

PROTECCION RADIOLOGICA

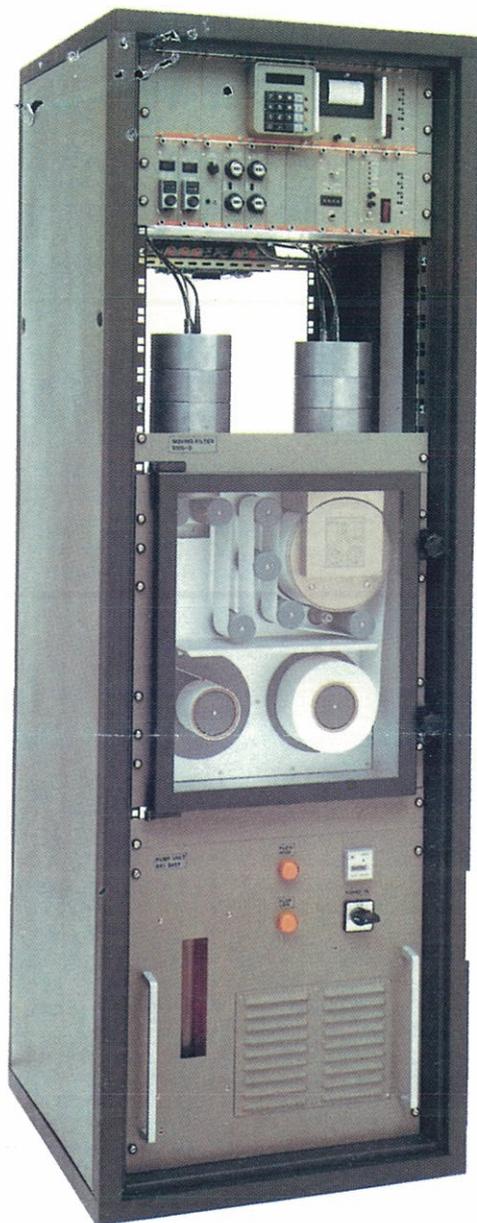
NUM. 1 — NOVIEMBRE 1991

REVISTA DE LA SOCIEDAD ESPAÑOLA



MONITORES DE RADIATIVIDAD

berthold



Monitor en continuo de yodo y partículas



Monitor en continuo de radiación ambiental

MONITORES PORTATILES

- LB 1210 B Monitor analógico de contaminación beta-gamma
Medición en cuentas por segundo
- LB 1210 C Monitor analógico de contaminación alfa-beta
Medición en cuentas por segundo
- LB 1210 D Monitor digital de contaminación beta-gamma
Medición en becquerelios/cm²
- LB 1210 E Monitor digital de contaminación alfa-beta
Medición en becquerelios/cm²
- LB 133 Monitor de irradiación gamma
Medición en microsievert/hora
- LB 122 Monitor de contaminación alfa-beta y beta-gamma.

Estos monitores se utilizan en la mayor parte de las centrales nucleares españolas, en muchos laboratorios de RIA y en laboratorios de investigación



Monitor en continuo de yodo, partículas y gases nobles

¡ Una Realidad !

En la presentación del número cero de nuestra revista decíamos que desde hace unos cuantos años era una idea de las sucesivas Juntas Directivas de nuestra Sociedad, el poder editar una publicación periódica.

Por ello no podemos dejar de sentirnos orgullosos ante el hecho de que este número 1 esté en este momento en poder de nuestros socios.

Hemos incluido aquí algunas ponencias presentadas en Mesas Redondas organizadas por la Sociedad y la Ficha Médico-laboral elaborada por el Grupo del Servicio Médico también en nuestra Sociedad. Los temas que se incluyen entendemos son de absoluta actividad e intentamos que el material incluya aspectos de interés tanto para los socios que desempeñan aplicaciones médicas como las dedicadas a instalaciones nucleares.

Somos conscientes de que aún estamos muy lejos del nivel de revista al que todos aspiramos. Pensamos ir a mejor y hemos sacrificado tal vez la perfección en aras de lograr la ansiada comunicación con nuestros socios, y en suma que por fin nuestra revista sea una realidad concreta.

Se ha logrado reunir un Comité de Redacción que ha comenzado su trabajo evidenciado en esta edición.

Por último recordar que el éxito de nuestra revista dependerá de la colaboración de los socios. Esperamos se convierta en un foro de comunicación, de opinión y de difusión de trabajos científicos.

De momento pretendemos una publicación semestral y tenemos por delante el desafío de ver el próximo número en el mes de abril. Os invitamos a enviar sugerencias y colaboraciones a la Sede de la Sociedad o personalmente a los miembros de la Junta Directiva o al Comité de Redacción.

El próximo e importante Congreso de la Sociedad, en Salamanca, nos permitirá intercambiar otras ideas.

EL COMITE DE REDACCION

COMITE DE REDACCION

DIRECTOR:

José Vidal Arnau

REDACTOR JEFE:

José Sanjuan Fernández

VOCALES:

David Cancio Pérez

Luis Miguel Tobajas Asensio

Manuel J. Tormo Ferrero

Luis Miguel Martín Curto

Juan M. Cañizares Martínez

Adriano Gonzalvo Lorente

Antonio Baeza Esparza

LA REVISTA DE LA SOCIEDAD ESPAÑOLA DE PROTECCION RADIOLOGICA es una publicación técnica y plural que puede coincidir con las opiniones de los que en ella colaboran, aunque no las comparte necesariamente.

EDITA:

SOCIEDAD ESPAÑOLA DE PROTECCION
RADIOLOGICA
Plaza de Chamberí, 10 - 4º izqda.
28010 MADRID

REALIZACION:

PUBLICOM - J.L., S.A.
C/. General Yagüe, 10 - 7º I
28020 MADRID

SUMARIO

	Pág.
EDITORIAL	
1 "Modificaciones más importantes en las nuevas recomendaciones de la Comisión Internacional de Protección Radiológica", por <i>I. Amor Calvo</i>	4
2 "Influencia de las nuevas recomendaciones del ICRP en Diseños Operativos. Aplicación práctica a la Protección Radiológica en Instalaciones Nucleares", por <i>E. Sollet</i> .	16
3 "Ficha Médico-Laboral", por <i>F.J. Alcázar, A. Duran, J.Mª Escudero, E. Hernández, R. Herranz, L.M. Martín-Curto, R. Mengibar, A. Merino, F. Noriega, J. Pérez-Vázquez, R. Ramos, A. Rebollar, y L.M. Tobajas</i>	25
4 "Protección del paciente en Medicina Nuclear", por <i>V. González Vila</i>	32
INFORMACION	
Cursos Abiertos en el área de Protección Radiológica	41
Reuniones Científicas	43
Demandas	48



I CONFERENCIA INTERNACIONAL
IV CONGRESO NACIONAL
SOCIEDAD ESPAÑOLA DE PROTECCION RADIOLOGICA
Nov. 26-29, 1991. Salamanca - Spain

**La Sociedad Española de Protección Radiológica en su
IV Congreso Nacional organiza, con el patrocinio de la
Comisión de las Comunidades Europeas (C. C. E.)
Agencia de Energía Nuclear (AEN-OCDE), y
Asociación Internacional de Protección Radiológica (IRPA)**
la

**CONFERENCIA INTERNACIONAL SOBRE
IMPLICACIONES DE LAS NUEVAS
RECOMENDACIONES DE LA CIPR EN LA
PRACTICA DE LA PROTECCION
RADIOLOGICA**

Con la colaboración de:
Ministerio de Sanidad y Consumo;
Consejo de Seguridad Nuclear (CSN);
Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales
y Tecnológicas (CIEMAT);
Protección Civil;
Asociación Italiana de Protección contra
las Radiaciones (AIRP);
Sociedad Francesa de Radioprotección (SFRP);
Asociación Italiana de Radioprotección Médica (AIRM);
Empresa Nacional de Residuos Radiactivos (ENRESA);
Empresa Nacional del Uranio (ENUSA);
Asociación de Medicina y Seguridad en el Trabajo para la
Empresa Eléctrica (AMYS-UNESA)

**La Conferencia Internacional se celebrará en
Salamanca, España, del 26 al 29 de noviembre de
1991**

**Mesa Redonda sobre Nuevas Recomendaciones de I.C.R.P.
organizada por la SEPR. Hospital de la Princesa, 11 diciembre 1990***

“Modificaciones más importantes en las nuevas recomendaciones de la Comisión Internacional de Protección Radiológica”

**Por IGNACIO AMOR CALVO
Consejo de Seguridad Nuclear**

1. INTRODUCCION

Desde que en el año 1977 se publicaron las anteriores recomendaciones básicas de la Comisión Internacional de Protección Radiológica (ICRP. Publicación 26), ha pasado tiempo más que suficiente para poder valorar la experiencia obtenida en la aplicación práctica de los principios que en dichas recomendaciones se recogían: tal valoración ha puesto de manifiesto la existencia de importantes errores en la interpretación de esos principios.

Por otra parte, en este dilatado periodo de tiempo, han surgido nuevas evidencias científicas en la diversa temática que sirve de soporte a la ICRP para el establecimiento de los principios básicos de protección radiológica, cabe destacar entre estas las nuevas estimaciones de los riesgos de exposición a radiaciones ionizantes que se derivan de la reevaluación de los datos dosimétricos de Hiroshima y Nagasaki^a.

Estas circunstancias aconsejan a la ICRP emprender una profunda revisión de sus recomendaciones básicas, que se concretó con la publicación en febrero de 1990 de un borrador cuyo contenido ha sido divulgado ante la comunidad internacional en diversos seminarios (OIEA, OCDE, CEE). Tras el estudio por parte de la Comisión Principal de ICRP de los comentarios recibidos al respecto y la correspondiente revisión de la redacción inicial, el documento ha sido finalmente aprobado por ICRP el pasado 9 de noviembre, estando prevista su publicación para los primeros meses de 1991.

En esta ponencia se exponen lo que, en opinión de su autor, constituyen las principales novedades que, con

respecto a la publicación 26, se presentan en las nuevas recomendaciones básicas de la ICRP. El estudio se centrará básicamente en el contenido del documento preliminar publicado por ICRP en febrero de 1990, no obstante se hará asimismo referencia a algunas de las modificaciones que, respecto a dicho documento, aparecerán en el texto definitivo.

2. MAGNITUDES FISICAS DE USO EN PROTECCION RADIOLOGICA

2.1. Concepto de dosis equivalente

En las anteriores recomendaciones básicas de ICRP se definía esta magnitud como el producto de la dosis absorbida **D** por un factor de calidad **Q** que era función del tipo de radiación (y que tenía en cuenta la diferente susceptibilidad que presentan los diferentes tipos de radiación en provocar determinado efecto biológico) y por un factor **N** que recogía un conjunto de parámetros modificantes que tenían en cuenta aspectos como la tasa de dosis o el fraccionamiento de la dosis (y al que en la práctica siempre se le había asignado como valor la unidad).

* La reunión se efectuó cuando sólo se conocía el borrador de las Recomendaciones.

a Preston, D.L. Pierce, D.A. "The effects of changes in dosimetry on cancer mortality risk estimates in the atomic bomb survivors" Report REFR TR-9-89. Radiation Effects Research Foundation, Hiroshima, Japan. 1987.

En las nuevas recomendaciones básicas de ICRP, por una parte se abandona la utilización del factor **N** de modo que, como magnitud radiológica, la dosis equivalente en un punto se define como el producto de la dosis absorbida en ese punto **D** por el factor de calidad de la radiación **Q**.

Por otra parte, se especifica con claridad que, a efectos de protección radiológica, no es la dosis equivalente en un punto sino su valor promedio en un tejido u órgano la magnitud de interés a la hora de controlar la exposición a las radiaciones ionizantes; esta magnitud se define como el producto de la dosis absorbida promedio en ese tejido u órgano (**D_t**) por un factor de ponderación (**w_r**) que es función del tipo y energía de la radiación incidente:

$$H_t = D_t \cdot w_r$$

Los valores que ICRP propone para el factor de ponderación **w_r** se seleccionan en base a la eficacia biológica relativa de cada tipo de radiación ya que, de acuerdo con el planteamiento actual de ICRP, este parámetro es más importante que la relación existente entre el factor de calidad **Q** y la transferencia lineal de energía (que conduce a una precisión matemática no soportada por la radiobiología). Los valores propuestos en las nuevas recomendaciones que presentan en tabla adjunta:

Tipo y energía de la radiación	w _r
Fotones (cualquier energía)	1
Electrones (cualquier energía)	1
Partículas alfa	20
Núcleos pesados	20
Protones (E > 20 MeV)	5
Neutrones:	
E < 10 KeV	5
10 KeV — 100 KeV	10
100 KeV — 2 MeV	20
2 MeV — 20 MeV	10
E > 20 MeV	5

El análisis de estos valores pone de manifiesto que, salvo en el caso de los neutrones para los que se efectúa un desglose detallado del factor de ponderación **w_r** en función de la energía^b, no hay diferencias significativas con respecto a ICRP-26.

Cabe señalar dos consideraciones adicionales que, en relación con los valores propuestos para el factor **w_r**, se presentarán en el documento final de ICRP:

- El factor de ponderación para radiación neutrónica se presenta como una función continua de la energía, como alternativa más conveniente a efectos prácticos:

$$w_r = 5 + 17 \cdot \exp \left[\frac{-(Ln2 \cdot E)^2}{6} \right]$$

- Para el factor **w_r** correspondiente a radiaciones no incluidas en la tabla, se propone la alternativa de cálculo a partir del factor de calidad medio, estimado a una profundidad de 10 mm. en la esfera ICRU

$$w_r \approx \bar{Q}_{(10)} = \frac{1}{D} \int_0^\infty Q(L) \cdot D(L) \cdot dL$$

Con objeto de facilitar este cálculo se presenta asimismo la relación existente entre el factor de calidad y la transferencia lineal de energía de la radiación:

Transferencia lineal de energía (KeV/μm)	Factor calidad (KeV/μm)
< 10	1
10 — 100	0.32L - 2.2
> 100	300L ^{-0.5}

2.2. Magnitudes operacionales en campos de radiación externa.

En las nuevas recomendaciones básicas de ICRP ya no se recoge el concepto de INDICES DE DOSIS que se introducían en las anteriores recomendaciones como magnitudes secundarias para la vigilancia de la exposición en campos de radiación externa, y cuya existencia surgía ante las dificultades prácticas que presenta el cálculo de la dosis equivalente efectiva en estas circunstancias.

^b ICRP siguen en este caso las directrices que se recogían en la publicación nº 40 de la Comisión Internacional de Unidades y Medidas Radiológicas (ICRU).

Se recogen, como alternativa, las nuevas magnitudes radiológicas introducidas en la publicación nº 39 de la Comisión Internacional de Unidades y Medidas Radiológicas^c, que son la DOSIS EQUIVALENTE PROFUNDA —H_p(10)— y la DOSIS EQUIVALENTE SUPERFICIAL —H_s(0.07)— cuando se trata de vigilancia individual y la DOSIS EQUIVALENTE AMBIENTAL —H* (10)— y la DOSIS EQUIVALENTE DIRECCIONAL —H' (0.07) cuando se trata de vigilancia ambiental.

2.3. Concepto de dosis efectiva

Una novedad que se presentaba en el borrador de las nuevas recomendaciones básicas era la de sustituir el término de dosis equivalente efectiva por el de "EFECTANCIA", sin embargo ICRP ha reconsiderado su decisión inicial, que por otra parte había suscitado gran contestación, de modo que en el texto final este término aparece bajo la denominación de DOSIS EFECTIVA (E).

Sin embargo, no hay modificación en cuanto a concepto se refiere y la dosis efectiva se sigue definiendo como la suma ponderada de las dosis equivalentes a los diferentes órganos y tejidos, siendo el factor de ponderación w_t función del tejido u órgano:

$$E = \sum_t H_t \cdot w_t$$

A su vez, de acuerdo con la definición de dosis equivalente, esta magnitud se puede definir como la suma doblemente ponderada, por tipo de radiación y tipo de tejido, de las dosis absorbidas en los diferentes órganos:

$$E = \sum_t w_t \sum_r w_r \cdot D_{t,r}$$

En la tabla adjunta se muestran los valores que se proponen en el texto definitivo para el factor de ponderación w_t y que suponen una modificación respecto a los valores que se presentaban en el texto preliminar; ahora bien, hay que señalar que tal modificación no supone sino un redondeo de valores a fin de no dar impresión de una excesiva exactitud biológica en la relación entre dosis y efectos:

Organo o Tejido	w _t (1977)	w _t (1990)
Superficie ósea	0.03	0.01
Piel		0.01
Colon		0.12
Pulmón	0.12	0.12
Estómago		0.12
Médula ósea	0.12	0.12
Gónadas	0.25	0.20
Mama	0.15	0.05
Hígado		0.05
Vejiga		0.05
Esófago		0.05
Tiroides	0.03	0.05
Resto organismo	0.30	0.05

Esta tabla pone de manifiesto que en las nuevas recomendaciones básicas, además de una diferencia numérica respecto a los valores que para el factor de ponderación w_t se proponían en ICRP-26, se contempla un conjunto de órganos que antes no se recogían y alguno de los cuales (colon y estómago) presenta valores muy significativos.

Estas modificaciones con respecto a las anteriores recomendaciones básicas son resultado lógico de las nuevas evidencias biológicas que sobre la relación entre dosis y efectos surgen a raíz de la reevaluación dosimétrica de Hiroshima y Nagasaki.

Por otra parte, no hay modificaciones en cuanto al criterio utilizado en la selección de estos valores, que no es otro que dichos valores garanticen que, en caso de irradiación uniforme del organismo, la dosis al cuerpo entero coincida numéricamente con la dosis efectiva.

3. BASES BIOLÓGICAS PARA LA ESTIMACION DEL RIESGO

Las consideraciones relativas a las bases biológicas para la estimación del riesgo derivado de la exposición a radiaciones ionizantes constituyen sin duda el apartado más importante de las nuevas recomendaciones básicas ya que, de hecho, son las nuevas estimaciones de dicho riesgo la razón fundamental para que ICRP haya emprendido la revisión de las recomendaciones básicas de 1977.

^c International Commission on Radiation Units and Measurements. Report 39. Determination of dose equivalents resulting from external radiation sources. 1985.

El principal foco de atención de las nuevas recomendaciones se centra en todo lo relativo a efectos estocásticos, especialmente en lo que se refiere a la radioinducción de cáncer y, aunque se revisen en profundidad tanto los efectos no estocásticos (que en las nuevas recomendaciones pasan a denominarse deterministas) como los efectos hereditarios, no hay novedades espectaculares en uno y otro caso respecto a publicaciones previas.

