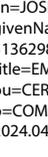


 Universidad Complutense de Madrid Facultad de Medicina	Instalación Radiactiva Central (IRA 865)	Ref. 000....- PR
		Rev. N°01
		Fecha: 05/04/2024
		Página 1 de 2

Nombre del archivo: 000 PROCEDIMIENTO DE PROTECCIÓN RADIOLÓGICA USUARIOS IRC feb 2024

PROCEDIMIENTO DE PROTECCIÓN RADIOLÓGICA PARA LA MANIPULACIÓN DE FUENTES NO ENCAPSULADAS UTILIZADAS EN LA INSTALACIÓN RADIATIVA CENTRAL (IRC) DE LA FACULTAD DE MEDICINA DE LA UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID (UCM)

Realizado por personal de la Instalación Radiactiva Central (IRC) de la Facultad de Medicina- UCM Fecha: 04/04/2024		Revisado por la Dirección de la IRC Fecha: 18/04/2024
Firma:  MENENDEZ MUÑOZ SUSANA ROSARIO - DNI 072197385 Susana Menéndez Muñoz Supervisora IRC	Firma:  GARCIA SALINERO ANTONIA - DNI 51913646R Antonia García Salinero Operadora IRC	Firma:  cn=JOSE MIGUEL FERNANDEZ SOTO - 51362986F, givenName=JOSE MIGUEL, sn=FERNANDEZ SOTO - 51362986F, serialNumber=IDCES-51362986F, title=EMPLEADO PÚBLICO, 2.5.4.97=VATES-57800001E, ou=CERTIFICADO ELECTRONICO DE EMPLEADO PUBLICO, o=COMUNIDAD DE MADRID, c=ES 2024.04.18 20:06:41 +02'00' José Miguel Fernández Soto Director IRC



PROCEDIMIENTO DE PROTECCIÓN RADIOLÓGICA PARA LA MANIPULACIÓN DE FUENTES NO ENCAPSULADAS UTILIZADAS EN LA INSTALACIÓN RADIATIVA CENTRAL (IRC) DE LA FACULTAD DE MEDICINA DE LA UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID (UCM)

Documento elaborado por:

Supervisora IRC: Susana Menéndez Muñoz
Operadora IRC: Antonia García Salinero
(Revisado por José Miguel Fernández Soto
Director IRC)

Certificado por el Servicio de Prevención de Riesgos Laborales
Universidad Complutense de Madrid

(UNA COPIA DE ESTE DOCUMENTO DEBERÁ FACILITARSE A TODAS LAS PERSONAS ANTES DE QUE INICIEN SU TRABAJO EN LA INSTALACIÓN)

VERSION REVISADA
Abril 2024

INDICE

Introducción	3
Legislación vigente	4
Bloque I: Radiaciones Ionizantes.....	7
Definición.....	8
Interacción con el organismo. Efectos biológicos.....	10
Irradiación y contaminación radiactiva. Exposición	11
Medida de las radiaciones ionizantes	12
Magnitudes y parámetros para la medida de la radiación	12
Medidas de protección contra las radiaciones ionizantes.....	14
Clasificación y delimitación de zonas.....	14
Clasificación de los trabajadores expuestos.....	16
Vigilancia Sanitaria	16
Normas básicas para el correcto uso de los dosímetros de termoluminiscencia personales (TLD´s).....	17
Limitación de dosis	19
Bloque II: Normas de Protección Radiológica	21
Evaluación y aplicación de las medidas de protección radiológica	22
Nota técnica sobre eficiencias y factores de calibración de monitores utilizados en el control de contaminación superficial.....	22
Instrumentación y dispositivos de seguridad	23
Medidas básicas de protección radiológica	23
Control de la radiación y contaminación.....	25
Procedimientos de descontaminación radiactiva	26
Normas básicas de protección radiológica con fuentes radiactivas no encapsuladas de baja actividad	28
Nota técnica sobre estimación de riesgos para usuarios de fuentes radiactivas no encapsuladas de: tritio, carbono-14 y iodo-125.....	29
Características de los radionucleidos que se utilizan en la IRC	30
Bloque III: Residuos radiactivos	35
Gestión de residuos radiactivos.....	36
Estudio realizado para la evacuación de residuos radiactivos sólidos como residuos convencionales	42
Nota técnica sobre valores máximos de actividades de los radionucleidos exentos de autorización y clasificación de IRAS.....	43
Nota técnica sobre valores máximos de exención de radionucleidos utilizados en la IRC	45
Nota informativa sobre sustancias para descontaminación radiactiva.....	47
Anexos.....	48
Solicitud del material radiactivo	49
Solicitud del dosímetro personal	50
Plan de Emergencia Interno (PEI) de la IRC	52
Reglamento de funcionamiento de la IRC.....	62
Unidades Radiactivas	66
Dirección WEB IRC.....	67
Glosario de términos.....	68
Bibliografía	73

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 de la Unión Europea sucesivas disposiciones de obligado cumplimiento para los Estados miembros. Actualmente está vigente la Directiva 2013/59/EURATOM, de 5 de diciembre de 2013, 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 y nº 103 de la ICRP, establecen 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 1029/2022 de 20 de diciembre, por el que se aprueba el Reglamento sobre protección de la salud contra los riesgos derivados de la exposición a las 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. Adoptando criterios de estimación de dosis considerados razonables para proteger a las personas, independientemente de que se trate de una actividad laboral o de otras situaciones de exposición a radiaciones ionizantes.

La normativa vigente exige que además de la formación prevista en la sección 2.^a del capítulo I del título V del Reglamento sobre instalaciones nucleares y radiactivas, Real Decreto 1836/1999 de 3 de diciembre, para la obtención de las licencias del personal que manipule material o equipos radiactivos o dirija dichas actividades, los titulares de las instalaciones que posean fuentes impartirán con periodicidad bienal un programa de formación para todos los trabajadores expuestos de la instalación, de acuerdo con lo previsto en artículo 21 del Reglamento de protección sanitaria contra radiaciones ionizantes y en el artículo 67 del Reglamento sobre instalaciones nucleares y radiactivas, en el que se incluirán sesiones relativas a la gestión segura de las fuentes, y a las posibles consecuencias de la pérdida de control y el modo de actuar en cada caso.

Legislación vigente

LEYES

- [Directiva 2013/59/EURATOM del Consejo](#) de 5 de diciembre de 2013, por la que se establecen normas de seguridad básicas para la protección contra los peligros derivados de la exposición a radiaciones ionizantes. Se derogan las Directivas 89/618/EURATOM, 90/641/EURATOM, 96/29/EURATOM, 97/43/EURATOM y 2003/122/EURATOM por las que se establecen las normas básicas relativas a la protección sanitaria de los trabajadores y de la población contra los riesgos que resultan de las radiaciones ionizantes.
- [Ley 25/1964](#) de 29 de abril, sobre Energía Nuclear.
- [Ley 33/2007](#) de 7 de noviembre, de reforma de la [Ley 15/1980](#), de 18 de abril, sobre Creación del Consejo de Seguridad Nuclear
- [Ley 24/2005](#) de 18 de noviembre, en la que se establece el carácter vinculante de las instrucciones del CSN.
- [Ley 15/1999](#) de 13 de diciembre, de Protección de Datos de Carácter Personal.
- [Ley 14/1999](#) de 4 de mayo, de Tasas y Precios Públicos por servicios prestados por el Consejo de Seguridad Nuclear.
- [Ley 54/1997](#) de 27 de noviembre, del sector eléctrico.

REALES DECRETOS

- [RD1029/2022](#) de 20 de diciembre, por el que se aprueba el Reglamento sobre protección de la salud contra los riesgos derivados de la exposición a las radiaciones ionizantes. Se realiza una transposición parcial de la Directiva 2013/59/EURATOM. **Deroga:** RD 783/2001 de 6 de julio, por el que aprueba el Reglamento sobre Protección Sanitaria contra Radiaciones Ionizantes y RD 413/1997 de 16 de julio, sobre protección operacional de trabajadores externos con riesgos de exposición a radiaciones ionizantes por intervención en zona controlada.
- [RD 451/2020](#) de 10 de marzo, sobre control y recuperación de las fuentes radiactivas huérfanas.
- [RD 1308/2011](#) de 26 de septiembre, sobre protección física de las instalaciones y los materiales nucleares, y de las fuentes radiactivas.
- [RD 1085/2009](#) Reglamento sobre instalación y utilización de aparatos de rayos X con fines de diagnóstico médico. Deroga el Real Decreto 1891/1991 Se modifican los apartados 4 y 5 del artículo 12 del Reglamento con el RD 1029/2022.
- [RD 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.
- [RD 229/2006](#) de 24 de febrero, sobre el control de fuentes radiactivas encapsuladas de alta actividad y fuentes huérfanas.
- [RD 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.
- [RD 1836/99](#) Reglamento de Instalaciones Nucleares y Radiactivas. Modificado por el Real Decreto 35/2008.
- [RD 1132/1990](#) de 14 de septiembre, establece las medidas fundamentales de protección radiológica de las personas sometidas a exámenes y tratamientos médicos.

ORDEN MINISTERIO DE ECONOMÍA

- [Orden ECO/1449/2003](#) de 21 de mayo, sobre gestión de materiales residuales sólidos con contenido radiactivo generados en las instalaciones radiactivas de 2ª y 3ª categoría en las que se manipulen o almacenen isótopos radiactivos no encapsulados

Normativa CSN

INSTRUCCIONES TÉCNICAS (CSN)

- [Instrucción IS-01](#) de 31 de mayo de 2001, del Consejo de Seguridad Nuclear, en la que se define el formato y contenido del documento individual de seguimiento radiológico o carné radiológico.
- [Instrucción IS-03](#) de 6 de noviembre 2002, del Consejo de Seguridad Nuclear, sobre cualificaciones para obtener el reconocimiento de experto en protección contra las radiaciones ionizantes.
- [Instrucción IS-05](#) de 26 de febrero 2003, del Consejo de Seguridad Nuclear, en la que se definen los valores de exención para nucleídos según se establece en las tablas A y B del anexo I del Real Decreto 1836/1999.
- [Instrucción IS-07](#) de 22 de junio 2005, del Consejo de Seguridad Nuclear, sobre campos de aplicación de licencias de personal de instalaciones radiactivas.
- [Instrucción IS-16](#) de 23 de enero de 2008, del Consejo de Seguridad Nuclear, sobre periodos de archivo de documentos y registros de las instalaciones radiactivas.
- [Instrucción IS-17](#) de 30 de enero de 2008 del Consejo de Seguridad Nuclear, por la que se establecen las normas a que habrán de sujetarse la homologación de cursos y acreditaciones del personal que dirija u opere equipos de rayos X de diagnóstico médico.
- [Instrucción IS-18](#) de 2 de abril de 2008, del Consejo de Seguridad Nuclear, sobre los criterios aplicados por el Consejo de Seguridad Nuclear para exigir, a los titulares de las instalaciones radiactivas, la notificación de sucesos e incidentes radiológicos.
- [Instrucción IS-28](#) de 22 de septiembre de 2010, del Consejo de Seguridad Nuclear, sobre las especificaciones de funcionamiento de instalaciones radiactivas.
- [Instrucción IS-41](#) de 26 de julio de 2016, por la que se aprueban los requisitos sobre protección física de fuentes radiactivas.

GUIAS (CSN)

- **Guía de Seguridad-nº 5.6** Cualificaciones para la obtención y uso de licencias de personal de operación de las Instalaciones Radiactivas. Madrid, junio de 1984.
- **Guía de Seguridad 7.10** Plan de Emergencia Interior en instalaciones radiactivas. Madrid, 20 de mayo de 2009.
- **Guía de Seguridad 9.2** Gestión de materiales residuales sólidos con contenido radiactivo generados en instalaciones radiactivas. Madrid, 12 de diciembre de 2001.

PREVENCIÓN DE RIESGOS LABORALES

- [Plan de prevención de riesgos laborales de la Universidad Complutense de Madrid](#) 11 de junio de 2008.
- [LEY 31/1995](#) de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales.
- [NTP 589](#) Instalaciones radioactivas: definición y normas para su funcionamiento.
- [NTP 614](#) Radiaciones ionizantes: normas de protección
- [NTP 728](#) Exposición laboral a radiación natural
- [Enciclopedia de Seguridad y Salud en el trabajo](#) Capítulo 48. Radiaciones ionizantes.

ICPR

[Publicación 103](#) Recomendaciones 2007 de la Comisión Internacional de Protección Radiológica

ENLACES DE INTERÉS

- [CSN, licencias y acreditaciones](#)
 - [Solicitud de registro de licencia compartida en varias instalaciones radiactivas](#)
 - [Solicitud de registro de licencia en una instalación radiactiva](#)
 - [Solicitud del modelo 801 para el pago de las tasas por concesión o renovación de licencias](#)
 - [Solicitud del modelo 801 para el pago de la tasa por concesión de acreditaciones para instalaciones de radiodiagnóstico](#)
- **Consejo de Seguridad Nuclear (CSN)** www.csn.es
- **Empresa Nacional de Residuos Radiactivos (ENRESA)** www.enresa.org
- **Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA)** www.iaea.org
- **Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas (CIEMAT)** www.ciemat.es
- **Unidad de Gestión y Coordinación de Prevención de Riesgos Laborales** www.ucm.es/prevencion
- **Sociedad Española de Protección Radiológica (SEPR)** www.sepr.es
- **Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el trabajo** www.insst.es

Bloque I: Radiaciones Ionizantes



Definición

Se define una radiación como ionizante cuando al interaccionar con la materia produce la ionización de la misma, es decir, origina partículas con carga eléctrica (iones). El origen de estas radiaciones es siempre atómico, pudiéndose producir tanto en el núcleo del átomo como en los orbitales y pudiendo ser de naturaleza corpuscular (partículas subatómicas) o electromagnética (rayos X, rayos gamma (γ)).

Las radiaciones ionizantes de naturaleza electromagnética son similares en naturaleza física a cualquier otra radiación electromagnética, pero con una energía fotónica muy elevada (altas frecuencias, bajas longitudes de onda) capaz de ionizar los átomos. Las radiaciones corpusculares están constituidas por partículas subatómicas que se mueven a velocidades próximas a la de la luz.

Existen varios tipos de radiaciones emitidas por los átomos, siendo las más frecuentes: la desintegración, la desintegración " β ", la emisión " γ " y la emisión de rayos X y neutrones. Las características de cada radiación varían de un tipo a otro, siendo importante considerar su capacidad de ionización y su capacidad de penetración, que en gran parte son consecuencia de su naturaleza. En la figura 1 se representan esquemáticamente estas radiaciones.

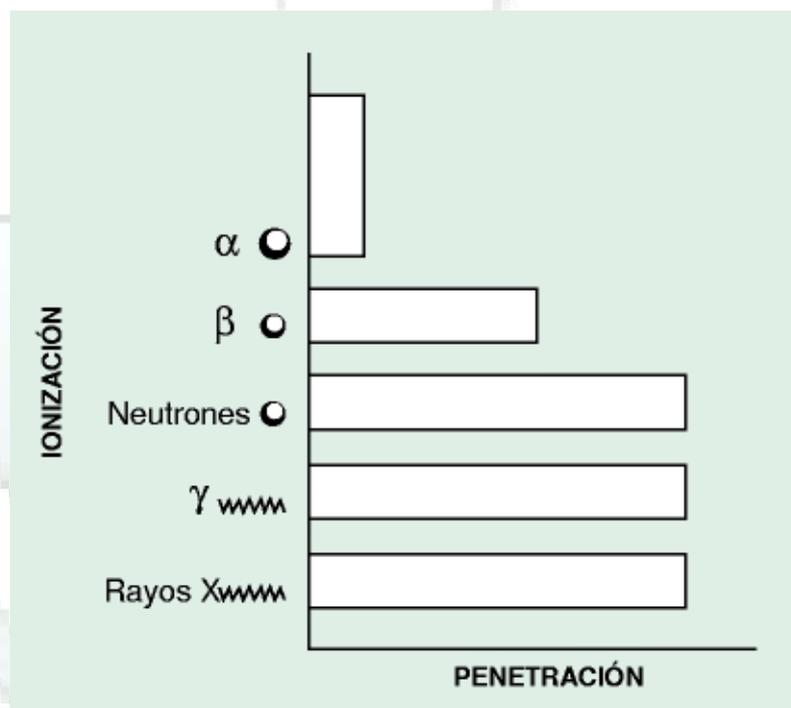


Figura 1. (Ref. NTP 614)

Radiación alfa (α)

Son núcleos de helio cargados positivamente; tienen una energía muy elevada y muy baja capacidad de penetración y las detiene una hoja de papel.

Radiación Beta negativa (β^-)

Son electrones emitidos desde el núcleo del átomo como consecuencia de la transformación de un neutrón en un protón y un electrón.

Radiación Beta positiva (β^+)

Es la emisión de un positrón, partícula de masa igual al electrón y carga positiva, como resultado de la transformación de un protón en un neutrón y un positrón. Las radiaciones beta (β) tienen un nivel de energía menor que las radiaciones alfa (α), una capacidad de penetración mayor y son absorbidas por una lámina de metal.

Radiación de neutrones

Es la emisión de partículas sin carga, de alta energía y gran capacidad de penetración. Los neutrones se generan en los reactores nucleares y en los aceleradores de partículas, no existiendo fuentes naturales de radiación de neutrones.

Radiación gamma (γ)

Son radiaciones electromagnéticas procedentes del núcleo del átomo, tienen menor nivel de energía que las radiaciones α y β y mayor capacidad de penetración, lo que dificulta su absorción por los apantallamientos.

Rayos X

También son de naturaleza electromagnética, pero se originan en los orbitales de los átomos como consecuencia de la acción de los electrones rápidos sobre la corteza del átomo. Son de menor energía, pero presentan una gran capacidad de penetración y son absorbidos o atenuados por apantallamientos especiales de grosor elevado.

