número de usuarios a lo largo del año 1999 se deduce que:

- 247 trabajadores (98,41% del total) no han recibido dosis significativas.
- Cuatro trabajadores (1,59% del total) han recibido dosis inferiores a 5 mSv.
- Ningún trabajador ha recibido dosis superiores a 5 mSv.

Cuando se consideran únicamente los trabajadores con dosis significativas, la dosis individual media resulta en un valor de 0,46 mSv/año.

En lo que se refiere a la *dosimetría interna*, se han realizado controles a 84 personas mediante análisis de excretas, no habiéndose detectado en ningún caso contaminación interna superior al nivel de registro.

### 1.3.3. Empresa Nacional de Residuos Radiactivos (Enresa)

El número total de trabajadores controlados en este año 1999 ha sido de 242 a los que corresponde una dosis colectiva de 17 mSv.persona.

En cuanto a la distribución estadística del número de usuarios a lo largo del año 1999 se deduce que:

- 204 trabajadores (84,30% del total) no han recibido dosis significativas.
- 38 trabajadores (15,70 % del total) han recibido dosis inferiores a 5 mSv.
- Ningún trabajador ha recibido dosis superiores a 5 mSv.

Cuando se consideran únicamente los trabajadores con dosis significativas, la dosis individual media resulta en un valor de 0,44 mSv/año.

En lo que se refiere a la *dosimetría interna*, se han realizado controles a 125 personas mediante medida directa de la radiactividad corporal, no habiéndose detectado en ningún caso contaminación interna superior al nivel de registro.

### 1.3.4 Central nuclear Vandellós I (operaciones de desmantelamiento y clausura)

El número de personas controladas fue de 436 a las que corresponde una dosis colectiva de 36 mSv.persona.

A modo de resumen cabe señalar que:

- 371 trabajadores (85,09% del total) no han recibido dosis significativas.
- 65 trabajadores (14,91% del total) han recibido dosis inferiores a 5 mSv.

- No hay ningún trabajador con dosis superiores a 5 mSv.

Si se consideran únicamente los trabajadores con dosis significativas, la dosis individual media en este colectivo resulta ser de 0,56 mSv/año para la totalidad del personal.

En esta instalación no se hace una diferenciación entre personal de contrata y personal de plantilla puesto que la práctica totalidad de los trabajos de desmantelamiento los realizan empresas de contrata.

En lo que se refiere a la *dosimetría interna*, se han realizado los siguientes controles:

- Medida directa de la radiactividad corporal a un total de 411 personas, no habiéndose detectado en ningún caso contaminación interna superior al nivel de registro establecido (1% del LIA).
- Medida indirecta mediante análisis de excretas a 45 personas, habiéndose detectado en un caso contaminación interna por encima del nivel de registro establecido. La estimación de dosis, llevada a cabo por el servicio de dosimetría interna del Ciemat, es de 3 mSv<sup>(14)</sup>.

14. Este dato no fue reflejado en el *Informe del Consejo de Seguridad Nuclear al Congreso de los Diputados y al Senado. Año 1999*, al no haber concluido a la fecha de elaboración del mismo el proceso de valoración de los datos obtenidos en dichos análisis.

#### I.4. Resultados dosimétricos en otros tipos de instalaciones

Dentro de este apartado se ha considerado la siguiente clasificación:

- Centros de investigación y/o docencia: instalaciones de rayos X, instalaciones con fuentes encapsuladas, instalaciones con fuentes no encapsuladas, instalaciones con aceleradores de partículas, instalaciones mixtas y otras.
- Entidades de transporte: transporte de residuos y de material radiactivo.
- Consejo de Seguridad Nuclear.

De acuerdo con los datos disponibles se puede concluir que durante el año 1999 el número de personas controladas fue de 4.935, contabilizando una dosis colectiva de 1.867 mSv.persona.

En cuanto a la distribución estadística de las dosis acumuladas a lo largo del año 1999 en este colectivo de trabajadores cabe señalar que:

- 1.215 trabajadores (24,62% del total) no han recibido dosis significativas.
- 3.707 trabajadores (75,12% del total) han recibido dosis inferiores a 5 mSv.
- 12 trabajadores (0,24% del total) han recibido dosis comprendidas entre 5 y 20 mSv.

- Un trabajador (0,02% del total) ha recibido dosis comprendidas entre 20 y 50 mSv.
- Ningún trabajador ha recibido dosis superiores a 50 mSv.

Si se consideran únicamente los trabajadores con dosis significativas, la dosis individual media en este colectivo resulta ser de 0,50 mSv/año.

#### 1.4.1. Centros de investigación/docencia

El número de trabajadores controlados ha sido de 4.732 a los que corresponde una dosis colectiva de 1.646 mSv.persona.

A modo de resumen cabe señalar que:

- 1.065 trabajadores (22,51% del total) no han recibido dosis significativas.
- 3.665 trabajadores (77,45% del total) han recibido dosis inferiores a 5 mSv.
- Dos trabajadores (0,04% del total) han recibido dosis comprendidas entre 5 y 20 mSv.
- Ningún trabajador ha recibido dosis superiores a 20 mSv.

Si se consideran únicamente los trabajadores con dosis significativas, la dosis individual media en este colectivo resulta ser de 0,45 mSv/año.

#### 1.4.2. Entidades de transporte

El número de trabajadores controlados ha sido de 60 a los que corresponde una dosis colectiva de 219 mSv.persona.

A modo de resumen cabe señalar que:

- 16 trabajadores (26,67% del total) no han recibido dosis significativas.
- 33 trabajadores (55,00% del total) han recibido dosis inferiores a 5 mSv.
- 10 trabajadores (16,67 % del total) han recibido dosis comprendidas entre 5 y 20 mSv.
- Un trabajador (1,67% del total) ha recibido dosis comprendidas entre 20 y 50 mSv.
- Ningún trabajador a recibido dosis superiores a 50 mSv.

Si se consideran únicamente los trabajadores con dosis significativas, la dosis individual media en este colectivo resulta ser de 4,97 mSv/año.

#### 1.4.3. Consejo de Seguridad Nuclear

El número de trabajadores controlados ha sido de 143 a los que corresponde una dosis colectiva de 2 mSv.persona.

