

**MANUAL DE PROTECCIÓN RADIOLÓGICA
DE LOS CENTROS HOSPITALARIOS PERTENECIENTES A LA RED
PÚBLICA DEL PRINCIPADO DE ASTURIAS**

(Actualización Octubre 2012)

*Servicio de Física Médica y Protección Radiológica
HUCA*

Í N D I C E

- I.- Radiaciones ionizantes utilizadas en los diferentes centros
 - I.1.- Generadores de rayos X.
 - I.2.- Fuentes radiactivas
 - I.3.- Riesgos derivados.
- II.- Medida de la radiación y sus efectos:
 - II.1.- Dosis absorbida y dosis equivalente.
 - II.2.- Detección y medida.
- III.- Efectos biológicos de las radiaciones ionizantes:
 - III.1.- Efectos estocásticos.
 - III.2.- Efectos no estocásticos.
- IV.- El reglamento sobre Protección Sanitaria contra Radiaciones Ionizantes:
 - IV.1.- Servicio de Protección Radiológica.
- V.- Normas básicas de protección y límite de dosis:
 - V.1.- Clasificación del personal
 - V.2.- Límites anuales de dosis para los trabajadores expuestos
 - V.3.- Protección especial durante el embarazo y la lactancia
 - V.4.- Exposiciones especialmente autorizadas
 - V.5.- Exposiciones excepcionales
 - V.6.- Protección radiológica de la población
- VI.- Medidas fundamentales de vigilancia para la protección de las personas expuestas:
 - VI.1.- Normas generales de vigilancia.
 - VI.2.- Prevención de la exposición.
 - VI.3.- Determinación y riesgo de las dosis recibidas.
 - VI.4.- Vigilancia médica.
 - VI.5.- Métodos básicos de Protección Radiológica.
 - VI.5.1.- Riesgo de radiación externa.
 - VI.5.2.- Riesgo de contaminación.
- VII.- Medidas fundamentales de vigilancia para la protección del público.
- ANEXO I: Medicina Nuclear y Laboratorios de RIA
 - Normas de trabajo con fuentes encapsuladas.
 - Normas de trabajo con fuentes no encapsuladas.
- ANEXO II: Radiodiagnóstico
- ANEXO III: Equipos de Radioterapia.
- ANEXO IV: Almacenamiento y evacuación de residuos contaminados con material radiactivo.
 - Protocolo de recogida de residuos radiactivos
- ANEXO V: Tratamiento de la contaminación.
- ANEXO VI: Legislación nuclear española fundamental.
 - Glosario de términos.
- ANEXO VII. Instalaciones de la red pública de salud del Principado de Asturias

Introducción

La peligrosidad de las radiaciones ionizantes hace necesario el establecimiento de medidas que garanticen la protección de los trabajadores expuestos y el público en general contra los riesgos resultantes de la exposición a las mismas. Ya en 1997, la Comisión Internacional de Protección Radiológica (ICRP), indicó que las radiaciones ionizantes sólo deben ser empleadas si su utilización está justificada, considerando las ventajas que representa en relación con el detrimento de la salud que pudiera ocasionar.

En el ámbito de la Unión Europea, el tratado constitutivo de la Comunidad Europea de la Energía Atómica (EURATOM) establece que la Comunidad debe disponer de normas uniformes de protección sanitaria de los trabajadores y de la población en general contra los riesgos que resulten de las radiaciones ionizantes, así como de límites de dosis que sean compatibles con una seguridad adecuada, de niveles de contaminación máximos admisibles y de principios fundamentales de vigilancia sanitaria de los trabajadores.

En consecuencia, han emanado del Consejo sucesivas disposiciones de obligado cumplimiento para los Estados miembros, entre las que se encuentra la Directiva 96/29/EURATOM, que basándose en el considerable desarrollo de los conocimientos científicos relacionados con la protección radiológica y en los nuevos criterios recomendados en la publicación nº 60 del ICRP, establece las normas básicas relativas a la protección sanitaria de los trabajadores y de la población que resultan de las radiaciones ionizantes. Esta Directiva ha sido transpuesta al ordenamiento jurídico español, mediante el RD 783/2001 por el que se aprueba el Reglamento de protección sanitaria contra radiaciones ionizantes que es de aplicación a todas las prácticas que presenten un riesgo derivado de las mismas, tanto si su procedencia es de origen artificial como natural.

I.- RADIACIONES IONIZANTES UTILIZADAS EN LOS DIFERENTES CENTROS

Se llaman radiaciones ionizantes a aquellas radiaciones compuestas por fotones o partículas, que son capaces de ionizar directa o indirectamente los átomos que encuentran en su recorrido. La radiación ionizante cede suficiente energía a la materia como para liberar algún electrón de los átomos que la forman, entonces se dice que se ha producido un fenómeno de **ionización**. Para que se produzca este fenómeno es necesario que la energía de la radiación sea superior a la energía de enlace de los electrones.

Estas radiaciones se producen de diversas formas:

I.1.- Generadores de Rayos X.

Son aparatos alimentados por corriente eléctrica, de funcionamiento discontinuo, en los que la emisión de radiación depende de un interruptor. No producen ni almacenan sustancias radiactivas (radiactividad).

Pertenecen a este grupo los equipos de radiodiagnóstico, radioterapia superficial y aceleradores lineales.

Los rayos X producidos son haces de fotones (radiación electromagnética), de la misma naturaleza que la luz visible, la ultravioleta, la infrarroja, las ondas de radio, televisión o radar. La única diferencia entre ellas es la longitud y frecuencia de la onda, es decir la energía.

La energía de los rayos X y su poder de penetración son proporcionales a la tensión eléctrica utilizada para su producción.

I.2.- Fuentes Radiactivas.

Los átomos de algunos elementos emiten radiación de forma continua y autónoma (se desintegran). Si la emisión se produce espontáneamente el fenómeno se conoce como radiactividad natural, como en el Radio 226, el Carbono 14, etc.

En el caso de la radiactividad artificial, el átomo se ha convertido en radiactivo al ser bombardeado con partículas (protones, neutrones, etc.) en un reactor nuclear, a este grupo pertenecen el Cobalto 60, el Manganeso 54 o bien como subproducto de fisión, como es el Iodo 131, el Itrio 90 y el Cesio 137.

Los elementos radiactivos se conocen también con el nombre de radionucleidos, isótopos radiactivos y en general se les denomina fuentes radiactivas.

Se caracterizan por:

a) **La clase de radiación** que emiten: partículas alfa (α), partículas beta (β), radiación gamma, neutrones, etc.

b) **La energía** de la radiación emitida. La unidad de medida es el electronvoltio (eV) y se utilizan los múltiplos keV (1000 eV) y el MeV (1.000.000 eV). El poder de penetración de la radiación en la materia (inerte o viva) depende de la clase y de la energía de la misma. Así las partículas α tienen muy poco poder de penetración y pueden ser absorbidas por una hoja de papel, las β necesitan más espesor de material, soliendo bastar con 1 cm de metacrilato. La radiación gamma, para ser atenuada, necesita espesores variables de plomo u hormigón, dicho espesor depende de la energía y de la atenuación que se desee.

c) **La actividad**, se define como: el número de desintegraciones producidas en el tiempo de un segundo. La unidad de medida es el **Becquerel (Bq)** que corresponde a una desintegración/segundo. El **Curio (Ci)** es una unidad antigua equivalente a 3.7×10^{10} Bq.

d) **El período de semi-desintegración**. La actividad de los elementos radiactivos disminuye con el tiempo, y se llama período de semi-desintegración al tiempo necesario para que el número de átomos radiactivos de un elemento se reduzca a la mitad. El período de semi-desintegración del ^3H es de 12.3 años, el del ^{14}C es de 5600 años, el del ^{32}P es de 14.3 días, el del ^{35}S es de 87 días y el del ^{125}I es de 60 días.

e) **Forma de presentación**. Las fuentes radiactivas pueden estar encerradas en una envoltura metálica que impide que se produzca dispersión del material radiactivo o contaminación. Estas fuentes se llaman **encapsuladas**. La cápsula también sirve como filtro de las radiaciones de energía más baja. Las fuentes radiactivas de uso común en los laboratorios de Bioquímica, Microbiología y Medicina Nuclear, se presentan en forma líquida, **no encapsulada** y por lo tanto pueden producir contaminación si no se trabaja adecuadamente. Son por ejemplo el ^{99}Tc , ^{131}I , ^{32}P , ^{125}I , ^3H , ^{14}C , ^{35}S , ^{22}Na , ^{54}Mn , ^{59}Fe .

I.3- Riesgos derivados.

Se denomina **irradiación** a la transferencia de energía de un material radiactivo a otro material, sin que sea necesario un contacto físico entre ambos, y **contaminación radiactiva** a la presencia de materiales radiactivos en cualquier

superficie, materia o medio, incluyendo las personas. Es evidente que toda contaminación da origen a una irradiación

Irradiación externa

Se dice que hay riesgo de irradiación externa cuando, por la naturaleza de la radiación y el tipo de práctica, la persona sólo está expuesta mientras la fuente de radiación está activa y no puede existir contacto directo con un material radiactivo. Es el caso de los generadores de rayos X, los aceleradores de partículas y la utilización o manipulación de fuentes encapsuladas.

Contaminación radiactiva

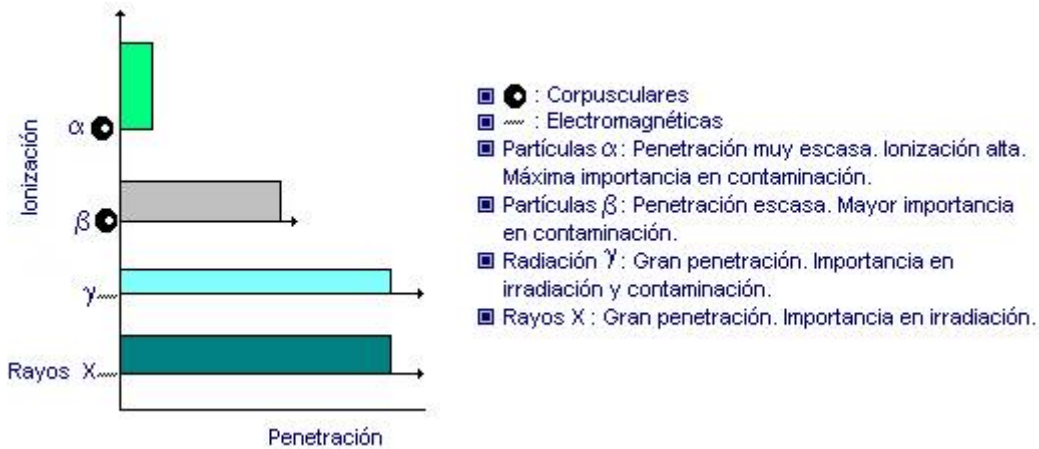
Cuando puede haber contacto con la sustancia radiactiva y ésta puede penetrar en el organismo por cualquier vía (respiratoria, dérmica, digestiva o parenteral) se habla de riesgo por contaminación radiactiva. Esta situación es mucho más grave que la simple irradiación, ya que la persona sigue estando expuesta a la radiación hasta que se eliminen los radionucleidos por metabolismo o decaiga la actividad radiactiva de los mismos.

Exposición

Se llama exposición al hecho de que una persona esté sometida a la acción y los efectos de las radiaciones ionizantes. Puede ser:

- **Externa:** exposición del organismo a fuentes exteriores a él.
- **Interna:** exposición del organismo a fuentes interiores a él.
- **Total:** suma de las exposiciones externa e interna.
- **Continua:** exposición externa prolongada, o exposición interna por incorporación permanente de radionucleidos, cuyo nivel puede variar con el tiempo.
- **Única:** exposición externa de corta duración o exposición interna por incorporación de radionucleidos en un corto periodo de tiempo.
- **Global:** exposición considerada como homogénea en el cuerpo entero.
- **Parcial:** exposición sobre uno o varios órganos o tejidos, sobre una parte del organismo o sobre el cuerpo entero, considerada como no homogénea.

En caso de contaminación radiactiva del organismo humano, dependiendo de que los radionucleidos estén depositados en la piel, los cabellos o las ropas, o bien hayan penetrado en el interior del organismo, se considera contaminación externa o contaminación interna respectivamente. La gravedad del daño producido está en función de la actividad y el tipo de radiaciones emitidas por los radionucleidos.



Penetración y nocividad de las radiaciones

II.- MEDIDA DE LA RADIACIÓN Y SUS EFECTOS

La interacción de las radiaciones ionizantes sobre un medio material produce un depósito de energía. En el caso de la materia viva este depósito puede tener como consecuencia una respuesta biológica.

II.1.- Dosis absorbida y dosis equivalente.

La magnitud que mide la energía depositada en el medio se denomina **dosis absorbida** y se define como la energía cedida por la radiación por unidad de masa irradiada (J/kg). La unidad de medida es el **Gray (Gy)**. Los efectos biológicos de las radiaciones no sólo dependen de la dosis absorbida sino también del tipo de radiación: fotones, radiación β, neutrones, etc. y de su distribución en el organismo.

Para medir estos efectos se utiliza el concepto de: **dosis equivalente**, cuya unidad de medida es el **Sievert (Sv)**.

Así la relación entre ambas magnitudes es:

$$\text{Dosis equivalente (Sv)} = \text{Dosis absorbida (Gy)} \cdot \mathbf{W_R}$$

$\mathbf{W_R}$ es el factor de ponderación que depende del tipo de radiación y de su energía. Para la radiación gamma y beta dicho factor es igual a la unidad mientras que para la radiación alfa toma el valor 20.

El Sv es una unidad demasiado grande para expresar la dosis equivalente recibida por las personas expuestas a las radiaciones, por esto se utilizan los submúltiplos **mSv (0.001 Sv)** y **μSv (0.000001 Sv)**.

II.2.- Detección y medida de las radiaciones ionizantes.

La detección y medida de las radiaciones se hace por métodos indirectos, esto es, evaluando los procesos físicos y químicos que provocan las radiaciones ionizantes al interaccionar con la materia. Midiendo la intensidad del efecto, es posible conocer la cantidad y la calidad de la energía cedida por la radiación al medio irradiado.

- **Cámaras de ionización y contadores Geiger Müller.** Este tipo de instrumentos consisten básicamente en una cámara llena de gas, dentro de la cual están emplazados dos electrodos entre los que se establece una diferencia de potencial de algunos cientos de voltios. La radiación ioniza el gas, y la carga eléctrica producida es recogida por los electrodos, dando lugar a corriente eléctrica. Esta corriente se mide mediante un amperímetro previamente calibrado, en escalas de tasa de dosis. Se suelen utilizar como monitores de radiación que permiten la lectura en tiempo real, ya sea la tasa de dosis, cantidad de dosis por unidad de tiempo (modo tasa) o la dosis acumulada a partir de un momento dado (modo integración).

Otros están diseñados como monitores de contaminación.

- **Termoluminiscencia.** Algunas sustancias cristalinas como el LiF, al ser irradiadas, sufren cambios en sus niveles de excitación, dichos cambios consisten en que algún electrón puesto en movimiento por la radiación es atrapado por unos huecos o trampas que posee el cristal. Estos electrones permanecen en las trampas hasta que el cristal se calienta, entonces vuelven a su posición original emitiendo la energía sobrante en forma de luz, de ahí el nombre de termoluminiscencia (TL o TLD). La cantidad de luz emitida es proporcional a la dosis recibida por el material TL. Este material se usa principalmente como dosímetros personales, trabajando en modo integración y siendo de lectura indirecta.

- **Contadores de centelleo:** basados en la propiedad que tienen algunas sustancias de emitir luz visible o ultravioleta al incidir radiación ionizante sobre ellas. La detección de partículas de pequeño poder de penetración como las β , se lleva a cabo mediante la dilución de la muestra en líquidos de centelleo y su posterior recuento en contadores de centelleo, o bien en detectores de gas carentes de ventana. Los fotones gamma se suelen detectar con centelleadores sólidos inorgánicos (como en el caso de las gammacámaras)

- **Dosímetros**

Son medidores de radiación diseñados para medir dosis de radiación acumulada durante un periodo de tiempo y normalmente se utilizan para medir la dosis a que está expuesto el personal que trabaja, o que permanece en zonas en las que existe riesgo de irradiación. De acuerdo con el principio de funcionamiento pueden ser: de cámara de ionización, de película fotográfica o de termoluminiscencia.