Interacción con el organismo. Efectos biológicos

Desde el descubrimiento de los rayos X y los elementos radiactivos, el estudio de los efectos biológicos de las radiaciones ionizantes ha recibido un impulso permanente como consecuencia de su uso cada vez mayor en medicina, ciencia e industria, así como de las aplicaciones pacíficas y militares de la energía atómica. Como consecuencia, los efectos biológicos de las radiaciones ionizantes, se han investigado más a fondo que los de prácticamente cualquier otro agente ambiental.

La energía depositada por las radiaciones ionizantes al atravesar las células vivas da lugar a iones y radicales libres que rompen los enlaces químicos y provocan cambios moleculares que dañan las células afectadas. En principio, cualquier parte de la célula puede ser alterada por la radiación ionizante, pero el ADN es el blanco biológico más crítico debido a la información genética que contiene. Una dosis absorbida lo bastante elevada para matar una célula tipo en división (2 Gy ver la definición más adelante), sería suficiente para originar centenares de lesiones reparables en sus moléculas de ADN. Las lesiones producidas por la radiación ionizante de naturaleza corpuscular (protones o partículas alfa) son, en general, menos reparables que las generadas por una radiación ionizante fotónica (rayos X o rayos gamma). El daño en las moléculas de ADN que queda sin reparar o es mal reparado puede manifestarse en forma de mutaciones cuya frecuencia está en relación con la dosis recibida.

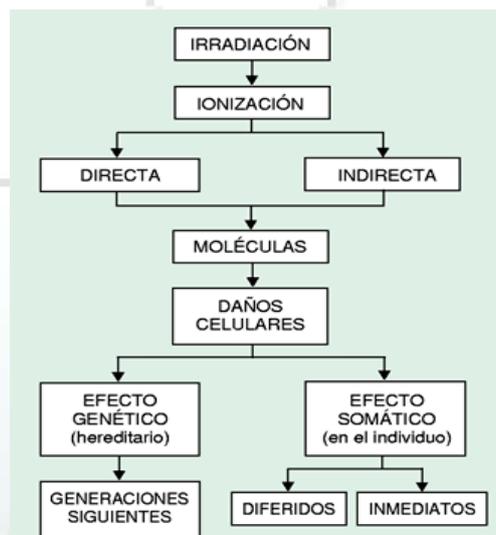


Figura 2. (Ref. NTP 614)

Las lesiones producidas por radiación pueden causar también cambios en el número y la estructura de los cromosomas, modificaciones cuya frecuencia aumenta con la dosis, de acuerdo con lo observado en supervivientes de la bomba atómica y en otras poblaciones expuestas a radiaciones ionizantes.

En consecuencia, el daño biológico puede producirse en el propio individuo (efecto somático) o en generaciones posteriores (efecto genético), y en función de la dosis recibida los efectos pueden ser inmediatos o diferidos en el tiempo, con largos periodos de latencia.

También es importante considerar la diferencia entre efectos "estocásticos" y "no estocásticos", según que la relación dosis-respuesta tenga carácter probabilístico, o bien el efecto se manifieste a partir de un determinado nivel de dosis, llamada dosis umbral. En el primer caso la probabilidad del efecto aumenta con la dosis y en el segundo, la gravedad aumenta con la dosis.

Irradiación y contaminación radiactiva. Exposición

Se denomina irradiación a la transferencia de energía la de un material radiactivo a otro material, sin que sea necesario un contacto físico entre ambos, y contaminación radiactiva a la presencia no deseada de materiales radiactivos en cualquier superficie, materia o medio, incluyendo las personas. Es evidente que toda contaminación da origen a una irradiación (fig. 3).

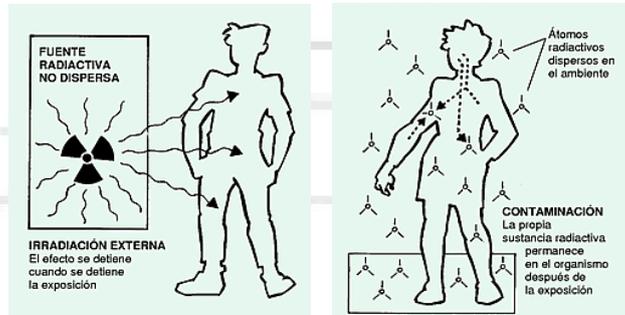


Figura 3. (Ref. NTP 614)

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 suele 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 eliminan los radionucleidos por metabolismo o decaiga la actividad radiactiva de estos.

En caso de contaminación radiactiva del organismo humano, según 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.

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.

Medida de las radiaciones ionizantes

Los aparatos de detección y medida de las radiaciones ionizantes se basan en los fenómenos de interacción de la radiación con la materia. Teniendo en cuenta su funcionalidad, los instrumentos de medida se pueden clasificar como detectores de radiación o dosímetros.

Detectores de radiación

Son instrumentos generalmente de lectura directa, portátiles, que pueden indicar la tasa de radiación, es decir, la dosis por unidad de tiempo. Estos instrumentos son útiles para la medida de radiactividad ambiental o de contaminación radiactiva. La mayoría de estos medidores de radiación ionizante se basan en alguno de estos fenómenos: ionización de gases, excitación por luminiscencia o detectores semiconductores.

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, de termoluminiscencia (permiten leer la dosis recibida y acumulada en un periodo largo de tiempo, normalmente de un mes) y en la actualidad, los digitales, que tienen la ventaja de mostrar su lectura en tiempo real.

Magnitudes y parámetros para la medida de la radiación

Actividad

La actividad (A) de un radionucleido se define como el número de transformaciones nucleares espontáneas que se suceden en el mismo en la unidad de tiempo, siendo su unidad de medida en el sistema internacional (SI) el Bequerelio (Bq), que corresponde a una desintegración por segundo. La unidad más utilizada históricamente ha sido el Curio (Ci) que equivale a $3,7 \times 10^{10}$ Bq.

Periodo de semidesintegración

Es el tiempo necesario (T) para que la actividad de un radionucleido se reduzca a la mitad. Esta magnitud es muy variable de unos radionucleidos a otros: el Radio²²⁶ (²²⁶Ra), por ejemplo, tiene un periodo de semidesintegración de $1,6 \times 10^3$ años, mientras que el Yodo⁻¹³¹ lo tiene de 8 horas.

Energía de la radiación

La Energía de la radiación ionizante se mide en electronvoltios (eV), con sus múltiplos, kiloelectronvoltios (keV, 10^3 eV) o megaelectronvoltios (MeV, 10^3 keV). El electronvoltio corresponde a la energía que adquiere un electrón cuando se aplica, en el vacío, una diferencia de potencial de 1 voltio y equivale a $1,6 \times 10^{-19}$ Julios.

Dosis absorbida

Es la cantidad de energía (D) cedida (y absorbida) por la radiación a la materia irradiada por unidad de masa. La unidad de medida en el sistema internacional es el Gray (Gy) que equivale a 100 rads. Cuando la energía de la radiación no es muy grande, la energía cedida y absorbida es prácticamente igual.

Dosis equivalente

Es también una magnitud que considera la energía cedida por unidad de masa, pero considerando en parte el efecto biológico. Es el producto de la dosis absorbida (D) por un factor de ponderación de la radiación W_R (tabla 1), su unidad de medida es el Sievert (Sv) que equivale a 100 rems. El Sievert es una unidad muy grande para su utilización en protección radiológica y por esto se utilizan sus submúltiplos, el milisievert (mSv, 10^{-3} Sv) y el microsievert (μ Sv, 10^{-6} Sv).

Tabla 1. Valores del factor de ponderación de la radiación W_R

TIPO Y RANGO DE ENERGÍA		W_R
Fotones, todas las energías		1
Electrones y muones, todas las energías		1
Neutrones, de energía	< 10 keV	5
	> 10 keV a 100 keV	10
	➤ 100 keV a 2 MeV ➤	20
	➤ 2MeV a 20 MeV ➤	10
	➤ 20 MeV ➤	5
Protones, salvo los de retroceso, de energía > 2 MeV		5
Partículas alfa, fragmentos de fisión, núcleos pesados		20

Dosis efectiva

Suma de las dosis equivalentes ponderadas en todos los tejidos y órganos del cuerpo a causa de irradiaciones externas e internas.

Medidas de protección contra las radiaciones ionizantes

Las medidas de protección radiológica contra las radiaciones ionizantes están recogidas en su mayor parte en el RD 1020/2022 y se basan en el principio de que su utilización 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, en aplicación del principio de optimización.

Estas medidas consideran los siguientes aspectos:

- Información y formación.
- 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 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.
- Clasificación de los trabajadores expuestos en diferentes categorías según sus condiciones de trabajo.
- 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.
- Limitación de dosis.

Información y formación

El titular de la práctica o, en su caso, la empresa externa debe informar, antes de iniciar su actividad, a sus trabajadores expuestos, personas en formación y estudiantes sobre:

- Los riesgos radiológicos asociados.
- La importancia del cumplimiento de los requisitos técnicos, médicos y administrativos.
- Las normas y procedimientos de protección radiológica, tanto en lo que se refiere a la práctica en general como al destino o puesto de trabajo que se les pueda asignar.
- Necesidad de efectuar rápidamente la declaración de embarazo y notificación de lactancia.

Asimismo, también se debe proporcionar, antes de iniciar su actividad y de manera periódica, formación en materia de protección radiológica a un nivel adecuado a su responsabilidad y al riesgo de exposición a las radiaciones ionizantes en su puesto de trabajo.

Clasificación y delimitación de zonas

El titular de la actividad debe clasificar los lugares de trabajo, considerando el riesgo de exposición y la probabilidad y magnitud de las exposiciones potenciales. En las siguientes zonas:

Zona controlada. Zona en la que exista la posibilidad de recibir dosis efectivas superiores a 6 mSv/año oficial. También tienen esta consideración las zonas en las que sea necesario seguir procedimientos de trabajo, ya sea para restringir la exposición, evitar la dispersión de contaminación radiactiva o prevenir o limitar la probabilidad y magnitud de accidentes radiológicos o sus consecuencias. Se señala con un trébol verde sobre fondo blanco. Y en cada caso, se indica con una leyenda el riesgo de radiación y/o contaminación.



Las zonas controladas se pueden subdividir en:

Zona de permanencia limitada. Zona en la que existe el riesgo de recibir una dosis superior a los límites anuales de dosis. Se señala con un trébol amarillo sobre fondo blanco.



Zona de permanencia reglamentada. Zona en la que existe el riesgo de recibir en cortos periodos de tiempo una dosis superior a los límites de dosis. Se señala con un trébol naranja sobre fondo blanco.

Zona de acceso prohibido. Zona en la que hay riesgo de recibir, en una exposición única, dosis superiores a los límites anuales de dosis. Se señala con un trébol rojo sobre fondo blanco.



Zona vigilada. Zona en la que, no siendo zona controlada, exista la posibilidad de recibir dosis efectivas superiores a 1 mSv/año oficial. Se señala con un trébol gris sobre fondo blanco. El riesgo de irradiación externa, el trébol va bordeado con puntas radiales.



Normas de acceso y permanencia

El acceso a las zonas clasificadas estará limitado a personas autorizadas al efecto y que hayan recibido las instrucciones adecuadas en función al riesgo existente. En Zonas Controladas estas instrucciones serán acordes con los procedimientos de trabajo establecidos.

Clasificación de los trabajadores expuestos

Los trabajadores se consideran expuestos cuando puedan recibir dosis superiores a 1 mSv por año oficial y se clasifican en dos categorías:

Categoría A: Pertenecen a esta categoría aquellos trabajadores expuestos que, por las condiciones en las que se realiza su trabajo, puedan recibir una dosis efectiva superior a 6 mSv por año oficial o una dosis equivalente superior a 15 mSv por año oficial al cristalino o superior a 150 mSv para la piel y las extremidades.

Categoría B: Pertenecen a esta categoría aquellos trabajadores expuestos que no sean clasificados como trabajadores de la categoría A.

Vigilancia Sanitaria

Vigilancia del ambiente de trabajo

Teniendo en cuenta la naturaleza y la importancia de los riesgos radiológicos, en las zonas vigiladas y controladas se debe realizar una vigilancia del ambiente de trabajo que comprende:

- La medición de las tasas de dosis externas, indicando la naturaleza y calidad de la radiación.
- La medición de las concentraciones de actividad en el aire y la contaminación superficial, especificando la naturaleza de las sustancias radiactivas contaminantes, así como su estado físico y químico.

Estas medidas pueden ser utilizadas para estimar las dosis individuales en aquellos casos en los que no sea posible o resulten inadecuadas las mediciones individuales.

Vigilancia individual

Está en función de la categoría del trabajador y de la zona.

- ❖ Trabajadores expuestos de categoría A y en las zonas controladas.

Es obligatorio el uso de dosímetros individuales que midan la dosis externa, representativa de la dosis para la totalidad del organismo durante toda la jornada laboral. En caso de riesgo de exposición parcial o no homogénea deben utilizarse dosímetros adecuados en las partes potencialmente más afectadas. Si el riesgo es de contaminación interna, es obligatoria la realización de medidas o análisis pertinentes para evaluar las dosis correspondientes. Las dosis recibidas por los trabajadores expuestos deben determinarse cuando las condiciones de trabajo sean normales, con una periodicidad no superior a un mes para la dosimetría externa, y con la periodicidad que, en cada caso, se establezca para la dosimetría interna, para aquellos trabajadores expuestos al riesgo de incorporación de radionucleidos.

❖ Trabajadores expuestos de categoría B.

Las dosis recibidas se pueden estimar a partir de los resultados de la vigilancia del ambiente de trabajo. La vigilancia individual, tanto externa como interna, debe ser efectuada por Servicios de Dosimetría Personal expresamente autorizados por el Consejo de Seguridad Nuclear. El titular de la práctica o, en su caso, la empresa externa debe transmitir los resultados de los controles dosimétricos al Servicio de Prevención que desarrolle la función de vigilancia y control de salud de los trabajadores.

En caso de exposiciones accidentales y de emergencia se evalúan las dosis asociadas y su distribución en el cuerpo y se realiza una vigilancia individual o evaluaciones de las dosis individuales en función de las circunstancias. Cuando a consecuencia de una de estas exposiciones o de una exposición especialmente autorizada hayan podido superarse los límites de dosis, debe realizarse un estudio para evaluar, lo más rápidamente posible, las dosis recibidas en la totalidad del organismo o en las regiones u órganos afectados. De manera que un dosímetro que pueda revelar sobre exposición debe ser identificado como "dosímetro para lectura de emergencia" enviarse inmediatamente al Servicio de Dosimetría.

Normas básicas para el correcto uso de los dosímetros de termoluminiscencia personales (TLD´s)

1. El dosímetro personal de solapa es un dispositivo que permite estimar la dosis de radiación que se recibe en todo el organismo durante un cierto intervalo de tiempo. Debe llevarse puesto cuando se trabaja, pero debe mantenerse alejado de las fuentes de radiación cuando no se usa.
2. Se situará habitualmente en la solapa, a nivel del bolsillo superior de la bata. En caso de utilizar delantal plomado, el dosímetro se debe colocar debajo del mismo, de modo que lo cubra por completo; si alguna parte del dosímetro quedará fuera del delantal las lecturas resultantes del mismo serían incorrectas.
3. Si en determinado tipo de actuaciones, existe riesgo de que ciertas partes del cuerpo reciban una dosis de radiación significativamente mayor que otras, puede ser conveniente utilizar algún dosímetro adicional en estas zonas. Este es el caso de los dosímetros de muñeca y de hombro.
 - El dosímetro de muñeca se emplea para la determinación de la dosis en las manos cuando existe riesgo de recibir una dosis significativa. Su empleo se restringe consiguientemente a dichos casos, y serán asignados previo estudio de las condiciones de operación. Estos dosímetros son de tipo "Teledyne", y consisten en una banda roja autoadhesiva con Velcro, indicando en una etiqueta el nombre del usuario.
 - El dosímetro de hombro se emplea para la estimación de la dosis en cristalino cuando el modo de operación posibilita que se puedan alcanzar valores de dosis significativos. Su empleo se restringe consiguientemente a dichos casos, y serán asignados previo estudio de las condiciones de operación. Estos dosímetros son iguales a los de solapa y presentan sobre el nombre un punto rojo que indica que son para usarse en hombro (sobre el delantal plomado).
4. El uso del dosímetro es personal y restringido a la Instalación a la que está asignado. El usuario será directa y personalmente responsable de su dosímetro, no pudiendo transferirse

a ninguna otra persona. En caso de causar baja se debe devolver. Bajo ningún concepto el dosímetro podrá ser sacado de la institución, salvo en caso de que sea para su medida.

Las personas profesionalmente expuestas que lo sean en más de una instalación estarán obligadas a dar cuenta expresa de tal circunstancia a los encargados de la protección de cada uno de los centros en los que trabajen, al objeto de que en todos ellos conste, actualizado y completo, su historial dosimétrico individual. A tal fin, el trabajador deberá comunicar en cada instalación los resultados dosimétricos que se le proporcionen en las demás.

Procede por tanto que los trabajadores expuestos comuniquen esta información a la instalación nueva donde van a trabajar. Si una persona trabaja simultáneamente en dos instalaciones de Centros distintos, deberá utilizar dos dosímetros que registren sus dosis de forma independiente.