A modo de resumen cabe señalar que:

- 134 trabajadores (93,71% del total) no han recibido dosis significativas.
- Nueve trabajadores (6,29% del total) han recibido dosis inferiores a 5 mSv.
- Ningún trabajador ha recibido dosis superiores a 5 mSv.

Si se consideran únicamente los trabajadores con dosis significativas, la dosis individual media en este colectivo resulta ser de 0,26 mSv/año.

### 1.5. Resultados dosimétricos globales del país

A modo de resumen de los datos dosimétricos presentados en este informe, cabe señalar que para el conjunto del país (instalaciones radiactivas, centrales nucleares, ciclo del combustible y otras) y de acuerdo con los datos disponibles, excluyendo los casos de potencial sobreexposición:

- El número de personas profesionalmente expuestas a radiaciones ionizantes con-

troladas dosimétricamente asciende a 86.187, a los que corresponde una dosis colectiva de 43.909 mSv.persona<sup>(15)</sup>.

- 31.487 trabajadores (36,53% del total) no han recibido dosis significativas.
- 53.599 trabajadores (62,19% del total) han recibido dosis inferiores a 5 mSv.
- 1.039 trabajadores (1,21% del total) han recibido dosis comprendidas entre 5 y 20 mSv.
- 48 trabajadores (0,03% del total) han recibido dosis comprendidas entre 20 y 50 mSv.
- En cuanto a los 14 trabajadores restantes (0,04% del total) constituyen casos de potencial superación del límite anual de dosis.

Si se consideran únicamente los trabajadores con dosis significativas y se excluyen los casos de potencial sobredosis, la dosis individual media en este colectivo resulta ser de 0,80mSv/año.

15. En esta cifra no se incluyen las lecturas dosimétricas superiores al límite anual de dosis.



## II. Resumen y conclusiones



## II. Resumen y conclusiones

A lo largo de los apartados anteriores se han expuesto los resultados dosimétricos correspondientes a los trabajadores profesionalmente expuestos del país, desglosados dentro de los diferentes tipos de instalaciones o áreas de trabajo existentes en España: instalaciones radiactivas, médicas e industriales, centrales nucleares, instalaciones del ciclo del combustible, residuos y centrales nucleares en desmantelamiento, y otras instalaciones<sup>(16)</sup>.

Como hecho destacable cabe mencionar que, aunque el límite reglamentario de dosis para el personal profesionalmente expuesto es de 50 mSv/año, el 98,72% de los trabajadores ha recibido dosis inferiores a 5 mSv/año, el 99,93% ha recibido dosis inferiores a 20 mSv/año y el 99,96% dosis inferiores a 50 mSv/año. El 0,04% de los trabajadores restantes (14 trabajadores pertenecientes todos ellos a instalaciones radiactivas) constituyen casos de potencial superación del límite anual de dosis establecido en el reglamento. Así mismo, la dosis individual media por sectores no supera en ningún caso el valor de 5 mSv/año.

Se efectúa a continuación un estudio comparativo entre los diferentes sectores

establecidos considerando tres elementos básicos de análisis y evaluación:

1. Número de trabajadores expuestos.
2. Dosis colectiva y dosis individual media.
3. Número de trabajadores expuestos con dosis inferiores a 5 mSv/año y con dosis superiores a 20 mSv/año.

A la hora de valorar los resultados hay que tener en cuenta que en el año 1999 estaban en funcionamiento dos reactores nucleares de tipo BWR (Garoña y Cofrentes) y siete reactores nucleares de tipo PWR (José Cabrera, Almaraz I y II, Ascó I y II, Vandellós II y Trillo); además, la central nuclear Vandellós I se encontraba en proceso de desmantelamiento.

Así mismo, se realizaron operaciones de recarga en todas las centrales nucleares en operación: José Cabrera, Santa M<sup>a</sup> de Garoña, Almaraz (unidad I), Ascó (unidad II), Cofrentes, Vandellós II y Trillo.

En lo que se refiere a las instalaciones del ciclo del combustible, en 1999 estaban en operación la fábrica de combustible de Juzbado, la planta Quercus de producción de concentrados y la instalación de almacenamiento de residuos de Sierra Albarrana; además, la planta Lobo-G se encontraba en fase de desmantelamiento.

16. Los datos presentados a lo largo de este informe se han recogido de forma global en las figuras 9,10 y 11.

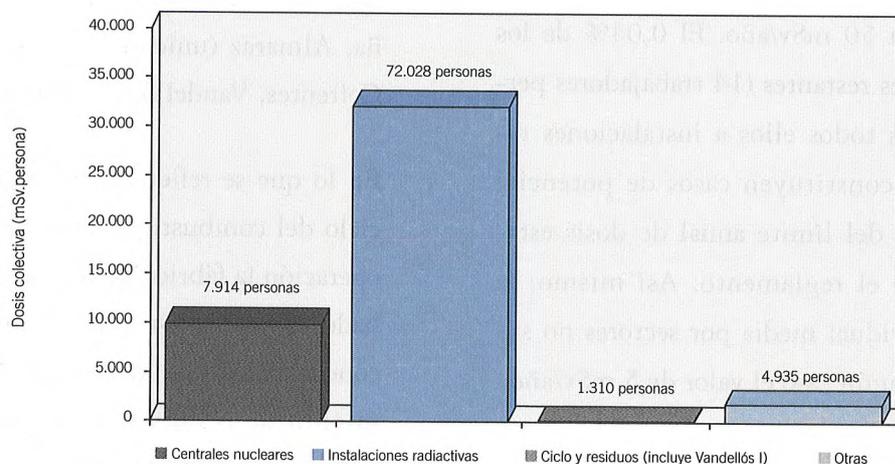
## II.1. En lo que se refiere a la dosis colectiva

1.1. El número de personas profesionalmente expuestas a radiaciones ionizantes controladas dosimétricamente durante el año 1999 asciende a 86.187 a las que corresponde una dosis colectiva de 43.909 mSv.persona<sup>(17)</sup>, que se distribuyen sectorialmente según:

1.2. La mayor contribución a la dosis colectiva de los trabajadores profesionalmente expuestos (TPE) corresponde a las instalaciones radiactivas médicas<sup>(18)</sup> y dentro de éstas a las instalaciones médicas de radiodiagnóstico (16.005 mSv.persona), siendo estas últimas, asimismo, las más representativas en cuanto al número de trabajadores (40.611 personas, un 47%

	Nº trabajadores	Dosis colectiva (mSv.persona)
Instalaciones radiactivas médicas	66.380	27.550
Instalaciones radiactivas industriales	5.648	4.548
Centrales nucleares	7.914	9.870
Ciclo del combustible y residuos	1.310	74
Otras instalaciones	4.935	1.867
Total	86.187	43.909

Figura 9. Dosis colectiva y número de trabajadores por sectores (1999)



17. En esta cifra no se incluyen las lecturas dosimétricas superiores al límite anual de dosis.

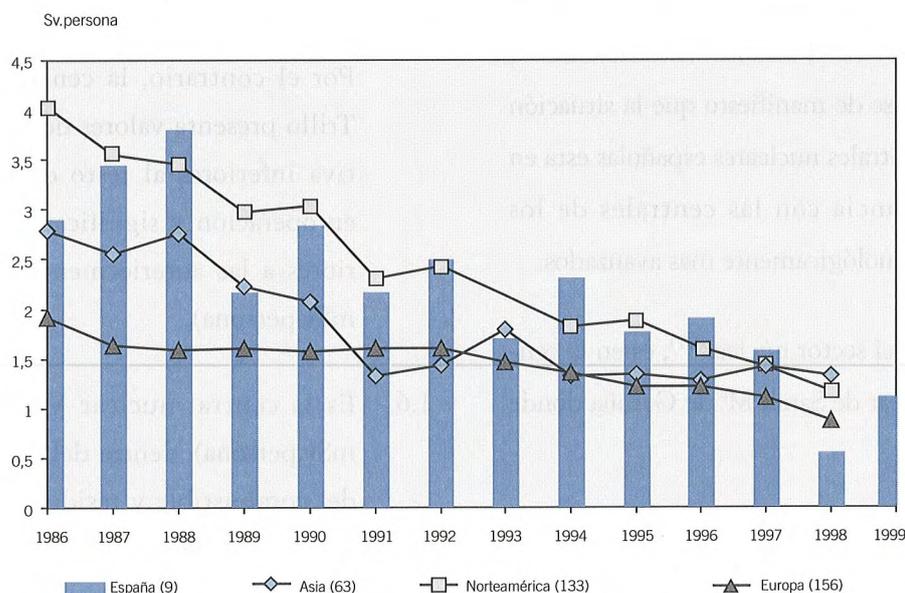
18. En las figuras 1 a 4 se presentan de forma resumida los resultados dosimétricos correspondientes a instalaciones radiactivas, médicas e industriales.

del total de trabajadores expuestos controlados dosimétricamente durante el año 1999).

1.3. En el ámbito de las instalaciones radiactivas industriales la mayor contribución a la dosis colectiva corresponde a las instalaciones de gammagrafía (1.447 mSv.persona), sector que, por el contrario, es el menos representativo en cuanto al número de trabajadores. Este hecho se traduce, como se verá en el siguiente apartado, en unas dosis individuales medias por encima de las registradas en el resto de los grupos considerados.

1.4. En el sector nuclear la dosis colectiva media por reactor a lo largo del año 1999 ha sido de 1.097 mSv.persona valor superior al correspondiente al año 1998 (546 mSv.persona), pero inferior a los registrados años anteriores, lo que representa una tendencia global decreciente en los últimos diez años. Cabe destacar que, así como en el año 1998 se efectuaron operaciones de recarga en cinco de los nueve reactores en funcionamiento, en el año 1999 dichas operaciones han tenido lugar en siete de ellos<sup>(19)</sup>.

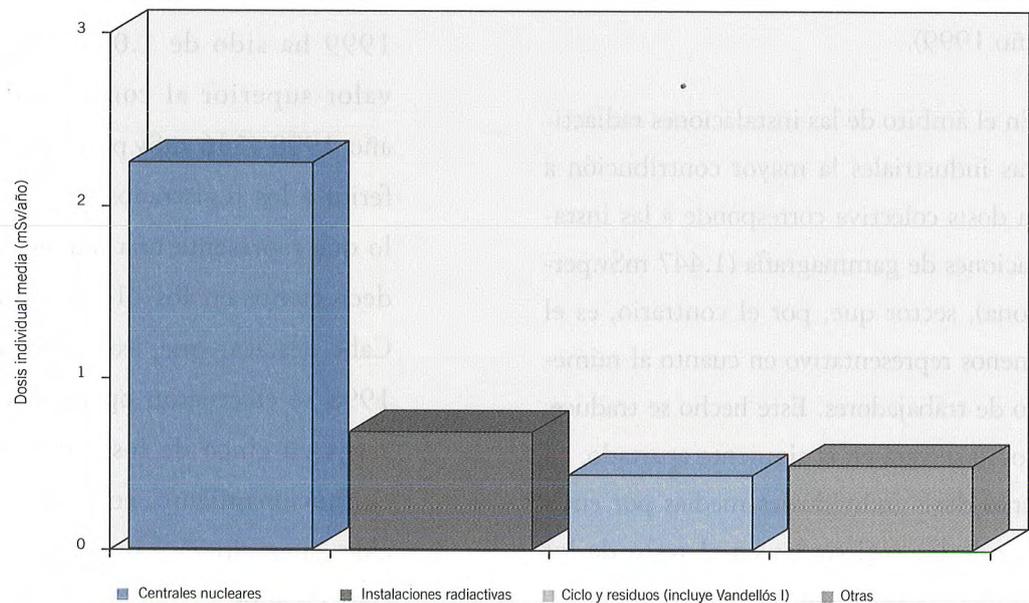
Figura 10. Dosis colectiva anual media por reactor en España y por regiones incluidas en ISOE



19. Ejemplo: Vandellós II registró en el año 1998 (operación normal) una dosis colectiva de 24 mSv.persona, frente a

1.268 mSv.persona registrados en 1999, año durante el cual se han efectuado operaciones de recarga.