Estos últimos son los más utilizados, ya que permiten leer la dosis recibida y acumulada en un período largo de tiempo, normalmente de un mes

III.- EFECTOS BIOLÓGICOS DE LAS RADIACIONES IONIZANTES

La energía depositada por la radiación en la materia viva produce cambios en las estructuras celulares, dando lugar a efectos que pueden ser perjudiciales. Estos efectos son llamados: **somáticos** si sólo afectan a la salud del individuo irradiado y **hereditarios** cuando afectan a la descendencia.

III.1.- Efectos deterministas (no estocásticos).

Aparecen como una consecuencia inevitable de la exposición a niveles altos de radiaciones ionizantes, por ejemplo, la producción de un eritema tras la irradiación, o de una anemia (efectos somáticos).

Para que estos efectos se presenten, la dosis ha de alcanzar un cierto valor, **dosis umbral**, por debajo de la cual dichos efectos no se producen. El grado de importancia o severidad del efecto depende de la cantidad de dosis recibida.

III.2.- Efectos estocásticos (al azar).

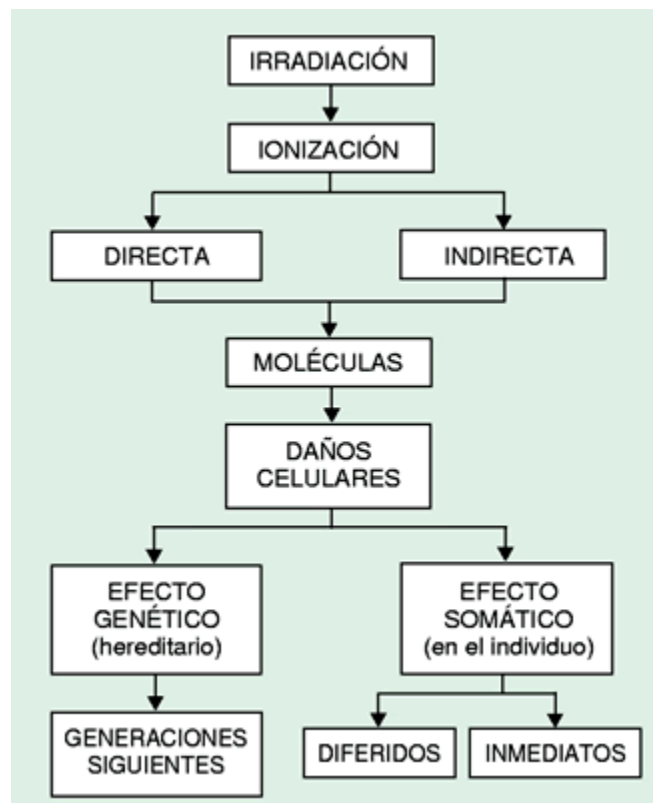
Después de una irradiación, hay efectos tardíos que pueden presentarse o que pueden no presentarse, sin que se sepa la causa; por ejemplo, la exposición a las radiaciones ionizantes aumenta la probabilidad de que aparezca una leucemia o malformaciones fetales (efectos somáticos) o la posibilidad de transmisión de mutaciones a la descendencia (efecto hereditario), siendo sin embargo imposible en un caso particular asegurar que la aparición de una leucemia o un feto malformado sea debido a la irradiación recibida. Conforme aumenta la dosis equivalente, aumenta la probabilidad de que aparezca uno de estos efectos. Se considera que no hay dosis umbral y que la probabilidad de que se produzca es proporcional a la exposición.

En personas expuestas durante largos períodos de tiempo a la acción de las radiaciones ionizantes se han descrito: alteraciones de la fórmula hemática, agravación de enfermedades crónicas, aumento de la frecuencia de cataratas, disminución de la fertilidad, alteraciones genéticas, etc. Si por razones justificadas el desarrollo de una actividad (laboratorio, industria, hospital, etc.) implica riesgo de exposición a las radiaciones ionizantes, se han de tomar las medidas necesarias para prevenir los efectos deterministas somáticos y disminuir la probabilidad de que se produzcan efectos estocásticos (somáticos y hereditarios).

Para ello la dosis equivalente resultante de la exposición profesional ha de ser lo suficientemente baja para que no se alcance la dosis umbral, aún cuando la persona profesionalmente expuesta a las radiaciones, lo sea durante toda su vida laboral.

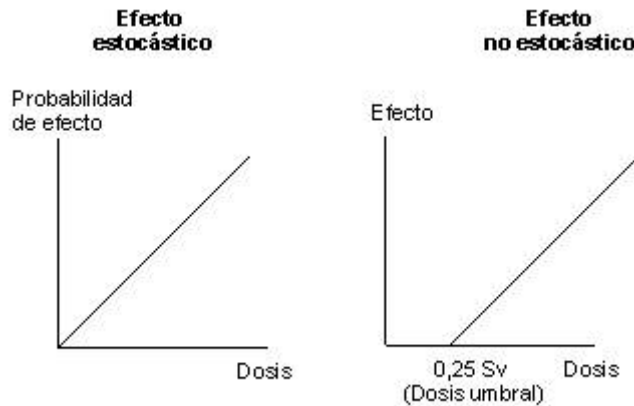
La limitación de los efectos estocásticos, se consigue, poniendo los medios para que la exposición producida por la actividad (instalación radiactiva, etc.) sea tan baja como razonablemente se pueda conseguir, teniendo en cuenta factores de orden social y económico.

La protección radiológica tiene como finalidad la defensa del individuo, sus descendientes y la humanidad en su conjunto contra los riesgos que se derivan de la utilización de las radiaciones ionizantes. Para alcanzar este objetivo, se establecen normas y recomendaciones tanto nacionales como internacionales.



Daños biológicos de las R.I.

La relación dosis-respuesta puede ser probabilística (efecto estocástico), asumiéndose actualmente que no existe una dosis umbral y que la probabilidad aumenta linealmente con la dosis, o bien puede haber una relación directa causa-efecto (efecto no estocástico o gradual) lo que ocurre a partir de una determinada dosis denominada "dosis umbral" (0,25 Sv en el ejemplo posterior). En este caso el efecto aumenta con la dosis



Relación dosis-respuesta

IV.- EL REGLAMENTO SOBRE PROTECCIÓN SANITARIA CONTRA RADIACIONES IONIZANTES (RPSCRI)

El Reglamento sobre Protección Sanitaria contra radiaciones ionizantes actualmente vigente fue aprobado por el Real Decreto 783/2001 (B.O.E. del 26 de julio de 2001), constituyendo la transposición (no íntegra) de la Directiva 96/29/EURATOM.

Este Reglamento tiene por objeto establecer las normas relativas a la protección de los trabajadores y de los miembros del público contra los riesgos que resultan de las radiaciones ionizantes. Es de aplicación a todas las prácticas que impliquen un riesgo derivado de las radiaciones ionizantes que procedan de una fuente artificial, o bien, de una fuente natural cuando los radionucleidos naturales han sido procesados por sus propiedades radiactivas, fisionables o fértiles. Es decir, aplica a todo tipo de instalaciones nucleares y radiactivas, del ámbito hospitalario, de investigación, de uso, almacenamiento o transporte de materiales radiactivos, etc.

Dado que el incumplimiento de estas normas de protección somete a un riesgo innecesario, tanto a los trabajadores expuestos a las radiaciones ionizantes como al público en general (personal del hospital, acompañantes de pacientes, pacientes no radiológicos), su incumplimiento está sometido a un régimen sancionador, con multas cuya cuantía puede llegar hasta los 3 millones de euros, motivo tampoco despreciable para conocerlas y cumplirlas.

IV.1.- Servicio de protección radiológica.

La actual legislación sobre Protección contra Radiaciones Ionizantes establece que debe existir un Servicio de Protección Radiológica en aquellas instalaciones en las que, a juicio del Consejo de Seguridad Nuclear (C.S.N.), sea necesario, dependiendo de la importancia y cuantía de las actividades que se desarrollen.

Los medios humanos de que dispone este servicio en el Hospital Universitario Central de Asturias son: un jefe de servicio de Protección Radiológica tres radiofísicos adjuntos, tres técnicos acreditadas como técnicos de Protección Radiológica, una auxiliar administrativo y un celador.

También efectúan su periodo de formación 3 Radiofísicos Residentes con dependendencia funcional de este Servicio

Este servicio tiene como misiones:

- Asesorar a los Titulares de los centros en materia de protección Radiológica
- Elaborar el Manual de Protección contra Radiaciones Ionizantes.
- Participar en la elaboración de los planes de emergencia interior y definición de responsabilidades.
- Optimizar las dosis debidas a las técnicas utilizadas en cada instalación.
- Supervisar el diseño de todos los sistemas, dispositivos o medidas de protección contra radiaciones ionizantes y contaminación radiactiva.
- Evaluar los riesgos radiológicos de las instalaciones.
- Vigilar la radiación y la contaminación.
- Vigilar el almacenamiento y evacuación de residuos radiactivos sólidos y líquidos.
- Verificar los sistemas de detección y medida de las radiaciones ionizantes.
- Aplicar las normas de protección a los trabajadores expuestos.
- Controlar los dosímetros personales, dosimetría de áreas.
- Clasificar a los trabajadores expuestos y verificar la vigilancia sanitaria de los mismos.
- Evaluar el impacto radiológico de las instalaciones, tanto en funcionamiento normal como en caso de accidente.
- Formar y entrenar al personal profesionalmente expuesto.

V.- NORMAS BÁSICAS DE PROTECCIÓN Y LÍMITES DE DOSIS

Las medidas de protección radiológica contra las radiaciones ionizantes están recogidas en su mayor parte en el RD 783/2001 y se basan en el principio de que la utilización de las mismas debe estar plenamente justificada con relación a los beneficios que aporta y ha de efectuarse de forma que el nivel de exposición y el número de personas expuestas sea lo más bajo posible, procurando no sobrepasar los límites de dosis establecidos para los trabajadores expuestos, las personas en formación, los estudiantes y los miembros del público. Estas medidas consideran los siguientes aspectos:

- Evaluación previa de las condiciones laborales para determinar la naturaleza y magnitud del riesgo radiológico y asegurar la aplicación del principio de optimización.
- Clasificación de los trabajadores expuestos en diferentes categorías según sus condiciones de trabajo.
- Clasificación de los lugares de trabajo en diferentes zonas, considerando la evaluación de las dosis anuales previstas, el riesgo de dispersión de la contaminación y la probabilidad y magnitud de las exposiciones potenciales
- Aplicación de las normas y medidas de vigilancia y control relativas a las diferentes zonas y las distintas categorías de trabajadores expuestos, incluida, si es necesaria, la vigilancia individual.
- Vigilancia sanitaria

V.1.- Clasificación del personal.

El Reglamento sobre Protección Sanitaria contra Radiaciones Ionizantes, clasifica a las personas como:

- a) Trabajadores expuestos.
- b) Estudiantes y personas en formación
- c) Miembros del público.
- d) Población en su conjunto.

Trabajadores expuestos son aquellas personas sometidas a una exposición a causa de su trabajo, derivada de las prácticas a las que se refiere el RPSCRI, que pudieran entrañar dosis superiores a alguno de los límites de dosis para miembros del público. Cabe recordar que, en prevención de los efectos estocásticos, el límite de dosis ponderado a todo el cuerpo para los miembros del público es de 1 mSv por año oficial mientras que, en prevención de los efectos deterministas o no estocásticos, el límite es de 50mSv/año en piel, y de 150 mSv/año en el cristalino.

Los **miembros del público** son personas de la población, con excepción de los trabajadores expuestos, las personas en formación y los estudiantes, durante sus horas de trabajo (Ejemplo: personal del hospital que no trabaja con radiaciones, alumnos, etc.).

Por **población en su conjunto**, se considera a la totalidad del personal, abarcando tanto a los profesionalmente expuestos, estudiantes y personas en formación, así como a los miembros del público.

Como regla general se prohíbe a toda persona menor de 16 años participar en actividades en las que se pueda estar sometida a la acción de las radiaciones ionizantes. Para las **personas en formación y estudiantes**, mayores de 18 años que, durante sus estudios, tengan que utilizar fuentes, los límites de dosis aplicables serán los mismos de los trabajadores expuestos; mientras que si sus edades están comprendidas entre los 16 y los 18 años, los límites de dosis aplicables son de 6 mSv para la dosis efectiva por año oficial, 50 mSv para el cristalino, 150 mSv para la piel y 150 mSv para las extremidades, para las dosis equivalentes. Las condiciones de exposición y la protección operacional de estas personas serán equivalentes a las de los trabajadores expuestos de categoría B. Adicionalmente se contempla que los límites de dosis para personas en formación y estudiantes que no estén sometidos a las disposiciones anteriores, serán los mismos que los establecidos para el público.

V.2.- Límites anuales de dosis para los trabajadores expuestos:

El límite de dosis efectiva será de 100 mSv durante todo período de cinco años consecutivos, sujeto a una dosis efectiva máxima de 50 mSv en cualquier año oficial. Es decir por año oficial serán:

todo el organismo 20 mSv (media). 50 mSv (máximo); cristalino 150 mSv piel 500 mSv manos, antebrazos 500 mSv tobillos, pies.

El límite para todo el organismo es para hacer frente a los efectos de tipo estocástico, mientras que los límites indicados para los órganos individualmente son para garantizar la no aparición de efectos de tipo determinista.

En el cómputo de esta dosis no se incluirán las dosis debidas al fondo radiactivo natural o los correspondientes a exámenes o tratamientos médicos.

Límites de dosis (RD 783/2001)

DOSIS EFECTIVA (1)	Personas profesionalmente expuestas	Trabajadores	100 mSv/5 años oficiales consecutivos (máximo: 50 mSv/cualquier año oficial) (2)
	Personas profesionalmente no expuestas	Aprendices y estudiantes (entre 16 y 18 años) (3) Público, aprendices y estudiantes (menores de 16 años) (4)	6 mSv/año oficial 1 mSv/año oficial
DOSIS EQUIVALENTE	Personas profesionalmente expuestas	Trabajadores Cristalino Piel (5) Manos, antebrazos, pies y tobillos Aprendices y estudiantes (entre 16 y 18 años)	150 mSv/año oficial 500 mSv/año oficial 500 mSv/año oficial
	Personas profesionalmente no expuestas	Cristalino Piel (5) Manos, antebrazos, pies y tobillos Público, aprendices y estudiantes (menores de 16 años)	50 mSv/año oficial 150 mSv/año oficial 150 mSv/año oficial
CASOS ESPECIALES	Embarazadas (feto)	Debe ser improbable superar	1 mSv/embarazo
	Lactantes	No debe haber riesgo de contaminación radiactiva corporal	
EXPOSICIONES ESPECIALMENTE AUTORIZADAS	Sólo trabajadores profesionalmente expuestos de categoría A: en casos excepcionales las autoridades competentes pueden autorizar exposiciones individuales superiores a los límites establecidos, siempre que sea con limitación de tiempo y en zonas delimitadas.		

NOTA: la ICRP recomienda rebajar el límite anual de dosis equivalente que puede recibir el cristalino a 20 mSv por año, en promedio durante 5 años, sin que en ningún año se exceda de 50 mSv

(1) Dosis efectiva: suma de las dosis equivalentes ponderadas en todos los tejidos y órganos del cuerpo procedentes de irradiaciones internas y externas.

(2) 10 mSv = 1 rem

(3) Sólo en caso de aprendices y estudiantes que por sus estudios estén obligados a utilizar fuentes radiactivas. En ningún caso se podrán asignar tareas a los menores de 18 años, que pudieran convertirlos en trabajadores expuestos

(4) Excepcionalmente se podrá superar este valor, siempre que el promedio durante 5 años consecutivos no sobrepase 1 mSv por año.

(5) Calculando el promedio en cualquier superficie cutánea de 1 cm², independientemente de la superficie expuesta.