5. No se debe abrir el dosímetro, además de dañarlo, puede dar origen a lecturas incorrectas. Si por accidente fortuito se rompiera la envoltura, se devolverán inmediatamente, dentro de un sobre, las distintas partes del dosímetro. Si en alguna ocasión existe alguna lectura anómala, se comunica directamente al usuario. En caso contrario, se sobreentiende que las lecturas son consideradas normales. No obstante, se recuerda que todo trabajador expuesto a radiaciones ionizantes, tiene derecho a conocer en todo momento su historial dosimétrico.
6. El dosímetro se debe enviar para su medida cada mes ya que, aunque acumula las dosis recibidas entre dos lecturas, si no se regenera con frecuencia aumenta la incertidumbre de la medida.

El dosímetro deberá cambiarse en los plazos recomendados. Será responsabilidad individual de cada personal profesionalmente expuesto (P.P.E.) el cambio mensual de dosímetro. Dicho cambio deberá realizarse entre los días 1 y 5 de cada mes a través de la persona designada en cada Departamento para este fin.

7. Si en alguna ocasión el usuario se somete como paciente a alguna exploración radiológica, deberá garantizar no llevar puesto el dosímetro y que este se mantiene alejado del haz de radiación.
8. Registro y notificación de los resultados.

El historial dosimétrico de los trabajadores expuestos, los documentos correspondientes a la evaluación de dosis y a las medidas de los equipos de vigilancia, así como los informes referentes a las circunstancias y medidas adoptadas en los casos de exposición accidental o de emergencia, deben ser archivados por el titular, hasta que el trabajador haya o hubiera alcanzado la edad de 75 años, y nunca por un período inferior a 30 años, contados a partir de la fecha de cese del trabajador.

El titular debe facilitar esta documentación al Consejo de Seguridad Nuclear y, en función de sus propias competencias, a las Administraciones Públicas, en los supuestos previstos en las Leyes, y a los Juzgados y Tribunales que lo soliciten.

En el caso de cese del trabajador el titular debe facilitarle una copia certificada de su historial dosimétrico. A los trabajadores expuestos de categoría A se les abrirá un historial médico, que debe mantenerse actualizado durante todo el tiempo que el trabajador pertenezca a dicha categoría y que debe archivar hasta que el trabajador alcance los 75 años y, nunca

por un periodo inferior a 30 años desde el cese de la actividad, en los Servicios de Prevención que desarrollen las funciones de vigilancia y control de la salud de los trabajadores.

Tabla 3. Protección radiológica de los trabajadores expuestos

<i>Posibilidad de exposición</i>	<i>1 mSv < Dosis anual ≤ 6 mSv</i>	<i>Dosis anual > 6 mSv</i>
Clasificación de trabajadores	Categoría B	Categoría 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		

Limitación de dosis

La observación de los límites anuales de dosis constituye una medida fundamental en la protección frente a las radiaciones ionizantes. Los límites de dosis son valores que no deben ser sobrepasados y se aplican a la suma de las dosis recibidas por exposición externa e interna en el periodo considerado.

Los límites de dosis actualmente en vigor, están referidos a un periodo de tiempo de un año oficial y diferencian entre trabajadores expuestos, personas en formación o estudiantes y miembros del público. También están establecidos límites y medidas de protección especial para determinados casos, como mujeres embarazadas y en periodo de lactancia y exposiciones especialmente autorizadas. (Ver tabla 2).

Tabla 2. Límites de dosis (RD 1029/2022)* (Disposición transitoria segunda: límites de dosis al cristalino establecidos en los artículos 11 y 13 serán de aplicación 18 meses después de la entrada en vigor de este reglamento, debiendo utilizarse hasta entonces los límites establecidos en el Reglamento sobre protección sanitaria contra radiaciones ionizantes, aprobado por RD 783/2001 de 6 de julio)

DOSIS EFECTIVA ⁽¹⁾	Trabajadores Expuestos (Art.11)	>18 años	20 mSv/año oficial	
	Personas en formación y estudiantes (Art.13)	>18 años	20 mSv/año oficial	
		Entre 16 y 18 años	6 mSv/año oficial	
	Miembros del público (art.15)	< 16 años	1 mSv/año oficial	
DOSIS EQUIVALENTE	Trabajadores Expuestos (Art.11)	Cristalino*	100 mSv a lo largo de cinco años oficiales consecutivos y una dosis máxima de 50 mSv en un único año oficial	
		Piel ⁽²⁾	500 mSv/año oficial	
		Extremidad	500 mSv/año oficial	
	Personas en formación y estudiantes (Art.13)	Cristalino*	15 mSv/año oficial	
		Piel ⁽²⁾	150 mSv/año oficial	
		Cada extremidad	150 mSv/año oficial	
	Miembros del público ⁽³⁾ (art.15)	Cristalino	15 mSv/año oficial	
		Piel ⁽²⁾	50 mSv/año oficial	
	CASOS ESPECIALES (art.12)	Embarazo (protección del feto)	No exceda del límite establecido al menos desde la comunicación de su estado hasta el final del embarazo	1 mSv
		Periodo lactancia	No se le asignarán trabajos que supongan un riesgo significativo de incorporación de radionucleidos o de contaminación radiactiva	
EXPOSICION ESPECIALMENTE AUTORIZADA ⁽⁴⁾ (art.14)	Sólo trabajadores expuestos de categoría A: en casos excepcionales el CSN podrá autorizar para cada caso concreto, exposiciones ocupacionales individuales superiores al límite de dosis efectiva establecido, siempre que sea con limitación de tiempo, en zonas determinadas y siempre que estén comprendidas dentro de los niveles máximos de dosis por exposición que defina para ese caso el CSN.			

- (1) Dosis efectiva: suma de las dosis equivalentes ponderadas en todos los tejidos y órganos del cuerpo que se especifican en el anexo I del RD 1029/2022 procedentes de irradiaciones internas y externas.
- (2) Calculando el promedio en cualquier superficie cutánea de 1 cm², independientemente de la superficie expuesta.
- (3) Miembros del público y personas en formación y estudiantes <16 años.
- (4) Situaciones excepcionales, excluidas las exposiciones accidentales y las situaciones de exposición de emergencia.

Bloque II: Normas de Protección Radiológica



Evaluación y aplicación de las medidas de protección radiológica

El titular de la práctica es responsable de que el examen y control de los dispositivos y técnicas de protección, así como de los instrumentos de medición, se efectúen de acuerdo con los procedimientos establecidos. En concreto debe comprender:

- El examen crítico previo de los proyectos de la instalación desde el punto de vista de la protección radiológica.
- La autorización de puesta en servicio de fuentes nuevas o modificadas desde el punto de vista de la protección radiológica.
- La comprobación periódica de la eficacia de los dispositivos y técnicas de protección.
- La calibración, verificación y comprobación periódica del buen estado y funcionamiento de los instrumentos de medición.

Todo ello se realiza con la supervisión del Servicio de Protección Radiológica (SPR) o la Unidad Técnica de Protección Radiológica (UTPR), o en su caso, del Supervisor o persona que tenga encomendadas las funciones de protección radiológica. La obligatoriedad de disponer de una u otra figura lo decide, en cada caso, el Consejo de Seguridad Nuclear en función del riesgo radiológico existente y deben estar autorizados por el mismo.

Nota técnica sobre eficiencias y factores de calibración de monitores utilizados en el control de contaminación superficial

Los monitores de radiación pueden en ocasiones ser utilizados como monitores de contaminación, utilizando para ello una sonda apropiada.

Las sondas pueden ser de distintos tipos de detectores (contadores Geiger, contadores proporcionales, contadores de centelleo, etc.), y dependerá de la eficiencia y geometría que tenga cada una de las sondas, para que el número de cuentas por minuto que refleje el monitor se corresponda con una cantidad distinta de Bq/cm² del contaminante que se pretenda medir.

Es obvio que este factor de calibración o de correspondencia entre el número de cuentas/minuto que señale el monitor y la cantidad de Bq/cm² existente, dependerá del tipo de radionucleido de que se trate, ya que en general las sondas captan con mayor eficiencia las partículas beta de más energía que las muy débiles, como sería el caso del C-14.

Por eso procede conocer estos factores de calibración o de eficiencia cuando se selecciona un tipo determinado de monitor en una instalación radiactiva, y sobre todo para reflejar los resultados de los controles que se realicen con la cantidad real de Bq/cm² que podrá existir de ese contaminante concreto. Normalmente en los monitores convencionales vendrán indicados en cuentas por minuto (cpm) captadas por el detector.

Si una misma sonda se utiliza para el control de contaminaciones de distintos radionucleidos, procederá conocer la relación entre cpm y Bq/cm² de cada uno de los contaminantes.

Los fabricantes o suministradores a los que se les compre este tipo de monitores, deberían de aportar estos factores de calibración, ya que sin ellos el trabajo adicional de los usuarios puede ser significativo si no disponen de procedimientos para preparar fuentes de calibración apropiadas que tengan homogéneamente distribuida una cierta cantidad de Bq/cm² de radionucleido patrón.

Instrumentación y dispositivos de seguridad

A continuación, se enumeran algunos instrumentos y dispositivos de seguridad que, lógicamente, estarán en unos u otros laboratorios dependiendo del grado de complejidad de éstos y del tipo de radioisótopos utilizados.

- vitrinas de gases
- caja de guantes
- cajas blindadas (necesarias para trabajar con radionúcleidos emisores gamma)
- armario gammateca
- equipos de protección corporal (EPI's): bata, calzas, delantal plomado, guantes de látex, guantes plomados, gafas de plástico (para emisores beta de baja energía), gafas de cristales de vidrio (para emisores beta de alta energía), gafas de vidrio plomado (para emisores gamma), pantalla facial, máscara buconasal (para evitar inhalación)

Medidas básicas de protección radiológica

Aparte de los aspectos comentados, en función del tipo de riesgo de exposición, ya sea de irradiación externa o de contaminación radiactiva, deben observarse las denominadas medidas básicas de protección radiológica.

Irradiación externa

En este caso, en el que no hay un contacto directo con la fuente, las medidas de protección consisten en:

- Limitar el tiempo de exposición.

Debe ser el menor posible. La dosis acumulada (D) por una persona en un área donde la tasa de dosis es D* durante un tiempo (t) es:

$$D = D^* \cdot t$$

Así, cuanto menor sea el tiempo invertido en realizar una determinada operación, menor será la dosis recibida.

- Aumentar la distancia a la fuente, ya que la dosis disminuye de manera inversamente proporcional al cuadrado de la distancia.

Debe ser la máxima posible entre el usuario y la fuente: Dosis (D) = 1 / d²

- Apantallamiento de los equipos y la instalación.

Cuando la combinación de tiempo y distancia no reduce la dosis a niveles permisibles, hay que interponer una barrera de material absorbente entre la fuente y el usuario para atenuar la radiación (blindaje).

Para emisores beta energéticos, como es el caso del ^{32}P , se utilizan materiales plásticos formados por elementos de bajo número atómico (metacrilato con 1 cm de espesor). Para emisores gamma se emplean pantallas de materiales con alto número atómico, generalmente plomo o metacrilato plomado.

Contaminación radiactiva

En este caso hay o puede haber contacto directo con la fuente, por lo que las medidas preventivas se orientan a evitarlo. Como norma general, el personal que trabaja con fuentes radiactivas no encapsuladas debe conocer de antemano el plan de trabajo, los procedimientos y las personas que van a efectuar las distintas operaciones.

El plan de trabajo debe contener información sobre medidas preventivas que deben tomarse:

- Procedimientos de descontaminación.
- Gestión de residuos radiactivos.
- Actuación en caso de incidente o accidente.
- El plan de emergencia.

Las medidas específicas de protección contra la contaminación radiactiva dependen de la radiotoxicidad y actividad de los radionucleidos y se establecen actuando, tanto sobre las estructuras, instalaciones y zonas de trabajo, como sobre el personal, mediante la adopción de métodos de trabajo seguros y, si es necesario, el empleo de equipos de protección individual adecuados.

Las precauciones generales a tener en cuenta para reducir la contaminación son:

- Emplear la mínima cantidad posible de radionucleido necesaria para el resultado que se quiera conseguir.
- Utilizar sistemas de confinamiento y retención: bandejas o similares cubiertas con papel absorbente.
- Utilizar siempre que sea necesario el detector.
- Cumplir las normas de trabajo.

Control de la radiación y contaminación

Su finalidad es hacer una estimación de los niveles de radiación y contaminación en los lugares de exposición para evitar trabajar por encima de los Límites Anuales de Dosis (LAD).

Niveles de referencia

Los Niveles de Referencia son valores de las magnitudes medidas por encima de las cuales se debería tomar alguna acción o decisión especificada. Estos valores no representan una demarcación entre algo seguro y algo peligroso, pero si constituyen una herramienta para optimizar los procedimientos de trabajo con radiaciones ionizantes.

En las áreas sanitarias e investigación y docencia, los niveles de referencia se clasifican en:

- *Niveles de registro*: valores por encima de los cuales los resultados deben ser registrados en el Diario de operación (D.O.) y en el Informe Anual de la instalación.
- *Niveles de investigación*: valores por encima de los cuales se deben examinar las causas de una posible desviación en los niveles de seguridad de la instalación.

Ambos niveles se aplican, fundamentalmente, a la exposición ocupacional con particular referencia a la monitorización personal y de áreas de trabajo.

Niveles de registro e investigación para contaminación superficial (Bq/cm²)						
Clase A (125I, 32P, 35S)			Clase B (51Cr)		Clase C (3H, 14C)	
Tipo de zona	registro	investigación	registro	investigación	registro	investigación
Controlada	1,5	7,5	15	75	150	750
Superficie corporal	0,15	0,75	1,5	7,5	15	75
vigilada	0,15	0,75	1,5	7,5	15	75

Nivel de registro para tasa de dosis:

- Zona Vigilada (LAD más de 1 mSv): 0,5 Sv/hora
- Zona Controlada (LAD más de 6 mSv/año) 3 Sv/hora

(Para el cálculo de ambos valores se ha considerado 2000 horas de trabajo al año).

Procedimientos de descontaminación radiactiva

Se pueden distinguir los procedimientos de descontaminación en función de si la contaminación es de los objetos y superficies de trabajo (contaminación de superficies y objetos) o del propio usuario (contaminación personal).

Hay que recordar que cada persona sabe con qué, cuánto, cómo y dónde ha realizado su trabajo y que, por lo tanto, es la más adecuada para proceder a su limpieza.

Descontaminación de superficies y objetos:

- En primer lugar, hay que evitar que continúe avanzando la contaminación, limitando con papel su avance, colocando recipientes, etc.
- Seguidamente hay que identificar perfectamente la zona contaminada y señalarla en ese mismo momento (para ello hay tiras de papel adhesivo con la señal internacional de radiactividad).
- Llegados a este punto hay que valorar si procede la descontaminación (y estudiar en su caso el método a emplear), esperar el decaimiento o sencillamente tratar el objeto contaminado como un residuo y deshacernos de él. Esta última opción se considerará en el caso de ser un objeto de escaso valor económico y fácilmente sustituible.
- Si decidimos descontaminar, siempre se debe comenzar por procedimientos menos enérgicos para, comprobando periódicamente la contaminación que va quedando, pasar a procedimientos más enérgicos. Los lavados serán siempre desde la zona periférica de la superficie contaminada hacia el centro para disminuir la posibilidad de extender la contaminación.
- De manera genérica se usará líquido descontaminante (de uso comercial), disponible en la instalación, diluido a la proporción que aconseje el fabricante o bien agua jabonosa. Con dicho líquido se impregnarán papeles con los que se frotará la superficie contaminada monitorizándose con el detector la radiactividad remanente. Si esto no fuera suficiente se podrán utilizar otro tipo de sustancias limpiadoras más específicas (véase punto siguiente) junto con métodos más abrasivos, como cepillos suaves y, si persistiese la contaminación, estropajos o métodos más enérgicos. Todos los líquidos y sólidos utilizados serán considerados como residuos.
- En el supuesto de que no se pueda lograr una descontaminación total, se procederá a cubrir la superficie contaminada con material adhesivo e identificar perfectamente la zona contaminada.

Los procesos de descontaminación y los productos descontaminantes utilizados en distintas superficies se detallan a continuación:

- ❖ Para todo tipo de superficies:
 - Solución de detergente comercial.
 - EDTA 10 % [conviene neutralizar a pH 7 con Hidróxido de Sodio (NaOH)].
- ❖ Para material de laboratorio y equipos:
 - *Superficies pintadas*: agua con detergente comercial. Si no desaparece usar un disolvente como acetona.

- *Superficies barnizadas*: disolvente (xileno). Si no desaparece, usar papel de lija (con mascarilla).
- *Acero inoxidable*: ácido fosfórico o sulfúrico al 3, 5 ó 10%.
- *Metales*: ácido nítrico al 10%.
- *Vidrio*: mezcla crómica.

Descontaminación personal:

Se distinguen en este caso la contaminación externa (piel, ojos, pelo...) e interna (interior del organismo). En cualquiera de los casos hay que informar a los Supervisores inmediatamente.

Descontaminación personal externa:

No hay que utilizar procedimientos muy abrasivos, que dañen la piel, puesto que favorecería que la contaminación penetrara en el organismo por esas erosiones. También conviene saber que el calor dilata los poros favoreciendo la entrada de sustancias radiactivas, por ello es recomendable usar agua fría en vez de caliente en los lavados de la piel contaminada. No utilizar disolventes orgánicos.

En general el procedimiento a seguir sería el siguiente:

1. Abandonar el área contaminada inmediatamente, trasladarse a una zona limpia de la instalación (acotada y controlada), y ponerse en contacto con el supervisor de la instalación.
2. Quitarse la ropa exterior contaminada porque esto reduce considerablemente la dosis recibida y el riesgo de incorporación; depositar la ropa contaminada en una bolsa de plástico y en una zona no de paso para evitar la exposición del personal.
3. Lavarse inmediatamente con abundante agua y jabón, evitando extender la contaminación a otras partes limpias del cuerpo.
4. Si se han producido heridas en la piel, el lavado inicial será de arrastre con agua abundante.