Figura 11. Dosis individual media por sectores (1999)



En la figura 10 se muestra la evolución temporal de las dosis colectivas por reactor a lo largo del año correspondientes a España y se comparan con los valores registrados en el ámbito internacional<sup>(20)</sup>, poniéndose de manifiesto que la situación de las centrales nucleares españolas esta en concordancia con las centrales de los países tecnológicamente mas avanzados.

- 1.5. Dentro del sector nuclear<sup>(21)</sup>, es en la central nuclear de Santa M<sup>a</sup> de Garoña donde

20. Los datos para la elaboración de esta figura se han obtenido del octavo informe anual sobre *Occupational Exposures at Nuclear Power Plants. 1986-1998*, publicado por la Agencia de Energía Nuclear (NEA- Nuclear Energy Agency). No se dispone de los datos correspondientes al año 1999.

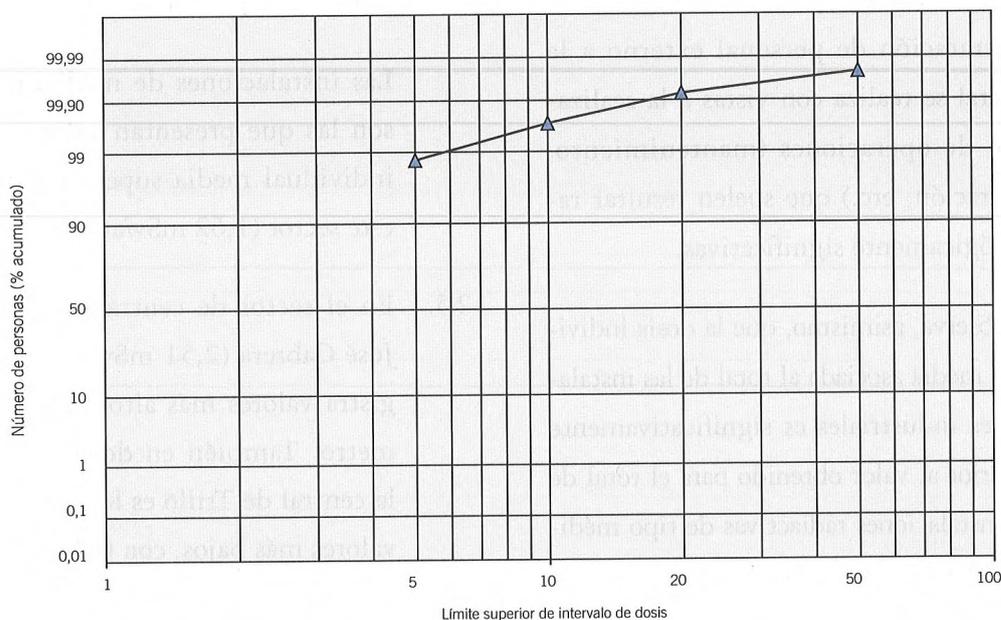
21. En las figuras 5 a 8 se presentan los resultados dosimétricos correspondientes a centrales nucleares.

se registra la dosis colectiva más elevada (2.736 mSv.persona), presentando valores del mismo orden la central nuclear de Cofrentes (2.212 mSv.persona).

Por el contrario, la central nuclear de Trillo presenta valores de la dosis colectiva inferiores al resto de las centrales en operación y significativamente inferiores a las anteriormente citadas (373 mSv.persona).

- 1.6. Es la central nuclear Vandellós I (36 mSv.persona), dentro del sector del ciclo del combustible y residuos, la que contribuye en mayor medida a los valores de dosis colectiva registrados, siendo también la más representativa en cuanto al número de trabajadores expuestos (436 personas).

Figura 12. Distribución de las dosis de las personas expuestas en España durante el año 1999



1.7. Dentro del grupo “otras instalaciones” son los centros de investigación/docencia los que más contribuyen a la dosis colectiva (1.646 mSv.persona) siendo también los más representativos en cuanto al número de trabajadores expuestos (4.732 personas).

	Dosis individual media (mSv/año)
Instalaciones radiactivas médicas	0,65
Instalaciones radiactivas industriales	1,16
Centrales nucleares	2,25
Ciclo del combustible y residuos	0,44
Otras instalaciones	0,50

## II.2. En lo que se refiere a la dosis individual media

2.1. Si se consideran únicamente los trabajadores con dosis significativas y se excluyen los casos de potencial sobreexposición, la dosis individual media correspondiente al año 1999, para el global de los TPE del país, resulta ser de 0,80 mSv/año. Los valores de este parámetro en cada uno de los sectores considerados son los que siguen:

2.2. La dosis individual media correspondiente a centrales nucleares es superior a la del resto de los sectores considerados, siendo de destacar que es el personal de contrata el que presenta valores de dosis individual media superiores (2,46 mSv/año frente a 1,43 mSv/año para el personal de plantilla).

Esta tendencia, dosis correspondientes a personal de contrata superiores a las del personal de plantilla, es general en

todos los países y resulta lógica si se tiene en cuenta que, habitualmente, la contratación de personal externo a la central se realiza con vistas a la realización de operaciones (mantenimiento, reparación, etc.) que suelen resultar radiológicamente significativas.

- 2.3. Se observa, asimismo, que la dosis individual media asociada al total de las instalaciones industriales es significativamente superior al valor obtenido para el total de las instalaciones radiactivas de tipo médico. En las primeras desarrollan su actividad laboral un menor número de personas que, sin embargo, reciben dosis más altas.

Es de destacar que los valores de dosis individual media asociados a las instalaciones de gammagrafía (3,65 mSv/año) son superiores al del resto de las actividades consideradas. Presentan así mismo valores relevantes las instalaciones de radiología industrial (2,29 mSv/año).

Teniendo en cuenta lo indicado con anterioridad, se considera que en este sector se deberán extremar las medidas encaminadas a la aplicación práctica del principio ALARA.

- 2.4. Dentro de las instalaciones radiactivas médicas, las instalaciones de radiodiagnóstico, en las que realizan su trabajo un porcentaje significativo de trabajadores (un 47% del total del país), pre-

sentan valores de dosis individual media de 0,63 mSv/año.