3.1. Utilización del factor DDREF

La primera modificación a destacar en este apartado dentro de las nuevas recomendaciones básicas es la de la consideración del factor DDREF, que podemos traducir como "Factor de reducción por dosis y tasa de dosis" (*Dose and Dose Rate Effectiveness Factor*).

Este factor tiene su fundamento en la realidad de que los datos epidemiológicos más fiables sobre la inducción de cáncer por exposición a radiaciones ionizantes corresponde a situaciones (Hiroshima y Nagasaki) con dosis y tasas de dosis altas, situación muy diferente a lo que es la realidad habitual en protección radiológica (dosis y tasas de dosis bajas). Por otra parte, hay una evidencia epidemiológica de que, para radiaciones con baja transferencia lineal de energía, a igualdad de dosis hay menor número de casos de inducción de cáncer cuando la tasa de dosis es más baja.

Por ello, es posición de ICRP que a la hora de extrapolar, a lo que es la situación habitual en protección radiológica, la información epidemiológica procedente de situaciones con dosis y tasas de dosis altas, es conveniente aplicar un factor de reducción. El valor que se propone para este factor de reducción es 2^d.

La justificación de ICRP para la asignación de este valor al factor DDREF presenta una doble vertiente. Por una parte, la evidencia epidemiológica que resulta de los estudios realizados sobre los supervivientes de Hiroshima y Nagasaki sugiere que el riesgo de leucemia (nº casos/Gy) a dosis del orden de 0.5 Gy es aproximadamente la mitad que a dosis de 1-2 Gy.

Por otra parte hay también una evidencia experimental de que, para radiaciones de baja transferencia lineal de energía, la relación entre dosis (D) y efecto (E) es del tipo lineal-cuadrático cuanto se trata de dosis y tasas de dosis altas:

$$E = \alpha \cdot D + \beta \cdot D^2$$

Sin embargo, cuando se trata de dosis y tasas de dosis bajas, esta relación se hace de tipo lineal, lo que

es lógico pues a medida que las dosis se hacen más bajas, el término cuadrático se va haciendo despreciable:

$$E = k \cdot D$$

Por tanto cuando se trata de dosis y tasas de dosis bajas podemos afirmar que se cumplirá:

$$k \cdot D = \alpha \cdot D + \beta \cdot D^2$$

Pudiéndose calcular el factor DDREF como:

$$DDREF = \frac{k}{\alpha} = 1 + \frac{\beta}{\alpha} \cdot D$$

La evidencia experimental que se obtiene en radiobiología sugiere que los términos α y β son aproximadamente iguales a dosis del orden de 1 Gy por lo que, en estas condiciones, el factor DDREF es aproximadamente 2.

No obstante, conviene señalar que a pesar de esta justificación ha surgido una gran controversia en torno al valor propuesto por ICRP para el factor DDREF, que por algunos se ha estimado como excesivamente conservador, a la vista de los valores que se han presentado para este mismo factor en otros estudios:

Referencia	DDREF
National Council of Radiation Protection (1980)	2 — 10
UNSCEAR Report (1986)	< 5
UNSCEAR Report (1988)	2 — 10
National Radiological Protection Board (1989)	3

Sin embargo, a pesar de esta controversia y de que la propia ICRP reconoce explícitamente la gran incertidumbre asociada a la selección de este valor, en el texto definitivo se reafirma en la asignación del valor 2 para el factor DDREF.

^d Este valor supone que si a dosis y tasas de dosis altas la información epidemiológica indica la existencia de N cánceres por unidad de dosis recibida, cuando esta información se extrapola a la situación habitual en P.R. se asume que el número de cánceres por unidad de dosis será de N/2.

3.2. Concepto de detrimento

En las nuevas recomendaciones básicas de ICRP aparece también una modificación, de la que después se derivan importantes implicaciones prácticas, en relación con el concepto de detrimento.

Mientras en las anteriores recomendaciones el detrimento se presentaba como la esperanza matemática del daño inducido por radiaciones, que se ponderaba por un factor que tenía en cuenta la gravedad de ese daño; en las nuevas recomendaciones, tras un complejo y riguroso estudio que se presenta en el Anexo C del nuevo texto, se concluye con que los diversos aspectos implícitos al concepto de detrimento (básicamente una combinación de la probabilidad y de la gravedad del daño), hacen imposible una única aproximación al mismo.

La alternativa práctica que propone ICRP es la de caracterizar este concepto a través de todo un conjunto de indicadores del riesgo asociado a la exposición a radiaciones, a los que denomina genéricamente ATRIBUTOS.

3.3. Factores de riesgo

El planteamiento de las nuevas recomendaciones básicas de ICRP en lo que se refiere a los factores de riesgo constituye una de las principales modificaciones respecto a anteriores recomendaciones.

En efecto, mientras en anteriores recomendaciones el factor de riesgo se presentaba como el número de efectos nocivos que cabía esperar por unidad de dosis, donde estos efectos nocivos comprendían los cánceres de consecuencias fatales y los efectos hereditarios graves; en las nuevas recomendaciones y dentro de los factores de riesgo también se incluyen los cánceres de consecuencias no fatales (a los que se aplica un factor de ponderación que es función de la letalidad del cáncer en cuestión^e).

El planteamiento que se sigue al respecto en las nuevas recomendaciones de ICRP supone que, si denominamos **F** al anterior factor de riesgo (nº cánceres fatales/Sv) y **K** a la letalidad del cáncer (nº cánceres fatales/nº total de cánceres), resulta que:

- nº total de cánceres por unidad de dosis: F/K
- Fracción correspondiente a cánceres fatales: $(F/K) \cdot (K)$
- Fracción correspondiente a cánceres no fatales: $(F/K) \cdot (1-K)$

El nuevo factor de riesgo vendrá dado entonces por la suma de la fracción correspondiente a cánceres fata-

les y de la fracción correspondiente a cánceres no fatales multiplicada por el factor de letalidad, es decir:

$$F. \text{ Riesgo} = \left[\frac{F}{K} \cdot K \right] + \left[\frac{F}{K} \cdot (1-K) \right] \cdot K = F(2-K)$$

En la tabla adjunta (página siguiente) se muestran los valores que se presentan en las nuevas recomendaciones, tanto para el factor de riesgo referido a cánceres fatales —**F**— como para el factor global —**F(2-K)**— que incluye la contribución de cánceres no fatales^f; se muestran asimismo, a título comparativo, los valores que se presentaban para los factores de riesgo en las anteriores recomendaciones básicas.

El análisis de los datos que se presentan en esta tabla, pone de manifiesto que el número de tejidos y órganos que se consideran en las nuevas recomendaciones es muy superior al que se consideraba en ICRP-26, siendo de resaltar que algunos de los nuevos órganos (colon y estómago) muestran valores muy significativos para el factor de riesgo. Adicionalmente hay que señalar las diferencias significativas al alza que se dan en determinados órganos (médula y pulmón) respecto a las anteriores recomendaciones.

La conclusión global que se obtiene es clara, hay un importante aumento en el factor de riesgo ya que el valor de 1.65 % por Sv que se presentaba en ICRP-26 se convierte, en las nuevas recomendaciones básicas, en un 6.00 % por Sv (sin incluir la contribución de cánceres no fatales) y en un 7.50 % por Sv (incluyendo esta contribución).

Estas conclusiones se expresan con mayor nitidez en la tabla adjunta (página siguiente) en la que se presentan los factores de riesgo globales (expresados en % por Sv) que, tanto para los individuos del público como para las personas profesionalmente expuestas, se recogen en las nuevas recomendaciones.

Este incremento en los valores de los factores de riesgo respecto a las anteriores recomendaciones básicas es consecuencia, como se ha indicado anteriormente, de las nuevas evidencias biológicas que sobre la relación dosis-efecto surgen de la reevaluación de Hiroshima y Nagasaki.

e Es decir, se supone que un cáncer de alta letalidad (pulmón) aún sin llegar a tener consecuencias fatales, supone un menoscabo en la calidad de vida superior a otro de menor letalidad (tiroides).

f Los datos de la tabla se refieren a individuos del público y corresponden al documento preliminar, en el texto final aparecen algunas diferencias pero en todo caso no son significativas.

TEJIDO-ORGANO	ICRP-1977	ICRP-1990		
	F (% por Sv)	F (% por Sv)	K (%)	F (2-K) (% por Sv)
Médula ósea	0.20	0.45	0.99	0.91
Vejiga	—	0.20	0.50	0.30
Superf. ósea	0.05	0.05	0.70	0.07
Mama	0.25	0.25	0.50	0.38
Colon	—	0.95	0.55	1.38
Hígado	—	0.20	0.95	0.21
Pulmón	0.20	0.90	0.95	0.95
Esófago	—	0.35	0.95	0.37
Piel	—	0.02	0.01	0.04
Estómago	—	1.10	0.90	1.21
Tiroides	0.05	0.08	0.10	0.15
Resto	0.50	0.54	0.45	0.54
SUB-TOTAL	1.25	5.00		6.50
Ef. genéticos	0.40	1.00		1.00
TOTAL	1.65	6.00		7.50

Efecto biológico	ICRP-1990		ICRP-1977
	Población	Trabajadores	
Cáncer fatal	5.00	4.00	1.25
Ef. hereditarios	1.00	0.60	0.40
Cáncer no fatal	1.50	1.20	—
Total	7.50	6.00	1.65

3.4. Modelos de proyección

Las nuevas recomendaciones básicas de ICRP presentan también una importante novedad en cuanto al modelo de proyección utilizado para caracterizar, a partir de los datos epidemiológicos disponibles, la relación existente entre dosis y efectos.

En las anteriores recomendaciones básicas se utilizaba al efecto el denominado MODELO ADITIVO (Fig. 1) que en esquema supone que, tras la exposición a las radiaciones y transcurrido un periodo de latencia, la probabilidad de muerte por cáncer radioinducido es únicamente proporcional a la dosis.

En las nuevas recomendaciones se utiliza el denominado MODELO MULTIPLICATIVO (Fig. 2) que en es-

quema supone que, tras la exposición a radiaciones y transcurrido un periodo de latencia, la probabilidad de muerte por cáncer radioinducido no sólo es proporcional a la dosis sino también a la incidencia natural $B(u)$ de muerte por cáncer; de este modo, se asume la hipótesis de que la radiación actúa como un factor multiplicador sobre esa incidencia natural.

En la Fig. 3 se presenta un análisis comparativo de los dos modelos, dicho análisis permite concluir que el modelo multiplicativo conduce a un riesgo absoluto (área bajo la curva) mayor que el modelo aditivo; ahora bien, a edades tempranas, el riesgo anual en función de la edad es menor en el modelo multiplicativo que en el modelo aditivo.

FIGURA 1

Modelo Aditivo (ICRP-1977)

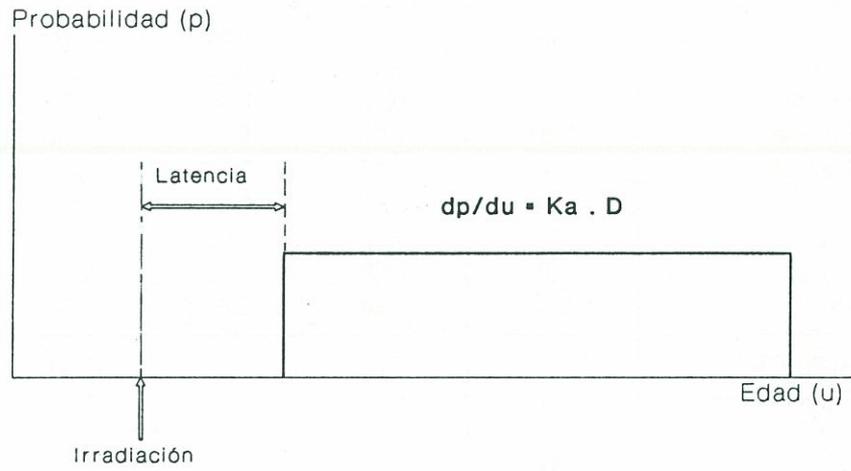


FIGURA 2

Modelo Multiplicativo (ICRP-1990)

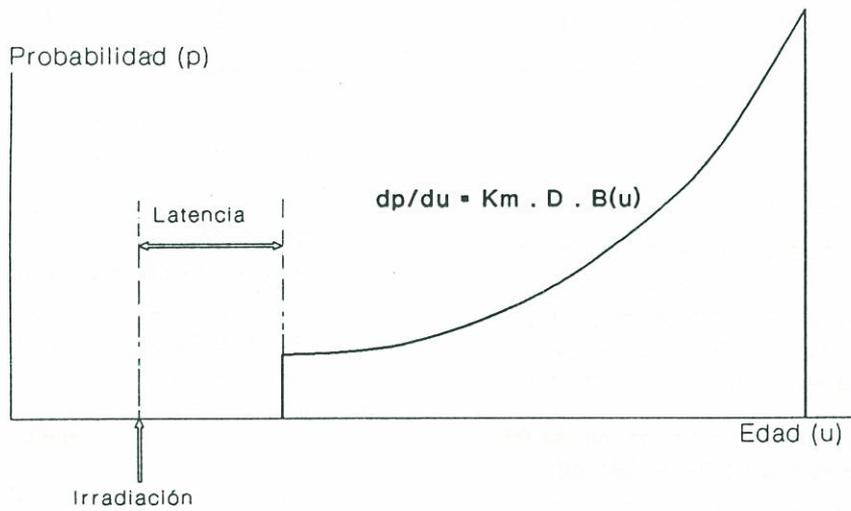
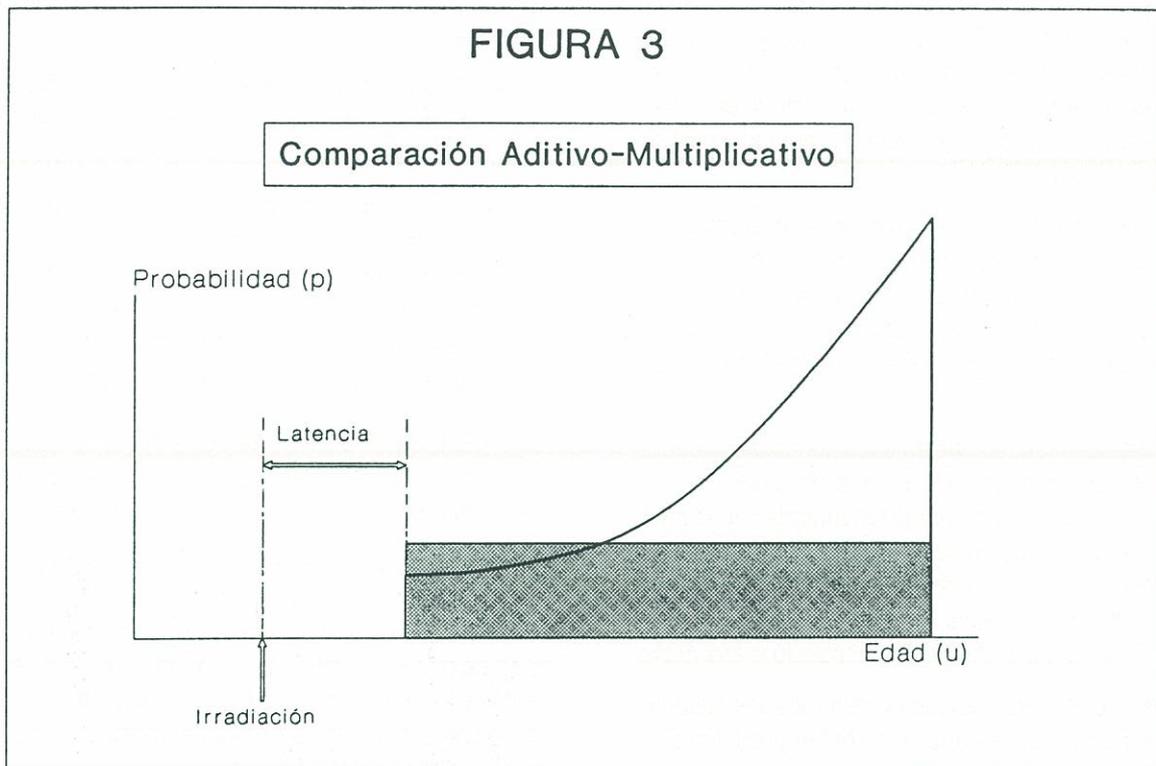


FIGURA 3



4. AMBITO CONCEPTUAL DE LA PROTECCION RADIOLOGICA

En las nuevas recomendaciones básicas de ICRP se contemplan los principios básicos de protección radiológica (justificación, optimización y limitación) que se introducían en las anteriores recomendaciones; no obstante, se clarifica y amplía la aplicación práctica de estos principios.

Esta clarificación parece resultar necesaria a la vista de los notables errores que se han producido en la práctica a la hora de interpretar dichos principios. Señalemos, por ejemplo, el hecho de aplicar límites de dosis, concebidos estrictamente para situaciones bajo control, a situaciones en la que este control no es posible (por ejemplo, la contaminación ambiental tras accidente).

En esta línea de clarificación, en las nuevas recomendaciones básicas se establece que las medidas de control a adoptar dependen en primer lugar del tipo de exposición. A tal fin, se definen tres tipos de exposición:

- OCUPACIONAL: Aquella que está ligada a la actividad laboral en presencia de radiaciones ionizantes y en la que se presenta la novedad de que determinadas exposiciones a radiación natural

(radón y vuelos comerciales) pueden quedar incluidas en este grupo.

- MEDICA: Aquella que está ligada a tratamientos médicos con fines de diagnóstico o de terapia.
- PUBLICO: Aquellas no incluidas en los grupos anteriores.

Se establece asimismo que las medidas de protección dependerán también del tipo de situación en la que tales exposiciones ocurren. Se consideran al efecto tres tipos de situaciones:

- PLANIFICADAS: Se refieren a aquellas prácticas que se pueden considerar siempre bajo control, de forma que se posibilita su aceptación, modificación o rechazo.
- POTENCIALES: Se refieren a situaciones de accidente potencial en las que, aunque sin certeza, existe una posibilidad de exposición. En estas situaciones existe un cierto grado de control, tanto sobre la probabilidad de exposición como sobre su magnitud.
- PREEXISTENTES: Se refieren a fuentes o prácticas fuera de todo control, caso típico de radón

en viviendas o de la contaminación ambiental post-accidente. En estas situaciones y puesto que no existe posibilidad de control sobre la fuente, solo cabe considerar de control mediante intervención (acciones remediales para reducción de la exposición).