Descontaminación interna:

Pueden existir tres vías de contaminación interna: absorción (heridas abiertas), inhalación e ingestión. Es muy importante saber con precisión qué vía de contaminación es la ocurrida, en qué momento, qué isótopo es el causante y cuánta actividad estaba manejando la persona afectada.

La actuación, siempre guiada por el Supervisor, dependerá del tipo de vía de entrada del radioisótopo:

- ❖ Por absorción (heridas abiertas): La incorporación se producirá a través de vasos sanguíneos o linfáticos. Se debe actuar lo más rápidamente posible:
 - Se someterá la herida a un chorro de agua a presión hasta que sangre.
 - Se monitorizará la contaminación.
 - Se lavará la herida con agua oxigenada o suero fisiológico.
 - Se aplicará un antiséptico y pomada antibacteriana.
 - Se cubrirá para evitar la infección y posible dispersión de restos de contaminación.

- ❖ Por inhalación o ingestión: Se favorecerá la eliminación del contaminante aumentando la diuresis o provocando vómitos o expectoración, para intentar evitar o reducir la incorporación del contaminante al interior del organismo.

Normas básicas de protección radiológica con fuentes radiactivas no encapsuladas de baja actividad

1. Mantener siempre las fuentes radiactivas en los lugares previstos y debidamente señalizadas.
2. Cubrir las superficies de trabajo con papel absorbente y/o bandeja desechable. Las superficies deben ser sin grietas, no absorbentes y fácilmente lavables.
3. Utilizar guantes desechables.
4. No pipetear nunca con la boca.
5. No comer, beber, fumar ni utilizar productos cosméticos, en las zonas donde se trabaje con materiales radiactivos.
6. Siempre que se manipulen actividades apreciables y de forma continuada, deben utilizarse vitrinas con ventilación forzada.
7. Manipular y trasladar el material radiactivo en bandejas que limiten el efecto de un posible derrame.
8. Lavarse cuidadosamente las manos al finalizar el trabajo con materiales radiactivos.
9. En el caso de un derrame accidental de material radiactivo, secar con papel absorbente y lavar varias veces después la superficie y objetos contaminados, desechando el material utilizado en la limpieza como residuo radiactivo.
10. Siempre que sea posible, realizar un control de contaminación con un monitor apropiado, de la superficie de trabajo, manos y ropas, al finalizar la manipulación de fuentes radiactivas no encapsuladas.

Nota técnica sobre estimación de riesgos para usuarios de fuentes radiactivas no encapsuladas de: tritio, carbono-14 y iodo-125

El riesgo principal de estos radionucleidos es la contaminación. El riesgo de irradiación con actividades moderadas, es despreciable.

- El H-3 tiene un periodo de 12,35 años, una energía máxima de la radiación beta que emite, de 0,0186 MeV y no emite radiación gamma.
- El C-14 tiene 5.730 años de periodo, energía beta máxima de 0,156 MeV y tampoco emite radiación gamma.

Hay que tener en cuenta que la radiación beta del tritio y carbono-14 no es detectable por el dosímetro personal de solapa. Por lo tanto, el control de contaminación se realizará mediante un frotis en la zona de trabajo y realizando las medidas correspondientes en el contador de centelleo.

La estimación del riesgo de irradiación (principalmente en manos) y contaminación, debe realizarse por procedimientos indirectos, conociendo los detalles de los métodos de trabajo.

CASO PRÁCTICO.

Una estimación de la exposición que recibiría a nivel de piel en tórax, un usuario que manejara 1 mCi de I-125 durante una hora al día, sería la siguiente, considerando la constante específica de tasa de exposición en 0,7R/h y 1mCi a 1 cm:

$$0,7/50 \exp(2) = 2,8 \cdot 10 \exp(-4) \text{ R/h} = 0,28 \text{ mR/h}$$

Se supone que el tórax, está separado 50 cm de la fuente:

$$20 \text{ días} \times 0,28 \text{ mR/día} = 5,6 \text{ mR/mes a nivel de piel.}$$

Un dosímetro personal suele medir a partir de 20 mrem/mes (0,2 mSv/mes), luego la dosis que supondría (muy superficial por la baja energía de los fotones) no sería detectable por el dosímetro.

Para detectar del orden de 40 mrem/mes (0,4 mSv/mes, superficial y en tórax), sería necesario manejar 1 mCi durante 8h/día, o 8 mCi durante 1 hora al día.

Características de los radionucleidos que se utilizan en la IRC

I-125

Emisión: Gamma

Periodo: 59.6 días.

Tipo de desintegración: captura electrónica.

Métodos de detección/Eficiencia

Externa:

Contador Geiger: No es eficiente

Contador Gamma: Sí

Contador Centelleo Líquido: Sí

Control de contaminación: Contador gamma (INa).

Consideraciones especiales:

Órgano crítico: Tiroides

Interna: Control de tiroides, análisis de orina. Aproximadamente el 66% del yodo ingerido se excreta rápidamente, el resto se absorbe en tiroides y se libera de forma lenta. En caso de descontaminación interna bloquear la captación de yodo por el tiroides administrando yodo estable (por ejemplo: 120 mg de IK).

Blindaje: Plomo de 1-2 mm, con 0,25 mm se reduce la dosis 10 veces, vidrio o metacrilato plomado. Actividades pequeñas se pueden apantallar con papel de estaño.

Normas de trabajo: Utilizar siempre pantalla de plomo o metacrilato plomado. Proteger las muestras con plomo o papel de estaño. Marcar siempre en cabina extractora. Llevar dosímetro y utilizar un monitor gamma.

El principal problema del trabajo con este radionucleido es la volatilización, las soluciones de Yodo no deben hacerse ácidas ni almacenarse congeladas ya que ambos procesos conducen a la formación de yodo elemental volátil. También es recomendable el uso de doble guante ya que algunos compuestos de yodo pueden atravesar los guantes de goma quirúrgicos.

H-3

Periodo: 12,35 años.

Principal emisión: beta negativa (energía máxima de 18.6 keV), sin emisión de radiación gamma.

Alcance máximo en aire: 6 mm.

Alcance máximo en agua: 0,006mm.

Tipo de blindaje requerido: ninguno.

Métodos de detección/Eficiencia

Externa:

Contador Geiger: 0%

Contador Gamma: 0%

Contador Centelleo Líquido: 65%

Control de contaminación: Frotis y centelleo líquido.

Consideraciones especiales:

El tritio no es peligroso por su penetración, sino por su facilidad de intercambio con el hidrógeno de las proteínas.

El tritio a causa de su baja energía beta prácticamente no puede ser monitorizado directamente, y los dosímetros no proporcionan información sobre la exposición al tritio, por tanto, hay que extremar las precauciones de limpieza y orden en las zonas de trabajo. Se pueden realizar controles de contaminación periódicos mediante frotis. El tritio puede ser absorbido a través de la piel, por lo que se deben llevar guantes. La contaminación externa, aunque no suponga un riesgo por irradiación importante, debe ser mantenida tan baja como sea posible ya que puede conducir a contaminación interna, más peligrosa. Los precursores del DNA, como la timidina tritiada son más tóxicos que el agua tritiada porque la actividad se concentra en el núcleo celular.

C-14

Periodo: 5730 años.

Principal emisión: beta negativa de 0.156 MeV (máx.).156 Kev

Alcance máximo en aire: 24 cm.

Alcance máximo en agua: 0.28 mm.

Métodos de detección/Eficiencia:

Externa:

Contador Geiger: 2%

Contador Gamma: 0%

Contador Centelleo Líquido: 85%

Control de contaminación: Frotis y centelleo líquido. Geiger.

Interna: análisis de orina.

Consideraciones especiales:

La gestión del C-14 respecto a dosimetría, control de contaminación y eliminación de residuos son las mismas características que el tritio.

Órgano crítico: Todo el cuerpo (tejido graso)

Algunos compuestos orgánicos pueden ser absorbidos por los guantes. Se debe evitar la generación de dióxido de carbono que podría ser inhalado.

Blindaje: No necesario, salvo con grandes actividades (1 cm perspex/plexiglás).

P-32

Periodo: 14,28 días.

Principal emisión: beta negativa con energía máxima de 1,709 MeV y energía media de 695 keV, sin emisión de radiación gamma.

Alcance máximo en aire: 790 cm.

Alcance máximo en agua: 0.8 cm.

Métodos de detección/Eficiencia

Externa:

Contador Geiger: 13 %

Contador Gamma: No válido

Contador Centelleo Líquido: 85 %

Interna: análisis de orina

Tasa de dosis de 1 MBq en 1 ml: 210 mSv/h en la superficie, 2.5 µSv/h a 1 m.

Consideraciones especiales:

Órgano crítico: Hueso

El P_{32} es el radionucleido con emisión beta de mayor energía que se suele encontrar en los laboratorios. Se debe reducir el tiempo de exposición al máximo. En caso de manejar actividades elevadas puede ser aconsejable el uso de guantes de látex plomados (de tipo radioquirúrgico).

Blindaje: Mínimo 1 cm de metacrilato. Con actividades elevadas (>2,5 mCi) añadir plomo para apantallar la radiación de frenado. Nunca utilizar sólo plomo para apantallar.

Normas de trabajo: Utilizar pantalla de metacrilato, dosímetro y monitor de radiación. Posee un metabolismo complejo: el 30% se elimina rápidamente del cuerpo, el 40% tiene, aproximadamente, 19 días de vida media y el 30% restante se reduce por decaimiento radiactivo.

S-35

Periodo: 87.4 días.

Principal emisión: (β^-) beta de 0.167 MeV (máx.)

Alcance máximo en aire: 26 cm.

Alcance máximo en agua: 0.32 mm.

Blindaje: 1 cm perspex/plexiglás.

Métodos de detección/Eficiencia

Externa:

Contador Geiger: 5 %

Contador Gamma: No adecuado.

Contador Centelleo Líquido: 10 a 75 %

Control de contaminación: Contador Geiger.

Interna: Análisis de orina.

Consideraciones especiales:

Normas de trabajo: Utilizar pantalla de metacrilato, dosímetro y monitor Geiger de ventana fina. Si el compuesto es volátil (aminoácidos) usar campana extractora. Es importante considerar que los compuestos orgánicos son a menudo fuertemente retenidos y no se han establecido límites de exposición para ello. Es preciso tener la precaución de no generar dióxido de azufre o anhídrido sulfúrico que podría ser inhalado. La radiólisis de aminoácidos marcados durante el almacenamiento y uso pueden conducir a la liberación de impurezas de S_{35} volátil. Aunque el nivel de estas impurezas es pequeño (habitualmente por debajo del 0.05%) se puede contaminar la superficie interna de los envases de almacenamiento y reacción, por tanto los viales deberían ser abiertos y usados en áreas ventiladas.

Los sulfatos inorgánicos se excretan rápidamente. El sulfuro orgánico se retiene durante un tiempo largo. La metionina se distribuye por todo el cuerpo.

Ca-45

Periodo: 163 días.

Principal emisión: (β^-) beta de 0.257 MeV (máximo)

Alcance máximo en aire: 52 cm.

Alcance máximo en agua: 0.62 mm.

Métodos de detección/Eficiencia

Externa:

Indirecta por frotis y centelleo líquido.

Directa mediante Geiger de ventana fina o similar.

Interna: Análisis de orina

Consideraciones especiales:

Órgano crítico: Hueso, pulmón (inhalación)

Blindaje: 1 cm perspex/plexiglás/metacrilato

Normas de trabajo: Utilizar pantalla de metacrilato, dosímetro y monitor Geiger de ventana fina.

En caso de incorporación el Ca_{45} se deposita mayoritariamente en hueso y es retenido con un periodo biológico largo.

Cr-51

Periodo: 27.7 días.

Principal emisión: gamma (9.8%) de 0.32 MeV, rayos X de 5 keV (22% V-51 rayos X K)

Tasa de dosis de una fuente puntual de 1 GBq a 1 m: 4.7 μ Sv/h

Primera capa hemirreductora: 3 mm de plomo (aprox.).

Órgano crítico: Intestino grueso (compuestos solubles) y pulmón (compuestos insolubles)

Métodos de detección/Eficiencia:

Externa:

Indirecta por frotis y centelleo sólido.

Directa mediante Geiger o similar.

Interna: Análisis de orina.

Consideraciones especiales:

Blindaje: Para 1 mCi, 2 mm de plomo.

Normas de trabajo: Utilizar siempre pantalla de plomo o metacrilato plomado. Proteger las muestras con plomo o papel de estaño. Marcar siempre en cabina extractora. Llevar dosímetro y utilizar un monitor gamma.

El Cr_{51} en forma de cromato no es absorbido selectivamente por ningún órgano en caso de incorporación.

Tc-99m

Periodo: 6 horas.

Principal emisión: se desexcita al nivel fundamental emitiendo fotones de 140,5 keV con una intensidad de 87,2 %.

Constante específica de tasa de exposición: 0,6 R/h y mCi a 1 cm (Según otras fuentes bibliográficas hasta 0,78 R/h y mCi a 1cm).

Capa Hemirreductora (HVL) de 0,3 mm de plomo.

In-111

Periodo: 2,8 días

Principal emisión: Se desintegra por captura electrónica, las energías de los fotones de mayor **intensidad son:** 173 y 245 keV.

I-123

Periodo: 13 horas.

Principal emisión: se desintegra por captura electrónica. La energía de los fotones de mayor intensidad es de 159 keV.

I-131

Periodo: 8 días.

Principal emisión: se desintegra por vía beta negativa. La energía de los fotones de mayor **intensidad** es de 364 keV (81,2%).

Constante específica de tasa de exposición: 2,2 R/h y mCi a 1 cm.
HVL para plomo 3 mm (4 cm en hormigón)

Cs-137

Periodo: 30,17 años.

Principal emisión: beta negativa a Ba-137 (Z=56). Se alimenta un nivel excitado de 661 keV (con una intensidad del 94,6% y con energía beta máxima de 514 keV). Emite radiación gamma de 662 keV con una intensidad del 85%).

Constante específica de tasa de exposición: 3,3 R/h y mCi a 1 cm.
HVL de 6,3 mm de plomo, 4,9 cm para hormigón



Gestión de residuos radiactivos

El Reglamento sobre instalaciones nucleares y radiactivas (RD 1836/1999), hace referencia a la eliminación y tratamiento de sustancias radiactivas procedentes de cualquier instalación nuclear o radiactiva, indicándose que está sujeta a la autorización por la Dirección General de la Energía, previo informe del Consejo de Seguridad Nuclear. No obstante, la eliminación, el reciclado o la reutilización de dichas sustancias o materiales pueden ser liberados de este requisito anterior, siempre que contengan o estén contaminados con radionucleidos en concentraciones o niveles de actividad iguales o inferiores a los establecidos por el MIE en relación con la definición de residuo radiactivo a que hace referencia la disposición adicional cuarta de la Ley 54/1997 del Sector Eléctrico:

Se considera residuo radiactivo a cualquier material o producto de desecho, para el cual no está previsto ningún uso, que contiene o está contaminado con radionucleidos en concentraciones superiores a las establecidas por el Ministerio de Industria y Energía (MIE) previo informe del CSN.

La gestión de los residuos radiactivos debe basarse en el principio de responsabilidad del productor, que debe tomar las medidas necesarias para que su eliminación no sea ningún peligro para las personas y el medio ambiente, entregándolos a un gestor autorizado por el CSN.

En España la única empresa autorizada para la gestión y tratamiento de residuos radiactivos es ENRESA.

Actualmente es de aplicación la Orden **ECO/1449/2003** de 21 de mayo, sobre gestión de materiales residuales sólidos con contenido radiactivo generados en las instalaciones radiactivas de 2ª y 3ª categoría en las que se manipulen o almacenen isótopos radiactivos no encapsulados.

Las instalaciones radiactivas pertenecientes a los ámbitos de investigación y docencia generan materiales residuales con contenido radiactivo muy heterogéneos denominados de baja y media actividad por el Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA).

Existen fundamentalmente dos vías para la gestión de residuos radiactivos:

- Aplicar niveles de **desclasificación** como residuos radiactivos y posterior evacuación, bien por la vía convencional o por un gestor autorizado de residuos peligrosos o tóxicos. Teniendo en cuenta que debe distinguirse entre aquellos residuos que pueden evacuarse directamente y los que han de esperar un tiempo para que su actividad decaiga lo suficiente para poder eliminarse.
- Gestión como residuo radiactivo **a través de ENRESA.**

En el caso de antiguas fuentes encapsuladas pertenecientes a equipos homologados en su momento por el Ministerio de Industria y Energía (MIE), es recomendable la devolución al suministrador, evitando así su consideración como residuos radiactivos.

Los residuos radiactivos deben almacenarse en recipientes cuyas características proporcionen una protección suficiente contra las radiaciones ionizantes, como son las condiciones del lugar de almacenamiento y la posible dispersión o fuga del material

radiactivo. Estos deben estar convenientemente señalizados. Asimismo, también se indica que el titular debe llevar un registro por duplicado de cada recipiente en el que se consignarán los datos fisicoquímicos, 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.

Unidades para expresar la concentración de actividad de los residuos

- Residuos sólidos: Bq/g
- Residuos mixtos: Bq/g
- Residuos líquidos: Bq/ml



NORMAS BÁSICAS SOBRE RESIDUOS RADIATIVOS

Los residuos radiactivos son materiales que se desechan por no ser útiles, constituidos por sustancias radiactivas y productos contaminados con sustancias radiactivas.

En estas normas se han tenido en cuenta fundamentalmente las recomendaciones y criterios de aceptación de residuos de la Empresa Nacional de Residuos Radiactivos S.A. (ENRESA) y la guía técnica de caracterización y gestión de materiales residuales con contenido radiactivo generados en investigación biológica (SEPR).