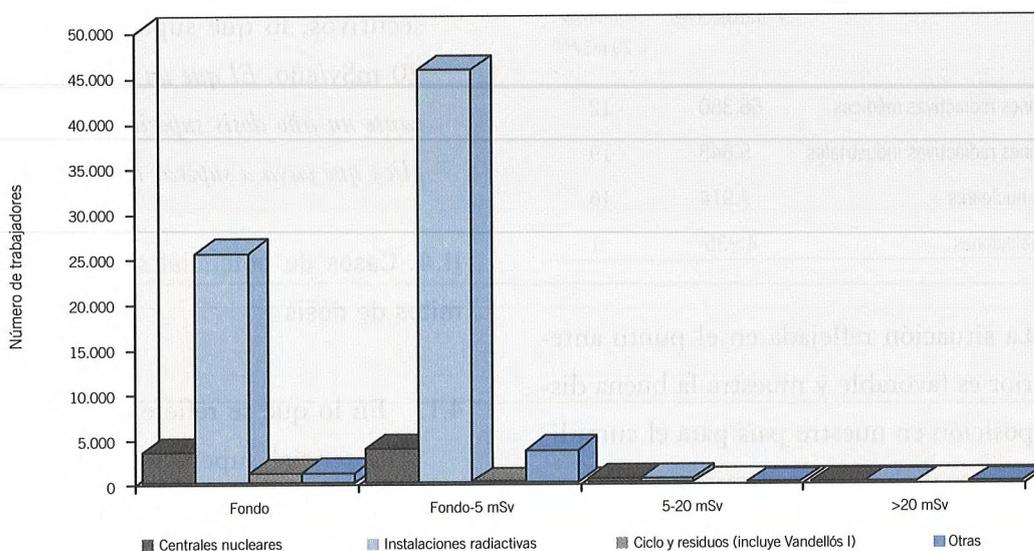
Las instalaciones de medicina nuclear son las que presentan valores de dosis individual media superiores dentro de este sector (1,62 mSv/año).

- 2.5. En el sector de centrales nucleares, es José Cabrera (2,51 mSv/año), la que registra valores más altos para este parámetro. También en dosis individuales la central de Trillo es la que registra los valores más bajos, con 0,71 mSv/año.
- 2.6. La dosis individual media correspondiente a los trabajadores profesionalmente expuestos implicados en actividades de transporte (4,97 mSv/año) es significativamente superior a la del resto de los sectores laborales considerados, aunque hay que señalar que este colectivo, en cuanto al número de trabajadores (60 personas) no es muy significativo.

Teniendo en cuenta lo indicado con anterioridad, se considera que en este sector se deberán extremar las medidas encaminadas a la aplicación práctica del principio ALARA.

- 2.7. Los valores inferiores de este parámetro se registran en el ciclo del combustible y residuos (0,44 mSv/año). Dentro de este sector es Vandellós I la que presenta valores de dosis individual media más representativos (0,56 mSv/año).

Figura 13. Número de trabajadores por intervalo de dosis en cada sector (1999)



2.8. En la figura 12 se muestra en escala de tipo probabilístico la distribución de las dosis de las personas expuestas en España a lo largo de este año 1999. El buen ajuste de dichos datos a una recta demuestra que la distribución de dosis se ajusta a una función del tipo logarítmico-normal. Esta situación es coherente con la experiencia internacional que existe al respecto, de hecho la Comisión Internacional de Protección Radiológica (ICRP) cuando propuso los actuales límites de dosis, tuvo en cuenta la realidad práctica de que las dosis en grandes grupos de trabajadores se distribuyen con arreglo a una función de estas características.

Con esta distribución se confirma que, aunque el límite reglamentario de dosis para personal profesionalmente expuesto es de 50 mSv/año, el 98,72% de los trabajadores ha recibido dosis inferiores

a 5 mSv/año, límite establecido para miembros del público.

### II.3. En lo que se refiere a las implicaciones para nuestro país de los nuevos límites de dosis reflejados en la Directiva 96/29/Euratom

3.1. De un total de 86.187 trabajadores sólo 48 (0,03% del total) presentan dosis superiores a 20 mSv/año<sup>(22)</sup>, todos pertenecientes a instalaciones radiactivas, con excepción de uno de ellos perteneciente a los centros de investigación/docencia, englobados en del sector de "otras instalaciones". Dentro del sector de instalaciones radiactivas los trabajadores con dosis superiores a 20 mSv/año se distribuyen según se indica a continuación:

22. No se incluyen los 14 casos de potencial superación de los límites de dosis.

	Nº trabajadores	Nº trabajadores con dosis > 20 mSv <sup>(23)</sup>
Instalaciones radiactivas médicas	66.380	12
Instalaciones radiactivas industriales	5.648	19
Centrales nucleares	7.914	16
Otras instalaciones	4.935	1

3.2. La situación reflejada en el punto anterior es favorable y muestra la buena disposición en nuestro país para el cumplimiento de los nuevos límites.

Es necesario aclarar que la Directiva 96/29/Euratom establece que los trabajadores expuestos no deberán recibir dosis

superiores a 100 mSv en cinco años consecutivos, lo que supone un promedio de 20 mSv/año. *El que un trabajador reciba durante un año dosis superiores a 20 mSv no implica que vaya a superar los nuevos límites.*

#### II.4. Casos de potencial superación de los límites de dosis

4.1. En lo que se refiere a las situaciones de potencial superación de los límites de dosis (50 mSv/año), se han registrado 14 casos (un 0,04% del total), todos ellos pertenecientes al sector de instalaciones radiactivas.

23. No se incluyen los 14 casos de potencial superación de los límites de dosis.

### **III. Tendencias en la exposición a radiaciones**



### III. Tendencias en la exposición a radiaciones

1. En el anexo I se presenta un análisis comparativo de los resultados obtenidos en este informe frente a los obtenidos en los realizados con este mismo enfoque en los años 1995, 1996, 1997, 1998 y 1999.
2. Hay que valorar positivamente que, a pesar de que en el período 1995-1999 el número de TPE controlados dosimétricamente se incrementa en un 14% (86.187 frente 75.990 a trabajadores) la dosis colectiva disminuye en un 15% (43.909 frente a 51.772 mSv.persona).

Análoga valoración positiva merece la evolución en el período 1995-1999 del número de trabajadores con dosis comprendidas entre 20 mSv y 50 mSv por año, donde se observa una disminución del 67% (48 frente a 145).