En lo que se refiere a los principios aplicables en estas exposiciones y situaciones, son los mismos que ya se recogían en las anteriores recomendaciones básicas (Justificación, Optimización y Limitación), aunque con un enfoque más ampliado y que depende del tipo de situación.

En efecto, mientras que en situaciones planificadas son estrictamente aplicables los tres principios, de forma similar a la de las anteriores recomendaciones básicas; en situaciones potenciales surge el matiz de que los principios no se aplican a la dosis sino al riesgo, de modo que se tendrá en cuenta tanto la probabilidad de recibir una dosis como el detrimento asociado a esa dosis.

Más importantes matices existen para las situaciones preexistentes en las que, al no haber posibilidad de control sobre la fuente, los principios aplican al hecho de la intervención. Así, la justificación se centrará en decidir si se interviene o no a la vista de los beneficios derivados de tal medida; la optimización se referirá a la forma, escala y duración de la intervención y la limitación en este caso no juega un papel relevante (sólo en lo que se refiere a evitar efectos deterministas).

En las nuevas recomendaciones básicas también se clarifica la necesidad de contemplar una doble vertiente (fuente-individuo) en toda evaluación que se realice sobre la efectividad de un sistema de protección radiológica, de esta doble vertiente surge el concepto de "DOSE CONSTRAINT" (confín de dosis^g).

El fundamento de este concepto radica en la realidad de que aunque el principio de limitación (de dosis o de riesgo) está básicamente ligado al individuo, un individuo puede a su vez quedar expuesto a diferentes prácticas independientes; surge así la necesidad de establecer para cada práctica una fracción o confín del límite a fin de permitir la exposición del individuo en las otras prácticas.

5. NUEVOS LIMITES DE DOSIS

La revisión, a la baja, que se propone en las nuevas recomendaciones básicas para los límites de dosis constituye sin duda el apartado del que se van a derivar las más importantes implicaciones en la práctica.

La necesidad de esta revisión se comprende fácilmente si se recuerda el planteamiento que al efecto se

realizaba en las anteriores recomendaciones básicas y que en esquema suponía:

- Cuantificar matemáticamente la relación Dosis-Efecto mediante un único parámetro (Factor de Riesgo).
- Definir un valor numérico para el riesgo aceptable, lo que se hacía, en el caso de la exposición ocupacional, mediante la comparación con los riesgos de industrias consideradas como seguras (calificando como tales aquellas con un riesgo anual de muerte menor que 1.10^{-4}).
- Establecer el límite de dosis de forma que el producto de dicho límite por el factor de riesgo fuera menor o igual que el riesgo aceptable.

Siguiendo este mismo planteamiento y a la vista de que las nuevas recomendaciones básicas suponen un notable incremento en los valores propuestos para los factores de riesgo, es más que evidente que los anteriores límites deben revisarse a la baja. Ahora bien, en las nuevas recomendaciones se produce además un profundo cambio en la filosofía utilizada al efecto:

- El término riesgo se entiende como un concepto multiatributo y por tanto no puede caracterizarse por medio de una única magnitud.
- Ya no se estima adecuado comparar el riesgo asociado al trabajo en presencia de radiaciones ionizantes con los de otras industrias, pues se entiende que dicha comparación resulta de alguna forma injusta^h.
- Se utiliza el modelo multiplicativo en lugar del modelo aditivo.

Adicionalmente, en las nuevas recomendaciones se clarifica el significado del límite de dosis; a tal fin, se utilizan tres términos para definir el nivel de tolerabilidad de una exposición: El primer término es "INACEPTABLE" y se refiere a aquellas exposiciones que no se deben permitir en circunstancias normales; el segundo término es "TOLERABLE" y se refiere a aquellas exposiciones que, aunque no son de desear, pueden razonablemente aceptarse; el tercer término es "ACEPTABLE" y se refiere a aquellas exposiciones que pueden aceptarse sin más consideraciones.

^g Traducción libre del autor.

^h Cuando en otras industrias se habla de un riesgo de X muertes por año, se está hablando de una realidad estadística tangible; en el caso de radiaciones y debido al periodo de latencia existente entre exposición y efecto, tal riesgo puede no llegar a concretarse nunca en realidad.

ICRP pone claramente de manifiesto que el límite de dosis viene a representar la frontera existente entre dosis tolerables y dosis inaceptables; lo que no constituye una novedad con respecto a las anteriores recomendaciones básicas en las que ya se indicaba la necesidad de prestar especial atención a situaciones que supusieran la exposición sistemática de personas a niveles próximos al límite (párrafos 101 y 102) y en las que, por tanto, ya se tenía en cuenta que dosis inferiores a los límites no eran automáticamente aceptables.

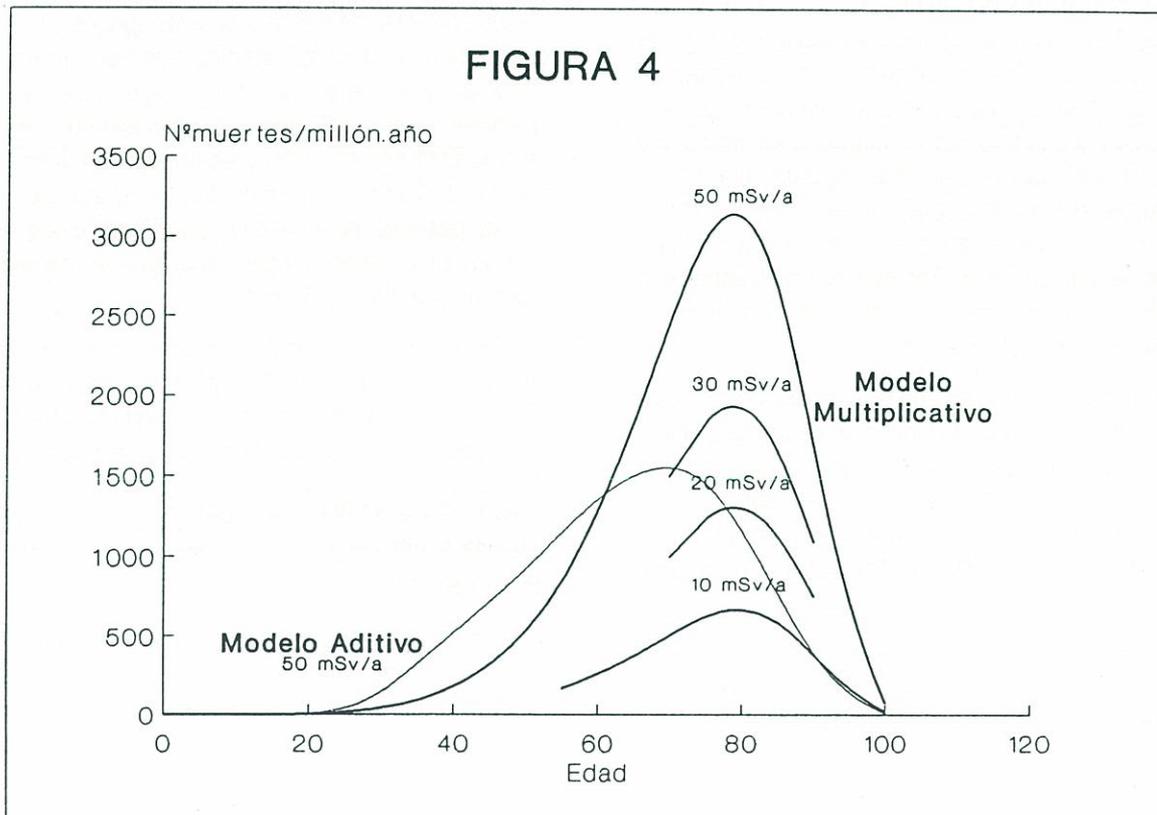
En base a estas consideraciones, la sistemática adoptada en las nuevas recomendaciones básicas de ICRP de cara a la propuesta de los nuevos límites de dosis es en esquema la siguiente:

1. Definir un conjunto de "ATRIBUTOS" para caracterizar el riesgo asociado a la exposición a radiaciones ionizantes, entre los atributos propuestos cabe destacar:
 - Probabilidad total de muerte por cáncer atribuible a la exposición a radiaciones (R).
 - Reducción en el tiempo de vida por cáncer atribuible a la exposición a radiaciones (Y).
 - Reducción en la esperanza de vida ($L = R \times Y$).

2. Tantear diversos valores como límites de dosis, calculando para cada uno de ellos los valores numéricos en que resultan dichos atributos.
3. Evaluar el conjunto de los resultados obtenidos, adoptando como límite de dosis aquel valor que se juzga (de forma inevitablemente subjetiva) como techo inferior de lo inaceptable.

La asignación de un valor numérico a los atributos utilizados para la caracterización del riesgo asociado a la exposición a radiaciones requiere conocer la función que relaciona la probabilidad anual de muerte por cáncer atribuible a radiaciones y la edad, esto se consigue mediante el uso del modelo multiplicativo ya comentado. En la figura 4 se muestra la función obtenida con la utilización de dicho modelo para la exposición continuada, desde los 18 a 64 años (situación típica de la exposición ocupacional), a dosis anuales de 10, 20, 30 y 50 mSv. Se presenta asimismo, a título comparativo, la función que se obtendría en las mismas condiciones con la utilización del modelo aditivo.

En la tabla adjunta (página siguiente) se presentan los resultados que, mediante la aplicación de esta sistemática, se obtienen en el caso de la exposición ocupacional:



	ICRP 1990				ICRP 1977
	0.50	1.00	1.50	2.50	2.50
Dosis vida (Sv)	0.50	1.00	1.50	2.50	2.50
Dosis anual (mSv)	10	20	30	50	50
Probabilidad total de muerte (%)	1.80	3.60	5.30	8.60	2.90
Pérdida en tiempo de vida (años)	13	13	13	13	10 - 15
Pérdida en esperanza de vida (%)	0.20	0.50	0.70	1.10	0.3 - 0.5

En base a los datos de esta tabla ICRP ha decidido que, para las personas profesionalmente expuestas, con un límite de dosis efectiva del orden de 1 Sv a lo largo de la vida se obtienen unos valores para los atributos del riesgo que son compatibles (ni muy superiores ni muy inferiores) con los que se obtendrían para estos mismos atributos con el anterior límite de dosis y mediante la utilización del modelo aditivo.

No obstante, es posición de ICRP la de no recomendar al establecimiento de un límite de dosis a lo largo de la vida laboral debido a las dificultades se derivarían de su aplicación en la práctica, especialmente en el caso de personas que desarrollan su actividad en tareas que suponen importantes niveles de exposición durante una corta fracción de su vida laboral. Por ello, ICRP recomienda un límite de dosis efectiva de 20 mSv/a promediado sobre un periodo de cinco años (100 mSv en 5 años), con la condición adicional de que la dosis efectiva no exceda de 50 mSv en cualquier año.

Por otra parte y puesto que existen dos tejidos, cristalino y piel, para los que la limitación de la dosis efectiva no proporciona garantías en cuanto la ausencia de efectos deterministas; ICRP recomienda la aplicación de límites específicos de dosis al órgano en uno y otro caso (150 mSv/a para el cristalino y 500 mSv/a para la piel).

Conviene señalar asimismo que las nuevas recomendaciones básicas de ICRP, al igual que en ICRP-26, inciden en la necesidad de prestar especial atención a situaciones que supongan la exposición continuada de tra-

bajadores a niveles cercanos a los límites, pues estas situaciones podrían suponer una aproximación a la región de riesgo inaceptable. En efecto:

$$20(mSv/a) \times 4.10^{-5} (mSv^{-1}) = 8.10^{-4} (a^{-1}) \approx 1/1000$$

En lo que se refiere a límites de dosis para miembros del público, la sistemática adoptada por ICRP es plenamente coherente con la ya comentada en el caso de personas profesionalmente expuestas aunque, en este caso, existe una dificultad añadida a la hora de enjuiciar lo que se puede entender como riesgo inaceptable. En cualquier caso, ICRP llega a la conclusión que el límite recomendado en las anteriores recomendaciones básicas (1 mSv/a en exposición continuada) sigue siendo válido; no obstante, se admite la posibilidad de que este límite, en circunstancias especiales, pueda promediarse sobre un periodo de 5 años.

En cuanto a los límites de dosis a órganos para miembros del público, ICRP aplica un factor de reducción 10 (que califica de arbitrario) respecto a los límites para exposición ocupacional; argumenta para ello el hecho de que en es el caso de los miembros del público el periodo de exposición es mayor y la posibilidad de una mayor rango de sensibilidad al tratarse de una población más amplia.

A modo de resumen final, se presentan en la tabla adjunta los límites de dosis propuestos por ICRP en sus nuevas recomendaciones básicas:

MAGNITUD LIMITADA	EXPOSICION OCUPACIONAL	MIEMBROS PUBLICO
Dosis efectiva	100 mSv en 5 años 50 mSv/a	1 mSv/a
Dosis cristalino Dosis piel Dosis manos	150 mSv/a 500 mSv/a 500 mSv/a	15 mSv/a 50 mSv/a —

**Mesa Redonda sobre Las Nuevas Recomendaciones del ICRP
organizada por la SEPR. Hospital de la Princesa, 11 diciembre 1990***

Influencia de las nuevas recomendaciones del ICRP en Diseños Operativos. Aplicación práctica a la Protección Radiológica en Instalaciones Nucleares

**Por E. SOLLET
C.N. Valdecaballeros**

Con este trabajo pretendemos hacerles llegar las inquietudes que conllevan la implantación de las nuevas recomendaciones de la ICRP en la práctica operativa de las instalaciones nucleares.

No es fácil prever como van a influir las nuevas recomendaciones del ICRP en la explotación de las nuevas instalaciones nucleares, sin embargo si es posible establecer un marco general en el que se desarrollen éstas, marco que por otro lado ya se había iniciado con anterioridad a la aparición del borrador de nuevas recomendaciones y que parte del objetivo básico del hacer que las nuevas instalaciones sean más fiables, seguras y con un menor impacto radiológico.

En lo que respecta a la protección radiológica el cambio conceptual más importante, que ya se está implantando en todas las instalaciones en operación, reside en que su campo de actuación no se circunscribe al muy importante hecho de identificar el riesgo, evaluarlo y establecer las medidas de protección adecuadas, sino que cada vez se actúa con más énfasis en la identificación de la fuente de radiación, para disimular su intensidad y en la medida de lo posible anularla. Es la aplicación práctica del concepto de intervención asociado a la fuente, establecido en el capítulo 4 de las recomendaciones.

Esta exposición se va a referir a cómo es previsible que las nuevas recomendaciones influyan en el diseño, operación y en los servicios de protección radiológica de las nuevas instalaciones y de las actuales.

En cuanto al diseño, el concepto de las nuevas recomendaciones cuya aplicación tendrá un mayor énfasis

en el proyecto de nuevas instalaciones, será el del confinamiento de dosis para la operación de una instalación, lo cual se materializará en la reducción de las dosis del personal. En relación con esto, los criterios de diseño que se aplican a los reactores avanzados, y solo me referiré a las centrales del tipo BWR, son:

- Probabilidad anual del daño al núcleo $< 10^{-6}$.
- Dosis media personal de la central = 1 mSv/año.
- Bidones de residuos sólidos = 100/año.

Así, por ejemplo, las nuevas centrales BWR dispondrán entre otros de las siguientes características:

- Bombas de recirculación internas: De esta forma se eliminan tuberías exteriores de recirculación, se reduce la magnitud de producción de productos de corrosión y una de las fuentes principales de radiación de la contención en parada y se eliminan las grandes toberas debajo del núcleo con lo que en caso de LOCA el núcleo quedará cubierto de agua.
- Utilización de material de bajo contenido en cobalto en los tubos guías de las barras de control y en los calentadores de agua de alimentación.
- Utilización de materiales resistentes a la corrosión en los sistemas de drenajes y de agua de alimentación.

* La reunión se efectuó cuando sólo se conocía el borrador de las Recomendaciones.

- Utilización de un combustible resistente a la interacción vaina/pastilla y con un diseño que mejora su integridad a lo largo de cada ciclo.
- Automatización de alguna labor de mantenimiento.
- Reducción de la inspección en servicio mediante la automatización en el diagnóstico y en el uso de la inteligencia artificial.
- Reducción del volumen total de la central.
- Compartimentación de equipos para facilitar el mantenimiento.

En cuanto a la operación de las actuales y futuras instalaciones nucleares se deberá prestar atención a aspecto básicos como los siguientes:

- Integración en las actividades de mantenimiento de sistemas robóticos autónomos o semiautónomos.
- Reducción de la frecuencia del mantenimiento periódico mediante la mejora o sustitución de equipos.
- Protección al combustible para evitar daños al mismo.
- Mejora en los aspectos químicos del ciclo agua/vapor para disminuir la corrosión y evitar la producción de residuos.
- Mayor empleo de las técnicas de descontaminación química antes de la ejecución de labores de mantenimiento.
- Alargamiento de los ciclos de operación y reducción de la duración de las paradas.
- Mejora en la interfase hombre-máquina mediante el apoyo de sistemas informáticos.
- Mayor utilización de los simuladores y amplio uso en maquetas a tamaño real para entrenamiento.
- Incremento del flujo de intercambio de experiencias operativas entre centrales.

En cuanto a las actividades específicas de protección radiológica, lo que sigue es una visión personal que no pretende en modo alguno dictar doctrina; además, independientemente de las recomendaciones, muchos de los conceptos plasmados ya se están llevando a la práctica.

En primer lugar los Servicios de Protección Radiológica (SPR) deberán potenciarse en gran medida con la ventaja o desventaja de que el Jefe del Servicio debe-

rá dedicarse casi en su totalidad a labores de gestión y administrativas en detrimento del aspecto técnico. En efecto, las actividades del SPR se están diversificando cada vez más y alcanzando un mayor grado de complejidad. El SPR participa, y deberá participar más activamente en el futuro, en las tareas de diseño para conseguir un mayor grado de confinamiento y reducción de las fuentes de radiación, en el seguimiento de las actividades de operación y mantenimiento que afectan a la exposición de los trabajadores, en los aspectos químicos del ciclo agua-vapor para evitar la corrosión y minimizar los daños al combustible, en la realización de estudios y propuestas para reducir la frecuencia del mantenimiento y de las inspecciones periódicas sin menoscabar la seguridad de la planta, en el análisis de los procesos de dispersión de los materiales radiactivos al medio ambiente, en la planificación de las paradas para que las actividades con mayor exposición probable se ejecuten lo más tarde posible, etc.