Debe considerarse siempre la posibilidad de que se puedan recibir dosis superiores a los límites citados cuando se trate de exposiciones de emergencia (de carácter voluntario) o de exposiciones accidentales (de carácter involuntario o fortuito)

V.3. Protección especial durante el embarazo y la lactancia

Tan pronto como la mujer embarazada comunique su estado al titular de la práctica, la protección del feto deberá ser comparable a la de los miembros del público. Por ello las condiciones de trabajo de la mujer embarazada serán tales que la dosis equivalente en feto sea tan baja como sea razonablemente posible, de forma que sea improbable que dicha dosis exceda de 1 mSv, al menos desde la comunicación de su estado hasta el final del embarazo. Por otro lado, desde el momento en que una mujer, que se encuentre en período de lactancia, informe de su estado al titular de la práctica, no se le asignarán trabajos que supongan un riesgo significativo de contaminación radiactiva. En los distintos Centros de la red pública del Principado de Asturias esta comunicación de embarazo se realizará a través del supervisor de la instalación (caso de las Instalaciones radiactivas) o del Director de la Instalación de radiodiagnóstico al Servicio de Protección Radiológica y al Servicio de Salud Laboral

V.4.- Exposiciones especialmente autorizadas

Se definen como aquellas actuaciones en situaciones excepcionales, excluidas las emergencias radiológicas, cuya ejecución hace necesario exponer a las personas al riesgo de recibir dosis superiores a los límites ocupacionales legalmente establecidos. Para estas circunstancias se exigen unos requisitos particulares que debe cumplir cualquier persona que participe en dichas operaciones. Dichos requerimientos son los siguientes:

- Sólo serán admitidos los trabajadores expuestos pertenecientes a la categoría A.
- No se autorizará la participación en exposiciones especialmente autorizadas a:
 - a) Las mujeres embarazadas y aquellas que en período de lactancia puedan sufrir una contaminación corporal
 - b) Las personas en formación o estudiantes.
- Toda exposición especialmente autorizada deberá estar debidamente autorizada por el Consejo de Seguridad Nuclear. Esta autorización solo se concederá cuando las exposiciones estén limitadas en el tiempo, se circunscriban a determinadas zonas de trabajo y estén comprendidas dentro de los niveles máximos de dosis por exposición que defina para ese caso concreto el Consejo de Seguridad Nuclear.
- El titular de la práctica deberá justificar de antemano dichas exposiciones e informar a los trabajadores involucrados, a sus representantes, al Servicio de Prevención que desarrolle la vigilancia de la salud de los trabajadores, al Servicio o Unidad Técnica de Protección Radiológica, al Supervisor o persona a quién se le encomiende las funciones de protección radiológica. La participación de los trabajadores en estas exposiciones tendrá el carácter de voluntaria.

Debido a las fuentes de que se utilizan en los hospitales, resulta extremadamente improbable el que se puedan dar exposiciones especialmente autorizadas

PERSONAL EXCLUIDO DE EXPOSICIONES ESPECIALMENTE AUTORIZADAS

- **Los trabajadores Tipo B.**
- **Las mujeres embarazadas.**
- **Las mujeres en período de lactancia con riesgo de contaminación.**
- **Las personas en formación o estudiantes.**

V.5.- Exposiciones excepcionales.

Son aquellas situaciones que dan lugar a exposiciones que podrían implicar la recepción de dosis superiores a los límites de dosis fijados para condiciones normales de trabajo, bien sea por una **exposición de emergencia (intervención)**, en la que la persona participa voluntariamente o bien una **exposición accidental**, de carácter fortuito. En el caso de superación de los límites de dosis, como consecuencia de una exposición especialmente autorizada o de exposiciones excepcionales, deberá realizarse un estudio para evaluar, con la mayor rapidez y precisión posible, las dosis recibidas en la totalidad del organismo o en las regiones u órganos afectados. Poniéndose inmediatamente los resultados en conocimiento del Servicio de Prevención que desarrolle la vigilancia de la salud de los trabajadores (quién determinará las condiciones posteriores de exposición), del Consejo de Seguridad Nuclear y del trabajador afectado. Adicionalmente se deberá realizar una vigilancia sanitaria especial.

V.6.- Protección radiológica de la población.

La contribución de las prácticas a la exposición de la población será tan baja como sea posible, teniendo en cuenta tanto los factores sociales como los económicos, proyectándose convenientemente las mismas para evitar o reducir al mínimo posible la evacuación al medio ambiente de efluentes.

Límites anuales de dosis para los miembros del público

Límite anual para el caso de exposición total del organismo.

El **límite anual de dosis para la totalidad del organismo**, referido a un período de 1 año oficial, **es de 1 mSv**.

Parte afectada	Límite anual de dosis	Observaciones
Totalidad del organismo (general)	1 mSv/año oficial	El CSN podrá autorizar valores de dosis efectiva superiores en un único año oficial siempre que el promedio durante 5 años oficiales consecutivos no sobrepase 1 mSv/año oficial.

Exposición total homogénea del organismo

Límites anuales para el caso de exposición parcial del organismo.

Los límites anuales son los siguientes:

Parte afectada	Límite anual de dosis	Observaciones
Cristalino	15 mSv/año oficial	-
Piel	50 mSv/año oficial	Por contaminación radiactiva cutánea, y referido a la dosis media de una superficie de 1 cm ² en cualquier región cutánea
Mano, antebrazos, pies y tobillos	50 mSv/año oficial	-

En el caso de incorporación de radionucleidos o de mezclas de éstos, las dosis comprometidas por unidad de ingestión o por unidad de incorporación por inhalación se encuentran recogidas en las tablas A y B del Real Decreto 783/2001 Reglamento de Protección Sanitaria contra Radiaciones Ionizantes

VI.- MEDIDAS FUNDAMENTALES DE VIGILANCIA PARA LA PROTECCIÓN DE LAS PERSONAS EXPUESTAS.

VI.1.- Normas generales de vigilancia.

Antes de iniciar su actividad, las personas expuestas deben ser informadas e instruidas sobre:

- a) Riesgos de las radiaciones ionizantes y sus efectos biológicos.
- b) Normas generales de protección radiológica contra las radiaciones ionizantes y precauciones que deben adoptarse tanto en condiciones normales de trabajo como en situaciones de accidente.
- c) Normas específicas, medios y métodos de trabajo para su protección en las operaciones que vaya a realizar.
- d) Tipos y utilización de los instrumentos de detección y medidas de las radiaciones ionizantes y de los medios y equipos de protección personal.
- e) Necesidad de someterse a reconocimientos médicos, en su caso.
- f) Actuación en situación de emergencia.
- g) Responsabilidades derivadas de su puesto de trabajo con respecto a la protección radiológica.

VI.2.- Prevención de la exposición.

Para mejor vigilancia y control, los trabajadores expuestos se clasifican en dos categorías: **A** y **B** dependiendo de la dosis que puedan recibir en su puesto de trabajo.

Los lugares de trabajo también se clasifican, en función del riesgo de exposición que en ellos existe, en las siguientes zonas:

• **Zona controlada:** Es aquella en la que a) exista la posibilidad de recibir dosis efectivas superiores a 6 mSv por año oficial, o una dosis equivalente superior a 3/10 de los límites de dosis equivalente para el cristalino, la piel y las extremidades para los trabajadores expuestos. Y b) sea una zona en la que sea necesario seguir procedimientos de trabajo con objeto de restringir la exposición a la radiación ionizante, evitar la dispersión de la contaminación o prevenir o limitar la probabilidad de accidentes radiológicos. Las zonas controladas se subdividen en:

- a) **zona de permanencia limitada:** aquellas en las que existe riesgo de recibir dosis superiores a alguno de los límites anuales.
- b) **zona de permanencia reglamentada:** aquellas en las que existe riesgo de recibir dosis superiores a alguno de los límites anuales en cortos períodos de tiempo.
- c) Las zonas donde con una única exposición se podría superar los citados límites, se clasifican como zona controlada de **acceso prohibido**.

En caso de emergencia se accederá a estas zonas con los medios de protección personal adecuados, mediante medios de acción a distancia o mediante la disminución previa del nivel de radiación.

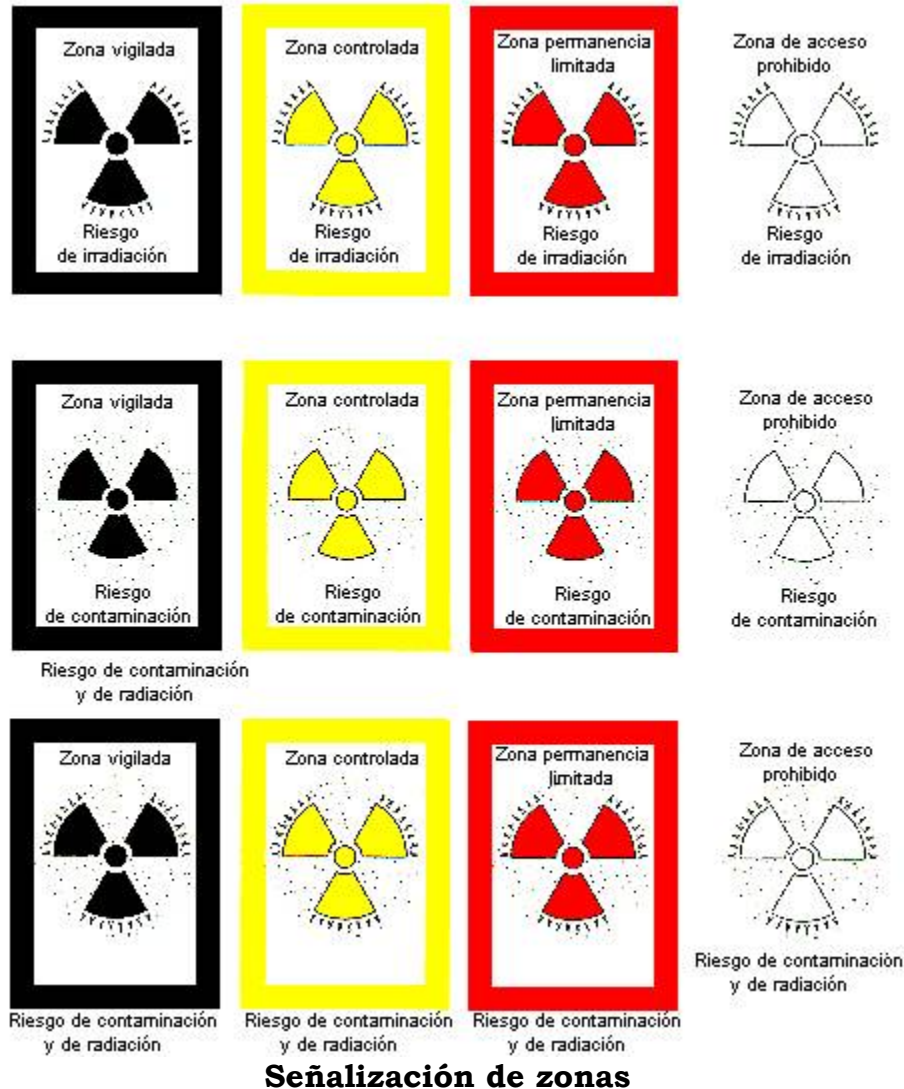
- **Zona vigilada:** Es aquella en la que, no siendo zona controlada, exista la posibilidad de recibir dosis efectivas superiores a 1 mSv por año oficial o una dosis equivalente superior a 1/10 de los límites de dosis equivalente para el cristalino, la piel y las extremidades para personal profesionalmente expuesto.

La clasificación de los lugares de trabajo deberá siempre estar actualizada de acuerdo con las condiciones reales de trabajo.

Las zonas controladas y vigiladas deben estar delimitadas adecuadamente y señalizadas de forma que quede de manifiesto el riesgo de exposición existente en las mismas. La señalización consiste en un símbolo internacional, un trébol, que tendrá diferente color: **gris, verde, amarillo, naranja o rojo**, según la clasificación de la zona. Adicionalmente, si en dicha zona existe el riesgo de contaminación, el fondo de la señalización será punteado, mientras que si el riesgo existente es de irradiación externa, el trébol estará bordeado por puntas radiales. El acceso a las distintas zonas está limitado a las personas autorizadas al efecto.

En las zonas controladas con riesgo de irradiación es obligatorio el uso de dosímetros individuales.

A la salida de las zonas controladas y vigiladas en las que existe riesgo de contaminación (laboratorios con fuentes no encapsuladas) debe haber detectores adecuados para comprobar su posible existencia.



VI.3.- Determinación y riesgo de las dosis recibidas.

La dosis recibida por las personas expuestas, en condiciones de trabajo habituales, se ha de determinar **mensualmente**, bien mediante dosímetro personal (Zona controlada, y personal de categoría A) o bien ser estimadas a partir de los resultados de la vigilancia ambiental o de área, según protocolo aprobado por la autoridad competente (Zona vigilada y personal de categoría B).

Si existe riesgo de que alguna parte del organismo pueda recibir una dosis superior a la que recibe la totalidad del mismo, se utilizarán además dosímetros adecuados, en las partes potencialmente afectadas.

En el caso de una exposición accidental, se efectuarán las medidas o análisis pertinentes para evaluar las dosis correspondientes. Se registrarán las dosis recibidas durante la vida laboral de los trabajadores expuestos a las radiaciones ionizantes. Este registro constituye el denominado historial dosimétrico individual y ha de estar en todo momento a disposición del trabajador en el Servicio de Protección Radiológica. Las dosis recibidas en exposiciones excepcionales constarán de modo independiente en este historial.

Los trabajadores expuestos que lo sean en más de una instalación, están obligados a dar cuenta de esta circunstancia al Jefe de Servicio de Protección Radiológica en cada uno de los centros en que trabajan al objeto de que en cada uno conste actualizado y completo su historial dosimétrico.

En los centros de la red pública del Principado de Asturias se utilizan dosímetros individuales del tipo termoluminiscente. Cada persona expuesta, tiene asignados dos de estos dosímetros, (uno para los meses pares y otro para los meses impares) y está obligada a entregarlos mensualmente al Servicio de P.R. para que se proceda a su lectura a través de un Servicio Dosimétrico autorizado.

El dosímetro ha de llevarse permanentemente durante toda la jornada de trabajo. Se situará en la parte anterior al tórax y debajo del delantal protector, si es necesario utilizarlo. Se pondrá especial cuidado en que no se contamine. No se utilizará fuera del hospital ni en ninguna otra instalación.

Las personas que trabajan exclusivamente con radionucleidos emisores beta de muy baja energía y corto alcance como el ^{14}C , el ^{35}S o el ^3H , no están expuestas a riesgo de exposición externa y no es necesario que utilicen dosímetro, ya que es prácticamente nula la dosis que se pueda recibir por irradiación externa. En este caso existe la posibilidad de detectar la posible contaminación interna, mediante control de la sustancia radiactiva en muestras de orina.

En el caso de una sobreexposición accidental o de una utilización indebida (someterse a una exploración radiológica llevándolo puesto, etc.) o de extravío, se comunicará inmediatamente al Servicio de Protección Radiológica, para que tome las medidas oportunas.

VI.4.- Vigilancia sanitaria de los trabajadores expuestos.

Esta vigilancia se basará en los principios generales de Medicina del Trabajo y en la Ley 31/1995 sobre Prevención de Riesgos Laborales. Toda persona que vaya a ser clasificada como trabajador expuesto de categoría A, se someterá a un examen de salud previo y a reconocimientos periódicos (anuales).

En caso de sospecha de superación de alguno de los límites de dosis establecidos se deberá realizar una vigilancia sanitaria especial.

Adicionalmente, se aplicarán otras medidas que el Servicio de Prevención que desarrolle la función de vigilancia y control de la salud de los trabajadores considere adecuadas.

A cada persona profesionalmente expuesta se le abrirá un protocolo médico que contendrá los resultados de los distintos exámenes médicos realizados y el historial dosimétrico. Este protocolo estará a disposición del trabajador y de la autoridad competente.

Posibilidad de exposición	1 mSv < Dosis anual ≤ 6 mSv	Dosis anual > 6 mSv
Clasificación de trabajadores	Clase B	Clase A
Clasificación de zonas	Vigilada	Controlada
Vigilancia del ambiente de trabajo	Sí Dosimetría de área	Sí Si hay riesgo de contaminación: EPI y detectores de radiación obligatorios
Vigilancia individual	No	Sí Dosimetría personal
Vigilancia específica de la salud	No	Sí Inicial y anual
Nota: Por debajo de una dosis anual de 1 mSv se considera que no hay exposición		

Protección radiológica de los trabajadores expuestos. Cuadro resumen

VI.5.- Métodos básicos de protección radiológica:

VI.5.1.- Riesgo de radiación externa:

Distancia: La tasa de dosis disminuye con el cuadrado de la distancia a que se encuentra la fuente productora de radiación. Por ejemplo: si a un metro de distancia de una fuente, una persona estuviera expuesta a una tasa de dosis equivalente de 100 mSv/h, a dos metros la dosis sería de $100/4 = 25$ mSv/h, a tres metros de $100/9 = 11$ mSv/h, y así sucesivamente.