En lo que se refiere a la dosis individual media, los valores no sufren una variación significativa (0,80 mSv/año en 1999 frente a 0,82 mSv/año en 1995).

3. Cuando se analiza la evolución de la dosis colectiva en el período 1995-1999 en las instalaciones radiactivas médicas se puede observar que, a pesar de que el número de trabajadores expuestos controlados dosimétricamente se incrementa en un 17% (66.380

frente a 56.570 trabajadores), la dosis colectiva no sufre variaciones significativas (27.550 mSv.persona en 1999 frente a 27.394 mSv. persona en 1995).

En lo que se refiere a la dosis individual media, se observa un aumento de un 18% (0,65 frente a 0,55 mSv/año).

Respecto al número de trabajadores con dosis comprendidas entre 20 y 50 mSv se observa una disminución del 45% (12 frente a 22 trabajadores).

4. En lo que se refiere a las instalaciones radiactivas industriales, cabe destacar la evolución de la dosis colectiva en el período 1995-1999 en este sector, muestran una disminución del 18% (4.548 frente a 5.545 mSv.persona), mientras que el número de trabajadores expuestos se incrementó en un 11% (5.648 frente a 5.070 trabajadores).

En cuanto a la dosis individual media disminuye un 11%, en el período objeto de estudio (1,16 frente a 1,30 mSv/año). Sin embargo, el número de trabajadores con dosis comprendidas entre 20 y 50 mSv por año, sufre un incremento de un 46% (19 frente a 13 trabajadores).

En los resultados obtenidos en este tipo de instalaciones resultan determinantes las dosis registradas en el sector de gammagrafía industrial (dosis individual

media de 3,65 mSv/año y 12 trabajadores con dosis entre 20 y 50 mSv). Cabe destacar que dentro de este tipo de instalaciones se observa un aumento progresivo de las dosis individuales medias desde el año 1995 al año 1999.

5. Cuando se analiza la evolución de la dosis colectiva en las centrales nucleares se puede observar que el número de trabajadores expuestos controlados dosimétricamente ha disminuido un 10% en el período 1995-1999 (7.914 frente a 8.765 trabajadores) y que la dosis colectiva presenta una tendencia favorable, con una disminución de un 38% (9.870 frente a 16.024 mSv.persona).

La evolución se mantiene favorable en lo que se refiere a la dosis individual media, donde se produce un descenso del 28% (2,25 frente a 3,13 mSv/año).

En lo que se refiere al número de trabajadores con dosis comprendidas entre 20 y 50 mSv por año, los resultados son muy positivos si se tiene en cuenta que en el año 1999 hay 16 trabajadores frente a los 93 registrados en 1995 (disminuye un 83%).

Cabe destacar que la disminución en los valores de dosis registrados es debida, fundamentalmente, a la reducción de las dosis asociadas al personal de contrata.

En la figura 10, donde se muestra la evolución de la dosis colectiva en las centrales nucleares españolas encuadrada en un contexto internacional se observa una tendencia global decreciente, que pone de manifiesto el importante esfuerzo desarrollado en este sector en la puesta en práctica del principio de optimización de la protección radiológica.

6. Si se analizan los valores de la dosis individual media en los diferentes sectores se observa que los que presentan valores más elevados son radiología industrial (2,29 mSv/año), gammagrafía industrial (3,65 mSv/año) y transporte (4,97 mSv/año).

Teniendo en cuenta lo indicado con anterioridad, parece evidente que en estos sectores es donde se deberán realizar mayores esfuerzos con vistas a la aplicación en la práctica del criterio ALARA.

Adicionalmente, en lo que se refiere a las instalaciones de gammagrafía industrial (12 trabajadores con dosis entre 20 y 50 mSv en el año 1999), habrá que prestar especial atención al cumplimiento de los nuevos límites de dosis de la Directiva 96/29 de Euratom, una vez que se transpongan a la legislación española.

7. Los resultados indicados en puntos anteriores se muestran de manera gráfica en las figuras comprendidas desde la número 14 a la 17).

Figura 14. Distribución comparativa de dosis colectiva e individual media en instalaciones radiactivas médicas e industriales. Años 1995, 1996, 1997, 1998 y 1999

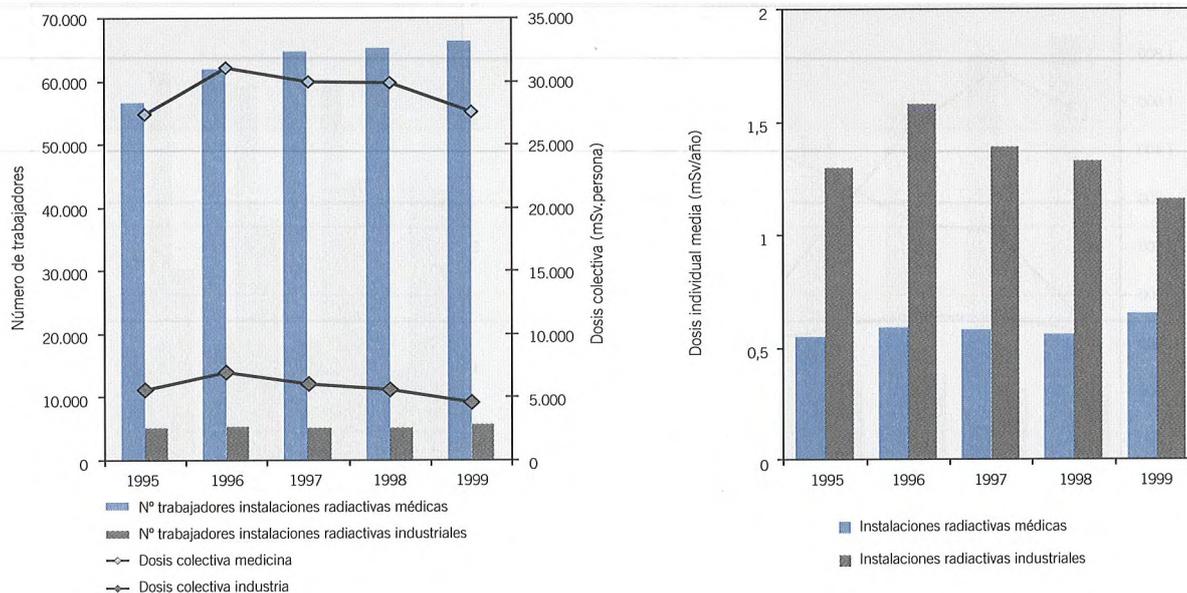


Figura 15. Distribución comparativa de dosis colectiva e individual en instalaciones radiactivas médicas. Años 1995, 1996, 1997, 1998 y 1999