Como consecuencia de todo esto el SPR debe contar con un servicio de ingeniería de apoyo que aporte los recursos necesarios para que la actuación del servicio sea eficaz.

Refiriéndose en concreto a las nuevas recomendaciones algunos puntos merecen una reflexión.

- Para la dosimetría de área de neutrones se necesita una función continua del factor WR de ponderación de la radiación.
- Respecto a los nuevos factores de ponderación en tejido, se presentan algunas novedades en cuanto a su aplicación práctica. En el cálculo de la dosis efectiva se ha incluido la piel, aunque permanece el límite de 500 mSv/año para efectos deterministas. Puesto que parecen ser más limitantes en el caso de la piel los efectos deterministas que los efectos estocásticos, esto probablemente obligue a rediseñar los dosímetros para dosis superficial, con espesores del orden de 40 mg/cm², lo que traerá problemas de calibración y de interpretación de resultados, al no tener explicitada la forma de la variación con la energía de la curva que representa la dosis equivalente efectiva en superficie a la profundidad de 0.4 mm.

Habrá que ingeniárselas para medir la actividad acumulada de partículas calientes en la superficie del cuerpo, si finalmente se establece un límite administrativo en dosis o en actividad total.

- Han desaparecido los límites anuales de dosis para órganos aislados salvo la piel, el cristalino

y las manos. Realmente no son necesarios para órganos con un Wt menor de 0.04 ó 0.05 puesto que el límite aplicable son 20 Sv para toda la vida. Ahora bien o se define un límite anual en 0.4 ó 0.5 Sv/año para órganos individuales o nos veremos obligados a computar dosis vida para órganos como el tiroides, y el llevar la contabilidad de dosis vida es tedioso.

Respecto al tiroides y quizás a algún otro órgano como la piel, existe alguna preocupación de que, sin superar el límite por efectos estocásticos, se pueda superar el umbral de efectos deterministas.

- Respecto a dosimetría interna, las nuevas recomendaciones no deben suponer cambios significativos, salvo quizás con respecto a los órganos del tracto gastro-intestinal, al ser ahora los que mayor WT tienen. La dosis al colon se podrá medir con cierta facilidad a través de muestras de heces, sin embargo la dosis al estómago solo se podrá medir utilizando el modelo metabólico de Eve recomendado por el ICRP.

Otra dificultad añadida puede surgir de la necesidad de computar dosis-vida para órganos con WT menor que 0.05 como pueden ser el hígado para los transuránidos y la superficie de los huesos para los radionucleidos ávidos de los huesos.

- Ha desaparecido (casi) la clasificación del personal expuesto y la clasificación de áreas y digo casi, porque en la práctica el ICRP ha dejado una ventana abierta para mantener estas clasificaciones, (que se han demostrado muy útiles) con el límite de 5 mSv/año para la dosimetría individual. En vez del 3/10 aparece el 2.5/10, con lo cual la situación no cambia, y tanto es así, que antes a las mujeres embarazadas se les aplicaba la consideración de personal de categoría B y ahora se les impone un límite máximo de dosis durante el embarazo de 5 mSv. Creo que la única diferencia puede radicar en la necesidad de mantener la dosimetría individual en las mujeres embarazadas, al menos hasta el cuarto mes de gestación.
- Han desaparecido y no han desaparecido las exposiciones excepcionales planificadas. Conceptualmente han desaparecido, pero si se mantiene como límite primario de dosis 100 mSv en cinco años con un máximo de 50 mSv en cualquier año, entendemos que se podrá aplicar este valor de 50 mSv para una exposición planificada, aunque sea la mitad del valor actual de la reglamentación.

- Creo que de una vez por todas hay que decantarse claramente, en caso de conflicto, por la primacía de reducir las dosis individuales en vez de las dosis colectivas, siempre y cuando se disponga de mecanismos de actuación para controlar las dosis individuales; lo cual es aplicable inmediatamente a los trabajadores expuestos y no lo es para la dosis al público.

Esto puede conducir a que la dosis colectiva de una instalación nuclear u hospitalaria aumente al tener, tal vez, que utilizar más trabajadores para realizar algún tipo de operación, o al tener que rotar entre más personas actividades rutinarias como las de muestreo o las de vigilancia radiológica. Se impondrá como práctica habitual la radiodosimetría.

Ahora bien, la influencia que este posible aumento de la dosis colectiva de una instalación pueda tener sobre el detrimento total, será del todo punto despreciable, puesto que solo representará un ínfimo porcentaje sobre la dosis colectiva de la población.

Ahondando más en este concepto, es posible que en el futuro no se pueda utilizar como baremo para juzgar los esfuerzos de reducción de dosis de una instalación, la dosis colectiva total ni la dosis colectiva por unidad de producción eléctrica, sino más bien la media de las dosis individuales.

- Pensamos por otro lado, que a pesar de lo que diga el ICRP, hay que abandonar los conservadurismos en las evaluaciones de dosis y ser lo más realista posible. Esto debe de traer como aplicación inmediata en la dosimetría externa por TLD, la resta automática en la lectura de cada pastilla del fondo sobre el que se monta la curva de luminiscencia y los sistemas de lectura deberán incorporar algún mecanismo de análisis multicanal para definir y eliminar la línea base.
- Hay dos párrafos en el ICRP que tienen una importancia especial. Uno porque está y el otro porque no está. El que no está es el 187 del ICRP-26, que dice que con el sistema de limitación de dosis allí establecido, no es necesario adoptar ninguna consideración especial para los trabajadores en cuanto a riesgo por radiaciones se refiere. El otro, es el 175 de la propuesta de recomendaciones, en el que se dice que puede haber situaciones en las que un trabajador pueda estar sistemáticamente expuesto a altos niveles de dosis cercanos al límite anual, de forma que la dosis efectiva acumulada se pueda aproximar a un nivel inaceptable.

A tal efecto el Grupo de Protección Radiológica de AMYS ha iniciado una serie de trabajos para identificar el número de trabajadores expuestos que han superado 100 mSv en los últimos cinco años. (Francia ha estimado que este número rondará las 2.000 personas, y el Reino Unido del orden de 300).

Los datos más relevantes de este trabajo se incluyen en tabla adjunta. Cabe resaltar que de 16.958 trabajadores controlados en estos cinco años solamente 42 han superado 100 mSv durante dicho periodo, lo que representa un 0,25% del colectivo de trabajadores expuestos.

Una segunda parte de este trabajo consistirá en la identificación de los trabajos que más han contribuido a los valores de dosis para evaluar su justificación.

Finalmente se realizará un estudio de optimización para proponer los cambios necesarios que favorezcan la disminución de las dosis.

Esta frontera de dosis inaceptables ocasionará un problema claro de orden psicológico. Algúien, quizás el CSN, deberá responsabilizarse de dosis que hasta ayer

no representaban ningún riesgo y ahora son inaceptables, de operaciones que ayer se consideraban seguras y hoy no lo son, de dosis cercanas a 20 mSv/año que ayer estaban lejos de los límites anuales y hoy se acercan a la frontera de lo inaceptable, y que con la misma dosis el detrimento a la población se haya multiplicado por tres, etc.

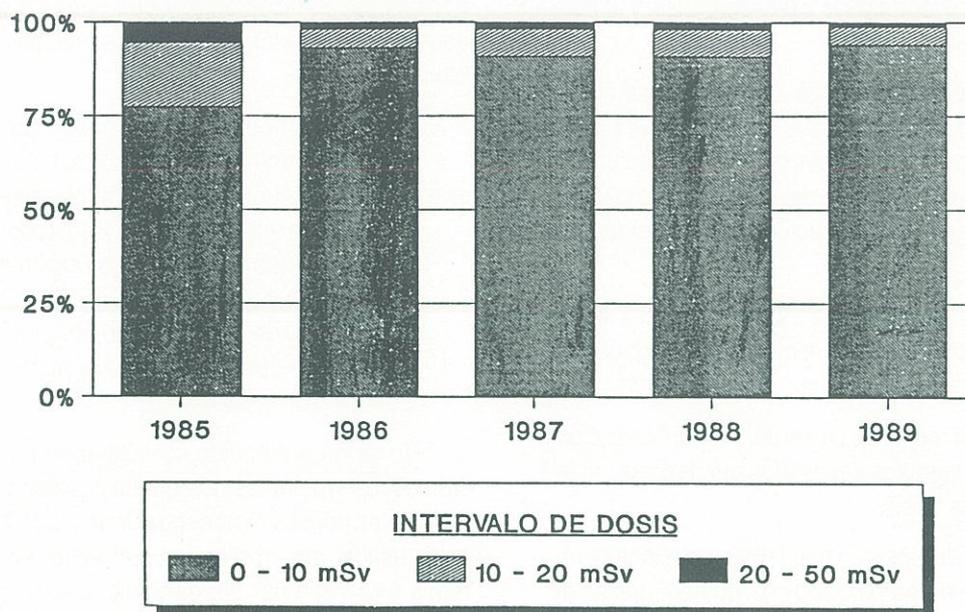
- Entendemos, por otro lado, que, para evaluar las consecuencias radiológicas al exterior de la operación de una instalación nuclear, se ha de abandonar de una vez la Guía Reguladora 1.109 y utilizar la dosis equivalente como parámetro de control como ya recomienda la EPA en USA en el 40 CFR-61 y de esta forma se uniformizarán los cálculos de dosis tanto para el público como para el personal expuesto.

No se ha pretendido ser exclusivo en la identificación de los problemas que pueda ocasionar la implantación de las nuevas recomendaciones del ICRP, sino más bien resaltar algunos de los que están en la mente de todos y con ello dar pie para iniciar el coloquio que sigue a continuación.

**DISTRIBUCION QUINQUENAL 1985 - 1989
Nº DE TRABAJADORES POR INTERVALO DE DOSIS
PLANTILLA + CONTRATA**

	Nº TOTAL TRABAJADORES	INTERVALO DE DOSIS (mSv)					
		(0-10]		(10-20]		(20-50]	
		TRABAJADORES	%	TRABAJADORES	%	TRABAJADORES	%
85	6.455	4.993	77,37	1.092	16,90	370	5,73
86	7.680	7.159	93,21	367	4,78	154	2,01
87	8.449	7.677	90,86	604	7,15	168	1,99
88	8.547	7.762	90,81	603	7,06	182	2,13
89	7.850	7.380	94,01	364	4,64	106	1,35

% DE TRABAJADORES POR INTERVALO DE DOSIS
(PLANTILLA + CONTRATA)



PERIODO 1985 - 1989

ANKO europa

Toda la protección Anti-X a su alcance

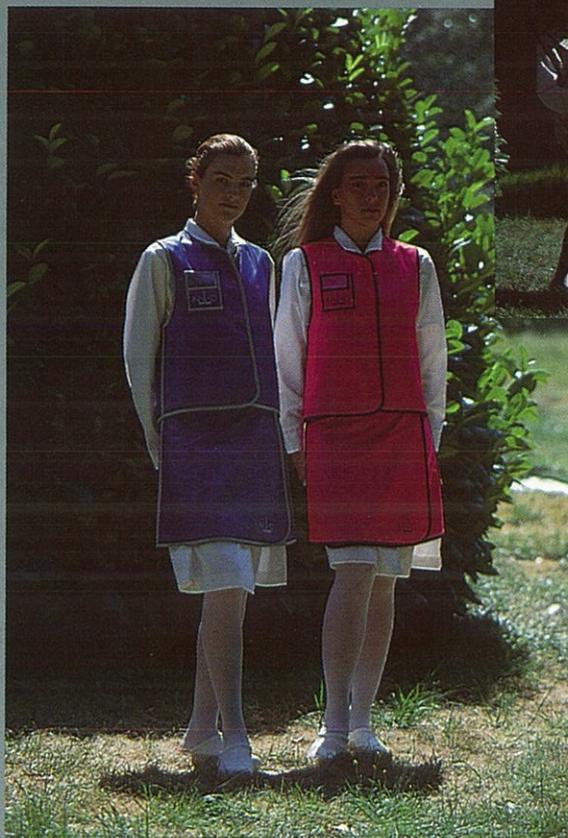
- Cristales Anti-X
- Delantales Anti-X
- Cortinas Anti-X
- Mamparas de protección Anti-X
- Protección Anti-X de salas radiológicas
- Guantes Anti-X
- Guantes quirúrgicos con protección Anti-X
- Gafas Anti-X
- Etc.....

**REPRESENTANTE EXCLUSIVO
EN ESPAÑA DE:**

la primera
firma mundial en **Cristales plomíferos**
para protección Rayos-X



Nippon Electric Glass Co.,Ltd.



Delantales de protección Anti-X en 0,25-0,35-0,50 mm. /Pb.
(Variedad de modelos y tallas)



Mamparas Anti-X con cristal plomífero

ANKO europa



Medical

Medical RADIO PROTECCION, S.A.



COMECER
RADIO PROTECCION PARA LA DEFENSA
DEL HOMBRE Y DEL AMBIENTE



EQUIPOS Y SISTEMAS ELECTRONICOS

LA INFORMATICA APLICADA A LA MEDICINA NUCLEAR

La Medicina Nuclear representa, hoy en día, uno de los más interesantes campos aplicativos a la informática.

Los datos disponibles durante la ejecución de cualquier examen, lógicamente son siempre digitables y por tanto fácilmente elaborables con un calculador electrónico que pueda gestionar consecuentemente de forma coherente los archivos de la aplicación. La aplicación más simple se puede ver en la ejecución de la captación tiroidea y de las imágenes renográficas para un proceso de análisis metabólico con la ayuda de trazadores radiactivos.

Es típica la elaboración de una imagen scintigráfica registrada con un escaner lineal que, conectado a un Personal Computer dotado de un monitor e impresora a colores, da origen a resultados sorprendentes que proporcionan una elegancia, significativa y completa respecto del sistema estándar habitual.

La precisión de la elaboración de las imágenes han sido siempre una característica básica donde el

instrumento de medida fundamental es la Gammacámara unida a un equipo de elaboración al efecto. Hoy día, sin embargo, gracias al Personal Computer, han entrado en la óptica otras investigaciones, por ejemplo: La Mineralometría Ósea Computerizada (MOC).

Otro campo interesante de aplicación es el del monitoreo; el control en tiempo real, de un área vigilada con lectura a muestreo continuado, prefijado por el Técnico Especialista. Es típico, en este caso, el control de lechos ocupados por pacientes tratados con Radioyodo o los de Aguas de vertido, también se debe considerar la posibilidad de monitorizar Ambientes de trabajo para una mayor Seguridad del Personal de servicio.

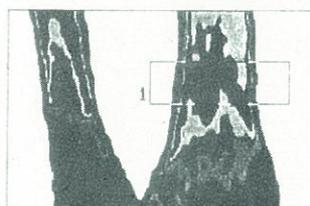
Para mejorar las condiciones de trabajo, contribuyendo también al control de calidad de los trazadores radiactivos conseguidos con Técnicas Radiocromáticas y analizando mediante la elaboración automática de espectros energéticos recogidos por un multicanal.

No es una excepción el uso del Personal Computer en las medidas "In Vitro", (Radioinmunología) donde la informática tiene un peso determinante, incluso en la automatización de la manipulación de los reactivos. Para colaborar en un esfuerzo continuado a la búsqueda de nuevas soluciones e inspirándose en esta breve panorámica, MEDICAL RADIOPROTECCION propone la aplicación mediante un INTERFACE que generaliza el uso del Personal Computer en un Servicio de Medicina Nuclear, haciendo posible así la digitación de cualquier examen. Por ejemplo la captación tiroidea renográfica, scintigrafía, incluso el monitoreo de las aguas de vertido, de los puestos de trabajo y de los pacientes tratados con Radioyodo.

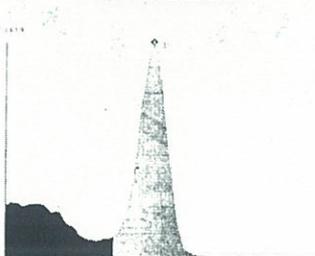
MEDICAL RADIOPROTECCION gestiona y produce instrumentos de medida (Mineralogía ósea, Gamma-Counter, Radiocromatógrafos multi-canales, monitores ambientales, etc. . .), todos a través de un INTERFACE propio aplicable al Personal Computer de cuyos resultados presentamos algunas ilustraciones adjunto.