Tiempo: La dosis equivalente recibida disminuye conforme lo hace el tiempo que dura la exposición. Si en una hora se reciben 100 mSv, en media hora, a igualdad de tasa de dosis, se recibirán 50 mSv y en 15 minutos 25 mSv.

Blindaje: Las radiaciones ionizantes, al atravesar la materia pierden intensidad. En este hecho se basan los blindajes y/o pantallas protectoras contra las radiaciones ionizantes. La atenuación que sufre la radiación ionizante depende de su naturaleza, de su propia energía y de la naturaleza del material absorbente. Las partículas α son frenadas por una hoja de papel. Las partículas β necesitan filtros de aluminio o metacrilato, las de gran energía pueden precisar incluso filtros adicionales de algunos milímetros de plomo. Finalmente, las radiaciones gamma y los rayos X requieren filtros de diversos espesores de plomo.

De estas consideraciones se deducen las tres reglas más generales de Protección Radiológica contra la radiación externa:

- 1.- *Permanecer lo más lejos posible de las fuentes de radiaciones ionizantes.*
- 2.- *Reducir el tiempo de exposición al mínimo posible.*
- 3.- *Interponer entre la fuente y el personal expuesto pantallas protectoras (blindajes adecuados).*

VI.5.2.- Riesgo de contaminación:

Se previene el riesgo de contaminación radiactiva mediante el confinamiento y manipulación de las fuentes no encapsuladas en lugares adecuados (cámaras de guantes, cámaras con sistemas de extracción de aire, etc), así como con el uso del vestuario adecuado.

El reglamento de Protección Sanitaria contra Radiaciones Ionizantes, establece unos coeficientes de dosis por unidad de actividad incorporada para cada radionucleido (Sv/Bq) para la incorporación de sustancias radiactivas al organismo, tanto por inhalación como por ingestión.

En los anexos I, II y V de este manual se establecen los métodos y normas de trabajo específicas para cada tipo de instalación, en las que existe riesgo de contaminación.

VII.- MEDIDAS FUNDAMENTALES DE VIGILANCIA PARA LA PROTECCIÓN DEL PÚBLICO

La protección de los miembros del público y de la población en su conjunto, se realiza mediante una serie de medidas y controles que aseguren que la utilización de las radiaciones ionizantes en las instalaciones radiactivas se lleva a cabo de forma segura.

Antes de comenzar el funcionamiento de una **instalación radiactiva** se ha de contar con una **autorización de funcionamiento**, en el caso del Principado de Asturias otorga la Consejería de Industria Comercio y Turismo, a partir de un informe elaborado por el Consejo de Seguridad Nuclear.

Para obtener este permiso se ha de presentar en Industria una memoria técnica, en la que se detalla para cada uno de los radionucleidos que se prevé utilizar, la actividad máxima que se manipulará, y los fines a los que se destinan. En el caso de equipos productores de radiación se especificarán las características técnicas de cada uno de ellos.

Se incluye la descripción de cada una de las áreas de trabajo con su clasificación como zonas controladas o vigiladas, y los blindajes si los hubiese. También se describen los equipos de control y medida de la radiación y contaminación. Se elaborará un reglamento de funcionamiento, donde consten todos y cada uno de los procesos que sigue el material radiactivo en la instalación y los residuos, si los hubiese, las dosis que se estiman para los trabajadores expuestos y la dosis colectiva que puede recibir la población. También se ha de confeccionar un plan de emergencia interior, donde se establece las normas de actuación en el caso de un posible accidente.

Los organismos competentes (Consejo de Seguridad Nuclear o Comunidades Autónomas) realizan una inspección previa a la emisión de la **notificación de puesta en marcha** y una vez en funcionamiento, se realizan **inspecciones periódicas** (aproximadamente una al año).

Las personas que trabajan en una instalación radiactiva han de tener también una **Licencia de Supervisor o de Operador**, para lo cual han de demostrar ante el Consejo de Seguridad Nuclear su competencia para desarrollar sus funciones. Se exceptúan de la obligatoriedad de disponer de licencias a aquellas personas que, bajo la dirección o presencia de un Operador o Supervisor, realicen prácticas conducentes a la obtención de dicha licencia.

La legislación concerniente a las instalaciones radiactivas se desarrolla en el **Reglamento sobre Instalaciones Nucleares y Radiactivas**, aprobado en el Real Decreto 1836/1999 (B.O.E. n1313 de 31/12/1999)

ANEXO I: MEDICINA NUCLEAR Y LABORATORIOS DE RIA

Accidentes e incidentes previsibles

Estas instalaciones se caracterizan por el uso de fuentes radiactivas no encapsuladas generalmente en estado líquido y de periodo de semidesintegración corto.

Presentan riesgo de irradiación externa y de contaminación por radionucleidos y para minimizarlo se deberá actuar en todo momento de acuerdo con el Reglamento de Funcionamiento de la Instalación, este Manual y el Programa de Garantía de Calidad.

Los accidentes e incidentes previsibles en estas instalaciones, el lugar donde es más factible se produzcan y sus causas son los siguientes:

- **Escape de gases radiactivos:** Genera inhalación y consecuente contaminación interna. Es muy improbable por las características de las fuentes, el diseño de la instalación y los procedimientos establecidos.
- **Derrame de líquidos:** Se puede dar en las distintas zonas de manipulación y movimiento de las monodosas, siendo su consecuencia la contaminación y la irradiación externa.
- **Incendio de la instalación:** Es la situación de mayor riesgo potencial ya que provoca la liberación de gases y líquidos que pueden conducir a exposiciones y/o contaminaciones.
- **Robo o pérdida de sustancias radiactivas:** Origen de cualquiera de los riesgos anteriormente indicados, potenciados por el desconocimiento de los afectados.
- **Error en la dosis que se administración de los radiofármacos a los pacientes:** Puede suponer una irradiación interna no justificada.
- **Inundación:** Pudiendo provocar una contaminación de suelo y superficies.

Todos estos sucesos mencionados pueden conducir a situaciones de:

- Contaminación.
- Incendio u otra catástrofe.
- Incorporación no deseada de material radiactivo.

La contaminación puede producirse sobre superficies de trabajo y pavimentos, equipos y materiales, ropas de trabajo y personas.

Según el tipo de radiación emitida, podemos clasificar los radionucleidos en emisores de partículas alfa, beta o energía electromagnética, y, según la relación entre contaminante y contaminado hablamos de contaminación fija o desprendible.

La dispersión de la contaminación está en relación con la forma física del contaminante y es fundamental evitar que pase de zonas activas a zonas inactivas.

Para detectarla se pueden utilizar métodos directos con equipos adecuados o indirectos mediante frotis.

Con carácter general se adoptarán, entre otras, las siguientes medidas:
 descontaminación de equipos y materiales
 descontaminación de superficies y pavimentos
 descontaminación de personas

El SPR o en su defecto el propio Supervisor, instruirá a los servicios de extinción sobre las particularidades, naturaleza y nivel de riesgo que implican las fuentes radiactivas existentes.

Tras la extinción, el SPR evaluará el estado de las dependencias, equipos y material respecto del riesgo radiológico, y actuará procurando restablecer la situación de normalidad en la Instalación. Todas las personas afectadas serán sometidas a estudio y convenientemente informadas, y atendidas de acuerdo con su estado.

En cualquier otra situación de catástrofe se tendrán las mismas prioridades.

Actuaciones ante la administración errónea de radionucleidos.

Se actuará de manera que se reduzca la absorción y se facilite la eliminación. Se estimará la dosis recibida por el órgano o sistema más expuesto.

DOSIS EFECTIVAS CARACTERÍSTICAS EN EXPLORACIONES DE MEDICINA NUCLEAR

Procedimiento diagnóstico	Dosis efectiva mSv	N ° equivalente de radiografías de tórax	Tiempo equivalente aproximado de radiación de fondo natural (3)
Gammagrafías			
Renal (Tc^{99m}) / Tiroidea (Tc^{99m})	1	50	6 meses
Ósea (Tc^{99m})	4	200	1.8 años

TERAPIA METABÓLICA CON I-131

Normas específicas

Si por motivos clínicos los pacientes ingresados en tratamiento metabólico han de ser atendidos por personas no consideradas como trabajadores expuestos, éstas serán instruidas en las normas básicas de Protección Radiológica, incidiendo sobre las destinadas a prevenir la contaminación con sustancias radiactivas, se les dotará de elementos de protección frente a la exposición y frente a la contaminación, así como de dosímetro que permita evaluar la dosis recibida.

Los pacientes sólo podrán abandonar la Unidad en situaciones imprevisibles de carácter grave y urgente en que pueda peligrar su vida, por motivos clínicos o en caso de siniestro.

Cuando se precise practicar una intervención quirúrgica con carácter de urgencia a un paciente en tratamiento con radionucleidos, se llevará a cabo bajo las premisas de minimizar los riesgos de irradiación y contaminación para las personas participantes y de contaminación para el área quirúrgica y el instrumental. Para ello:

- Se limitará al mínimo el número de personas a intervenir y el material quirúrgico a usar.
- Las personas que intervengan serán instruidas en la medida de lo posible, utilizarán guantes dobles, mascarillas y protectores de calzado y se colocará material absorbente sobre mesas y suelo; todo ello será recogido y considerado como residuo radiactivo.
- Eventualmente se usará material de protección como: delantales, gafas o protectores de tiroides.
- Las ropas y prendas personales de protección, al igual que el instrumental usado, serán confinados hasta su clasificación y/o descontaminación, si procede, por el SPR.
- Las dosis al personal serán evaluadas mediante dosimetría personal o de área.

INFORMACIÓN

Como datos para cada aplicación se darán:

- Riesgos de irradiación y contaminación.
- Actividad administrativa y responsable.
- Niveles de radiación estimados en distintos puntos.

CLASIFICACIÓN DEL PERSONAL

A efectos del Reglamento de Protección Sanitaria contra Radiaciones Ionizantes el personal profesionalmente expuesto que trabaja en la zona de hospitalización de los pacientes tratados con ¹³¹I se clasifica como categoría B.

CLASIFICACIÓN DE ZONAS

- *Habitación de tratamiento:* Zona controlada con riesgo de irradiación externa y contaminación.
- *Pasillo:* Zona vigilada.
- *Control de enfermería:* Zona de acceso libre.

NORMAS DE ACCESO

Tendrán acceso a la habitación de tratamiento los Supervisores. Operadores y personal del Servicio de Física Médica y Protección Radiológica el resto de personal que acceda a la habitación deberá ser autorizado por el Supervisor y seguir las normas dictadas por el mismo

NORMAS PREVIAS AL TRATAMIENTO

- Recogida de datos de la hoja elaborada por el Servicio de Física Médica y P.R.
- Instrucción al paciente sobre el uso del aseo destinado a recoger la orina y demás información acerca de su tratamiento y precauciones que ha de tener durante el tiempo de hospitalización.
- Verificación de la situación de mamparas de protección en el lugar marcado por el Servicio de Física Médica y P. R.
- Verificación de la protección del colchón del paciente con una funda plástica para evitar su contaminación debido a una transpiración excesiva o a una incontinencia urinaria
- Verificación de la protección de la almohada por medio de una funda plástica para evitar su contaminación debida a una transpiración excesiva o a saliva

NORMAS DE ADMINISTRACIÓN DE LAS DOSIS

La incorporación del radiofármaco es por vía oral. Se administrará en la habitación destinada a la hospitalización bajo vigilancia médica.

Previamente se tomarán las medidas oportunas para evitar posibles vómitos

Dependiendo de la forma física de la medicación se darán instrucciones particulares:

Actividad encapsulada

- Instrucción del paciente mediante cápsula similar sin actividad.
- Transporte del radioisótopo en el contenedor blindado en el que se recibe.
- Colocación de un recipiente plástico para su uso en caso de vómitos, los cuales se tratarán como residuos líquidos tras la retirada con pinzas de los sólidos vomitados que se tratarán como residuos sólidos. Este recipiente se enjaguará con agua abundante que se tratará igualmente como residuo líquido.
- Si el paciente lleva dentadura postiza se la quitará para administrarle la dosis.

NORMAS A SEGUIR DURANTE EL TRATAMIENTO

1.- Supervisores:

Entre sus funciones están:

- Realizar con el operador correspondiente el pedido de isótopos radiactivos debiendo constar en ellos su firma.
- Supervisar el diario de operaciones y libro de órdenes terapéuticas debiendo firmarlo cada vez que se efectúa un terapia ambulatoria o de ingreso. En este último caso la salida del paciente se efectuará en colaboración con el servicio de Física y Protección Radiológica.
- Controlar y archivar los exámenes dosimétricos del personal que trabaja en la Instalación.
- Supervisar las actividades de los operadores.
- Establecer la operación funcional entre la Sección, Dirección Médica, Servicio de Física Médica y P. R. y la Gerencia Hospitalaria.
- Realizar la memoria anual para CSN.

2.- Operadores

Entre sus funciones están:

- Cumplimentar con el supervisor el diario de operaciones y el registro de entrada del material radiactivo.
- Realizar con el Servicio de Física Médica y Protección Radiológica, el examen de posible contaminación en las diferentes áreas de trabajo.
- Control de almacenamiento de los residuos radiactivos, hasta la recogida de los mismos por parte del Servicio de Física y Protección Radiológica.
- Traslado, bajo control de supervisor, de las dosis terapéuticas que requieren hospitalización hasta la planta de ingreso.

SOBRE EL PERSONAL DE ASISTENCIA A LOS PACIENTES

- La dosis se administrará en la habitación del paciente
- El personal sanitario encargado de la asistencia de estos pacientes debe estar cualificado en cuestiones de protección radiológica (operador de instalaciones radiactivas) y conocer las características particulares de cada caso (dosis administrada).
- El personal sanitario encargado de la asistencia de estos pacientes dispondrá de dosímetros personales toda la jornada, conocerá: las limitaciones de estancia, las pantallas plomadas móviles, guantes, calzas y delantales impermeables, detectores portátiles...
- El personal sanitario encargado de la asistencia de estos pacientes deberá estar advertido de que todo el material que haya estado en contacto con los mismos (sobre todo con fluidos biológicos) está potencialmente contaminado y debe tratarse como tal, por lo que los depositará debidamente etiquetado en los contenedores preparados a tal efecto en la habitación que indican que su contenido no irá por los circuitos habituales de lavandería y basuras del hospital. Para evitar contaminación deberá llevar guantes plásticos de un solo uso que depositará en la bolsa de basura de la habitación
- Su actividad estará supervisada por el Servicio de Física Médica y Protección Radiológica que establecerá los procedimientos de actuación a los que tendrá acceso inmediato para cualquier consulta
- El personal que atiende estos tratamientos debe disponer de equipos detectores de radiación de sensibilidad adecuada que han de saber manejar y deben llevar el registro de todas estas actividades, así como rotular las bolsas de material contaminado (fecha, actividad y contenido)
-
- El personal de enfermería debe controlar la estancia del paciente desde el exterior y acceder a la habitación solo por circunstancias

justificadas procurando reducir el tiempo de permanencia y mantenerse a la distancia que permita el tipo de actuación. Si se ha de prolongar la estancia deben colocar una mampara plomada móvil

- El personal que entre en la habitación permanecerá en la misma el tiempo indispensable para realizar la labor encomendada.

SOBRE LOS PACIENTES

- Una vez ingresado el paciente debe seguir rigurosamente las normas escritas generales y las que se proporcionen a cada paciente en particular
- Cada enfermo ingresado estará aislado en habitación con baño individual y orinará en el water adecuado al efecto con sistema de recogida de orina conectado por tuberías a los depósitos de vertidos controlados y medios de protección. Estas habitaciones constituyen zonas de permanencia limitada y se deben señalar como tales
- Los materiales que utilice el paciente serán siempre que se pueda desechables de un solo uso o en su defecto, fácilmente descontaminables
- El material de un solo uso se recogerá en bolsas adecuadas (en contenedores plomados o no, según actividad) y será recogido por personal del Servicio de Física Médica y Protección Radiológica para su traslado al almacén central de residuos radiactivos donde estará almacenado hasta que decaiga para poder ser eliminado como basura convencional. Los restantes productos deberán ser monitoreados para estimar su actividad y en base a la misma clasificarlos y decidir el circuito a seguir
- El paciente no deberá abandonar la habitación
- Si por un motivo justificado, tuviera que desplazarse lo hará en su cama acompañado por personal del servicio con los equipos técnicos necesarios y por itinerarios estudiados evitando salas de espera y lugares comunes
- Las visitas que se autoricen tendrán un límite de duración y deberán situarse en la habitación en el lugar que se les indique
- Se **prohíbe** la entrada a niños, adolescentes y embarazadas
- En cualquier tipo de urgencia que surja durante la hospitalización del paciente se seguirán las pautas dadas por el Servicio de Física Médica y Protección Radiológica
- El paciente no será dado de alta hasta el momento en que la actividad residual sea lo suficientemente baja para que la irradiación producida por el paciente haga que no se superen los valores legales establecidos considerando siempre en cada caso las condiciones familiares, de vivienda, presencia de niños, embarazadas.