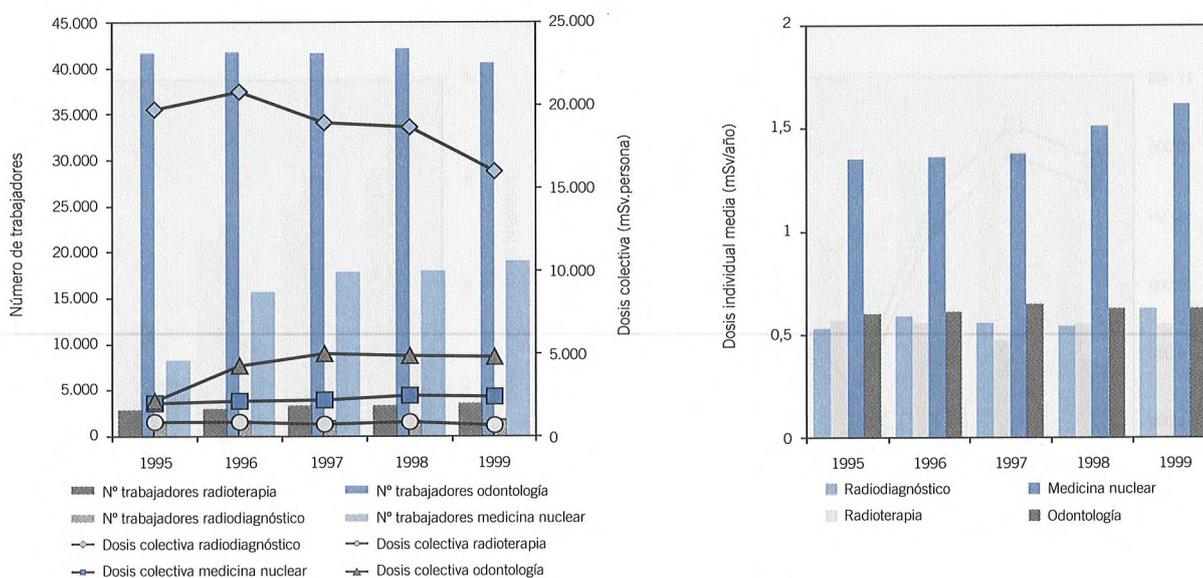


Figura 16. Distribución comparativa de dosis colectiva e individual en instalaciones radiactivas industriales. Años 1995, 1996, 1997, 1998 y 1999

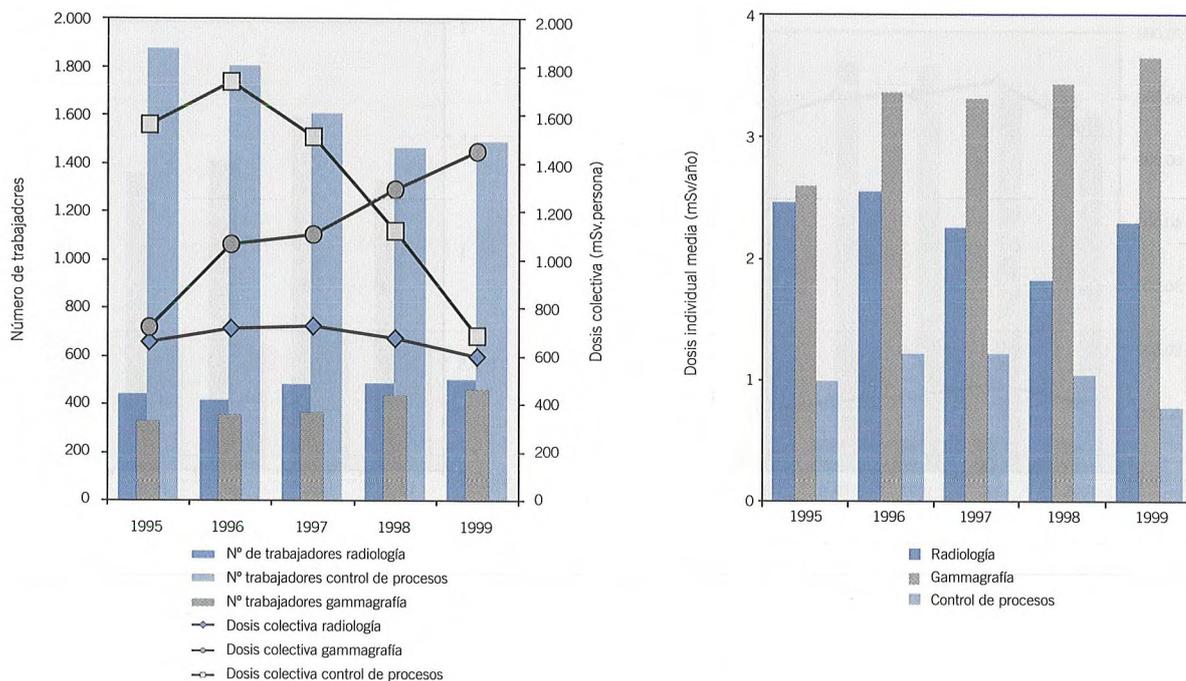
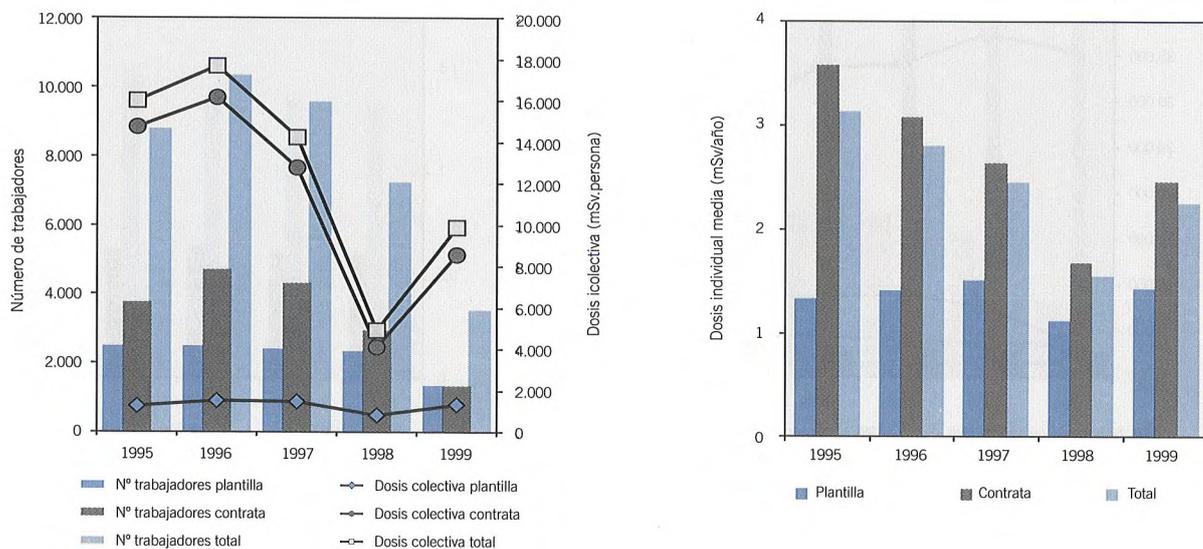