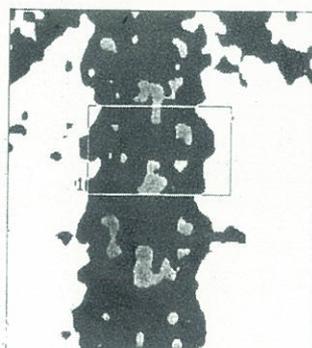
SCINTIGRAFIA TIROIDEA
DIGITALIZADA



MINERALOMETRIA OSEA
DEL BRAZO



ESPECTROMETRIA GAMMA (137 Cs)



MINERALOMETRIA OSEA
DE LA COLUMNA LUMBAR

C. Gaztelondo, s/n
Edificio Gaztelondo, 5 - 3ª Planta

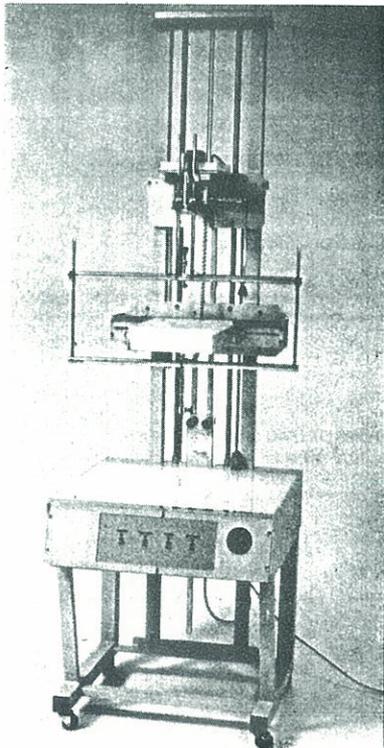
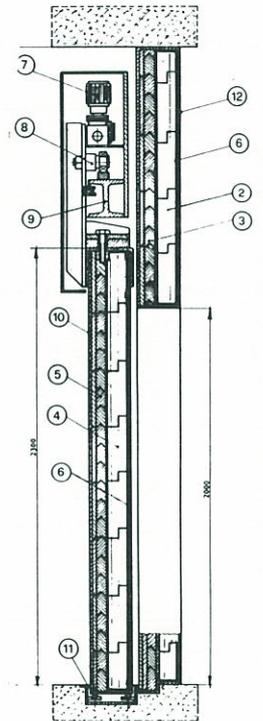
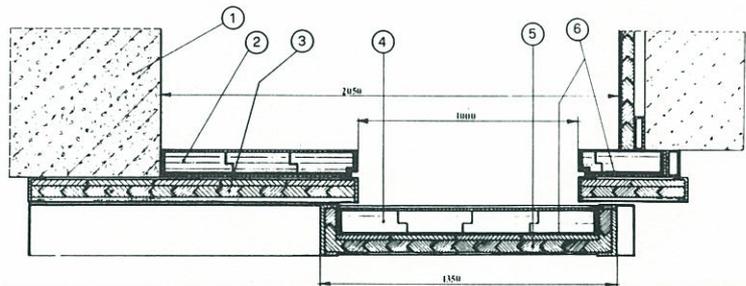
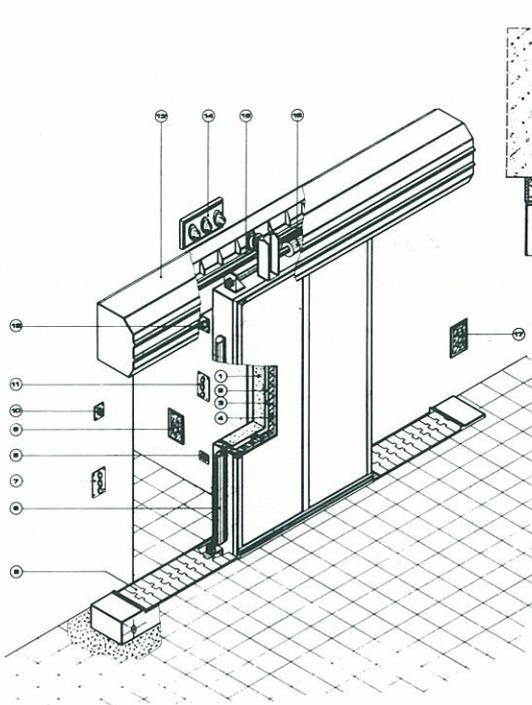
Tlf. (94) 444 77 79 - Fax 410 13 08
48002 BILBAO (ESPAÑA)



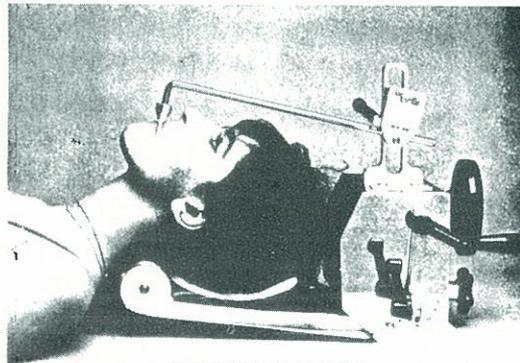
EQUIPAMIENTO
RADIOTERAPIA Y
CURITERAPIA



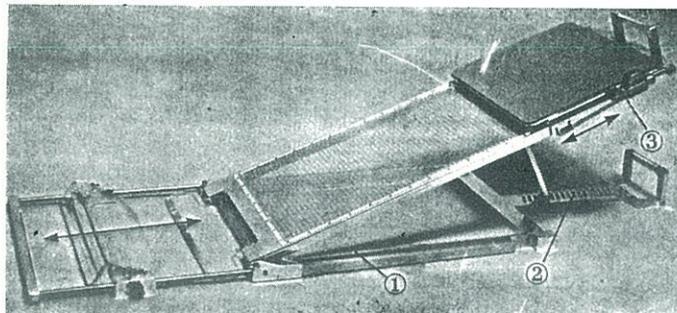
ACCESORIO NUCLEAR



CORTADOR DE POLIESTIRENO



REPOSA CABEZA



PLANO INCLINADO

PARAMETROS DE POSICIONEMENT
1.- Graduacions de position des appuis bras droit et gauche
2.- Indication de l'angle d'inclinaison
3.- Mètre enrouleur, position longitudinale du patient.

POSITIONING PARAMETERS
1.- Scaled position mark for right and left arm rest
2.- Slope indicator
3.- Tape measure, longitudinal position of patient.

MEDICAL RADIOPROTECCION OFRECE SU COLABORACION A TODOS LOS TECNICOS ESPECIALISTAS Y EXPERTOS CUALIFICADOS EN EL TRABAJO CON EL CALCULO DE BLINDAJES, PROTECCIONES, GESTION DE RADIOISOTOPOS, PONIENDO A DISPOSICION EL PROGRAMA "EQ" QUE INCLUYE SOFTWARE DE CALCULO Y GESTION, ANTES CITADOS.
LAS PERSONAS INTERESADAS EN LA ADQUISICION DE ESTE PROGRAMA DIRIJANSE A MEDICAL RADIOPROTECCION S.A. APARTADO DE CORREOS 1.535 - 48080 BILBAO

ENERATOMIC, S. A.

SAN FELIPE, 8
28020 MADRID

TELF.: (91) 572 08 76
279 33 76

FAX: (91) 572 08 76

— 14 AÑOS —

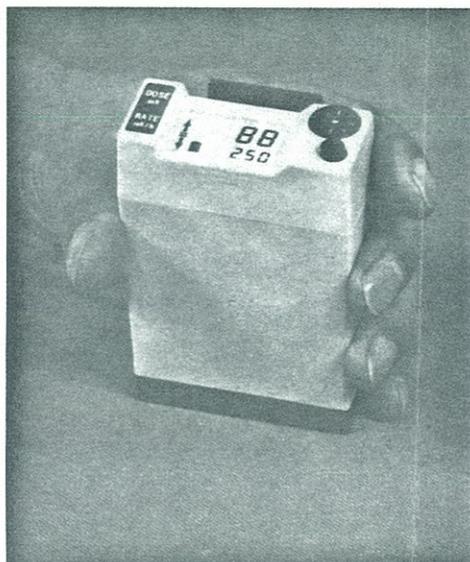
AL SERVICIO DE LA PROTECCION RADIOLOGICA

- Dosímetros de pluma.
- Dosímetros digitales con alarma.
- Monitores GM para medida de tasa de dosis.
- Cámaras de ionización.
- Monitores tipo "pértiga".
- Accesorios de protección: Delantales plomados, guantes plomados, Gafas plomadas, protectores de jeringas...
- Línea completa de Vestuario anticontaminación.

FIRMAS REPRESENTADAS:

- CAWO PHOTOCHEMISCHE FABRIK.
- XETEX, INC.
- R.A. STEPHEN.
- GRAETZ.
- EBERLINE INSTRUMENT CORP.
- ATOMIC PRODUCTS CORP.
- REACTOR EXPERIMENTS.
- VIOX CORPORATION.

¡NOVEDAD!



GAMMACOM 4200 de STEPHEN

MEDIDA DE DOSIS Y TASA DE DOSIS CON
EL MISMO EQUIPO

Ficha Médico-Laboral

Grupo Servicios Médicos S.E.P.R.

Por F.J. ALCAZAR, A. DURAN, J.M^º. ESCUDERO, E. HERNANDEZ, R. HERRANZ, L.M. MARTIN-CURTO, R. MENGIBAR, A. MERINO, F. NORIEGA, J. PEREZ-VAZQUEZ, R. RAMOS, A. REBOLLAR, y L.M. TOBAJAS (Coordinador).

INTRODUCCION

La vigilancia médica de los trabajadores expuestos a radiaciones ionizantes, es una función esencialmente preventiva. (1,2)

Según la publicación ICRP 26, la vigilancia médica se basa en los principios generales de la medicina del Trabajo. (2)

La constitución del grupo de Servicios Médicos de la Sociedad creó una expectativa entre los médicos de los Centros Médicos autorizados, que consultaron al Grupo, sobre la posibilidad de homogeneizar la calidad de los reconocimientos médicos.

Es obvio que el primer trabajo del Grupo ha sido elaborar una ficha médico-laboral que sirviera de guía o pauta para la vigilancia médica de las personas profesionalmente expuestas a radiaciones ionizantes, tanto para instalaciones nucleares como radiactivas.

LEGISLACION MEDICO-LABORAL

En España, la medicina laboral en Instalaciones Nucleares y Radiactivas está sometida:

- a) Reglamentación General sobre Medicina del Trabajo. (3,4,5)
- b) Reglamentación específica relativa a la vigilancia médica de los trabajadores profesionalmente expuestos a radiaciones ionizantes. (6,7,8,9)

TIPOS DE RECONOCIMIENTOS

En general pueden considerarse cinco tipos de reconocimientos para el personal profesionalmente expuesto (10):

- a) Reconocimiento previo o de ingreso.
- b) Reconocimiento periódico ordinario.

- c) Reconocimientos especiales.
- d) Reconocimientos de retorno al trabajo.
- e) Reconocimientos ocasionales, solicitados por el propio trabajador, familiar, dirección, etc.

Entre los reconocimientos especiales merece la pena destacar, los exámenes médicos de los candidatos para la obtención y uso de las licencias de supervisores y operadores de instalaciones nucleares y radiactivas. (11)

FICHA MEDICO-LABORAL

En el Reglamento sobre Protección Sanitaria contra Radiaciones Ionizantes (BOE 8-X-82), en su art. 40, se dice textualmente: "La vigilancia médica de las personas profesionalmente expuestas será realizada por un Servicio Médico *especializado propio o contratado*, con capacidad reconocida oficialmente por el Ministerio de Sanidad y Consumo, previo informe del Consejo de Seguridad Nuclear, sin perjuicio de lo legislado sobre servicios de medicina de empresa y enfermedades profesionales".

Debe quedar claro que el modelo que aquí se presenta no es el único, y que por supuesto, la vigilancia médica queda en todo caso bajo la responsabilidad del médico del Centro autorizado, pero pensamos en su utilidad como herramienta de trabajo y sobre todo como inicio de funcionamiento de un Grupo que debe tener el lugar que le corresponde dentro de nuestra Sociedad.

Entendemos finalmente esta ficha médico-laboral, como una pauta de actuación unificada consensuada entre los profesionales que van a utilizarla, sencilla metodológicamente y que crea un formato de registro de datos que permita evaluar su aplicación, al objeto de mejorar la calidad de la vigilancia médica de las personas profesionalmente expuestas a radiaciones ionizantes.

**TRABAJADORES
PROFESIONALMENTE EXPUESTOS
A RADIACIONES IONIZANTES**

Ficha Reconocimiento Médico

APELLIDOS:
 NOMBRE:
 FECHA NACIMIENTO:
 Nº S.S.:
 Nº DNI/PASAPORTE:
 PUESTO TRABAJO:
 EMPRESA:
 SEXO:
 RAZA:
 FECHA REVISION MEDICA:
 Nº ARCHIVO:

MOTIVO DE RECONOCIMIENTO

	Código
INGRESO O INICIAL	()
PERIODICO	()
RETORNO AL TRABAJO:	()
Enfermedad común	()
Maternidad	()
Accidente NO laboral	()
Accidente de trabajo	()
Enfermedad profesional	()
ESPECIAL:	()
Licencia	()
Exposición Excepcional	()
Sobreesposición a R.I.:	
Irradiación externa	()
Contaminación interna	()
Stress Térmico	()
Protección respiratoria	()
A PETICION DEL INTERESADO	()
A PETICION DEL EMPRESARIO	()
OTROS	()

ANTECEDENTES PERSONALES

ENFERMEDADES PADECIDAS:
 ACCIDENTES PADECIDOS:
 ACCIDENTES DE TRABAJO:
 ENFERMEDADES PROFESIONALES:
 INTERVENCIONES QUIRURGICAS PADECIDAS:
 TRABAJO EN EMPRESAS ANTERIORES: (en Ingreso).
 SITUACION ACTUAL:
 VACUNACIONES:
 HABITOS:
 Etilismo: 0 ó 1 gr/día
 Tabaco: cig/día
 Drogas:
 Otros:

RIESGOS LABORALES

	Código
RIESGO RADIACIONES IONIZANTES:	
Irradiación	()
Contaminación	()
En caso de contaminación, tipo de Radionúclidos.	()
OTROS RIESGOS LABORALES:	
Campos magnéticos	()
Productos químicos	()
Stress térmico	()
Riesgos biológicos	()
Otros	()

HISTORIAL DOSIMETRICO

HISTORIAL DOSIMETRICO PROFESIONAL

DOSIS 2 MESES ANTERIORES	() mSv
DOSIS 11 MESES ANTERIORES	() mSv
DOSIS POR EXPOSICION EXCEPCIONAL	() mSv
DOSIS ACUMULADA EN SU VIDA PROFESIONAL	() mSv
DOSIS DIAGNOSTICOS O TRAT. MEDICOS:	
RADIODIAGNOSTICO	() mSv
MEDICINA NUCLEAR	() mSv
RADIOTERAPIA	() mSv

EXPLORACION CLINICA
(Protocolo mínimo)

PESO: Kg.
 TALLA: cm.
 T.A.: /
 F.C.: /minuto
 CIRCULATORIO: 0 ó 1
 RESPIRATORIO: 0 ó 1
 DIGESTIVO:
 ABDOMEN:

ENDOCRINO:
 NEUROLOGIA:
 LOCOMOTOR:
 PIEL Y MUCOSAS:
 GENITO-URINARIO:
 ORL:
 OFTALMOLOGIA:
 OBSERVACIONES:

EXAMENES COMPLEMENTARIOS

AGUDEZA VISUAL:		S/C	C/C
	O. D.	/10	/10
<i>Visión Lejana</i>	O. I.	/10	/10
	BINOCULAR	/10	/10
	O.D.	/10	/10
<i>Visión Cercana</i>	O. I.	/10	/10
	BINOCULAR	/10	/10

VISION CROMATICA: 0 ó 1 (Sólo en Ingreso)

TENSION OCULAR: 0 ó 1 (a criterio facultativo)

CAMPIMETRIA: 0 ó 1 (a criterio facultativo)

AUDIOMETRIA: PA OD: % PA OI: % PA BC: %

ESPIROMETRIA: FVC: cc VEMS: cc IT: %

E.C.G.: 0 ó 1 (a criterio facultativo)

Px. PULMONAR: 0 ó 1 (a criterio facultativo)

E.E.G.: 0 ó 1 (a criterio facultativo)

TEST PSICOTECNICO: 0 ó 1 en ingreso
 en periódicos (a criterio facultativo)

OBSERVACIONES:

APELLIDOS:
NOMBRE:
FECHA:

ANÁLISIS DE SANGRE

HEMATOLOGIA	(Código)
Hematies: mm ³	()
Hemoglobina: gr/100ml	()
Hematocrito: %	()
VCM: micras ³	()
HCM: picogramos	()
CHCM: %	()
Leucocitos: /mm ³	()
Segmentados: %	()
Eosinofilos: %	()
Basofilos: %	()
Linfocitos: %	()
Monocitos: %	()
Plaquetas: /mm ³	()
T. Protrombina: %	()
T. Cefalina: sg.	()
V S 1ª Hora: mm.	()
Grupo sanguíneo: (en ingreso)	
Factor RH: (en ingreso)	

APELLIDOS:
 NOMBRE:
 FECHA:

ANÁLISIS DE SANGRE

BIOQUIMICA

Datos Obtenidos	Datos Referencia	Código
Glucosa: mg/100ml *		()
Urea: mg/100ml		()
A. Urico: mg/100ml		()
Colesterol: LDL mg/100ml		()
HDL mg/100ml		()
Trigliceridos: mg/100ml		()
Creatinina: mg/100ml		()
Bilirrubina d.: mg/100ml		()
Bilirrubina t.: mg/100ml		()
GOT: U/litro		()
GPT: U/litro		()
GGT: U/litro		()
LDH: U/litro		()
F. Alcalinas: U/litro		()
Proteinograma:		
Electrolitos:		
Cl:		()
Na:		()
K:		()

* o S.I.

APELLIDOS:
NOMBRE:
FECHA:

ANÁLISIS DE ORINA

Datos Obtenidos	Valor Referencia	Código
pH: ud.		()
Densidad: gr/cc		()
Proteínas:		()
Glucosa:		()
Sangre:		()
C. Cetónicas:		()
Urobilina:		()
Urobilinogeno:		()
Nitritos:		()
Sedimento:		()

APELLIDOS:
NOMBRE:

APTITUD

- Apto ()
- Apto condicionado ()
- En observación ()
- No apto ()

FECHA:

Fdo.: Médico del Trabajo

Médico N° Colegiado

Centro Médico Autorizado

BIBLIOGRAFIA

- (1) GHEZZI, I. (1975). La sorveglianza médica de la protezione da radiazioni nelli industria convenzionale. *Medicina del Lavoro*, 66, 161-165.
- (2) International Commission on Radiological Protection (1977). Publication 26. *Pergamon Press Ltd. Oxford*.
- (3) Orden del Ministerio de Trabajo del 21 de Noviembre de 1959. Reglamento Servicios Médicos de Empresa. *BOE de 27 de Noviembre de 1959*.
- (4) Orden del Ministerio de Trabajo de 15 de Diciembre de 1965, por la que se aprueban las Normas Médicas Reglamentarias por las que han de regirse los reconocimientos, diagnósticos y calificación de las enfermedades profesionales que se mencionan. *BOE nº 14 de 17 de Enero de 1966*.
- (5) Orden de Ministerio de Trabajo de 9 de marzo de 1971, por la que se aprueba la Ordenanza General de Seguridad e Higiene en el Trabajo. *BOE nº 64 y 65 de 16 y 17 de Marzo de 1971*.
- (6) Ley 25/1964 de 29 de Abril sobre Energía Nuclear. *BOE nº 107 de 4 de Mayo de 1964*.
- (7) Decreto 2869/1972 del Ministerio de Industria de 21 de julio, por el que se aprueba el Reglamento sobre Instalaciones Nucleares y Radiactivas. *BOE nº 288 de 24 de Octubre de 1972*.
- (8) Real Decreto 2519/1982 de 12 de Agosto, por el que se aprueba el Reglamento sobre Protección Sanitaria contra Radiaciones Ionizantes. *BOE nº 241 de 8 de Octubre de 1982*.
- (9) Guía Consejo Seguridad Nuclear nº 7.4. Bases para la vigilancia médica de los trabajadores expuestos a radiaciones ionizantes. Colección Guías Consejo Seguridad Nuclear. Madrid, Octubre 1986.
- (10) MALBOYSSON, E. (1982). Aspectos médicos de la Protección Radiológica de la Industria. Comunicación presentada en "Jornadas Protección Radiológica en Medicina". Valencia.
- (11) TOBAJAS, L.M. (1983). Vigilancia Médica. Ponencia presentada en las Jornadas de la Sociedad Española de Medicina Nuclear. Madrid 2 y 3 de Diciembre.