Dada la dificultad práctica para estimar de forma precisa la actividad residual se medirá la tasa de dosis a 1/2m y 1m del paciente.

Como norma general, si no conviven con niños, se dará el alta radiológica cuando esta medida sea $\leq 15 \mu\text{Sv/h}$ a 1m (lo que supone en las peores condiciones no superar en 10 días los valores que se indican como restricción de dosis en el Documento de la Comisión Europea **“Protección Radiológica después de una terapia con yodo”** y que son

Niños (incluidos los no natos) 1 mSv

Adultos hasta 60 años 3 mSv

Casos excepcionales:

- Si las circunstancias personales del paciente lo requieren se le pondrá dar de alta con una tasa de exposición superior fijando un tiempo límite de permanencia con los miembros del público.
- Si va a estar en contacto con niños, no se le dará el alta hasta que la tasa de exposición sea: inferior a $5\mu\text{Sv/h}$ a 1 m

Junto al alta se darán, por escrito, instrucciones al paciente sobre las precauciones a tomar.

NORMAS GENERALES A SEGUIR DURANTE EL TRATAMIENTO

- Empleo de vasos, cubiertos y servilletas desechables
- Abastecimiento de pañuelos de papel, para su uso en caso de tos y recogida de fluidos corporales
- Colocación de cajas de guantes, pañuelos de papel y calzas desechables en la habitación
- Situación de un cubo de basura, cubierto con bolsa de plástico para depositar los residuos sólidos generados diariamente por el paciente (las botellas de agua se dejarán aparte así como los restos de comida, que se tratarán como residuos convencionales)
- Se evitará cambiar las sábanas durante el tratamiento y en caso de tener que hacerlo se introducirán en bolsas de plástico, realizándose el control de contaminación previo al lavado
- El personal que atienda al paciente habrá de ser previamente autorizado e informado y llevará su correspondiente dosímetro personal
- Durante el tiempo que dure el arreglo de la habitación del paciente, éste se situará en la parte más alejada de la persona encargada
- Se controlará el acceso de las personas ajenas al servicio al interior de las habitaciones

- Se dispondrá de útiles de limpieza (fregona, cubo, bayetas, etc) específicos para cada habitación los cuales se monitorearán periódicamente. Se comunicará oralmente a la persona encargada de la limpieza las normas de protección radiológica a adoptar y se le proporcionará un dosímetro personal
- Caso de ser precisa una prueba de la sangre u orina del paciente, se procurará posponerla hasta que la actividad de dichos fluidos alcance un nivel aceptable
- Se advertirá al personal del laboratorio sobre el riesgo de irradiación y contaminación radiactiva
- Las muestras las trasladará personal autorizado protegidas en cubiletos plomados
- En condiciones normales las visitas está terminantemente prohibidas. Esta prohibición es tajante en el caso de mujeres embarazadas y niños. Si por circunstancias especiales el paciente debe de estar acompañado, se estudiará cada caso individualmente dándose las instrucciones y recomendaciones oportunas.

RESIDUOS GENERADOS POR EL ¹³¹I

RESIDUOS LÍQUIDOS: ORINA

- El paciente orinará en el W.C. especial ubicado en el aseo dentro de la habitación. Esta orina se almacenará en contenedores dispuestos para tal fin.
- Se le indicará la necesidad de limpiarse con papel higiénico después de cada micción, papel que depositará en un contenedor y que será tratado posteriormente como residuo sólido.
- Se dispondrá de líquido descontaminante en el interior del aseo para se utilizado en caso de contaminación de cualquier superficie.

RESIDUOS SÓLIDOS

- Se considerarán residuos sólidos todos los papeles higiénicos, los pañales de celulosa situados alrededor de los water, los guantes, los pañuelos de papel empleados para recogida de secreciones nasales y lacrimales y todo el material desechable (platos, vasos, etc.) utilizado por el paciente.
- En caso de vómitos, estos se recogerán en bolsas de plásticos que el responsable de enfermería retirará al lugar previsto.
- Estos residuos se recogerán en bolsas destinadas a tal fin, que será recogidas por el Servicio de Física Médica y P. R. y almacenadas para su posterior tratamiento.

ACTUACIÓN TRAS HOSPITALIZACIÓN

Se darán al paciente las instrucciones a seguir en los primeros días (como norma general 10) tras su salida del hospital para minimizar los riesgos de irradiación del público. Estas instrucciones habrán de darse por escrito y oralmente.

- Se monitoreará la ropa utilizada por el paciente previo a su envío a la lavandería. En caso de que se haya producido una contaminación se esperará a que ésta haya desaparecido para enviar a lavar.
- Se procederá a la desinfección del water.
- Se realizará un control de contaminación de toda la habitación.

DIARIO DE OPERACIONES

Existirá un diario de operaciones donde se anotarán todas las características de cada tratamiento, incidencias ocurridas que puedan originar riesgo de irradiación ó contaminación y residuos generados e informe detallado de cada tratamiento en el que figuren al menos, la actividad administrada y las fechas de ingreso y alta.

LABORATORIO CON FUENTES ENCAPSULADAS

Las fuentes encapsuladas se caracterizan por no ofrecer acceso directo al material radiactivo, encontrándose éste inserto dentro de una funda o cápsula de material inactivo. Así pues, salvo en casos de rotura de la cápsula o de pérdida de su hermeticidad, no se puede tener contacto directo con el material activo. No obstante, las radiaciones del material activo (básicamente gamma o beta) sí que logran atravesar la pared de la cápsula, produciendo irradiación en el entorno de la fuente. En el manejo y almacenamiento de estas fuentes, se han de utilizar blindajes adecuados a fin de minimizar la irradiación externa que puedan producir. Además se han de someter a controles periódicos de hermeticidad a fin de garantizar que no existe riesgo de contaminación.

Tanto el tipo como el espesor de material a utilizar como blindaje dependen de la naturaleza y energía de la radiación a apantallar:

- **Partículas alfa:** no precisan de apantallamiento pues incluso en el aire, su alcance es del orden de unos 5 cm.
- **Partículas beta:** es necesario emplear material absorbente de bajo número atómico para minimizar la producción de radiación de frenado. A tal efecto, resultan adecuadas placas de metacrilato. Existen emisores beta puros, donde para su correcto apantallamiento basta con aplicar una placa de metacrilato con espesor suficiente.

En caso de que además haya una emisión gamma, se habrá de tener presente sus características específicas. En el apantallamiento de una fuente emisora beta con $E_{\beta\max} > 1 \text{ MeV}$ y con una actividad $> 185 \text{ MBq}$, además del metacrilato se empleará una lámina de plomo de 2 mm para atenuar la débil radiación de frenado producida en el metacrilato. Esta lámina se ha de situar en la cara exterior.

• **Fuentes emisoras de fotones gamma o de RX característicos,** se habrá de utilizar un blindaje adecuado para que la tasa de dosis equivalente en cualquier punto accesible en contacto con el apantallamiento no supere los $10 \mu\text{Sv/h}$ ni los $3 \mu\text{Sv/h}$ a 1 m. En caso de tener varias fuentes juntas, el límite de la tasa de dosis equivalente a 1 m se aplica a la contribución suma de todas estas fuentes. Todas estas condiciones se suelen alcanzar simplemente utilizando el propio contenedor de transporte y cuando han de estar en el exterior de éste, se han de apantallar preferentemente con un material de elevado número atómico, siendo el plomo el más utilizado.

Todas las fuentes encapsuladas han de estar unívocamente identificadas a fin de evitar confusiones. Sus contenedores también han de estar correctamente identificados, indicando el radionucleido, la actividad y fecha a que se refiere. Cuando la actividad de estas fuentes supere los niveles de exención, sólo podrán utilizarse dentro de la instalación radiactiva autorizada a tal efecto. También habrá de conservarse el certificado original de la fuente, emitido por el fabricante.

A la recepción de la fuente, el Supervisor anotará su entrada en el Diario de Operaciones. Mientras las fuentes se encuentren fuera de uso, se almacenarán dentro de su contenedor de transporte y dentro de un armario cerrado con llave. Mientras se encuentren en uso, se adoptarán las medidas necesarias para controlar el acceso al laboratorio, el cual además ha de estar señalizado acorde con el criterio de clasificación de zonas detallado en el Reglamento sobre Protección Sanitaria contra Radiaciones Ionizantes.

Cuando por su actividad o aplicabilidad las fuentes resulten obsoletas se entregarán al Servicio de Física Médica y Protección Radiológica del HUCA para que las gestione como residuos.

Con la periodicidad detallada en la resolución de autorización de puesta en marcha, se efectuarán los controles de hermeticidad pertinentes de las fuentes encapsuladas. En caso de sospecha de deterioro de la fuente o de pérdida de estanqueidad de la cápsula, también se efectuará un control de carácter urgente.

También se ha de llevar a cabo la verificación de los blindajes aplicados especialmente mientras las fuentes se encuentren en uso.

LABORATORIO CON FUENTES NO ENCAPSULADAS

Las fuentes radiactivas utilizadas en estos laboratorios carecen durante su uso de revestimiento o envoltura que impida que se establezca un contacto directo con el radionucleido o que éste se disperse.

Dichas fuentes se suelen utilizar básicamente como trazadores, donde el radionucleido se comporta químicamente según su número atómico y el hecho de que sea radiactivo facilita el poderlo detectar aún en el caso de presentarse en muy pequeñas concentraciones (inferiores a 10^{-2} ppb) aplicando técnicas de detección relativamente simples. Las actividades a manejar oscilan entre 3.7 kBq (0.1 μ Ci) y 37 MBq (1 mCi) y básicamente son emisores beta puros o bien beta-gamma. Los primeros se suelen medir mediante la técnica de detección por centelleo líquido, mientras que los segundos se suelen medir con un detector de centelleo sólido en forma de pozo, introduciendo en su interior el vial con la muestra marcada.

Dentro de los emisores beta puros cabe destacar: ^3H , ^{14}C , ^{35}S , ^{90}Sr , ^{32}P , **etc.** Mientras que como beta-gamma encontramos: ^{57}Co , ^{60}Co , ^{137}Cs , ^{125}I , ^{131}I , ^{51}Cr , etc.

Relativo a la protección contra la irradiación externa, en el manejo de los beta puros se ha de tener presente lo indicado para el apantallamiento de emisores beta, mientras que para los emisores beta-gamma, el más restrictivo es el apantallamiento que se ha de aplicar para los fotones gamma.

No obstante, en el manejo de fuentes no encapsuladas el riesgo más notable es el de la contaminación tanto de los equipos y superficies del laboratorio como del personal que manipula las fuentes. A su vez, la contaminación del personal se puede dividir en externa, cuando es cutánea y en interna cuando ha sido incorporada al interior del organismo. Dicha incorporación puede producirse por una de las cuatro vías siguientes:

- a) *Inhalación*
- b) *Ingesta*
- c) *Heridas*
- d) *Perfusión cutánea*

En el caso de incorporación de un radionucleido, para la caracterización del factor fuente se ha de tener presente la actividad, el período de semi-desintegración físico, el período de semidesintegración biológico, el tipo de energía y de radiación que emite y la radiotoxicidad que es la toxicidad que produce una sustancia debido a sus características físicas, químicas, radiactivas y al metabolismo de la sustancia en el organismo.

Como normas generales en el manejo de fuentes no encapsuladas en el laboratorio cabe destacar:

1 - Las fuentes radiactivas han de estar debidamente identificadas con una etiqueta en la que constará el radionucleido, forma química, actividad y fecha en la que se determinó.

2 - La manipulación de las fuentes radiactivas no encapsuladas, se hará sobre una superficie no porosa, cubierta por un material desechable que pueda absorber los líquidos derramados accidentalmente. Dicho material (papel de filtro, etc.) en caso de mojarse será considerado residuo radiactivo.

3 - Siempre que sea posible se evitará el transporte del material radiactivo. Si es necesario transportarlo se hará en una bandeja o recipiente adecuado que reduzca al mínimo las consecuencias de las posibles roturas y/o derrames de las fuentes radiactivas.

4 - Las personas que tengan heridas abiertas no podrán trabajar con fuentes radiactivas no encapsuladas.

5 - Se utilizará el vestuario adecuado cuando se manipule material radiactivo, formado básicamente por la bata de laboratorio y guantes desechables. Los guantes, una vez utilizados, se controlarán con un monitor de contaminación adecuado y en caso de obtener un resultado positivo se considerarán como residuo radiactivo. Se prestará especial atención en no contaminar otros objetos o las manos al quitárselos.

6 - No se accionará nada con la boca ni con la lengua: pipetas, etiquetas, etc.

7 - Una vez finalizado el trabajo, se lavarán las manos cuidadosamente y se hará un control de la contaminación.

8 - El material de laboratorio utilizado se lavará dentro del mismo laboratorio.

9 - Los guantes se han de sacar de modo que nunca se toque con la mano que ya no tiene guante, la cara exterior de la mano que aún lo lleva.

10 - Con los guantes puestos está totalmente prohibido el salir de la zona de trabajo así como manipular el material convencional que va a usar personal sin guantes (girar pomos para abrir puertas, coger el teléfono, coger un detector...).

11 - En la zona donde se trabaje con fuentes radiactivas, no se utilizará: alimentos, bebidas, tabaco, cosméticos, pañuelos no desechables, utensilios de comida y bebida, y en general cualquier sustancia u objeto que pueda ayudar a la incorporación al interior del organismo de la sustancia radiactiva

ANEXO II: RADIODIAGNÓSTICO

Los haces de rayos X utilizados en Medicina se producen mediante **tubos de rayos X** que consisten básicamente en una ampolla de vidrio en la que se ha hecho el vacío y que alberga dos electrodos: el cátodo (filamento) y el ánodo o blanco. Los electrones emitidos por el filamento incandescente son acelerados hacia el ánodo (generalmente de tungsteno) debido a la diferencia de potencial establecida entre los dos electrodos metálicos. La emisión de rayos X es una consecuencia de las interacciones que se producen entre los electrones rápidos y los átomos del ánodo.

La dureza o poder de penetración de los rayos X obtenidos depende de la aceleración de los electrones (energía) que es proporcional a la diferencia de potencial, **el kilovoltaje**, existente entre el cátodo y el ánodo: de 25 a 150 kV para los tubos de radiodiagnóstico. Dicha dureza también depende de la filtración que se aplique a los R.X. procedentes del ánodo.

La tasa de exposición y por lo tanto la tasa de dosis absorbida por el paciente en una exploración con rayos X es proporcional a la intensidad de la corriente eléctrica del cátodo, medida en **miliamperios (mA)**. Resultando pues que la dosis total recibida es proporcional al producto de la intensidad (mA) por el tiempo de exposición (**s**). Dicho producto se expresa en las unidades **mAs (miliamperio.segundo)**.

Otros elementos importantes en un equipo de rayos X son:
El filtro, formado por una lámina delgada de aluminio o cobre que interpuesta en el haz de rayos X elimina los fotones con menor poder de penetración, los cuales no contribuyen a la formación de la imagen radiográfica pero que al ser absorbidos por la piel del paciente, suponen una importante dosis para la misma.

El colimador o diafragma: conjunto de láminas metálicas que permiten ajustar el haz de radiación al área que se desea explorar, impidiendo la irradiación de los órganos cercanos, a la vez que favorece la protección del personal ya que la dosis dispersa es menor.

Normas generales de protección radiológica respecto a los equipos de rayos X (I.C.R.P. n° 33)

1 - La radiación que atraviesa la coraza que cubre el tubo de rayos X (radiación de fuga), no debe ser superior a 1 mGy/h a 1 metro del foco, trabajando el tubo en las condiciones de máxima potencia.

2 - En escopia, la iniciación y terminación de la irradiación ha de hacerse con pulsador, en lugar de interruptor, de manera que cuando se deje de presionar el pulsador, se dejará de emitir radiación. También ha de existir un avisador acústico y un interruptor que corte la radiación en un tiempo máximo de 10 min.