Figura 17. Distribución comparativa de dosis colectiva e individual media en centrales nucleares españolas. Años 1995, 1996, 1997, 1998 y 1999



**IV. Anexo I. Estudio  
dosimétrico sectorial.  
Evolución temporal  
(1995-1999)**



**Tabla 1. Comparación de resultados en instalaciones radiactivas. Años 1995, 1996, 1997, 1998 y 1999**

Tipo de Instalación	Médicas					Industriales				
	1995	1996	1997	1998	1999	1995	1996	1997	1998	1999
Nº de personas	56.570	62.026	64.599	65.246	66.380	5.070	5.231	5.166	5.213	5.648
Dosis colectiva (mSv.persona)	27.394	31.062	29.985	29.857	27.550	5.545	6.930	6.013	5.576	4.548
Dosis individual media (mSv/año)	0,55	0,59	0,58	0,56	0,65	1,30	1,58	1,39	1,33	1,16
Nº de personas dosis entre 20-50 mSv/año	22	55	27	16	12	13	31	19	19	19

**Tabla 2. Comparación de resultados en instalaciones radiactivas médicas. Años 1995, 1996, 1997, 1998 y 1999**

Tipo de Instalación	Radiodiagnóstico					Radioterapia				
	1995	1996	1997	1998	1999	1995	1996	1997	1998	1999
Nº de personas	41.583	41.770	41.683	42.082	40.611	1.614	1.661	1.838	1.852	1.983
Dosis colectiva (mSv.persona)	19.713	20.768	18.945	18.671	16.005	878	846	708	869	684
Dosis individual media (mSv/año)	0,53	0,59	0,56	0,54	0,63	0,57	0,56	0,47	0,55	0,55
Nº de personas dosis entre 20-50 mSv/año	15	46	17	14	4	1	1	0	1	0

Tipo de Instalación	Medicina nuclear					Odontología				
	1995	1996	1997	1998	1999	1995	1996	1997	1998	1999
Nº de personas	1.546	1.679	1.714	1.734	1.747	4.631	8.711	9.917	10.026	10.602
Dosis colectiva (mSv.persona)	1.977	2.141	2.222	2.443	2.433	2.139	4.248	4.974	4.837	4.812
Dosis individual media (mSv/año)	1,35	1,36	1,38	1,51	1,62	0,60	0,61	0,65	0,63	0,63
Nº de personas dosis entre 20-50 mSv/año	1	3	1	0	1	2	4	6	1	5

**Tabla 3. Comparación de resultados en instalaciones radiactivas industriales. Años 1995, 1996, 1997, 1998 y 1999**

Tipo de Instalación	Radiología					Gammagrafia					Control de procesos				
	Año	1995	1996	1997	1998	1999	1995	1996	1997	1998	1999	1995	1996	1997	1998
Nº de personas	440	417	479	486	499	327	353	366	436	463	1.871	1.803	1.604	1.461	1.488
Dosis colectiva (mSv.persona)	658	714	726	675	599	720	1.063	1.104	1.292	1447	1.561	1.737	1.508	1.120	684
Dosis individual media (mSv/año)	2,46	2,55	2,25	1,82	2,29	2,59	3,36	3,31	3,43	3,65	0,99	1,22	1,22	1,04	0,78
Nº de personas dosis entre 20-50 mSv/año	0	0	3	1	3	4	7	8	9	12	2	8	6	2	2

**Tabla 4. Comparación de resultados en centrales nucleares. Años 1995, 1996, 1997, 1998 y 1999**

Tipo de trabajo	Plantilla					Contrata					Total				
	Año	1995	1996	1997	1998	1999	1995	1996	1997	1998	1999	1995	1996	1997	1998
Nº de personas	2.504	2.490	2.402	2.327*	2.274	6.280	7.868	7.166	4.316*	5.677	8.765	10.342	9.560	6.643*	7.914
Dosis colectiva (mSv.persona)	1.348*	1.505	1.487	813	1.321	14.676*	16.150	12.756	4.100	8.549	16.024	17.656	14.243	4.913	9.870
Dosis individual media (mSv/año)	1,33	1,41	1,51	1,12	1,43	3,58	3,08	2,64	1,91*	2,46	3,13	2,8	2,45	1,71*	2,25
Nº de personas dosis entre 20-50 mSv/año	0	0	0	0	0	93	36	27	6*	16	93	36	27	6*	16

\* Corrección de erratas respecto a informes sectoriales anteriores.

La dosimetría de los  
trabajadores profesionalmente  
expuestos en España durante  
el año 1999

Estudio sectorial

Colección Documentos  
Nº 8.2001