Madrid, 9 de abril de 1991

Mesa Redonda sobre Protección al Paciente
organizada por la SEPR. Hospital de la Princesa, 9 de abril 1991

Protección del paciente en Medicina Nuclear*

Por V. GONZALEZ VILA

Servicio de Física Hospitalaria y P.R.
 Hospital Universitario Virgen del Rocío, SEVILLA

Conforme a los estudios recogidos por el UNSCEAR (2), se da por cierto que las irradiaciones médicas son la fuente de exposición de la población para la que es posible la mayor reducción de la Dosis Colectiva, sin pérdida de los objetivos que se pretenden.

Para conseguir esta reducción de la Dosis Colectiva, es necesario garantizar:

1. *La formación específica del personal* que interviene en los procedimientos, académica y práctica, ya que esta tiene una incidencia directa en la exposición resultante.

Médicos, Físicos, Técnicos, Radiofarmacéuticos y Radioquímicos y Enfermeras deben tener la titulación y entrenamiento adecuado a la responsabilidad de sus tareas.

2. *Los medios instrumentales y controles de calidad* necesarios, ya que inciden, indirectamente, en la protección del paciente al evitar la repetición de los procedimientos y mantener las características iniciales de los mismos.

Un programa de control de calidad junto con una buena organización permitirá además, mejorar la relación coste/beneficio en todos los aspectos.

3. *La elección del radiofármaco adecuado* para cada procedimiento respecto a la dosis absorbida, la disponibilidad del mismo, el metabolismo, preparación, coste, eficacia y riesgos de manipulación.

Un programa de control de calidad de radiofármacos debe asegurar la efectividad y la seguridad toxicoló-

gica así como que este contiene los ingredientes adecuados, de la calidad y en las proporciones y purezas requeridas; ya sean preparados adquiridos, derivados de generadores, producidos de materias primas o autólogos.

Por otro lado, puesto que la dosis absorbida es uno de los factores a tener presente a la hora de efectuar una exploración o un tratamiento con fuentes no encapsuladas (sin que por otra parte sea un factor decisivo frente a los fines que se pretenden), se debe hacer una valoración de los posibles riesgos asociados al uso de cada radiofármaco (incorporación, metabolismo, órgano más expuesto, etc.)

La estimación de la dosis absorbida se efectúa a través de modelos biológicos (hombre standard) y procedimientos matemáticos (modelos compartimentales) que han sido minuciosamente revisados por organismos como la ICRP, el Comité MIRD, el ICRU y el NCRP.

En cada caso concreto subsisten, sin embargo, las incertidumbres derivadas de las peculiaridades biológicas del paciente de la aplicación del modelo matemáticos y de la aplicabilidad del concepto de dosis equivalente efectiva.

La dosis absorbida en los diversos órganos y tejidos del paciente dependerá, entre otros factores, de la actividad, la biocinética y la Semivida efectiva del radiofármaco administrado.

* Los contenidos y estructura del presente escrito están tomados, prácticamente en su totalidad, de la publicación 52 de la ICRP. (1)

Las dosis absorbidas en las aplicaciones diagnósticas pueden ser del orden de algunos cGy (rads). El INA para diagnóstico del tiroides con ^{131}I puede originar en el tiroides dosis absorbidas de decenas de Gy (Krads)

mientras que en las aplicaciones terapéuticas (para la destrucción parcial o total de un tejido) suelen ser del orden de decenas o centenas de Gy (Krads a decenas de Krads). (Figura 1).



Figura 1.

ORDENES DE DOSIS ABSORBIDAS EN MEDICINA NUCLEAR

El riesgo asociado a la dosis absorbida dependerá, entre otros, de factores como la tasa de dosis, la sensibilidad de los tejidos expuestos, la dosis absorbida en cada tejido y la edad y sexo del paciente.

Los riesgos estocásticos estimados por el UNSCEAR se resumen en las Tablas I y II. (2) (3)

En cualquier caso toda exposición médica debe estar JUSTIFICADA por el beneficio para el paciente y OPTIMIZADA respecto a los costes económicos y sociales (ligados al riesgo derivado de la dosis).

La JUSTIFICACION implica que el beneficio de un diagnóstico o una terapia con radiofármaco supera, respecto a la salud, el riesgo de cualquier efecto estocástico o no estocástico derivado del mismo y respecto a los riesgos de los posibles métodos alternativos de diagnóstico o terapia. El criterio del médico nuclear o del que efectúa la petición suele ser suficiente para justificar la exploración o el tratamiento aunque existen algunos métodos para la toma de decisión. (4)

TABLA I

RIESGO ESTIMADO DE MORTALIDAD POR CANCER PROMEDIADO POR EDAD Y SEXO (ICRP)

Localización	riesgo 0.001/Sv
Médula ósea roja	2.0
Pulmón	2.0
Mama	2.5 a)
Superficie del hueso	0.5
Tiroides	0.5
Todos los demás tejidos	5.0

a) El riesgo es doble para la mujer y cero para el hombre.

TABLA II

RIESGOS ESTIMADOS DE LA IRRADIACION PRENATAL (UNSCEAR, 1986)

Efecto	orden del riesgo 0.1 / Gy
Pérdida de implantación del embrión	10
Aumento absoluto de malformaciones fetales	5
Retraso mental (reducción del C.I. (1))	4
Enfermedad maligna antes de los 40 años (2)	0.2

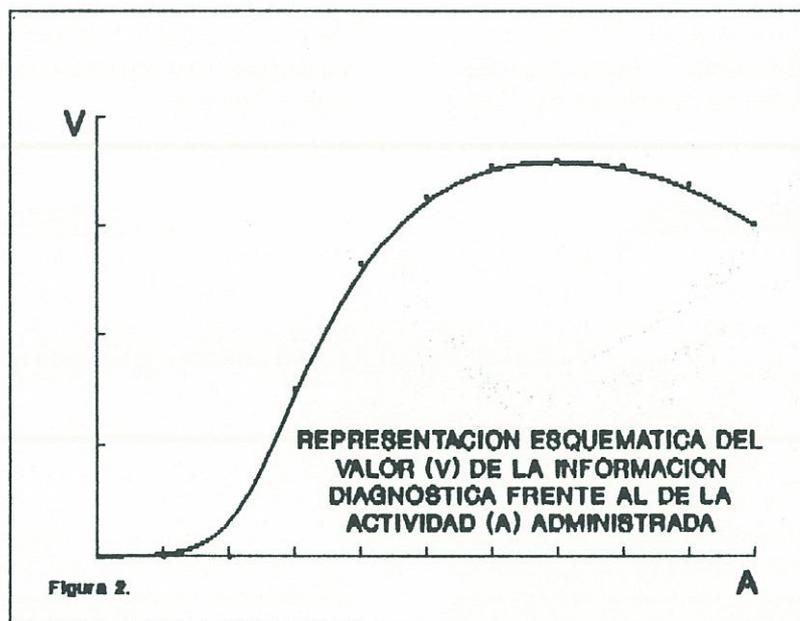
(1) Para la irradiación entre las semanas 8 y 26 de gestación (posible escalón entre 0 y 1).

(2) Para una irradiación "in útero" de 0.01 Gy.

La OPTIMIZACION implica que la dosis equivalente efectiva recibida por el paciente no exceda la necesaria requerida para proporcionar los resultados clínicos que se pretenden. (mínima cantidad de actividad compatible con la obtención del mismo).

Establecer la actividad óptima para una determinada exploración puede ser bastante complicado, ya que esta dependerá del equipo utilizado, la talla y peso del paciente, las características metabólicas del mismo, las condiciones clínicas del paciente e incluso de la experiencia del médico que tiene que evaluar la imagen.

Para un equipo determinado, la información obtenida de un radiofármaco varía con la cantidad de actividad administrada a partir de una cantidad mínima hasta una cantidad óptima por encima de la cual no mejora la información útil (Figura 2.) por lo que deben realizarse evaluaciones empíricas para cada equipo y procedimiento.



En la optimización se incluye:

- a) La elección del tiempo de contaje, (mínimo nº de cuentas para un resultado satisfactorio).
- b) La calidad del fármaco disponible.
- c) Las condiciones del equipo:
 - Alta sensibilidad del detector.
 - Uniformidad de la sensibilidad sobre el campo.
 - Ausencia de distorsión.
 - Conservación de todas las condiciones de buen funcionamiento.
 - Registros fotográficos adecuados, especialmente en SPECT.
- d) Posibles procedimientos para realzar la señal: disminución del ruido (por ej.: filtración "matemática" de la imagen).

No se debe aumentar la actividad por encima del valor óptimo para mejorar la calidad de los resultados aunque en situaciones deficientes y a efectos de reducir los tiempos de contaje, sería admisible, tras un análisis coste/beneficio que lo justifique (por ejemplo cuando se tiene una fuerte demanda sobre unos recursos limitados). Por otro lado, pretender reducir costes disminuyendo la actividad administrada puede anular el beneficio por los errores diagnósticos que pudiera ocasionar.

Igualmente importante es la prevención de fallos en la obtención de la información mediante:

- La supervisión de todo el proceso para evitar repeticiones o exploraciones innecesarias, incluyendo la posibilidad de una mala preparación del radiofármaco.
- El desarrollo de un programa de control de calidad, tanto más necesario cuanto más complejo es el procedimiento, que incluya los procesos fotográficos (cuyo fallo, puede anular la exploración).
- La obtención de los datos esenciales antes de que comience la eliminación metabólica del radiofármaco.

GUIAS PARA UNA BUENA PRACTICA CLINICA

I. EN EL DIAGNOSTICO CON RADIOISOTOPOS NO ENCAPSULADOS

1. Responsabilidades del médico que hace la petición

Debe describir las condiciones del paciente y los objetivos clínicos. En caso de embarazo real o posible debe discutir la oportunidad del examen con el médico nuclear (más de uno) y un especialista con conocimientos sobre los usos y riesgos de los radiofármacos. Esta práctica debe seguirse siempre que no se trate de exámenes

cuyo procedimiento, uso e indicación están bien establecidos.

Salvo cuando la indicación sea obvia, la exploración debe posponerse hasta completar la información que debe suministrar el médico que hace la petición.

(El médico que pide un diagnóstico debe estar familiarizado con las prácticas locales y comentar previamente con el médico de Medicina Nuclear: Métodos de decisión). (4)

2. Responsabilidades del especialista en Medicina Nuclear

Es el responsable de todos los aspectos del desarrollo y alcance de los exámenes, incluida la protección radiológica del paciente. Obtener la información necesaria con la mínima exposición: (Métodos de evaluación de los procedimientos diagnósticos y terapéuticos para mejorar la calidad de las decisiones médicas). (4)

3. Responsabilidades del físico

- Todos los aspectos físicos y técnicos de Dosimetría y Protección Radiológica y del control de calidad.
- Computación y manejo de datos.
- Aconsejar sobre especificaciones y elección de scanners, ganmacámaras y contadores.
- Participar en la enseñanza, y en la planificación del laboratorio.

4. Responsabilidad de los técnicos y otro personal

Efectuar los exámenes bajo la supervisión de los médicos. (En función de su cualificación pueden asumir algunas responsabilidades en el área de protección radiológica del paciente).

5. Comité de seguridad radiológica

Debe:

- Cooperar con otros comités: éticos, de calidad, etc.
- Aconsejar sobre la información al usuario.
- Asesorar a la administración sobre aspectos operativos de la legislación vigente.

6. Elección del radiofármaco

Además de las consideraciones sobre las propiedades físicas, químicas y biológicas para minimizar las do-

sis deben tenerse en cuenta otros factores como disponibilidad y costes (o la retención compartimental del mismo).

Debe prestarse especial atención a los radiofármacos administrados a los niños.

7. Monitorización del procedimiento

Se debe vigilar la obtención de datos para asegurarse de que la información se deriva de datos no procesados mientras estos están aún disponibles.

8. Inmovilización del paciente

Debe mantenerse inmóvil durante la adquisición de datos, recurriendo, si fuera necesario, especialmente en niños, a sujetarlos o sedarlos.

9. Métodos para reducir la dosis absorbida por un paciente

Se puede reducir la dosis absorbida por el paciente forzando la excreción del radiofármaco o dificultando su captación por determinados órganos. (Ingestión de líquido y diuréticos durante 24 a 48 horas después del examen que permite una reducción de la dosis a la vejiga y los órganos circundante, por ejemplo, gónadas, o bloqueo del tiroides, salvo para obtener una imagen del tiroides, cuando se usan compuestos iodados o el ^{99m}Tc). Tabla III.

Tales medidas deben aplicarse incluso después de la obtención de datos, e incluirse en los protocolos, siempre que no interfieran en la obtención de la información necesaria y no entrañen riesgos para el paciente.

10. Investigación

Los exámenes que no estén diseñados para el beneficio de quien los recibe, no pueden efectuarse sin el consentimiento libre y documentado del individuo. (Código de Ética sobre Experimentación en Humanos, conocido como Declaración de Helsinki, adoptado por la Asociación Médica Mundial (WMA, 1965). (5) (6)

11. Mujeres con capacidad reproductiva

Para las mujeres en edad de procrear se debe considerar la posibilidad de embarazo y justificar la exploración a la luz de la información obtenida.

La paciente debe ser cuidadosamente entrevistada para valorar la posibilidad de embarazo, con especial discreción en las adolescentes.

TABLA III
METODOS USADOS PARA LA REDUCCION DE LA DOSIS ABSORBIDA POR ALGUNOS ORGANOS
EN VARIOS PROCEDIMIENTOS DE MEDICINA NUCLEAR

Radioisótopo	Procedimiento	Organo
A) HIDRATACION Y EVACUACION FRECUENTE.		
^{99m} Tc. fosfatos	G. ósea	región de la vejiga.
^{99m} Tc. DTPA	G. miocardio	"
	G. riñones	"
¹³¹ I. hipurato	Renografía	"
^{99m} Tc. O ₄ -	Angiografía	"
	G. escroto	"
¹¹¹ In. DTPA	Cisternografía	"
^{99m} Tc. microesferas	G. perfusión pulmonar	"
²⁰¹ Tl. cloruro	G. cardiaca	"
B) KCIO₄ ANTES DE LA ADMINISTRACION DEL RADIOFARMACO.		
^{99m} Tc. O ₄ -	R. Angiografía	Tiroides
	Dacrocistografía	"
C) KCIO₄ DESPUES DE LA ADQUISICION DE DATOS.		
⁹⁹ Tc. O ₄ -	G. diverticulo de Meckel	Tiroides y glándulas salivares
	G. glándulas salivares	
D) IK ó KCIO₄.		
¹³¹ I. MIGB	G. médula adrenal	Tiroides
¹³¹ I. rosa bengala	G. hepatobiliar	"
E) CATETERIZACION DE LA VEJIGA NEUROGENICA DEL NIÑO.		
^{99m} Tc. O ₄ -	Cistografía	Vejiga
F) LAXANTES.		
⁶⁷ Ga. citrato	G. para detección de foci neoplásico e inflamatorio	Intestino
G) DIURETICOS.		
^{99m} Tc. DTPA	G. renal	Riñón
¹³¹ I. hipurato	Renografía	"
H) COLECISTOQUININA (comida grasa).		
^{99m} Tc. compuestos IDA	G. hepatobiliar	Vesícula biliar

Es prudente tratar como embarazada a toda mujer en edad de procrear que se presenta para una exploración de medicina nuclear, cuando el periodo se ha retrasado o perdido. (Si el ciclo menstrual es irregular, debe someterse a un test de embarazo).

En orden a garantizar la máxima publicidad y minimizar la frecuencia de exposiciones no intencionadas del

embrión, se deben situar notas de advertencia en diversas áreas del Servicio de Medicina Nuclear, y especialmente en áreas de recepción.

Por ejemplo: SI PIENSA QUE PUEDE ESTAR EMBARAZADA DIGASELO AL PERSONAL DEL SERVICIO ANTES DE HACERSE EL ESTUDIO.

12. Prevención del embarazo tras un procedimiento diagnóstico

No hay razones médicas para evitar un embarazo tras un procedimiento diagnóstico porque ningún radio-núclido de los usados comúnmente, tiene una semivida efectiva suficiente como para producir una exposición significativa del embrión por la retención en los órganos y tejidos de la madre.

13. Mujeres embarazadas

La irradiación del feto resulta consecuencia de la transferencia del radiofármaco por la placenta y la distribución del mismo en los tejidos o de la presencia del radiofármaco en los órganos y tejidos de la madre.

Las propiedades químicas y biológicas del radiofármaco son los factores críticos en un posible paso a través de la placenta. El ^{131}I como Ioduro y el $^{99\text{m}}\text{Tc}$ como Pertechnetato, se concentran en el tiroides del feto después del tercer mes de embarazo, por lo que se puede recurrir a metabolitos análogos que no se transfieran, o a radiocoloides que son retenidos por el sistema reticuloendotelial de la madre y no atraviesan la placenta.

Cuando se administran radiofármacos de semivida corta o que son rápidamente eliminados por los riñones, se debe asegurar un vaciado frecuente de la vejiga, que es la mayor fuente de irradiación del feto. (Por idéntica razón, el radiofármaco debe administrarse cuando la vejiga está medio llena, mejor que tras un vaciado reciente).

Cuando se propone una exploración de una mujer embarazada debe asegurarse que está efectivamente indicada y, que es mayor el riesgo de no efectuarla que el de la irradiación del feto.

Para la localización de la placenta debe utilizarse el diagnóstico por ultrasonido si está disponible y puede proporcionar información útil.

Aunque la exploración de una mujer inadvertidamente embarazada provoca su aprensión respecto a los riesgos para el embrión, el incremento relativo del riesgo, derivado de un procedimiento diagnóstico, rara vez justifica la interrupción del embarazo. En estos casos, la valoración de dosis por un experto y una información verbal cuidadosa, deben orientar la decisión de la madre.

14. Mujeres con hijos en periodo de lactancia

Debe considerarse la posibilidad de posponer el procedimiento diagnóstico ya que muchos radiofármacos se excretan por la leche materna.

Si se lleva a cabo el procedimiento, debe interrumpirse la lactancia hasta que el radiofármaco haya sido excretado en una cantidad suficiente para no producir una dosis inaceptable al neonato. Cuadro I.

Deben situarse, en lugar visible del Servicio, notas de advertencia para prevenir estas situaciones.