NORMAS GENERALES

1. No se mezclarán residuos radiactivos con otros tipos de residuos inactivos.
2. Se procurará que la producción de residuos sea mínima, mejorando en lo que sea posible los métodos de operación, descontaminación, limpieza, etc.
3. Los productos biológicos (heces, sangre, orina, etc.) requerirán para su evacuación un estudio previo, caso por caso, por parte de ENRESA. Los cadáveres de animales conteniendo productos radiactivos deberán congelarse envueltos en papel plástico transparente, que permita visualizar su contenido y su posterior evacuación se realizará en recipientes isotérmicos facilitados por ENRESA en el momento de la retirada.
4. Los residuos radiactivos deben almacenarse debidamente señalizados y controlados hasta su recogida y traslado al almacén de residuos de la IRC, realizado bajo la supervisión del personal de la Instalación.
5. La evacuación de residuos al exterior se realizará únicamente desde el almacén de residuos de la IRC, previo control por parte del personal de la Instalación.
6. En cada departamento se llevará un registro del material residual con contenido radiactivo anotando el tipo de radionucleido, las cantidades, actividades aproximadas, y fechas en que se producen.
7. No se recogerán ni trasladarán los residuos radiactivos que no cumplan las especificaciones particulares detalladas a continuación y exigidas por ENRESA:
 - Se separarán los residuos sólidos de los líquidos, como regla general, pudiendo producirse residuos mixtos en casos especiales.
 - No se mezclarán los residuos líquidos de tipo orgánico (aceites, disolventes, etc.) con los de tipo acuoso.
 - Se separarán en bolsas y unidades de contención distintas, los residuos de naturaleza metálica de aquellos que no lo son (papeles, guantes, etc.). Se separarán igualmente los residuos punzantes o cortantes (vidrio, etc.).
 - Se separarán los residuos de radionucleidos de período corto (inferior a 30 días), de aquellos de período más largo, almacenando cada uno por separado.
 - Se señalará cada unidad de contención de residuos (bolsa, caja, etc.), con una etiqueta que indique el carácter radiactivo del residuo. Si el material existente en la unidad de contención tuviese además riesgo biológico, se deberá adherir también una etiqueta correspondiente al riesgo biológico. En la etiqueta de la unidad de contención deberá figurar el tipo de radionucleido, la actividad aproximada, fecha de cierre e identificación de quien lo produce.

RESIDUOS LIQUIDOS

Se deberá utilizar un contenedor para cada radionucleido.

Los residuos líquidos que contengan H-3, C-14, P-32, deberán ser recogidos en recipientes específicos para cada isótopo, separados del resto de residuos líquidos.

Los residuos líquidos de I-125 se almacenarán hasta que su actividad decrezca lo suficiente como para poderlos evacuar con una dilución razonable.

Las unidades de contención para residuos líquidos homologadas son suministradas por ENRESA, tienen 25 litros de capacidad, y deben ser utilizadas únicamente para líquidos. No se debe introducir ningún sólido sobrenadante, ni papeles de filtro, etc. Una vez completado cada uno de los envases, se debe identificar con la etiqueta correspondiente conteniendo los datos señalados anteriormente. Por exigencia de ENRESA se hará constar además la composición química del líquido.

Por indicación de ENRESA, procede que el contenido de estos recipientes sea neutro, por lo que corresponde realizar un control del pH de estos residuos procediendo a neutralizarlos cuando se obtenga un pH ácido o básico.

Es necesario tener las siguientes precauciones con las unidades de contención de residuos líquidos (especialmente los liposolubles):

- Se colocará bajo la unidad de contención una bandeja con objeto de prevenir contaminación por posibles fugas de la misma.
- Las unidades de contención se colocarán alejadas de fuentes de calor (radiadores, etc.), verificando periódicamente que la presión interior no sea elevada, debido a la posible producción de vapores.
- Se utilizarán los recipientes entregados por la Instalación. No se almacenarán residuos líquidos orgánicos en recipientes de plástico.

NOTA TECNICA DE LOS COMPUESTOS QUÍMICOS MÁS COMUNES ENCONTRADOS EN LOS RESIDUOS RADIATIVOS

RESIDUOS LÍQUIDOS

La gran mayoría de los componentes químicos utilizados en las técnicas del ámbito de la biomedicina y la investigación (biológica), son compuestos que tienen como función mantener el pH de las preparaciones (tampones), aumentar la solubilidad de determinados compuestos o cambiar la fuerza iónica del medio para algún fin (procedimientos de diálisis, electroforesis, etc.). Estos componentes pueden ser compuestos orgánicos (carbonados) o sales inorgánicas, en ambos casos miscibles en agua. Incluso pueden encontrarse presentes determinadas biomoléculas como aminoácidos o proteínas.

Todos estos componentes, al ser miscibles en agua, pueden ser procesados según la nomenclatura de ENRESA como residuos acuosos LO2.

A continuación, se indica una relación genérica de los componentes hidrófilos más comunes utilizados, cuya concentración se encuentra en el rango de 0,1-10 M:

- Tampón fosfato sódico, ácido tricloro acético
- Tampón bicarbonato, glucosa
- Tampón fosfato sódico
- Tampón fosfato sódico, medio de cultivo celular DMEM-F-12
- Tampón acetato sódico
- Tris(hidroximetil) amino metano, sulfato de magnesio, cloruro potásico
- Hidróxido sódico, dodecil sulfato sódico
- Tris(hidroximetil) amino metano
- Tris(hidroximetil) amino metano, glicina
- Tris(hidroximetil) amino metano, sacarosa

RESIDUOS SÓLIDOS

Para la contención de residuos sólidos heterogéneos no punzantes, las unidades de contención homologadas por ENRESA son bolsas de plástico de polietileno con una capacidad máxima de 25 litros. Es importante no introducir en este tipo de recipientes objetos cortantes o punzantes (vidrio, etc.). Una vez que la bolsa esté suficientemente llena (sin sobrepasar la línea que indica el nivel máximo de llenado), se cerrará herméticamente con cinta adhesiva y se identificará de la forma indicada anteriormente.

En el caso de residuos que puedan ser almacenados para su decaimiento en el Almacén de residuos de la IRC y no sea precisa su evacuación por ENRESA, como son los residuos de baja actividad o de periodo corto (inferior a 30 días) (tubos de ensayo con residuos de baja actividad de I_{125} o Tc_{99m} , por ejemplo) se introducirán en bolsas de plástico convencionales. Se cerrarán herméticamente con cinta adhesiva tras su llenado y se etiquetarán indicando el radionucleido, actividad aproximada, fecha de cierre e identificación de procedencia (nombre de usuario y Departamento).

Las unidades de contención para agujas hipodérmicas homologadas y suministradas por ENRESA son cajas de plástico rígido. Deben ser utilizadas exclusivamente para agujas hipodérmicas con contaminación radiactiva. No se deben introducir jeringuillas, viales rotos, algodones, líquidos, etc. Una vez completadas, se sellará el cierre con la etiqueta adhesiva dispuesta para tal fin en la cubierta superior de la caja. Posteriormente se introducirán en bolsas para residuos sólidos hasta agotar la capacidad de las mismas, procediendo a su etiquetado indicando tipo de radionucleidos contaminantes, actividad estimada, fecha y procedencia.

Los residuos sólidos puntiagudos que puedan desgarrar las bolsas plásticas, deberán almacenarse en unidades de contención rígidas de cartón, plástico, madera o materiales similares.

Los residuos de vidrio se consideran como punzantes, aunque estén íntegros, ya que en el caso de romperse desgarrarían las bolsas de plástico. Por lo tanto, deberán separarse del resto de residuos sólidos y almacenarse en cajas de cartón.

Los residuos que sean sustancias en polvo, deben introducirse en pequeñas bolsas de plástico y cerrarse herméticamente para evitar mezclas con el resto de materiales.

RESIDUOS BIOLÓGICOS

- Cadáveres de animales.
- Muestras biológicas

RESIDUOS MIXTOS

Aquellos que están constituidos por viales con líquido de centelleo y muestras radiactivas fijadas a un soporte sólido (filtro) o en disolución, son una mezcla de material sólido y líquido en mayor parte orgánico.

Con respecto a los volúmenes utilizados, como media se suele utilizar por vial entre 0,5 y 2 ml de muestra a la que se añade entre 1 y 10 ml de líquido de centelleo, dependiendo del tipo de experimentación.

Fundamentalmente se pueden utilizar dos tipos de líquidos de centelleo: mezclas para muestras acuosas y mezclas para muestras orgánicas y filtros. Los componentes químicos de dichas mezclas son entre otros:

- docusato sódico.
- isononilfenol etoxilato
- 2,4-difenil oxazol
- 2,5-difenil oxazol
- 1,4-bis(4-metil-alfa-estiril) benceno
- dietanolamina
- 2-(2-butoxi) etanol
- alquil derivados del benceno
- polímeros basados en alquilfenoletoxilato
- isómeros del disopropil naftaleno

OTROS RESIDUOS

Materiales residuales con contenido radiactivo, no regularizados (antiguos y no declarados) en ninguna instalación, como los generados en las técnicas de microscopía electrónica en las que se utilizaban sales de uranio (acetato y nitrato de uranilo) en cantidades no exentas, pero siempre inferiores a los 3 Kg, para los que no se dispone de ningún procedimiento de gestión homogéneo. En estos casos deberán transferirse a ENRESA.

El resto de residuos que quedan fuera de la denominación de radiactivos se gestionarán por el procedimiento establecido en cada Departamento para su evacuación por parte de la empresa competente.

Si sus residuos no responden a ninguna de estas especificaciones, y piensa que pueden contener trazas de radiactividad, consulte al personal de la Instalación.

Estudio realizado para la evacuación de residuos radiactivos sólidos como residuos convencionales

(Estudio elaborado en marzo de 1998)

La Instalación Radiactiva Central (IRC) de la Facultad de Medicina de la UCM, utiliza entre otros isótopos el I-125 en distintos tipos de técnicas analíticas que supone la generación de residuos sólidos conteniendo viales, gradillas, guantes, etc., con contaminaciones inferiores a los 0,05 $\mu\text{Ci/vial}$ (se usan 5 μCi para 100 viales).

Considerando el tamaño habitual del vial (7,5 cm de altura y 0,6 cm de radio), se puede suponer que, en una bolsa de 25 litros, se almacenen del orden de 1.500 viales (junto con algunas gradillas y guantes) con una actividad total inferior a los 100 μCi de I-125.

Se propone almacenar las bolsas de plástico de 25 litros, con dicha actividad, durante 12 meses, tiempo suficiente para que la actividad residual de I-125 sea inferior al LIA por ingestión para los miembros del público (2,7 μCi), e inferior a 2nCi/g, suponiendo que la bolsa de 25 litros siempre pesara más de 1 Kg) y evacuarlas entonces como residuos convencionales (no radiactivos), tomando las precauciones de quitar cualquier etiqueta o señal de material radiactivo.

Las bolsas se etiquetarían y cerrarían con indicación de la fecha, actividad aproximada (inferior a 100 μCi) y radionucleido (I-125), se registrarían en el diario de operación y se evacuarían al cabo de los 12 meses indicados.

Nota técnica sobre valores máximos de actividades de los radionucleidos exentos de autorización y clasificación de IRAS

(Según Real Decreto 1836/1999 de 3 de diciembre por el que se aprueba el Reglamento sobre Instalaciones Nucleares y Radiactivas, BOE de 31 de diciembre 1999).

No tendrán consideración de instalaciones radiactivas aquellas en que intervengan sustancias radiactivas con las siguientes condiciones:

- La actividad no supera en total los valores de exención indicados en la segunda columna de la tabla A del anexo I del Real Decreto 1836/1999.
- La actividad por unidad de masa no excede los valores de exención indicados en la tercera columna de la tabla A del anexo I del Real Decreto 1836/1999.
- Aparatos que contengan sustancias radiactivas que superen las actividades o los valores de actividad por unidad de masa que se especifican en los puntos 1 y 2, siempre y cuando correspondan a un tipo aprobado por el Ministerio de Industria y Energía, de acuerdo con lo establecido en el anexo II del Real Decreto 1836/1999. La resolución de aprobación deberá especificar las condiciones para su eliminación.
- Material contaminado con sustancias radiactivas procedentes de evacuaciones autorizadas, que hayan sido declaradas por el Ministerio de Industria y Energía, previo informe del Consejo de Seguridad Nuclear, como no sometidas a controles posteriores.

A efectos de clasificación de las instalaciones radiactivas en categorías, se considerará como referencia de actividad exenta por nucleído la contenida en la segunda columna de la tabla A del anexo I del Real Decreto 1836/1999, de forma que:

1. Serán de tercera categoría las instalaciones en que intervenga una actividad superior a la de exención en inferior a mil veces ésta.
2. Serán de segunda categoría aquellas en que la actividad sea igual o superior a mil veces la de exención.
3. En los casos de mezcla de isótopos, si la suma de los cocientes entre la actividad presente de cada isótopo y la de exención se sitúa entre uno y mil, la instalación será de tercera categoría y si es igual o superior a mil, de segunda.

Se adjunta un resumen de la tabla A del anexo I del Real Decreto 1836/1999 con los radionucleidos más habituales en aplicaciones médicas:

Nucleido	Actividad (Bq)	Actividad por unidad de masa (kBq/kg)
H-3	10^9	10^6
C-14	10^7	10^3
P-32	10^5	10^3
S-35	10^8	10^5
Cr-51	10^7	10^3
Co-57	10^6	10^2
Co-58	10^6	10
Co-60	10^5	10
Se-75	10^6	10^2
Sr-90	10^4	10^2
Y-90	10^5	10^3
Tc-99m	10^7	10^4
In-111	10^6	10^2
I-123	10^7	10^2
I-125	10^6	10^3
I-131	10^6	10^2
Cs-137	10^4	10
Ir-192	10^4	10
Tl-201	10^6	10^2

Nota técnica sobre valores máximos de exención de radionucleidos utilizados en la IRC

Según Real Decreto 1836/1999 de 3 de diciembre, por el que se aprueba el Reglamento sobre instalaciones nucleares y radiactivas, BOE de 31-dic-99 y la Instrucción IS/05 de 26 de febrero de 2003 del CSN, B.O.E. 10 de abril de 2003.

ISÓTOPO	ACTIVIDAD (Bq)	ACTIVIDAD	ACTIVIDAD UNIDAD DE MASA (kBq/kg)
I-125	10^6	27 μ Ci	10^3
C-14	10^7	270 μ Ci	10^4
P-32	10^5	2,7 μ Ci	10^3
H-3	10^9	27 mCi	10^6
Cr-51	10^7	270 μ Ci	10^3
S-35	10^8	2,7 mCi	10^5
Sr-90	10^4	270 nCi	10^2

ANEXO 1

NOTA TÉCNICA SOBRE VALORES MÁXIMOS DE ACTIVIDADES EXENTAS DE RADIONUCLEIDOS EN LA IRC

Según Real Decreto 1836/1999 de 3 de diciembre, por el que se aprueba el Reglamento sobre instalaciones nucleares y radiactivas, BOE de 31-dic-99 y la Instrucción IS/05 de 26 de febrero de 2003 del CSN, B.O.E. 10 de abril de 2003.

- **NO HAY VALORES DE ACTIVIDADES EXENTAS PARA LIQUIDOS.**
- **ACTIVIDADES EXENTAS PARA SÓLIDOS:** (*valores recomendados)

H-3	27 mCi/kg	(1000MBq/Kg= 1000/37)	11 mCi*
C-14	0,27mCi/Kg	(10MBq/Kg)	108 microCi*
P-32	2,7 microCi		1,1microCi*
I-125	27 microCi		11 microCi*
S-35	2,7mCi		1,1 mCi*

Es fundamental que las actividades que involucran material radiactivo no excedan las instalaciones de la Instalación Radiactiva Central. Cada usuario será responsable de garantizar el cumplimiento de esta medida. A pesar de que estas actividades pueden estar exentas de límites normativos en términos de manejo de materiales radiactivos, es crucial recordar que siguen siendo sustancias radiactivas. Por lo tanto, desde la perspectiva de la Protección Radiológica, es necesario adherirse a las normativas pertinentes para gestionar adecuadamente cualquier material radiactivo generado como residuo.

NO SE CONSIDERA MATERIAL RADIATIVO AQUELLOS VALORES CUYA CONCENTRACION SEA INFERIOR A 100Bq/g (2,7 nCi/g).

Según lo estipulado en el Reglamento sobre Instalaciones Nucleares y Radiactivas, en lo concerniente a los residuos radiactivos líquidos, aquellos que carecen de agua pueden ser disueltos hasta alcanzar concentraciones inferiores al LIA (límite de incorporación anual). No obstante, los residuos orgánicos no pueden diluirse y deben ser transferidos a ENRESA. Se recomienda consultar con la Instalación Radiactiva Central para obtener información adicional al respecto.

Dentro de la responsabilidad en la gestión de los residuos radiactivos producidos por cada grupo de investigación que trabaja con material radiactivo en la IRC, tanto sólidos como líquidos, se deberá solicitar por escrito a la instalación, la gestión para su eliminación. Este proceso conlleva facilitar la información necesaria del material a retirar (identificación, fecha adquisición, actividad de origen y actual, etc.)

Nota informativa sobre sustancias para descontaminación radiactiva

La Instalación Radiactiva Central ha evaluado distintas sustancias comerciales para tratar contaminaciones radiactivas en pequeñas superficies y en manos, seleccionando el siguiente material como idóneo:

Descontaminante RAD-CON

En dos formatos, para manos o para superficies de laboratorio. Consiste en una espuma que elimina rápidamente todo tipo de contaminación radiactiva de la piel y pequeñas áreas de trabajo.