3 - En el puesto de mandos del equipo existirán dispositivos de control, bien un selector o un aparato de medida, de la intensidad (mA), del potencial (kV), del tiempo (s) o de los mAs incluso cuando se hace con regulación automática.

4 - En grafía, el rearme no debe ser posible hasta que se deje de presionar el pulsador, con el fin de evitar repetición de disparos.

Normas generales de protección radiológica respecto a los pacientes.

1 - Elegir los parámetros (kVp, filtro) adecuados al espesor del paciente y al contraste necesario.

2 - El tamaño del campo será el menor posible, deberá estar centrado y se cuidará la alineación del tubo y rejilla antidifusora.

3 - Elegir el sistema de imagen adecuado, de forma que produzca la mejor imagen con el mínimo de exposición para el paciente.

4 - Controlar frecuentemente la máquina de revelado y los negatoscopios.

5 - Reducción del número de exploraciones repetidas por errores de posicionamiento.

6 - A las mujeres en edad fértil se las deberá preguntar sobre la posibilidad de estar embarazadas.

Normas de trabajo en salas de rayos X.

1 - Las puertas de la sala de exploración deben permanecer cerradas mientras se están utilizando los equipos de rayos X (RX).

2 - No se debe dirigir el haz de rayos X hacia el puesto de control, ventanas, cámara oscura, etc...

- 3 - Durante los períodos de irradiación (escopia, radiografía) todo el personal debe permanecer en la zona blindada.
- 4 - El tiempo de examen y el tamaño del campo de irradiación serán los mínimos necesarios. La distancia del foco de rayos X a la superficie del paciente no será inferior a 45 cm.
- 5 - Se aplicarán al paciente protectores gonadales siempre que sea necesario, especialmente en el caso de niños.
- 6 - Ningún paciente debe vestirse en la sala de RX o permanecer en ella mientras a otro paciente se le esté haciendo un examen radiológico.
- 7 - No accederá a la sala de RX ninguna persona cuya presencia no sea estrictamente necesaria.
- 8 - El dosímetro se ha de llevar puesto mientras se realiza el trabajo y debe guardarse alejado del haz de radiación cuando se finalice la jornada laboral. En el caso de utilizar delantal plomado, el dosímetro se situará detrás del mismo.
- 9 - En exploraciones intervencionistas, donde el personal sanitario ha de permanecer al lado del paciente, puede existir el riesgo de que alguna zona del organismo de dicho personal (manos, cristalino..) reciba más dosis que el resto. En este caso se ha de utilizar un dosímetro especial para controlar dicho órgano.
- 10 - Si es necesario sujetar el chasis o al paciente, se utilizarán soportes mecánicos, siempre que sea posible.
- 11 - Si el tipo de exploración requiere la permanencia de alguna persona cerca del enfermo se adoptarán las medidas siguientes:
 - 11.1 - Limitar el número de personas al mínimo necesario. Nunca una mujer gestante ni una persona menor de 18 años.
 - 11.2 - Limitar los períodos de irradiación todo lo posible, tanto en tiempo como en número.
 - 11.3 - Permanecer fuera del haz directo y lo más alejado posible del paciente y del tubo de RX.
 - 11.4 - Utilizar delantal y guantes plomados.
 - 11.5 - Registrar el nombre, fecha, número de exposiciones y técnica radiográfica utilizada.

Normas de trabajo en radiografía dental.

- 1 - El haz directo no irradiará a ninguna otra persona que no sea el paciente.
- 2 - Cuando sea necesario sujetar la placa dental, lo hará el propio paciente siempre que sea posible.
- 3 - La persona que realice la exploración, permanecerá lo más alejada posible del paciente, y si debido a la estructura de la habitación ha de estar a una distancia inferior a 2 m llevará delantal plomado.
- 4 - Se limitará la apertura del haz de rayos X al mínimo necesario, mediante el uso de colimadores apropiados.
- 5 - Solamente se efectuarán las exploraciones radiológicas imprescindibles, sobre todo en el caso de niños y mujeres embarazadas.

Normas de trabajo en radiología en portátiles y en quirófanos (instalaciones móviles).

- 1- Especial cuidado en la alineación del haz con el centro de la parrilla y con el chasis.
- 2- No intentar obtener mayor exposición a costa de acortar la distancia foco-película o quitar filtración añadida.
- 3- Si los equipos móviles están alimentados por baterías, atención a las posibles variaciones en su rendimiento.
- 4- En equipos radioquirúrgicos, utilizar la memoria de imagen y la fluoroscopia pulsada. La instalación debe ser manejada por un técnico competente que dé tan solo los tiempos de radioscopia necesarios.

Normas de trabajo en radiología pediátrica

- 1- Los niños son más radiosensibles y en general menos cooperadores que los adultos. Posiblemente, igual que hay radiólogos peditras debe haber técnicos especialistas en niños, cuyo buen hacer diario repercute en la protección de los pequeños pacientes.

Las instalaciones deben tener generadores que permitan emplear tiempos de exposición muy cortos. No es necesario las parrillas antidifusoras en los bebés, ya que producen poca radiación dispersa.

2- Siempre un contacto afectuoso con los niños para lograr su colaboración. Sin embargo, si los exámenes son largos o producen molestias, será necesaria la sedación o la anestesia.

3- En los niños el ajuste de la colimación debe ser mucho más estricto que en los adultos.

4- Para ellos están especialmente diseñados los protectores gonadales.

DOSIS EFECTIVAS CARACTERÍSTICAS (1) EN EXPLORACIONES DE RADIODIAGNÓSTICO (2)

Procedimiento diagnóstico	Dosis efectiva mSv	N ° equivalente de radiografías de tórax	Tiempo equivalente aproximado de radiación de fondo natural (3)
Radiografías			
Extremidades y articulaciones (excepto cadera)	<0.01	<0.5	<1.5 días
Tórax P-A	0.02	1	3 días
Cráneo	0.07	3.5	11 días
Cadera	0.3	15	7 semanas
Columna torácica / Pelvis	0.7	35	4 meses
Abdomen simple	1.0	50	6 meses
Columna lumbar	1.3	65	7 meses
Esofagograma	1.5	75	8 meses
TC craneal	2.3	115	1 año
Urografía IV	2.5	125	14 meses
Esófago-gastroduodenal / Tránsito intestinal	3	150	16 meses
Enema opaco	7	350	3.2 años
TC de tórax	8	400	3.6 años
TC de abdomen o pelvis	10	500	4.5 años

(1) Suma ponderada de las dosis que reciben diversos tejidos corporales, en la que el factor de ponderación de cada tejido depende de su sensibilidad relativa al cáncer inducido por la radiación o a efectos hereditarios graves. Con ello se obtiene una estimación de dosis única, que guarda relación con el riesgo total debido a la radiación, al margen de cómo se distribuya la dosis de radiación por el cuerpo. Las D.E.C. de algunas técnicas habituales en radiodiagnóstico oscilan entre el equivalente a 1 ó 2 días de radiación natural de fondo (0,02 mSv en el caso de una radiografía de tórax) y 4,5 años (caso de la TC de abdomen).

(2) Estimaciones basadas en estudios realizados por la Junta Nacional de Protección Radiológica Británica ⁽³⁾ en la década de los años 90. Dichos datos pueden ser extrapolados al resto de la UE si tenemos en cuenta que la dosis media anual de radiación de fondo en casi toda Europa se encuentra en el espectro de 1-5 mSv.

(3) National Radiological Protection Board. «Board statement on diagnostic medical exposures to ionising radiation during pregnancy and estimates of late radiation risks to the UK population». Documents of the NRPB 1993; 4: 1-14

ANEXO III: EQUIPOS DE RADIOTERAPIA.

Radioterapia

La Radioterapia es un tipo de tratamiento oncológico que utiliza las radiaciones para eliminar las células tumorales, (generalmente cancerosas), en la parte del organismo donde se apliquen (tratamiento local). La radioterapia actúa sobre el tumor, destruyendo las células malignas y así impide que crezcan y se reproduzcan. Otra definición dice que la oncología radioterápica o **radioterapia** es una especialidad eminentemente clínica encargada en la epidemiología, prevención, patogenia, clínica, diagnóstico, tratamiento y valoración pronóstica de las neoplasias, sobre todo del tratamiento basado en las radiaciones ionizantes.

Tipos de radioterapia

Según la distancia de la fuente

Según la distancia en que esté la fuente de irradiación, se pueden distinguir dos tipos de tratamientos:

- **Braquiterapia** es el tratamiento radioterápico, que consiste en la colocación de fuentes radiactivas encapsuladas dentro o en la proximidad de un tumor (distancia "corta" entre el volumen a tratar y la fuente radiactiva).
- **Teleterapia o radioterapia externa**, en que la fuente de irradiación está a cierta distancia del paciente en equipos de grandes dimensiones, como son la unidad de Cobalto (radiación de rayos gamma con una energía de 1,3 MeV) y el acelerador lineal de electrones ((ALE, ó LINAC, del inglés LINEar ACcelerator) que producen tanto rayos X de alta energía, pudiendo elegir la energía desde 1,5 hasta 25 MV, como electrones que sirven para tratar tumores superficiales). En este tipo de tratamiento, que es el más común, los pacientes acuden diariamente de forma ambulatoria por un período de tiempo variable, dependiendo de la enfermedad que se esté tratando. La radiación puede ser de rayos gamma, rayos X o electrones.

La radioterapia externa convencional es la puede estar conformada en tres dimensiones (RT3D). También pertenecen a este tipo de radioterapia, la radiocirugía, la radioterapia estereotáxica, la Radioterapia con Intensidad Modulada (IMRT), la radioterapia corporal total (TBI, del inglés Total Body Irradiation).

Los blindajes en radioterapia se consiguen con grandes espesores de materiales dado que se trabaja con altas energías. Los equipos que se usan en el Hospital Central de Asturias son : Aceleradores Lineales, Bombas de Cobalto 60, equipos de Alta Tasa de Dosis con Iridio 192, Semillas de I125, y equipos de rayos X de más de 100kV.

En el Hospital Fundación de Jove se utilizan Aceleradores Lineales

2 Principios Generales de Protección

En radioterapia, las salas de tratamiento están clasificadas como ZONA CONTROLADA. Los controles son ZONA VIGILADA

Con el fin de implementar el principio de optimización se tienen en cuenta todas las fuentes de radiación de modo que nunca se lleguen a los límites de dosis establecidos que son los siguientes:

- 6 mSv al año en las zonas colindantes calificadas como VIGILADAS
- 0.3 mSv al año en salas exteriores a las salas de tratamiento no clasificadas como vigiladas pero con acceso restringido a personal no autorizado.

Los cálculos de los blindajes de las salas de tratamiento se realizarán teniendo en cuenta la energía, la tasa de dosis y el tamaño del campo de irradiación que pueden producir la dosis mas alta en las zonas colindantes. Se asume que la carga de trabajo (máxima dosis en agua en el isocentro) de un acelerador y de un dispositivo de irradiación gamma es de al menos 1000 Gy a la semana .

Para la comprobación de la protección necesaria frente al haz primario no se tiene en cuenta ni la atenuación del paciente ni del maniquí ni de la mesa de tratamiento. Para comprobar la protección frente a la radiación secundaria y a la de fuga se utiliza un maniquí de agua de al menos 30 cm x 30 cm x 30 cm que se coloca a la distancia de tratamiento.

Si el voltaje de aceleración del equipo es mayor que 10 MV, también debe añadirse la protección frente a los neutrones.

Los procedimientos de cálculo se basan en la norma DIN6847 y se utilizan los siguientes factores:

Factor de uso (U)

- En la dirección del haz $U=1$. Si el haz de radiación está dirigido en una dirección específica un tiempo menor que la mitad del tiempo de irradiación entonces U puede valer la proporción del tiempo de

tratamiento en esa dirección y el tiempo total. En cualquier caso nunca puede ser inferior a 0,25

- Para el cálculo del blindaje frente a la radiación dispersa y de fuga siempre $U=1$

- Para equipos con carga diferida $U=1$.

Factor de ocupación (T)

- En áreas de trabajo $T=1$.

- El resto de las zonas con ocupación parcial (aseos, pasillos, almacenes...)

$T \geq 0,1$

DISPOSITIVOS DE ALARMA Y SEGURIDAD

Alarmas acústicas y luminosas.

Todas las salas de tratamiento deben tener indicadores acústicos y luminosos que indiquen que se está emitiendo radiación durante los tiempos de tratamiento. Además el contenedor debe llevar una señal que indique el radionúclido que contiene. Si el equipo de radioterapia incorpora cualquier otra fuente con una tasa de dosis en superficie que exceda los 20 Sv/h debe indicarse con una etiqueta específica de precaución el componente que proporcione dicha tasa.

Deberá haber 2 luces fuera de la sala de tratamiento sobre la puerta dispuestas de la siguiente manera:

1. Luz blanca o amarilla que indique que el equipo está preparado para irradiar, el texto recomendado para esta luz es "EQUIPO EN USO".
2. Luz roja que indique cuando el equipo está emitiendo radiación (por ejemplo para el cobalto cuando la fuente de radiación está fuera de " Posición del haz off" y para los equipos de carga diferida cuando la fuente está fuera del contenedor). Texto recomendado para la luz " PROHIBIDA LA ENTRADA".

En el interior de la sala de tratamiento una luz roja o señal acústica indicará cuando el equipo está emitiendo radiación. Para el cobalto y equipos de carga diferida ésta luz deberá estar conectada continuamente al monitor de tasa de dosis independiente al sistema de control del equipo de terapia.

La consola de control de la unidad de tratamiento debe indicar claramente el estado de operación de la unidad en cualquier momento (por ejemplo tipo de radiación , energía , encendido o apagado y radiación y posición de las fuentes).

En el caso de braquiterapia el paciente estará aislado el número de días que dure el tratamiento en una habitación exclusiva para él. Ésta habitación debe estar señalizada aunque no necesita señales ni acústicas ni luminosas.

Durante la irradiación DEBE PERMANECER EN LA SALA DE TRATAMIENTO EXCLUSIVAMENTE EL PACIENTE.

A la entrada de la sala debe haber dos dispositivos de seguridad independientes que prevengan la irradiación si alguien intenta entrar en la sala. Uno de éstos dispositivos de seguridad debe estar conectado a la puerta que impida la irradiación si la puerta no está cerrada. La conexión debe estar hecha de tal manera que impida la radiación incluso en caso de avería de la misma. Se recomienda que el 2º dispositivo esté incorporado a la puerta y sea una foto célula que interrumpa la irradiación cuando alguien intercepte el dispositivo. Ambos dispositivos deben estar conectados de tal manera que la irradiación sólo pueda ser continuada desde la consola del control. Es recomendable que la sala de control disponga de un monitor (por ejemplo de infrarrojos) que indique los movimientos de cualquier persona en la sala. Tanto la sala como el control deben tener en un lugar perfectamente visible botones de parada para emergencia (Setas) que al ser presionadas interrumpan la irradiación haciendo que las fuentes retornen a su posición, interrumpiendo el movimiento de las unidades de tratamiento y desconectando la corriente. Si un botón de parada se presiona debe quedar perfectamente aclarada la causa antes de reestablecer el tratamiento. La continuación de la irradiación sólo puede ser posible desde la consola del control. Los cobaltos y equipos de carga diferida deben además estar equipados con dispositivos que hagan posible el retorno manual de la fuente a su posición de reposo

La sala de tratamiento debe sólo tener una entrada que debe poder abrirse desde dentro y desde fuera tanto en modo automático como en manual.

El paciente tiene que ser visto y oído desde el control y debe haber un intercomunicador entre el control y la sala de tratamiento. Además la puerta debe ser visible también desde el control.

Para medidas dosimétricas la sala debe estar provista con los medios que permitan de manera segura introducir los cables del control a la sala.

Todas las unidades deben estar dotadas con extintores.

Las llaves de los equipos de radioterapia sólo pueden estar custodiadas por personal autorizado de manera que nadie pueda acceder a ellos.

El supervisor proporcionará instrucciones escritas para trabajar con seguridad.

En las unidades de Rayos X de radioterapia superficial el botón de encendido deberá estar colocado en la consola de control. Ésta consola debe indicar el filtro, tiempo, kilovoltaje y corriente.

Las unidades que contienen fuentes con carga diferida deberán estar construidas de manera que no sea posible sacar las fuentes de radiación del contenedor sin dispositivos especiales. Si en el caso de accidente o rotura las fuentes permanecieran fuera del contenedor el personal debe de tener los medios para manipular temporalmente las fuentes con seguridad.