Por ejemplo: SI ESTA AMAMANTANDO DIGASELO AL PERSONAL DEL SERVICIO AL SOLICITAR EL ESTUDIO.

CUADRO I

PERIODOS DE INTERRUPTCIÓN DE LA LACTANCIA TRAS UN PROCEDIMIENTO DIAGNOSTICO

1. Al menos 3 semanas: (*)

Todos los radiofármacos de ^{131}I y ^{125}I excepto los de hipuran.
 ^{22}Na , ^{67}Ga , ^{201}Tl , ^{75}Se , metionina.

2. Al menos 12 horas:

^{131}I - , ^{125}I - y ^{123}I -hipuran.

Todos los compuestos con $^{99\text{m}}\text{Tc}$ excepto células rojas, de la sangre, fosfonato y DTPA.

3. Al menos 4 horas:

$^{99\text{m}}\text{Tc}$ en células rojas de la sangre, fosfonato y DTPA.

4. No es necesaria la interrupción de la lactancia:

^{51}Cr . EDTA.

(*) Prácticamente el abandono de la lactancia.

15. Niños

En los procedimientos a niños hay que considerar las peculiaridades físicas y biológicas del crecimiento (^{67}Ga en la región epifisea de los huesos en crecimiento) así como la esperanza de vida y la de hijos.

16. Protección de la familia

Debido a la corta semivida efectiva de la mayoría de los radiofármacos utilizados en los procedimientos diagnósticos, el riesgo para la familia es, generalmente, muy pequeño; pero debe evitarse el contacto íntimo prolongado entre el paciente y los miembros de su familia en las horas siguientes a la administración del radiofármaco para eludir incluso las pequeñas dosis. Tabla IV.

TABLA IV
EJEMPLO DE TASAS DE DOSIS A VARIAS DISTANCIAS Y TIEMPOS DE UN PACIENTE ADULTO TRAS LA ADMINISTRACION DE UN RADIOFARMACO (1).

Estudio	Radiofármaco	Rango actividad MBq	Dosis Absorbida nGy / h por MBq					
			t = 0			t = 2h		
			s. *	30cm	1m	s. *	30cm	1m
G. ósea	^{99m} Tc. MDP	150 - 600	27	13	4	13	7	2
G. hígado	^{99m} Tc. coloide	10 - 250	27	13	4	20	10	3
Hemorragia	^{99m} Tc. RBC	550 - 740	27	13	4	20	10	3
G. miocardio	²⁰¹ Tl	50 - 110	36	18	6	36	18	6

* En la superficie del cuerpo sobre la zona de mayor emisión.

17. Errores

Aunque rara vez ocurre el equivocarse de paciente, de radiofármaco o de la cantidad de este, si llega a ocurrir debe actuarse lo más rápidamente posible para disminuir la dosis absorbida. (Un estudio del USNRC (1981) refiere que el 90 % de los errores se produce por equivocarse el radiofármaco o el paciente).

Debe efectuarse cuanto antes una estimación de la dosis, especialmente si se administra una actividad terapéutica por una diagnóstica.

Los errores se deben, generalmente, a:

- Una mala (o falsa) identificación del radiofármaco.
- La falta de adquisición de datos o no efectuarla en el momento adecuado.
- La identificación incorrecta del paciente.

lo cual pone de relieve la necesidad de registros y controles adecuados o, lo que es lo mismo, de una buena organización.

II. EN LA TERAPIA CON RADIOISOTOPOS NO ENCAPSULADOS

(El uso terapéutico de fuentes radiactivas no encapsuladas en enfermedades malignas y benignas puede incrementarse debido a los nuevos desarrollos en inmunoterapia o al aprovechamiento de las características metabólicas de algunos cánceres).

1. Responsabilidades

La responsabilidad de esta radioterapia debe recaer en un médico con suficiente conocimiento de Medicina Nuclear y de los métodos terapéuticos alternativos (tales como Cirugía, Quimioterapia y Hormonoterapia) como para poder evaluar los riesgos relativos de cada uno de ellos.

El Físico debe ser responsable de:

- Medir la actividad del radionucleido.
- Identificar el radionucleido.
- Efectuar la dosimetría interna.
- La Protección Radiológica del personal, otros pacientes y los miembros del público.

2. Tratamiento de Enfermedades Malignas

Cuando se trata de curar, paliar o prevenir los síntomas de una enfermedad maligna se puede llegar en los tejidos sanos a dosis absorbidas próximas al umbral para los efectos no estocásticos. Para evitar daños inaceptables a estos tejidos es fundamental la elección del radiofármaco y el fraccionamiento de la administración del mismo.

Los riesgos derivados del tratamiento deben valorarse frente al de muerte o incapacitación por la enfermedad a tratar.

La planificación del tratamiento debe efectuarse mediante pruebas con pequeñas actividades para valorar la distribución y la semivida efectiva del radionúclido en los órganos y tejidos del paciente.

3. Tratamiento de Enfermedades Benignas

Deben sopesarse los riesgos hereditarios y cancerígenos frente al valor potencial del tratamiento y frente a la disponibilidad, efectividad y riesgos de otras formas de tratamiento. La edad del paciente es un factor importante a la hora de decidir si la terapia con radionúclidos es la más adecuada.

Deben efectuarse pruebas para valorar la incorporación y retención del radionúclido y determinar la actividad óptima.

4. Efectos tardíos de la terapia con radionúclidos

Puesto que esta radioterapia se inició en los años 30, ha transcurrido tiempo suficiente para evaluar los efectos tardíos de la misma.

Respecto a los efectos estocásticos existen algunos estudios, que no siempre son concluyentes, sobre el aumento de la incidencia de leucemia y otros cánceres, en pacientes sometidos a tratamiento con fuentes radiactivas no encapsuladas, en los que se describen riesgos aceptables. En particular los efectos hereditarios son difíciles de verificar debido a que la mayoría de los pacientes tratados supera la edad media de reproducción y a la elevada incidencia espontánea.

Respecto a los efectos no estocásticos, cabe esperar:

- Hipotiroidismo por el tratamiento con ^{131}I del Hipertiroidismo.
- Neumonitis y depresión de la médula ósea tras la terapia del carcinoma de tiroides con ^{131}I .
- Depresión de la médula ósea tras el tratamiento con ^{32}P de leucemia, efusiones malignas, cáncer de mama y policitemia.

que pueden mantenerse dentro de unos límites aceptables si se presta atención al radiofármaco usado, la actividad contenida y el fraccionamiento de la administración.

5. Embarazo

Los radiofármacos con ^{131}I como Yoduro o ^{32}P como Fosfato, pasan rápidamente a través de la placenta por lo que, como regla general:

Ninguna mujer embarazada debe ser tratada con sustancias radiactivas salvo que ello sea necesario para salvar su vida y en tal caso debe considerarse la interrupción del embarazo. (información a la paciente y salvaguardas)

6. Mujeres con capacidad reproductiva

Deben tomarse precauciones para evitar el tratamiento a mujeres inadvertidamente embarazadas (por retraso o pérdida del periodo o si el ciclo menstrual es irregular, se debe hacer un test del embarazo o posponer el tratamiento a los diez primeros días del ciclo menstrual).

7. Prevención del embarazo

Se deben tomar precauciones para evitar el embarazo hasta que la actividad remanente no pueda generar una dosis absorbida para el embrión o feto (conceptus) superior a 1 mGy (1 mSv). Para el tratamiento del Hipertiroidismo con ^{131}I , esto supone la prevención del embarazo durante unos 6 meses.

8. Exposición incidental de un enfermo por otro

Preferiblemente el paciente en tratamiento debe acomodarse en una habitación exclusiva con aseos exclusivos y en todo caso que no sea accesible a enfermo sin tratamiento con fuentes radiactivas. En cualquier caso se deben hacer retiradas frecuentes de los residuos radiactivos o disponer un sistema de vertido controlado.

Si dos pacientes con actividades similares (por ejemplo 50 y 50 mCi, 150 y 150 mCi, ...) se sitúan a 1 m uno del otro, la dosis por irradiación externa no supera en más de un 1 % al total de la recibida por incorporación; lo cual puede aceptarse como satisfactorio desde el punto de vista de protección radiológica.

9. Protección de la familia del paciente

El paciente no debe ser dado de alta hasta que la dosis que pueda recibir el familiar físicamente más próximo no exceda de 5 mGy (5 mSv). (7)

Debe interrumpir la lactancia, si fuera el caso.

Debe evitar la proximidad de niños o mujeres embarazadas sin perder el apoyo de otros miembros de la familia.

Debe ser informado, al igual que los miembros de la familia, de las precauciones que debe tomar para evitar la contaminación de personas y ropas y enseres de otras personas.

10. Errores en la administración del tratamiento

El error previsible es la administración de una cantidad de actividad equivocada (mayor o menor que la prescrita) o la administración a un paciente que no la necesita.

Una vez detectado el error se debe:

- a) Disponer de todos los medios posibles para minimizar cualquier efecto adverso. Entre ellos:
 1. La eliminación del radiofármaco de administración oral mediante lavados gástricos, emesis, laxantes y enemas.
 2. Acelerar la excreción de una administración intravenosa por hidratación, diuresis y, si procede, terapia de quelación.
 3. Eliminación de la orina por cateterización cuando el paciente no pueda vaciar espontáneamente.
 4. Usar, cuando sea apropiado, agentes de bloqueo como KI o $KC1O_4$ para disminuir las dosis al Tiroides, las glándulas salivares y el estómago.

Posteriormente se debe coleccionar y monitorizar la excreta y hacer contajes de todo el cuerpo o de órganos seleccionados según el metabolismo del radiofármaco. Consultar con expertos, evaluar las dosis y hacer un seguimiento médico.

- b) Notificarlo al paciente y a su familia o representante y si procede, comunicarle las medidas de seguridad que deben adoptar.

- c) Comunicarlo al médico que indicó el tratamiento y a la Administración del Hospital y a otras autoridades locales, regionales o nacionales según las normas o leyes vigentes.

REFERENCIAS

- (1) ICRP PUBLICATION 52 "Protection of the Patient in Nuclear Medicine" Annals of the ICRP, Vol. 17, No. 4, Pergamon Press. Oxford 1987.
- (2) UNITED NATIONS SCIENTIFIC COMMITTEE ON THE EFFECTS OF ATOMIC RADIATIONS, "Ionizing Radiations: Sources and Effects" 1982 report to the General Assembly. United Nations Publications, Sales No. E. 82. IX. 8, New York.
- (3) UNITED NATIONS SCIENTIFIC COMMITTEE ON THE EFFECTS OF ATOMIC RADIATIONS, "Biological Effects of Prenatal Irradiation" Annex C of the Committee. 1986 report to the General Assembly, United Nations Publications, Sales No. E. 86. IX. 9, New York.
- (4) O.M.S. "Medicina Nuclear" OMS. Serie de Informes Técnicos nº 591, Ginebra 1976.
- (5) O.M.S. "Uso de radiaciones ionizantes y de radionúclidos en seres humanos para la investigación y la formación médicas y con fines no médicos" OMS, Serie de Informes Técnicos, nº 611. Ginebra, 1977.
- (6) ICRP PUBLICATION 26 "Recommendations of the International Commission on Radiological Protection" Annals of the ICRP, Vol. 1, No. 3, Pergamon Press. Oxford 1977.
- (7) V. González-Vila et al. "El paciente en tratamiento con Iodo 131 como fuentes de radiación", I Congreso Nacional de Protección Radiológica. Madrid 1985.

CURSOS



Instituto de Estudios de la Energía

CURSOS ABIERTOS EN EL AREA DE PROTECCION RADIOLOGICA PROGRAMA 1992

1. CURSO SUPERIOR DE PROTECCION RADIOLOGICA

DURACION: 300 horas.

FECHA: 15 Enero - 16 Abril de 1992

OBSERVACIONES: Título de Especialista en P.R. para instalaciones médicas, otorgado por la Universidad Complutense de Madrid.

2. CURSO DE CAPACITACION PARA SUPERVISORES DE INSTALACIONES RADIATIVAS

DURACION: 90 horas.

FECHA: 14 Septiembre - 9 Octubre de 1992

OBSERVACIONES: Homologado por el C.S.N. para la obtención de la licencia de Supervisor de II.RR.

ESPECIALIDADES: Industrial y de Biomedicina e Investigación.

3. CURSO DE CAPACITACION PARA OPERADORES DE INSTALACIONES RADIATIVAS

DURACION: 50 horas

FECHA: 1-17 Junio de 1992

OBSERVACIONES: Homologado por el C.S.N. para la obtención de la licencia de Operador de II.RR.

4. SEMINARIO SOBRE PROTECCION RADIOLOGICA Y GARANTIA DE CALIDAD EN RADIODIAGNOSTICO

DURACION: 28 horas

FECHA: Noviembre de 1992

OBSERVACIONES: En colaboración con la D.G. XII de la Comisión de la Comunidad Económica Europea y con la Cátedra de Física Médica de la Facultad de Medicina de la Universidad Complutense de Madrid.

5. GESTION DE RESIDUOS RADIATIVOS

DURACION: 50 horas

FECHA: 18 Febrero - 23 Junio de 1992

OBSERVACIONES: Reconocido como curso de doctorado en la U.P.M. Promovido por ENRESA.

6. HEMATOLOGIA EXPERIMENTAL

DURACION: 30 horas

FECHA: 4-8 Mayo de 1992

OBSERVACIONES: Reconocido como curso de doctorado en la Universidad Complutense de Madrid. En colaboración con la Asociación Española de Investigación sobre el cáncer, el Dto. de Bioquímica de la Facultad de Veterinaria de la Universidad Complutense de Madrid y Antibióticos, S.A.

7. ESPECTROMETRIA DE CENTELLEO EN FASE LIQUIDA

DURACION: 24 horas

FECHA: A decidir

OBSERVACIONES:

8. ESPECTROMETRIA GAMMA CON DETECTORES DE SEMICONDUCTOR

DURACION: 24 horas

FECHA: 13-16 Octubre de 1992

OBSERVACIONES: En colaboración con CEDEX (MOPT)

Además de estos cursos abiertos, el I.E.E. ofrece un amplio servicio de actividades de Formación, diseñadas de acuerdo con sus necesidades concretas, a organismos, instituciones o empresas relacionadas con la energía nuclear o el uso de las radiaciones ionizantes.

Para mayor información dirigirse a:

INSTITUTO DE ESTUDIOS DE LA ENERGIA
Area de Protección Radiológica
C.I.E.M.A.T.

Avda. Complutense, 22 — 28040 MADRID
TELF.: 346 62 92
TELEX: 23555 CIEMA-E
FAX: 346 60 05

INFORMACION

Reuniones Científicas

FECHA	LUGAR / TEMA	INFORMACION
11-15 November	TSUKUBA, Japan International Conference on ACCELERATOR AND LARGE EXPERIMENTAL PHYSICS CONTROL SYSTEMS (ICALEPCS '91)	S. Kurokawa, KEK, 1-1 Oho, Tsukuba-shi, Ibaraki-ken, 305, Japan Tel: (+ +81) (298) 64 11 71
17-22 November	CLEARWATER, Florida, USA 5th International Conference on FUSION REACTOR MATERIALS (ICFRM-5)	Dr. P.F. Maziasz, Metals & Ceramics Division, Oak Ridge Natl. Laboratory, P.O. Box 2008, Oak Ridge, TN 37831-6376, USA Tel: (615) 574-5082 Fax: (615) 574-0641
26-29 November	SALAMANCA, Spain International Symposium on the IMPLICATION OF THE NEW ICRP RECOMMENDATIONS OF RADIOLOGICAL PROTECTION PRACTICES Sponsors: Commission of the European Communities; Nuclear Energy Agency of the OECD	Dr. Emilio Iranzo, SEPR 4, Edicomplet, Apolonio Morales 6, E-28036 Madrid, Spain Fax: (91) 457 99 18
28-30 November	MANNHEIM, Germany 25th Congress of the International Society for ENDOSCOPY AND RADIOLOGY (ENDO '91)	Dept. of Endoscopy, Secret., Klinikum der Stadt, D-W-6800 Mannheim 1, Germany Tel: (0621) 38 32 647 Fax: (0621) 38 32 705
1-6 December	CHICAGO, Illinois, USA Joint Meeting of the American Association of PHYSICISTS IN MEDICINE with the RADIOLOGICAL Society of North America	AAPM, 335 E. 45th Street, New York, NY 10017, USA Tel: (212) 661-9404
2-4 December	BERLIN, Germany International Conference on PLANT LIFE EXTENSION, UPGRADING, REPAIR, REFURBISHMENT, UPGRATING AND AGEING (PLEX '91)	Mr. James Varley, Nuclear Eng. International, Quadrant House, The Quadrant, Sutton, Surrey SM2 5AS, UK Tel: +44 (081) 661 3318 Telex: 892084 reedbp g Fax: +44 (081) 661 8904
7-10 January	OAXTEPEC, Mexico 15th NUCLEAR PHYSICS Symposium	Dr. Peter O. Hess, ICNUNAM, A.P. 70-543, C.P. 04510, Mexico D.F., Mexico Telex: 177 4523 unamme Fax: (5) 548-4569

FECHA	LUGAR / TEMA	INFORMACION
12-16 January	DEARBORN, Michigan, USA 25th Midyear Topical Meeting of the HEALTH PHYSICS SOCIETY. Theme: operational measurements	Dr. D. Cummings, Wayne State University, 645 Mullett, Detroit, MI 48226, USA Tel: 313-577-1255 Fax: 313-577-5579
15-17 January	ORLANDO, Florida, USA International Conference on HAZARD IDENTIFICATION AND RISK ANALYSIS, HUMAN FACTORS, and HUMAN RELIABILITY IN PROCESS SAFETY	Mr. S. Schreiber, Center f. Chem. Process Safety of AIChE, 345 E. 47th Street, New York, NY 10017, USA Tel: (212) 705-7727 Fax: (212) 838-8274
26-29 January	ANNECY, France International Workshop for NUCLEAR COMMUNICATORS (PIME '92)	ENS PIME '92, Dr. Peter Feuz, European Nuclear Society, P.O. Box 5032, CH-3001 Berne, Switzerland Fax: ++41 31 22 92 03
17-19 February	LONDON, UK International Conference on the DECOMMISSIONING OF RADIOACTIVE FACILITIES	Ms. Anne Nolan, Conference Dept., IMechE, 1 Birdcage Walk, London SW1H 9JJ, UK Tel: (071) 222 7899 Telex: 917944 Fax: (071) 222 9881
8-11 March	CHARLESTON, South Carolina, USA Topical Meeting on ADVANCES IN REACTOR PHYSICS Sponsors: American Nuclear Society US Department of Energy	Mr. M.R. Buckner, Prog. Chair, P.O. Box 803, Aiken, SC 29802, USA Tel: (803) 725-3149 FTS: 239-3149
9-13 March	KARLSRUHE, Germany International Symposium on APPLICATIONS OF ISOTOPES AND RADIATION IN CONSERVATION OF THE ENVIRONMENT	Conference Service Section, IAEA, P.O. Box 100, A-1400 Vienna, Austria
14-18 March	SALT LAKE CITY, Utah, USA Annual Meeting of the RADIATION RESEARCH Society.	Ms. Laura Fleming-Jones, Radiation Research Society, 1891 Preston White Drive, Reston, VA 22091, USA Tel: (703) 648-3780 Fax: (708) 648-9176
23-28 March	BERLIN, Germany 3rd European PARTICLE ACCELERATOR Conference (EPAC)	G. Plass, CERN, AC Division, CH-1211 Geneva 23, Switzerland Tel: (+41) (22) 767 61 11