RAD-CON para superficies

Limpia vidrios y material plástico de laboratorio, pequeñas áreas como bancos de trabajo, bandejas, detectores, etc. La espuma no es corrosiva y actúa incluso en superficies rugosas.

RAD-CON para manos

Es efectivo en las partes expuestas del cuerpo (sólo uso externo). Extrae los contaminantes de la superficie de la piel y los mantiene en solución hasta que sean aclarados por agua. No contiene irritantes ni corrosivos para la piel.

Toallitas RADIACWASH

Toallitas envasadas individualmente impregnadas con una solución descontaminante. Se pueden usar para piel y pequeñas superficies. No irrita la piel.

TFD MOUSSE

Detergente en forma de espuma para la limpieza y la descontaminación de la radiactividad de las superficies y materiales no sumergibles (Tiempo de contacto 5 minutos)

Si se precisase urgentemente alguna de estas sustancias descontaminantes pueden dirigirse al Telf. 91-394.15.51.



Solicitud del material radiactivo

*INSTALACION RADIATIVA CENTRAL (IRC) DE LA FACULTAD DE MEDICINA DE LA
UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID.
(IRA 865)*

DATOS DEL SOLICITANTE

USUARIO:	Firma Usuario:
DEPARTAMENTO:	
FACULTAD:	
TELÉFONO:	FAX:

SOLICITUD DE MATERIAL RADIATIVO

FECHA DE SOLICITUD:	FAX:	
CASA COMERCIAL:		
PRODUCTO:		
ISOTOPO:	CANTIDAD:	ACTIVIDAD:

OBSERVACIONES:

CONDICIONES DE ALMACENAMIENTO

<input type="checkbox"/> Temperatura ambiente	<input type="checkbox"/> Arcón (-20° C)
<input type="checkbox"/> Frigorífico (3-4° C)	<input type="checkbox"/> Otros:

**TODOS LOS PRODUCTOS DEBEN TRASLADARSE A LAS DEPENDENCIAS DE LA
INSTALACIÓN RADIATIVA CENTRAL (IRC), HACIENDO LA CORRESPONDIENTE ANOTACIÓN
EN EL DIARIO DE OPERACIÓN.*

Autorizado por la Dirección de la I.R.C. (o por orden).

Firma y Sello Nº de Registro

Solicitud del dosímetro personal

**INSTALACIÓN RADIATIVA CENTRAL
SOLICITUD DE DOSÍMETRO PERSONAL**

DATOS PERSONALES

NOMBRE:	
APELLIDOS:	
FECHA DE NACIMIENTO:	SEXO:
DPTO:	
CARGO:	
D.N.I.:	
FECHA SOLICITUD:	
TRABAJA CON: <input type="checkbox"/> Materiales radiactivos: <input type="checkbox"/> Rayos X: <input type="checkbox"/> Ambos:	TIPO DE DOSIMETRO: <input type="checkbox"/> Cuerpo entero: <input type="checkbox"/> Manos: <input type="checkbox"/> Cristalino (hombro): <input type="checkbox"/> Abdomen
AUTORIZADO POR:	
FECHA AUTORIZACIÓN:	FECHA ENTREGA DOSIM:

ANTECEDENTES DOSIMÉTRICOS

Ha trabajado anteriormente con radiaciones ionizantes: Si No

Ha llevado dosímetro personal anteriormente: Si No

En caso afirmativo, por favor complete el resto de este impreso. Indique todas las instituciones donde ha llevado dosímetro personal:

CENTRO/DIRECCIÓN/SERVICIO	FECHAS ALTA-BAJA
-	
-	
-	
-	

Autorizo para hacer entrega a la IRC de la Facultad de Medicina de la Universidad Complutense de Madrid de mis registros dosimétricos mientras estuve empleado en su Institución.

AUTORIZACION PARA LA ENTREGA DEL HISTORIAL DOSIMETRICO

Nombre: _____

Firma: _____

*Es Imprescindible adjuntar fotocopia por las dos caras del DNI.



Plan de Emergencia Interno (PEI) de la IRC

OBJETO

Una emergencia radiológica es una situación que puede suponer la superación de los límites de dosis prescritos por el Reglamento de Protección Sanitaria contra Radiaciones Ionizantes para el personal de operación y los miembros del público, como consecuencia de una alteración en el uso, almacenamiento y evacuación de radionucleidos en la Instalación.

El Plan de Emergencia Interior (PEI) tiene por objeto establecer un programa de actuación adecuado para dar una respuesta rápida y efectiva ante cualquier situación que pueda clasificarse como suceso radiológico, entendiendo como tal: “aquellos sucesos que afectan a las estructuras, sistemas, equipos o componentes de las instalaciones radiactivas y que de forma real o potencial pueden producir riesgo de exposición indebida al público o a los trabajadores expuestos”, según se define en la Instrucción IS-18, de 2 de abril de 2008, del Consejo de Seguridad Nuclear.

En él se incluye la descripción de las situaciones de emergencia previsibles, las medidas a tomar en cada caso, los datos e informes correspondientes y los responsables de ejecutar cada actuación.

En una emergencia, la seguridad y cuidado de las personas ha de ser prioritario sobre los requerimientos operacionales habituales de seguridad radiológica.

El PEI, como plan de actuación que es, en el supuesto caso de un suceso iniciador de una situación de emergencia (aparición de accidentes naturales o intencionados: incendios, explosiones, atentados, derrumbes, etc.) se debe incluir dentro del Plan de Emergencia y Evacuación de la Facultad de Medicina y facilitarse tanto a los equipos de intervención como la coordinación de ayudas que provengan del exterior cuando la situación lo requiera.

***Equipamiento necesario, disponibilidad y capacidad funcional de la Instalación**

En la IRC se dispone de tres aparatos de extinción de incendios, para evitar o minimizar, dentro de lo posible, los conatos de incendio, elementos iniciadores y propagadores del fuego, ubicados y señalizados en lugar visible y accesible (pasillo):

-Dos extintores de polvo ABC: E-6P; 6 kg (polvo C), para el material radiactivo, combustible gaseoso inflamable. Este agente extintor (polvo polivalente) apaga el fuego por inhibición, al interrumpir la reacción en cadena, y por sofocación, al aislar combustible y comburente (oxígeno). Este polvo forma una capa que aísla las llamas del oxígeno que las alimenta, sofocando así el incendio. Es dieléctrico, es decir, no conduce la electricidad.

-Un extintor de Dióxido de Carbono (CO₂) de 2 kg, está indicado para fuegos con presencia de riesgo eléctrico cerca. Este agente extintor apaga el fuego por sofocación y no conduce la electricidad. Al entrar en contacto con el aire el CO₂ del extintor pasa de estado líquido a gaseoso. El extintor CO₂ también actúa por enfriamiento, al liberar el dióxido de carbono, salen partículas conocidas como ‘hielo seco’, a una temperatura de -78 grados centígrados. Hay que tener precaución de no proyectar el agente extintor sobre la piel, ya que puede producir quemaduras por congelación. No deja residuos.

Para conseguir la máxima operatividad existe un coordinador de emergencia y apoyo al exterior (supervisor).

En las dependencias (laboratorios) donde existe riesgo de irradiación externa significativo, se dispone de medios de protección personal apropiado, delantales plomados), que están disponibles para su uso.

AMBITO DE APLICACIÓN

Comprende el conjunto de dependencias, equipos y material de la Instalación Radiactiva Central (IRC) de la Facultad de Medicina de la Universidad Complutense de Madrid, así como a las dependencias y áreas circundantes que pudieran verse afectadas ante una emergencia radiológica.

El PEI es de aplicación, en el ámbito de sus competencias, a todos los usuarios y personal de la IRC de la UCM relacionados con actividades que impliquen el uso de fuentes emisoras de radiación ionizante, a las personas que tengan asignadas funciones y responsabilidades en él y a toda persona que en el momento de producirse la emergencia radiológica se encontrara accidentalmente expuesta.

LÍNEA DE AUTORIDAD Y RESPONSABILIDADES

Titular

Desde el punto de vista administrativo, el Titular de la instalación, en nuestro caso la Universidad, será el responsable de las consecuencias legales, penales y económicas derivadas de situaciones de emergencia radiológica.

Supervisor

Desde el punto de vista funcional y sin perjuicio de las medidas adoptadas por otras autoridades competentes, el supervisor ostentará la máxima autoridad, en el ámbito de sus competencias, para gestionar la situación de emergencia radiológica.

Cualquier incidencia que pueda dar lugar a una emergencia radiológica que tenga lugar en la instalación radiactiva será comunicada al Supervisor, quien establecerá las acciones a seguir para garantizar una adecuada protección de las personas, medios materiales y medioambiente.

Operador

El Operador está autorizado para detener el funcionamiento de los equipos, si a su juicio quedan comprometidas las condiciones de seguridad y protección radiológica y no le es posible avisar al Supervisor con la prontitud requerida. Inmediatamente procederá a su localización, para que éste adopte las medidas definitivas.

Usuario autorizado

El usuario autorizado/operador será presumiblemente quien detecte en primer lugar una situación que pueda considerarse como emergencia radiológica debiendo dar una primera respuesta a esta situación, quien inmediatamente procederá a dar aviso al personal de la Instalación.

Servicio de Prevención de Riesgos Laborales de la UCM

Actuará de acuerdo con las competencias que le atribuye la Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales, y el Plan de Prevención de la UCM, aprobado en Consejo de Gobierno de 11 de junio de 2008.

PROTOCOLO DE EMERGENCIAS RADIOLÓGICAS

Quien detecte una situación de emergencia la pondrá en conocimiento inmediato del Supervisor de la IRC que será el primer responsable de las actuaciones durante la emergencia y que lo comunicará lo antes posible al Director de la Instalación y al Decano de la Facultad de Medicina.

En la Secretaría de la Instalación, en la Conserjería de la Facultad y en Decanato, constarán los nombres y teléfonos¹ del Director y de todos los Supervisores de la Instalación para que en caso de emergencia puedan ser fácilmente localizados. Constará, asimismo, el teléfono del Consejo de Seguridad Nuclear, Bomberos, Policía y Servicios de Protección Civil.

La Instalación dispone de una relación actualizada de la actividad máxima que puede estar almacenada, señalando la forma física y química más habitual, con objeto de poder informar a los agentes que puedan intervenir en caso de emergencia.

Una vez declarada la situación de emergencia, el Supervisor es el encargado de avisar a los distintos implicados por delegación del titular de la IRC:

- Personal de la Instalación
- Servicio de Prevención de Riesgos Laborales (UCM)
- Decano de la Facultad de Medicina
- Jefe de Seguridad Física (UCM)
- Organizaciones locales
- Consejo de Seguridad Nuclear.

Con carácter general, una vez detectada la situación de emergencia y comunicada a los responsables, se tomarán las medidas oportunas para garantizar la seguridad procediendo a su evacuación si se considera necesario. Resuelta la situación, se hará una estimación de los niveles de dosis y contaminación que incluya a las personas y locales afectados, emitiendo el correspondiente informe que deberá constar en el diario de operación de la Instalación. Asimismo, se pondrá el incidente en conocimiento del Consejo de Seguridad Nuclear y de las autoridades competentes, a la mayor brevedad, remitiendo el informe elaborado en un plazo de 10 días.

En el caso de que a causa de la situación de emergencia se produzca algún tipo de contaminación superficial, se procederá a acotar la zona contaminada, para evitar la dispersión de la contaminación, y una vez solucionada la situación de emergencia se procederá a su descontaminación. Si la contaminación radiactiva fuera en forma gaseosa o de aerosol, se procederá, de acuerdo al criterio del Supervisor, a desalojar las dependencias afectadas y a evitar la dispersión de la contaminación.

Teniendo en consideración los detalles constructivos (grosor paredes 60 cm y techo 10 cm espesor), las características de los equipos que se utilizan en la IRC con respecto a los sistemas de seguridad y protección radiológica que incorporan, así como al cumplimiento de las normas de trabajo establecidas en el Reglamento de Funcionamiento, es altamente improbable que se produzca una situación de emergencia radiológica. Sin embargo, no podemos descartar algunas situaciones de las que pudiera derivarse una situación de este tipo.

¹ En los anexos finales están los listados de teléfonos tanto del personal, como de los agentes de intervención

***Tipos de sucesos iniciadores de una situación de emergencia**

Catástrofes naturales o provocadas:

- Incendio (ver diagrama de flujo¹)
- Inundación
- Hundimiento
- Terremoto
- Explosión
- Desencapsulamiento, derrame o evaporación de fuentes radiactivas.
- Vertidos o evacuaciones incontroladas de materiales radiactivo.
- Robo o pérdida de fuentes radiactivas.

En la situación de un accidente tipo catastrófico se dará cuenta de los riesgos existentes a las Autoridades de Salud Pública, Nuclear y a los Servicios Públicos que hayan de intervenir. En el supuesto que los agentes de intervención entren en las zonas donde se almacenan los materiales, existe un riesgo reducido de irradiación y contaminación externa. Si se produjera un incendio, existe el riesgo de que los materiales radiactivos líquidos escapen de sus envases y se evaporen, por lo que aparecería un riesgo de inhalación y contaminación interna. Si se emplearan sistemas de extinción líquidos existe el riesgo de dispersar los radionucleidos almacenados produciendo una contaminación en otras áreas. Existen tres extintores en las dependencias de la Instalación.

Si se deteriorara alguna de las fuentes encapsuladas, con posible pérdida de su estanqueidad, se guardará en una doble bolsa de plástico y posteriormente en su blindaje para su ulterior evacuación o reparación a través de la Empresa suministradora.

En el supuesto de vertidos incontrolados de material radiactivo, el riesgo existente es de contaminación de las aguas residuales de la Facultad. Aunque existe en la Instalación un sistema de eliminación de residuos líquidos radiactivos controlado, actualmente este sistema no está operativo para la manipulación directa por parte de los usuarios. De manera que obligatoriamente, tienen que gestionar los líquidos radiactivos a través del procedimiento básico de trabajo establecido para estos casos, entregando todo el material manipulado al personal de la Instalación para su gestión.

En el caso de robo de alguna fuente radiactiva, siempre que ésta se mantenga intacta, el riesgo existente será de irradiación de la persona que lo transporte. En el caso de abrirse se añadirá el riesgo de contaminación externa e interna de quién la manipule. En cualquier caso, debe ser notificado a la Autoridad Competente. Existe en la Instalación un plan de protección física de las fuentes radiactivas existentes.

*** Identificación de emergencias radiológicas en la cámara caliente de la Instalación**

Se tendrá en cuenta especialmente el equipo sensible para muestras biológicas ubicado en esta sala. Aunque el equipo está preparado para que las tasas de radiación medidas en el exterior del mismo estén siempre muy por debajo (al menos 10 veces) de los límites recomendados por el ICPR (200 $\mu\text{Sv/h}$ en superficie), puede producirse una sobreexposición por irradiación externa debida a:

- Condiciones ambientales y/o accidentes catastróficos que implique la destrucción total o parcial de la instalación radiactiva (incendio, inundación, explosión...)

- Estado inadecuado de los blindajes estructurales o adicionales del equipo.
- Avería eléctrica o mecánica que pudiera producir un fallo en los sistemas de seguridad en el irradiador como fallo en el enclavamiento de la puerta que permita el acceso al interior del equipo donde se encuentra la fuente, fallo o mal funcionamiento de los sistemas de alarma visuales y acústicos, etc.
- Fallo humano en la manipulación o programación del equipo.
- Comportamientos antisociales del tipo vandalismo, hurto, robo o daños en los que estén implicados materiales radiactivos.

Actuaciones a seguir:

Respecto de las condiciones ambientales, el equipo está diseñado para funcionar en un ambiente controlado como un laboratorio, por lo que no debe exponerse a condiciones de humedad extremas, altas o bajas temperaturas ni a cantidades irregulares de polvo. No debe utilizarse en presencia de anestésicos u otros gases inflamables, o en una atmósfera con mayor densidad de oxígeno porque existe riesgo de explosión.

La parte del blindaje que contiene la fuente es embalaje de transporte B (U) diseñado para soportar condiciones de accidente (resistencia en casos extremos).

El riesgo radiológico asociado a estos equipos, exposición por irradiación externa, fundamentalmente se puede originar en el caso de que se produzca un fallo en el blindaje de la fuente, (alta tasa de radiación) por lo que las actuaciones a seguir van encaminadas a localizar la fuente y aislarla. Se clausuraría la instalación, se evacuarían las zonas adjuntas acotando el área restringida y se llevaría un plan de actuación, teniendo en cuenta las circunstancias, así como los medios disponibles internos y externos que se puedan conseguir. Una vez asegurada la fuente se evaluará la repercusión radiológica del suceso haciendo una estimación de la dosis recibida por el personal expuesto.

Si derivado de ello se considerase que se ha podido superar los límites de dosis legalmente establecidos se notificará el suceso a las entidades correspondientes, siendo la asistencia médica quien propondrá las actuaciones a seguir y valorará la necesidad o no de su traslado a un Centro de Tratamiento de Irradiados y Contaminados. En paralelo se remitirán con urgencia los dosímetros personales que puedan revelar sobreexposición, deben enviarse inmediatamente y ser identificado como "dosímetro para lectura de emergencia" al servicio autorizado para una asignación real de la dosis recibida.

Una vez restablecida la situación se estudiarán las causas que provocaron el accidente con el fin de adecuar las medidas correctoras oportunas.

Se consignará el suceso y las actuaciones adoptadas en el Diario de Operaciones de la Instalación y se notificará a la Sala de Emergencias del CSN (SALEM) y a la Consejería de Economía, Dirección General de Industria, Energía y Minas de la Comunidad de Madrid.