No se requieren especiales dispositivos de seguridad o protección para aislar al paciente sometido al tratamiento de radioterapia intestinal. El personal sin embargo debe tener instrucciones sobre el uso de la habitación durante el tratamiento así como instrucciones que observen los puestos exteriores de trabajo, la sala de espera y las visitas.

El personal profesionalmente expuesto debe llevar dosímetro y disponer de monitores portátiles con alarma. Todas las salas de tratamiento deben estar equipadas mientras estén operando con un monitor de tasa de dosis con pantalla en la unidad de control que opere independientemente de las fuentes de potencia de la instalación.

Se debe notificar cualquier cambio en la instalación de radioterapia: desmantelamiento, cambio de la fuente de radiación de los haces de terapia gamma y cualquier otra intervención.

ANEXO IV: ALMACENAMIENTO Y EVACUACIÓN DE RESIDUOS CONTAMINADOS CON MATERIAL RADIATIVO.

Gestión de residuos

Las instalaciones radiactivas deberán estar proyectadas convenientemente para evitar o reducir al mínimo posible la evacuación de residuos radiactivos al medio ambiente, tanto en régimen normal de funcionamiento como en caso de accidente. Los residuos radiactivos exigirán una gestión diferenciada y específica, totalmente separada de los sistemas de almacenamiento, tratamiento y evacuación del resto de residuos.

Los residuos radiactivos deberán almacenarse en recipientes cuyas características proporcionen una protección suficiente contra las radiaciones ionizantes, considerando las condiciones del lugar de almacenamiento y la posible dispersión o fuga del material radiactivo. Los recipientes que contengan residuos radiactivos estarán convenientemente señalizados.

Deberá llevarse un registro por duplicado para cada recipiente en el que se consignarán los datos fisicoquímicos y, si es posible, la actividad, así como los valores máximos del nivel de exposición en contacto y a un metro de distancia del recipiente y la fecha de la última medición efectuada.

El sistema de almacenamiento, tratamiento y eliminación dependerá de varios factores tales como la forma física, la actividad y la vida media del radionucleido, así como del volumen generado y de su periodicidad.

Los residuos radiactivos deberán gestionarse a través de empresas especializadas convenientemente autorizadas por el Consejo de Seguridad Nuclear

La legislación española prohíbe la evacuación al medio ambiente de cualquier residuo radiactivo sólido si no se dispone de una autorización expresa para ello.

En cuanto a la eliminación de residuos radiactivos líquidos o gaseosos se hará de manera que las concentraciones de radionucleidos en el agua o en el aire no permitan superar los límites de incorporación anual por ingestión o inhalación establecidos para los miembros del público. Dicha práctica sólo se podrá llevar a cabo en aquellas instalaciones cuya autorización de funcionamiento así lo contemple y con las limitaciones concretas que se le impongan.

1) Residuos sólidos:

Cabe diferenciar las **fuentes encapsuladas** y el **material no encapsulado**.

a) Fuentes encapsuladas: Llegado su caso, se acondicionarán

según los criterios de aceptación dados por ENRESA, con la correspondiente cumplimentación de la hoja descriptiva de la fuente. Un caso singular, lo puede constituir las fuentes con un período de semi-desintegración inferior a un año, en cuyo caso, mediante la espera de un tiempo suficiente sus actividades pueden llegar a valores inferiores a 10 kBq. En estos casos y previa consulta con ENRESA, estas fuentes gastadas serán retiradas como residuos radiactivos y no como fuentes, quedando además reflejada su retirada en el Diario de Operaciones.

b) Material no encapsulado: Su gestión se ha de llevar a cabo dentro de la instalación radiactiva. El propio usuario que ha generado el desecho es el responsable de llevar a cabo su acondicionamiento. Para ello, inicialmente se han de segregar los líquidos de los sólidos y además en los diferentes tipos de radionucleidos.

Los sólidos solo se tratarán como desechos convencionales cuando su contaminación resulte inferior a los niveles de desclasificación autorizados para cada instalación radiactiva concreta. La práctica de la aplicación de criterios de clasificación como residuo convencional (desclasificación) sólo se podrá llevar a cabo por el Servicio de Protección Radiológica. Los residuos radiactivos sólidos pueden ser:

- Orgánicos: Se conservan congelados en la Instalación.
- Sólidos en general: Se almacenan en bolsas de plástico normalizadas.

Todos los desechos radiactivos sólidos acondicionados han de estar adecuadamente etiquetados, detallándose el departamento productor, el radionucleido o radionucleidos presentes con su actividad estimada y la fecha de cierre de la bolsa.

Periódicamente las bolsas cerradas, son llevadas al almacén de residuos, por parte del Servicio de Física Médica y Protección Radiológica

2) Residuos líquidos:

No se eliminarán líquidos por la red de alcantarillado sin consultarlo con el Servicio de Física Médica y Protección Radiológica. Además, dicha práctica sólo se podrá llevar a cabo dentro de la propia instalación, si esta dispone de autorización expresa.

Se separarán los líquidos de tipo acuoso de los que no lo son.

En los bidones para almacenaje, se indicarán con una etiqueta, el nombre del radionucleido contaminante, la actividad estimada y la fecha en que se llenó el bidón.

Los bidones se llevarán al almacén de residuos y se procederá como con las bolsas de residuos sólidos.

En todos los casos se seguirán las normas establecidas por el Servicio de Protección Radiológica para cada Instalación Radiactiva y para cada tipo de residuo que se incluyen en el Protocolo existente a tal efecto.

**PROTOCOLO DE RECOGIDA DE RESIDUOS RADIATIVOS
GENERADOS EN LAS INSTALACIONES RADIATIVAS DEL HOSPITAL
CENTRAL DE ASTURIAS**

- IDENTIFICACIÓN Y UBICACIÓN DE LAS INSTALACIONES RADIATIVAS
-
- SITUACIÓN DEL ALMACÉN CENTRAL DE RESIDUOS SÓLIDOS
- SITUACIÓN DEL ALMACÉN DE RESIDUOS LÍQUIDOS
- NORMAS GENERALES DE PREPARACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS PARA TODAS LAS INSTALACIONES
- RESIDUOS GENERADOS POR CADA INSTALACIÓN

**RIA RESIDENCIA COVADONGA
MEDICINA NUCLEAR Y RIA HOSPITAL GENERAL
MICROBIOLOGÍA HOSPITAL GENERAL
INMUNOLOGÍA
MICROBIOLOGÍA CENTRO MATERNO-INFANTIL
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN
PLANTA DE HOSPITALIZACIÓN A-1**

- MÉTODO DE RECOGIDA
- TABLA DE RADIOISÓTOPOS UTILIZADOS EN LAS DIFERENTES INSTALACIONES RADIATIVAS
- CALENDARIO DE RECOGIDA DE RESIDUOS Y OTRAS ACTIVIDADES EN LAS INSTALACIONES RADIATIVAS

IDENTIFICACIÓN Y UBICACIÓN DE LAS INSTALACIONES RADIATIVAS

NÚMERO IDENTIFICACIÓN	NOMBRE INSTALACIÓN	UBICACIÓN
<i>IRA/831</i>	Laboratorio de RIA	<i>Residencia Covadonga</i>
<i>IRA/6A/94</i>	Medicina Nuclear	<i>Hospital General</i>
<i>IRA/1924</i>	Inmunología	<i>Bloque Polivalente C</i>
<i>IRA/1934</i>	Microbiología	<i>Hospital Materno-Infantil</i>
<i>IRA-1468/97</i>	Unidad de Investigación	<i>Bloque Polivalente A</i>
<i>IRA-11/97</i>	A-1	<i>Edificio A</i>
<i>IRA-10/98</i>	Oncología Radioterápica	<i>Policlínicas Hospital General</i>

SITUACIÓN DEL ALMACÉN CENTRAL DE RESIDUOS SÓLIDOS

El almacén se halla situado en la planta baja del bloque Polivalente C.

Al mismo se accede únicamente desde la calle, por una puerta exclusiva para dicha habitación.

Las llaves de dicho almacén solamente están a disposición del personal del Servicio de Física Médica y P.R.

SITUACIÓN DEL ALMACÉN DE RESIDUOS LÍQUIDOS

Se encuentra situado en un edificio externo, en las cercanías del edificio A.

Se accede directamente desde la calle, siendo ésta la única entrada.

Consta de 4 depósitos de 2500 l conectados con los dos W.C. situados en las habitaciones de terapia metabólica.

El cambio de llenado de los depósitos se realiza manualmente desde un dispositivo situado en el control de enfermería y cerrado bajo llave.

Las llaves del almacén y del equipo de control de llenado se hallan en el Servicio de Física Médica, disponiendo de una copia de las llaves los

Supervisores de la instalación (Medicina Nuclear y Oncología Radioterápica)

NORMAS GENERALES DE PREPARACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS PARA TODAS LAS INSTALACIONES

- Los residuos se depositarán en bolsas de plástico. Las bolsas de contención deberán ser llenadas sin saturarlas, para evitar roturas en su superficie y posibles contaminaciones.
- Todas las bolsas deberán ir perfectamente cerradas.
- Todas las bolsas deberán estar etiquetadas con los siguientes datos:
 - ✓ Nombre del isótopo que contienen los residuos
 - ✓ Fecha de cierre de la bolsa

- Los residuos con riesgo de producir cortes o pinchazos (agujas, cristales, etc.) deberán ir en doble bolsa para prevenir accidentes.
- En el caso del Tritio (^3H), las instalaciones que trabajan con este isótopo deberán tener presente que:
 - Se permiten residuos mixtos (sólidos mezclados con líquidos) en el caso de los líquidos de centelleo. Se depositarán en bolsas plásticas proporcionadas por ENRESA para tal fin.
 - Los residuos sólidos han de ir separados de los líquidos y de los mixtos. Se depositarán en las bolsas plásticas proporcionadas por ENRESA.
 - Las aguas de lavado son residuos líquidos que deben ir aislados. Se depositarán en los contenedores (lecheras) proporcionados por ENRESA.
 - Todos los residuos de ^3H serán recogidos por ENRESA.

- Las instalaciones con normas específicas de tratamiento de residuos deberán seguir éstas en la preparación de bolsas ó contenedores.

El Servicio de Física Médica y P.R. no se hace responsable de los posibles problemas que puedan surgir con los residuos no evacuados por personal de este Servicio.

Tampoco se retirarán los residuos que no cumplan las normas anteriormente citadas.

RESIDUOS GENERADOS POR CADA INSTALACIÓN

RIA (H.C.A.)

¹²⁵I Se recogerán semanalmente las bolsas (color Transparente) con los residuos sólidos (viales, pipetas,...) de esta instalación.
Los residuos líquidos se eliminarán a través del desagüe dejando correr el grifo durante un rato tras el vertido de los mismos.

MEDICINA NUCLEAR (H.G.A.)

^{99m}Tc Semanalmente se recogerán las bolsas (color Negro) con los residuos generados (algodones, jeringas, etc.)

¹³¹I, ⁵¹Cr, ⁶⁷Ga, ¹¹¹In, ²⁰¹Tl Se recogerá el contenido del pozo correspondiente cuando desde la Instalación se avise que está lleno.

¹²⁵I Se recogerán semanalmente las bolsas (color Amarillo) con residuos (pipetas, viales, etc.). Caso de tener una cantidad mayor de residuos la retirada se realizará dos veces en semana.

Los residuos líquidos generados en el laboratorio de RIA de ¹²⁵I, se eliminarán a través del desagüe dejando correr el grifo durante un rato tras el vertido de los mismos.

INMUNOLOGÍA

³H Los contenedores con los residuos resultantes del manejo de este radioisótopo debidamente clasificados, se recogerán cuando los recipientes se encuentren llenos.

³²P Las bolsas (color Amarillo ó Negro) con residuos de dicho isótopo se recogerán cuando se encuentren llenas previo aviso de la Instalación.

³⁵S Se procederá a su retirada cuando se encuentren llenas las bolsas, tras el aviso por parte de la Instalación.

MICROBIOLOGÍA (CENTRO MATERNO-INFANTIL)

¹²⁵I Se recogerán las bolsas (color Amarillo) con los residuos de este material semanalmente, si es que los hubiera.

³²P Semanalmente se recogerán los residuos de este radioisótopo, caso de haberlos.

UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

³H Se recogerán los contenedores con los residuos resultantes del manejo de este radioisótopo debidamente clasificados, para su posterior recogida por ENRESA, cuando los recipientes se encuentren llenos.

³²P Los almacenan en un cubo de metacrilato en la propia instalación hasta que decaen tratándolos entonces como basura convencional.

PLANTA DE HOSPITALIZACIÓN A-1

¹³¹I En la planta de hospitalización de enfermos sometidos a terapia metabólica, se recogerán de las habitaciones diariamente los residuos sólidos generados por los pacientes (bolsas de color verde).

Cuando sean dados de alta, se recogerán (sí es preciso) las bolsas (color azul) con ropa de cama y toallas utilizadas por los mismos.

Los residuos líquidos se recogerán directamente desde un water especial, a través de un sistema ideado para ello, en los depósitos situados en el almacén de residuos líquidos.

ONCOLOGÍA RADIOTERÁPICA

¹²⁵I Las semillas sobrantes las recoge la empresa suministradora

TABLA DE RADIOISÓTOPOS UTILIZADOS EN LAS DIFERENTES INSTALACIONES RADIATIVAS

INSTALACIÓN	RADIOISÓTOPO
RIA (H.C.A.)	¹²⁵ I
MEDICINA NUCLEAR (H.G.A.)	^{99m} Tc, ⁶⁷ Ga, ¹²³ I, ¹²⁵ I, ¹³¹ I, ⁵¹ Cr, ²⁰¹ Tl, ¹¹¹ In, ⁵⁷ Co, ⁵⁸ Co
INMUNOLOGÍA	³² P, ³⁵ S, ³ H
MICROBIOLOGÍA (MAT.)	¹²⁵ I, ³² P
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN	³² P, ³⁵ S, ³ H
A-1	¹³¹ I

CALENDARIO DE RECOGIDA DE RESIDUOS Y OTRAS ACTIVIDADES EN LAS INSTALACIONES RADIATIVAS

INSTALACIÓN	L	M	X	J	V
RIA (H.C.A.)			<i>MR</i>		
M. NUCLEAR (H.G.A.)	<i>MDAR</i>	<i>MDAR</i>	<i>MDAR</i>	<i>MDAR</i>	<i>MDAR</i>
INMUNOLOGÍA (H.C.A.)	<i>M</i>			<i>M</i>	
MICROBIOLOGÍA (MATERNIDAD)					<i>MR</i>
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN					
A-1	<i>MR</i>	<i>MR</i>	<i>MR</i>	<i>MR</i>	<i>MR</i>

CÓDIGO

- M* Medida de contaminación
D Dosimetría de Área
A Evaluación de los Activímetros
R Recogida de Residuos

ANEXO V: TRATAMIENTO DE LA CONTAMINACIÓN:

1) Descontaminación de objetos.

La mayor parte de las veces, la contaminación se produce por el vertido de un líquido radiactivo. Las medidas a tomar dependen del tamaño y movilidad del objeto contaminado y del radionucleido contaminante, pero básicamente son las siguientes:

- Toda descontaminación se hará con la protección adecuada de las manos (guantes desechables). En caso de necesidad se usarán también cubre-batas desechables y cubrezapatos.
- La primera medida será evitar que la contaminación siga extendiéndose, por lo que se eliminará el líquido derramado con un material adecuado, por ejemplo: papel absorbente.
- La descontaminación se hará frotando por vía húmeda siempre que ello sea posible (el agente humectante puede ser agua, alcohol, acetona o bien una solución de detergente adecuado).
- Si el objeto contaminado es pequeño y lavable, se lavará con abundante agua corriente y jabón. En caso de necesidad se seguirá el procedimiento que se describirá al tratar la descontaminación de las manos. Si el objeto es grande o no se puede mover fácilmente (contador, pared, suelo, mesa de trabajo, etc.) se procederá a su descontaminación in situ.

Una vez realizado el lavado de descontaminación se comprobará con el monitor adecuado si persiste la contaminación. En caso afirmativo, se señalará debidamente la zona contaminada y se recubrirá con plástico fijado con cinta adhesiva a fin de evitar una dispersión de la contaminación o bien recubriéndolo con un blindaje adecuado si ello fuera necesario. Sobre el plástico o en una etiqueta adecuada se escribirá el radionucleido contaminante, fecha y hora en que sucedió la contaminación.