FECHA	LUGAR / TEMA	INFORMACION
24-27 March	KATHMANDU, Nepal International Symposium on RECENT ADVANCES IN DIAGNOSTIC IMAGING AND RADIATION ONCOLOGY	Dr. Naresh Prasad, Dept. of Radiology, Baylor College of Medicine, Texas Medical Center, Houston, TX 77030, USA Tel: (713) 798-4415 Fax: (713) 798-5556
27-30 March	YOKOHAMA, Japan 1992 Annual Meeting of the PHYSICAL Society of Japan	Physical Soc. of Japan, Room 211, Kikai-Shinko Bldg., 3-5-8, Shiba-Koen, Minato-Ku, Tokyo 105, Japan Tel: (03) 434-2671
28-30 March	HIRATSUKA, Japan Annual Meeting of the ATOMIC ENERGY Society of Japan	Atomic Energy Society, No. 1-13, 1-chome, Shimbashi, Minato-ku, Tokyo 105, Japan Tel: 03-508-1261 Fax: 03-581-6128
28-31 March	OKAYAM, Japan 1992 Spring Meeting of the Japan Society of APPLIED PHYSICS	The Japan Society of Appl. Physics, Kunimatsu Bldg., 1-2-6 Kudan-kita, Chiyoda-ku, Tokyo 102, Japan Tel: 3-238-1041 Fax: 3-221-6245
April	LAS VEGAS, Nevada, USA 1992 International HIGH LEVEL RADIOACTIVE WASTE MANAGEMENT Conference.	Mr. James Tulenko, Attn: TRANSACTIONS Office, American Nuclear Society, 555 N. Kensington Ave., LaGrange Park, IL 60525, USA
5-8 April	PINE MOUNTAIN, Georgia, USA Executive Conference on REACTOR OPERATIONS AND ROBOTICS IN THE NUCLEAR INDUSTRY - II. Sponsor: American Nuclear Society	Mr. Norbert Grant, Oak Ridge Natl. Laboratory, P.O. Box 2008, Bldg 760, MS 305, Oak Ridge, TN 37831-6305, USA Tel: (615) 574-4530
5-9 April	RIGA, Latvia, USSR 4th European Conference on ATOMIC AND MOLECULAR PHYSICS. Sponsor: European Physical Society	Dr. E. Karule, IV ECAMP, Institute of Physics, Latvian Acad. of Sciences, 229021 Riga, Salaspils-1, Latvia, USSR Tel: 0132-94 00 84 Telex: 161 172 tema su Cable riga atom ussr
6-11 April	PARIS, France 9th International Symposium on RADIOPHARMACEUTICAL CHEMISTRY	Serv. Hospitalier F. Joliot, DRIPP-CEA, 4 Place Général Leclerc, F. 91406 Orsay, France Tel: 33(1)69 86 78 11 Fax: 33(1)69 86 77 68

FECHA	LUGAR / TEMA	INFORMACION
7-9 April	EDINBURGH, Scotland, UK International Conference on NUCLEAR PHYSICS	Meetings Officer, Institute of Physics, 47 Belgrave Square, London SW1X 8QX, UK Tel: (+ +44) (71) 235 61 11
11-15 April	ORLANDO, Florida, USA Annual Meeting of the American RADIUM Society	American Radium Society, 1101 Market St., 14th fl., Philadelphia, PA 19107, USA Tel: (215) 574-3179
26 April-1 May	PASCO, Washington, USA Topical Meeting on NEW HORIZONS IN RADIATION PROTECTION AND SHIELDING. Sponsor: American Nuclear Society: Health Physics Society	Dr. W. Bunch, ANS Inc., P.O. Box 941, Richland, WA 99352-0941, USA Tel: (509) 376-2894
26 April-1 May	TUCSON, Arizona, USA 6th International Symposium on HYPERTHERMIC ONCOLOGY	Ms. Meg Keiser, North American Hyperthermia Group, 1101 Market Street, Philadelphia, PA 19107, USA Tel: (215) 574-3153
5-7 May	KARLSRUHE, Germany Annual Meeting on NUCLEAR TECHNOLOGY 92. Sponsors: German Nuclear Society: German Atomic Forum	Deutsches Atomforum e.V., Conference Office JK 92, Heussallee 10, D-W-5300 Bonn 1, Germany Tel: 0228-507 223 Telex: 8 869 444 datf d Fax: 0228-507 219
7-9 May	MANNHEIM, Germany International Workshop on QUALITY ASSURANCE AND RADIATION PROTECTION IN DIGITAL RADIOGRAPHY. Sponsor: Commission of the European Communities (Participation by invitation only)	Mr. H. Schibilla, CEC, Radiation Protection Progr., DG XII. D3, rue de la Loi 200, B-1049 Brussels, Belgium Tel: +32/2/23 56469
10-15 May	ORLANDO, Florida, USA Annual Meeting of the American ROENTGEN RAY Society.	AARS, 1891 Preston White Drive, Reston, VA 22091, USA Tel: (703) 648-8992
16-19 May	LAKE OF THE OZARKS, Missouri, USA 9th Annual Meeting of the American College of MEDICAL PHYSICS.	ACMP, 1891 Preston White Drive, Reston, VA 22091, USA
17-22 May	MONTREAL, Quebec, Canada 8th World Congress of the International RADIATION PROTECTION Association	IRPA 8 Secretariat, 2155 Guy St., Ste. 820, Montreal, Quebec, Canada H3H 2R9 Fax: (514) 932-9419

FECHA	LUGAR / TEMA	INFORMACION
18-20 May	BANGKOK, Thailand Interregional Seminar on AGEING, DECOMMISSIONING AND/OR MAJOR REFURBISHMENT OF RESEARCH REACTORS.	Conference Service Section, IAEA, P.O. Box 100, A-1400 Vienna, Austria
18-20 May	BIRMINGHAM, UK 50th Annual Conference of the British Institute of RADIOLOGY (Radiology '92)	Programme Office, British Ins. of Radiology, 36 Portland Place, London W1N 4AT, UK Tel: 01-580 4085
18-22 May	TOKYO, Japan Symposium on NUCLEAR POWER PLANT INSTRUMENTATION AND CONTROL Sponsors: Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD); International Atomic Energy Agency	Conference Dept., OECD, 38, blvd Suchet, F. 75016 Paris, France Tel: 45 24 82 00 Fax: 45 24 85 00
18-22 May	Seminar on the Dynamic Behavior of Radionuclides in Forests Stockholm (Sweden)	G. Desmet - CEC DG XII-D-3, ARTS 3/56 rue de la Loi, 200 B-1049 Brussels
25-29 May	SASKATOON, Saskatchewan, Canada Meeting on RADIATION SAFETY IN URANIUM MINING. Sponsor: Government of Saskatchewan Co-sponsor: Canadian Nuclear Society	L.D. Brown, Saskatchewan Human Resources, Labour and Employment, 1870 Albert Street, Regina, Saskatchewan, Canada S4P 3V7 Tel: (306) 787-4486
25-31 May	JEREZ DE LA FRONTERA, Spain 12th Congress of the Latinamerican Association of Societies of BIOLOGY AND NUCLEAR MEDICINE (ALASBIMN) & 16th Congress of the Spanish Society of NUCLEAR MEDICINE (SEMN).	Colegio Oficial de Médicos, C/. Santa Isabel, 51, 28012 Madrid, Spain Tel: (91) 228 79 00 Telex: 47792 cmmd e Fax: (91) 239 6306
June	LENINGRAD, USSR International Symposium on RADIATION ECOLOGY AND RADIOGEOCHEMISTRY.	Dr. A.A. Smyslov, Leningrad Mining Institute, 21, Linija, 2, 199 026 Leningrad, USSR
June	ST. JOHN, New Brunswick, Canada Annual Conference of the Canadian NUCLEAR Association / Canadian NUCLEAR Society.	K. Krawczewsky, Canadian Nuclear Society, 111 Elizabeth St., 11th floor, Toronto, Ontario, Canada M5J 2L7 Tel: (416) 977-7620
1-4 June	TURKU, Finland 6th Symposium on the MEDICAL APPLICATION OF CYCLOTRONS.	Turku Medical Cyclotron- PET Center, Turku University Central Hospital, SF-20520 Turku, Finland Tel: INT + 358-21-612770 Fax: INT + 358-21-318191

FECHA	LUGAR / TEMA	INFORMACION
7-12 June	BOSTON, Massachusetts, USA Annual Meeting of the American NUCLEAR Society (Includes Embedded Topical Meeting on Risk Management-Expanding Horizons).	Meetings Department, American Nuclear Society, 555 North Kensington Avenue, La Grange Park, IL 60525, USA Tel: (708) 352-6611 Fax: (708) 352-6464
9-12 June	LOS ANGELES, California, USA 39th Annual Meeting of the Society of NUCLEAR MEDICINE.	The Society Nucl. Medicine, Dept. of Meeting Services, 136 Madison Avenue, New York, NY 10016-6760, USA Tel: (212) 889-0717
14-16 June	ORLANDO, Florida, USA 1st World Congress for ELECTRICITY AND MAGNETISM IN BIOLOGY AND MEDICINE.	1st World Congress, c/o W/L Associates, Ltd., 120 W. Church Street, Frederick, MD 21701, USA Tel: (301) 663-1915 Fax: (301) 663-0043
15-17 June	WUERZBURG, Germany International Workshop on TEXT PHANTOMS AND OPTIMISATION IN DIAGNOSTIC RADIOLOGY. Sponsor: Commission of the European Communities (Participation by invitation only)	Mr. H. Schibilla, CEC, Radiation Protection Progr., DG XII. D.3, rue de la Loi 200, B-1049 Brussels, Belgium Tel: +32/2/23 56469
21-25 June	COLUMBUS, Ohio, USA Annual Meeting of the HEALTH PHYSICS Society.	Health Physics Society, 8000 Westpark Drive, Suite 400, McLean, VA 22102, USA

DEMANDAS

NOMBRE: Sol Durá Ramos

EDAD: 24 años

TITULACION: Licenciada en Ciencias Físicas, especialidad NUCLEAR, por la Universidad de Valencia.

IDIOMAS: Inglés

TELEF. CONTACTO: (96) 277 03 62

PRO-RAY = PROTECCION RADIOLOGICA



Control de calidad en rayos X

Para un correcto control de calidad, tanto del equipo de Rayos-X como del proceso de revelado, es necesaria la utilización de equipos y accesorios de reconocida valía.

- Fantasmas de alineamiento y colimación.
- Patrones de prueba para mancha focal.
- Patrón para modulación de transferencia.
- Penetrómetro.
- Densitómetro.
- Sensitómetro.
- Fotómetro.
- Filtros de aluminio y cobre.

Y sobre todo:

- Equipo electrónico de evaluación de los parámetros en la salida del tubo de Rayos-X de forma no invasiva. Mod. Nero 6.000 M.
- Este equipo es capaz de evaluar por sí solo parámetros como:
- kVp.
 - Tiempo de exposición.
 - Radiación emitida.
 - Realiza estudios estadísticos.
 - Calidad del haz.
 - Repetibilidad, etc., etc.



Posicionadores e inmovilizadores

Posicionadores:

Gran variedad de posicionadores, en tres tipos de recubrimiento, permiten al profesional realizar los estudios radiográficos disponiendo siempre de una base perfecta para la colocación del paciente.

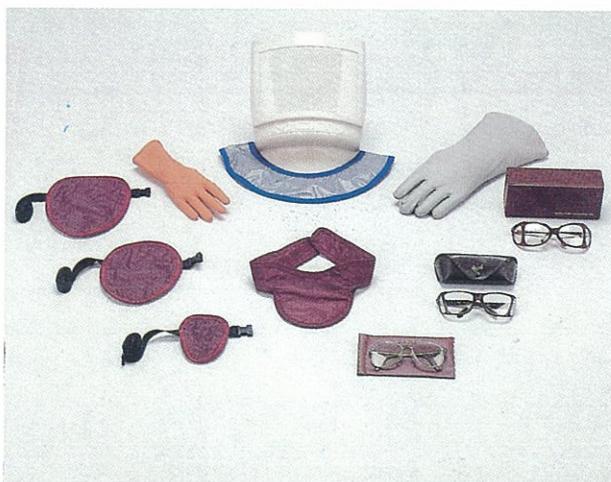
Inmovilizadores:

En ocasiones, las características del estudio o la dificultad propia del paciente —niños, ancianos, disminuidos— impone la necesidad del uso de siste-

mas especiales de inmovilización y posicionamiento.

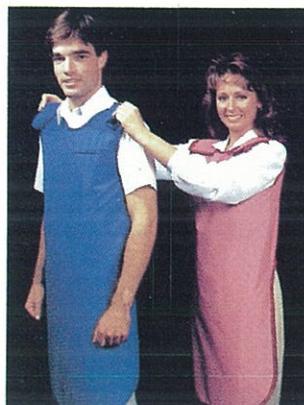
Para estos casos es importante disponer de los artículos adecuados que permitan, en el menor tiempo y mayor comodidad posible, la obtención de estudios de calidad:

- Inmovilizadores de extremidades, cara, cabeza y cuello...
- Inmovilizadores pediátricos para radiografía, scanner...
- Sacos de arena de dimensiones, formas y pesos variados...



Material auxiliar de protección

- Gafas plomadas de protección. (También graduadas).
 - Guantes de protección (0,5 mm Pb).
 - Guantes quirúrgicos plomados.
 - Collarines de tiroides. (0,25-0,5 mm Pb).
 - Protectores gonadales.
 - Máscaras para hemodinámica.
- Todos los artículos fabricados con materiales ligeros, y resistentes.



Delantales de protección

Principales características:

- Delantales superligeros de 0,3/0,5 mm Pb.
- Fabricados a base de vinilo de plomo de alta densidad lo que proporciona mayor protección al tiempo que reduce el peso en un 30% y aumenta la flexibilidad.
- Cubierta de nylon muy resistente y fácilmente limpiable.
- Bolsillos exclusivos de bordes dobles.
- Hombros sin costura. Prolongan la vida del delantal y mejoran la comodidad y movilidad del usuario.

PRO-RAY, S.A.

C/. LEYRE, 2 BAJO
 TLF.: (948) 22 36 01
 FAX: (948) 22 27 37

MADRID

C/. CALERUEGA, 55 - 1º A
 EDIFICIO ABACO II
 TLF.: (91) 383 96 25
 383 97 37
 FAX: (91) 383 85 79

SEVILLA

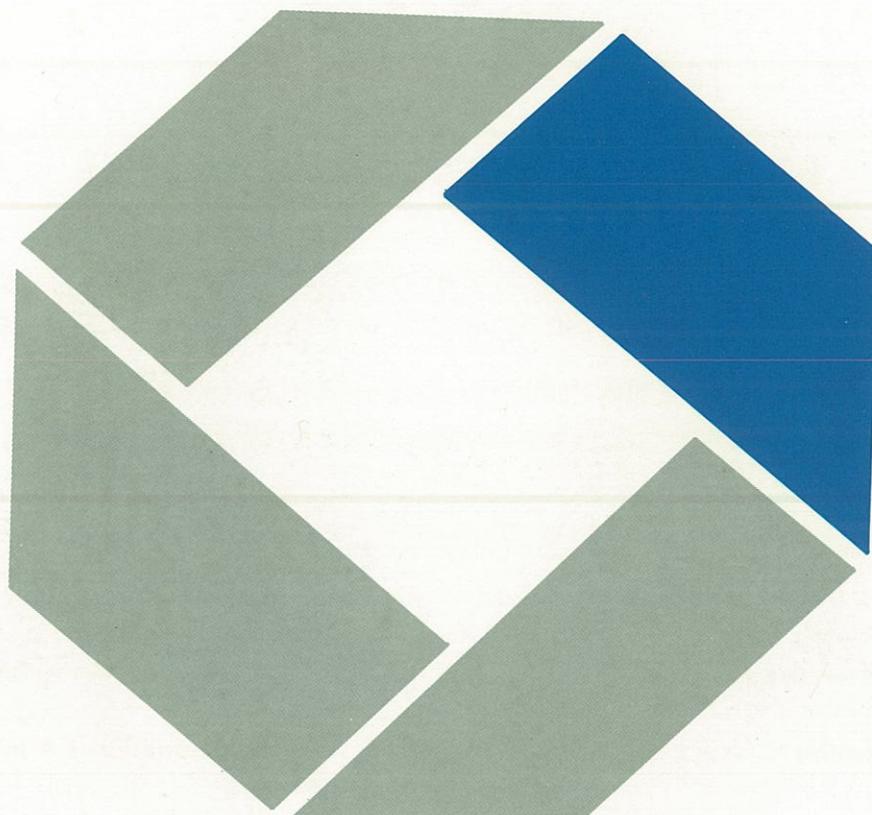
AVDA. LUIS DE MORALES, 32
 EDIFICIO FORUM
 TLF.: (95) 458 17 01
 FAX: (95) 458 17 02

BARCELONA

C/. DANTE ALIGHIERI 143, 145
 TLF.: (93) 420 94 62
 FAX: (93) 420 94 62

VIGO

CIES ELECTROMEDICINA
 C/. GERONA, 19
 TLF.: (986) 20 50 61
 FAX: (986) 20 69 97



MEDGENIX ESPAÑA, S.A.
Calidad y Servicio en
Medicina Nuclear



MEDGENIX ESPAÑA, S.A.

GENERAL MARGALLO, 27 - 2º C

TELEFS.: 571 19 42

FAX: 571 37 88

28020 MADRID