***Identificación de emergencias radiológicas en los laboratorios de radioisótopos.**

Se tendrán en cuenta cualquier situación que pueda dar lugar tanto a una contaminación y/o sobreexposición radiactiva personal como a una contaminación radiactiva de material, instalaciones y/o medioambiente derivadas de mal funcionamiento de los equipos y sistemas de protección personal, procedimientos o actuaciones inadecuadas, vertidos y fugas accidentales, etc. Puede ser en los casos de accidentes catastróficos que implique la destrucción total o parcial de la instalación radiactiva (incendio, inundación, explosión, etc.). Y en los comportamientos antisociales del tipo vandalismo, hurto, robo o daños en los que estén implicados materiales radiactivos.

Los posibles incidentes que pueden producirse son:

- Contaminación de la piel o interna de personas.
- Derrames de material radiactivo superiores a 50 μCi de cualquier isótopo.
- Derrames de cantidades superiores a 10 μCi de P32

Actuaciones a seguir:

Todos estos supuestos deberán ser comunicados inmediatamente al supervisor, o en su lugar al responsable del trabajo, quien iniciara las actuaciones establecidas para estos casos.

La persona que detecte el accidente deberá primeramente restringir el acceso y acotar al máximo la zona afecta con el fin de limitar al máximo el número de personas y medios expuestos a la emergencia radiológica. Inmediatamente se dará aviso al Supervisor responsable de la Instalación para que éste asuma las posteriores actuaciones a tomar.

Para los casos de emergencias radiológicas con repercusión en personas, bien del personal de operación o de miembros del público, se procederá de acuerdo con la situación, distinguiendo el tipo de contaminación que se produce (interna y/o externa).

- *Protocolo de actuación general en caso de contaminación externa:*

Si alguna persona resultara contaminada, se quitará inmediatamente la ropa y se someterá a un lavado exhaustivo hasta su total descontaminación.

- Descontaminar la zona afectada con abundantes lavados de agua tibia y una solución jabonosa adecuada procurando no extender la contaminación a otras partes del cuerpo ni erosionar la piel o abrir heridas que pudieran dar lugar a una contaminación interna.
- Evaluar la contaminación persistente con los monitores adecuados y repetir tantas veces como se requiera el proceso de descontaminación.
- Si persistiese la contaminación se dará aviso al responsable del Servicio de Prevención que lleva el control y seguimiento del personal expuesto a radiaciones ionizantes en la UCM, quien evaluará la situación y propondrá las actuaciones a seguir.
- Los residuos generados en el proceso de descontaminación serán gestionados como residuos radiactivos, tal y como se detalla en los procedimientos correspondientes.

□ *Protocolo de actuación general en caso de contaminación interna:*

- Identificar el radiocontaminante, vía de entrada y estimación de la cantidad ingerida o inhalada.
- Notificar el suceso al Servicio de Prevención de la UCM y a la asistencia sanitaria quien propondrá las actuaciones a seguir y valorará la necesidad o no de su traslado a un Centro de Tratamiento de Irradiados y Contaminados.
Cuando alguna persona se sospeche que puede estar contaminada internamente, se pondrá inmediatamente a disposición del Supervisor de Servicio, quien comunicará los hechos al Servicio Médico y proveerá los auxilios pertinentes con vistas a acelerar la eliminación del material ingerido. Lo antes posible, y en función de la gravedad, se debe realizar una evaluación aproximada de las dosis recibidas por las diferentes partes del cuerpo basándose en estudios gammagráficos y en medidas con un detector de cuerpo entero. En base a esta evaluación se indicará si existe la necesidad de atención médica para el tratamiento más adecuado, según criterio de un especialista.
- Una vez restablecida la situación, se estudiarán las causas que provocaron el accidente con el fin de adecuar las medidas correctoras oportunas, y se consignará el suceso en el Diario de Operaciones de la Instalación.

En el caso de derramamiento de material radiactivo (máximo accidente previsible), se acotará y señalizará la zona afectada. Esta permanecerá clausurada hasta que los niveles de radiación permitan iniciar las labores de descontaminación, las cuales serán señalizadas y realizadas por el personal especializado y bajo la dirección del Supervisor de Servicio.

La última persona que ha trabajado en un lugar o con un equipo en el que se detecte contaminación es responsable de la descontaminación. Como norma básica, se debe mantener el ambiente de trabajo y equipo tan limpio como sea razonablemente posible para conseguir que las dosis recibidas sean mínimas.

En los posibles derrames o vertidos accidentales de material radiactivo que pueda dar lugar a contaminación de superficies (bancadas, suelos, equipos...) se procederá del siguiente modo:

- Acotar y delimitar al máximo la zona para evitar su dispersión.
- Absorber el vertido con medios adecuados a la naturaleza del vertido.
- Descontaminar las superficies afectadas con las soluciones apropiadas.
- Verificar la ausencia de contaminación radiactiva con los monitores adecuados.
- En caso de que ésta persistiese se considerará, en función al periodo de semidesintegración del isótopo y al valor económico del material, la posibilidad de sustituirlo por otro nuevo o dejar decaer su actividad hasta valores aceptables. En este caso se dejará fuera de uso temporalmente tras señalizarlo de forma adecuada y disponiendo de los blindajes físicos necesarios para garantizar unos niveles de radiación admisibles.
- Tanto el material contaminado como los residuos generados en el proceso de descontaminación serán gestionados como residuos radiactivos, tal y como se detalla en los procedimientos correspondientes.
- Una vez restablecida la situación se estudiarán las causas que provocaron el accidente con el fin de adecuar las medidas correctoras oportunas y se consignará el suceso en el Diario de Operación de la instalación.

Para los casos de incidentes que no impliquen contaminación de personas y en general menos de 50 μCi de material radiactivo (menos de 10 μCi de P_{32}), y ante un posible incidente, debe acotarse y delimitar al máximo la zona afectada inmediatamente, llevando a cabo las siguientes medidas:

- Avisar a los restantes usuarios del peligro para que permanezcan fuera del área contaminada.
- Ser cuidadoso para no dispersar la contaminación por las restantes zonas.
- Usar dobles guantes para prevenir la contaminación de las manos.
- Apantallar para reducir la radiación siempre que sea necesario, si el radioligando lo requiere y si se mantiene la radiación de forma apreciable en el material contaminado.
- Chequear la zona y equipo antes de descontaminar.
- Avisar al supervisor si necesita ayuda y comunicar el incidente.
- Colocar papel absorbente sobre el líquido derramado. Al trabajar sobre hojas de papel o bandeja se reduce la zona afectada por la contaminación. El papel contaminado se elimina como residuo radiactivo sólido. Es conveniente recortar la zona de papel contaminada para reducir la cantidad de residuos radiactivos.
- Limpiar inmediatamente el material contaminado con detergente especial, Decon 90, o similar, diluido al 2-3%. Si se deja secar el material contaminado puede ser imposible descontaminarlo.

NORMATIVA APLICABLE

- Ley 15/1980, de 22 de abril, de Creación del Consejo de Seguridad Nuclear, modificada por la Ley 33/2007 de 7 de noviembre, de reforma de la anterior.
- Ley Orgánica 15/1999, de 13 de diciembre, de Protección de Datos de Carácter Personal.
- Real Decreto 1836/1999, de 3 de diciembre, por el que se aprueba el Reglamento sobre Instalaciones Nucleares y Radiactivas modificado por el Real Decreto 35/2008, de 18 de enero.
- Instrucción IS-18, de 2 de abril de 2008, del Consejo de Seguridad Nuclear, sobre los criterios aplicados por el Consejo de Seguridad Nuclear para exigir, a los titulares de las instalaciones radiactivas, la notificación de sucesos e incidentes radiológicos.
- Real Decreto 1029/2022, de 20 de diciembre, por el que se aprueba el Reglamento sobre protección de la salud contra los riesgos derivados de la exposición a las radiaciones ionizantes.

EVACUACION DE INCENDIOS

Protocolo de Actuación



(1) Diagrama de flujo del protocolo de actuación en caso de incendio.

INFORMACION RELATIVA A LA INSTALACION RADIATIVA

La Instalación Radiactiva Central (IRC) de la Facultad de Medicina se encuentra ubicada dentro del campus de Moncloa de la Universidad Complutense de Madrid

TELÉFONO POLICÍA /JEFE DE SALA DEL 091 Comisaría distrito: C/Rey Francisco, 15-21 28008 Madrid	91-3223610 /91-7560091 91-5488130
TELEFONO ÚNICO DE EMERGENCIAS UCM	900.100.394
AMBULANCIA Y ASISTENCIA SANITARIA URGENTE (FREMAP) 24H	900.610.061
EMERGENCIA COMUNIDAD DE MADRID	112
AREA DE MEDICINA DEL TRABAJO (UCM) MONCLOA (L-V)	91.394.1582
UNIDAD DE PREVENCIÓN UCM	91.394.6583/6584
UNIDAD DE CONTROL Y SEGURIDAD	91.394.1200
CONSEJO DE SEGURIDAD NUCLEAR	91. 346. 0100
DIRECTOR/A IRC	91.394.1551
SECRETARIO IRC	91.394.1644
DECANATO	91.394.1307/1308
GERENCIA	91.394.1310
PORTERIA	91.394.1331
SERVICIO MANTENIMIENTO	91.394.1441
TELEFONOS CAMPUS DE MONCLOA (HORARIO DE 8 A 15)	
AVERIAS DE ELECTRICIDAD/ FONTANERIA/GAS	91 394 1242-1243
AVERIAS DE CALEFACCION	91 394 1201

Todos los avisos de situaciones de emergencia, deben darse a la Unidad de Vigilancia y Control, que se encargará de localizar a la persona competente en cada caso

Teléfono 24 horas 91.394.1200

Se exceptúan las averías de calefacción, que también serán atendidas en horas de 15 a 20 de lunes a viernes y de 8 a 14 los sábados (teléfono 91-3941201).

Reglamento de funcionamiento de la IRC

Será responsabilidad del Director de la Instalación la elaboración de los turnos de servicio de los distintos supervisores, en función de las necesidades de utilización de la instalación, como el relevo de un Supervisor determinado si las circunstancias lo aconsejaran.

El Supervisor de Servicio estará siempre fácilmente localizable e informado del uso que se esté haciendo de la instalación. Será el responsable de la instalación y del control de las llaves, así como de que los operadores u otros supervisores que trabajen mientras él está de servicio cumplan escrupulosamente el Reglamento de Protección Sanitaria contra las Radiaciones Ionizantes y otras recomendaciones habituales de Protección Radiológica. Será directamente responsable de que la Instalación quede cerrada con llave cuando no haya nadie trabajando en ella especialmente al final de la jornada de trabajo.

Existirá en la Secretaría de la Instalación y claramente visible, una relación de direcciones y teléfonos donde se pueda localizar a los supervisores de la IRC en caso de alguna incidencia.

El cambio de turno de un Supervisor de Servicio a otro se hará constar en el diario de operación y se transferirá en ese momento la responsabilidad de las llaves de la instalación.

Cualquier incidencia que pudiera surgir en lo referente a los turnos, será resuelta por el Director de la Instalación, si bien el supervisor de servicio no cesará en sus funciones hasta que éstas se transfieran al siguiente supervisor.

Existirá un inventario del material radiactivo presente en cada momento en la Instalación, así como de los residuos aproximados existentes.

El diario de operación permanecerá en la Secretaría de la Instalación y se hará anotación expresa en el mismo de, como mínimo, lo siguiente:

- Fecha de entradas y salidas de los supervisores de servicio.
- Ubicación y teléfono del supervisor que está de servicio por si se le quisiera localizar y no estuviera físicamente presente en la instalación. Este apartado constará en nota aparte y claramente visible, en la puerta de la instalación.
- Todo movimiento de material radiactivo con indicación de la fecha de la persona que hace el movimiento, tipo de radionucleido y compuesto químico de que se trate, actividad aproximada y el objetivo al que se destina.
- Esta anotación será imprescindible con objeto de delimitar posibles responsabilidades si se detectara con posterioridad, alguna contaminación o irregularidad.
- Todo almacenamiento o evacuación de residuos con indicación de la persona que lo hace, tipo de radionucleido contaminante del residuo, tipo de residuo y actividad aproximada del mismo.
- Que se ha comprobado, al finalizar el trabajo, que no está contaminado el lugar o equipamiento con que se ha realizado, así como el propio cuerpo del operador o sus ropas.
- Todo incidente anómalo que se pueda producir en la instalación.

- El supervisor que sale de servicio deberá anotar en el diario de operación el balance resumen de fuentes y residuos radiactivos habidos en la instalación durante su actuación.

Si por necesidades de algún tipo de experimentación se trasladara algún material radiactivo fuera del recinto de la instalación a las dependencias de otro Departamento se hará directamente bajo la responsabilidad de un supervisor (no necesariamente de servicio) anotándolo así en el diario de operación y responsabilizándose del traslado y utilización sin riesgos en ese Departamento. Se proveerá previamente del correspondiente monitor de radiación en el servicio donde se traslade y cualquier posible residuo radiactivo que se produjera se trasladaría de nuevo con idénticas precauciones, a la Instalación Radiactiva Central.

El personal de la instalación se encargará de la recogida, suministro y envío al centro de dosimetría del Ministerio de Sanidad, de los dosímetros personales del personal profesionalmente expuesto.

Los historiales dosimétricos se archivarán en la secretaría de la instalación. El Director de la Instalación o persona en quien delegue vigilarán las lecturas dosimétricas, y serán quienes propondrán las medidas complementarias de Protección Radiológica que se consideren necesarias. Las historias médicas se archivarán en el Servicio Médico de la Universidad Complutense que estará coordinado con el Director de la Instalación.

Por parte de la Dirección de la Instalación se harán las gestiones y se tomarán las medidas oportunas para:

- 1º. Que todo el personal profesionalmente expuesto conozca el riesgo que supone la utilización de las radiaciones ionizantes y conozca la instalación y sus dispositivos de seguridad.
- 2º. Que el personal de la Facultad de Medicina que tenga que "operar" en la Instalación pueda acceder a los cursos de capacitación correspondiente, así como a la documentación de la instalación y al manejo de los monitores de radiación de la misma.
- 3º. Que se organicen seminarios de actualización de conocimientos en Protección Radiológica.
- 4º. Que se cumpla el Reglamento de Protección Sanitaria contra Radiaciones Ionizantes.
- 5º. Que se cumpla el Reglamento de Instalaciones Nucleares y Radiactivas.
- 6º. Que se elabore el informe anual al Consejo de Seguridad Nuclear.
- 7º. Mantener en funcionamiento todos los equipos de la instalación y sus instrumentos de medida.
- 8º. Establecer un programa de calibraciones periódicas de todos los monitores de radiación.
- 9º. Optimizar las compras de materiales radiactivos.
- 10º. Optimizar la evacuación de residuos radiactivos.
- 11º. Comunicar a las Autoridades competentes cualquier accidente o incidente importante.

MANEJO DE LAS FUENTES RADIATIVAS ENCAPSULADAS

Se velará por preservar la integridad de su encapsulado.

Se manejarán durante el menor tiempo posible manteniéndolas alejada del cuerpo y únicamente para situarlas en posición adecuada para la calibración de los monitores de radiación. En general se podrá evitar su manejo directo abriendo el blindaje sin mover la fuente.

NORMAS GENERALES DE MANIPULACION DE MATERIALES RADIATIVOS

Todos los materiales radiactivos y contaminados serán etiquetados y señalizados de acuerdo con las normas internacionales.

Se evitará todo traslado innecesario de las sustancias radiactivas.

Se prohibirá tajantemente realizar manipulaciones de los materiales radiactivos fuera de las zonas previstas para dicha misión, éstas serán sometidas a monitoreo periódico.

Los equipos y materiales contaminados no se desplazarán a zonas no vigiladas y no se utilizarán para misiones inadecuadas.

Las manipulaciones que entrañen riesgo de contaminación se realizarán dentro de bandejas de material plástico, porcelana vitrificada o acero inoxidable, recubiertas de papel de celofán y papel de filtro. Los papeles contaminados se cambiarán periódicamente alojándolos para su descontaminación en los pozos para residuos sólidos.

Todas las manipulaciones que se requieran apantallamiento se llevarán a cabo detrás de las pantallas de protección previstas al efecto.

Se prohibirá la manipulación de materiales radiactivos a las personas no-autorizadas para esta misión.

Se prohibirá realizar manipulaciones en ropa de calle, utilizándose las batas previstas para estos fines. En la zona vigilada será preceptivo el uso de bata.

Para las manipulaciones de soluciones radiactivas se utilizarán siempre guantes de un solo uso. Después de usarlos, estos guantes se tratarán como residuos radiactivos.

Cuando se utilicen pipetas no se succionará con la boca.

Se prohibirá trabajar con materiales radiactivos a personas con heridas abiertas y menores de 18 años.

Está prohibido depositar y/o almacenar materiales radiactivos o contaminados fuera de los lugares previstos para ello.

No se permitirá la introducción en la zona vigilada de los siguientes materiales: Alimentos y bebidas.

- Tabaco en todas sus formas, ni artículos para fumadores.
- Objetos de calle, tales como bolsas, cosméticos, etc.
- Pañuelos o toallas, utilizándose en sustitución servilletas de papel de un solo uso.

NORMAS DE DESCONTAMINACION

Las posibles contaminaciones internas serán consideradas como accidente.

Las contaminaciones de la piel o de cualquier parte externa del organismo se tratarán con agua tibia, jabón no abrasivo, cepillo suave y secado posterior. Esta operación se repetirá varias veces, hasta que los equipos de control indiquen, que la contaminación ha desaparecido.

Para los utensilios de trabajo (material de vidrio, herramientas, etc.) se utilizarán utensilios comerciales. Si la contaminación persiste, se guardarán en recintos adecuados hasta que la actividad haya decaído a niveles permisibles.

Cuando sea necesario desmontar un equipo para descontaminarlo se controlará cuidadosamente la intensidad de exposición creada en puntos próximos.