2) Tratamiento de la contaminación personal externa.

La contaminación de la piel se puede producir con un material radiactivo en forma de polvo, gas, solución acuosa o solución orgánica. La incorporación a través de la piel se realiza por un mecanismo de difusión. La mayor o menor velocidad con que una

sustancia difunde a través de la piel depende de la sustancia en cuestión, de la estructura de la piel afectada y del estado de la piel. La permeabilidad de la piel aumenta mucho si está sometida a la acción de un factor irritante, ya sea de naturaleza química o física, como puede ser el calor.

Ante una contaminación externa hay unas reglas generales de conducta que deben observarse siempre:

- Despojarse de las prendas contaminadas.
- Lavar las zonas contaminadas.
- Usar ropa y calzado limpios para evitar una dispersión de la contaminación.
- Dar prioridad a la descontaminación de los orificios naturales de la cara y el cabello y las eventuales heridas que deberán ser protegidas adecuadamente.
- Evitar la contaminación de zonas no contaminadas durante las maniobras de descontaminación (lavado).
- Evitar lesionar la piel durante las maniobras de lavado y cepillado.

Hay que distinguir entre:

- Descontaminación de un área definida de la piel: La parte contaminada, por ejemplo las manos, se lavarán cuidadosamente con agua templada (30°C – 32°C), jabón neutro y un cepillo blando durante 2 - 3 minutos (especial atención merecen los pliegues de la piel, las uñas y el borde cubital de la mano). El área contaminada se recubre con una gruesa capa de espuma y se enjuaga con abundante agua corriente. Repetir 3 o 4 veces. Secar con papel absorbente, controlar con un detector para ver si persiste la contaminación. En caso afirmativo, se puede emplear cualquiera de los productos existentes en el mercado para lavar una piel especialmente sucia.
- Descontaminación del cuero cabelludo: El cabello se lavará con un champú o jabón detergente ácido, con la cabeza reclinada hacia atrás y cuidando no contaminar los oídos, ojos, nariz o boca. Se controlará la presencia de contaminación con un detector y en caso de persistir se repetirá el lavado, cuantas veces se estime necesario. Solamente en casos extremos será

necesario el recurrir al rasurado de los cabellos

- Descontaminación de los ojos: Se comenzará la descontaminación por la superficie externa de los párpados, después éstos se separarán bien y se lavará el ojo con abundante agua estéril (corriente si no hay otra), haciendo fluir del ángulo interno hacia el externo, evitando así la contaminación del canal lacrimal. Tratar la conjuntivitis que haya podido provocar el lavado con un colirio adecuado.

- Tratamiento de contaminaciones difusas: Por la actividad y volumen de radionucleidos utilizados en las instalaciones del HUCA resulta muy improbable el que se presente dicho incidente. En caso de producirse, se procederá a la ducha con abundante agua tibia y jabón. Secar y controlar.

3) Tratamiento de las heridas contaminadas.

Las heridas contaminadas con material radiactivo merecen una especial atención, debido a que:

- Puede haber un riesgo de que la dosis absorbida localmente sea muy alta, especialmente si el material contaminante contiene emisores beta de alta energía y marcados con una alta actividad específica.
- O de una rápida incorporación a través de los vasos linfáticos y sanguíneos lesionados. En el caso de sustancias solubles, la velocidad de incorporación es equiparable a la de la administración intravenosa del radionucleido.

El tratamiento de una herida contaminada debe iniciarse lo antes posible, tomándose las siguientes medidas:

- Si es posible se evitará que la contaminación alcance el torrente sanguíneo provocando el sangrado de la herida.
- Lavado de la herida con suero fisiológico o con agua oxigenada al 3%, controlando mediante un monitor de contaminación adecuado los resultados obtenidos.
- Aplicación de un antiséptico (p.e. mercurocromo) y de un polvo o pomada antibacteriana.
- Aplicación de un apósito estéril que evitará tanto una infección sobreañadida de la herida, como la dispersión de la contaminación.
- En caso de necesidad, se protegerá al paciente con suero antitetánico

ANEXO VI: LEGISLACIÓN NUCLEAR ESPAÑOLA FUNDAMENTAL

ORDEN MINISTERIAL DE 8 de octubre de 1989, por la que se suprimen las exploraciones radiológicas sistemáticas en los exámenes de salud de carácter preventivo. (B.O.E. n1 252 de 20 de octubre de 1989).

Real Decreto 1132/90 de 14 de septiembre, por el que se establecen medidas fundamentales de protección radiológica de las personas sometidas a exámenes y tratamientos médicos (BOE nº 224, 18/09/1990).

REAL DECRETO 1891/1991, de 30 de diciembre de 1991 sobre instalación y utilización de aparatos de rayos X con fines de diagnóstico médico.(B.O.E. n1 3, del 3 de enero de 1992).

RD 414/1996, de 1 de marzo, por el que se regulan los productos sanitarios. (BOE nº 99, 24/04/1996)

Real Decreto 1841/1997 de 5 de diciembre, por el que se establecen los Criterios de Calidad en Medicina Nuclear (BOE nº 303, 19/12/1997).

Real Decreto 1566/1998, de 17 de julio, por el que se establecen los criterios de calidad en Radioterapia

REAL DECRETO 1976/1999, de 23 de diciembre de 1999, por el que se establecen los Criterios de calidad en Radiodiagnóstico. (BOE nº 311, de 29 de diciembre de 1999).

DECRETO 1836/1999 del Ministerio de Industria y Energía, de 3 de diciembre, por el que se aprueba el Reglamento sobre Instalaciones Nucleares y Radiactivas (B.O.E. n1 313, de 31 de diciembre de 1999).

Real Decreto 815/2001, de 13 de julio, sobre justificación del uso de las radiaciones ionizantes para la protección radiológica de las personas con ocasión de exposiciones médicas.(BOE nº168, 14 julio de 2001)

REAL DECRETO 783/2001, de 6 de julio, por el que se aprueba el Reglamento sobre Protección Sanitaria contra las Radiaciones Ionizantes (B.O.E. n1 178, de 26 de julio de 2001).

Orden, de 21 de mayo, sobre gestión de materiales residuales sólidos con contenido radiactivo generados en las instalaciones radiactivas de 2º y 3º categoría en las que se manipulen o almacenen isótopos radiactivos no encapsulados (BOE 05/06/2003).

Real Decreto 35/2008, de 18 de enero, por el que se modifica el Reglamento sobre Instalaciones Nucleares y Radiactivas, aprobado por Real Decreto 1836/1999, de 3 de diciembre

Real Decreto 1085/2009, de 3 de julio, por el que se aprueba el Reglamento sobre instalación y utilización de aparatos de rayos X con fines de diagnóstico médico. Sustituye al RD 1891/1991, de 30 de diciembre, por el que se regula la instalación y utilización de aparatos de rayos X con fines de diagnóstico médico

GLOSARIO DE TÉRMINOS

Actividad.- Numero de transformaciones nucleares espontáneas que se producen por unidad de tiempo en una fuente radiactiva.

Colimador (Diafragma).- Dispositivo adicional que define las dimensiones de un haz de radiación.

Contaminación radiactiva.- Presencia indeseable de sustancias radiactivas en la superficie (contaminación externa) o en el interior (contaminación interna) de un medio cualquiera.

Consejo de Seguridad Nuclear.- Único organismo competente en materia de seguridad nuclear y protección radiológica.

Dosímetro.- Aparato que permite medir la dosis absorbida.

Dosis absorbida.- Cociente de la energía media cedida por la radiación ionizante dividida por la masa del material irradiado.

Dosis efectiva.- Suma ponderada de las dosis equivalentes medias, recibidas en los distintos órganos o tejidos. El factor de ponderación tiene en cuenta diferente radiosensibilidad de cada órgano frente a los efectos de tipo estocástico.

Dosis equivalente.- Producto de la dosis absorbida por el factor de calidad (**wR**) que tiene en cuenta las características de la radiación.

Efectos biológicos estocásticos.- Son los que se caracterizan por una relación dosis-efecto de naturaleza probabilística. No existe dosis umbral y una vez producidos son siempre graves.

Efectos biológicos no estocásticos.- Son los que se caracterizan por una relación de causalidad determinista entre la dosis y el efecto. Se manifiestan cuando la dosis recibida supera un determinado valor, dosis umbral. Su gravedad depende de la dosis recibida.

Exposición.- La acción y efecto de someter a las personas a las radiaciones ionizantes.

Exposición externa.- Exposición del organismo a fuentes exteriores a él.

Exposición interna.- Exposición del organismo a fuentes interiores a él.

Fondo radiactivo natural.- Está constituido por el conjunto de radiaciones ionizantes que provienen de fuentes naturales terrestres o cósmicas.

Fuente.- Aparato o sustancia capaz de emitir radiaciones ionizantes.

Fuente encapsulada.- Fuentes constituidas por sustancias radiactivas sólidamente incorporadas en materias sólidas inactivas o bien en el interior de envolturas inactivas con una resistencia suficiente para evitar, en condiciones normales de utilización, toda dispersión de material radiactivo.

Fuente no encapsulada.- Fuente cuya presentación y condiciones normales de utilización no permiten prevenir la dispersión de la sustancia radiactiva.

I.C.R.P.- Comisión Internacional de Protección Radiológica.

Incorporación.- Actividad de radionucleidos que se introducen en el organismo, procedentes del medio externo.

In vitro.- Pruebas realizadas exclusivamente en laboratorio.

In vivo.- Pruebas realizadas total o parcialmente en organismos vivos.

Ionización.- Fenómeno por el que un átomo pierde o gana electrones.

Instalación radiactiva.- Instalación de cualquier clase que contenga una fuente radiactiva no exenta o un aparato productor de radiaciones ionizantes que tampoco sea del tipo exento.

Límite de dosis.- Límites fijados en el Reglamento sobre Protección Sanitaria contra Radiaciones Ionizantes. Se establecen límites diferentes para los trabajadores expuestos y para los miembros del público. En la determinación de la dosis no se tiene en cuenta la dosis debida al fondo natural y las recibidas en calidad de paciente en la diversas aplicaciones médicas.

Operador de instalaciones radiactivas.- Licencia que capacita para la manipulación de material radiactivo y equipos productores de radiación. Es otorgada por el Consejo de Seguridad Nuclear.

Pantalla.- Dispositivo absorbente interpuesto en la trayectoria de la radiación para interceptarla total o parcialmente con el fin de protegerse.

Período de semi-desintegración.- El tiempo necesario para que la actividad de un radionucleido disminuya a la mitad.

Persona en formación o estudiante.- toda persona que, no siendo trabajador, recibe formación o instrucción en el seno o fuera de una empresa para ejercer un oficio o profesión, relacionado directa o indirectamente con actividades que pudieran implicar exposición a radiaciones ionizantes.

Radiaciones ionizantes.- Radiaciones compuestas por fotones o por partículas capaces de producir iones directa o indirectamente.

Radiodiagnóstico.- Utilización de los RX con fines diagnósticos: radiología convencional, tomografía axial computarizada, angiología digital, etc.

Radionucleido (radioisótopo, elemento radiactivo).- Átomos que emiten radiación de forma espontánea al transformarse sus núcleos.

Radiotoxicidad.- Toxicidad debida a las radiaciones ionizantes emitidas por un radionucleido incorporado y por sus productos derivados. La radiotoxicidad no es debida únicamente a las características radiactivas del radionucleido sino que también depende de su estado físico y químico y del metabolismo de este elemento en el organismo o en los órganos..

Servicio de Protección Radiológica.- Servicio encargado del establecimiento de las normas de protección radiológica y de la vigilancia de su cumplimiento.

Sustancia radiactiva.- Sustancia que contiene uno o varios radionucleidos cuya actividad no es despreciable desde el punto de vista de la radioprotección.

Supervisor de instalaciones radiactivas.- Licencia que capacita para dirigir el funcionamiento de una instalación radiactiva y las actividades de los operadores. Es otorgada por el Consejo de Seguridad Nuclear.

Trabajadores expuestos (TE).- Aquellas que por razón de su trabajo están sometidas a un riesgo de exposición a las radiaciones ionizantes, que puede suponer recibir dosis anuales superiores a 1/10 de los límites de dosis anuales fijados para los trabajadores profesionalmente expuestas.

Titular.- Persona física o jurídica que tiene la responsabilidad y la autoridad sobre el ejercicio de las prácticas previstas en el Reglamento sobre Instalaciones nucleares y radiactivas.

Zona controlada.- Zona sometida a reglamentación por razones de protección contra las radiaciones ionizantes y en la cual el acceso está reglamentado.

Zona vigilada.- Zona sometida a una adecuada vigilancia a efectos de protección contra las radiaciones ionizantes.

ANEXO VII. INSTALACIONES DE LA RED PÚBLICA DE SALUD DEL PRINCIPADO DE ASTURIAS A LAS QUE DA COBERTURA EL SERVICIO DE FÍSICA MÉDICA Y PROTECCIÓN RADIOLÓGICA

ÁREA I

- HOSPITAL DE JARRIO COAÑA
Sº Radiología
- UNIDADES DE SALUD BUCODENTAL DE ATENCIÓN PRIMARIA

ÁREA II

- HOSPITAL CARMEN Y SEVERO OCHOA):
Sº Radiología
- UNIDADES DE SALUD BUCODENTAL DE ATENCIÓN PRIMARIA

ÁREA III

- HOSPITAL SAN AGUSTÍN:
Sº Radiología
- HOSPITAL FUNDACIÓN AVILÉS
Mamógrafo del programa de cribado mamario
- UNIDADES DE SALUD BUCODENTAL DE ATENCIÓN PRIMARIA

ÁREA IV

- HOSPITAL UNIVERSITARIO CENTRAL DE ASTURIAS:
Sº Radiología
Sº Cardiología
Sº Urología
Sº Medicina Nuclear
Sº Oncología Radioterápica
Unidad de Investigación
Sº Microbiología Centro Materno-Infantil
Sº Inmunología
RIA Laboratorio Análisis Clínicos
Unidad de Ingreso Planta A1
- AMBULATORIO CENTRAL DE OVIEDO (LA LILA)
- HOSPITAL MONTE NARANCO
- UNIDADES DE SALUD BUCODENTAL DE ATENCIÓN PRIMARIA

ÁREA V:

- HOSPITAL DE CABUEÑES :
S° Radiología
S° de Cardiología
S° de Cirugía Vascular
- AMBULATORIO PUERTA DE LA VILLA
- AMBULATORIO DE PUMARÍN
- HOSPITAL FUNDACIÓN JOVE
S° Radiología
S° Oncología Radioterápica
- HOSPITAL CRUZ ROJA
Mamógrafos del programa de cribado mamario
- UNIDADES DE SALUD BUCODENTAL DE ATENCIÓN PRIMARIA

ÁREA VI:

- POLICLÍNICO DE ARRIONDAS
S° Radiología
- UNIDADES DE SALUD BUCODENTAL DE ATENCIÓN PRIMARIA

ÁREA VII:

- HOSPITAL ÁLVAREZ-BUYLLA
S° Radiología
- AMBULATORIO DE MIERES
- UNIDADES DE SALUD BUCODENTAL DE ATENCIÓN PRIMARIA

ÁREA VIII:

- HOSPITAL VALLE DEL NALÓN
S° Radiología
- AMBULATORIO DE SAMA
- HOSPITAL ADARO
- UNIDADES DE SALUD BUCODENTAL DE ATENCIÓN PRIMARIA

Bibliografía

1. Legislación Española (ver anexo VI)
2. International Commission on Radiological Protection (ICRP). Protection of the Patient in Radiation Therapy. ICRP Publication 44, Pergamon Press 1985 (Annals of the ICRP Vol. 27, No. 1).
3. International Commission on Radiological Protection (ICRP). Radiological Protection of the Worker in Medicine and Dentistry, ICRP Publication 74, Pergamon Press 1990 (Annals of the ICRP Vol. 20, No. 3).
4. National Council on Radiation Protection and Measurements (NCRP). Radiation Protection Design Guidelines for 0.1–100 MeV Particle Accelerator Facilities. NCRP Report No. 51, NCRP 1977.
5. DIN 6487
6. International Commission on Radiological Protection (ICRP). Recomendaciones 1990, Publicacion 60, Sociedad Española de Protección Radiológica
7. International Commission on Radiological Protection (ICRP). Protection Against Ionizing Radiation from External Sources used in Medicine ICRP Publication 33, 1982