Para el material de vidrio se utilizará mezcla crómica o soluciones "ácidas", según los casos.

Los materiales para descontaminación permanecerán siempre próximos al lugar de trabajo y no se utilizarán para otras misiones diferentes.

El personal utilizará guantes de un solo uso para llevar a cabo la descontaminación de cualquier tipo de material.

Se guardarán las ropas contaminadas hasta que su actividad haya decaído y sea insignificante; en ese momento se procederá a su lavado. En caso de persistir la contaminación, se eliminarán como residuo radiactivo.

NORMAS PARA EL ALMACENAMIENTO Y EVACUACION DE RESIDUOS

Todos los residuos sólidos contaminados se guardarán dentro de bolsas de plástico, en el interior de los pozos previstos al efecto.

Cada una de las bolsas indicadas en el apartado anterior llevarán una etiqueta con la fecha de recogida y con el tipo de material radiactivo presente.

Los residuos sólidos se evacuarán a través de un gestor autorizado para esta misión.

Los residuos líquidos se evacuarán conforme a su naturaleza específica mediante un gestor autorizado. En ningún caso se permitirá la eliminación de residuos líquidos en pilas o vertederos.

Unidades Radiactivas

1 Bq = 1 desintegración por segundo
 1 GBq = 1000MBq

1 GBq = 27 mCi
 1 MBq = 0.027 mCi

1 Ci = 37,000,000,000 Bq = 37 GBq
 1 mCi = 0.037 GBq = 37 MBq
 1 mCi = 37.000.000 Bq

1 Ci = 1000 mCi
 1 mCi = 1000 Ci

1 Gray (Gy) = 100 Rad 1 cGy = 0.01 Gy = 1 Rad
 1 Rem = 1 Rad x QF 1 Sievert (Sv) = 100 Rem
 1 Rem = 1000 millirem (mRem) 1 mSv = 100 mRem

LISTA DE ABREVIATURAS:

Unidad de medida	Abreviatura
becquerel	Bq
curio	Ci
gigabecquerel	GBq
kilobecquerel	KBq
kilocurio	kCi
megabecquerel	MBq
microcurio	μCi
millibecquerel	mBq
millicurio	mCi
nanocurio	nCi
picocurio	pCi
rutherford	Rd
terabecquerel	TBq





ACTIVIDAD (A)

Magnitud física que mide la tasa de desintegración de un radionucleido, correspondiente a una cantidad de dicho radionucleido en un determinado estado energético en un momento dado. La unidad de actividad es el bequerelio (Bq). Un bequerelio es igual a una desintegración nuclear por segundo.

AÑO OFICIAL

Periodo de doce meses, a contar desde el día 1 de enero hasta el 31 de diciembre, ambos inclusive

AUTORIZACIÓN

Permiso concedido por la autoridad competente de forma documental, previa solicitud, o establecido por la legislación española, para ejercer una práctica o cualquier otra actuación dentro del ámbito de aplicación del Reglamento sobre protección de la salud contra los riesgos derivados de la exposición a las radiaciones ionizantes, RD 1029/2022.

CONSEJO DE SEGURIDAD NUCLEAR

Único organismo nacional competente en materia de seguridad nuclear y protección radiológica creado mediante la Ley 15/1980 de 25 de abril.

CONTAMINACIÓN RADIATIVA

Presencia indeseable de sustancias radiactivas en una materia, una superficie, un medio cualquiera o una persona. En el caso particular del organismo humano, esta contaminación puede ser externa o cutánea cuando se ha depositado en la superficie exterior, o interna cuando los radionucleidos han penetrado en el organismo por cualquier vía (inhalación, ingestión, percutánea, etc.).

DOSIS EFECTIVA (E)

Suma de las dosis equivalentes ponderadas en todos los tejidos y órganos del cuerpo que se especifican en el anexo I del RD 1029/2022, a causa de irradiaciones externas e internas.

DOSIS EQUIVALENTE (H_T)

Dosis absorbida en un tejido u órgano (T) ponderada en función del tipo y la calidad de la radiación (K).

EFLUENTE RADIATIVO

Productos radiactivos residuales en forma líquida o gaseosa.

EMERGENCIA RADIOLÓGICA

Situación o suceso no habitual que implica una fuente de radiación y exige una intervención inmediata para mitigar las consecuencias adversas graves para la salud y seguridad humana, la calidad de vida, los bienes o el medio ambiente, o un peligro que pudiera dar lugar a esas consecuencias adversas.

EMPRESA EXTERNA

Cualquier persona física o jurídica, distinta del titular de la instalación, que haya de efectuar actividades de cualquier tipo en una zona vigilada o controlada de las instalaciones y/o actividades incluidas en el ámbito de aplicación del RD 1029/2022.

EQUIPOS EMISORES DE RADIACIÓN IONIZANTE

Aparatos productores de radiación ionizante que trabajan a una diferencia de potencial a 5 Kv. Se excluye dentro de este grupo los microscopios electrónicos siempre que no presenten, en condiciones normales de funcionamiento, una tasa de dosis superior a 1 $\mu\text{Sv/h}$ en ningún punto situado a 0.1m de la superficie accesible del aparato.

EXPOSICIÓN

Acción y efecto de someter a las personas a las radiaciones ionizantes.

EXPOSICIÓN EXTERNA

Exposición del organismo a fuentes exteriores a él.

FUENTE

Aparato, sustancia radiactiva o instalación capaz de emitir radiaciones ionizantes o sustancias radiactivas.

FUENTE ENCAPSULADA

Materiales radiactivos herméticamente cerrados y sellados dentro de un contenedor de material no radiactivo.

FUENTE NO ENCAPSULADA

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

INSTALACIÓN RADIATIVA

Instalación de cualquier clase que contengan una fuente de radiación ionizante, aparatos productores de radiación ionizante que funcionen a una diferencia de potencial superior a 5 KeV y locales o laboratorios donde se produzcan, utilicen, posean, traten o almacenen materiales radiactivos.

LICENCIA DE CAPACITACIÓN

Permiso personal e intransferible concedido a una persona física por el Consejo de Seguridad Nuclear, de forma documental, que le autoriza a operar o a supervisar la operación de una instalación nuclear o radiactiva.

LÍMITES DE DOSIS

Valor de la dosis efectiva (cuando proceda, la dosis efectiva comprometida), o de la dosis equivalente, en un periodo especificado, que no debe ser superado para una persona. Valores fijados en el RD 1029/2022

MIEMBROS DEL PÚBLICO

Personas que pueden estar sometidas a exposición que no sea ocupacional o médica.

NIVEL DE REFERENCIA

Nivel de dosis efectiva, de dosis equivalente, o de actividad por unidad de masa o de volumen en una situación de exposición de emergencia o existente, por encima del cual se considera inapropiado permitir que se produzcan exposiciones, aun cuando no se trate de un límite que no se pueda rebasar, sino de una herramienta para la optimización de la protección radiológica.

OPERADOR

Persona provista de licencia específica concedida por el Consejo de Seguridad Nuclear, que capacita para la manipulación de material o equipos clasificados como instalación radiactiva, según se establece en el Reglamento sobre instalaciones nucleares y radiactivas, RD 1836/1999

PERSONA EN FORMACIÓN O ESTUDIANTES

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.

PRÁCTICA

Actividad humana que puede aumentar la exposición de las personas a las radiaciones procedentes de una fuente de radiación y que se gestiona como situación de exposición planificada.

PROTECCIÓN RADIOLÓGICA

Conjunto de normas y procedimientos que se utilizan para prevenir los riesgos de la recepción de dosis de radiación y, en su caso, paliar y solucionar sus efectos.

RADIACIÓN IONIZANTE

Transferencia de energía en forma de partículas u ondas electromagnéticas de una longitud de onda igual o inferior a 100 nanómetros o una frecuencia igual a 3×10^{15} hertzios, capaces de producir iones directa o indirectamente.

RESIDUO RADIATIVO

Cualquier material o producto de desecho, para el que no está previsto ningún uso, que contiene o está contaminado con radionucleidos en concentraciones o niveles de actividad superiores a los establecidos por el Organismo competente, en la actualidad el Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, previo informe favorable del Consejo de Seguridad Nuclear.

RESTRICCIÓN DE DOSIS

Restricción de las dosis individuales esperables, utilizada para definir la gama de opciones consideradas en el proceso de optimización para una fuente de radiación determinada en situaciones de exposición planificada.

SIEVERT (Sv)

Unidad de dosis efectiva o equivalente correspondiente a 1 Julio por Kilogramo.

SUPERVISOR

Persona provista de licencia específica concedida por el Consejo de Seguridad Nuclear, que capacita para dirigir el funcionamiento de una instalación nuclear o radiactiva y las actividades de manipulación de los dispositivos de control y protección de la instalación. Todo ello según lo dispuesto en el Reglamento sobre instalaciones nucleares y radiactivas, aprobado por Real Decreto 1836/1999, de 3 de diciembre.

SUSTANCIA RADIATIVA

Sustancia que contiene uno o más radionucleidos, y cuya actividad o concentración no pueda considerarse despreciable desde el punto de vista de la protección radiológica.

TITULAR

Persona física o jurídica que tiene, con arreglo a la legislación nacional, la responsabilidad respecto de una fuente de radiación (incluidos los casos en que el propietario o poseedor de la fuente de radiación no realiza actividades relacionadas con ella) o sobre el ejercicio de alguna de las prácticas o actividades laborales previstas en el artículo 2 del RD 1029/2022.

TRABAJADOR EXPUESTO

Persona sometida a una exposición a causa de su trabajo que pudiera entrañar dosis superiores a alguno de los límites de dosis para miembros del público establecidos en el RD 1029/2022.

TRABAJADOR EXTERNO

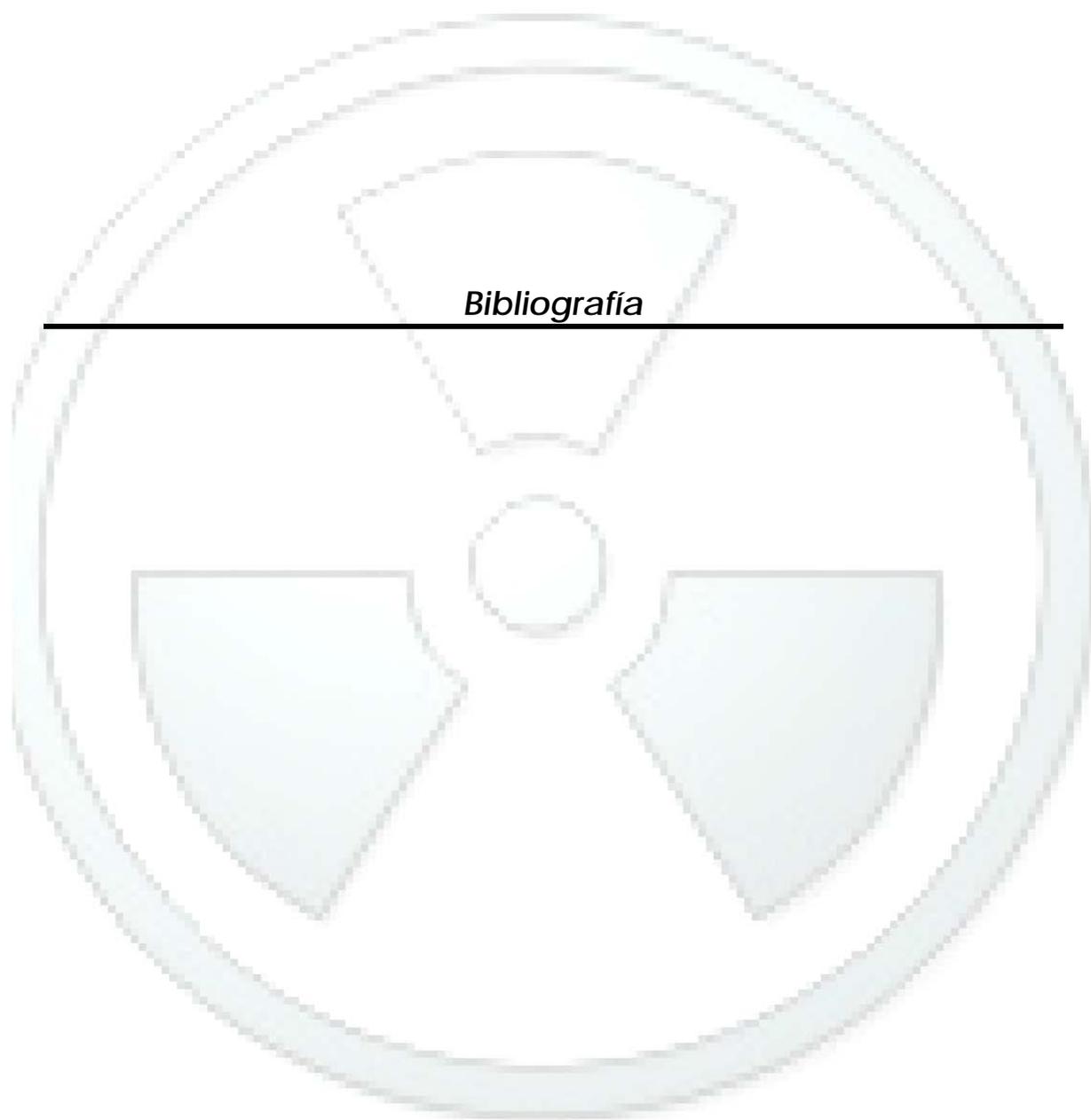
Cualquier trabajador expuesto que esté empleado de forma temporal o permanente por una empresa externa, que efectúe una actividad de cualquier carácter en una zona vigilada o controlada de las instalaciones o actividades incluidas en el ámbito de aplicación del RD 1029/2022. Se incluyen personas en formación o estudiantes y trabajadores por cuenta propia que lleven a cabo tales actividades.

USUARIO AUTORIZADO

Todo el personal, clasificado como trabajador expuesto o personal en formación-estudiante, que preste servicio o sea usuario de las diferentes dependencias, equipamiento o material clasificado a efectos legales como instalación radiactiva.

ZONA CONTROLADA

Zona sometida a regulación especial a efectos de protección contra las radiaciones ionizantes, o para evitar la dispersión de la contaminación radiactiva, y cuyo acceso está controlado.



ATOMS, RADIATION, AND RADIATION PROTECTION /James E. TURNER. - 2nd ed. - New York [etc.] John Wiley and Sons, 1995.- ISBN 0-471-59581-0

INSTRUCCIONES TECNICAS Y GUIAS DE SEGURIDAD DEL CONSEJO DE SEGURIDAD NUCLEAR

INSTRUMENTACIÓN NUCLEAR / Agustín TANARRO SANZ. - Madrid: Servicio de Publicaciones de la Junta de Energía Nuclear, 1970. - Física nuclear / I. Kaplan- Aguilar, 1965

LAS RADIACIONES IONIZANTES. Su utilización y riesgos / Xavier Ortega Aramburu y Jaume Jorba Bisbal, eds. - UPC, - ISBN 84-7653-387-X

LEY 15/1980 de 2.4. (Jef. Est., B.O.E., 25.4.1980). Creación del Consejo de Seguridad Nuclear

LEY 25/1964 de 29.4 (Jef. Est., BB.OO.E. 4.5, rect. 6.5.1964). Ley reguladora de la energía nuclear.

LEY 31/1995, 8 de noviembre de prevención de riesgos laborales

NTP 614: RADIACIONES IONIZANTES: NORMAS DE PROTECCIÓN. INSHT. Redactores: Adoración Pascual Benés Ingeniero Técnico Químico Enrique Gadea Carrera Licenciado en Ciencias Químicas. CENTRO NACIONAL DE CONDICIONES DE TRABAJO.

ORDEN MINISTERIAL 11269 de 5 de junio de 2003, para la gestión de material radiactivo, ORDEN ECO/1449/2003, de 21 de mayo, sobre gestión de materiales residuales sólidos con contenido radiactivo

RADIACIONES IONIZANTES / Pérez Modrego y A. Plata Bedmar. - Madrid: Ateneo, 1965

RADIACIONES IONIZANTES: INSTALACIONES RADIATIVAS Y DE RAYOS X/Agustín Tanarro Sanz. Publicaciones de la Junta de Energía Nuclear, 1986.- ISBN 84-505-4127-1

REAL DECRETO 1836/1999 de 3.12 (M. Ind. Y Ener., B.O.E. 31.12.1999), por el que se aprueba el Reglamento sobre instalaciones nucleares y radiactivas

REAL DECRETO 2177/1967 de 22.7 (del. Hac., B.O.E. 18.9.1967). Reglamento de cobertura de riesgos nucleares

REAL DECRETO 229/2006, de 24 de febrero (Mn Presidencia, B.O.E., 28.01.2006), sobre el control de fuentes radiactivas encapsuladas de alta actividad y fuentes huérfanas.

REAL DECRETO 413/1997 de 21.3 (M. Presid., B.O.E. 16.4.1997). Protección operacional de los trabajadores externos con riesgo de exposición a radiaciones ionizantes por intervención en zona controlada.

REAL DECRETO 783/2001 de 6.7 (M. de la Presidencia, B.O.E. 26.7.2001), por el que se aprueba el Reglamento sobre protección sanitaria contra radiaciones ionizantes.

GUÍA DE SEGURIDAD 7.10 Plan de Emergencia Interior en instalaciones radiactivas. Madrid, 20 de mayo de 2009 (CSN).

GUÍA TÉCNICA DE CARACTERIZACIÓN Y GESTIÓN DE MATERIALES RESIDUALES CON CONTENIDO RADIATIVO GENERADOS EN INVESTIGACIÓN BIOLÓGICA, julio 2013, Sociedad Española de Protección Radiológica (SEPR)